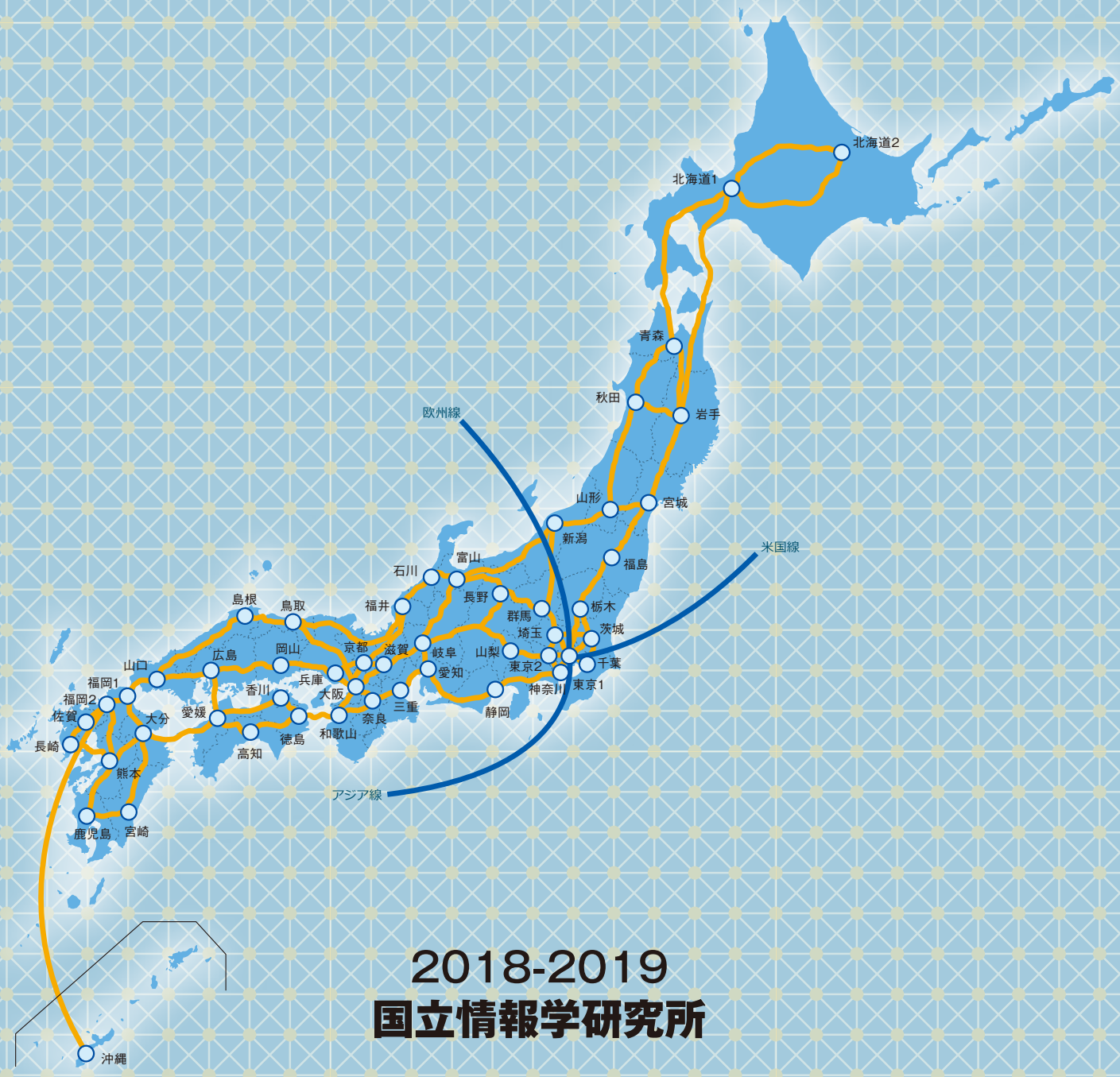
先端的学術研究・教育推進のための学術情報基盤

～学術情報ネットワーク（SINET5）活用事例集～



2018-2019

国立情報学研究所

目 次

Ⅰ 学術情報ネットワークについて

1. 学術情報ネットワークとは 7
2. SINET5 のネットワーク構成 7
3. SINET5 のアーキテクチャ 8
4. SINET5の提供サービス 9
5. 学術情報ネットワークの運営体制 11

Ⅱ 事例集 56件

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

【高エネルギー・核融合科学】 13

1.SINETで日欧連携を加速する国際核融合研究 14
〔 機 関 〕核融合科学研究所、日本原子力研究開発機構 4 5
〔サービス〕国際接続

2.ノーベル物理学賞「小林・益川理論」の検証に大きく貢献した「Belle実験」 18
〔 機 関 〕高エネルギー加速器研究機構、東北大、東工大、東大、名大、阪大及び世界各国50を超える研究機関 3 4 5
〔サービス〕国際接続、L3VPN

3.ニュートリノ研究 21
〔 機 関 〕東京大学神岡素粒子研究施設、J-PARC、国内外の研究者 3 4 5
〔サービス〕L2VPN/VPLS、L3VPN

4.アトラス(ATLAS)実験 24
〔 機 関 〕東大、KEK、筑波大、早稲田大、東工大、首都大学東京、名大、京都大、京都教育大、信州大、岡山大、広島工大、長崎総合科学大、CERN等 3 4 5
〔サービス〕国際接続

5.格子QCDシミュレーションによるハドロン物理・素粒子標準模型の研究 28
〔 機 関 〕筑波大学、高エネルギー加速器研究機構、京都大学、大阪大学、広島大学、金沢大学 3 4 5
〔サービス〕L3VPN

6.未来のクリーンエネルギー源の安全な実用化を目指す核融合研究 32
〔 機 関 〕核融合科学研究所、筑波大学、九州大学 3 4 5
〔サービス〕L2VPN/VPLS、L3VPN

7.レーザー電子光を用いてハドロンの性質を研究するLEPS実験 36
〔 機 関 〕大阪大学、高輝度光科学研究センター 3 4 5
〔サービス〕L3VPN

【宇宙科学・天文学】 39

8.宇宙線観測・研究 ―大型低温重力波望遠鏡「KAGRA」、大型水チェレンコフ光観測装置「スーパーカミオカンデ」― 40
〔 機 関 〕東京大学 宇宙線研究所、大阪市立大学、新潟大学 5
〔サービス〕L2VPN/VPLS

9.小惑星探査機「はやぶさ2」 44
〔 機 関 〕宇宙科学研究所 5
〔サービス〕国際接続

10.アルマ望遠鏡プロジェクトとSINET 48
〔 機 関 〕国立天文台 4
〔サービス〕L3VPN

11.L1オンデマンドサービスを利用した光結合VLBI観測 52

〔 機 関 〕国立天文台、北海道大学、山口大学、核融合科学研究所、高エネルギー加速器研究機構 3 4
〔サービス〕L1オンデマンド

12.太陽観測衛星「ひので」による太陽研究 55

〔 機 関 〕宇宙科学研究本部、国立天文台、太陽物理学の世界の研究者 3 4 5
〔サービス〕L1VPN

13.銀河系の3次元立体地図を作る「VERA」プロジェクト 59

〔 機 関 〕鹿児島大学、国立天文台 3 4 5
〔サービス〕L2VPN/VPLS

【環境・気象・地球科学・遺伝学】 63

14.遺伝子情報の大容量化を支える計算機ネットワーク 64

〔 機 関 〕国立遺伝学研究所 4 5
〔サービス〕IP Dual、国際接続

15.衛星データの受信・処理・アーカイブおよびデータ配布 67

〔 機 関 〕千葉大学(環境リモートセンシング研究センター) 3 4 5
〔サービス〕IP Dual

16.全国地震観測データ流通ネットワーク「JDXnet」の構築・運用 70

〔 機 関 〕東大、北大、弘前大、東北大、京都大、名大、広島大、九大、長崎大、海洋研究開発機構 3 4 5
〔サービス〕L2VPN/VPLS

17.VLBI観測による超大容量観測データの国際共有 73

〔 機 関 〕国土地理院、世界各地の観測局 3 4 5
〔サービス〕国際接続

【遠隔授業・コミュニケーション】 76

18.京阪奈三教育大学における双方向遠隔講義システム 77

〔 機 関 〕京都教育大学、奈良教育大学、大阪教育大学 4 5
〔サービス〕L2VPN/VPLS

19.胎児心スクリーニング普及に向けたハイビジョン遠隔講座 80

〔 機 関 〕神奈川県立こども医療センター 4 5
〔サービス〕IP Dual

20.ハイビジョン双方向遠隔授業による医療福祉情報分野の人材育成とIPv6活用の取り組み 83

〔 機 関 〕横浜国立大学、横浜市立大学 3
〔サービス〕IP Dual

21.インターネットを利用した国際遠隔講義 86

〔 機 関 〕琉球大学、慶応義塾大学、国連大学、ハワイ大学、南太平洋大学、タイアジア工科大学、サモア国立大学 3 4 5
〔サービス〕国際接続

22.全国18連合農学研究科を結ぶ遠隔講義システム 89

〔 機 関 〕農工大、岩手大、弘前大、岐阜大、鳥取大、愛媛大、鹿児島大、佐賀大、宇都宮大、山形大、帯広畜産大等 3 4 5
〔サービス〕IP Dual

23.北陸三県の国立大学を結ぶ双方向遠隔授業システム 92

〔 機 関 〕金沢大学、富山大学、福井大学、北陸先端科学技術大学院大学 3
〔サービス〕IP Dual

24.特別支援教育における双方向遠隔授業 95
〔 機 関 〕愛媛大学、鳥取大学 3
〔サービス〕L2VPN/VPLS

25.同室感コミュニケーションシステム「t-Room」の研究 98
〔 機 関 〕同志社大学 3 4
〔サービス〕L1オンデマンド

【地域活性・人材育成】 101

26.盛岡DCを活用し、学内インフラ強化及び地域の情報化を牽引 102
〔 機 関 〕岩手大学 4 5
〔サービス〕IP Dual

27.先進的なITを活用した震災復興・地域活性化に向けた取り組み 105
〔 機 関 〕会津大学 4 5
〔サービス〕IP Dual

28.「四国の知」の集積を基盤とした四国の地域づくりを担う人材育成 108
〔 機 関 〕香川大学、徳島大学、鳴門教育大学、愛媛大学、高知大学、四国大学、徳島文理大学、高知工科大学 3 4 5
〔サービス〕IP Dual

【計算資源・実験施設等の遠隔利用】 111

29.X線自由電子レーザー施設「SACLA」とスパコン「京」の連携にSINETを活用 112
〔 機 関 〕理化学研究所、高輝度光科学研究センター 4 5
〔サービス〕IP Dual

30.スパコン「地球シミュレータ」とSINETとの連携 116
〔 機 関 〕海洋研究開発機構 3 4 5
〔サービス〕IP Dual、L2VPN/VPLS

31.SINETを介した計算機資源等の提供、円滑なキャンパス移転 119
〔 機 関 〕統計数理研究所 3 4 5
〔サービス〕IP Dual、L2VPN/VPLS

32.遠隔操作によるX線解析強度データの測定―SPring-8構造生物学ビームラインの現状― 122
〔 機 関 〕高輝度光科学研究センター 3 4 5
〔サービス〕IP Dual

33.触覚フィードバックを含む遠隔制御システム 126
〔 機 関 〕豊橋技術科学大学、函館工業高等専門学校 3
〔サービス〕QoS

34.研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究「RENKEIプロジェクト」 129
〔 機 関 〕東京工業大学 3 4
〔サービス〕L3VPN

【遠隔医療】 133

35.学術ネットワークを活用した国際遠隔医療の推進 134
〔 機 関 〕九大、アジア各国の大学等 3 4 5
〔サービス〕IP Dual、L1オンデマンド

36.日本およびアジア地域における胎児医療の発展に、SINETによる国際遠隔医療を活用 138
〔 機 関 〕国立成育医療研究センター 3
〔サービス〕L1オンデマンド

【キャンパスネットワークの高度化】 141

37.仮想大学LANサービスを利用したキャンパスLANの構築 142
〔 機 関 〕理化学研究所
〔サービス〕仮想大学LAN
5

38.仮想大学LANサービスを用いた学内の情報化 145
〔 機 関 〕群馬大学
〔サービス〕仮想大学LAN
5

39.国立大学病院における医療情報遠隔バックアップシステムの構築 149
〔 機 関 〕東京大学医学部附属病院を含む全国42国立大学･46大学病院
〔サービス〕L2VPN/VPLS
4 5

40.大学業務を速やかに回復させるIT-BCP基幹システム 152
〔 機 関 〕宇都宮大学、横浜国立大学
〔サービス〕L2VPN/VPLS
4 5

41.山形DCを活用した高度な分散キャンパスネットワーク環境の構築 155
〔 機 関 〕山形大学 情報ネットワークセンター
〔サービス〕IP Dual、L2VPN/VPLS
4 5

42.SINET L2VPNを利用した遠隔バックアップシステムの構築 158
〔 機 関 〕静岡大学 情報基盤センター
〔サービス〕L2VPN/VPLS
4 5

43.「kyo2 Cloud Center」の運用 162
〔 機 関 〕京都教育大学 情報処理センター
〔サービス〕L2VPN/VPLS
4 5

44.対外接続にSINETを活用した全学情報ネットワーク基盤「UTnet」 166
〔 機 関 〕東京大学 情報基盤センター
〔サービス〕L2VPN/VPLS
4 5

45.SINET L2VPNを用いた商用クラウドメール接続 169
〔 機 関 〕東京農工大学 総合情報メディアセンター
〔サービス〕L2VPN/VPLS
4

46.キャンパスネットワーク「MEINET」でのL2VPN利用 172
〔 機 関 〕名城大学
〔サービス〕L2VPN/VPLS
3 4

47.キャンパスネットワーク(HINET2007)におけるWeb認証システムの構築･運用 174
〔 機 関 〕広島大学
〔サービス〕IP Dual
3 4 5

48.筑波キャンパスと東京キャンパスをL2VPNで接続 177
〔 機 関 〕筑波大学
〔サービス〕L2VPN/VPLS
3 4 5

【クラウド活用】 180

49.全学情報基盤の全面クラウド化 181
〔 機 関 〕東京農工大学
〔サービス〕クラウド接続、L2VPN/VPLS
5

50.研究用情報基盤のクラウド化 185
〔 機 関 〕名古屋大学
〔サービス〕クラウド接続、L2VPN/VPLS
4 5

51.学内ICTインフラのクラウド移行 189

〔 機 関 〕千葉工業大学 4 5
〔サービス〕クラウド接続、L2VPN/VPLS

52.クラウドサービスを活用した遠隔データバックアップシステムの構築 192

〔 機 関 〕聖泉大学 4 5
〔サービス〕クラウド接続、L2VPN/VPLS

53.AWSを利用したハイブリッド・クラウド環境の構築 195

〔 機 関 〕近畿大学 4 5
〔サービス〕クラウド接続、L2VPN/VPLS

54.e-ポートフォリオの構築と運用 198

〔 機 関 〕九州産業大学 4 5
〔サービス〕クラウド接続、L2VPN/VPLS

【ネットワーク研究】 201

55.L1オンデマンドサービスを利用して実施したiSCSI-APTの性能評価 202

〔 機 関 〕大阪大学、北海道大学、九州大学 3
〔サービス〕L1オンデマンド

56.フルルート提供サービスを利用した広域負荷分散実験 205

〔 機 関 〕九州大学、九州産業大学 3
〔サービス〕フルルート

Ⅰ　学術情報ネットワークについて

1.　学術情報ネットワークとは

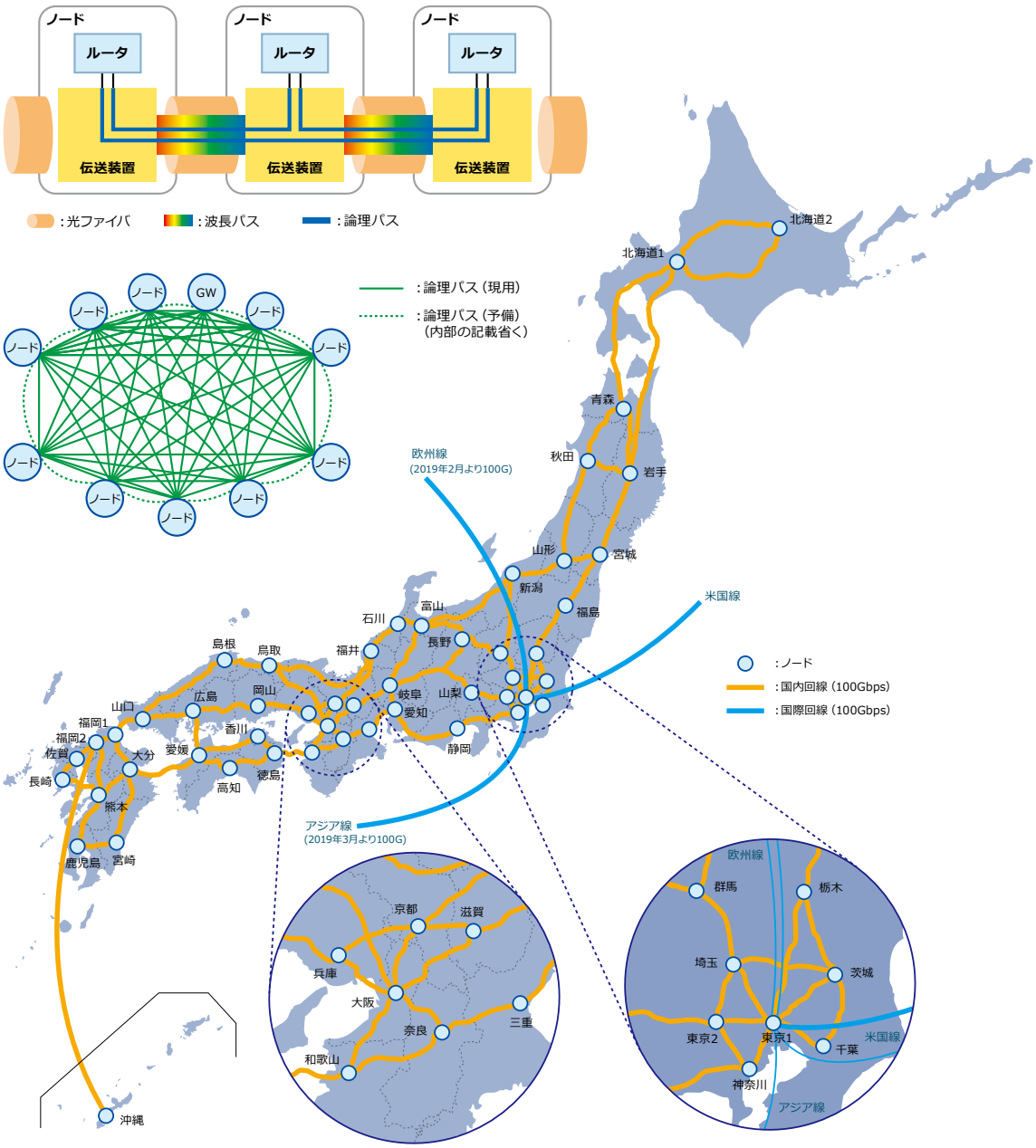
学術情報ネットワークは、日本全国の大学･研究機関等の学術情報基盤として構築･運用されている情報通信ネットワークです。教育･研究に携わる数多くの人々のコミュニティ形成を支援し、多岐にわたる学術情報の流通促進を図るために、全国にノード（ネットワークの接続拠点）を設置し、大学･研究機関等に対して先進的なネットワークを設計･提供しています。また、国際的な先端研究プロジェクトで必要とされる国際間の研究情報流通を円滑に進められるように、米国 Internet2 や欧州 GÉANT をはじめとする、多くの海外研究ネットワークと相互接続しています。

2016 年 4 月からは、従来の学術情報基盤である SINET4 を発展させた SINET5 の本格運用を開始しました。クラウドやセキュリティ、学術コンテンツを全国 100G ネットワークで有機的につなぎ、850 以上の大学等にハイレベルな学術情報基盤を提供します。

2.　SINET5 のネットワーク構成

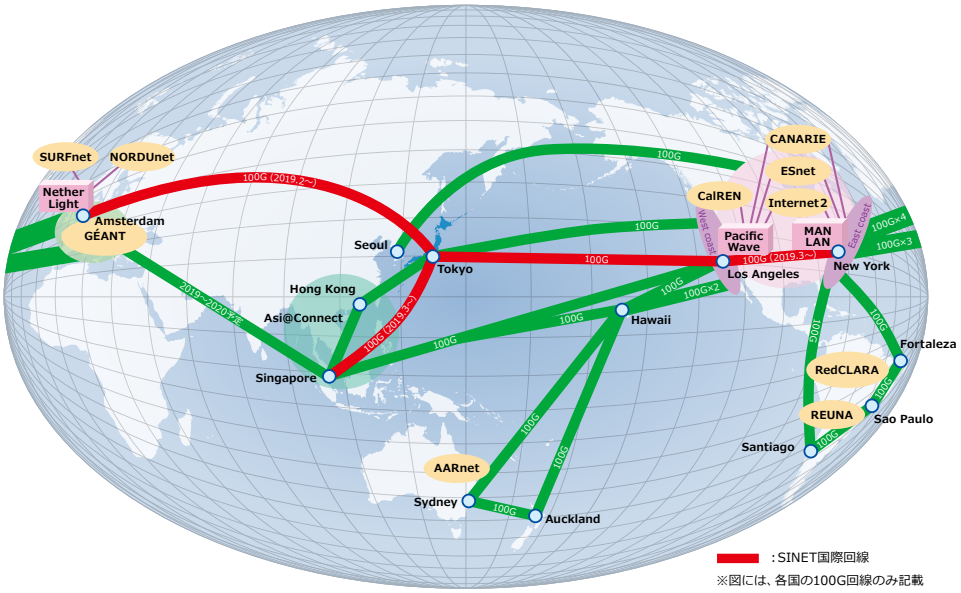
各ノード間を最短で接続する光ファイバを確保し、最先端の伝送装置を用いて、超高速･低遅延･スケーラブルなネットワークを経済的に実現しています。

同時に光ファイバレベルでの冗長性を確保することで高信頼性を確保しています。また、各ノード間をフルメッシュ状に接続することで任意地点間の遅延を最小化しています。



SINET5 ネットワーク構成

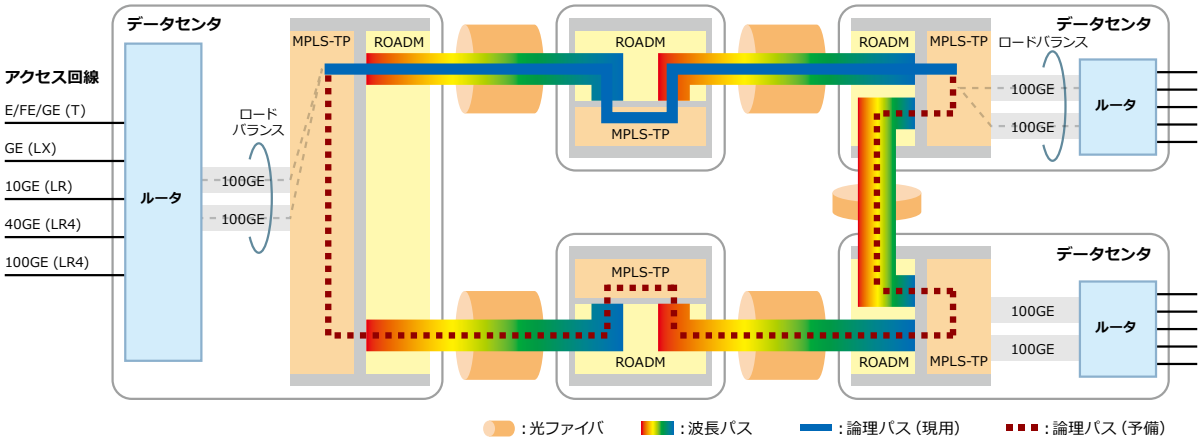
海外研究ネットワークとの相互接続



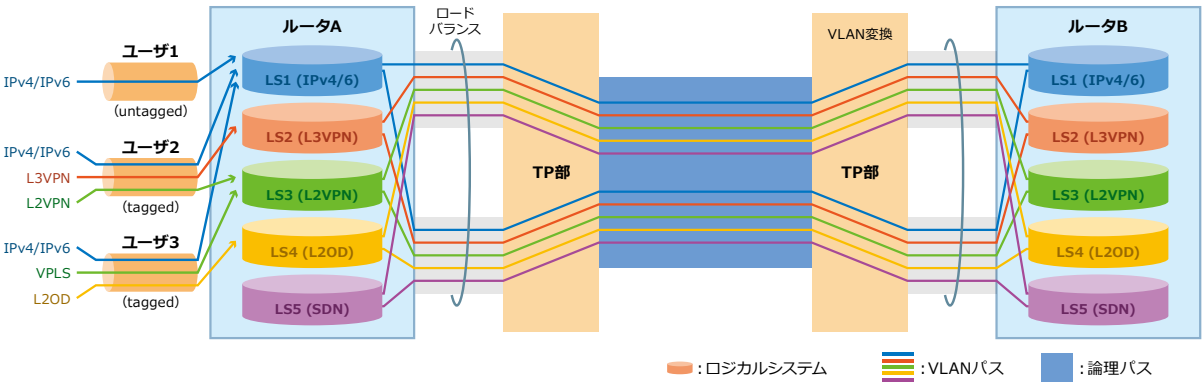
SINET5 国際接続

3. SINET5 のアーキテクチャ

ルータと伝送装置の MPLS-TP 部とは、2 本以上の 100Gbps リンクで接続し、ロードバランスを実施しています。各 MPLS-TP 部間は ROADM を介して波長パスと論理パスで接続し、論理パスは高信頼化のため 2 重化しています（現用、予備）。



ルータにはサービス群毎にロジカルシステム（LS）を設定し、LS 間は VLAN で接続しています。

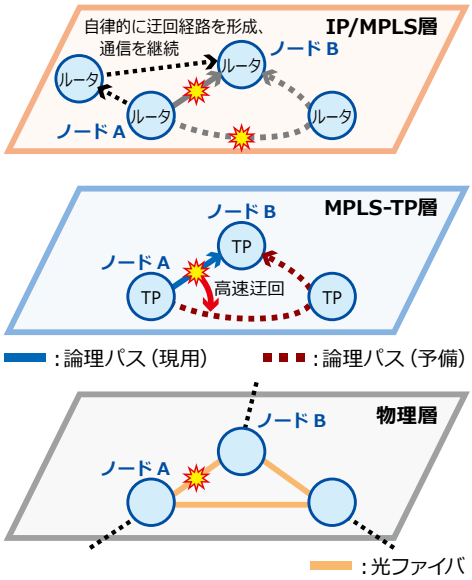


SINET5 の高信頼化

③ノード間の2つの論理パス（現用、予備）が両系断となっても、ルータが数秒で自律的に迂回経路を形成するため、ユーザへの通信影響を極力抑えることができます。

②ノード間は、2つの論理パス（現用、予備）で接続されており、現用系が切れた場合は、予備系に高速迂回し、パケット損失が起こりません。なお、2つの論理パスは異経路冗長構成をとっており互いに影響を及ぼすことがありません。

①各ノードは、必ず2本以上の異経路の光ファイバで接続されており、光ファイバ断への耐障害性を高めています。



障害時におけるノードAからノードBへの通信

（参考）とう道
主要な光ファイバは、地震などの災害から守るため、
とう道と呼ばれる、地下トンネルに設置されています。

4. SINET5 の提供サービス

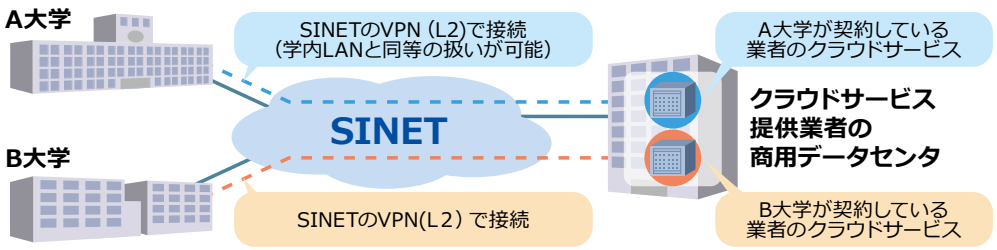
SINET5 では、ネットワークサービス機能の拡充を図るとともに、大学･研究機関等におけるセキュアで先端的な研究環境を構築するため、仮想大学LANやL2オンデマンド等、より利用者の立場に立ったサービスメニューを拡張していきます。

ネットワークサービスメニュー		
L3サービス	インターネット接続（IP Dual）	
	フルルート提供	
	IPマルチキャスト（+QoS）	
	アプリケーション毎QoS	
	L3VPN（+QoS）	
L2サービス	L2VPN/VPLS（+QoS）	
	仮想大学LAN	提供開始
	L2オンデマンド（基本）	提供開始
	L2オンデマンド（国際連携：NSI）	試行運用中（利用のご相談受付中）
	L2オンデマンド（クラウド連携：REST）	提供開始
L1サービス	波長専用線	
アクセス回線冗長化対応	マルチホーミング	
	リンクアグリゲーション	
	冗長トランクグループサービス	提供開始
ネットワーク運用安定化	DDoS Mitigation機能	加入機関からの申告に基づき設定
次世代ネットワーク機能	NFVサービス	トライアル中
転送性能向上	パフォーマンス計測	提供開始
	100G対応高速ファイル転送	一部機能提供中

クラウドサービスのセキュアな利用の枠組み

上位レイヤサービス（メールやストレージ等）をセキュアに利用できるように、クラウドサービス提供事業者が学術機関向けクラウドサービスを提供するために SINET への回線の繋ぎ込みが可能です。これを利用することで、より安価にセキュアなプライベートクラウド等の構築が可能になります。

※利用にあたっては、加入機関が個別にクラウドサービス提供事業者と契約する必要があります。

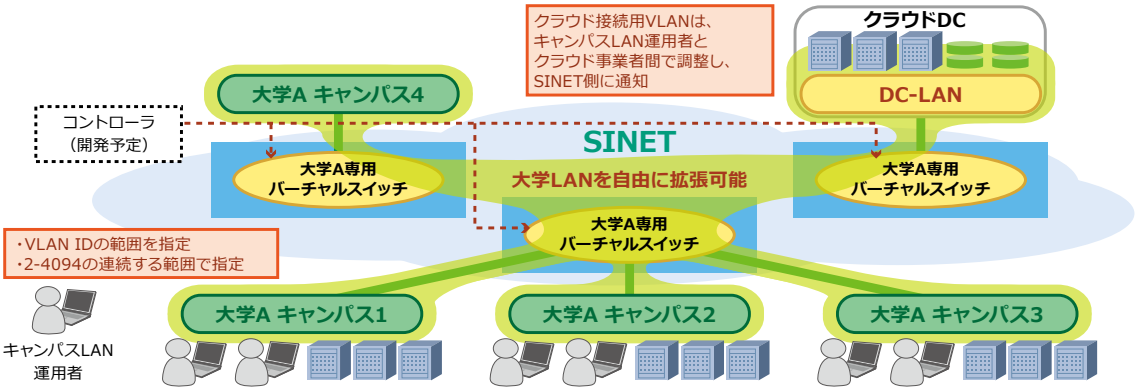


仮想大学 LAN サービス

SINET 上で大学 LAN を自由に拡張してマルチキャンパスやクラウド接続を実現します。

・ユーザ側:VLAN-ID の範囲を指定、インターネット /L2･L3VPN に接続する VLAN-ID は別指定。
VLAN ID の追加ごとの利用手続きが不要となり、加入機関による柔軟な運用が可能

・SINET 側:SINET ノードで VLAN-ID を自動認識して自動的に多地点間を接続



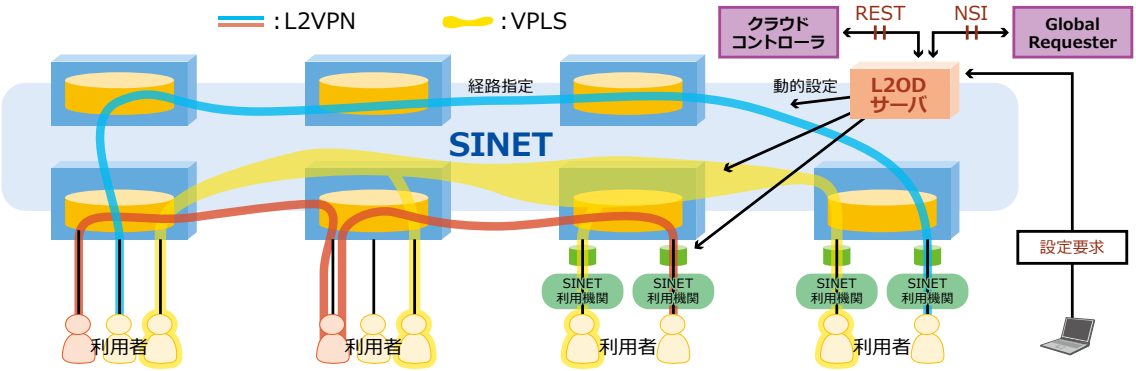
L2 オンデマンドサービス

利用者から、接続対地や開始･終了時間（短期間から長期間まで）等を指定して、オンデマンドで L2VPN/VPLS を設定します。

利用する際のイメージは以下の通りです。

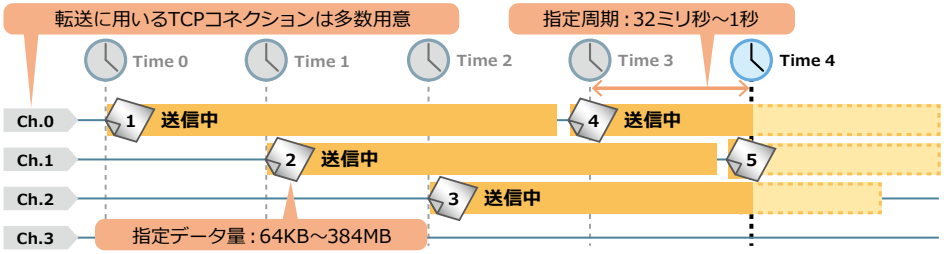
・L2VPN（PtoP 接続）：オプションとして、帯域指定や経路指定が可能

・VPLS（MPtoMP 接続）：オプションとして、対地の追加･削除が可能



高速ファイル転送ソフト

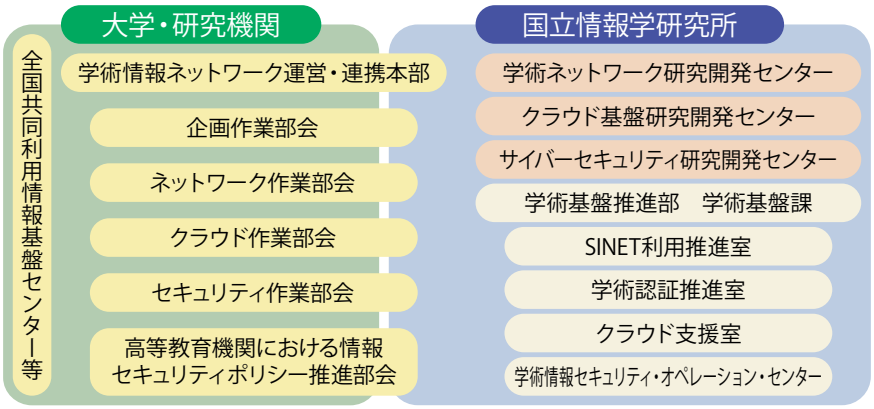
ネットワークが混雑していたり、海外向けなど高遅延の環境でも、利用者が転送速度（＝指定データ量／指定周期）を指定して、ファイルを高速に送信することが可能です。送出の際、既に送信中のコネクションは避け、空きのコネクションを利用します。



5．学術情報ネットワークの運営体制

1）運用体制

学術情報ネットワークの運営は、大学･研究機関と国立情報学研究所との共同組織である学術情報ネットワーク運営･連携本部のもと、大学･研究機関の情報基盤センター等と国立情報学研究所の３つの研究開発センターなどとの連携･協力により行われています。



2）ＳＩＮＥＴ利用推進室

SINET 利用推進室は、ネットワークの高度な利活用のためのコンサルティング、利用者支援、ネットワークサービスの教育･普及、啓蒙活動などを行っています。SINET への接続に関するご相談、利用上困ったことやわからないことがありましたら、お気軽にご連絡ください。

業務内容

ユーザーコンサルティングと対策
ネットワークサービス利用などに関するコンサルティング

ユーザー要望のヒアリング調査活動
SINET への要望･意見募集

性能上の不具合トラブルシューティング対応
ネットワークサービス利用時の不具合や性能改善へのサポート

技術普及･啓蒙活動（講演会･交流会）
SINET 利用説明会の開催や啓蒙活動･推進事例、説明等の作成、Web での発信

3）学術情報基盤オープンフォーラム

学術研究･教育の発展･成長を支える基盤としての最先端学術情報基盤を強化するため、大学･研究機関の連携強化･情報交換の推進を図る枠組みとして、2009 年 6 月に発足しました。

SINET 用アクセス回線共同調達や商用クラウド接続環境の整備を実施し、学術認証基盤やクラウド活用等による上位レイヤサービス活用に向けた情報交流を推進しています。

Ⅱ 事例集

【高エネルギー・核融合科学】

1. SINET で日欧連携を加速する国際核融合研究
（核融合科学研究所、日本原子力研究開発機構） 4 5

2. ノーベル物理学賞「小林・益川理論」の検証に大きく貢献した「Belle 実験」
（高エネルギー加速器研究機構） 3 4 5

3. ニュートリノ研究
（東京大学 宇宙線研究所附属神岡素粒子研究施設） 3 4 5

4. アトラス（ATLAS）実験
（東京大学 素粒子物理国際研究センター） 3 4 5

5. 格子 QCD シミュレーションによるハドロン物理・素粒子標準模型の研究
（筑波大学 計算科学研究センター） 3 4 5

6. 未来のクリーンエネルギー源の安全な実用化を目指す核融合研究
（核融合科学研究所） 3 4 5

7. レーザー電子光を用いてハドロンの性質を研究する LEPS 実験
（大阪大学 核物理研究センター） 3 4 5

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

1.　SINETで日欧連携を加速する国際核融合研究

核融合科学研究所、日本原子力研究開発機構

4 5

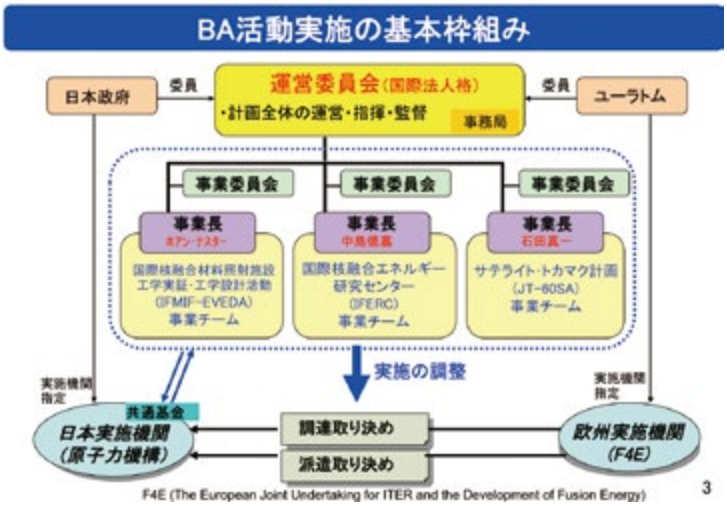
独立行政法人 日本原子力研究開発機構では、国際熱核融合実験炉 (ITER) 計画の補完・支援、並びに原型炉に必要な技術基盤の確立を目指す「幅広いアプローチ (BA) 活動」を展開しています。今回はその活動の一つである「国際核融合エネルギー研究センター (IFERC)」の概要と SINET が果たす役割について、大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 核融合科学研究所 教授 兼 幅広いアプローチ活動 IFERC 事業長 中島 徳嘉氏と、日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門 研究主席 小関 隆久氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2013年11月8日）

まず「幅広いアプローチ (BA) 活動」の内容と目的について教えて頂けますか。

小関氏：次世代エネルギーとして期待を集めている核融合には、燃料となる重水素を海水から取り出すことができるため地球上にほぼ無尽蔵に存在すること、燃料供給を止めれば直に核融合反応が停止するなど原理的な安全性があることなど、多くのメリットが備わっています。現在フランスのサン・ポール・レ・ヂュランス（カダラッシュ）では、日本、欧州、米国、ロシア、中国、韓国、インドの７極による国際熱核融合実験炉「ITER」の建設が行われており、この核融合エネルギーの実現に向けた国際的な取り組みが進んでいます。ところがITERによる実験が成功すれば、すぐに発電ができるわけではありません。ITER は持続的な核融合燃焼の実証研究を行うための施設であり、核融合エネルギーとして取り出すための工学的課題や、長年の使用に耐える材料の開発や、効率よくエネルギーを作り出せるプラズマの開発などが必要であり、実際に核融合発電を行うためには、発電実証を行う原型炉を作り上げて技術面や経済面での実現性も探っていく必要があります。そこで ITER 計画の支援を行うと同時に、原型炉を見据えた核融合研究開発や様々な技術基盤の構築を行うためのプロジェクトが BA 活動なのです。

BA 活動は日本と欧州の共同プロジェクトであり、私の所属する日本原子力研究開発機構が日本側の実施機関となっています。また、日欧の委員で構成される運営委員会の元で「国際核融合材料照射施設工学実証・工学設計活動事業 (IFMIF-EVEDA)」「国際核融合エネルギー研究センター事業 (IFERC)」「サテライト・トカマク計画事業 (JT-60SA)」の３つの事業が行われています。



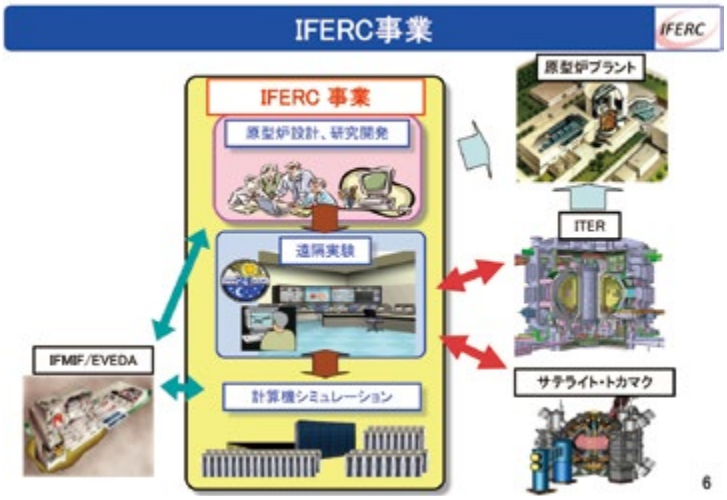
BA 活動

「日本原子力研究開発機構提供」

ITER だけではできないことを補完し、原型炉に必要な技術基盤を確立するのが BA 活動というわけですね。IFERC の具体的な活動内容についても伺いたいのですが。

中島氏：IFERC では、ここ青森県･六ヶ所サイトにおいて「原型炉設計・研究開発」、「計算機シミュレーション」、「ITER 遠隔実験」の 3 つの活動を副事業として行っています。「原型炉設計･研究開発」活動では、日欧で原型炉の概念設計と原型炉で用いる材料の研究開発を実施しています。原型炉では発電実証を行いますので、発電プラントとしてきちんと稼動できるレベルの設備でなくてはなりません。設計や材料開発においてクリアすべき課題はまだまだ存在しますので、日欧の研究者が共同で研究開発に取り組んでいます。「計算機シミュレーション」活動では、1.23PFLOPS の Linpack 性能を持つスパコン「Helios」を利用して、高温高圧のプラズマを保持する上で問題となるイオン乱流輸送のシミュレーションなど、核融合研究に関わる様々な物理的･工学的シミュレーション研究を行っています。

「ITER 遠隔実験」活動は、フランスの ITER サイトと六ヶ所サイトを高速ネットワークで接続し、日本から ITER の遠隔実験を行うための準備です。いわば、ITER の制御室をそのまま日本へも持ってくるようなイメージですね。遠隔実験が開始された暁には、ITER 実験の条件設定やデータの収集･解析が日本にいながらにして行えるようになると考えられます。

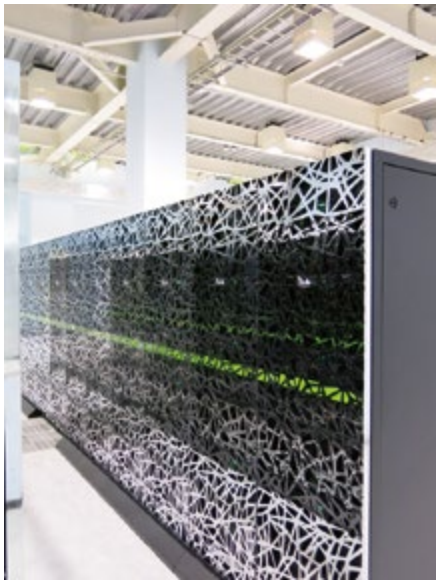


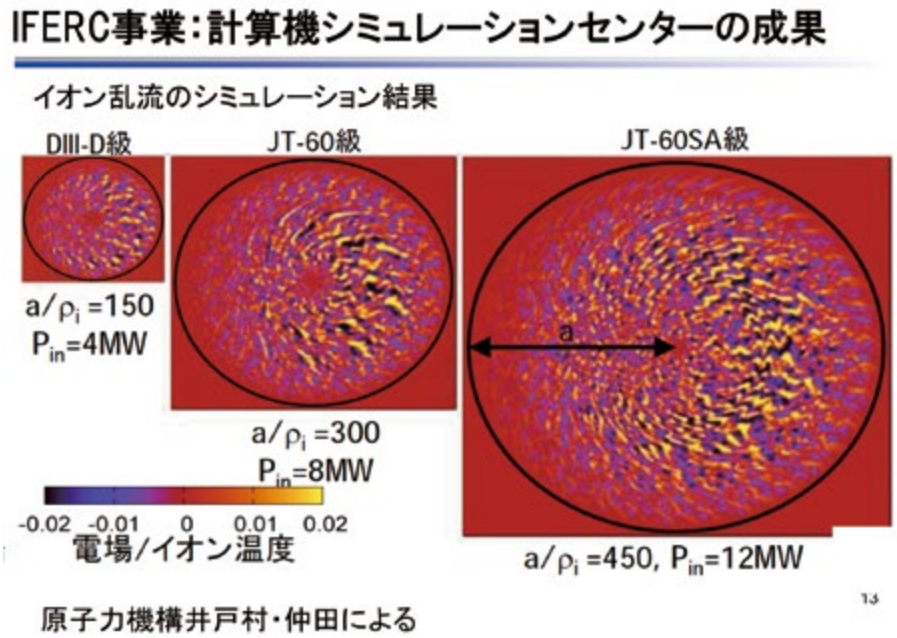
IFERC 事業

「日本原子力研究開発機構提供」

現時点における研究成果はいかがですか。

中島氏：それぞれの活動において様々な成果が挙がっています。「原型炉設計・研究開発」活動においては、以前は日欧の研究者がそれぞれのコンセプトに基づいて研究を進めていましたが、現在では日欧で支持される物理的･工学的な設計基盤が集約されつつあります。また、材料研究開発の面では先進中性子増倍材（ベリライド）の製造法等新しい技術が生み出されています。「計算機シミュレーション」活動では、日欧の大学や研究機関からの応募件数は年々増え続けており、2012 年 4 月～ 11 月の第一サイクルでは 62 件、2012 年 11 月～ 2013 年 11 月の第二サイクルでは 82 件、2013 年 11 月～ 2014 年 11 月の第三サイクルでは 122 件もの応募がありました。2013 年 10 月までに 110 編を超える研究論文が生まれています。「ITER 遠隔実験」活動は、これからが本番ということになりますが、準備段階としていろいろな取り組みを行っています。例えば、ITER 以外に遠隔実験が可能な核融合研究装置として、BA 活動の一つである「サテライト・トカマク計画」で茨城県・那珂市に建設中の「JT-60SA」などがありますが、これらを対象に、ITER 遠隔実験に先立つ検証作業を行う予定です。遠隔実験に必要な知見を事前に積んでおけば、ITER 稼動後もスムーズに研究が行えますからね。





スパコン「Helios」及び、計算機シミュレーションセンターの成果例
「日本原子力研究開発機構提供」

SINET が果たしている役割についても教えてください。

中島氏：これは非常に大きいと言えます。先にも触れた通り、ITER 遠隔実験が開始されると大量のデータがフランスの ITER サイトと六ヶ所サイトを行き交うことになります。特に実験後のデータは膨大な容量になりますので、高速・高信頼度のネットワークインフラが無いと研究になりません。また、計算機シミュレーションについても事情は同じで、遠隔利用で高性能なスパコンの能力をフルに発揮させるためにはネットワークが不可欠です。そこを支えてくれているのが SINET というわけです。ちなみに、2012 年 1 月から 2013 年 11 月までにシミュレーションで蓄積されたデータ容量は約 2PB に上ります。また SINET の回線についても約 400Mbps の帯域を使用していますが、これらの容量やトラフィックが今後さらに増大することは間違いありません。

小関氏：実は、BA 活動に向けた日欧の国際協議交渉のフェーズでも、SINET の存在が大きかったですね。今回のプロジェクトは日欧共同事業であり、費用もそれぞれで折半しています。当然、欧州側のユーザーとしては、六ヶ所サイトの研究資源を日本のユーザーと同じように利用できる環境を求めてきます。従って、ネットワークインフラの充実度がプロジェクトの開始に当たっては非常にクリティカルな問題だったのですね。その点 SINET は、高速・高信頼な学術ネットワークとして世界的に知られていますから、「SINET を使う」と言えばすんなり納得してもらえました。これは非常に助かりましたね。

ITER サイト - 六ケ所遠隔実験サイト
「日本原子力研究開発機構提供」

最後に今後の展望と SINET への期待を伺えますか。

小関氏：ITER 遠隔実験が本格的に開始されたら、広帯域なネットワークは現在にも増して重要な存在となります。特に ITER の実験で得られるデータは、関連する研究者はもちろんのこと、日本にとって大きな財産ですので、今後もぜひ高信頼で安定的なネットワーク環境を提供して頂ければと思います。

中島氏：ネットワークに関連する現在の大きな研究課題の一つに、大容量データをいかに効率的に転送するかという点があります。現在の欧州へのデータ転送手法にはまだまだ改善すべき点も多いので、日本からも新しい提案を行っていければと考えています。NII にもいろいろとご協力を頂いているところですが、ハード（ネットワーク）面だけでなくこうしたソフト面での支援にも是非協力を御願いしたいです。

ありがとうございました。

2.　ノーベル物理学賞「小林・益川理論」の検証に大きく貢献した「Belle実験」

高エネルギー加速器研究機構

3 4 5

高エネルギー加速器研究機構（以下、KEK）名誉教授の小林誠氏、京都産業大学理学部教授・京都大学名誉教授の益川敏英氏の両氏が、2008年のノーベル物理学賞を受賞される理由となった「小林・益川理論」。その検証に大きく貢献したのが、KEKで行われている「Belle実験」でした。KEK 素粒子原子核研究所 物理第一研究系 教授 片山 伸彦氏に、Belle実験の概要とSINETが果たした役割について伺いました。

（インタビュー実施:2008年11月14日）

片山先生は長年KEKのBelle実験に携わられているそうですね。

片山氏：以前はコーネル大学で粒子加速器を使った研究を行っていたのですが、10年ほど前にKEKのBelle実験グループに参加しました。このプロジェクトが立ち上がったのは1994年で、小林・益川理論に基づいて予言された「B中間子におけるCP対称性の破れ」の検証を目的としていました。そのために、世界でも最高レベルの性能を誇る「KEKB加速器」と、20万チャンネルものセンサーを備えた「Belle測定器」を建設し、1999年より実験を開始しました。

上空からKEKを撮影した写真

その実験が小林・益川両先生のノーベル賞受賞にもつながったわけですが、「CP対称性の破れ」とは具体的にどのようなことを指すのでしょう。

片山氏：もともと、ビッグバンによって生まれた粒子と反粒子には、同じ物理法則が成り立つと考えられていました。ごく簡単に説明すると、電荷(Charge)や空間(Parity)は反転しているけれど、粒子の振る舞いとしては全く同等だと思われていたのです。ところが、1964年に、K中間子と呼ばれる粒子が崩壊する過程で、両者の振る舞いに違いがあることが発見されました。従来は、鏡に映った像のように対称だと思われていたものが、実際にはそうではなかったのです。これが「CP対称性の破れ」と呼ばれている現象です。

当時の物理学界では、この現象を説明するための理論がいくつも提案されました。その中でも「クォークが6種類あれば、この現象がうまく説明できる」という予言を行ったのが小林・益川理論です。当時はまだ3種類のクォー

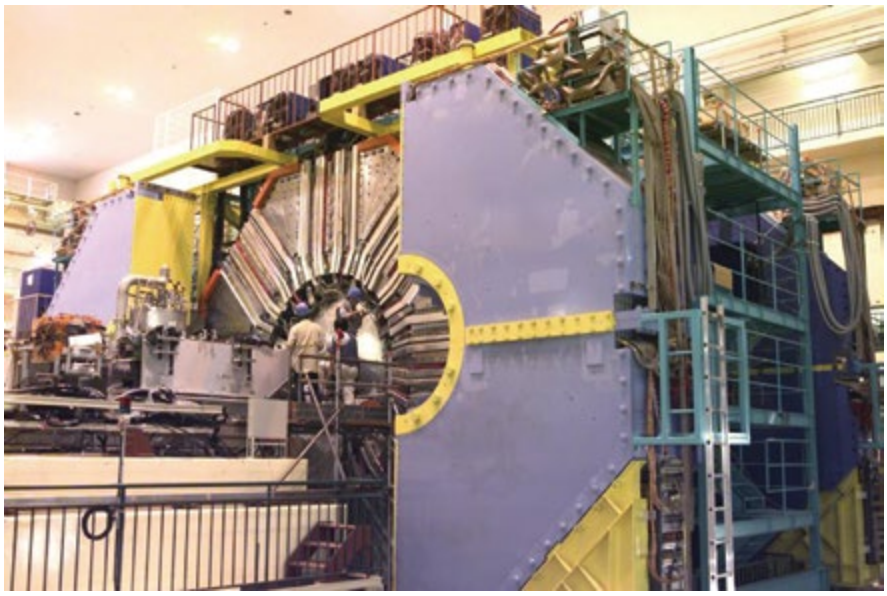
クしか見つかっていませんでしたので、とても画期的な提案だったと言えます。その後 90 年代半ばにかけて残りの 3 種類のクォークが発見され、小林･益川理論の前提条件が満たされました。

さらに、小林･益川理論に基づいて「2 番目に重いボトムクォークを含む B 中間子の崩壊過程でも、CP 対称性の破れが観測されるはずである」ということが予言されました。

それを確かめるために実験が始まったわけですね。

片山氏：その通りです。ただし、ここで一つ問題がありました。B 中間子の崩壊過程を実験で観測するためには、非常にたくさんの B 中間子を作る必要があります。しかし、当時最先端の加速器を利用しても、10 秒間に 1 個くらいしか作れなかったのです。小林･益川理論を確かめるためには、B 中間子を少なくとも従来の 100 倍くらい作らなくてはなりません。そこで KEKB 加速器や Belle 測定器の建設が始まったわけです。ちなみに、この実験が「B ファクトリー実験」と呼ばれるのも、「B 中間子をたくさん作るための工場」というところから来ています。

実験を開始してから 2 年後の 2001 年夏、KEKB 加速器と Belle 測定器による実験と、スタンフォード大学の同様の実験によって、B 中間子における大きな CP 対称性の破れを観測することに成功。これにより、小林･益川理論の検証に、重要な貢献を果たすことになりました。



Belle 測定器

KEKB 加速器や Belle 測定器も大規模な施設ですが、データを分析するためのシステムもかなり大がかりになりそうですね。

片山氏：KEKB 加速器の周長が 3km、光の速度が 30 万 km/ 秒ですから、電子と陽電子が交差する回数は一秒あたり 10 万回にも上ります。実験ではその中から興味を引くようなイベントを絞り込んでいきますが、それでも、一秒あたりに記録するイベントの数は 200 程度、一日あたりのデータ量は約 1TB にも達します。

そのデータを全部記録しておかれるのですか。

片山氏：我々の研究のユニークなところは、昨日観測したデータも 8 年前に観測したデータもまったく価値に違いがなく、同じように解析に使えるという点です。このため、現在はハードディスクで約 1PB、テープで約 5PB のデータを蓄積しています。今後もデータ量はどんどん増えていくことになりますね。

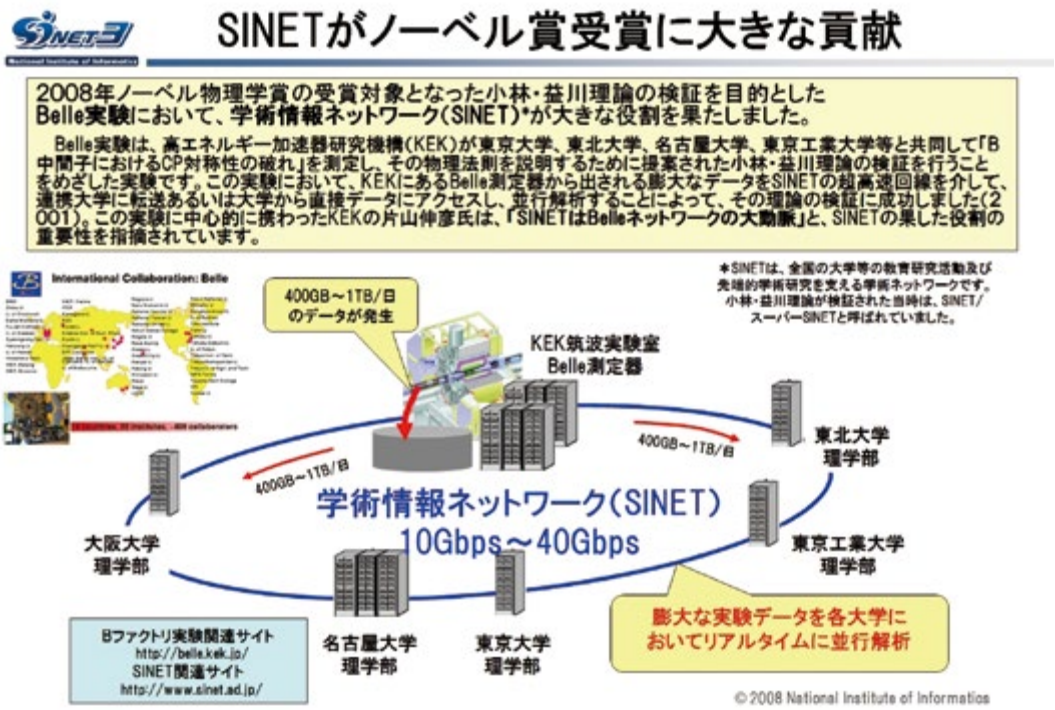
また、解析システムやストレージと並んで、重要な役割を果たしているのがネットワークです。Belle 測定器から出力されるデータは、KEK だけでなく他の大学でも並行して解析を行いますし、これとは逆に他の大学で作成したシミュレーションのデータを、KEK に持ってくる場合もあります。このため、大容量データを短時間でやりとりできる高速なネットワークが欠かせないのです。

その役割を SINET が担っているのですね。

片山氏：そういうことです。Belle 実験ではこれまでも SINET、スーパー SINET を利用しており、現在は SINET3 の L3VPN サービスを利用して、KEK と東北大・東京工業大・東京大・名古屋大・大阪大を結んでいます。また、共同研究を行っている国内各地の大学や、海外 14 カ国・約 40 カ所の大学・研究機関とも、SINET のネットワークを利用してデータをやりとりしています。つまり SINET は、Belle 実験を支えるネットワークの大動脈というわけです。

性能や信頼性についての評価はいかがですか。

片山氏：国際会議の発表前など、ピーク時には容量が数十 TB に及ぶようなデータを送受信するケースもありますが、10Gbps ～ 40Gbps の帯域が確保されているおかげで、ネットワークに不満を感じるケースはまったくないですね。昔は海外の研究機関にテープでデータを送ったりしていたことを考えれば、環境は非常に良くなったと感じています。信頼性も高く、障害で業務に支障がでるようなこともありません。研究には国際競争と国際協調の両面があるわけですが、そのどちらにおいても、SINET が提供する高速・大容量ネットワーク環境の持つ意義は大きいと言えます。



今後はどのように実験を進めて行かれるのですか。

片山氏：小林・益川理論の検証という所期の目的は果たせたわけですが、その一方で新たな研究課題もいろいろと見つかっています。たとえば、今の世界ではどこを見渡しても粒子しか見当たりませんが、約137億年前、ビッグバンによって宇宙が創成された時には粒子と反粒子が同じ数だけあったはずなのです。今反粒子が消えてしまったのは、巨大な CP 対称性の破れが起こったからだと思われます。こうした現象をうまく説明するには、また別の理論が必要になります。新しい提案もいろいろと行われていますが、かつての小林・益川理論のような決定打はまだ存在しません。いわば、また新たな大航海時代に乗り出したようなものなのです。

このような状況下においては、実験が果たすべき役割がこれまでにも増して重要になると考えています。そこで我々のグループでも、現在の実験設備の 100 倍の性能を持つ「スーパー KEKB」や「スーパー Belle」の建設を提案しています。将来的には、素粒子理論や物性の分野に続いて、実験分野でももっとノーベル賞を取りたいですね。

もちろん、データ量が 100 倍になるということは、ネットワークにもより高い性能・信頼性が求められるということです。それだけに、今後の SINET のサービスにも、大いに期待しています。

ありがとうございました。

3.　ニュートリノ研究

東京大学 宇宙線研究所附属神岡素粒子研究施設

3 4 5

ニュートリノ観測実験装置「スーパーカミオカンデ」で知られる東京大学 宇宙線研究所附属 神岡宇宙素粒子研究施設では、ニュートリノ研究に SINTE3 を活用しています。最先端物理学研究におけるネットワークの重要性について、同研究所の竹内 康雄 准教授と広報担当の武長 祐美子 特任研究員にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2008年6月23日,更新:2010年1月18日）

小柴昌俊先生のノーベル賞受賞で、一般にも広く知られるようになったニュートリノ研究ですが、あらためて神岡宇宙素粒子研究施設の概要と研究目的について教えて頂けますか。

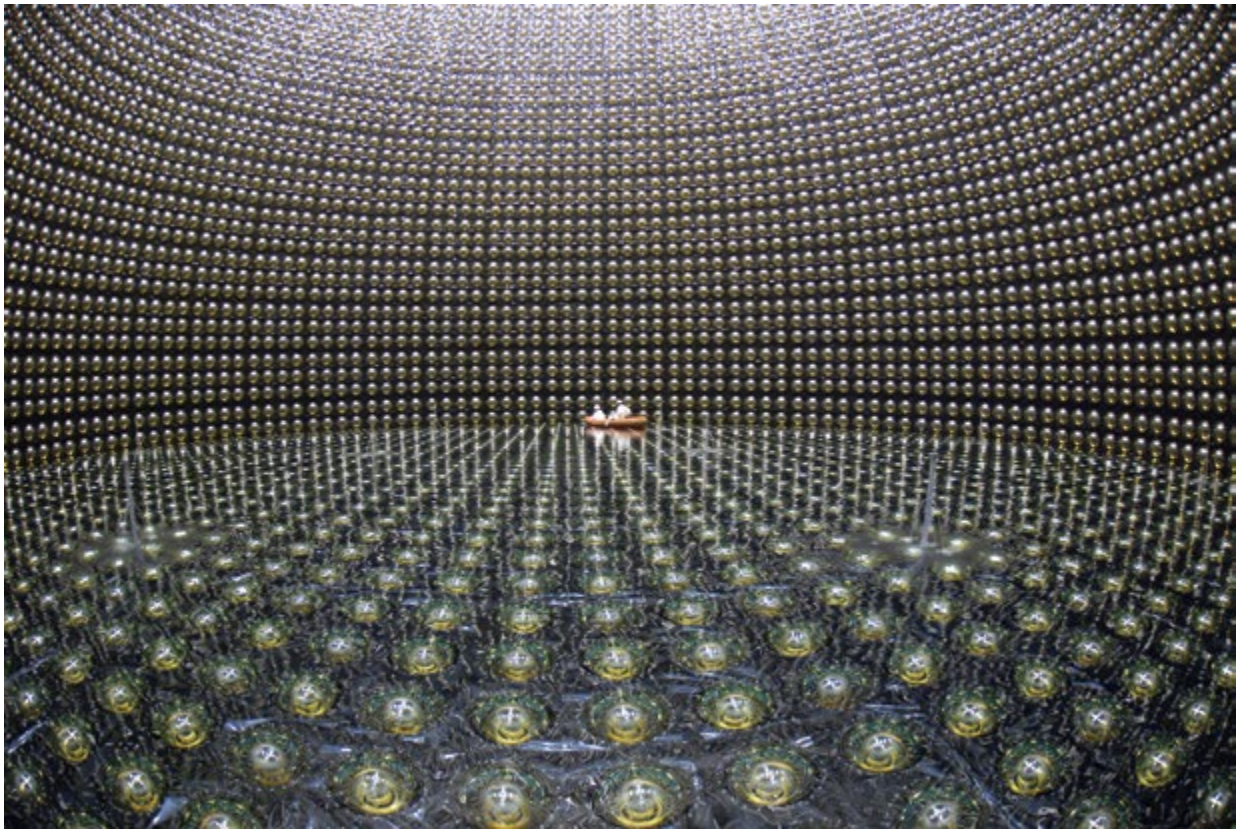
武長氏：当施設は全国共同利用の研究施設で、地下 1000m の坑内に国内最大、かつ世界有数の精密物理実験サイトを有しています。主な研究対象は、ニュートリノ観測や陽子崩壊探索を通じて、物質に働く力や宇宙の成り立ちについて解明することです。また、坑内は精密観測が可能な環境であるため、地球物理学に関する研究や、重力波検出のための研究開発なども行われています。

当施設のニュートリノ観測実験装置「スーパーカミオカンデ」は 1996 年 4 月より研究を開始し、ニュートリノ質量の発見（1998 年）、太陽ニュートリノ振動の発見（2001 年）など、様々な成果を挙げています。また、2009 年には、茨城県・東海村の J-PARC からスーパーカミオカンデへニュートリノビームを打ち込む「T2K 実験」が開始されました。2010 年からは、宇宙暗黒物質の探索などを目的とする低バックグラウンド検出器「XMASS」の観測も開始する予定です。

SINET はどのような形で利用されているのでしょうか。

竹内氏：当施設内では、スーパーカミオカンデ実験を行うグループ以外にも、様々な大学の研究グループが設備や装置を置いて活動を行っています。SINET は、これらの各実験グループや研究機関の重要なネットワークインフラとして活用されています。

たとえば我々の場合は、東京大学・柏キャンパスに宇宙線研究所の本部がありますので、SINET3 の L3VPN サービスを利用して柏・神岡間を結ぶ VPN を構築しています。ちなみにこの VPN は、宇宙線研究所の関係者だけでなく、国内外の共同研究所が当施設の観測データにアクセスする際にも利用されています。また、電子メールや Web、IP- テレビ会議などといった、研究・観測目的以外の一般的な用途にも SINET が使われています。

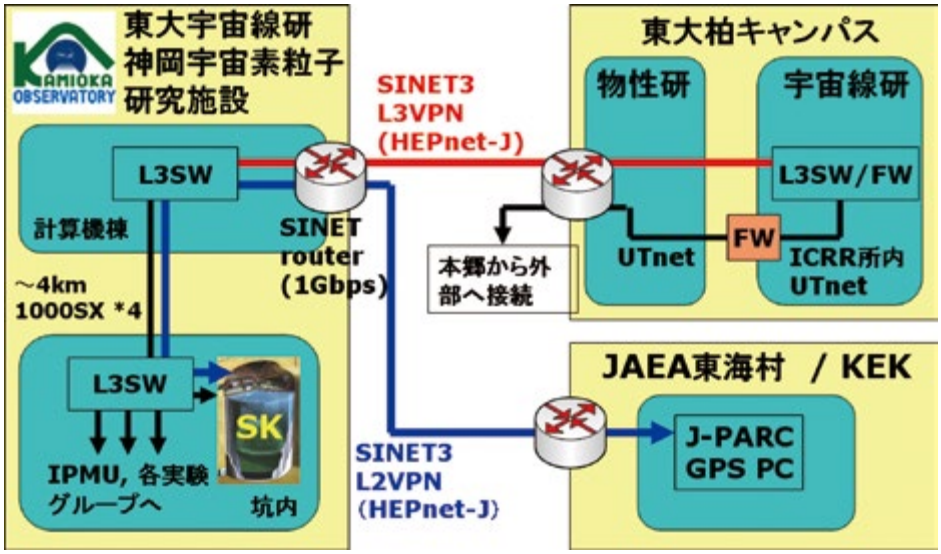


スーパーカミオカンデ内部の様子（現在は純水で満たされている）
© 東京大学 宇宙線研究所附属 神岡宇宙素粒子研究施設

現在までのネットワーク環境の変遷や、SINET を導入するに至った経緯について教えて頂けますか。

竹内氏：かつては神岡と宇宙線研究所本部の間を独自回線でつないでいたのですが、その頃は通信速度や安定性の確保が悩みのタネでした。2400bps のアナログモデムにはじまり、ISDN 64Kbps ～ 128Kbps、ATM 2Mbps と、その時々に利用できる高速なネットワークサービスを導入しては、改善を図ってきたのです。それでもデータが大容量すぎてネットワークでは送りきれず、テープを宅配便で送ったこともありました。

その後は、岐阜県･土岐市の自然科学研究機構 核融合研究所までスーパー SINET が来ていたため、ここに接続させてもらうことで 100Mbps に。さらに、2006 年から SINET のノードを設置して頂き、現在の 1Gbps へと増強されました。ノード設置に際しては、高エネルギー物理ネットワーク (HEPnet-J) 関係者の方々の多大なご協力を頂いたことを感謝しています。



神岡へのネットワーク接続

通信環境の改善を続けられてきたのは、やはりネットワークの高速化が研究にもたらす影響が大きいからなのでしょうか。

竹内氏：その通りです。たとえば、昔はここ（神岡施設）まで来ないと、解析がやりにくいという問題がありました。解析結果をグラフで比較するにも、リモートからだとコマンドを実行してから 10 秒も待ったりする。これではとても効率的な研究は望めません。とはいえ、現役の学生は授業にも出ないといけないので、神岡にずっと詰めているわけにもいきません。その点、ネットワークが速くなれば、リモートからでも充分に解析が行えます。また、このことは、国内外の研究機関からアクセスしてくる研究者にとっても、大きなメリットになります。

武長氏：私も学生時代は柏にいたのですが、その頃と較べても現在は随分環境が良くなりましたね。さすがに私の頃は 10 秒は待ちませんでしたが（笑）、それでもある程度のタイムラグがありました。それが現在では、柏にいてもほぼ神岡と同じスピードで、レスポンスが帰ってきます。かなり快適になりましたので、こうした環境を利用して、神岡の実験に参加する学生がもっと増えればいいなと思っています。

解析作業がやりやすくなったというのは大きな利点ですね。

竹内氏：それ以外に、IP テレビ会議が快適に行えるようになった点も大きいですね。場所が離れていることもあって、神岡では IP テレビ会議による研究打ち合わせも頻繁に行っています。本研究施設関係者だけでも、平均して一日 2、3 回は行っています。会議の相手は国内だけでなく、米国や欧州の研究者であることも多いですよ。国際共同研究ですから、世界中の研究者と顔を合わせて話ができるのは非常に重要なことなのです。最新の情報を直接交換し合うことができますし、お互いに相手のやっていることを理解しながら議論もできます。日･米･欧の研究者が、こうして一緒に研究を進めていけるのは素晴らしいことですね。

SINET のサービスについての評価はいかがですか。

竹内氏：速度･安定性については非常に満足しています。特に、スーパーカミオカンデは 24 時間･365 日ノンストップでニュートリノ観測を続けていますので、ダウンタイムがほとんどないということが非常に重要です。もしネットワークがダウンしたら、外部からまったく装置の状況が分からなくなってしまいますからね。その点、SINET については、導入以来こうしたトラブルがありません。

最後に今後の研究についてお聞かせ頂けますか。

竹内氏：2010 年は、先にご紹介した T2K 実験（*）や XMASS 実験（*）も控えています。今後も宇宙･素粒子分野の研究で、世界をリードしていきたいですね。

特に T2K 実験では、SINET3 のサービスを利用して、東海村･神岡間を結ぶ L2VPN を新たに構築します。これは、ニュートリノビームを発射した際の正確な時刻を GPS から取得し、そのデータを L2VPN で神岡までリアルタイム転送するためです。こうすることで、より精度の高い観測データを得ることができます。

このように、現在の研究活動においては、ネットワークが必要不可欠な存在になっていますので、SINET には今後も高速性･信頼性･安定性に優れたネットワーク環境を提供してもらえればと思います。

（*2010 年度より両実験は開始され、現在も実験中）

T2K 実験

ありがとうございました。

4.　アトラス(ATLAS)実験

東京大学 素粒子物理国際研究センター

3 4 5

東京大学素粒子物理国際研究センターでは、欧州原子核研究機構 (CERN) に建設中の LHC 加速器を使った実験の一つ「アトラス (ATLAS) 実験」に参画しており、解析用データの転送などに SINET の国際接続サービスを利用しています。まもなく開始されるアトラス実験と SINET の役割について、同センターの真下 哲郎 准教授と松永 浩之 特任助教、磯部 忠昭 特任助教にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2008年7月3日）

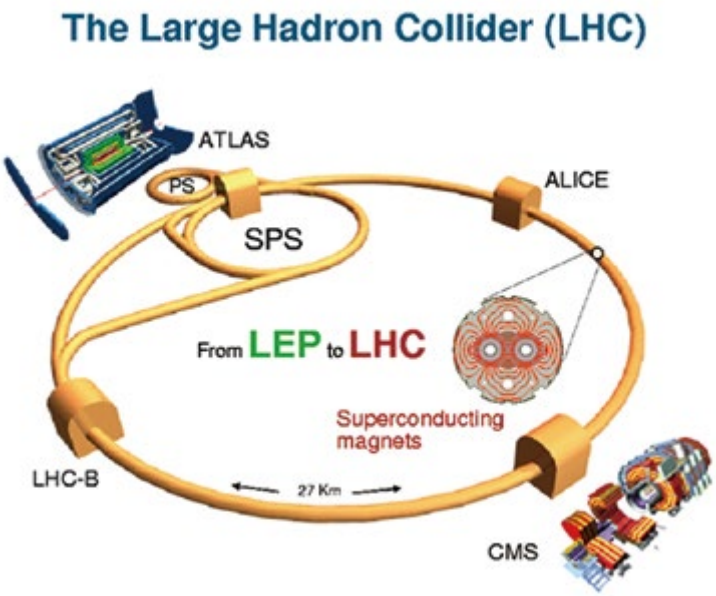
まず、素粒子物理国際研究センターの歩みと概要について伺えますか。

真下氏：当センターの歴史は、小柴昌俊先生をはじめとする先達の方々によって 1974 年に設立された「高エネルギー物理学実験施設」にまで遡ります。以来 30 年あまり、一貫して、最先端の加速器による素粒子研究を手がけてきました。ただし、発足時は理学部附属施設であったものが大学直轄になるなど、組織の名称や形態は時代とともに変化しています。「素粒子物理国際研究センター」という名称は 1994 年からですが、現在のセンターになったのは 2004 年からです。

現在参加されている「アトラス実験」について教えてください。

松永氏：もともと当センターでは、CERN において 1989 年に完成した加速器「LEP」を使った国際共同実験「オパール (OPAL)」に参加していたのですが、この実験は多くの成果を得て 2000 年に終了しました。その後 CERN では、この LEP のために掘ったトンネルを再利用し、新たな加速器「LHC」の建設に着手。これを利用して、4 つの大きな実験を行うこととしました。そのうちの 1 つが、我々も参加している「アトラス (ATLAS)」です。

アトラス実験の目的としては、まずヒッグス粒子の発見が挙げられます。素粒子の標準理論はほぼ確立されていますが、そのうちの粒子の 1 つであるヒッグス粒子がまだ発見されておらず、重要なミッシング・ピースになっているのです。LHC を使ったアトラス実験では、これが発見されるのではないかと期待されています。また、このほかにも、超対称性粒子の発見など様々な現象を探索していく予定です。



提供 :ICEPP（CERN による図を改変）

LHC を利用することで、新たな素粒子が発見される可能性があるわけですね。

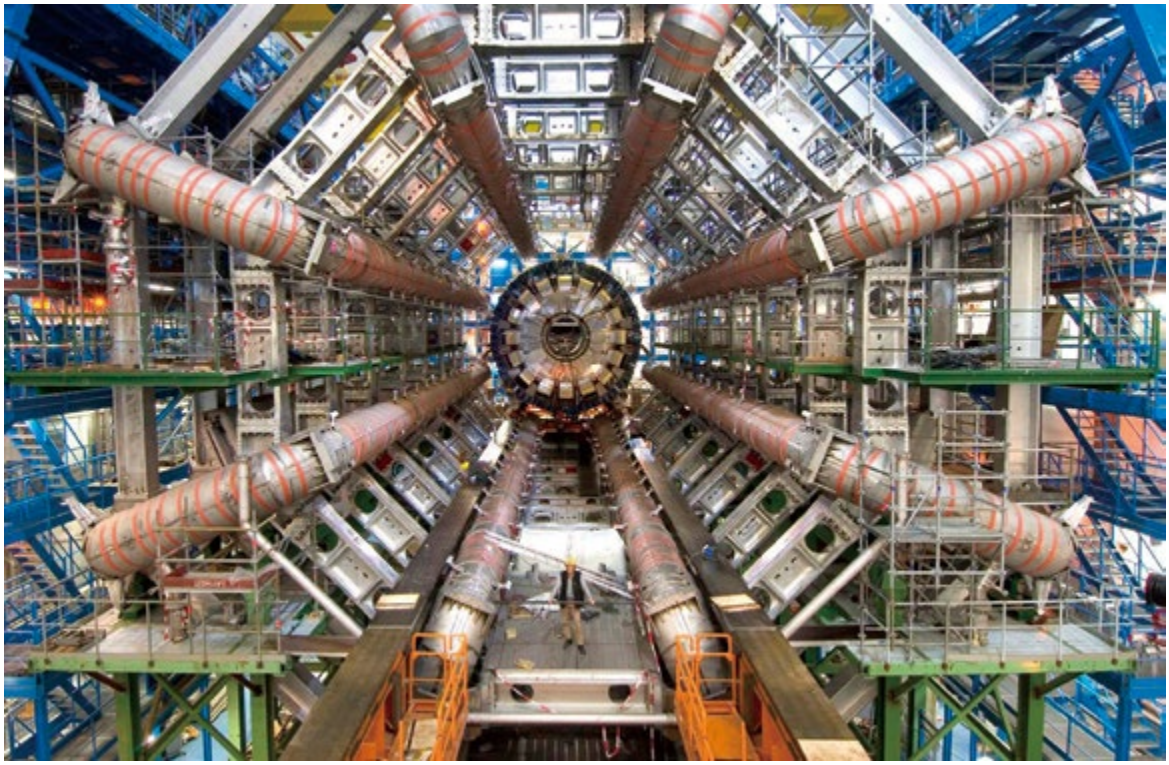
磯部氏：これまで世界最高エネルギーの加速器は米国の「Tevatron」でしたが、LHC はこの Tevatron と比較しても衝突時のエネルギーが格段に大きい。具体的には、衝突実験を行う際の重心系エネルギーが、Tevatron は 2TeV、LHC は 14TeV と 7 倍も違います。また、加速器中の陽子ビームの衝突頻度も、LHC は Tevatron より一桁以上高いので、衝突により生成する確率の低い粒子の探索感度も高まります。このため、より重い粒子を探索できるのです。イメージ的には、Tevatron のビームのエネルギーを 80km/h の 4 トントラックくらいだとすると、LHC のそれは 200km/h の新幹線くらいといった感じでしょうか。

ちなみに、加速器が陽子を衝突させると言っても、実際に反応に関与するのは内部の一部のクォークやグルーオンに過ぎません。このため、いくら Tevatron が 2TeV であっても、実質的なエネルギーはもっと低いのです。それが LHC によって、ようやく新粒子の発見可能性が高いと考えられている TeV 領域での反応を見られるようになります。LHC への期待が高いのもそのためです。

LHC 加速器はかなり大きな施設だそうですが。

真下氏：ジュネーブ郊外の地下約100mの場所に円周状にトンネルが掘られており、周囲の長さは約27kmにも達します。山手線一周とほぼ同じ長さと言えば、そのスケールがお分かり頂けることでしょう。このトンネルの中には、ちょうど陽子同士がクロスする場所が 4 カ所あり、ここに実験用の検出器が設置されます。アトラス実験用のアトラス検出器も、この 4 カ所のうちの 1 カ所、CERN 本部に一番近い場所に置かれています。

LHC 加速器そのものも巨大ですが、アトラス検出器も高さ 22m、長さ 44m、重量 7,000 トンという非常に大きい装置です。LHC 加速器の稼働はまもなく開始される予定ですが、これと同時にアトラス検出器も観測を開始する予定です。



建設中のアトラス検出器 (CERN copyright)

実験開始が楽しみですね。さて、アトラス実験において、ネットワークはどのような役割を果たしているのでしょうか。

松永氏：少し歴史的な経緯からお話すると、前の世代の実験では、ほぼすべてのコンピューティング資源をCERNの設備だけでまかなえました。しかし今回のLHC計画では、以前よりもデータ量が膨大になる上に、処理や解析のためのプロセッサも大量に必要になります。もはやCERNの設備だけでは足りないため、世界中にデータ解析センターを置いてネットワークでつなごうということになりました。これが「WLCG」というグリッド・プロジェクトです。日本では、ここ東大にアトラス実験用の解析センターを置いて、CERNやほかの解析センターと様々なデータをやりとりします。そのためのネットワークとして、SINETの国際接続を利用しています。

相当大規模なデータを取り扱うのですか。

松永氏：アトラス検出器から出てくる生データの量も大きいのですが、データ解析のために行うモンテカルロ・シミュレーションのデータの量もこれと同じくらい大きいですね。ちなみに、検出器で生成される生データのサイズは、15秒ごとにだいたいDVD 1枚分、つまり約5GBにも達します。年間を通して考えると、ペタバイト(PB)級のデータが発生することになります。

ペタバイト級とはすごいですね。

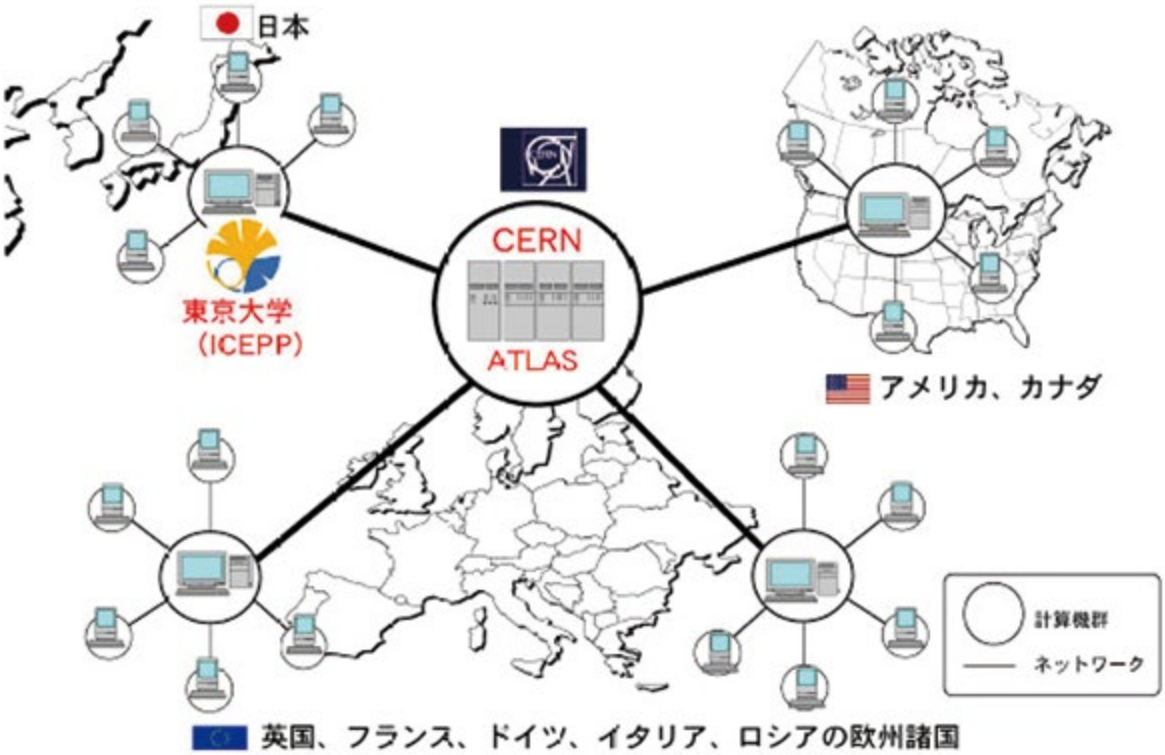
磯部氏：実際の解析では、そのデータの中から必要な部分だけをピックアップしていくわけですが、それでも何十TB、何百TBというオーダーの2次処理データ、3次処理データがどんどん生成されていきます。これをちゃんとやりとりできないと研究にならないので、ネットワークが担う役割は非常に重要なのです。

ほかのセンターとはどのように接続されているのですか。

松永氏：当センターでは、フランスのリヨンにある計算機センターと主にデータをやりとりしています。検出器の2次処理データをこちらに持ってきたり、モンテカルロ・シミュレーションの結果を向こうに送ったりといった具合です。

接続の経路としては、当センターから東大情報基盤センターを経て、ニューヨークまでをSINETで接続。そこからGEANT2、RENATERなどのネットワークを利用してリヨンまでを結んでいます。帯域も一年ほど前までは1Gbpsでしたが、現在ではこの全経路にわたって10Gbpsになりました。グリッドで使用しているミドルウェアの改良が進んだこともあり、かなり快適になりましたね。

磯部氏：本格的な実験が開始されるまでの試験として、アトラス検出器が観測した宇宙線のデータやシミュレーションのデータを転送しているのですが、500～600MBytes/secのスピードで通信が行えました。研究を進めていく上ではデータを早く送れる方が望ましいですから、非常に強力な武器になってくれると思いますね。SINETの信頼性・安定性についても、かなり満足しています。



データ解析ネットワーク (提供 :ICEPP)

最後に、実験開始を直前に控えた意気込みを伺えますか。

松永氏:素粒子実験は年々大規模化しており、アトラス実験にも 37 カ国･約 2,200 人の研究者が参加しています。コンピューティングだけでなく、コミュニケーションにもネットワークを活用し、国際協調しながら研究を進めていきたいと思います。

磯部氏:私の父は通信系のエンジニアなのですが、10Gbps で国際接続していると説明しても、にわかには信じてもらえませんでした (笑)。こうした先端技術を駆使して物理の研究ができるというのは幸せなことですので、今後も頑張っていきたいと考えています。

ありがとうございました。

5.　格子 QCD シミュレーションによる ハドロン物理・素粒子標準模型の研究

筑波大学 計算科学研究センター

3 4 5

筑波大学 計算科学研究センターは、計算科学の発展に貢献する全国共同利用施設として、2004年に設置された施設です。今回は素粒子物理研究のために構築されたデータグリッド「JLDG」とSINETの役割について、素粒子宇宙研究部門の吉江 友照 准教授と超高速計算システム研究部門の建部 修見 准教授にお話を伺いました。

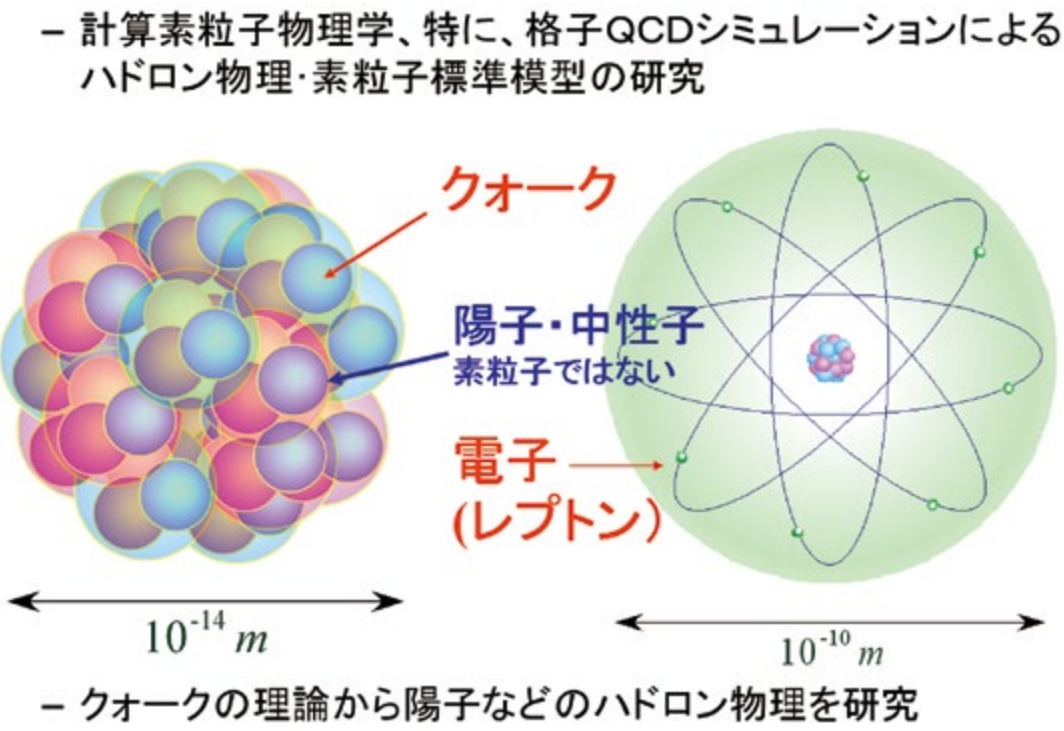
（インタビュー実施:2008年7月1日,更新:2010年3月10日）

筑波大学 計算科学研究センターの活動目的について教えて頂けますか。

吉江氏：まず一点目は、計算機を利用した大規模シミュレーションや解析によって、各研究分野における課題を解くことです。たとえば、私の専門である計算素粒子物理学では、格子QCDシミュレーションによるハドロン物理や素粒子標準模型の研究を行っています。

素粒子標準模型はかなり確立された理論なのですが、これが本当に正しいか検証したり、標準模型を超える理論の手がかりがないか予言したりすることが、現代素粒子物理学の重要課題になっています。こうした研究を解析的な手法で行うことは難しいため、数値的手法、つまり計算機を使ったシミュレーションが欠かせないのです。

また、「計算科学研究センター」という名称が示すとおり、計算機科学、情報科学の先進研究も当センターの重要な目的の一つです。たとえば、現在我々が利用している計算機「PACS-CS」も、計算科学分野の研究者の方々と一緒に開発したものです。



サイエンス分野とコンピュータサイエンス分野の研究者が、お互いに連携しながら研究活動を行っているのですね。

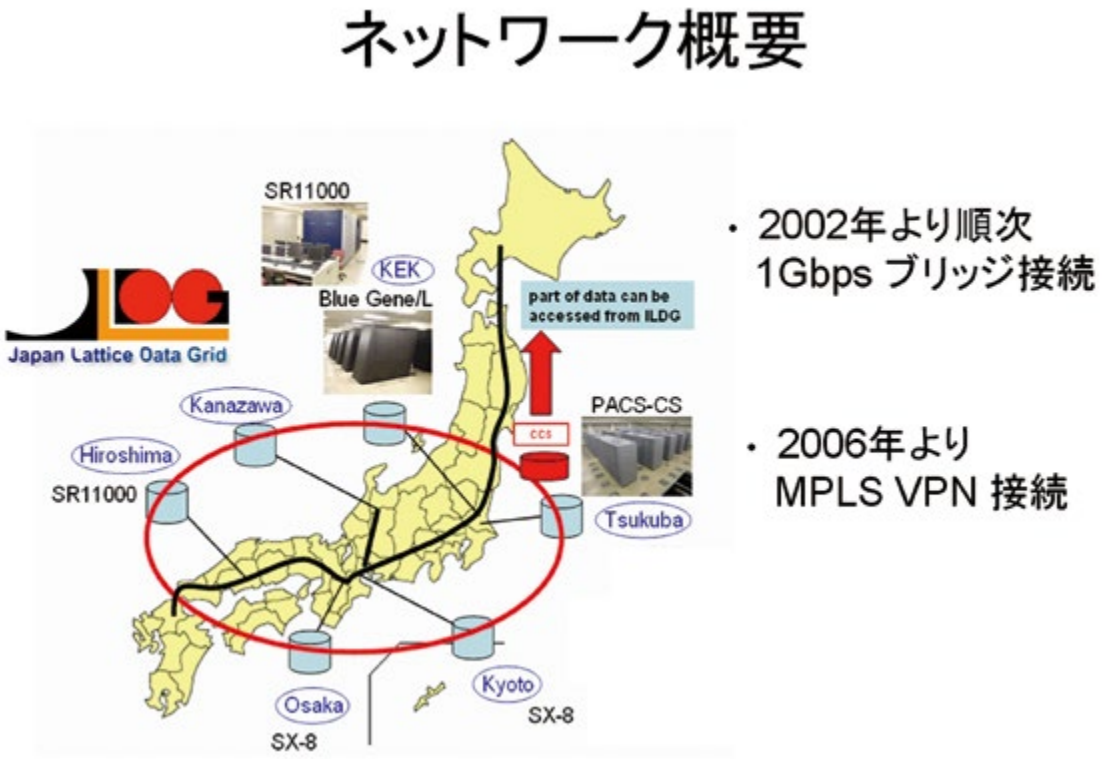
建部氏：そういうことです。当センターには、素粒子宇宙、物質生命、地球環境生物の3分野の研究者と、我々計算機分野の研究者が集まっていますが、こうした形のセンターは全国的にも珍しいのではないでしょうか。

計算機分野には、計算情報学研究部門と超高速計算システム研究部門の2つの部門がありますが、私が所属する超高速計算システム研究部門では、超高速計算機のアーキテクチャ設計や、システムに必要なソフトウェア、テクノロジーの開発などを行っています。先端研究のための計算機には、一般の企業システム向けのサーバなどとはまったく異なる要求が課せられます。たとえば今お話のあったPACS-CSでも、ノードへのデータ転送を高速に行う仕組みを実装するなど、並列計算を超高速で行うための様々な工夫を盛り込んでいます。

素粒子物理研究においても、ネットワークを活用したプロジェクトが進められているそうですが、これはどういうものなのでしょう。

吉江氏：少々専門的になりますが、我々の研究においては「QCD配位」というものが基礎的なデータとなります。一度QCD配位のデータが生成されれば、これを用いて素粒子のいろいろな性質を研究できます。ただし、一つ問題があって、QCD配位のデータ生成には膨大な計算機資源が必要なのです。たとえスパコンを利用しても、1台だけではなかなか追いつきません。そこで、複数の研究機関のスパコンを利用して基礎データを生成し、これをネットワークで共有しようというプロジェクトが2002年に発足しました。

「hepnet-J/sc」と呼ばれるこのプロジェクトでは、SINETのGbE専用線を採用して、筑波大・KEK（高エネルギー加速器研究機構）・京大・阪大・広島大・金沢大を結ぶ広域分散型ファイルシステムを構築しました。具体的には、各拠点のスパコンに接続したファイルサーバをファイアウォール代わりに利用し、これらのファイルサーバ間でデータをミラーリングする形で運用を開始しています。



「hepnet-J/sc」プロジェクトのネットワーク

なるほど。それならお互いのデータを有効に利用できますね。

吉江氏：ただし、この方法にも課題がありました。たとえば、我々の研究ではデータをあるひとまとまりの形で利用するのですが、これが複数のディスクに分散してしまうのです。また、ユーザー側でデータの所在やミラー先を覚えきれない、ユーザー・グループの概念がなくサポートが大変などの問題も生じてきました。

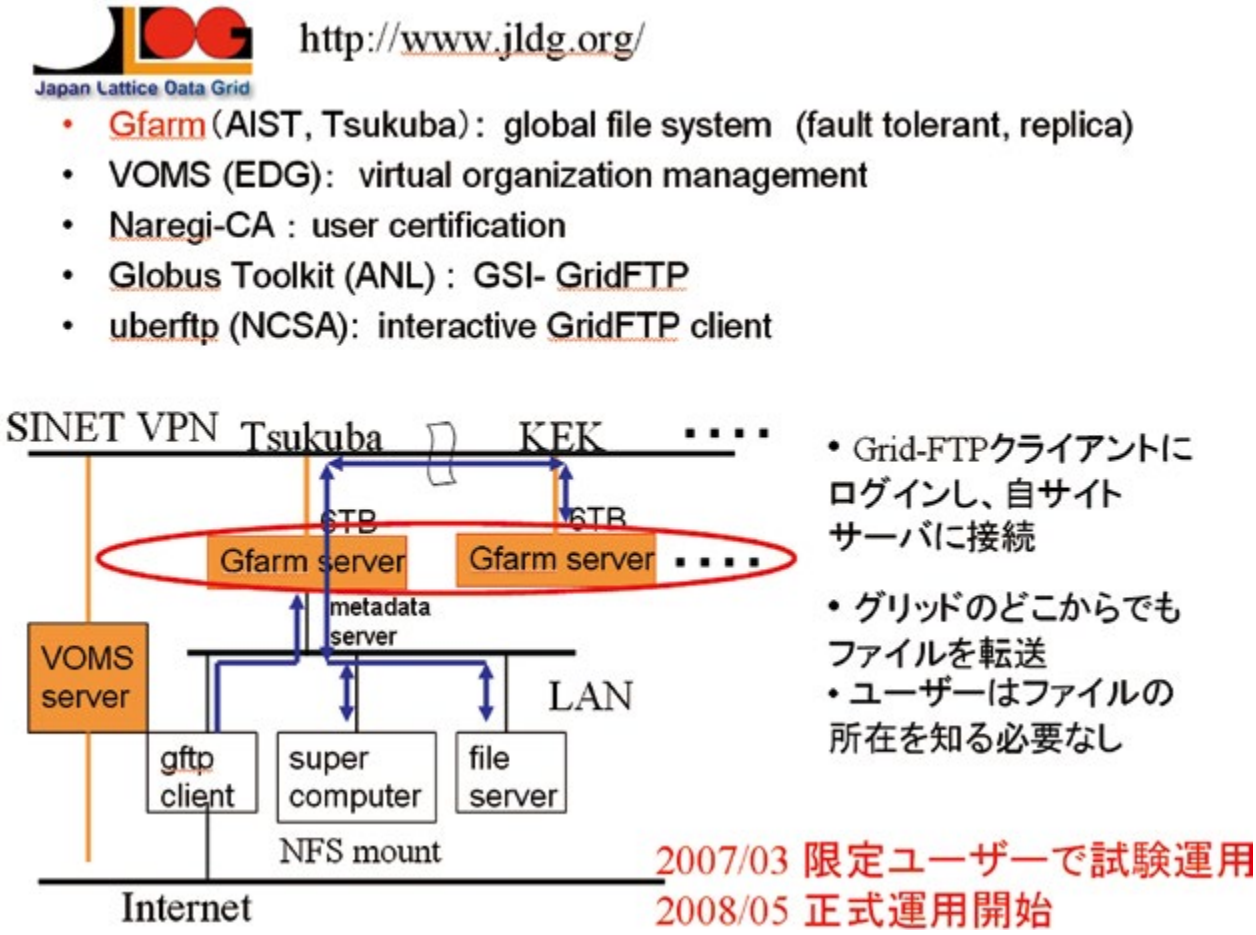
そこで、こうした点を解消する新たな仕組みとして、2005年より開発に着手したのがデータグリッド「JLDG(Japan Lattice Data Grid)」です。開発にあたっては「スペースの制限のないフラットなデータ共有システム」「組織をまたがるユーザー管理」の2点を実現したいと考えました。

具体的なJLDGの構成要素としては、建部先生も開発に携わられたグローバルファイルシステム「Gfarm」、仮想組織管理ツール「VOMS」、ユーザー認証システム「Naregi-CA」、グリッド・システム構築用ツールキット「Globus Toolkit」などが挙げられます。また、ネットワークには、従来のGbEブリッジ接続に代わって、SINET3のL3VPNサービス(MPLS/VPN)を利用しています。

JLDGでは、従来のようにデータの所在を意識する必要がないのですか。

建部氏：そうですね。ユーザーは自分が所属する組織のサーバにログインするだけで、研究に必要なデータを自由に利用できます。そのデータが実際にどこのサーバに格納されているかは、まったく意識しなくても大丈夫です。

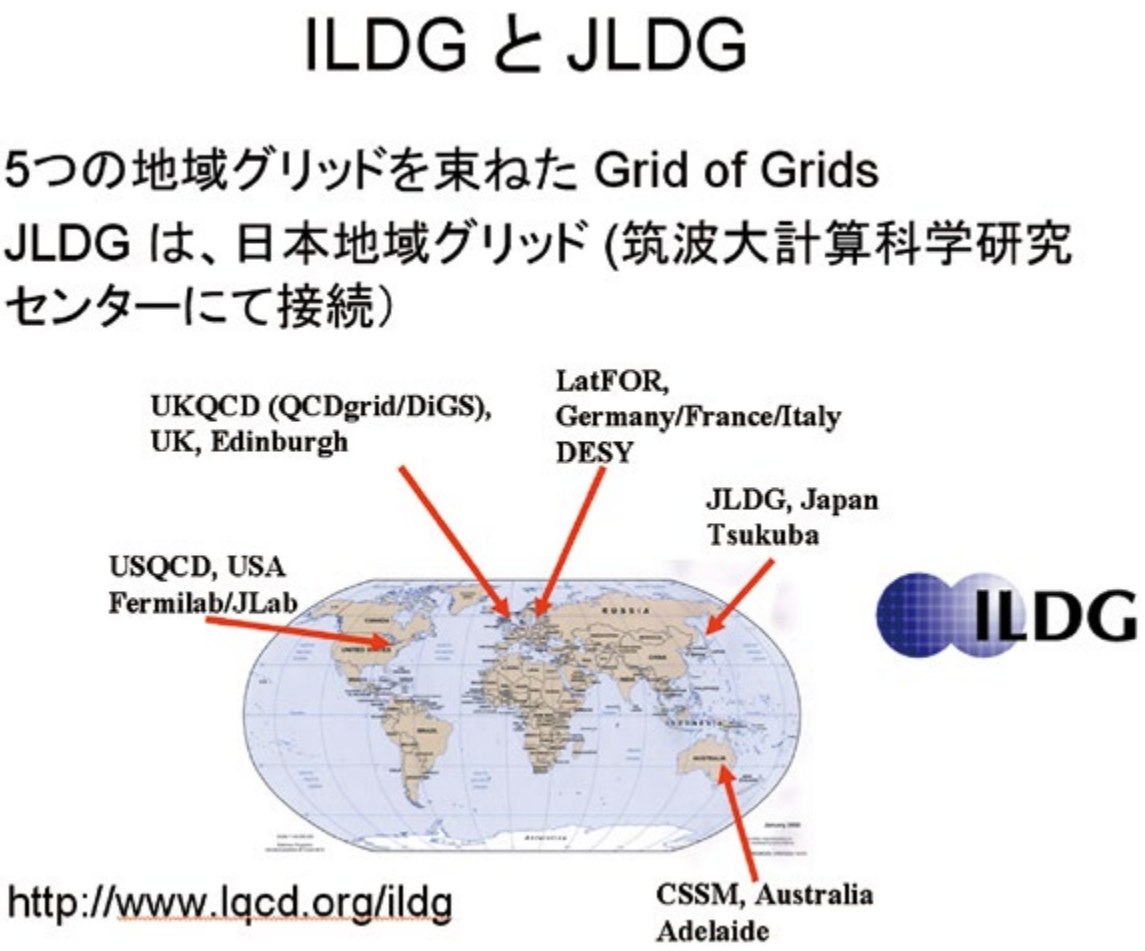
ただし、こうした仕組みを実現する上では、いくつかの工夫が必要になります。たとえば、遠くのサーバにあるデータを取りに行くと時間が掛かるので、ファイルの複製を各拠点のサーバに配置する作業を裏側で行っています。この結果、データのコピー作業が頻繁に発生するため、ネットワークの速さが非常に重要なのです。JLDGのような大規模データ共有においては、高速ネットワークの存在がマスト要件と言えるでしょう。



JDLG(Japan Lattice Data Grid)

そこを SINET が支えているというわけですね。JLDG の活用状況はいかがですか。

吉江氏：2007 年 3 月から試験運用を行ってきましたが、2008 年 5 月より正式運用を開始し、ユーザー登録も順調に進んでいます。また、実はJLDGと似たデータグリッドが海外でも構築されており、これらを結ぶGrid of Gridsとして「ILDG(International Lattice Data Grid)」が運用されています。JLDG も、英国・欧州・米国・豪州のグリッドと並んで ILDG に参加し、国内外の研究者に対して SINET 経由で QCD 配位を提供しています。データ転送の記録を見ると、現在は月間 1000 件程度のデータが利用されているようです。



ILDG(International Lattice Data Grid)

JLDG が新たな発見を生むきっかけになるといいですね。最後に今後に向けた抱負をお聞かせ頂けますか。

吉江氏：現在 JLDG は、計算素粒子物理研究者にデータを公開するために使われていますが、近い将来には日常的な研究インフラとして利用できるようにしていきたい。もっとも、大規模データの複製を作る際にも、グリッド上の遠隔サイトからデータを転送するにも高速なネットワークが不可欠ですので、SINET のサービスにも大いに期待しています。

建部氏：基本的には、高速な計算機を創り上げていくということに尽きますが、そこには計算機のアーキテクチャやファイルシステム、通信ソフトや各種ライブラリなど、様々な要素が含まれています。今後もこうした研究開発を進め、シームレスで効率的なシステムを実現していきたいですね。

ありがとうございました。

6.　未来のクリーンエネルギー源の安全な実用化を目指す核融合研究

核融合科学研究所

3 4 5

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 核融合科学研究所（以下、NIFS）では、ネットワークの活用によって、国内の核融合実験・研究環境の統合化を図る「核融合バーチャルラボラトリ構想」を推進し、2008年６月には、九州大学・QUEST装置との間で遠隔データ収集・配信を開始するなど、様々な取り組みを行っています。NIFS 高温プラズマ物理研究系 准教授 中西 秀哉氏とNIFS シミュレーション科学研究部／ネットワーク作業班 助教 山本 孝志氏に、SINETが果たす役割と今後のビジョンについて伺いました。

（インタビュー実施:2008年11月28日,更新:2010年1月18日）

まず、NIFSの活動目的と、先生方のご専門について伺いたいのですが。

中西氏：NIFSは、未来のエネルギー源として注目されている、核融合反応やプラズマの研究を行う機関です。核融合には、有害な廃棄物が出にくい、水素を原料として利用できるなど、様々な特長があります。このクリーンなエネルギーを、安全な形で実用化できるようにするのが我々の目的です。

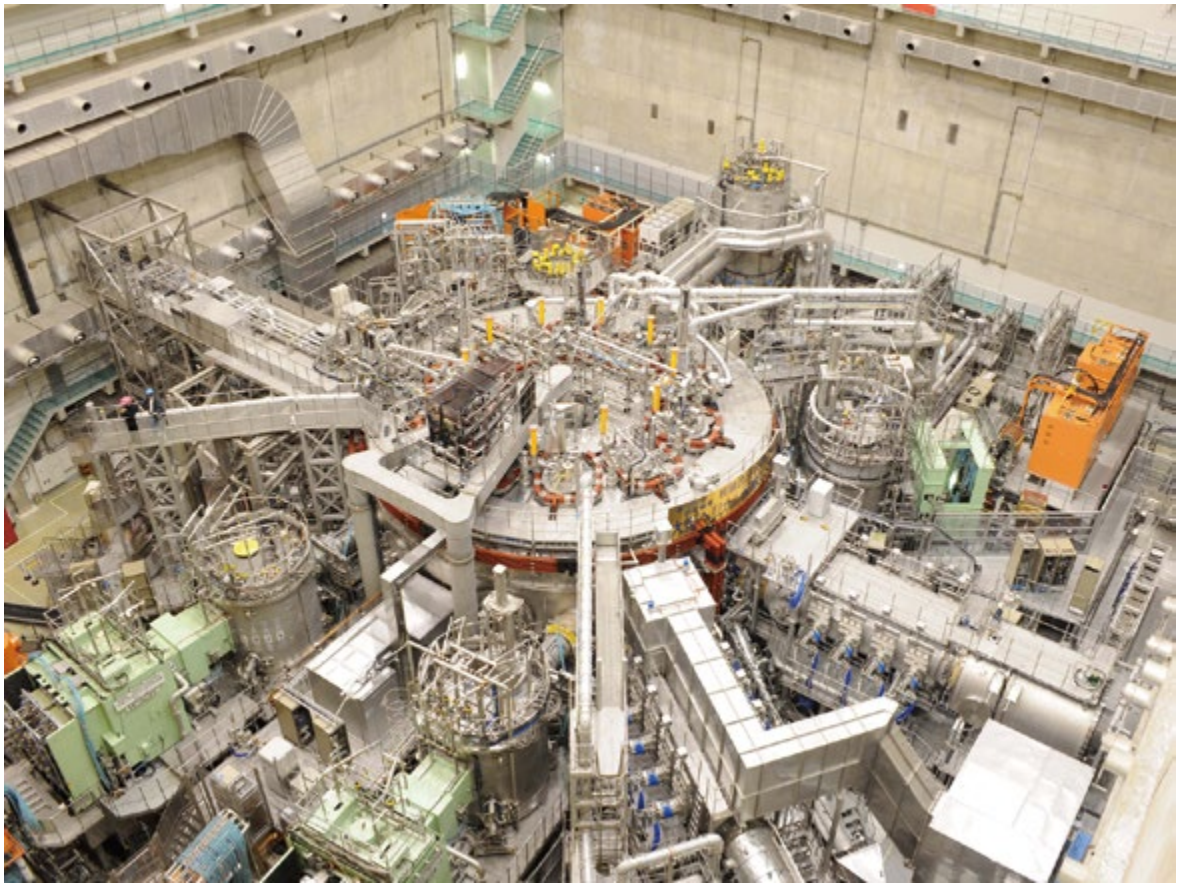
私自身は、NIFSが運用するLHD（大型ヘリカル装置）の実験データシステムを担当しています。LHDは稼働開始から10年が経過していますが、核融合分野ではまだまだ新しい装置であり、世界で最も多くの実験データを出力する装置でもあります。これらのデータをLHDから収集、解析すると同時に、他の大学や研究機関へのデータサービスを行うのが我々の役割です。

山本氏：私が所属するシミュレーション研究部では、プラズマの物理機構を解明するためのシミュレーション研究を行っており、3次元没入型バーチャルリアリティシステムの開発なども進めています。また私自身は、NIFSの情報ネットワーク全般を担当しています。

NIFSでは、「核融合バーチャルラボラトリ構想」を進めておられるそうですが。

中西氏：プラズマ実験は出力されるデータ量が大きいため、かつては共同実験の要望があった場合は、こちらの施設まで来て泊まり込みで参加してもらわないといけませんでした。これでは、研究もはかどりませんし、実験が行われるタイミングと都合が合わない場合もあります。

そんな時にスーパーSINETのサービスが開始されたため、ネットワークを利用した共同実験、つまりバーチャルなラボラトリが実現できるのではと考えたのです。いわばLHDの制御室が、接続先の各大学の研究室にも置かれているようなイメージですね。実際の取り組みとしては、2002年より「LHD実験遠隔参加」を開始しています。



LHD 実験装置

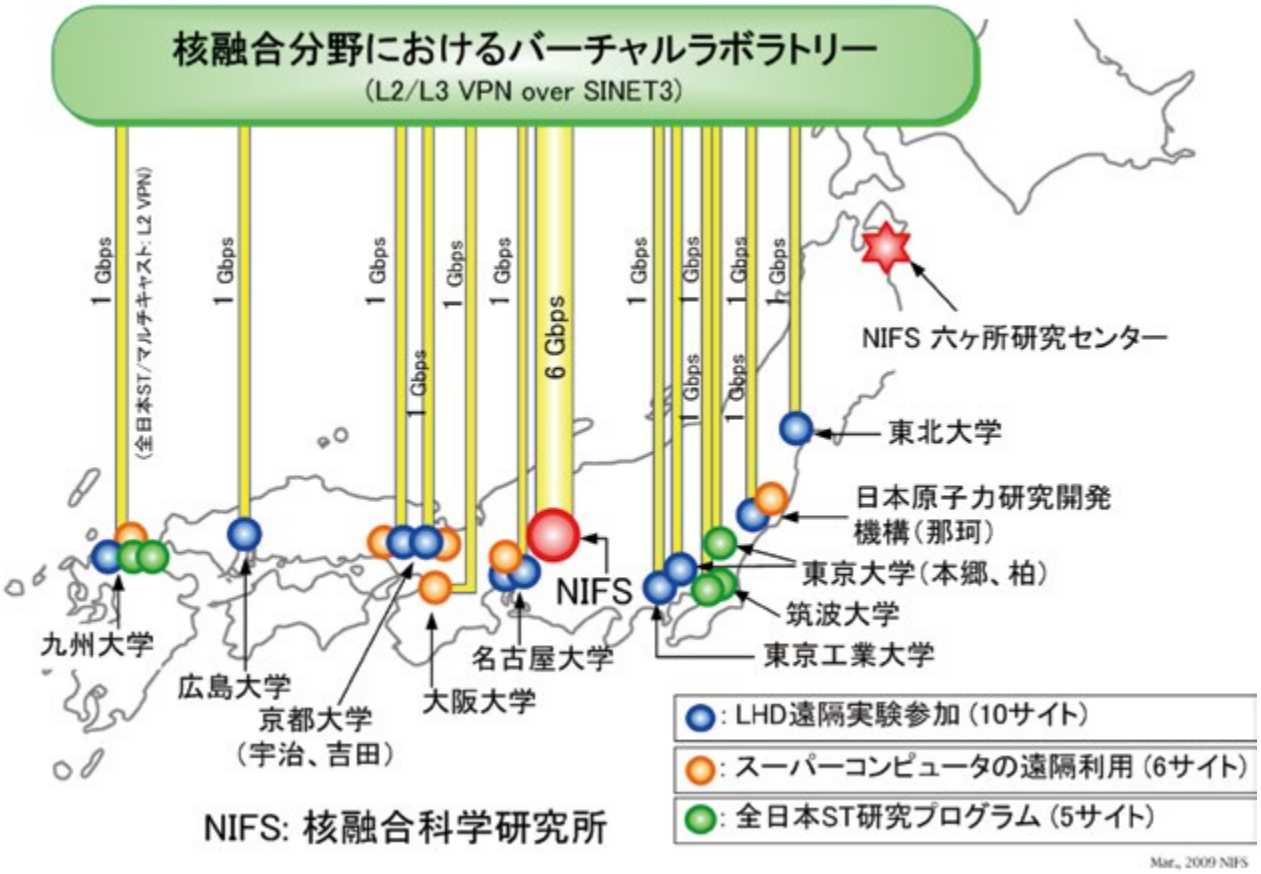
LHD 制御室

そのための基盤となるネットワークが「SNET」というわけですね。

山本氏：その通りです。当初 SNET では、スーパー SINET の L3VPN(MPLS-VPN) を利用して、国内の大学・機関と NIFS を接続していました。現在は SINET3 の L2/L3VPN サービスを利用しており、2009 年 4 月現在 21 拠点（10 大学・研究機関）と接続しています。（*）

LHD 実験遠隔参加の概要ですが、LHD 制御室の様子を TV 会議システムによって伝えると同時に、LHD に取り付けた計測機器の制御やデータ収集を、ネットワーク経由で遠隔地サイトから行っています。たとえば、京都大学の例では、初期には計測機器の調整などを NIFS のスタッフが手伝ったりしていましたが、最近では計測機器の立ち上げからデータ収集までのほとんどの作業を、現地から行っているとのことです。

（*2011 年 3 月現在 24 拠点）



SNET 接続概要

九州大学の「QUEST 新装置」のデータ収集・配信にも、SNET が活用されていると伺いました。

山本氏:SNET の新たな展開として、2005 年から「スパコン遠隔利用」「全日本 ST (球形トカマク)研究」の 2 分野が加わっており、QUEST での取り組みはこの後者にあたります。QUEST から得られる計測データを、SNET 経由で NIFS の LHD データシステムに収集すると同時に、各大学・機関への配信を行っています。

ここで課題になったのが、大容量の実験データをいかに高速転送するかという点でした。SNET 構築当初から利用してきた L3VPN は、一台ルータを置いておけばその先に利用目的の違うグループを作れるなど、柔軟な運用が可能です。ただ、大量の計測データをやりとりしたい場合には、もっと遅延が少なく高速なネットワーク環境が望ましい。そこで新たに採用したのが、SINET3 の L2VPN サービスです。これを利用することで、1Gbps の転送速度を目指したいと考えています。

中西氏:データシステムを担当する立場としては、プラズマ実験のデータ量が年を追うごとに増大するという問題に直面しています。たとえば LHD でも、一日あたりのデータ量は 1TB 以上、圧縮を行った後でも約 300 ～ 400GB の容量になります。こうした大量データを特定の研究グループで使いたいという時には、やはり L2VPN のメリットが非常に大きい。ルータをたくさん経由したりしないため、パケットロスなども最小限に抑えられますしね。それだけに SINET3 で L2VPN サービスが開始されたのは、非常にありがたかったです。

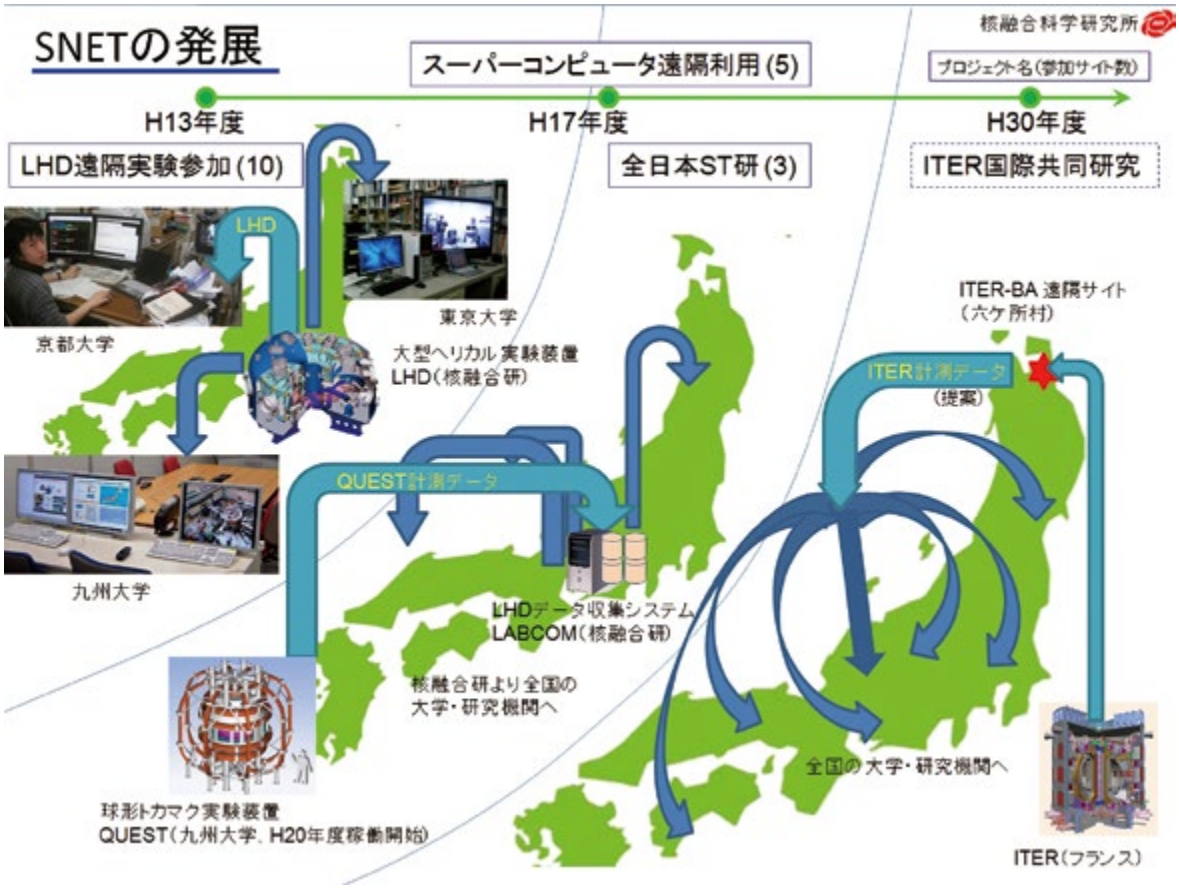
また、もう一つの L2VPN サービスのメリットとして、マルチキャストの同報通信が効果的に使える点が挙げられます。プラズマ実験は、事前準備・点火・後処理という一連のシーケンスで構成されており、これを LHD では 3 分間隔、QUEST では 5 分間隔で繰り返します。このタイミングを遠隔地サイト同士できっちり同期させる上で、L2VPN のマルチキャストが大変役に立つんですね。たとえば「実験開始 30 秒前」というマルチキャストのメッセージを聞いた上で、待ち状態に入るといったことができます。つまり、データ伝送の手段としてだけでなく、実験の制御用ネットワークとしても SNET が利用できるのです。こうした使い方が可能になったことで、実験の形態も大きく広がっていくと期待しています。

国際共同研究プロジェクトも進められているそうですが。

中西氏：実験装置は年々大型化しており、一国の予算だけでは賄えない規模になっています。そこで国際プロジェクトとして進められているのが「ITER国際共同研究」です。フランスのカダラッシュに非常に大規模な国際熱核融合実験炉「ITER（イーター）」を設置、日本では青森県の六ヶ所村に遠隔研究サイトを設置することになりました。現在、2018年の完成を目指して、ITERの建設作業が進められています。

実験開始の暁には、ITERのすべての実験データを六ヶ所村に持ってくる予定です。また、フランスと日本では時差が7時間ありますので、このズレを利用して日仏の研究者が連続してITERを利用する検討も行われています。

もちろん、ここでもデータ容量の多さが重要な課題になります。ITERからはLHDとは桁違いのデータが出力されますので、このデータをどうやってフランスから持ってくるか、また、国内の大学・機関にどう配信していくかがポイントになります。それだけに、今後のSINETの進展にも大きな期待を掛けています。



SNETの発展

最後に今後の研究に掛ける意気込みを伺えますか。

山本氏：ネットワークを担う立場としては、まず、各大学・機関のネットワーク担当者の方々にお礼を申し上げたいですね。SNETのネットワーク変更を行う際などにもいつも迅速なご対応を頂き、深く感謝しています。個人的には、今後はネットワークもそうですが、新しい分野にもチャレンジしていければと考えています。

中西氏：LHDの実験データシステムでは、比較的早くから分散アーキテクチャを取り入れ、最初はLAN、それからWANへと領域を拡大してきました。またLHDから外への一方通行だけでなく、今回のQUESTのような双方向のデータ活用も実現してきました。将来的には、こうした環境を海外にも拡げて、グローバルな核融合バーチャルラボラトリを創り上げていきたいですね。それにより、核融合の実用化に貢献できればと思います。

ありがとうございました。

7.　レーザー電子光を用いてハドロンの性質を研究するLEPS実験

大阪大学 核物理研究センター

3 4 5

大阪大学 核物理研究センター（RCNP:ResearchCenter forNuclearPhysics）核物理実験研究部門では、レーザー電子光を用いてハドロンの性質を研究するLEPS（LaserElectoronPhoton beamline atSPring-8）実験を推進しています。その概要とSINETが果たす役割について、大阪大学 核物理研究センター 教授 中野 貴志氏と、同 助教 堀田 智明氏にお話を伺いました。

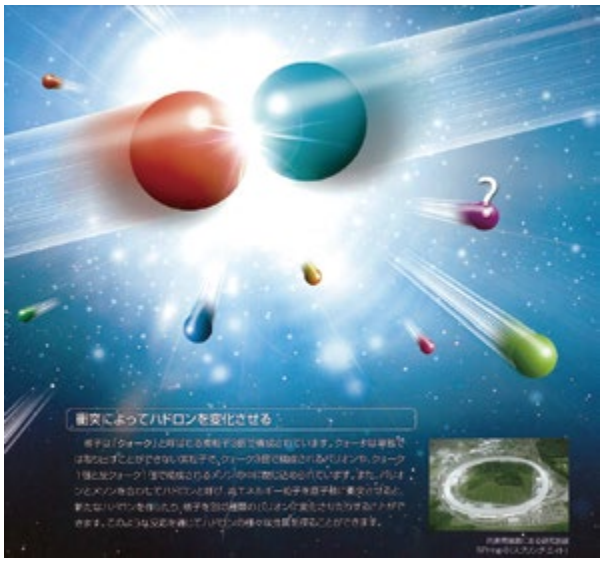
（インタビュー実施: 2010年4月23日）

まずはRCNPの概要と核物理実験研究部門の研究内容について教えて下さい。

中野氏：RCNPは大阪大学のキャンパス内に設置されていますが、全国で唯一の原子核物理の共同利用研究機関でもあり、国内外の原子核物理研究者に対して門戸を開いています。このため阪大だけでなく、様々な大学・機関の核物理研究者が一緒になって共同利用や共同研究を行っています。センター内には我々が所属する核物理実験研究部門のほか、核物理理論研究部門、加速器研究部門、宇宙核物理学寄附研究部門などの研究部門が置かれています。一口に原子核物理と言っても、その研究対象は非常に幅広いのですが、我々のグループではハドロン物理、つまり陽子や中性子の中に存在するクォークのふるまいを調べる実験研究を行っています。

実験には「レーザー電子光」を用いるとのことですが、これはどのようなものなのですか。

中野氏：クォークのような小さな粒子を調べるには、極めて波長の短い光が必要になります。光の波長とエネルギーは反比例の関係にありますので、波長を短くするためにはエネルギーを高めなくてはなりません。ここで役立ってくれるのがレーザー電子光です。加速された電子にレーザー光を当てると、ものすごい勢いで光が跳ね返ってきます。ちょうど猛スピードで突進する鉄球にピンポン球をぶつけるようなもので、光のエネルギーを何億倍にも増幅できるのです。

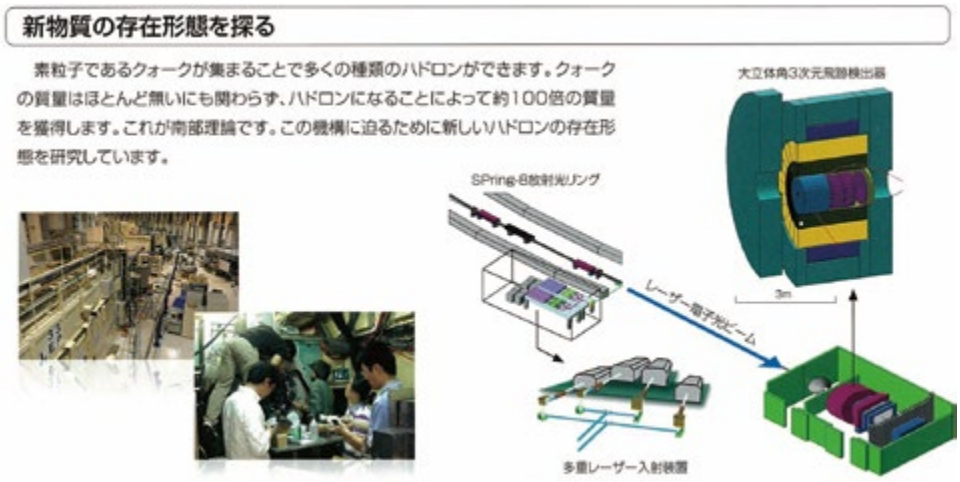


衝突によってハドロンを変化させる

当センターでは、こうした実験を行うためのレーザー電子光実験施設「LEPS」を、兵庫県・播磨科学公園都市にある大型放射光施設「SPring-8」内に置いています。SPring-8の蓄積リングを周回する電子ビームは8GeVのエネルギーを持っており、波長350nmのレーザー光を当てると2.4GeVの強力な光子ビームが得られます。この光子ビームの波長は0.5フェムトメートルと陽子の大きさよりも小さいため、クォークのふるまいを調べることが可能になるのです。

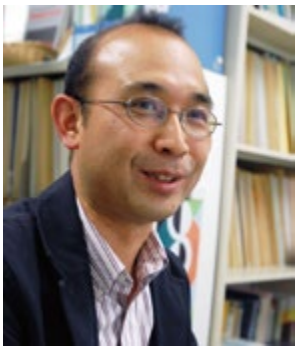
実験はどのような形で進められるのですか。

中野氏：LEPS で作り出した光子ビームを陽子などの標的に当てると、極めて短時間の寿命しか持たない新しい粒子が生成されます。実験ではこの粒子を検出器で捕らえ、その性質やふるまいを調べます。もっとも、実際にどのような粒子ができるかは、やってみないと分からない部分もあります（笑）。従って、そこで起きている現象を見逃さない、見落とさないということが非常に大事なのですね。我々の実験研究においても、SPring-8 での作業は一つのフェーズであり、その後に長い時間を掛けてデータを解析する作業が控えています。新しく参加した研究者が、独自の視点で過去データを解析し直す場合もありますので、いかに大量のデータを実験で取得し、蓄積していくかが重要なポイントになります。



新物質の存在形態を探る

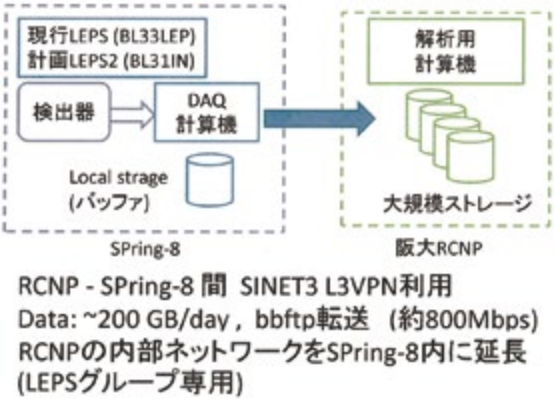
LEPS を支えているシステム / ネットワーク環境についても伺いたいのですが。



堀田氏：SPring-8 内には、検出器で収集したデータを記録、一次保存するための計算機とローカルストレージが置かれており、実際の解析作業は当センター内の解析用計算機と大型ストレージを利用して行います。また、この間のデータ転送のインフラとして、SINET3 の L3VPN サービスを利用しています。

以前は SPring-8 側の回線帯域が十分でなかったため、大容量データの転送に苦労する場面もありました。しかし、2005 年度に Super SINET ノードが設置されてからは、こうした問題も解消できています。現在、SPring-8 では一日あたり 200GB ものデータが生成されていますが、約 600Mbps 程度の通信速度が確保できているおかげで、転送も非常にスムーズです。

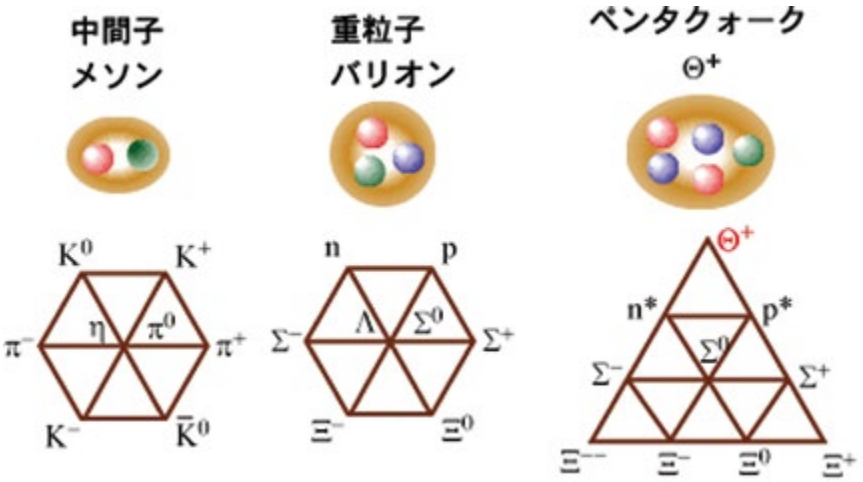
また、以前は RCNP と SPring-8 のネットワークを別々に運用していたのですが、VPN で一体運用できるようになったことで、それぞれの資源をシームレスに利用できるようになりました。データへのアクセスはもちろん、こちらから SPring-8 のプリンタに文書を出力するといったことも簡単に行えます。おかげで現場の研究者の利便性は格段に向上しましたね。



実験データの流れ

これまでの研究成果について教えて頂けますか。

中野氏：最大の成果としては、クォークでできている粒子の中に、新しいタイプのものがあることを発見した点が挙げられます。量子色力学において、クォークは三原色、または三補色の組み合わせで白色になった時に安定すると言われています。しかし、理論的には、4つ以上のクォークの組み合わせが禁止されているわけではありません。たとえば色＋補色、色＋補色の4色でも白色になりますし、三原色と色＋補色の5色でも白色になります。今までこうした4色以上の組み合わせは実際には見つかっていなかったのですが、LEPS実験によって5個のクォークで構成されていると考えられる粒子「ペンタクォーク」が発見されました。従来は理論でしかなかったものの存在を、世界で初めて捉えたというのは、非常に意義のあることと言えます。もっとも、現時点ではまだ完全に確立したとまでは言えませんので、さらなる研究を進めているところです。



ハドロンを分類するSU(3)ウエイト図

「LEPS2」に向けた取り組みも進められているそうですが。

中野氏：今お話したペンタクォークをはじめとして、LEPS実験ではいろいろな新しい発見がありました。そこで、LEPSの十倍の強度を持つ強力なレーザービームを使用し、検出器もグレードアップして、より詳細なデータを収集しようと考えています。これが現在取り組みを進めているLEPS2実験です。SPring-8には全部で62本のビームラインがありますが、LEPS2ではその内の4本だけしかない25mの長尺ビームラインを使用する予定です。

堀田氏：もっとも、LEPS2が本格的に稼働すると、出力されるデータの容量も今までとは桁違いのスケールになります。先にLEPSでは一日あたりのデータ量が200GBと述べましたが、LEPS2では一秒あたり300GBものデータを収集する予定です。これをSPring-8から当センターへ転送するとなると、約3Gbpsの帯域が必要になりますので、ネットワーク環境もより強化しなくてはなりません。そういう意味では、今後のSINETの発展と支援にも大いに期待しています。

LEPS2が動き出す日が楽しみですね。最後に今後の抱負を伺えますか。

中野氏：ネットワークやIT技術の進歩によって、原子核物理の実験スタイルは大きく変わりました。ディスクや計算機などの資源が高価で貴重だった時代には、測定対象を上手に絞り込むことが実験家の腕とされていました。しかし現在では、とにかく大量のデータを収集し、解析するスタイルに変わっています。我々もLEPSやLEPS2でできる限り詳細なデータを蓄積し、クォークの世界で何が起きているのかを見逃さないようにしたいと考えています。

ありがとうございました。

【宇宙科学・天文学】

8. 宇宙線観測・研究 ―大型低温重力波望遠鏡「KAGRA」、大型水チェレンコフ光観測装置「スーパーカミオカンデ」―
（東京大学 宇宙線研究所、大阪市立大学、新潟大学） 5

9. 小惑星探査機「はやぶさ 2」
（宇宙科学研究所） 5

10. アルマ望遠鏡プロジェクトと SINET
（国立天文台） 4

11. L1 オンデマンドサービスを利用した光結合 VLBI 観測
（国立天文台） 3 4

12. 太陽観測衛星「ひので」による太陽研究
（宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部） 3 4 5

13. 銀河系の 3 次元立体地図を作る「VERA」プロジェクト
（鹿児島大学） 3 4 5

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

8. 宇宙線観測・研究 ―大型低温重力波望遠鏡「KAGRA」、大型水チェレンコフ光観測装置「スーパーカミオカンデ」―

東京大学 宇宙線研究所、大阪市立大学、新潟大学

5

岐阜県・飛騨市神岡町の神岡鉱山では、その自然地形を活かした様々な先端研究が行われています。今回はその中から、大型低温重力波望遠鏡「KAGRA」について、東京大学 宇宙線研究所 宇宙基礎物理学研究部門 重力波観測研究施設 准教授 三代木 伸二氏、大阪市立大学大学院 理学研究科 教授 神田 展行氏、新潟大学大学院 自然科学研究科 教授 大原 謙一氏の３氏に、また大型水チェレンコフ光観測装置「スーパーカミオカンデ」について、東京大学 宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設 准教授 早戸 良成氏に、それぞれお話を伺いました。

（インタビュー実施:2016年11月14日）

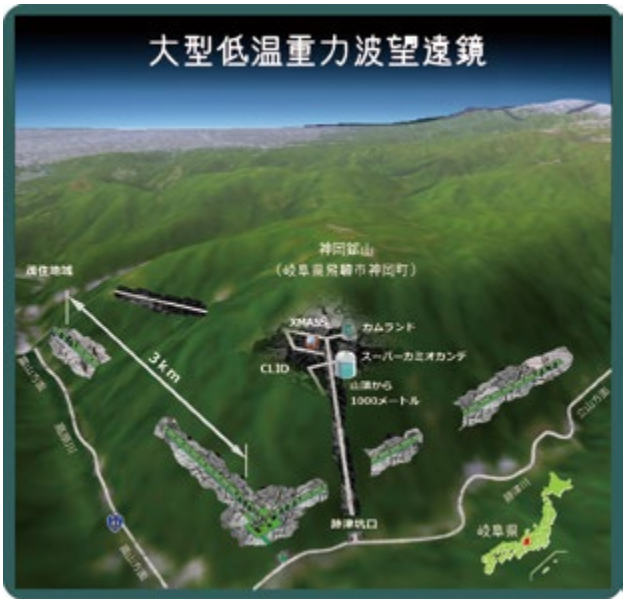
まずは KAGRA 計画の概要と狙いについて伺えますか。

三代木氏：わかりました。アインシュタインの一般相対性理論から導き出された物理現象の一つに、「重力波」というものがあります。重さを持つ物体が空間内に存在すると、その重力によって時空間に歪みが生じます。さらに、連星中性子星のような非常に重い星が連動して動いたり、超新星爆発が発生したりすると、その歪んだ時空間が波のように宇宙に広がっていくんですね。この波が重力波であり、KAGRA 計画はその直接観測を目的としてスタートしました。

とはいえ、これはそう簡単なことではありません。もし重力波が来ると時空間の歪みによって、ある二地点間の距離が伸び縮みします。しかし、その変化は非常に小さく、概ね太陽－地球間の距離が水素原子一つ分動く程度に過ぎません。このため、極めて高性能な観測装置が必要になるのです。

そのために作られたのが KAGRA というわけですね。

三代木氏：その通りです。KAGRA は直交する 2 つの方向にレーザー光線を発射し、鏡に反射して戻ってくる時間を比較することで時空間の歪みを検出します (レーザー干渉計)。レーザー光線が走るアームの長さはそれぞれ約 3km もありますが、重力波の観測にはそれでも足りません。そこで鏡を 2 枚使って何度も光を折り返し、約 3000km 相当の光路長が取れるようにしています。

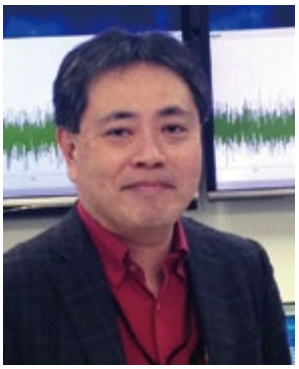


大型低温重力波望遠鏡「KAGRA」

神岡に建設されたのは何か理由があるのでしょうか。

三代木氏： 地上に施設を作ることもできますが、その場合に問題になるのが地面振動や熱などによるノイズです。レーザー干渉計は非常に高感度なので、たとえば遠くの線路を列車が走っただけでもその振動を拾ってしまう。こうした外部要因による影響を最小限に抑えるために、山裾地下 200m に新たな L 字型トンネルを作って KAGRA を設置したというわけです。

SINET はどのような役割を果たしているのですか。



神田氏： 神岡には KAGRA 用の計算機資源がありませんので、坑内で観測したデータを外部へ転送する手段が必要です。そこで、神岡から東大･柏キャンパスや大阪市大へデータを送るインフラとして、SINET の L2VPN サービスを活用しています。試験運転開始から現在までのデータ量は 75TB/ 年程度ですが、今後本格的に観測が開始されると格段に増大します。一年間で約 650TB、2023 年末までには 3PB 以上のデータが蓄積されると予測しており、データ転送レートも常時 20MB/s 以上のスピードが必要です。中性子星連星や超新星爆発などの重力波が観測された際には、追観測が期待される天体観測ネットワークなどにもすぐに知らせたいので、SINET のような広帯域かつ低遅延なネットワークが絶対に欠かせません。

さらに、海外の研究施設との連携という面でも、SINET の貢献は大きいですね。KAGRA は通常の光学望遠鏡と異なり、あらゆる方向の信号を検知できますから、重力波源の方向を決めるためには、米国や欧州の検出器のデータと比較して三角測量を行わなければなりません。こうした取り組みをスムーズに進めていく上でも、国際的な学術ネットワークである SINET の役割は非常に重要と言えます。

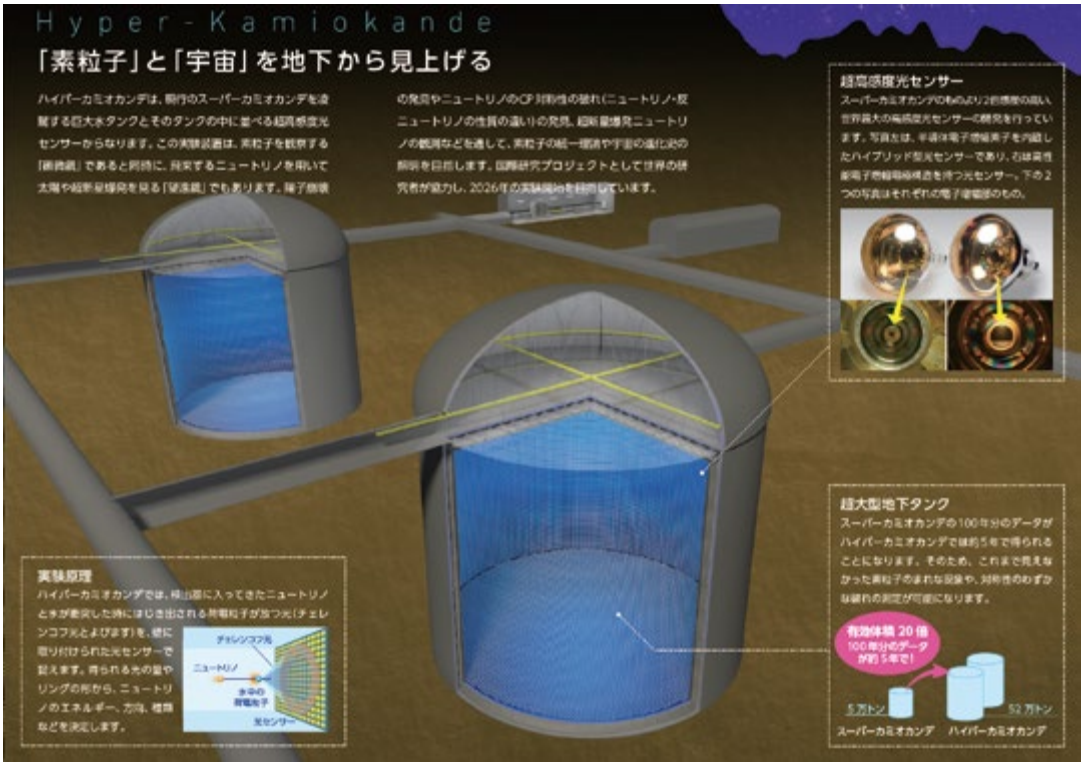
KAGRA 観測データの流れ

大原氏： KAGRA 計画全体としては今のお話の通りですが、もう一つ忘れてはならないのが、地方国立大学にとっての効果です。新潟大学のような遠方の大学がこうした先端研究に参加できるのも、SINET という国内全域をカバーする学術ネットワークがあればこそ。もし SINET が無かったとしたら、とても現在のように研究を進めることはできません。我々としても、引き続き高品質で安定的なサービスをお願いしたいですね。

あと今後に向けた期待としては、ぜひセキュリティ面でのサービス拡充もお願いしたい。新潟大学でも帯域が従来の1Gbpsから10Gbpsに拡張されましたが、広帯域になればそれだけセキュリティ対策コストも嵩みます。このため、せっかくの帯域をなかなか十分に活用できないという悩みがあります。何かいいアイデアやサービスがあれば、ぜひ支援を提供して頂けると助かりますね。

ありがとうございました。さて、スーパーカミオカンデについては、以前にも本活用事例にご登場頂いていますが (「ニュートリノ研究」参照)、改めて最新の状況を伺えますか。

早戸氏:2002 年の小柴昌俊先生、2015 年の梶田隆章先生のノーベル賞受賞で一般にも広く知られるようになったスーパーカミオカンデですが、現在もニュートリノや素粒子に関わる様々な先端研究を継続的に実施しています。また、最近では、スーパーカミオカンデを超える能力を備えた新たな実験装置「ハイパーカミオカンデ」の建設に向けた計画も進められています。



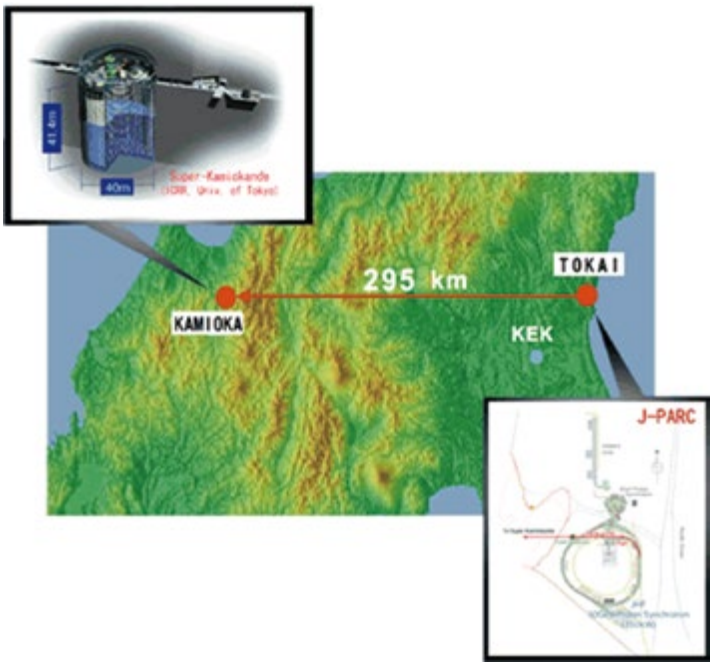
(C) ハイパーカミオカンデ研究グループ

そうした先端実験のネットワークインフラとして、SINET が利用されているとのことでしたね。

早戸氏:はい。SINET の役割も基本的に以前と変わっておらず、国内外の研究者が観測データにアクセスしたり、外部とのコミュニケーションを行ったりする用途に用いられています。スーパーカミオカンデ実験では、研究用のサーバなどをここ (神岡) に置いていますから、共同研究者がこれらをもちいてデータを処理するのも解析を行うのも、すべてネットワーク経由での作業となります。それだけに、ネットワークの性能や品質が研究の効率に大きく影響します。しかも、現状では代替できるような通信経路もありませんから、我々にとっても SINET は無くてはならないインフラであると言えます。

前回取材では SINET3 でしたが、SINET5 になって変わった点などはありますか。

早戸氏：遅延が大きく改善された印象ですね。たとえば、私が携わっている「T2K 実験」では、茨城県東海村の「J-PARC」(大強度陽子加速施設) から神岡に向けて人工のニュートリノビームを発射し、それをスーパーカミオカンデで検知する実験を行っています。ここでは、検知したニュートリノが J-PARC からのものであることを判別するために、GPS の時刻情報を利用していますが、その時刻情報が届く時間が以前より約 40%短縮され、遅延時間のふらつきも小さくなりました。もしこれが大きく遅れると、その部分のデータが使えなくなってしまうので、遅延が短い方に安定してくれることが研究上とても大事なのです。また、L3VPN から L2VPN になったことで、運用管理面での負担も格段に減りました。あとは生活線としての効果でしょうか。スーパーカミオカンデ実験では頻繁に国内外の研究者とテレビ会議を行いますので、そうしたコミュニケーション／コラボレーションが円滑に行えるという面でも SINET の貢献は非常に大きいですね。



(C) T2K コラボレーション

最後に SINET への期待などがあれば伺えますか。

早戸氏：現在大きな課題となっているのが、大容量化する観測データをどう効率的にシェアするかという点です。なにしろ毎日数百 GB 単位でデータが溜まっていきますので、現行システム用に用意した 3PB のストレージも既に一杯。次期システムでは 9PB の容量を確保する予定ですが、こうした大量のデータを研究者が有効に活用できる仕組みも必要です。大規模データ共有などの仕組みを立ち上げるにも大変な労力が掛かりますので、NII の支援が得られればありがたいと思っています。

ありがとうございました。

9.　小惑星探査機「はやぶさ2」

宇宙科学研究所

5

国立研究開発法人 宇宙航空開発研究機構 宇宙科学研究所では、宇宙科学や宇宙開発利用に関する様々な先端研究を行っています。今回はその中から、小惑星探査機「はやぶさ２」と SINET の関わりについて、同研究所 宇宙機応用工学研究系 教授 山田 隆弘氏にお話を伺いました。

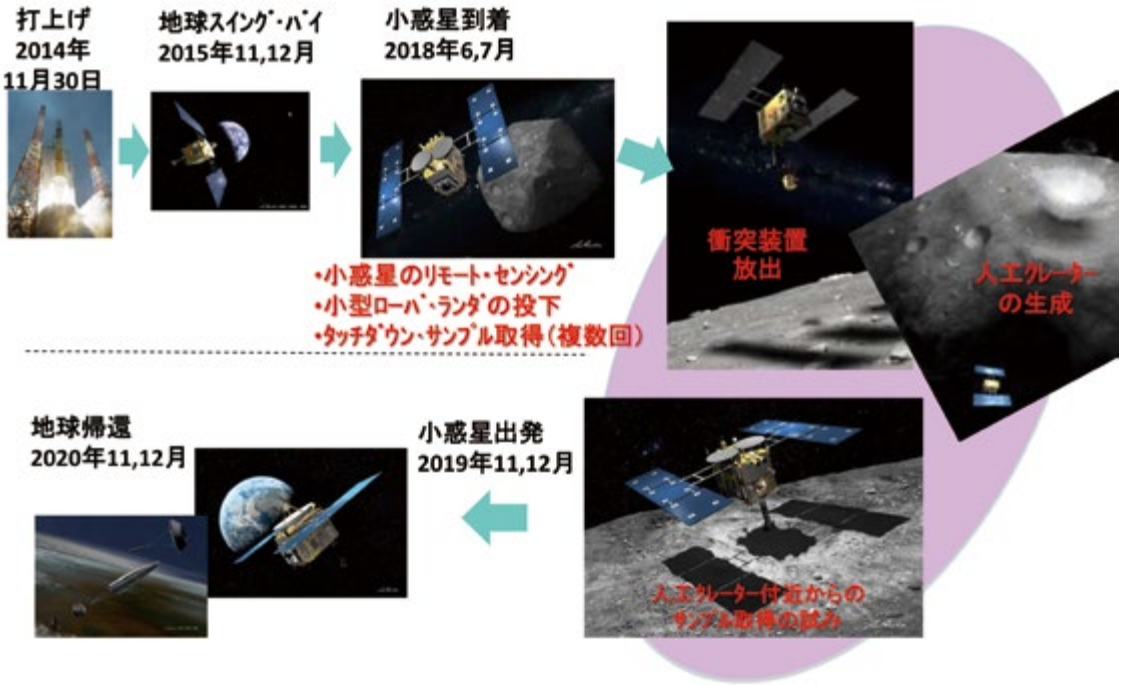
（インタビュー実施:2017年1月20日）

宇宙科学研究所では様々な研究組織が活動されていますが、宇宙機応用工学研究系ではどのような分野を手がけられているのですか。

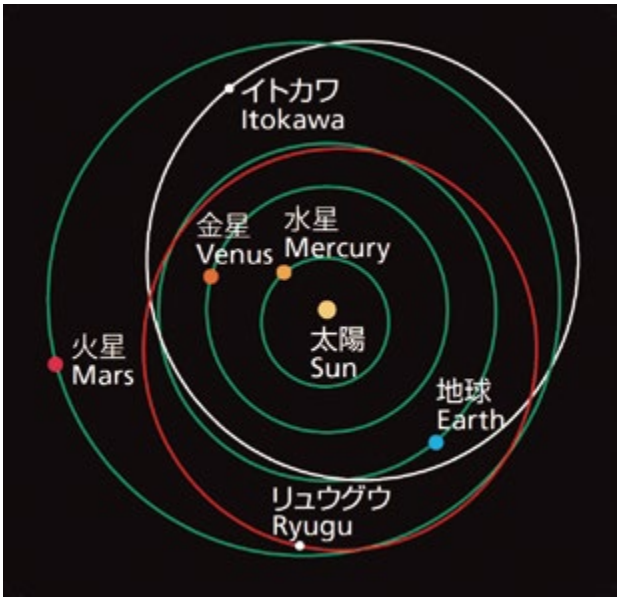
山田氏：科学衛星や探査機を利用する研究には、大きく分けて惑星などを観測する仕事と、人工衛星などを作る仕事の２つがあります。我々の専門はこの後者であり、観測を専門にする研究者がやりたいことを、技術的に可能にするための研究を行っています。ちなみに工学系の研究組織としては、他にも宇宙飛翔工学研究系があり、こちらは人工衛星などを飛ばすための研究を主に行っています。たとえば、人工衛星が目的の星までどう飛んでいくかを考えるのは宇宙飛翔工学研究系の仕事であり、そのために機体の姿勢を変えるにはどうすればいいかを考えるのは我々の仕事という感じですね。もっとも、実際の研究では、それほど厳密に担当分野が分かれているわけではなく、各領域の研究者が集まってプロジェクトチームを組みます。私もほとんどのチームに参加し、データ通信やデータ処理などを担当しています。

そうしたプロジェクトの一つが、社会的にも大きな話題を呼んだ「はやぶさ」の後継機、「はやぶさ２」というわけですね。

山田氏：その通りです。はやぶさでは小惑星「イトカワ」の探査を行いましたが、はやぶさ２では「リュウグウ」という小惑星の探査を行います。このリュウグウは前回のイトカワと異なり、水や有機物を多く含む「C 型」と呼ばれる小惑星です。このため、惑星や生命の誕生に関わる多くの新発見が期待されています。



ミッション概要



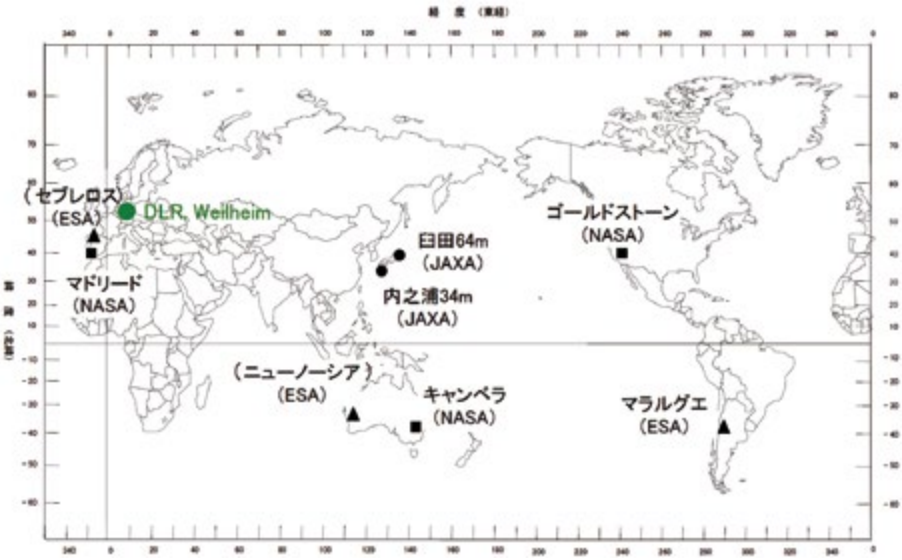
小惑星「リュウグウ」の軌道

現在は地球軌道からリュウグウ軌道を目指して順調に飛行を続けており、2018 年 7 月頃の到着を予定しています。到着後はカメラや分光計などの機器による撮影や観測、小型ローバ／着陸機による直接観測、小惑星表面へのタッチダウンなど、はやぶさと同様のミッションを実施。加えて今回は、2kg ほどの銅の塊をリュウグウ表面に打ち込み、人工クレーターの作成も試みます。さらには、この人工クレーター付近にタッチダウンして地下物質をサンプリングし、2020 年末頃に地球へと帰還する予定です。

このように新しい挑戦もいろいろと行われるはやぶさ 2 ですが、基本的にははやぶさで培った技術がベースとなっており、そこにいくつかの改良を加えて設計されています。

その中で SINET はどのように活用されているのでしょうか。

山田氏：人工衛星や探査機を運用する際には、巨大なパラボラアンテナを使って地上との交信を行います。はやぶさ／はやぶさ 2 では、長野県･臼田の 64m アンテナ、鹿児島県･内之浦の 34m アンテナなどが用いられています。ただし、地球は自転していますので、1 つの地上局が交信できる時間は 1 日 1 回･8 時間程度しかありません。24 時間運用を行うとなると、経度の異なる 3 つの地上局が必要になるのです。そこで、はやぶさ 2 では、欧州宇宙機関（ESA）が所有するオーストラリア、スペイン、アルゼンチンのアンテナを借りています。このように世界中のアンテナを利用することで、24 時間交信を続けられるというわけです。



アンテナの位置

もっとも、このように世界中の地上局を利用するとなると、ここ（JAXA 相模原キャンパス）と各地の地上局とを結ぶ通信手段も必要になります。そのインフラとして、はやぶさ 2 では SINET を利用しているのです。具体的には SINET と欧州の学術ネットワーク「GEANT」を経由し、ドイツにある欧州宇宙センター（ESOC）と通信を行っています。

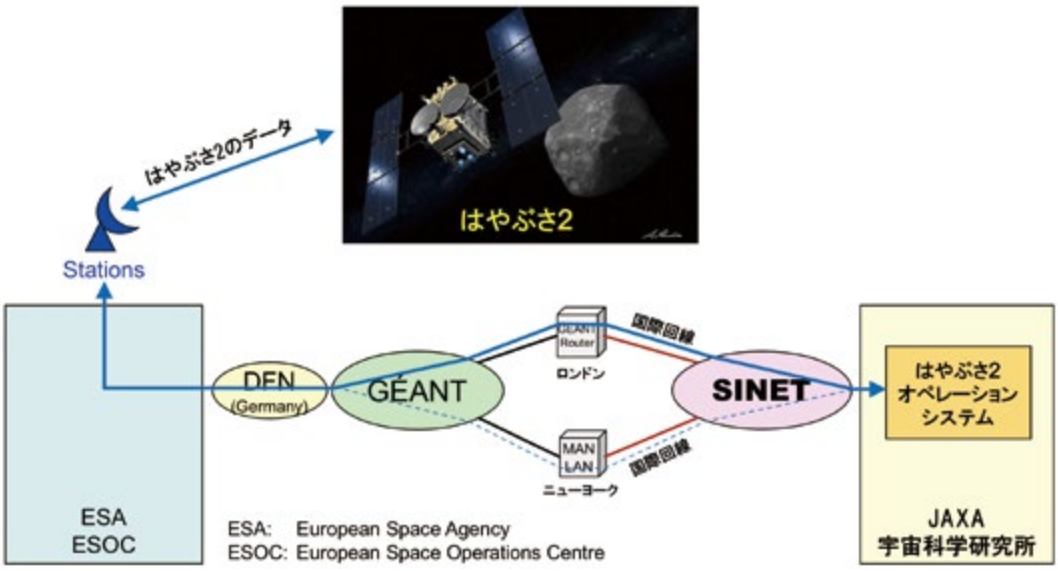
SINET を通信手段として利用することになった経緯を教えて頂けますか。

山田氏：この分野ではネットワークの信頼性が強く求められるため、これまでは伝統的に専用線を利用してきました。当研究所でも、臼田／内之浦アンテナとの通信に専用線を使っています。しかし、近年 ESA では、コスト削減などを目的として、人工衛星や探査機の運用にも学術ネットワークを利用する取り組みを進めています。そこで今回から、我々も SINET を使ってみることにしたのです。観測データの送受信などだけでなく、探査機そのものの運用にも SINET を用いるのは今回が初の試みです。

アンテナ（左上から、臼田 64m ／内之浦 34m ／ニューノーシア 35m ／セブレロス 35m ／マラルグエ 35m）

具体的には、どのようなデータが、はやぶさ 2 との間でやりとりされるのですか。

山田氏：まず地上側から送るデータは、大きく分けて 2 つあります。一つは探査機に指令を行うためのコマンドですね。「この機器の電源オン／オフを行え」、「カメラのシャッターを切れ」、「何時何分にこの手続きを実行しろ」といった具合です。もう一つは様々な処理を行う際のパラメータで、カメラで言えば絞りやシャッタースピードなどにあたります。また、はやぶさ 2 側からは、画像をはじめとする各種観測データの他、搭載されている機器のステータス情報などが定期的に送信されてきます。こうしたデータ通信の仕組みは、インターネットと似たような形になっており、パケット単位に分けて送受信や優先度制御を行うと共に、データの内容に応じてそれぞれのサブシステムに送られるようになっています。



ネットワーク構成

実際に SINET を宇宙探査機の運用に利用してみた感想はいかがでしょう。

山田氏：全く問題は感じていませんね。先に信頼性の高さが求められると述べましたが、ネットワークの品質はもちろんのこと、メンテナンス情報の提供やサポートなどの面でも、十分満足のいく対応を行ってもらえています。元々はやぶさ2では、宇宙との遠距離通信を行う関係上、無線部分は32kbps程度の帯域しか使わないのですが、それでも遅延などは少ないに越したことはありません。将来的には、現在専用線を利用している臼田／内之浦との通信回線を、SINET に置き換えるといったことも十分に考えられます。

その他の探査機等でも SINET が利用される予定はあるのですか。

山田氏：2017 年の打ち上げを目標としている水星探査計画「BepiColombo」（ベピコロンボ）でも、水星磁気探査機（MMO）との通信に SINET を用いる予定です。この計画では、日本と欧州がそれぞれ別々の探査機を送って観測を行うため、日本と欧州のアンテナを双方で使うことになります。欧州側では通信回線の冗長化を行うのが一般的なので、こちらでも現在 SINET の二重化試験を行っているところです。このように、今後は宇宙分野でも学術ネットワークを活用するケースが増えてくるでしょうから、SINET の発展にも大いに期待しています。

水星探査計画「BepiColombo」（提供：池下章裕）

ありがとうございました。

10. アルマ望遠鏡プロジェクトとSINET

国立天文台

4

自然科学研究機構 国立天文台 チリ観測所では、北米及び欧州諸国と協力して「アルマ (ALMA: Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) 望遠鏡プロジェクト」を展開しています。その概要と SINET が果たしている役割について、自然科学研究機構 国立天文台 教授 アルマ地域センター・マネージャー 立松 健一氏と、同 チリ観測所 専門研究職員 中村 光志氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2013年11月12日）

まず「アルマ望遠鏡プロジェクト」の研究目標について教えて頂けますか。

立松氏：わかりました。アルマ望遠鏡プロジェクトでは、「銀河の起源」「惑星系の誕生」「生命へつながる分子」の3点を研究目標として掲げています。この宇宙がビッグバンで始まったことはご存知だと思いますが、実はビッグバン直後にいきなり星が生まれたわけではなく、「宇宙の暗黒時代」と呼ばれる何もない真っ暗な時代が長く続いています。では一体、宇宙はいつ夜明けを迎えたのか、最初の世代の星や銀河はいつ生まれたのか、それを解き明かそうとするのが「銀河の起源」の研究です。

また、私たちが住む太陽系のような惑星系についても、その成り立ちはあまり分かっていません。かつては惑星といえば、金星や木星といった太陽系内の惑星しか観測できませんでした。しかし、1995 年に初めて系外惑星が発見された後は、候補も含めて約 3000 個の惑星が見つかり、惑星系には非常に多様な形態があるということも分かってきました。そこで 2 点目の「惑星系の誕生」の研究では、恒星の生まれる仕組みや惑星誕生の過程を明らかにしようとしています。

そして最後の「生命へつながる分子」の研究では、生命がなぜこの宇宙に生まれたのかを探っています。この研究では様々な生命関連分子を取り扱いますが、特に注目しているのは生命体を構成するタンパク質に欠かせない「アミノ酸」です。アミノ酸にはお互いが鏡像体の関係にある「L 体」と「D 体」が存在しますが、不思議なことに地球上の生命のタンパク質はほとんどすべて L 体のアミノ酸でできているのですね。遠い宇宙空間でアミノ酸を検出できれば、生命関連分子がどのように作られ、どう進化してきたのかを知る上で重要なカギとなります。

そのために作られたのがアルマ望遠鏡というわけですね。

立松氏：その通りです。今述べた 3 つの研究を行う上では、望遠鏡にもいくつかの要件が求められます。たとえば視力(空間分解能)が良いこと、サブミリ波が観測できること、それに感度が高いことなどですね。遠くのものを見るためには良い視力が必要ですが、そのためには望遠鏡を大きくする必要があります。そこでアルマ望遠鏡では、最大直径 18.5km の敷地に 66 台の電波望遠鏡を配置しています。ちなみに宇宙望遠鏡として有名なハッブル望遠鏡の視力は 600 ですが、アルマ望遠鏡はその 10 倍の視力 6000 を達成しようとしています。

次のサブミリ波が観測できることも大事なポイントです。我々人間は可視光でモノを見ますが、これだと星の一生の内で大人の世代にある星しか見えません。生まれたばかりの状態を見るためには、摂氏にして− 263 ～− 200℃くらいの極低温のガスや塵が発する電波、すなわちミリ波やサブミリ波という種類の電波を捉える必要があります。観測波長数 mm のミリ波は、たとえば標高 1350m にある野辺山宇宙電波観測所でも観測できますが、波長 1mm 以下のサブミリ波は標高 5000m の高地に行かなければ観測できません。ですので、アルマ望遠鏡はそのような高地に建設しました。しかもこうした電波は非常に微弱なため、高い感度も必要になってくるというわけです。

アルマ望遠鏡の観測画像
(Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO). Visible light image: the NASA/ESA Hubble Space Telescope)

アルマ望遠鏡は南米のチリにあるそうですが、遠く離れた日本からどのようにして研究を行っているのですか。

立松氏：元々チリのアタカマ高原を設置場所に選んだのは、一年を通して天候が良く、水蒸気による電波吸収の影響も受けにくいという理由からです。最適なロケーションを求めて世界中を探していたところ、日本の研究チームがこの場所を発見したんですね。とはいえ、飛行機を乗り継いでも片道 35 時間は掛かりますし、高山病などにも注意が必要な場所です。とても気軽に行って帰ってくるというわけにはいきません。そこで日本・米国・欧州の三ヶ所にそれぞれ地域センターを配置し、アルマ望遠鏡の観測データをミラーリングして研究を行っています。

アルマ望遠鏡
(Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO))

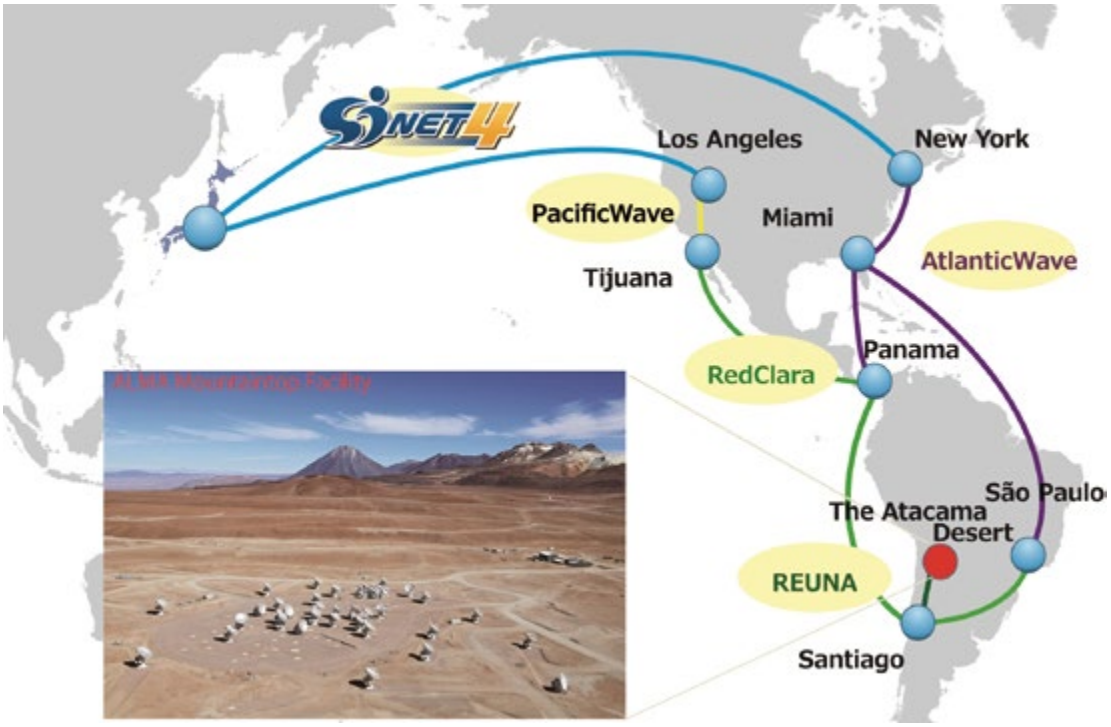
なるほど。それなら現地に行かなくとも済みますね。

立松氏：私がマネージャーを務める東アジア･アルマ地域センターでは、国内の大学･研究機関はもちろんのこと、台湾をはじめとする東アジア地域の研究者に対してもアルマ望遠鏡を使った観測提案の受付や観測準備、データ配布などのサービスを提供しています。ちなみに、アルマ望遠鏡のユニークなところは、異なる国や地域の研究者が同じデータを使って研究を行う点です。自分の観測提案が採用された研究者には一年間の占有期間が与えられますが、その後は公開されて他の研究者も利用できるようになります。1つのデータが8つの研究チームに利用されている例もありますよ。

遠隔観測を行うとなると、データの受け渡しを担うネットワークの責任も重大ですね。

中村氏：そうですね。アルマ望遠鏡では年間200TBのデータアーカイブ容量を想定していますが、まずはこれをチリから日米欧の地域センターへ転送しなくてはなりません。そこで山麓施設の一次アーカイブから首都サンティアゴの二次アーカイブを経て、そこから複数の学術ネットワークを経由して各地域センターへデータを送っています。ちなみに日本へはREUNA、RedCLARA、Internet2を経て一度北米に転送し、そこからSINET経由で国立天文台･三鷹キャンパスまで持ってきています。REUNAでは75Mbpsの帯域を確保していますが、大きなデータを転送する際は、これがほぼ上限に張り付いている状況ですね。またSINETについては、こちらに蓄積されたデータを大学や研究機関が利用するためのインフラとしても役立ってくれています。

立松氏：以前はハードディスクなどの物理媒体を利用してデータを送らなければなりませんでしたが、同じチリにあるASTE望遠鏡プロジェクトの際に64Kbpsの衛星回線を利用した遠隔運用に着手し、その経験を元にアルマ望遠鏡では観測データのネットワーク転送まで行えるようになりました。現在ではSINETをはじめとする各国の学術ネットワークの協力もあり、非常に安定的な運用が行えています。



アルマ望遠鏡 - 日本
(Credit: Clem & Adri Bacri-Normier (wingsforscience.com)/ESO)

最後に今後の展望について伺えますか。

立松氏：アルマ望遠鏡の研究は、言ってみれば大量の雑音の中から宝物となるデータを探すような作業です。不用意にデータ圧縮を行ったりすると、宝物であるデータを失いかねません。とはいえ、望遠鏡が出力するすべてのデータを送るのは難しいので、現在は時間／周波数方向への積分を行うなどしてデータ転送レートを抑えています。しかし、私たち天文研究者としては、こうした貴重なデータをできるだけ捨てることなくアーカイブしていきたい。そのためにはネットワークインフラのさらなる広帯域化が求められます。しかも 66 台全てのアンテナが稼動して本格運用が始まったら、24 時間･365 日にわたってデータが流れ続けることになりますので、SINET の今後の発展と貢献にも大いに期待しています。

ありがとうございました。

11. L1オンデマンドサービスを利用した光結合VLBI観測

国立天文台

3 4

自然科学研究機構 国立天文台 水沢 VERA 観測所 光結合 VLBI 推進室では、国内の VLBI 観測局を光回線で結んだ高感度観測ネットワークを運用しています。国立天文台 光結合 VLBI 推進室室長 教授 川口 則幸氏と、同 研究員 原 哲也氏に、これまでの取り組みと、新たに活用を開始した SINET3 L1 オンデマンドサービスの効果について伺いました。

（インタビュー実施:2008年12月11日,更新:2010年1月25日）

まず、光結合 VLBI 推進室で取り組まれている、光結合 VLBI の概要と特徴について教えて頂けますか。

原氏：光結合 VLBI とは、離れた場所にある電波望遠鏡を光回線で接続し、お互いの観測情報を合成することで、より高感度での観測を可能にする方法のことです。初期の VLBI 観測では、データを磁気テープに記録して、相関処理を行う相関局まで輸送するなどしていました。これでは、観測結果が得られるまでに、大変な手間と時間が掛かってしまいます。その点、光結合 VLBI 観測では、観測データをすぐにネットワーク経由で伝送し、リアルタイムで処理を行うことができます。また、磁気テープの容量を超えるデータがやりとりできるため、これまでは観測できなかったような天体も観測することができるのです。

現在に至るまでには、いろいろなプロジェクトが実施されたそうですね。

川口氏：そうですね。これまでの歩みをお話すると、まず、通信総合研究所（現：情報通信研究機構）が 1990 年代に実施した「Key Stone Project」によって、本格的な光結合 VLBI 時代の幕が開きました。これと同時期に、国立天文台でも、宇宙科学研究所（現 :JAXA）、NTT と共同で、人工衛星「はるか」からの VLBI 観測データをリアルタイム相関処理する「OLIVE プロジェクト」を実施しています。この二つのプロジェクトは 1998 年に統合され、「GALAXY プロジェクト」として再スタートしました。

さらに、スーパー SINET のサービスが開始されたことに伴い、2002 年より「VONUS プロジェクト」が発足。ここでは、まず高エネルギー加速器研究機構経由で、つくば市にある国土地理院の 32m アンテナを接続し、その後核融合科学研究所経由で岐阜大学の 11m アンテナを接続しました。SINET3 になってからも、山口大学経由で国立天文台の山口 32m アンテナを接続しています。2006 年には、「GALAXY」「VONUS」の両ネットワークを合わせた「OCTAVE プロジェクト」へ移行しましたが、これは世界でもトップクラスの光結合 VLBI ネットワークです。

光結合 VLBI では、回線帯域は広ければ広いほど良いそうですが。

川口氏：はい。VLBI 観測では、それぞれの電波望遠鏡が観測したデータの中から、似ている部分を探し出すことで観測を行います。これが相関処理を行うということなのですが、問題はこの似ている部分の割合です。電波望遠鏡で受信したデータのうち、実際に観測データとして使える部分は 0.01% くらい。実はこれでも多い方で、残りの 99.99% 以上はノイズなのです。

私はよく「砂金採り」をたとえ話に使うのですが、砂金をたくさん採るためには、とにかく大量の砂利を集めてふるいに掛けるしかないですよね。これと同じようなことが、そのまま光結合 VLBI にもあてはまります。観測を行うためには、できるだけ大量の観測データを集めてくる必要があるのです。ちなみに、現在の観測システムでも 8Gbps の帯域を余裕で埋められるくらいの能力がありますが、最近開発した装置では 50GHz のサンプリングが可能です。これが実用化されると、理論的には双方向で 100Gbps のデータが流せますので、回線帯域はどれほどあっても困ることはないですね（笑）。

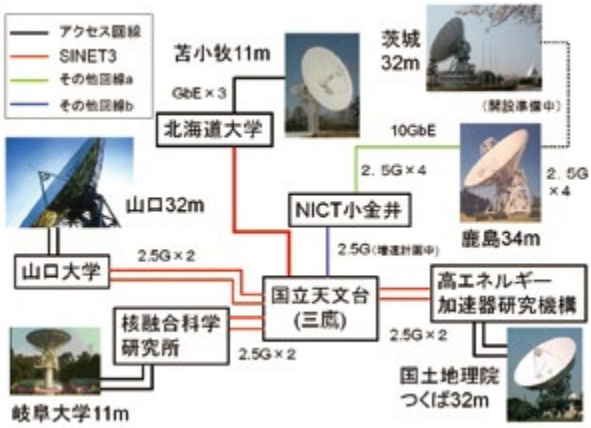
SINET3 の L1 オンデマンドサービスの利用も開始されましたが、これにはどういう狙いがあったのですか。

川口氏：国立天文台以外の電波望遠鏡には、それぞれ固有のミッションがありますので、意味のある観測データが取れるのは、我々が時間を指定して使わせてもらっている期間だけです。すべての電波望遠鏡を同じ天体に向けないと、観測は行えませんからね。しかし、それ以外の観測を行っていない間も、24 時間･365 日データは流れ続けています。いわば、観測に使えないデータで帯域を占有することになっていたわけです。我々としても、この点を以前から心苦しく思っていました。

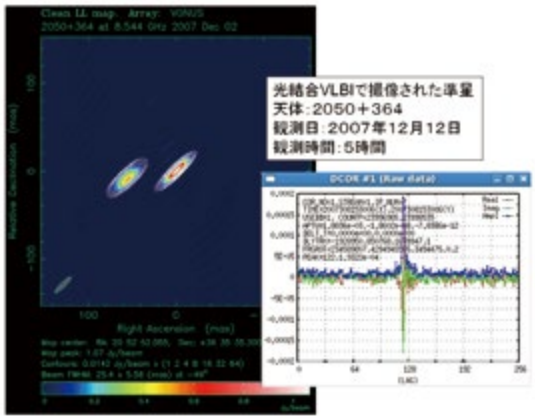
しかし、SINET3 の L1 オンデマンドサービスを利用すれば、我々が観測を行う時だけネットワークリソースを確保することができます。学術ネットワークとしてこうしたサービスを提供するのは、世界でも初めてと伺いましたが、非常にいいアイデアだと思いましたね。

実際にサービスを利用してみた印象はいかがですか。

原氏：山口 32m アンテナ、並びに筑波 32m アンテナとの間で L1 のパスをつないでいますが、回線を確保する際の予約手続きなども簡単で非常に使いやすいですね。通常は観測を行う数日前から予約しておきますが、すぐ使いたい場合は当日予約もできるので便利です。ちょうど今日も、数日後に行う観測のための予約を入れたところです。



光結合 VLBI 観測網



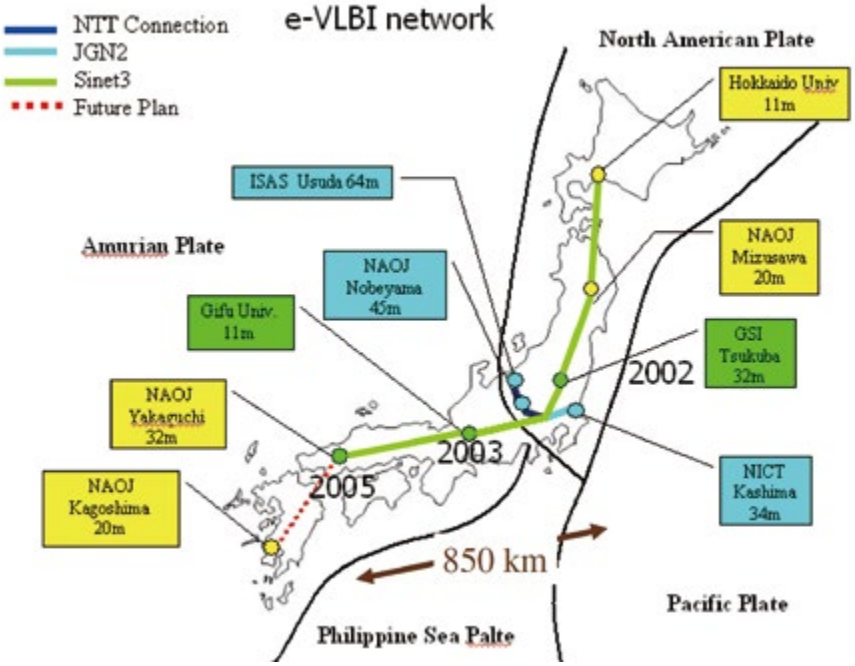
光結合 VLBI で撮像された準星（2007.12.12）

他の大学や機関と予約が重なったりするケースもあるのですか。

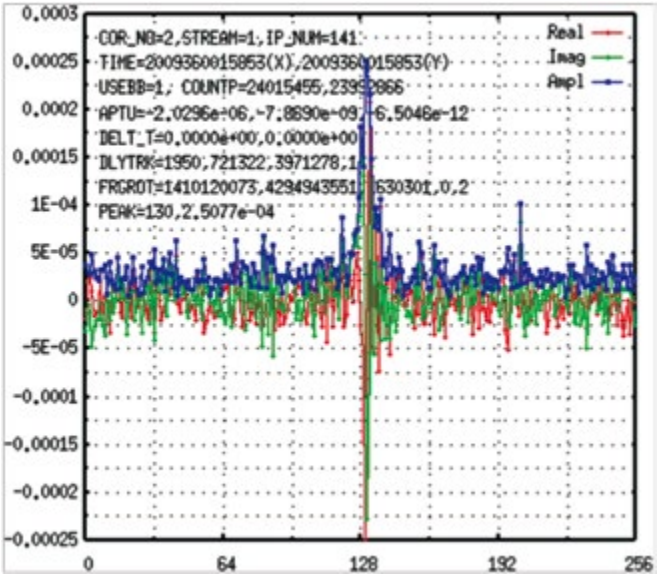
原氏：現在は試行期間中なのでそうでもないですが、今後正式にサービスが開始された際には、そういうこともあるでしょうね。もっとも、我々の場合は土日に観測を行うことも多いので、他のユーザーに比べて競合の心配は少ないかも知れません。予約の希望が複数あった場合は、L1 オンデマンドサービス側で抽選を行い、「当選」「落選」という表示が出るようになっていますが、まだあまり落選したことはありません（笑）。ちなみに、今回の予約でも土日を含めた 4 日間を確保しており、その間に 9 時～ 16 時までの観測を 2 セット実施する予定です。

接続先は今後も増えていく予定なのですか。

原氏：2009 年に北海道大学の札幌キャンパス経由で北大･苫小牧 11m アンテナが接続されたほか、国立天文台の日立 32m、高荻 32m アンテナとも接続する予定です。長時間･高感度の観測が行えるようになったことで、今までにない新しい発見が生まれる可能性も高まりました。こうした研究が行えるのも、ネットワークがあればこそです。ぜひいい成果を挙げて、皆さんにもご紹介できればと思いますね。



e-VLBI network



鹿島 - 苫小牧基線の初フリンジ（2009.12.26）

最後に SINET への期待を伺えますか。

川口氏：我々はいま日本中の電波望遠鏡をつなぐ取り組みを行っているわけですが、国内だけでなく海外にもたくさんの電波望遠鏡があります。将来的には、こうした世界中の電波望遠鏡を光ファイバーでつないでいきたい。もちろん、こうしたグローバルな観測ネットワークを実現する上では、SINET の支援が欠かせませんので、今後とも頑張ってもらいたいと思います。

ありがとうございました。

12. 太陽観測衛星「ひので」による太陽研究

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部

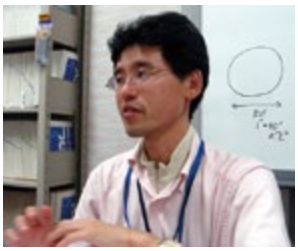
3 4 5

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 * では、宇宙科学に関わる幅広い分野の活動を行っています。今回は太陽観測衛星「ひので」による太陽研究と SINET の関わりについて、同研究本部 宇宙科学情報解析研究系 助教 田村 隆幸氏にお話を伺いました。

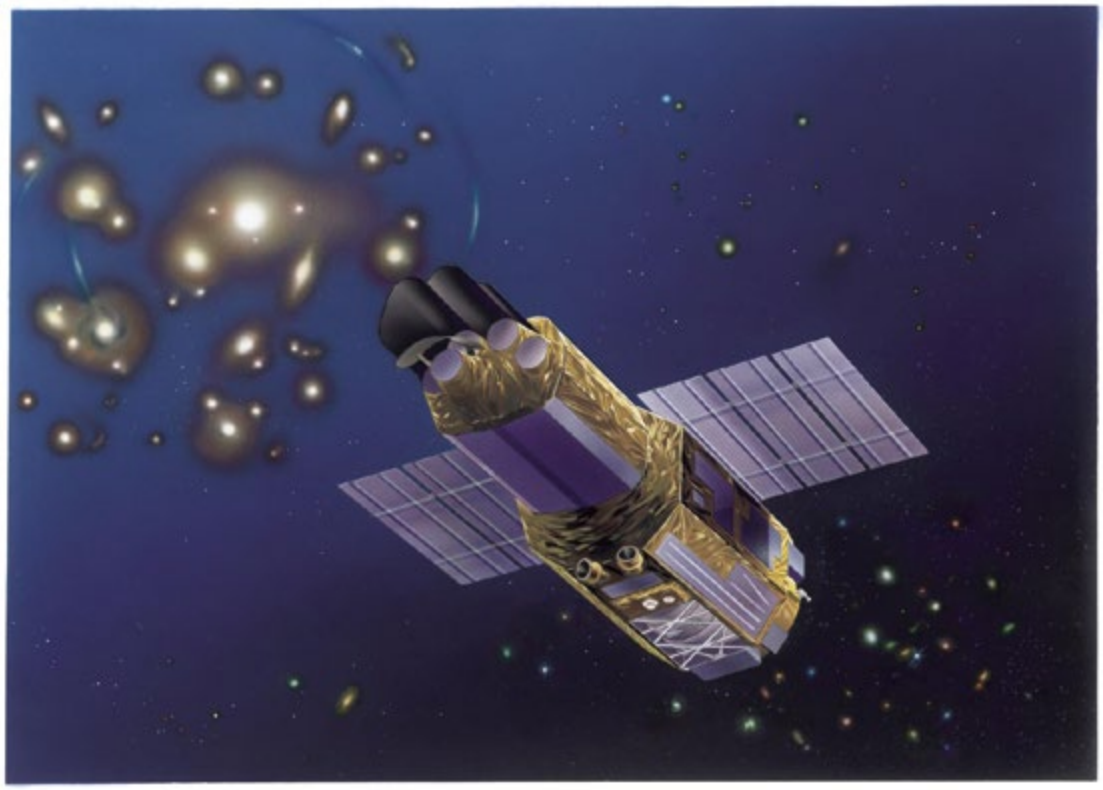
* 2010年4月、宇宙科学研究本部から、宇宙科学研究所へと名称および組織の変更が行われました。

（インタビュー実施:2008年7月3日）

宇宙科学研究本部では、どのような活動を行われているのでしょう。



田村氏：宇宙科学研究本部は、「宇宙科学」、つまり宇宙空間に出て行う科学研究を通じて、日本の宇宙開発の発展に貢献することを目的としています。活動内容も多岐にわたっており、「科学衛星」「ロケット」「大気球」「宇宙理学」「宇宙工学」「宇宙環境利用科学」など、様々な分野の研究を行っています。たとえば、私の専門は X 線天文学で、最初に挙げた科学衛星の分野に属しています。現在当研究所では 8 つの科学衛星を運用していますが、この中の X 線天文衛星「すざく」を使って、銀河やブラックホールなど様々な天体を観測・研究しています。



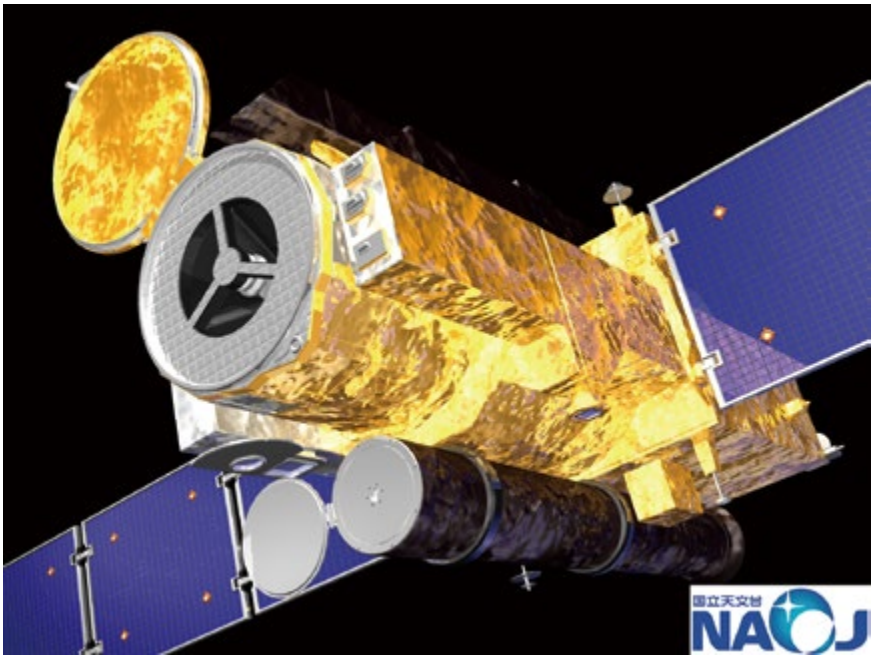
X 線天文衛星「すざく」の CG イラスト
© 宇宙航空研究開発機構（JAXA）

肉眼で見える現象を観測するだけでなく、X 線による観測も行われているんですね。

田村氏：X 線観測を行うことで、可視光だけでは分からない様々な事象が研究できるのです。たとえば、太陽で言えば、コロナやフレアなどを見ることができます。また、このほかにも、銀河団の周囲に存在する「銀河団ガス」の観測データをスペクトル分析することで、その中にどのような元素が含まれているのか、どれくらいの割合で存在するのかといったことが分かります。こうした分析を行うことで、銀河の成り立ちを研究したりできるわけです。

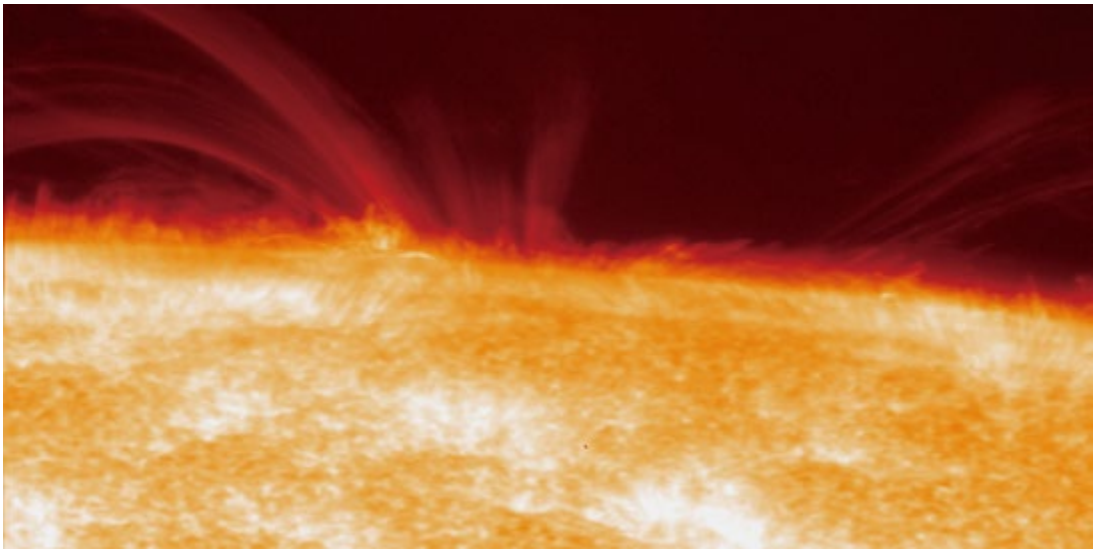
なるほど。いろいろな手段を使って観測することが大事なのですね。SINET は「ひので」の研究に活用されているそうですが、この衛星はどのような衛星なのですか。

田村氏：「ひので」は、太陽の研究を行うための太陽観測衛星で、1991 年に打ち上げられた「ようこう」の後継衛星になります。日本では、当研究本部と国立天文台の「SOLAR-B サイエンスセンター (http://hinode.nao.ac.jp/sbsc/。以下、ひので科学センター)」が共同で観測を行っています。また、観測装置の開発にあたっては米国 NASA（アメリカ国立航空宇宙局）や、英国 PPARC（素粒子物理学 天文学研究協議会）との国際協力も行われました。



太陽観測衛星「ひので」の CG イラスト
国立天文台 /JAXA　提供

「ひので」の研究目的は、「高温コロナの形成」「太陽磁場・コロナ活動の起源」「天体プラズマの素過程」の 3 点を解明することにあります。この目的を達成するために、可視光磁場望遠鏡、X 線望遠鏡、極紫外撮像分光装置などの観測装置を搭載しています。ちなみに、この可視光磁場望遠鏡は世界でもトップクラスの空間分解能を備えており、0.2 秒角で観測を行うことができます。天文学に詳しくない方にはちょっとピンと来ないかも知れませんが、「高度 500km の衛星軌道から地球を見たとすると、50cm のものが見分けられる」と言えば、その性能の凄さがお分かり頂けるのではないでしょうか。



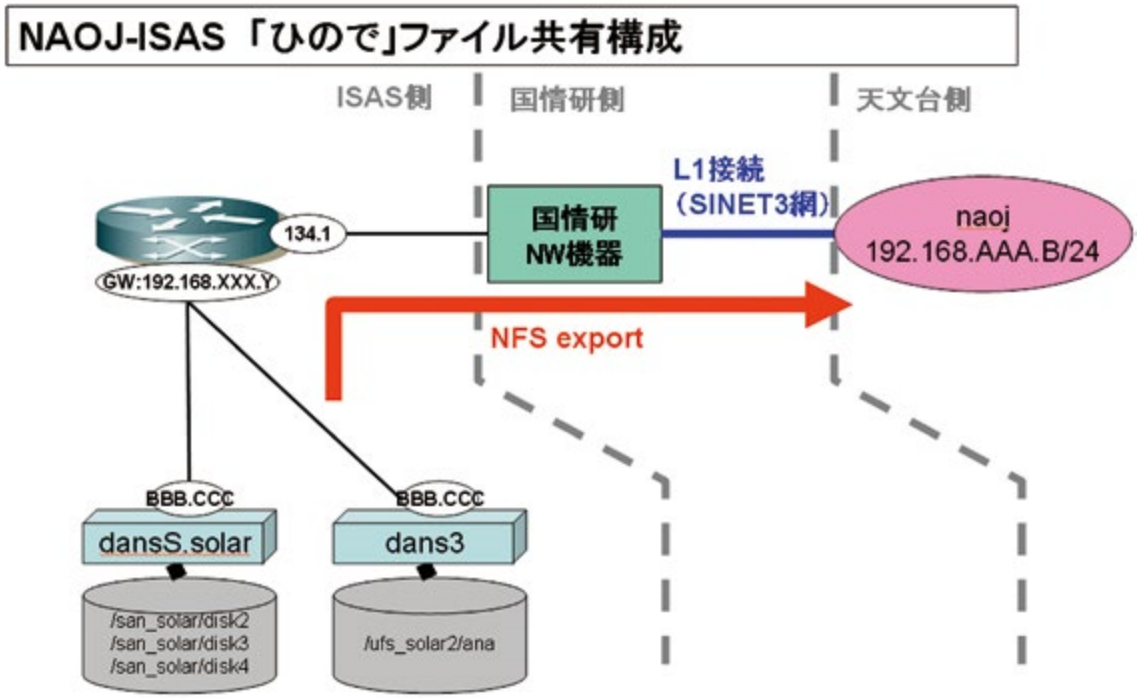
「ひので」が観測した黒点周囲のダイナミックな噴出現象
国立天文台 /JAXA　提供

今後の太陽天文学の発展に貢献する衛星というわけですね。SINET はどのような形で利用されているのですか。

田村氏：ひので科学センターでは、当研究本部でフォーマット変換などの処理を行ったデータを利用して、解析業務やムービー、物理量マップなどの作成を行います。これらのデータは容量が非常に大きいため、単純にコピーしたのでは同期作業などが大変になります。そこでデータコピーを行うのではなく、SINET3 の L1 品質保証パスを利用して宇宙研究本部・ひので科学センター間に 1Gbps の専用線を敷設し、両機関で NFS によるファイル共有を行っています。このシステムは、ひので科学センターの業務を支える重要なコアシステムになっているとのことです。

どれくらいの容量のデータを取り扱うのですか。

田村氏：「ひので」のデータは現時点で約 15TB 程度です。宇宙研究本部の他の衛星のデータはだいたい数 TB 程度ですから、それと比較しても格段に大きいですね。しかも、データ量はこの 15TB で終わりではなく、「ひので」の観測が続く限り、これからもどんどん増えていきます。こうした大容量データを活用した研究を行う上では、ファイル共有システムと高速なネットワークが欠かせません。もし現在のような仕組みがなかったら、ユーザーは自分が研究に使用したいデータを一つずつ探し出し、ftp などを使って手元にダウンロードする必要があります。これでは手間が掛かって仕方ありません。



NAOJ-ISAS 「ひので」ファイル共有構成
国立天文台 /JAXA　提供

SINET と NFS によるファイル共有システムが、研究を効率よく進めていくためのツールとして役立っているわけですね。具体的なメリットとして感じられる点などはありますか。

田村氏：ひので科学センターに伺ったところ、「打ち上げ当初に、国立天文台に巨大なデータストレージを構築する必要がなくなったため、その分のリソースを解析システムに投入できた。また、遅いインターネット経由によるデータ転送も行う必要がなくなったため、ひので衛星の初期成果が増大した」とのことでした。SINET の L1 品質保証パスについても「専用線のため、他のトラフィックを気にすることなく、大量データ転送が行えるので非常に便利」とのことです。

一般に公開天文台などでは、観測を担当した研究者が優先的にデータを利用し、一定期間を経た後に公開することが多いのですが、「ひので」については観測データを即時公開するオープンな枠組みを採用しています。多くの研究者が新しいデータを待ち望んでいますので、それに応える上でもネットワークの高速さが重要と言えます。

その他に、何かSINETが役立っている点はありますか。

田村氏：ここ数年、テレビ会議を頻繁に行うようになったのですが、こうしたコミュニケーションの活性化という点でも役立っていますね。私の専門であるX線の分野でも、以前は全国の研究者がここ（宇宙科学研究本部）に集まって会議をしていましたが、最近はテレビ会議でカバーできる部分も多くなっています。また、遠方の研究機関から来られていた方々にとっては、移動のために費やす時間やコストが減らせると言う点でも、メリットが大きいのではないでしょうか。

最後に今後の展開について伺えますか。

田村氏：「ひので」については、現在データを宇宙科学研究本部だけに蓄積していますので、SINETを利用して国立天文台へのデータコピーを行う計画を進めています。これにより、国立天文台内でのデータ活用が促進できるだけでなく、万一自然災害や障害などが発生した際のバックアップとしても機能させることができます。

また将来的には、宇宙科学研究本部・国立天文台間だけでなく、国内の様々な大学や研究機関とも、ファイル共有が行えるようになればいいですね。私個人としても、様々な衛星の観測データを利用して、新しい発見につながるような研究を進めていければと思っています。こうした取り組みを進めていく上では、SINETからのサポートも重要ですので、今後も様々な側面から支援してもらえればと思います。

ありがとうございました。

13. 銀河系の3次元立体地図を作る「VERA」プロジェクト

鹿児島大学

3 4 5

鹿児島大学 理学部では、国立天文台と共同で、銀河系の３次元立体地図を作る「VERA」プロジェクトを推進中です。今回は、VERA における SINET3 の活用について、鹿児島大学大学院 理工学研究科 物理･宇宙専攻 助教 中川 亜紀治氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年3月9日）

まず、中川先生の所属する宇宙物理学グループの活動について伺えますか。

中川氏：鹿児島大学　理学部では、天文や物理に関する様々な研究が行われていますが、我々のグループでは、入来に設置された口径 1m の光赤外線望遠鏡、国立天文台･VERA 入来局 20m 電波望遠鏡、また錦江湾公園に設置された 6m 電波望遠鏡の 3 つの観測装置を利用して、主に銀河系を対象とした観測や研究を行っています。

先生は VLBI による位置天文学がご専門ですが、その面白さはどういう点にありますか。

中川氏：位置天文学は天体の位置や運動、また天体までの距離を測ることをテーマとしていますが、実は天文学は意外と誤差の大きい学問でもあります。たとえば「ある星までの距離の誤差は± 30%」なんてことが研究では日常的に語られたりします。30% もの距離の誤差なんて、日常生活では考えられませんよね（笑）。しかし、天文学では、何に付けてもこうした大きな誤差が少なくありません。距離についても、いろいろな求め方はありますが、その正確さとなるとやや怪しい面がありました。その点、現代の位置天文学では、複数の電波望遠鏡を組み合わせた VLBI の手法を用いることで、今まで数十パーセントだった誤差を、数パーセント以下にまで縮められるようになりました。星の位置を正確に求められるということは、天文学を精密科学のレベルにまで引き上げていくことにつながります。また、天体の動きを精密に観測することで、昨今話題を呼んでいる「ダークマター」の解明にも繋がります。さらに、多くの巨大電波望遠鏡を利用する「ビッグ･サイエンス」である点も、VLBI の面白さですね。

その取り組みの一つが「VERA」ということですが、このプロジェクトの目的について教えて下さい。

中川氏：鹿児島大と国立天文台が協力して推進しているVERAは、我々の住む天の川銀河の立体地図を作ることを目的としています。おそらく皆さんも、銀河系のイラストやCGなどをご覧になったことがあると思います。イメージとしてはああいう感じですが、単なる想像図ではなく、実際に観測した距離に基づいて作成される地図である点が大きく異なります。また、静的な地図ではなく、天体の運動も伴った動的な地図である点も特徴の一つです。

VERA プロジェクト（提供：国立天文台水沢 VLBI 観測所）

遠くの天体までの距離をどのようにして測っているのですか。

中川氏：VERA では、三角測量と年周視差を利用した観測を行っています。三角測量は、三角形の低辺の長さと頂角の大きさから目的物までの距離を測る方法ですが、VERA ではこの底辺の長さを地球～太陽間の距離を元に算出します。次は両端の角度ですが、地球は太陽の廻りを公転しているため、同じ星でも春に見るのと秋に見るのとでは位置が少し違ってきます。この角度の差、つまり年周視差を観測することで、頂角も割り出すことができます。あとは、両者を組み合わせることで、目的の天体までの距離を正確に計算できるというわけです。

ただし、このように原理的にはシンプルでも、実際に行うのはそう簡単なことではありません。何しろ目的の天体は非常に遠い場所にありますから、三角形の形も途方もなく細長いものになります。具体的には銀河中心の場合、年周視差は約 1/3600 万分の 1 度というかなり小さな数値になります。

こうした精密観測を行う上で、大いに役立ってくれるのが VLBI です。VERA では入来局、岩手県の水沢局、石垣島局、小笠原局の 4 つのアンテナを組み合わせることで直径 2300km の電波望遠鏡と同等の性能を実現しており、更に電波の波としての特性を利用することで 3 億 6000 万分の 1 度の精度で計測が行えます。また、VERA のアンテナ群は世界で唯一の 2 ビーム望遠鏡であり、VLBI 観測で問題となる大気揺らぎの影響も排除できます。

VERA4 局の望遠鏡配置

どのような天体が観測の対象となるのですか。

中川氏：生まれたばかりの星や年老いた星の中には、非常に強い電波を放射している天体があります。VERA が観測するのは、こうした「メーザー源」と呼ばれる天体です。メーザー源にもいくつかの種類がありますが、その中でも、特に星の廻りに漂う水分子から電波を放射している「水メーザー」などを対象としています。ちなみに、VERA では、銀河系の立体地図を作るために、1000 個程度のメーザー源を観測する予定です。

ネットワークはどのような形で活用されているのですか。

中川氏：大きく二つの用途があります。まず一つ目は、観測局を接続して運用するための用途、そしてもう一つは、研究者や学生が観測データにアクセスして解析を行うための用途です。我々のグループでは 2009 年から SINET3 を導入し、鹿児島大と東京･三鷹の国立天文台間を L2VPN で接続しています。

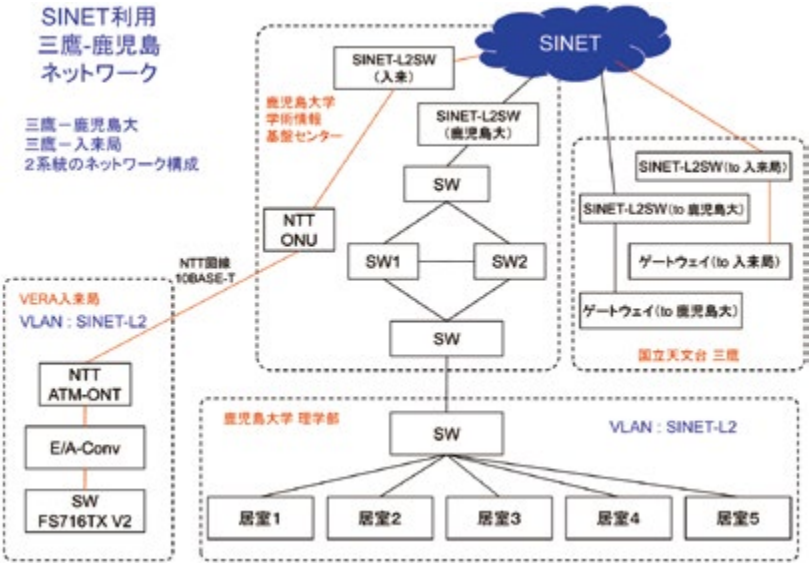
VERA 入来観測局（鹿児島県薩摩川内市）

SINET3 を導入された理由をお聞かせ下さい。

中川氏：VERA では、各観測局の観測データを一度磁気テープに記録し、国立天文台へ輸送して相関処理を行っています。その後、研究者が利用できる形のデータが作成されるわけですが、以前はこれを DVD に焼いて送付してもらっていました。こうしたプロセスだとどうしても余分なタイムラグが発生してしまいますし、研究の効率も上がりません。もちろん、国立天文台にあるプログラムやデータを直接利用できればいいのですが、以前はネットワークの帯域が狭く、それができなかったのです。何かいい手はないかと思っていたところ、国立天文台の川口先生から SINET の利用を勧めて頂きました。

SINET3 を導入した感想はいかがですか。

中川氏：研究の効率が格段に上がりましたね。大容量の画像データも素早く表示されますし、データのやりとりも簡単に行えます。我々研究者にとって、ストレスなくデータを活用できるというのは非常に大きなメリットです。また、国立天文台と入来局間の接続を、フレームリレー網から SINET3+ 商用光回線に変更することで、観測局の運用がより容易になるなどのメリットも生まれました。



三鷹・鹿児島大学・入来ネットワーク概念図

今後の展開についてもお伺いしたいのですが。

中川氏：現在我々が大きな課題として掲げているのが、ネットワークを利用したリアルタイム相関処理の実現です。VERA の観測データは一観測局あたり 4.2TB にも達しますので、先にも述べた通り磁気テープの輸送に頼らざるを得ないのが現状です。しかし、これをネットワークで送ることができれば、研究効率をさらに高めることができます。この分野でも海外にライバルが数多く居ますから、日本の国際競争力を向上させる上でも大きな意義があります。そういう意味では、SINET の今後に掛ける期待も非常に大きいですね。また、私個人としては、VERA を利用した研究テーマである「宇宙の距離を測る新しいもの差し作り」に力を入れ、鹿児島から最新の天文学を発信していきたいと思います。

ありがとうございました。

関連 URL　国立天文台 VERA プロジェクト
http://veraserver.mtk.nao.ac.jp/index-J.html
鹿児島大学　宇宙物理学グループ　中川亜紀治
http://astro.sci.kagoshima-u.ac.jp/omodaka-nishio/member/nakagawa/index.html

【環境・気象・地球科学・遺伝学】

14. 遺伝子情報の大容量化を支える計算機ネットワーク

（国立遺伝学研究所） 4 5

15. 衛星データの受信・処理・アーカイブおよびデータ配布

（千葉大学 環境リモートセンシング研究センター） 3 4 5

16. 全国地震観測データ流通ネットワーク「JDXnet」の構築・運用

（東京大学 地震研究所 地震予知情報センター） 3 4 5

17. VLBI 観測による超大容量観測データの国際共有

（国土地理院） 3 4 5

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

14. 遺伝子情報の大容量化を支える計算機ネットワーク

国立遺伝学研究所

4 5

大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所では、国際的な塩基配列データベースである「DDBJ」（DNA Data BANK of Japan:日本DNAデータバンク）の構築・運用とスパコンによる計算機サービスを提供しています。その活動内容とSINETの役割について、国立遺伝学研究所 大量遺伝情報研究室 教授 中村 保一氏と、同 遺伝子発現解析研究室 助教 小笠原 理氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2013年11月14日）

まず、遺伝学研究所の概要について教えて頂けますか。

中村氏：1949年に設立された遺伝学研究所は、日本の生命科学分野における中核研究機関として様々な研究を行っています。また、大学共同利用機関として全国の研究者に共同研究の機会や施設を提供すると同時に、総合大学院大学　生命科学研究化の遺伝学専攻も担当しています。遺伝学に関わる先端研究や教育を、総合的に行う機関と思って頂ければ良いのではないでしょうか。

具体的な事業内容としては、まず「バイオリソース（生物遺伝資源）事業」が挙げられます。ここではマウスやショウジョウバエといった学術研究用生物の開発・収集・提供を行うと共に、生物遺伝資源データベースの構築と公開運用も進めています。2つめは「先端ゲノミクス推進事業」で、最先端の次世代シーケンサーを導入してゲノム情報の解析などを行っています。そしてもう一つが、私も携わっているDNA塩基配列情報の国際的なデータベース「DDBJ」です。

小笠原氏：塩基配列の決定方法であるサンガー法が開発されたことなどをきっかけに、今後は大量の塩基配列データが生成されていくであろうことが決定的となりました。欧米ではこうした動きに対応すべく国際的なデータベースを作ろうという機運が高まったのですが、日本にもこの取り組みに参加して欲しいという要請があったのですね。現在DDBJでは、米国のNCBI（National Center for Biotechnology Information:国立生物工学情報センター）が提供する「GenBank」、欧州のEMBL-EBI（European Bioinformatics Institute:欧州バイオインフォマティクス研究所）が提供する「ENA」と共同で「INSD（International Nucleotide Sequence Database:国際塩基配列データベース）」を構築・運用しています。

DDBJの活動目的や意義についても伺いたいのですが。

中村氏：遺伝子の塩基配列情報は、生物学や医学、農学など幅広い分野の研究と関連しています。そして研究を行っていく上では、様々な現象がどの塩基配列と関連しているのかを解き明かすことが重要なポイントとなります。たとえば生物の進化で言えば、様々な生物の塩基配列を比較して違いを調べ、並び方が似ていれば進化の系統上で近い位置にある、大きく違っていれば遠い位置にあるといったことが分かってくるわけですね。とはいえ、その塩基配列データがどこかにきちんとアーカイブされていないと、情報の再利用も繰り返し実験もできません。その点、DDBJに蓄積された塩基配列データには、統一的なIDが割り当てられており、採取された場所や生物の部位といった付随データも整理されています。これを利用することで、研究を正確に効率よく進められるというわけです。ちなみに、遺伝子に関連した学術論文を書く場合には、DDBJ、GenBank、EMBLのいずれかのIDを明記することが求められます。

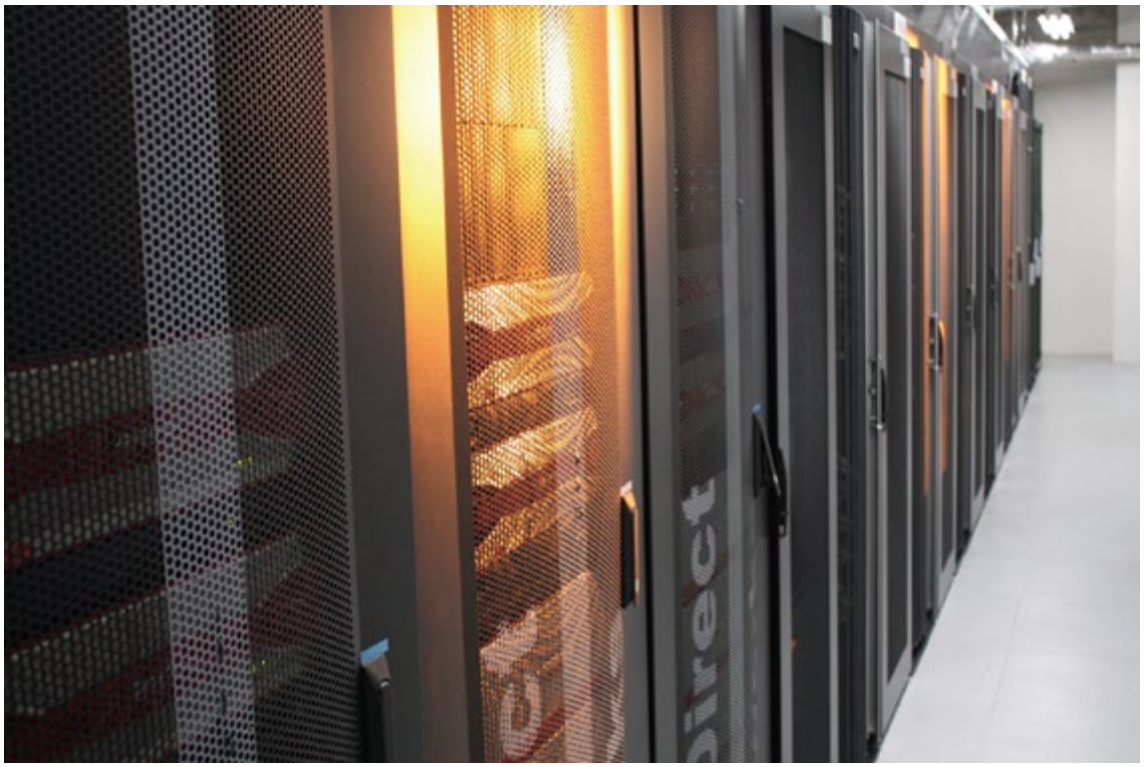
この分野では研究データの大容量化が加速度的に進んでいるとのことですが。

中村氏：その大きな要因となっているのが、塩基配列の決定に利用するシーケンサーの飛躍的な性能向上です。特に次世代シーケンサーと呼ばれる最新の装置では、以前の装置より 4 ～ 5 桁も性能が上がっています。これに伴って、アーカイブに登録されるデータの容量も増える一方です。しかも、INSD では、DDBJ、GenBank、EMBL の三極で全て同じデータを持つようにしていますから、各機関同士でコピーするデータも相当な容量に上ります。なお、遺伝研ではスパコンを利用した計算機サービスも提供していますが、こちらに求められる能力もどんどん高くなっていますね。

研究を支える ICT インフラにも相当な負荷が掛かりそうですね。現在はどのような環境を構築されているのですか。

小笠原氏：まずスパコンについては、次世代シーケンサーへの対応を図るために、今回の調達からアーキテクチャを見直して業務ソフトウェアも全面的に書き換えました。その結果演算性能も大幅に強化され、旧スパコンの理論ピーク演算性能 20TFLOPS に対して現在は 169TFLOPS を達成。中間増強後は 366TFLOPS にまで向上する予定です。ストレージについても同様で、ディスク 0.65PB ／テープ 0.75PB だった旧スパコンに対し、現在は計算用 2PB ／アーカイブ用 3PB の容量を確保。中間増強後はそれぞれ 7PB、5.5PB に拡張される予定です。

システム面での特徴としては、とにかく I/O 負荷が重いという点が挙げられますね。多い時には一日 50 万件ものデータが登録されますし、データベースのインデックスを作るのも結構厳しい。そこで並列分散ファイルシステムの Lustre を使うなど、I/O 処理の高速化にはかなり気を遣っています。ちなみに計算機ノードとしては、10TB のメモリを搭載した Fat node が 1 ノード、2TB のメモリを搭載した Medium node が 2 ノード、その他に 64GB のメモリを搭載した Thin node が 352 ノード稼動しています。



NIG SuperComputer

ネットワークについてはどうでしょう。

小笠原氏：DDBJ には約 1100 名近い研究者の方々がユーザーとして登録されており、毎日のように塩基配列データのアップロードやスパコンを利用した解析作業を行われています。また、その他に GenBank や EMBL とのデータ交換も行いますので、研究所内のトラフィックよりも外部とのトラフィックの方が格段に多い状況です。DDBJ の情報やスパコンの計算機資源は日本の DNA 研究を支える重要な基盤ですから、ネットワークにも高い性能と信頼性が要求されます。その点、SINET がこの部分をしっかりと支えてくれていますので、研究者の方々にも安定的なサービスを提供できています。現在は常時 3 ～ 4Gbps の帯域を利用していますが、ネットワークに関する不満は感じないですね。

ネットワーク図（2012 年時）

最後に今後の展開について伺えますか。

中村氏：DDBJ としては、今後も大量の塩基配列データの確実なアーカイブや、計算機資源の提供が重要なミッションとなります。とはいえ、何度も触れている通り、データの大容量化やシーケンサー／計算機の高性能化はとどまる気配を見せません。ネットワークの帯域もあればあるだけ使いたいような状況ですので、SINET の今後の発展にも大いに期待しています。

ありがとうございました。

15. 衛星データの受信・処理・アーカイブおよびデータ配布

千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

345

千葉大学 環境リモートセンシング研究センターは、衛星データの受信・処理・アーカイブおよびデータ配布などを行う全国共同利用施設です。その活動内容と SINET が担う役割について、同センターの樋口 篤志 准教授に伺いました。

（インタビュー実施:2008年6月27日,更新:2010年1月15日）

まず、千葉大学　環境リモートセンシング研究センターの概要についてお聞かせ頂けますか。

樋口氏：当センターはリモートセンシング技術の確立と応用に関する研究を行う全国共同利用施設として、1995 年に設立されました。もともと千葉大工学部には、写真や印刷、画像などの分野で長い歴史と伝統があり、当センターも 1986 年に設置された「映像隔測研究センター」をルーツとしています。一般的に、研究センターでは、取り扱う「事象」や「現象」を名称とするケースが多いですが、当センターではリモートセンシングという「手段」をセンター名として名乗っています。これは全国的に見てもユニークなのではないでしょうか。

具体的な活動内容を教えていただけますか。

樋口氏：我々の業務としては、まず、「ひまわり」をはじめとする各種衛星の観測データを受信し、アーカイブやデータ配布を行うことが挙げられます。衛星画像の解析を行うことで、大気や海洋、水循環など、地球表層に起きている変化を理解することができます。そのための素材となるデータを、世界中の研究者・研究機関に対して、 Web や ftp で提供するのが我々の役目というわけです。もちろん衛星データをそのまま公開するだけでなく、様々な処理を施してデータを高度化するといったことも行っています。

また、当センター自身でも、いろいろな研究活動を展開しています。たとえば、2007 年から、東京大学 気候システム研究センター、名古屋大学 地球水循環研究センター、東北大学 大気海洋変動観測研究センターと連携して、地球気候系の診断に関わるバーチャルラボラトリーを形成しています。各センターの名称を見てお分かりの通り、それぞれが得意分野を持つ専門集団です。こうした複数のセンターが連携して研究を行うことで、地球気候系診断の進展や学生の教育に大きな効果が期待されています。当センターでも、日本・米国・欧州・中国の静止気象衛星の観測データを 1 時間間隔で受信し、全球静止気象衛星データセットの作成と公開を目指しています。

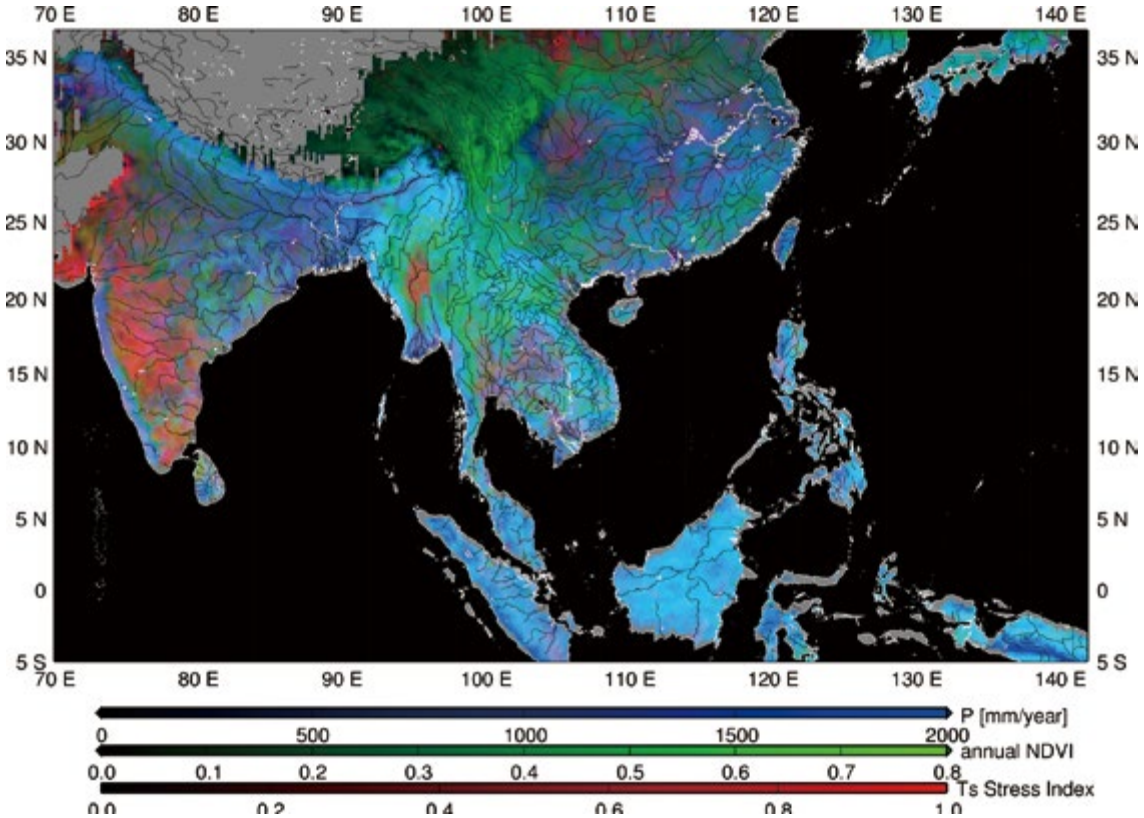
中国静止気象衛星 FY2 データを受信するためのアンテナ

こちらで提供されている観測データは、誰でも自由に利用できるのですか。

樋口氏：特に利用制限は掛けていませんので、研究上必要であればどなたでもご利用いただけますよ。大学や研究機関だけでなく、企業の方でもご利用頂いて結構です。これまでの利用実績を見ると、年間で約 10 万件のデータがダウンロードされています。利用形態も様々で、特定の日時だけを指定して持っていく場合もあれば、まとめて大量のデータを持っていく場合もあります。日本国内だけでなく、海外からの利用も結構多いですね。

衛星の観測データを蓄積していくとなると、研究で取り扱うデータ容量はかなり膨大になるのではないですか。

樋口氏：そうですね。中には数メートル単位の解像度で画像を取得する衛星もありますし、500m ～ 1km の解像度で全球のデータを取ってくるものもあります。こうしたデータを集めて計算処理をするのにも一週間、二週間と掛かりますが、その前段階のデータを集めるところがまず大変ですね。実際、一枚の図を作るのに必要なデータが 50TB とかだったりしますので。



熱帯降雨観測衛星 TRMM で計測された降水量を青，地球観測衛星 NOAA/AVHRR で得られた植生指標（植物の活性度を示す）を緑，同じく NOAA/AVHRR で得られた熱ストレス（表面温度が 35℃を越えた頻度）を赤に割り振り，合成したもの
© 千葉大学環境リモートセンシング研究センター衛星気候学研究室（樋口研）

そうなると、大容量データに耐えられるシステム / ネットワークが必要ですね。

樋口氏：毎日毎日数十 GB 単位でデータが増えていきますから、一番大変なのが、やはりデータを溜めておくためのストレージです。昔は磁気テープライブラリ装置を利用していたので、データのハンドリングが結構大変でした。そこで、現在ではハードディスクを主体としたストレージシステムを構築して運用しています。

　また、もう一つ大事なのがネットワークです。当センターのデータを外部に対して公開する上でも、我々が研究に必要なデータを外から取ってくる上でも、ネットワークが遅いとどうにもなりません。極端な例で言うと、海外のサイトから研究に必要なすべての衛星データを取ってくるだけで、一年掛かりの作業になったりするのです。ネットワークのスピードが倍になれば、これが半年で済むわけですから、国際的な競争力を上げていく上でも大いに役立ちます。当センターの活動においては、大容量のストレージと並んで、高速なネットワーク環境が必須と言えます。

衛星データをアーカイブするシステム群

ネットワークの速さが、研究のスピードを左右する時代になっているんですね。

樋口氏：その通りです。しかもストレージは買ってくれば増やせますが、ネットワークばかりは我々が頑張ってもどうにもなりません（笑）。幸い現在では、千葉大学 総合メディア基盤センターの協力もあり、SINET の 1Gbps 回線を利用して研究や各種のサービス提供を行っています。回線の帯域が太くなることで、研究者の活動にも良い影響が出るのではと思っています。

SINET の信頼性、安定性についての評価はいかがですか。

樋口氏：おかげさまで、非常に安定して使えています。特にトラブルで困ったりするるようなこともないので、普段はほとんど意識せずに利用していますね。個人的な感覚としては、「電気・水道・ネットワーク」といった感じです。もっとも、研究用途として考えれば、水道よりもネットワークの方が、万一の際のインパクトは大きいでしょうね。大学の水道が半日止まってもそれほど困りませんが、ネットワークが半日止まったら大変ですから（笑）。

最後に今後の展開について伺えますか。

樋口氏：最近では様々な目的の衛星が打ち上げられていますので、今後もできるだけ多くのデータを蓄積していきたい。現在は使われていないデータでも、どこかで新しい発見があれば、突然宝の山に化けるかも知れません。そのためには、とにかくデータを溜めておくことが必要です。研究者が「こういうデータを使いたい」と思ったときに、当センターが書庫のような形で貢献できれば幸いです。また、先にも触れた通り、研究には高速なネットワークが欠かせませんので、SINET にも大いに期待しています。

ありがとうございました。

16. 全国地震観測データ流通ネットワーク「JDXnet」の構築・運用

東京大学 地震研究所 地震予知情報センター

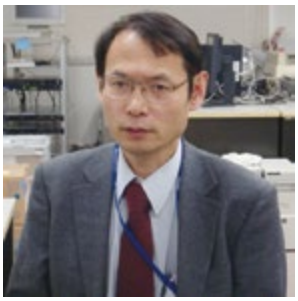
3 4 5

東京大学 地震研究所では、全国の国立大学や気象庁、防災科研、海洋研究開発機構などと共同で、全国地震観測データ流通ネットワーク「JDXnet」の構築・運用を行っています。このネットワークが持つ意義とSINETの役割について、東京大学 地震研究所 地震予知情報センター(*) 教授 鷹野澄氏(**)と、同 助教 鶴岡 弘氏にお話を伺いました。

(*現在は地震火山情報センターに名称変更)(**現在は、東京大学情報学環総合防災情報研究センター教授で地震研究所教授を兼務)

(インタビュー実施:2008年12月4日)

まず、東京大学 地震研究所の概要について教えて頂けますか。



鷹野氏:当研究所では、地震や火山現象の科学的解明と、これらの現象が引き起こす災害の軽減を目指して、総合的な研究・教育を進めています。現在は4部門・5センターと、研究所の活動を支援する室・部で構成されており、我々が所属する地震予知情報センターは、全国の大学の地震予知研究情報ネットワークの全国センターとしての任を負っています。具体的には、「地震観測データ等の収集・提供」「データ流通網や全国共同利用計算機の整備・運用」「IT技術を活用した地震防災情報システムの研究」などの活動を行っています。

地震観測データ流通については、かなり以前から取り組みを行われているそうですが。

鷹野氏:そうですね。少し歴史的なお話をすると、昔は全国の各大学や気象庁、防災科研などの機関が、それぞれに観測ネットワークを展開していました。これらの観測点のデータをお互いに共有しようということで、90年代初頭から取り組みを開始しています。現在のようなネットワークインフラが無かった時代には、9600bpsの専用線を引いて近隣の大学同士でデータ交換を行ったりしていました。1993年からTCP/IP方式を用い、64Kbps専用回線やSINETを利用したデータ交換に変更し、1997年からは、9大学共同で衛星を利用したテレメタリングシステムの運用を開始。これにより、全国的なデータ共有や共同研究に弾みが付きました。

その後、現在のJDXnetが構築されたわけですね。

鷹野氏:はい。衛星を使ったシステムも導入から10年が経過し、老朽化などの問題が目に付くようになってきました。その一方で、地上のネットワーク環境が飛躍的に良くなってきたため、何かもっといい方法はないかと検討していたのです。ちょうどそんな時に、JGN2のテストベッドが利用できることを知り、地震観測データ流通のための広域L2網の構築に着手しました。

L2VPNを採用されたのには、何か理由があったのですか。

鷹野氏:我々の研究では、数多くの大学や機関との間でデータ交換を行います。これをいちいち1:1でつないでいたのでは、設定が複雑になる上に運用も大変です。そこで目を付けたのが、L2のブロードキャストを利用する方法でした。各大学・機関がそれぞれの観測データを広域L2網にブロードキャストすれば、自然にすべてのデータを交換することができます。もしダメだった場合は、L3のマルチキャストを利用しようかと考えていたのですが、幸い実験の結果うまくいったので、この形で運用を開始しました。

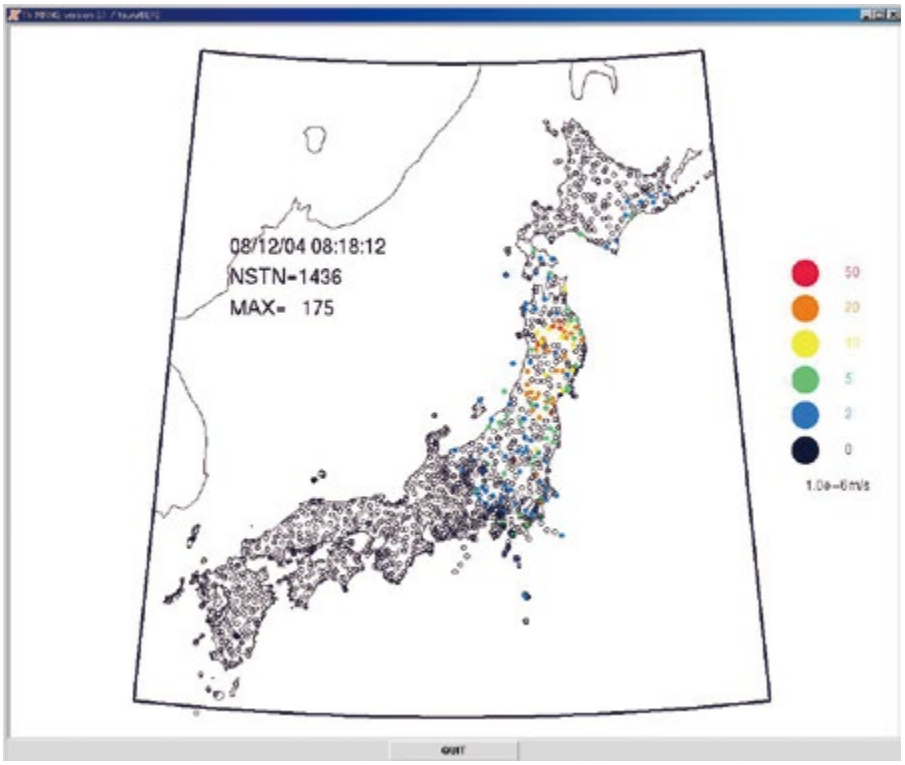
ネットワークに対する要件としては、どのような点が挙げられますか。

鶴岡氏：このネットワークは全国の地震研究のインフラですし、24 時間･365 日観測データが流れ続けています。それだけに、「止まらないネットワーク」であることが、非常に重要なポイントです。もしデータが取れなかったりしたら、後から解析を行うこともできませんしね。ちなみに、各拠点に設置する地震データ集配信サーバなどの機器については、まず我々のところで十分なテストを行ってから導入しています。

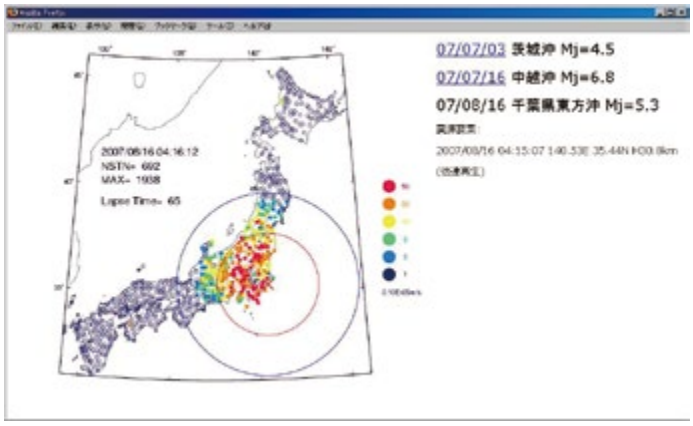
JDXnet を流れる観測データは、どのような形で活用されているのですか。

鷹野氏：現在 JDXnet では、全国約 1,300 カ所に上る観測点の地震データが流通しており、各大学･機関では、これらのデータをリアルタイムで研究に活用することができます。また、「リアルタイムである必要はないが、後から解析を行いたい」といったニーズに備えて、各地域の地震データをアーカイブした研究者向け Web サイトも、全国 9 大学で公開しています。たとえば、岩手･宮城内陸地震のデータを解析したいと思ったら、東北大学の Web サイトへ行けばデータを入手し研究することができます。さらに一般向けには、防災科研の Hi-net の Web サイトでも利用可能ですし、気象庁では、地震の震源･マグニチュードを決定する際に、JDXnet のすべての機関の地震データを使用しています。このように、様々な形での活用が行われています。

鶴岡氏：たとえば、私の場合は、JDXnet を利用して、地震のメカニズムをリアルタイムで決定する研究を行っています。地震が発生するメカニズムには、逆断層型や正断層型や横ずれ型など、いくつかの種類がありますが、これらのどの種類で発生した地震なのかを、素早く決定する研究をしているわけです。もちろん、オフラインのデータを使ってもメカニズムは決定できますが、その都度必要なデータを自分で探したり、集めたりしなくてはならず、時間がかかってしまいます。その点、観測データをリアルタイムに得られれば、迅速かつ効率的にメカニズムを決定できるというわけです。JDXnet のような仕組みがあることで、研究者の意識やモチベーションも高まると思います。



リアルタイム地動モニター（地震観測データの監視）



地震発生時の地震波動伝播の例

SINET3 の L2VPN サービスも新たに導入されましたね。

鷹野氏：先にも話があった通り、このネットワークには非常に高い信頼性が要求されます。SINET3 の基幹ネットワーク図を見ると高い信頼性が期待できたので、SINET3 の L2VPN サービスを利用して JDXnet のデータ交換網を構築したいと思いました。また JGN2 も利用して、通信経路の二重化を図ることにしました。これにより、もし片方に何らかの回線障害が発生したとしても、データを止めることなく流し続けられるようになりました。

また、SINET3 のメリットとして、ネットワークのカバーエリアが広いという点が挙げられます。基本的にデータ交換はブロードキャストで行っていますが、中には広域 L2 網に直接参加できない大学もあります。そうした場合は、拠点となる大学とフレッツ網でつないで、データを中継してもらっているんですね。その点、SINET3 は全国の大学をカバーしていますので、今までよりも多くの大学が直接広域 L2 網に参加することができます。さらに、「自前では観測点は持っていないが、観測データをリアルタイムで活用したい」という大学に対しても、SINET3 経由でデータを提供することができます。日本の地震研究を活性化していく上で、こうした環境が実現できた意義は非常に大きいと言えます。

今後の地震研究にも大いに役立ちそうですね。

鶴岡氏：現在 JDXnet には観測データのみを流していますが、将来的にはそれ以外の情報、たとえば地震データを加工したデータや、そこから得られた様々な情報なども流せるようにしていきたいですね。そうすれば、今とは違った形での情報活用が実現していくことと思います。

鷹野氏：私は地震観測データ流通の仕組みを長年研究していますが、今回のような環境が実現したことで、また新たな可能性が拡がったと感じています。もっとも、こうした仕組みをさらに発展させていくためには、データだけでなく「人」のネットワークも欠かせません。今後引き続き、研究者のネットワーク作りにも、力を注いでいきたいと思います。

ありがとうございました。

17. VLBI観測による超大容量観測データの国際共有

国土地理院

3 4 5

国土交通省 国土地理院では、VLBI によって取得される大容量観測データの国際共有に SINET3 を活用しています。測地 VLBI におけるネットワーク重要性と現在の事業活動について、国土交通省 国土地理院 測地部 宇宙測地課 超長基線係長 栗原 忍氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2009年7月9日）

まず、国土地理院における VLBI の目的について教えて下さい。

栗原氏：ご承知の通り、国土地理院は測量と地図の作成を担う国の機関です。昔は紙の地図が主体でしたが、最近では様々な情報を電子化することにより、国民生活へのさらなる活用を図っています。2007 年には、そのための法律として、地理空間情報活用推進基本法も施行されました。VLBI は、こうした測量や地図を作成する活動の中でも、もっとも最初のフェーズにあたります。その具体的な目的としては、「1. プレート運動を監視する」「2. 世界と地球の位置を知る」「3. 地球の姿勢を図る」「4. 国際協力を支える」の 4 点が挙げられます。

4 つの目的の内容についてご紹介頂けますか。

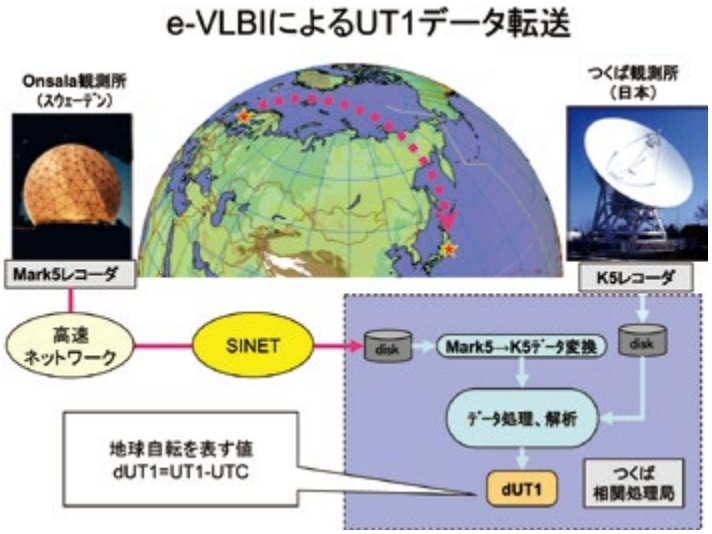
栗原氏：まず1番目のプレート運動観測ですが、地球表面はいくつかのプレートに分かれており、それぞれに運動をしています。たとえば、太平洋プレートは、日本海溝付近で北アメリカ（オホーツク）プレートを引きずりながらその下にもぐりこんでおり、いわゆるプレート境界型地震の原因になっています。VLBI によるプレート運動の観測は、こうした地震の調査・予測の基礎となるのです。プレートの動きは年間数センチ程度と極めて小さなものですが、VLBI を利用すればミリメートル精度で正確に計測することができます。ちなみに、日本・ハワイ間の距離は毎年約 6cm ずつ短くなっていますが、こうしたことが分かったのも VLBI 観測の成果です。

2 番目は、世界の経緯度や測量の基準を定めるためのものです。ここでは VLBI のほかに、SLR（衛星レーザー測距）や GPS などの技術も用います。SLR はミラーボールのような人工衛星にレーザー光線を当てて距離を測る技術で、これを繰り返すと地球重心の位置が求められます。さらに VLBI で観測した距離の情報などを加え、世界中の GPS 観測局に対して x, y, z の座標値を与えます。さらに、これらのデータを集約して構築したのが ITRF（国際地球基準座標系）です。ITRF は VLBI のような科学的観測によって実現された全世界共通で利用できる測地基準系で、「世界測地系」と呼ばれます。日本では、以前は明治時代の技術を元に作られた測地基準系を使っていたのですが、現在では ITRF を基にした世界測地系へ変更されています。

3 番目の地球姿勢観測は、地球の自転や自転軸の振る舞いを測定するものです。地球の自転軸はずっと同じ位置で静止しているのではなく、直径 10m 程度の円を描いており、「極運動」と呼ばれます。宇宙空間のロケットや人工衛星などの制御には、そのときの地球の正確な姿勢を知る必要があります。以前 NASA が探査機を火星に着陸させた際にも、つくばの VLBI 観測データが役立てられました。また、自転の速さもぴったり 24 時間というわけではなく、1 周するのに平均約 2/1000 秒ほど長く掛かっており、それも時々刻々と変化しています。日常使われている時刻は原子時計に基づくものですが、地球の自転に基づく時刻 (UT1) と原子時計に基づく時刻 (UTC) との差を補正しないと、遠い未来には、例えば正午になっても太陽が東の空にあるといった現象が生じてしまいます。これを補正するために、VLBI 観測で測定された正確な地球自転をもとに、いわゆる「うるう秒」が挿入されます。

最後の国際協力ですが、測地 VLBI においては、世界中の国や機関との連携が非常に重要になります。そこで国土地理院でも、1999 年に設立された IVS（国際 VLBI 事業）に参画し、中核機関として様々な活動を行っています。

世界の主な VLBI 観測局

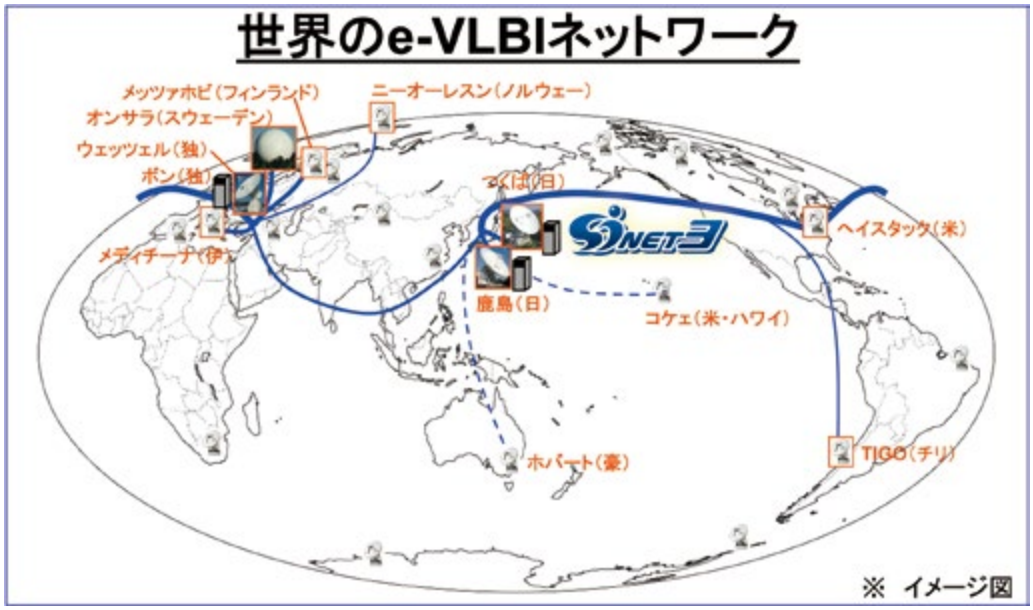


VLBI 観測ではネットワークが果たす役割も大きいとのことですが。

栗原氏：そうですね。以前はデータ記録媒体に磁気テープを使用しており、相関処理を行うためには記録媒体を物理的に輸送する必要がありました。ドイツから送られてくる磁気テープを少しでも早く受け取るために、国土地理院の職員が成田空港で待ち構えていたこともあります（笑）。しかし、ネットワークを利用した VLBI「e-VLBI」が実用化されたことで、記録媒体をわざわざ輸送する必要がなくなりました。VLBI の観測データは非常に大容量であり、週 1 回行われる 24 時間観測では、観測 1 回あたりのデータ量が約 1TB にも達します。こうした大容量データを短時間でやりとりするためには、高速なネットワークが欠かせません。

そこを SINET3 が支えているというわけですね。

栗原氏：はい。日本における e-VLBI の歴史を振り返ると、1990 年代に、通信総合研究所（現 情報通信研究機構 , NICT）が ATM の専用回線を利用したデータ転送で測地 VLBI 実験を実施しました。国土地理院では、観測装置の制御や監視のために、ISDN や IP-VPN を利用してきましたが、128Kbps 程度の通信速度では 1TB を超える観測データを送ることは現実的ではありません。2004 年に GEMNet2 や Super-SINET を利用し、本格的に海外への観測データ転送を開始しました。さらに 2008 年からは、SINET3 の 1Gbps 回線を e-VLBI を支える基幹ネットワークとして活用し、ドイツ、スウェーデン、ノルウェー、アメリカなど、世界各地の観測局とネットワークを結んでいます。



SINET3 を利用するメリットとしては、どのような点が挙げられますか。

栗原氏：先に述べた大容量データが転送できるということ、それと、よりリアルタイムに近い観測が可能になった点ですね。たとえば、2008 年に、国土地理院、NICT、オンサラ観測所（スウェーデン）、メッツァホビ電波観測所（フィンランド）の 4 機関共同で行った実験では、1 時間の観測後、3 分 45 秒で地球自転の速さを表す dUT1 の値を算出しました。これは、おそらく世界最速だと思われます。さらに、つくばでは BKG（ドイツ連邦地図測量庁）の Wettzell 観測局と毎週末ごとに地球自転の速さを測る観測を行っていますが、土日の観測データをリアルタイム転送して観測中にデータ処理を実施することで、観測終了後数分以内に観測結果を算出することができます。磁気テープや磁気ディスクをいちいち空輸していたのでは、とてもこうはいきません。

関連 URL　http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/vlbi/ja/ultra-rapid/

SINET3 をはじめとする世界中の学術ネットワークが、e-VLBI の発展に大きく寄与しているというわけですね。

栗原氏：その通りです。VLBI において、ネットワークの帯域はいくらあっても困ることはありません。帯域が広くなれば、それだけ観測の精度やスピードを高めることができます。現在も 600Mbps の実効転送速度を確保できており、1TB のデータも数時間で転送することが可能です。今後、サンプリング装置の高性能化などに伴って、どんどんデータ量は増えていきますので、SINET の進化にも大いに期待していますね。我々も国際的な VLBI 観測網における日本のプレゼンスをさらに高めるべく、今後も努力していきたいと考えています。

ありがとうございました。

【遠隔授業・コミュニケーション】

18. 京阪奈三教育大学における双方向遠隔講義システム
（京都教育大学、奈良教育大学、大阪教育大学） 4 5

19. 胎児心スクリーニング普及に向けたハイビジョン遠隔講座
（神奈川県立こども医療センター） 4 5

20. ハイビジョン双方向遠隔授業による医療福祉情報分野の人材育成と IPv6 活用の取り組み
（横浜国立大学） 3

21. インターネットを利用した国際遠隔講義
（琉球大学） 3 4 5

22. 全国 18 連合農学研究科を結ぶ遠隔講義システム
（東京農工大学） 3 4 5

23. 北陸三県の国立大学を結ぶ双方向遠隔授業システム
（金沢大学） 3

24. 特別支援教育における双方向遠隔授業
（愛媛大学） 3

25. 同室感コミュニケーションシステム「t-Room」の研究
（同志社大学） 3 4

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

18. 京阪奈三教育大学における双方向遠隔講義システム

京都教育大学、奈良教育大学、大阪教育大学

4 5

国立大学法人 京都教育大学、国立大学法人 大阪教育大学、国立大学法人 奈良教育大学の京阪奈三教育大学では、SINET の L2VPN を利用した遠隔講義を共同で実施しています。その目的と効果について、奈良教育大学 学術情報教育研究センター 准教授 伊藤 剛和氏、奈良教育大学 准教授 古田 壮宏氏、並びに京都教育大学 教育学部 産業技術科学科 准教授 情報処理センター次長 多田 知正氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2013年10月17日）

まず、今回遠隔講義システムを構築された経緯について教えていただけますか。

伊藤氏：京阪奈の三教育大学の機能強化を目指す中で、それぞれの大学が持つ個性や特長をお互いに持ち寄って、豊かで有意義な教員養成に活かせないかと考えたことがきっかけです。近年では教育現場への ICT 普及が一段と進んでおり、課題探求教育や持続発展教育などの新しい学びも生まれています。当然、教員にもさらなる資質の向上が求められますので、そこへ寄与するための活動の一環として遠隔講義システムの導入を考えたのです。実は、こうした取り組みは今回突然始まったものではなく、数年前から兵庫教育大も含めた 4 教育大学で、テレビ会議システムを利用した授業交流を実施しています。それをさらに一歩進めて、遠隔講義の恒常化やシステムの改善を図ったというわけです。

多田氏：教員養成に対する基本的な考え方は同じとはいえ、各教育大学ではそれぞれに特色のある講義を行っています。こうしたものを受講することは、各教育大学の学生にとっても大きな財産となります。とはいえ、いざ実際にやるとなると難しい面もあります。学生が他大学の授業を受けに行くという方法ももちろんあるわけですが、相手方のキャンパスまでの距離や時間を考えるとあまり現実的ではありません。他大学の講義を一つ受けるために、その日は自分の大学で講義が受けられないということも考えられますからね。その点、遠隔講義を有効に活用できれば、こうした問題も解消できます。

システム構築上や運用上の検討課題となった点などはありましたか。

多田氏：以前実施した時に思ったのが、通常の標準画質のテレビ会議システムではちょっと厳しいという点です。当時使用した機器のスペックが低かったこともあり、画像が荒く黒板の字が読めない、通信が途切れるなど様々な問題がありました。ちゃんとした講義を行うためには、やはり板書が読めるレベルの画質は必須。それともう一つはシステムの使い勝手です。テレビ会議システムは元々企業の会議を想定して作られたものなので、どうしても準備や現場の運用に手間が掛かってしまう。あまり ICT に強くない先生でも容易に講義が行えるようなものができればと考えました。

伊藤氏：あとは双方向性ですね。実際の講義では学生の意見を聞いたり質問を受けたりということがあるわけですが、これが遠隔側の学生とも同じようにできないといけません。特に最近では、小中学校などでも Web カメラを使って遠方の地域と交流学習を行う事例が増えています。学生のうちに遠隔講義を体験しておけば、将来自分がこうした授業を行う際にも役立つでしょう。また、遠隔講義を行う教室については、遠隔で受講する側の学生数の方が少ないことが想定されたため、各大学で大中小三種類の規模の教室を確保するようにしました。

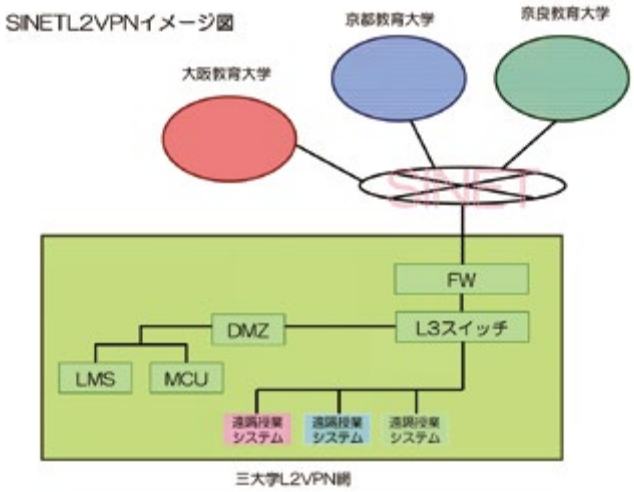
現在の環境はどのようになっているのですか。

伊藤氏：HD 画質対応のテレビ会議システムを新たに導入し、講義を行う先生、学生、教室全景を撮影、そのほかに専用 IP カメラを 2 台横につなげて、横長の黒板全体が映せるようにしてあります。また、受講側の教室ではプロジェクターとスクリーンを 2 組配置するようにしていますが、本学では設置スペースの問題からスクリーン＋70 インチ電子黒板の構成になっている教室もあります。あと講義と運用を先生が一人で行うのは難しい面もあるので、講義側、受講側の両方の教室に支援スタッフを配置しています。ちなみに、授業の履修についても、以前より踏み込んだ形になっており、それぞれの大学の教養科目に他大学の遠隔講義科目が掲載され、他の講義と同様に履修登録も行えるようになっています。

実際の授業風景（奈良教育大学）

ネットワークには SINET の L2VPN サービスを利用されていますね。

多田氏：ネットワーク廻りで心配したのが、いくら遠隔講義のためとはいえ管理をおろそかにはできないということです。ファイアウォールに穴を開けるのはできれば避けたいですし、テレビ会議を行う上ではパケット遅延もできるだけ減らしたい。そこで本学から提案したのが、SINET の L2VPN サービスを利用する方法です。3 大学を L2VPN で結んで独立した LAN を構築し、そこにテレビ会議システムを置くようにすれば、万一トラブルが発生したとしても学内 LAN への影響は避けられますし、オーバヘッドが小さく性能的にも有利になります。ちょうど本学では学内クラウド構築の際に L2VPN を利用した経験もありましたので、今回もこれが役立ってくれるだろうと考えたのです。



L2VPN を用いたネットワークイメージ図

具体的な講義内容についても教えていただきたいのですが。

古田氏：まず 2012 年度に試行として 4 科目を実施し、本格実施を迎えた 2013 年度は前期 8 科目、後期 15 科目を実施しています。前期の内容としては、奈良教育大が「考古学と自然科学」「持続発展教育と世界遺産」「問題解決のためのコンピュータを用いたデータ分析入門」の 4 科目、大阪教育大学が「学校安全」「科学の揺籃から離陸まで」「生涯教育と人間形成」の 3 科目、京都教育大学が「健康科学論」の 1 科目をそれぞれ担当しています。紙資料の配布・回収や教室確保のための調整作業など、様々な手間はありますが、講義そのものは概ねスムーズに行えていますね。異なる大学同士で画面越しにディスカッションを行ったり、遠隔側から発表を行ったりといったことも問題なく行えます。

遠隔講義のメリットとして感じられる点はどのようなことでしょう。

古田氏：教養科目の選択肢が大幅に増えたことが一つですね。本学でいえば 1.5 倍くらいに増えています。特色のある講義を選択できる幅が広がったということは、学生にとって大きなメリットです。もちろん、遠隔講義を通して他大学の学生と意見を交わしたり、交流したりできるようになったことも非常に大きいと感じています。

最後に今後の展望について伺えますか。

多田氏：今回のプロジェクトでは、テレビ会議システムを双方向授業に利用する限界もいろいろと感じるところがありました。とはいえ、将来的にこうしたニーズが増えることは間違いないでしょうから、我々が苦労して培った知見を ICT ベンダーなどにもフィードバックして、より大学の遠隔講義にフィットしたシステムを実現するためのお手伝いができればと考えています。

伊藤氏：私自身は次世代教員養成センターの職務も兼務していますが、これからの教員養成においては、学生たちにいろんな新しい経験を積んでもらうことが重要と感じています。そのためには、ICT 時代の教育現場を想定した環境整備も進めていかなくてはなりません。今回の取り組みもまさにその一つですが、NII と SINET にもさらなる協力をお願いできればと思います。

ありがとうございました。

19. 胎児心スクリーニング普及に向けたハイビジョン遠隔講座

神奈川県立こども医療センター

4 5

神奈川県立こども医療センターでは、胎児心スクリーニングの普及を目的とした「アドバンス講座」に、SINET4 を利用した遠隔講座を取り入れています。その狙いと効果について、神奈川県立こども医療センター 周産期医療部 新生児科 川瀧 元良医師と、NTT アドバンステクノロジ（株）ネットワークソリューション事業部 ネットワークアウトソーシングビジネスユニット 主任 芦田 善崇氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2011年12月21日）

まず、神奈川県立こども医療センター　周産期医療部　新生児科が担っている役割についてお聞かせ頂けますか。

川瀧氏：分かりました。まず一つ目は、いわゆる未熟児、つまり身体の小さな赤ちゃんを育てることです。神奈川県内では、出産時の体重が 1000g に満たないお子さんが年間 200 ～ 250 人も生まれています。こうした子どもたちが元気に育てるように治療を施すのが我々の役割です。

また、もう一つは、生まれた時から疾患を抱えている新生児の治療です。胎児診断が発達したことで、多くの病気を出生前の段階で見つけられるようになりました。

しかし、病気というものはただ見つけただけではダメで、適切な治療につなげていかないと意味がありません。とはいえ、新生児に対して総合的な診療を提供できる医療機関は限られますので、当院が県内における中核病院として地域の診療機関や大学病院から患者を受け入れているのです。他の病院で急患が発生した場合にも、新生児科の医師と看護師がすぐに駆け付けられる体制を整えています。手術などは各診療科の医師が行いますが、術前術後のマネジメントなども新生児科の仕事になります。

今回のテーマである「胎児心スクリーニング」についても教えて頂けますか。

川瀧氏：現在のように医療が発達する以前は、いわば生まれた時が病気の始まりでした。しかし、先にも触れた通り、現在では生まれる前の段階で病気を見つけることができます。心臓病についても同様で、スクリーニングによって病気の早期発見･早期治療が実現できます。そこで、私自身も発起人の一人となって神奈川胎児エコー研究会を発足させ、胎児心スクリーニングの普及に努めているのです。

胎児心スクリーニングの特徴としては、いわゆる「名人芸」を必要としない点が挙げられます。一定のスキルと手順さえ身に付ければ、誰にでもスクリーニングを行うことができます。医師だけでなく、看護師や医療技師にも行えるんですね。実はこのことは非常に重要なポイントです。なぜなら、スクリーニングは、不特定多数の人たちの中から患者さんをすくい上げるような作業なので、できる人が多ければ多いほど望ましいのです。

神奈川県内で 1 年間に生まれる子どもの数は、約 8 万人にも上ります。専門の医師だけがスクリーニングを行っていたのでは、とてもこの数をカバーすることはできません。しかし、看護師や医療技師がスクリーニングの技術を身に付ければ、病気の発見率をより高めることができます。事実、胎児心スクリーニングに力を入れている神奈川県では、治療を要する病気を胎児期に発見できた割合が 60 ～ 70％にも達します。非常に効果が高いことが実証されているので、他の地域にも積極的に拡げていきたいと思っているのです。

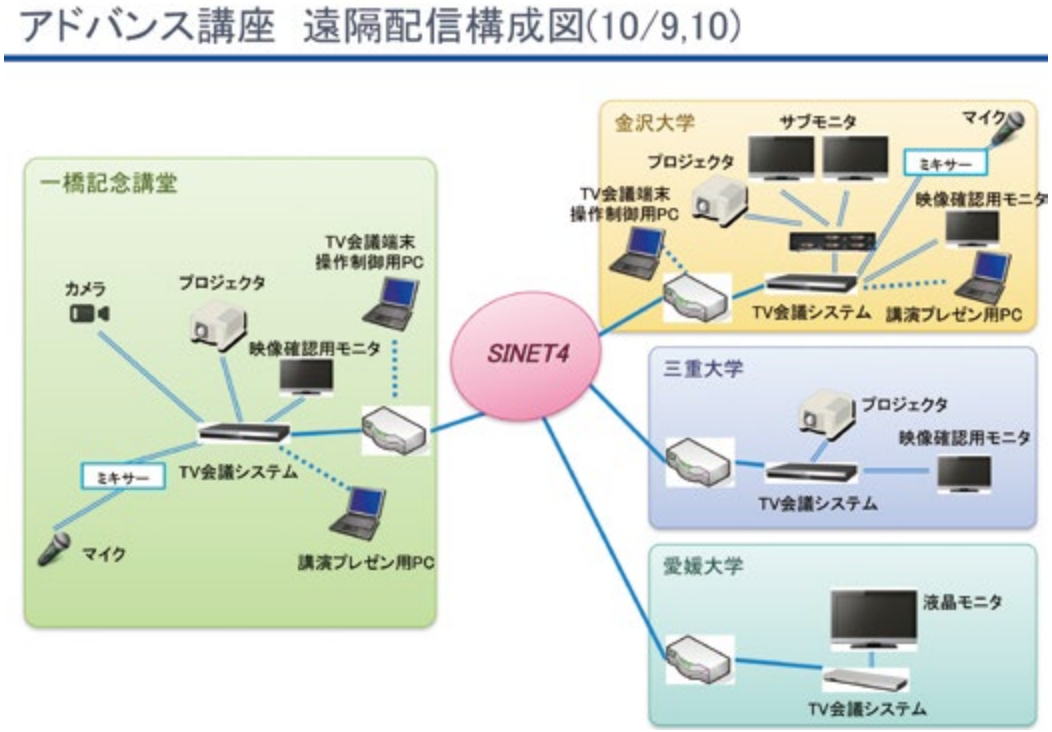
先生方が主催されている「アドバンス講座」も、そうした活動の一貫として実施されているわけですね。

川瀧氏：その通りです。アドバンス講座では、各診療分野のエキスパートの先生方を講師にお招きして、胎児心エコーの講習会を行っています。参加して下さった医師や医療関係者からの評判も良く、回を追う毎に規模も拡大しています。3回目となる今年は、学術総合センターの一ツ橋記念講堂を会場に開催しましたが、定員500名の一ツ橋記念講堂がほぼ満員の盛況でした。

アドバンス講座

今回は一ツ橋記念講堂と金沢大学・三重大学・愛媛大学とを結んだ遠隔講座も実施されています。これにはどのような狙いがあったのでしょう。

川瀧氏：アドバンス講座の内容は非常に充実していますので、できるだけ多くの方々に参加して頂きたい。しかし、現実問題として、毎日忙しい産科の先生方や看護師、技師さんたちが丸一日、二日と病院を空けるのは困難です。また、遠方から来られる方々にとっては、移動のための時間や費用も大変です。そこで、身近な場所に居ながらにして参加できる遠隔講座に目を付けたのです。



接続構成図

一ツ橋と各大学を結ぶネットワークには SINET が利用されていますね。

芦田氏：実は、第一回の時にも金沢大学の会場と結んだ遠隔講座を行ったのですが、使用したシステムが標準画質のテレビ会議システムだったため、思ったような効果が挙げられませんでした。たとえば、胎児の心拍数は秒間約 150 回もありますが、金沢側では映像のクオリティが低くて動きがよく分からないような状況だったんですね。そこで今回はその反省を踏まえ、弊社で取扱っているハイビジョン動画送受信システムを採用しました。ただし、高精細動画の送受信には 6Mbps 程度の帯域を必要としますので、高い品質と信頼性を備えたネットワークも必要になります。しかも今回は接続先が全て国立大学ですから、これはもう SINET を使うしかないと判断しました。

SINET を利用した効果はいかがでしたか。

芦田氏：事前テストでも充分な手応えは得られていましたが、本番でも非常にスムーズに講義が行えましたね。丸二日間に及ぶ日程の中で、映像が途切れたり遅延したりするようなことは一度もありませんでした。SINET の品質･信頼性の高さを改めて認識した次第です。遠隔側で参加された方々からの評判も非常に良く、「映像を見ることで症例がよく分かった」といったお褒めの言葉も頂いています。ちなみに、今回は新たな試みとして、遠隔地の金沢大学側から発信する講座も設けています。これも全く問題なく一ツ橋記念講堂側で受講することができました。

胎児心スクリーニングの普及にも貢献できそうですね。

川瀧氏：そうですね。「胎児心スクリーニングに関わる地域と人材の格差を解消したい」というのが我々の大きな願いです。そのための取り組みを全国レベルで拡げていくには、遠隔地の医療関係者とも効率的に連携できる情報インフラが必要不可欠です。今回の遠隔講座の成功は、まさにそうした道を拓くものとも言えるでしょう。高精細な映像を利用した双方向コミュニケーションが行えるとなれば、他の医療分野でもいろいろな可能性が考えられると思います。

今後は接続先の拡大なども考えられているのですか。

川瀧氏：ええ。胎児心スクリーニングの普及に意欲的に取り組んで下さる方々には、今後も積極的に協力していきたいと思っています。特に来年のアドバンス講座では、東北地方で被災された大学などと接続し、医療面での復旧･復興支援を行えればと考えています。そういう意味でも、SINET に掛ける期待は大きいですね。実は、正直申し上げると、我々医療関係者の間では SINET の知名度はあまり高くなかったのですが（笑）、実際に遠隔講座に適用してみて高品質な学術ネットワークが存在することのメリット強く感じました。ぜひ今後も発展していって欲しいですね。

ありがとうございました。

関連 URL　神奈川胎児エコー研究会
http://www.kfem.jp/

20. ハイビジョン双方向遠隔授業による医療福祉情報分野の人材育成と IPv6 活用の取り組み

横浜国立大学

3

横浜国立大学 情報基盤センターでは、横浜市立大学との医工連携プロジェクトの一環として、横浜国立大学大学院環境情報研究院・横浜市立大学大学院医学研究科間を結んでハイビジョン双方向遠隔授業を実施しています。このプロジェクトの概要と成果、並びに現在推進中の IPv6 活用について、環境情報研究院 教授 有澤 博氏と情報基盤センター 准教授 徐 浩源氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2008年12月11日）

まず、横浜国立大学 情報基盤センターの活動内容について教えて頂けますか。

徐氏：当センターは、2007 年 4 月に、学内の IT 環境整備と教育研究活動の支援・推進を目的として、従来の総合情報処理センターから改組されました。具体的な活動としては、キャンパス情報ネットワークの管理運用、並びに情報セキュリティ強化などの業務を、「情報ネットワーク部門」が担当。また、約 600 台の教育用 PC、全学メールシステムの維持管理や情報処理関連教育を、「教育支援システム部門」が担当しています。さらに、この二部門に加えて、複数の研究プロジェクト部門を設けている点が、当センターの大きな特徴と言えます。ここでは情報基盤の高度化に裨益する先進的なプロジェクトを学内から公募し、選考を経て実施しています。

横浜市大との医工連携プロジェクトに取り組まれた経緯を伺えますか。

有澤氏：最近では医療や看護、福祉、介護などの現場においても、IT による支援が欠かせなくなっています。本学の環境情報研究院としても、こうした領域で活躍できる高度な専門性を備えた人材を育成することが重要な課題です。その取り組みの一つとして、文科省の事業である「大学院教育改革支援プログラム」（大学院 GP）に応募し、平成 19 年度より「医療・福祉分野で活躍できる情報系人材の育成プログラム」をスタートさせました。

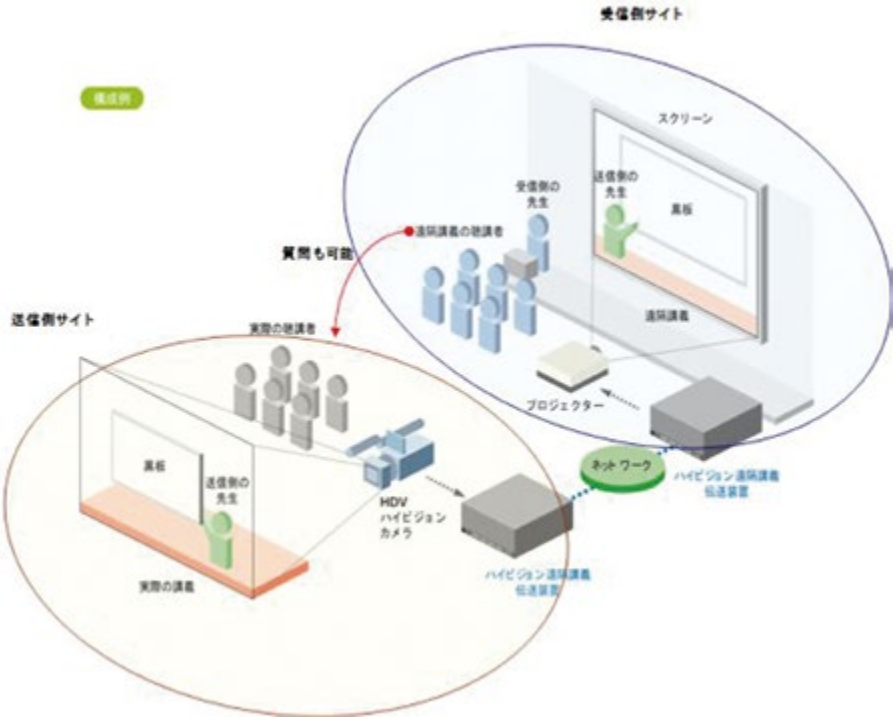
ここではいろいろな活動を行っていますが、その一つが医療・福祉現場で実際に役に立つソフトウェアを、学生自身がリーダーシップを取って開発する「SIP プロジェクト」です。たとえば、ベテランの介護福祉士の方が介護を行う際の身体の動き方をコンピュータで解析し、そのノウハウを明らかにするプログラムを開発するといったことを行っています。ちなみに、SIP プロジェクトを含む所定の教育プログラムを修めた学生には、成績証明書に「副専攻プログラムとして医療福祉情報を修めた」と記載されますので、医療機器関連メーカーへ就職する際などの大きな材料にもなっています。

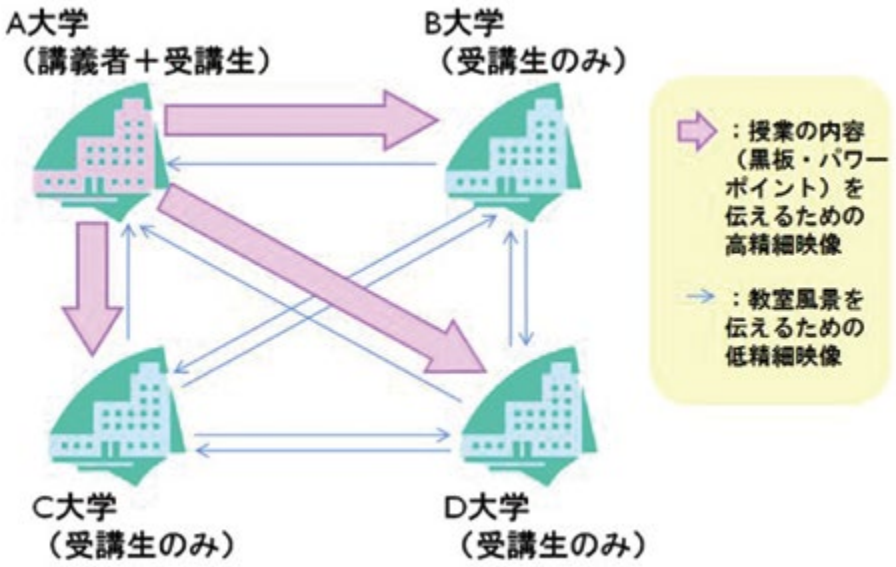
また、大学院 GP におけるもう一つの重要な取り組みが、横浜市大医学部との双方向遠隔授業です。医療・福祉分野で活躍するためには、当然ながら医学についての基礎知識が不可欠です。しかし、横浜市大医学部の先生方もお忙しいので、本学に定期的に来ていただいて授業を行うのは困難です。そこで、ネットワークを利用した遠隔授業に目を付けたのです。

双方向遠隔授業を実現する上で、ポイントとなった点などはありましたか。

有澤氏：一つはハイビジョン映像でのリアルタイム中継を行うということです。一般的なテレビ会議システムでは、画質が不十分で資料や映像などがはっきり読み取れません。医療情報系の授業において、このことは大きな問題になります。また、録画した映像を再生するだけでは、授業を提供する側も受ける側も、臨場感や緊張感が薄れてしまいます。

こうした問題を解消するために、双方向遠隔授業用のハイビジョン中継システムを新たに開発しました。これなら、先生方も自分の教室と同時に受信側の教室の様子も見ながら授業を進められますし、受信側の学生が先生に質問することもできます。ハイビジョンは黒板の小さな文字や画像、資料などもクリアに見られますので、非常に評判はいいですね。また、運用コストの嵩む専用回線などではなく、SINET ノード経由で通常のインターネット回線を利用するところにもこだわりました。





ハイビジョン中継システムの概要

現在はどのような形で授業を実施されているのですか。

有澤氏：「臨床医学概論」、「医科学概論」、「人体構造生理学」など医学系の授業を横浜市大から提供して頂いているほか、本学からも「先端的画像医学」など情報系の授業を提供しています。またプロジェクト開始当初は、二校間で始まった取り組みですが、最近では慶応大学にも参加して頂いて「看護福祉工学」の授業も行っています。今後もいろいろな大学と連携して、双方向遠隔授業の幅を拡げていきたいですね。また、授業の内容は貴重な教育資産でもありますから、ハイビジョン画質のままで、コンテンツ自動作成システムの開発なども推進中です。

今後に向けた新たな計画なども始まっているのですか。

有澤氏：次のステップとして現在検討を進めているのが、中国の複数の大学との間での国際双方向遠隔授業です。現在様々な形で日本への留学生を増やすための活動も行われていますが、現実問題として多数の中国の学生が日本に来るのはそう簡単ではありません。しかもその一方で、中国には日本語強化クラスを設けている大学があり、一つの学部に日本語を学ぶ学生が何百人もいたりします。その点、今回のシステムを利用すれば、こうした中国の学生の皆さんに、ネットワーク経由で日本語による授業を日本の大学キャンパスから提供することができます。幸い中国にも、SINET と同じような学術情報ネットワーク「Cernet」がありますので、国際双方向遠隔授業をぜひ実現させたいと考えています。

IPv6 関連の取り組みについてもお話を伺いたいのですが、まず IPv6 の導入を行った背景を教えて頂けますか。

徐氏：冒頭でも述べた通り、情報基盤センターには、教育･研究開発の基盤となる環境を整備する使命があります。我々としても、最先端の情報インフラを学内にできるだけ早く提供したいと考えていますので、IPv6 の導入･活用は大きなテーマでした。今回の導入の直接のきっかけとなったのは、2007 年 12 月に SINET3 で IPv6 ネイティブルーティングのサービスが開始されたことです。トンネリングなどの方法を利用する手もありますが、大学レベルではコストも含めて対応が大変な面があります。それだけに SINET の IPv6 ネイティブ対応は非常に魅力的でしたね。ちょうど本学でも、基幹ネットワーク設備の更新時期を迎えていましたので、デュアルスタック対応のネットワーク機器を購入して、IPv6 の全面的な導入を図りました。ユーザーに対する規約･規則の整備なども終わり、2008 年 12 月 1 日より学内へのサービスを開始しています。

IPv6 の具体的な活用についてはいかがですか。

徐氏：サービス提供を開始したばかりということもあり、学内での本格的な活用はこれからという段階です。もっとも、既にいくつか有力な用途が挙がっており、有澤先生からお話のあった中国との遠隔講義もその一つです。中国の大学でも IPv6 の導入が進んでおり、グローバルな IPv6 ルーティングなども可能な体制が整っています。帯域も十分に空いていますので、国際的なハイビジョン映像伝送に IPv6 を活用できればと考えています。SINET にもサポートしてもらえるとありがたいですね。

最後に SINET への期待を伺えますか。

有澤氏：双方向遠隔講義システムを構築する際に、ネットワークのテストを行ったのですが、SINET3 のネットワーク品質は非常に優れていると感じました。高性能･高信頼なネットワーク基盤を提供するという部分では、大いに評価していますので、今後は研究･開発の分野でも踏み込んだ支援をしてもらえれば嬉しいですね。また、SINET 傘下にはネットワーク事情の良くない大学もまだまだ数多く存在しますので、こうした大学へのさらなる支援もお願いできればと思います。

ありがとうございました。

21. インターネットを利用した国際遠隔講義

琉球大学

3 4 5

琉球大学 総合情報処理センターでは、インターネットを利用した国際遠隔講義を、ハワイ大学など7大学の連携で実施しています。その概要と今後の取り組みについて、琉球大学 学長補佐 工学博士 高良 富夫氏（前・総合情報処理センター長）と琉球大学 総合情報処理センター 技術職員 大川 康治氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2008年6月9日）

まず、琉球大における総合情報処理センターの役割についてお聞かせ下さい。

高良氏：全学に対して、コンピュータおよびネットワークの基盤を提供することが当センターのミッションです。各学部に基礎教育のためのPCを配置するなど、様々な取り組みを行っていますが、最近ではネットワークの整備が大きいですね。今や講義や研究はもちろんのこと、学内の事務でもネットワークが使えないと仕事になりません。事務系システムを管理している部門とも連携して、IT 環境の維持・改善に取り組んでいます。また、琉球大学は、比較的早くから高速なネットワークを導入してきましたので、学長の年頭挨拶や教員向けの講演会などを学内にビデオ配信するといった取り組みも行っています。

大学の IT 環境を構築・運用していく上で、特に注意されている点などはありますか。

大川氏：ユーザーがストレスなく利用できる環境を提供することも大事ですが、もう一つ重要なのがセキュリティの問題です。初心者のユーザーがウィルス感染を引き起こすような危険もあるため、技術面の対応だけでなく、セキュリティに対する啓蒙活動なども必要と考えています。また、社会人入学された方など、PC のスキルが十分でない方へのフォローも重要なテーマの一つです。

さて、琉球大では、SINET を利用してハワイ大学など 7 大学での国際遠隔講義を実施されています。これは、そもそもどういう経緯から始まったのでしょうか。

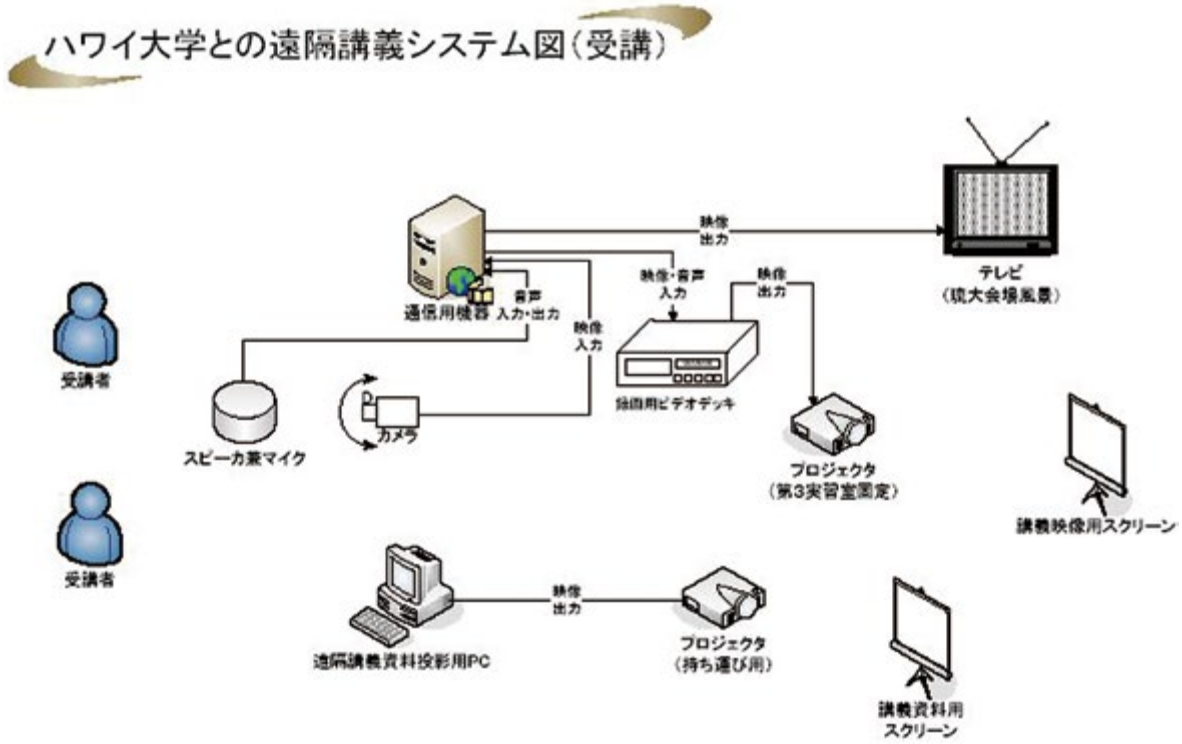
高良氏：もともと琉球大とハワイ大は以前から交流が盛んで、ハワイ州の国際的研究機関であるハワイ東西センターを含めて、お互いに教員を行き来させるなどの活動を続けてきました。そうした中で、2005 年初頭に実施したのが、ハワイ大と琉球大を結んだテレビ会議プロジェクトです。お互いに人を派遣していましたので、近況報告も兼ねてネットを使ったテレビ会議をやれないかと考えたわけです。

このプロジェクトは無事成功し、その後も両大学の学生同士でテレビ会議を行ったり、教育学部の附属小学校ではハワイ・沖縄で小学生会議を行ったりしてきました。ハワイ大学では、こうしたインターネットを利用した国際連携を積極的に進めており、今回の国際遠隔講義のプロジェクトが立ち上がった際にも、当大学に一緒にやらないかと提案があったのです。

以前からの交流やテレビ会議での実績が、国際遠隔講義につながったというわけですね。講義はどのような形で行われているのですか。

大川氏：相手方の教室の様子をカメラで撮影してもらい、その映像をSINETを使ってこちらの教室に中継しています。資料は、ハワイ大のe-learningシステムでネット配布されます。

2005年に初めて実施した際には、モニターが1つしか使えない通常のテレビ会議システムを利用していたため、ハワイ大側で教室の映像と資料の映像を1画面に合成して送ってもらっていました。しかし現在では、3つのモニターを利用して、こちら側の教室を映した映像、相手方の教室の映像、資料の映像をそれぞれ別々に表示させています。また琉球大側から講義を行う場合は、こちら側の教室を映した映像と資料の映像の2種類の映像を相手方に配信しています。



講義はどのような内容なのですか。

高良氏：2005年から2007年にかけては、「国際環境学」と「災害管理および人道援助」の2コースを開設し、後期にそれぞれ15回ずつの講義を行いました。2007年後期の講義を例に取ると、前者では「地球のモニタリング：地球監視技術」「生物多様性と気象変動」、後者では「災害危機に対処するための地域社会の強化」「島嶼地域における災害」などのトピックが題材として取り上げられています。

また、琉球大からも、いろいろと面白い情報を発信していますよ。たとえば、世界最大の津波が起きたのは、石垣島を中心とする八重山諸島であることをご存じでしょうか。この津波は1771年に発生し、海抜約90mにまで波が達したという記録や痕跡が残っています。海外の受講生にとっては、こうした話題も非常に興味深かったようです。

リアルタイムで遠隔講義を行うとなると、時差の問題なども出てくると思うのですが。

大川氏：確かにハワイと日本では -19 時間の時差がありますので、お互いの都合の良い時間に合わせるようにしています。たとえば日本で午後 1 時から講義があるとすると、先方では前日の夕方 6 時の講義になるといった具合ですね。また、通常の時間割をそのまま適用しても先方の時間割とタイミングが合わないので、琉球大の 2 コマ分の時間帯を遠隔講義に割り当てるようにしています。

太平洋をはさんでの講義ですが、ネットワーク的な課題などはありましたか。

大川氏：この講義の始まった頃にはいろいろと苦労もありました。距離が遠いということもそうですし、沖縄の高温多湿な環境に学内のネットワーク機器が耐えられず、頻繁に障害を起こすといったこともありました。しかし、機器の更新やネットワークの強化を図ったことで、現在ではトラブルはほとんどなくなっています。

特に SINET のサービスが SINET3 になってからは、非常に安定した通信が実現できています。ネットワーク障害が原因で、講義を中断しなければならないといった事態は今まで一度も起きていません。遠隔講義で使用する帯域はだいたい 5 ～ 6Mbps くらいですが、SINET の回線も 1Gbps に増強されましたので、ネットワーク面での不安はまったく感じていないですね。SINET3 の信頼性･安定性には非常に満足していますので、今後もこれまで通りの安定稼動をお願いできればと思います。

最後に、国際遠隔講義の今後についてお伺いできますか。

高良氏：今年の後期からは、従来の 2 コースに加えて「開発途上国における情報通信」をテーマにした講義を開始する予定です。国際遠隔講義は、「アジア･太平洋地域との交流を中心として世界に開かれた国際性豊かな大学を目指す」という琉球大の理念とも合致しますので、今後もどんどん発展させていければと思います。また、SINET3 や映像中継のインフラは、今回のプロジェクト以外にも応用できますので、国際間の会議や講演など他の用途にも積極的に活用していきたいですね。

ありがとうございました。

22. 全国18連合農学研究科を結ぶ遠隔講義システム

東京農工大学

3 4 5

国立大学法人 東京農工大学 総合情報メディアセンターでは、全国 18 の国立大学にまたがる連合農学研究科を結ぶ遠隔講義システムを構築。2016 年 2 月より、第 2 期システムの運用を開始しています。その概要と成果について、同大学 総合情報メディアセンター 教授 萩原 洋一氏と同 講師 櫻田武嗣氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2008年7月22日,更新:2017年2月6日）

本遠隔講義システムについては運用開始前に一度取材させて頂いたほか、2011 年の記事でも少し触れていますが、改めてこれまでの経緯と成果について振り返って頂けますでしょうか。

萩原氏：わかりました。連合農学研究科（以下、農学連合）を構成する全国18大学では、かつて通信衛星を利用した遠隔講義を 6 月･11 月の年 2 回の持ち廻りで実施していました。このシステムが老朽化したことから、SINET を用いた HD 対応の遠隔講義システムを 2009 年に新たに構築。これが前回記事化された第 1 期システムですね。

それ以来、大変活発に利用されるようになっており、6 月･11 月の集中講義だけでなく、毎週 2～3 コマの遠隔講義が各大学間で行われています。また、その他にも、会議や修士／博士論文の指導、面接など、幅広い用途に用いられており、年間 3000 時間近い稼働時間を達成。最近では連合農学に加えて、本学と岩手大学が共同で設置した共同獣医学科や、連合獣医学研究科などでも活用されています。利便性と使いやすさに徹底的にこだわったことが、システムの利用が定着した大きな要因だと考えています。

多地点制御遠隔講義システム 設置場所

さらに今回、第２期システムとなる新遠隔講義システムの運用を開始されました。その狙いについて伺えますか。

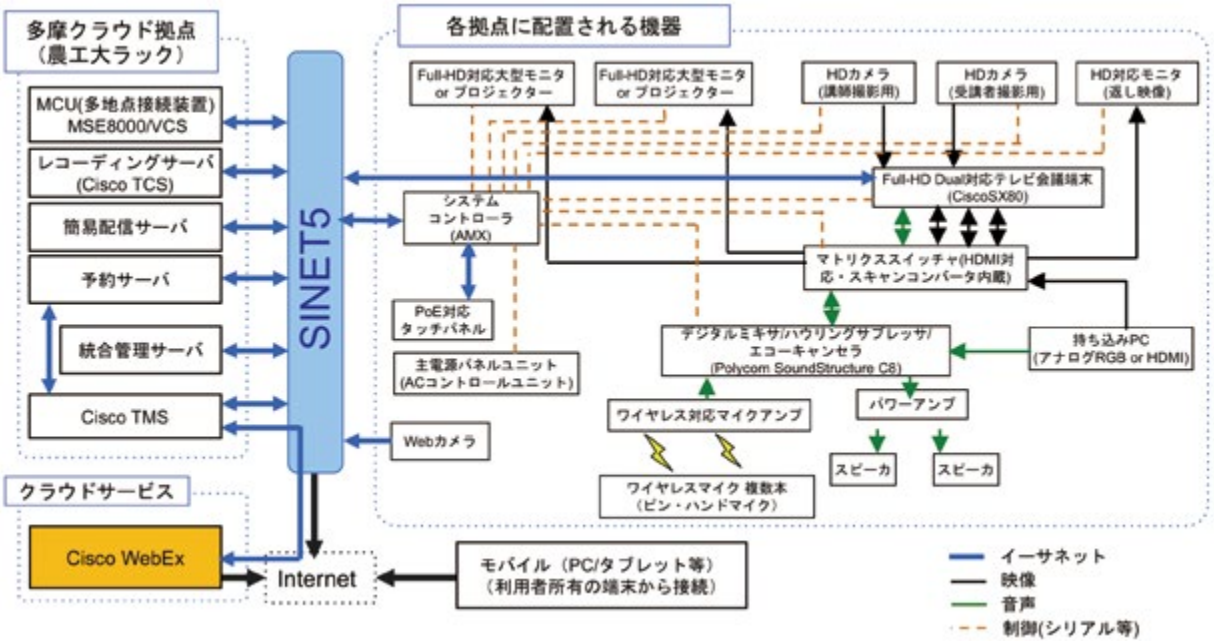
櫻田氏：まず従来システムの課題の一つに、プレゼンテーション資料などのコンテンツ映像が画面上で見にくいという点がありました。こちらはフレームレートが秒間５コマだったため、動画映像などの動きのあるコンテンツがスムーズに再生できなかったのです。主映像と副映像を切り替える仕組みなども用意してはいましたが、操作が面倒であまり利用されませんでした。

また、もう一つの課題は、PC やスマートフォン（スマホ）、タブレットといったモバイル端末への対応です。従来型の TV 会議システムだと、こうしたデバイスでの利用には、別途ライセンスが必要になってしまう点が大きなネックになっていました。しかし、遠隔講義システムの利用が広がる中で、海外留学生の面接に使いたい、教室内での講義だけでなく農場などでのフィールドワークでも使いたいといった具合に、モバイル利用に対するユーザーニーズもどんどん広がっています。そこで今回の更新では、これらの課題を解消して、さらなる利便性向上を図ることを目指しました。

具体的にはどのような改善を加えられたのですか。

櫻田氏：前者については、フレームレートの向上を図ると同時に、HD からフル HD 対応へと映像品質を高めました。これにより、細かい文字や動きのあるコンテンツなども以前より見やすくなっています。講義では資料にアンダーラインを引いたり、カーソルで特定の場所をポイントしたりする場合もありますので、こうしたものが画面上でもきちんと見えるというのは非常に重要です。また、遠隔講義では、遠隔側の学生からの質問なども活発に行われますので、音声のクリアさも重視しましたね。

あと後者については、モバイルデバイス対応の新たなシステムを導入。学生が PC やスマホを利用して講義に参加できるのはもちろんのこと、先生が出張先などから講義を行うこともできるようになりました。これも特殊な撮影機材などは一切不要で、手持ちのスマホやノート PC 内蔵の Web カメラ等で映像配信が行えます。もし音声が入りにくい場合には、部屋の電話などを併用することもできます。また、この仕組みを利用する際の操作についても、予約システムのチェックボックスを入れるだけですから、IT にあまり詳しくない先生でも手軽に使えます。



システム構成図（2016 年システム）

外からスマホで講義まで行えてしまうというのは凄いですね。そのほかにシステム的な変更点などはありますか。

萩原氏：従来は遠隔講義用の管理サーバ群を本学の学内に置いていましたが、電源や空調、BCP などの問題があったため、今回から大学間協力協定による BCP 対応設備「多摩 ICT 拠点」にシステム一式を移設しています。これにより、万一本学が大規模自然災害などの被害を受けた際にも、遠隔講義を継続して実施できるようになりました。ちなみに、この設備は電気通信大学内に設置されていますが、先方の環境と本遠隔講義システムとはセグメントを分ける形で運用しています。近年では大学間連携の重要性も一段と高まっていますので、そのモデルケースの一つとも言えるのではないでしょうか。

各大学間を結ぶネットワークについては、引き続き SINET を利用されています。その利点についてはいかがでしょうか。

櫻田氏：こうした大学間をまたぐ取り組みを行う上で、SINET のような学術ネットワークの存在は大きいですね。企業などの場合だと、ネットワークの端から端まで自分で考えなくてはなりません。その点、SINET があれば、それぞれの大学はデータセンタまでの接続さえ頑張れば良く、その間の通信については意識せずに済みますから。

萩原氏：電気･水道･水などのライフラインと同じようにネットワークが活用できるのは、我々にとっても非常に素晴らしいことと感じています。インフラに関しては、使いたい時にいつでも使えるということが一番大事ですから、今後も安定的なサービス提供を望みたいですね。

最後に今後の展望についてもお伺いしたいのですが。

櫻田氏：現在は遠隔講義等でのリアルタイム利用がメインですが、システムには講義収録の機能も備わっていますので、今後はそうした用途でも使っていければと考えています。ネットワーク障害などで遠隔講義が中断されてしまった場合の対応には既に使っていますが、今後、これについては著作権的な問題をクリアする必要もあるのですが、講義の録画映像を後から観られるようになれば、e-Learning 的な使い方も考えられます。

　また、せっかく構築したシステムを我々だけで利用するのももったいないので、同様の取り組みを行っている他大学ともお互いに協力して、相互乗り入れをさらに進めていければと考えています。信州大学や慶應義塾大学などのシステムとの接続実績はあるのですが、システムも新しくなったことですし、さらにいろいろな大学との連携に活用できればと思います。

遠隔講義の様子

ありがとうございました。

23. 北陸三県の国立大学を結ぶ双方向遠隔授業システム

金沢大学

3

北陸三県の国立大学（金沢大学･富山大学･福井大学･北陸先端科学技術大学院大学）では、各大学間を結ぶ双方向遠隔授業システムを構築･運用しています。このシステムの狙いと成果について、北陸地区国立大学連合協議会で学生教育系専門委員会議長を務められている金沢大学 大学院 自然科学研究科教授 田中 一郎氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2008年9月30日）

金沢大学をはじめとする北陸地区の国立大学では、各大学間の連携を深める取り組みをいろいろと行われているそうですね。

田中氏：金沢大･富山大･福井大の 3 大学では、各大学の学長が出席する会議を以前から開催しており、研究の分野ではもちろん、非常勤講師を相互派遣するなど、交流を深めていました。こうした大学間の連携をさらに深めるために、平成 16 年に北陸地区国立大学連合協議会を設立。この中に様々な専門委員会を設置し、教育･研究インフラの整備や地域連携活動、事務効率化の推進などの取り組みを行っています。

今回の双方向遠隔授業システム構築プロジェクトは、どのような経緯でスタートしたのですか。

田中氏：これまで各大学では、非常勤講師の相互派遣や単位互換の申し合わせを積極的に進めてきたわけですが、これを実際に機能させていくのは距離的な問題もあり、難しい面もありました。いくら北陸エリア内とはいえ、移動には相当の時間を要します。学生が他大学まで行って講義を受けるのは、そう簡単なことではありませんし、非常勤講師を担当する教員にとっても、たった一回の講義のために丸一日つぶれてしまうのでは大変です。

また、もう一つの課題は教育の質的充実です。たとえば教養教育を例に取ると、学部数の多い･少ないに関わらず、学生に必要な教養教育のレベルは変わりません。しかし、学部数の少ない大学で教養教育を充実させようと思うと、非常勤講師を数多く確保しなければならないなど、いろいろな問題が生じます。

こうした課題を解消する方法を模索する中で、有力な手段として浮かび上がってきたのが双方向遠隔授業システムでした。ネットワークを利用した遠隔授業なら距離の問題は解決できますし、各大学が有する人材や研究･教育資源も有効に活用できます。

プロジェクトを進めるにあたっては、どのような点をコンセプトとして掲げられましたか。

田中氏：まず一点目は、本当の意味で「双方向」であるということです。つまり、遠隔授業を受ける側の学生も、送り手側の教員や学生と一体となって授業に参加できるということですね。単純に授業の内容を流すだけなら、テレビ会議システムのようなものを使う手もあります。ただ、この方法だと、どうしても受け手側がテレビを眺めているような感覚に陥りやすい。また送り手側の教員にとっても、教卓に置いた小型モニタなどでは、受け手側教室との一体感が持てません。今回構築するシステムでは、こうした問題をなくしたいと考えました。

また、もう一点は、システムを利用する先生方に機械操作などの負担を掛けないという点です。今回のシステムは、高度な機能を備えたハイテク機器で構成されていますが、いろいろな機能を駆使することが本来の目的ではありませんからね（笑）。メカにあまり強くない先生が遠隔授業を行う時にも、普段と同じように何も意識せずに講義ができること。これも今回の重要なポイントでした。

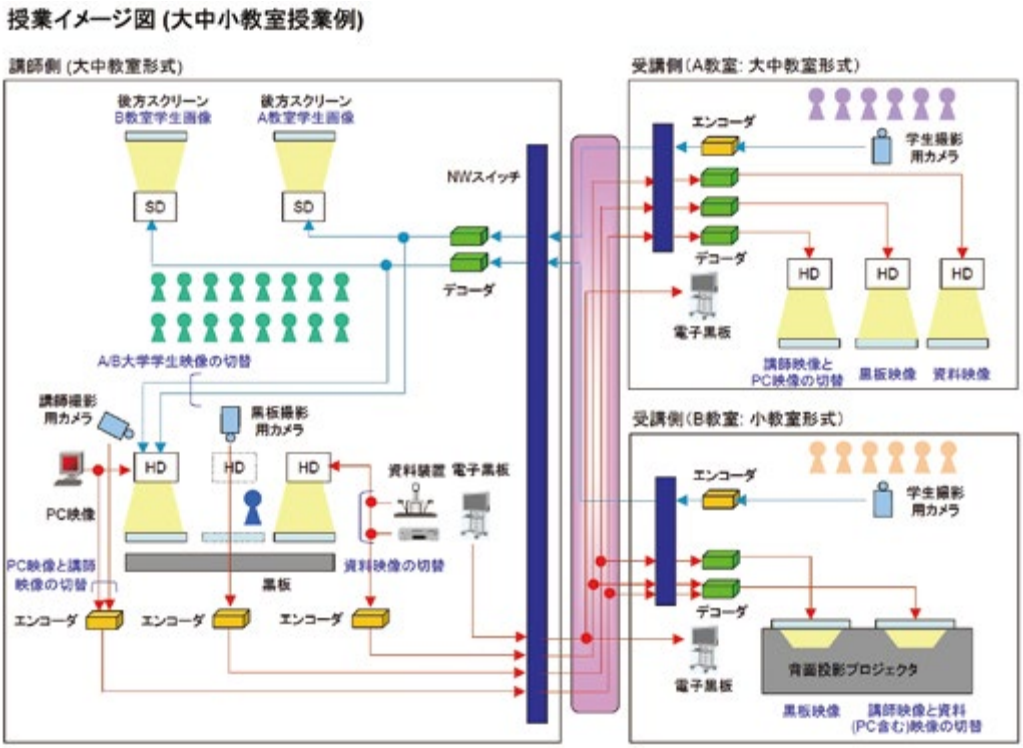
双方向遠隔授業システムの拠点イメージ

システムの特徴について教えて頂けますか。

田中氏：いま申し上げたようなことを実現するために、今回のシステムには様々な工夫を盛り込んでいます。たとえば、中規模～大規模教室では、教室の後方に大画面スクリーンを２画面設置し、遠隔授業を受ける他大学の教室を映しています。学生が後ろを振り返ると、他大学の学生がスクリーンの中で自分たちと同じように教壇を向いて座っているわけですね。このような環境を用意することで、教室内には一体感が生まれます。しかも、学生証を利用した出席管理システムとも連携していますので、講義を担当する教員がスクリーンの向こう側を指さして、他大学の生徒に質問することもできます。送り手側の教室にいる生徒も、受け手側の教室にいる生徒も、通常の授業とまったく変わりなく授業が受けられるわけです。

また、受け手側教室の前方には、２つまたは３つのモニタを用意し、教員の映像、黒板の映像、資料映像などを映し出せるようにしています。ちなみに、教員を映すためのカメラは自動追尾式になっていますので、黒板の前を歩き廻ってもモニタから姿が消えてしまう心配はありません。また、予約を入れておけば自動的にシステムが立ち上がりますので、講義が始まる前に何らかの機械操作をする必要もありません。

双方向遠隔授業システムを使った授業



授業イメージ図（大中小教室授業例）

ネットワーク的に課題となった点はありましたか。

田中氏：一番問題になったのは、やはり音声の遅延ですね。実際にテストしてみると、映像と音声が 0.5 秒ズレるとかなり違和感があります。このままでは授業にならないので、遅延を 0.2 秒以内に納めることを目標にしました。そのためにはより高速なネットワーク環境が必要だったので、NII に SINET の帯域を太くすることを依頼し、快く応じて頂きました。これには大いに感謝しています。

現在はどのような形で遠隔授業が行われているのですか。

田中氏：平成 20 年度のカリキュラムでは、前期に 4 科目、後期に 13 科目の授業を実施しています。内容は教養教育が中心ですが、専門教育の科目も一部含まれています。また、別々の大学間だけでなく、同一大学の複数キャンパス間での利用も行われています。アンケートの結果を見ると、「普段とは異なるメンバーが揃うのが面白い」（教員）、「他大学の学生と交流できて有意義」（学生）、「他大学の興味深い講義を居ながらにして受けられるのは魅力的」（学生）といった好意的な意見も多いですね。

初期には各大学の授業時間帯が違うことから、最終 5 時限目の開始時間が一番遅い大学に合わせて遠隔授業を行っていました。しかし現在では、各学長の賛同を頂き、金沢大･富山大･福井大の授業時間帯をすべて合わせました。これにより、一時限目からでも遠隔授業が行えるようになっています。

今後はどのような形で遠隔授業を発展させていかれますか。

田中氏：今後は各大学が蓄積した研究･教育資源を、お互いに共有･活用していく動きがますます活発になることでしょう。今回のシステムは、そのための強力な武器になると考えています。たとえば、教養教育について言えば、北陸地区のどの国立大学に入学しても同じレベルの授業が受けられ、学生たちが「北陸の国立大学に来て良かった」と満足感を抱けるようになる。そうした環境を、今後も創り上げていきたいですね。もちろん、そのためにはセキュリティや高速性、信頼性など、ネットワークに関わる課題を解決していく必要もありますので、SINET のサービスと NII の支援にも大いに期待しています。

ありがとうございました。

24. 特別支援教育における双方向遠隔授業

愛媛大学

3

愛媛大学 教育学部 長尾研究室では、特別支援教育における双方向遠隔授業の可能性に着目。鳥取大学 地域教育学部 小枝研究室との間で実際に授業を行うなど、様々な取り組みを展開しています。その狙いについて、愛媛大学 教育学部 教授 長尾 秀夫氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2008年10月3日）

長尾先生が特別支援教育に関わるようになった経緯をお聞かせ頂けますか。

長尾氏：私はもともと小児科の医師で、小児神経学、つまり脳や筋肉などについての研究を専門としています。今でも診療は続けており、患者さんやご家族の方々から相談を受ける機会も少なくありません。そうした中で、常々強く感じていたのが、障害を持つ子どもたちの教育環境や生活環境をもっと改善していく必要があるということでした。そこで 20 年ほど前に教育学部に移り、当時は障害児教育と呼ばれていた特別支援教育に関わるようになりました。

特別支援教育には、教育学、心理学、医学の 3 分野があり、私はこの中の医学分野を担当しています。私が教育学部に移った当時は、全国でも教育学部の医師は精神科がほとんどで、小児科の医師は1～2名ほどでした。しかし、最近ではこの分野にも小児科の医師がだんだん増えています。発達障害を持つ子どもには医学的な支援が欠かせませんから、我々としてもこの分野における教育方法の確立と、教育方法を身につけた教員の育成に力を注いでいます。

遠隔授業についても、以前からいろいろな取り組みを行われているそうですね。

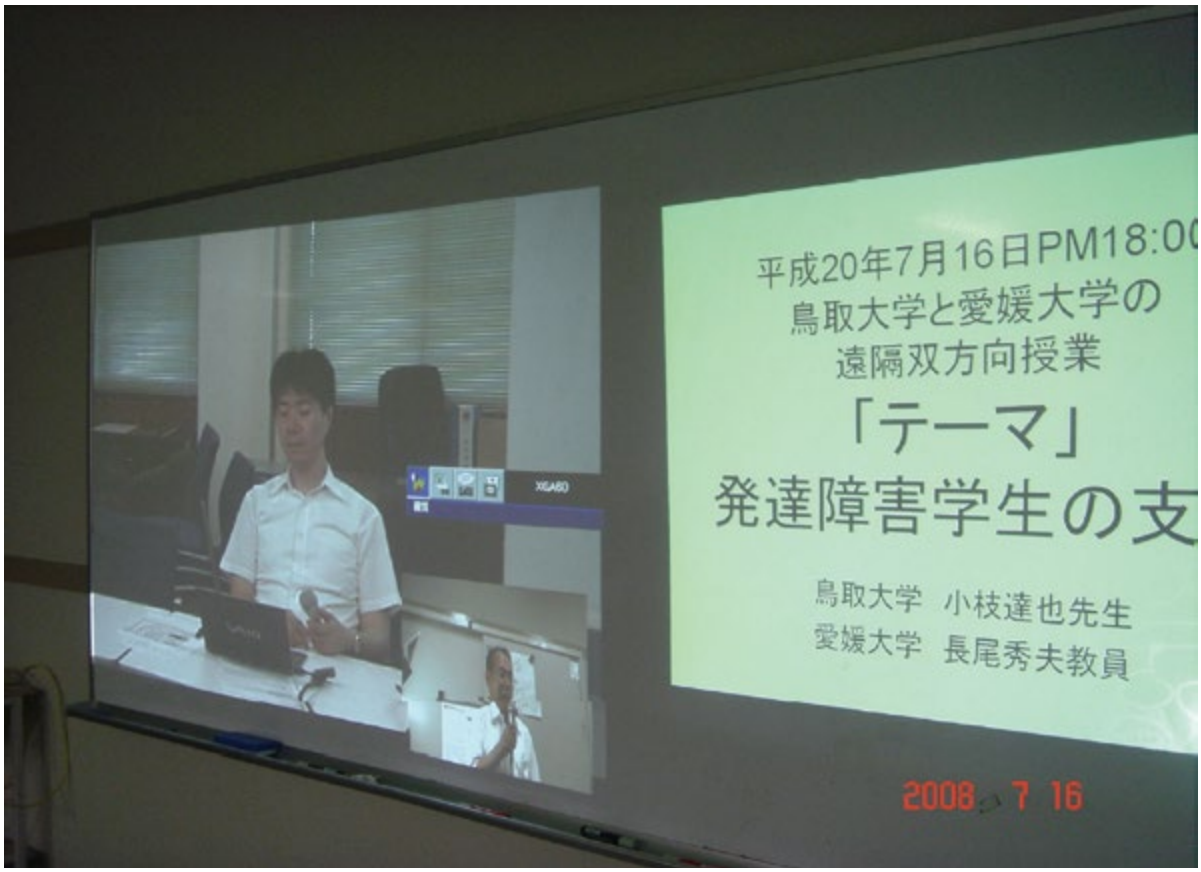
長尾氏：ええ。愛媛県下には子ども療育センターや特別支援学校など、特別支援教育の拠点が数カ所あり、本学からも特別教育支援コーディネーター専修の大学院生などを小中学校に派遣しています。その指導や教育相談のために、平成 18 年度よりテレビ会議システムを導入･活用しています。

もっとも、このシステムでは、拠点側に導入した端末が小型モニタ内蔵機だったため、数十人規模で双方向授業を行うにはちょっと厳しい面がありました。また画面の解像度もあまり高くなかったので、平成 20 年からは DV ビデオカメラを利用する遠隔授業配信システム（FA･システムエンジニアリング社製「DV-CUBE」）も新たに導入。これにより、プロジェクタの利用が可能になり、カメラで撮影したテキストの文章が遠隔地側で読めるほど解像度も向上しました。

遠隔授業については、教育学部全体としても高い期待を掛けています。というのも、今年から教員免許更新のための授業が試行されますが、その対象となる先生方の数は愛媛県下で約 3,000 名にも上ります。同じ内容の授業を何度も行うのは非効率ですし、先生方にとっても講習会場までの移動が大変です。その点、県内をエリア分けして遠隔授業を実施すれば、こうした問題もある程度解消できると考えています。

鳥取大学　小枝研究室との遠隔双方向授業については、どのようなきっかけではじまったのですか。

長尾氏：これは特別支援教育に限ったことではないと思いますが、いろいろな先生方の話を聞くことが、学生にとって非常に有意義なんですね。たまたま、鳥取大学　地域学部　地域教育学科の小枝　達也教授とは、同じ小児神経科を専門としており、研究班でも親しくさせて頂いています。小枝先生はとても優秀な方で、学生の指導にも熱心に取り組んでおられますので、2007 年末の会議でご一緒した際にぜひ一度遠隔授業をとお願いしたのです。幸い先方からもご快諾を頂き、2008 年 7 月に第一回の遠隔双方向授業を実施しました。

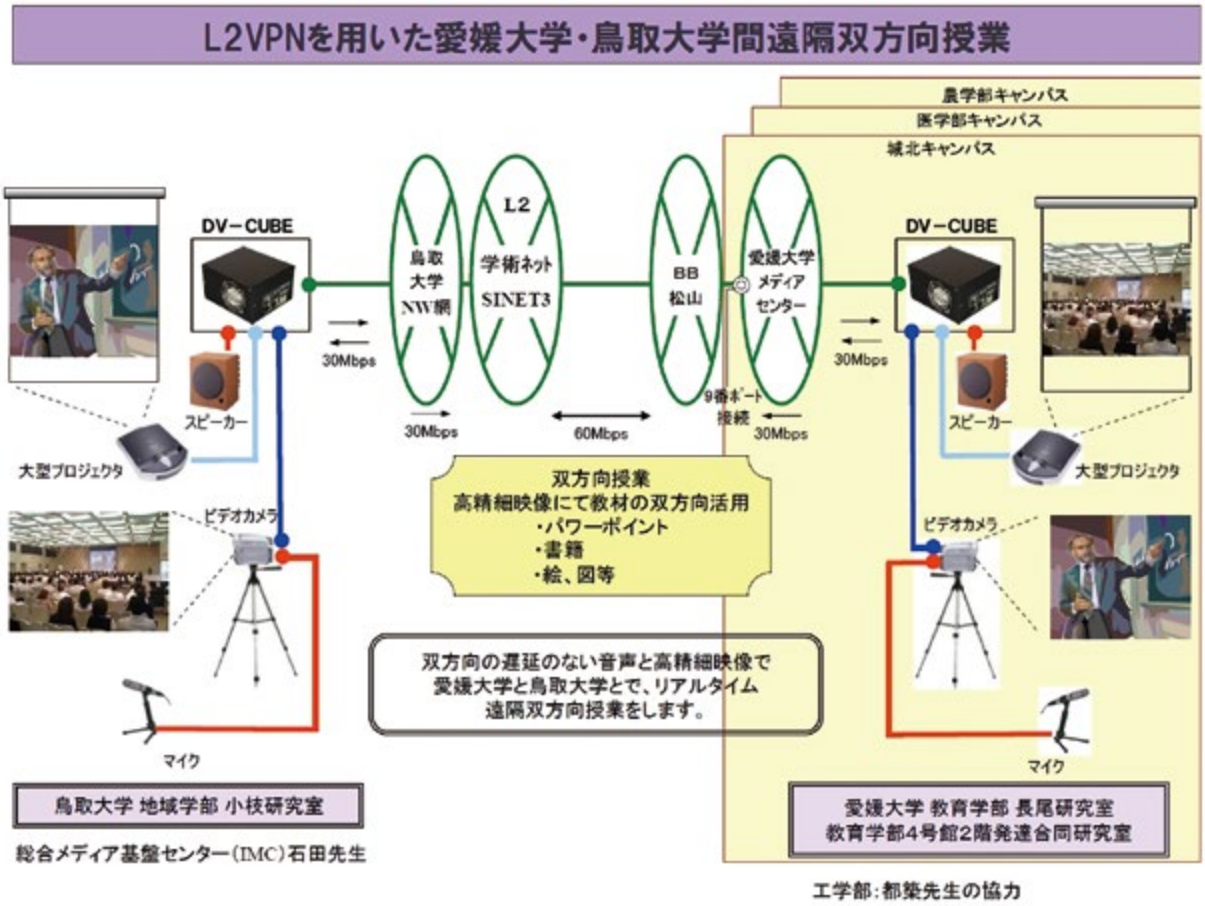


鳥取大学側：左側の投影部分（小枝達也教授）
愛媛大学側：左側の投影部分の右下（長尾秀夫教授）
鳥取大学と愛媛大学の第一回遠隔双方向授業（2008 年 7 月）

この時の授業の内容、並びに利用した環境について教えて頂けますか。

長尾氏：まずは鳥取大側から、今回の授業のテーマである「発達障害学生の支援」についての取り組みをスライドで紹介して頂き、その後鳥取大の学生が相互に質疑応答、次に愛媛大からの質疑応答を行いました。同じように愛媛大側でも取り組みを紹介し、その後愛媛大の学生が相互に質疑応答、次に鳥取大からの質疑応答という流れで授業を進めました。

システム的には、県内の遠隔授業で実績のある DV-CUBE を鳥取大に設置し、愛媛大 - 鳥取大間を結ぶネットワークとして SINET の L2VPN サービスを利用しました。今回の授業には、本学の総合情報メディアセンターと鳥取大の総合メディア基盤センター、並びに本学　工学部の都筑　伸二教授のご協力も仰いだのですが、こうした専門家の方々から「国立大学間を結ぶ遠隔授業なら SINET を利用するのが良い」というアドバイスを頂きました。実際、ネットワーク的には、速度･安定性ともまったく問題ありませんでしたね。リアルタイムに会話できることを重視していましたので、これには非常に助かりました。ちなみに、テストの時に愛媛大･鳥取大間で「じゃんけん」をやってみたのですが、遅延もなくちゃんと勝負できましたよ（笑）。



「DV-CUBE」を使った双方向遠隔授業配信システム

授業についての評判は如何でしたか。

長尾氏:当日参加した院生と学部生にアンケートを取ったのですが、他大学の先生の話が聞けたり、他大学の学生とリアルタイムのディスカッションができて面白かったという意見が多かったですね。同じ分野の研究をしていても、地域や大学によって異なる考え方や視点があることに、あらためて気づいたようです。

また、基本的に討論や質疑応答を伴う「双方向」の授業ですから、通常の授業よりも緊張感があって良かったとの意見もありました。やはり、一方的に講義を聞くだけでは、受け手側としても集中力を保つのが難しい。遠隔授業を活発化するには、双方向であることが重要と考えています。そうした面でも、今回の授業は成功したと言えると思います。

遠隔双方向授業は今後も積極的に推進していかれるのですか。

長尾氏:そうですね。今回のように距離が比較的近い中国・四国地方間の授業でさえ、学生にとって新鮮な体験だったわけですから、もっと遠隔地の大学と授業を行えば、また新たな発見があると思います。日頃なかなかお会いする機会のない遠方の先生方から先端的なお話が聞ければ、学生にとってもいい刺激になるでしょう。他大学の学生との遠隔ディスカッションについても、同様のことが言えます。2大学間だけでなく、3〜5大学を結んだ双方向授業もやってみたいですね。

私個人としては、双方向遠隔授業によって各大学間の交流や単位互換の動きが強まっていけば、日本の特別支援教育の授業全体の底上げにもつながっていくと期待しています。将来的には、中国や韓国など、海外の大学とも遠隔双方向授業ができるようになればいいですね。もちろん、国内外の大学との連携を深めていく上では、ネットワークの存在が欠かせませんから、SINETのサービスにも大いに期待しています。

ありがとうございました。

25. 同室感コミュニケーションシステム「t-Room」の研究

同志社大学

3 4

同志社大学 理工学部 共創情報学研究室では、NTT コミュニケーション科学基礎研究所と協同で同室感コミュニケーションシステム「t-Room」の研究を行っています。その概要と SINET の役割について、同志社大学 理工学部 情報システムデザイン学科 教授 片桐 滋氏と、日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所 主幹研究員 高田 敏弘氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2010年10月22日）

片桐先生の研究室は「共創情報学」と名付けられていますが、ここにはどういう意味が込められているのですか。

片桐氏：もともと当研究室は、2004 年の情報システムデザイン学科開設と同時に立ち上がったわけですが、その時にどのような研究室名にするかいろいろと考えました。そこで思ったのが、コミュニケーションの次にやってくるものはコラボレーションであろうということです。情報学というものは、人の生活に直接関わる学問体系です。自動車が人間の動作を拡張するように、コンピュータやネットワークは人間の脳の働きを拡張してくれます。それが人と人とをつなげばコミュニケーションになりますし、もう一歩進んで共同作業ができるようになればコラボレーションにつながります。今後の情報学のあるべき姿を考えれば、我々はこのコラボレーション、つまり「共創」をテーマとして掲げるのが良いだろうと思ったのです。私自身は、パターン認識の理論などを研究テーマとしていますが、今回の取材の主題である「t-Room」の技術開発に活かせる部分も多いので非常に面白いですね。また、研究室では、その他にデータマイニングに関する研究なども行っています。

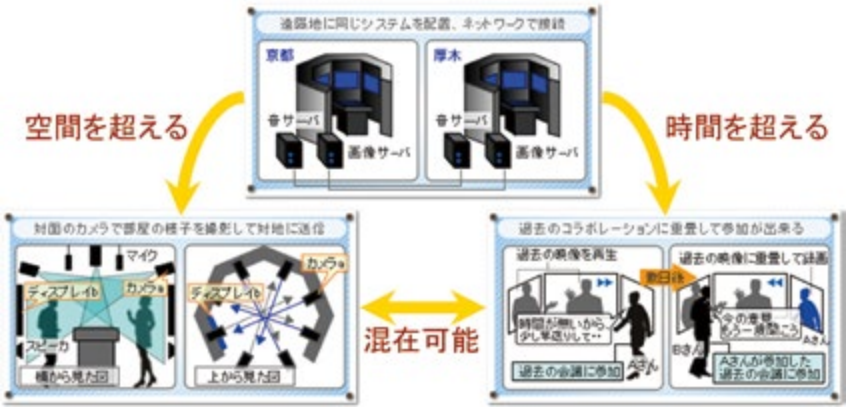
いまお話が出た t-Room ですが、これはどのようなものなのでしょうか。

高田氏：t-Room は、NTT コミュニケーション科学基礎研究所（以下、CS 研）が 10 年以上にわたって研究を続けているコミュニケーションシステムです。そのキーワードは、我々の造語である「同室感」、つまり離れた人同士があたかも同じ部屋の中にいるような感覚を実現するところにあります。一般に、離れた人同士が映像コミュニケーションを取る手段としては、テレビ会議システムなどが広く知られています。しかし、テレビ会議はディスプレイという「窓」の向こうに相手が居るわけで、あちら側 / こちら側というコミュニケーションの壁を取り去るには至りません。そこで t-Room では、離れた場所に存在する同じ部屋同士を重ね合わせることで、より一体感のあるコミュニケーション / コラボレーションの実現を目指しました。

具体的にはどのような構成になっているのですか。

高田氏：現在の t-Room は、壁面に複数のディスプレイを配置した多角形の空間として構成されています。ディスプレイの上側には正面にいる人を写すビデオカメラが設置されており、参加者が壁を背にして立つと、その映像が他の場所にある t-Room のディスプレイに映し出されます。参加者が隣の壁に動けば、映像も同じように隣のディスプレイに移りますし、参加者が特定の方向を指させば、全員がその方向を見ることになります。つまり、t-Room 内にいる全員が、同じ空間認識を持つわけですね。これにより、ちょうど一つの部屋の中に人が集まったような、リアルな同室感が再現できるのです。

また、t-Room が越えるのは空間の壁だけではありません。t-Room は映像を記録する機能も備えていますので、過去に行われた作業とコラボレーションすることもできます。たとえば、自分が参加できなかった会議の映像を再生すれば、あたかもその場にいたかのような雰囲気を体感できます。さらに、会議映像を再生しながら発言をすればその様子も記録されるため、まるでその会議に参加して発言したかのような空間をそこに作ることができます。このように、t-Room を利用することで、時間の壁をも越えることができるのです。

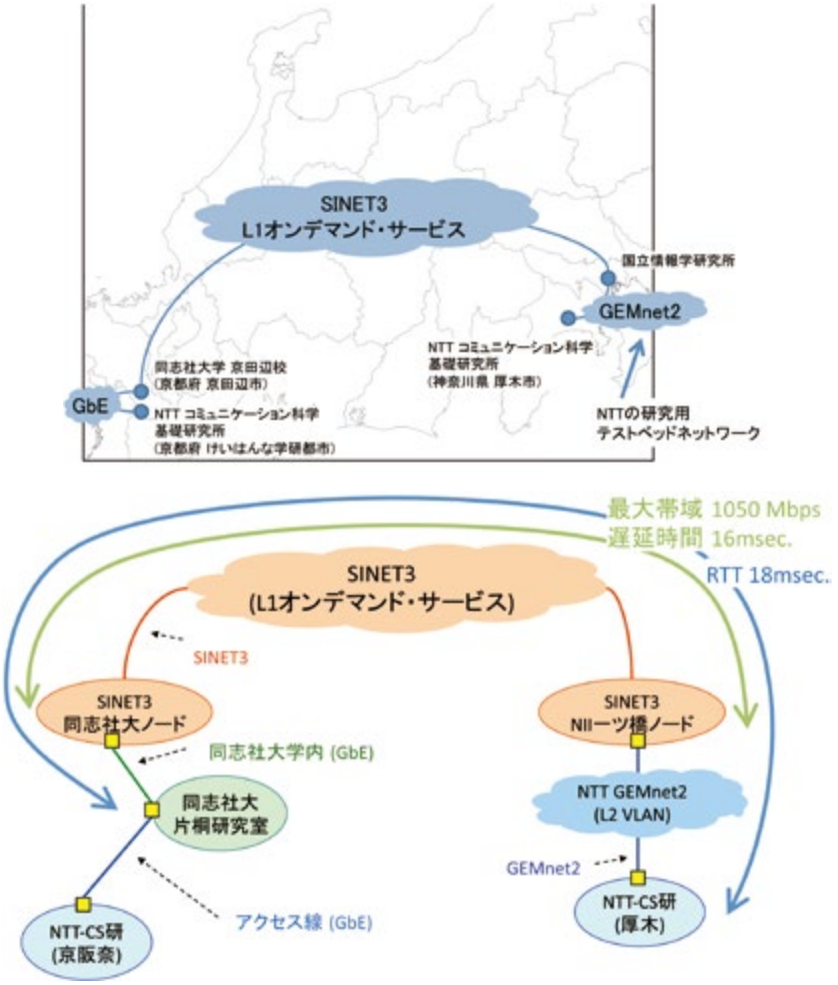


同室感コミュニケーションシステム t-Room

その研究インフラとして SINET が活用されているわけですね。

片桐氏：その通りです。t-Room は同志社大･京田辺キャンパスの当研究室と、CS 研の京阪奈、厚木の 3 ヶ所に設置されていますが、同志社大ノードと CS 研･厚木を結ぶインフラとして、SINET3 の L1 オンデマンドサービスを利用しています。

我々の研究においては、ネットワークの伝送品質が重要な意味を持ちます。たとえば、我々が行っている実験の一つに、「遠隔合奏」があります。これは離れた場所にいる人同士が楽器を持って同時に演奏するというものですが、遅延の問題が大きく影響するんですね。そこで、その影響を分析するために、遅延制御を行ったりしているのですが、ネットワーク自体に「ゆれ」が多いようだと、制御の効果を正しく評価できません。その点、SINET3 の L1 オンデマンドサービスを利用すれば、こうしたことに悩まされる心配はありません。



SINET3 利用の概要

高田氏：他の大学や加入機関との連携が容易に行えるのも、SINET の大きなメリットと言えるでしょう。たとえば、2010 年 3 月に東大で行われた情報処理学会の記念大会で t-Room を展示したのですが、この時も東大ノードと NII の一ツ橋ノードを L1 オンデマンドサービスで結ぶだけでデモが行えました。こうしたフレキシブルさは、学術系ネットワークならではのものですね。

CS 研にとって、大学の研究室と一緒に研究する意義はどういう点にありますか。

高田氏：既成概念にとらわれない、若者ならではの発想でしょうか。我々のようなプロの研究者が手を出しにくいテーマにも、学生さん達は果敢に挑戦してくれます。たとえば先の例に出た遠隔合奏なども、既に昔からいろいろな研究が行われていて、現実には難しいと考える研究者も多いのです。でも、その研究成果を学会で発表した学生が、32 件中 2 件しか与えられなかった発表賞を受賞したこともありました。こうした前向きな姿勢から、刺激やヒントを貰うことも多いですね。

共創情報学研究室としても、t-Room を研究の題材として利用できるメリットは大きそうですね。

片桐氏：そうですね。このシステムには、映像 / 音声やコンピュータ、ネットワーク、ヒューマンインターフェイスなど、幅広い分野のテクノロジーが利用されていますから、学生の関心に応じていろいろな研究ができます。こういうものに触れた経験は、社会に出てからもきっと役立つことでしょう。ちなみに、本キャンパスでは、毎年 2 月に卒業研究の配属希望を決めるためのオープンラボを開催しているのですが、そこでも学生にとっての t-Room のインパクトは非常に大きいようです。

様々な形態の t-Room

t-Room の進化は今後も続いていきそうですね。

高田氏：NTT としては将来の実用化、商用化を探るという面もあるのですが、t-Room そのものの可能性を追求する取り組みも推進していきたい。たとえば先に触れた過去映像とのコラボレーションなどでも、いろいろな活用が考えられると思います。t-Room は今までにないコミュニケーションシステムなので、まだまだチャレンジすべきことは多いと思っています。

片桐氏：研究室としても、この春に第一期の修士を送り出すなど、ようやく基盤が整ってきました。今後も、大学ならではの研究をいろいろと展開していきたいですね。ただし、こうした研究を続けていく上では、SINET のようなネットワークの存在が必要不可欠です。既にネットワークは電気や水道と同じレベルで考えるべきもので、どこの大学や研究機関でも使えて当然です。日本が高度情報化社会のリーディングカントリーであり続けるためにも、SINET の発展には大いに期待しています。

ありがとうございました。

関連 URL 「SINET3 を用いた同室感コラボレーション空間研究」
(2009.11.19「学術認証フェデレーション及び SINET サービス説明会」SINET 利用事例 資料)
http://www.nii.ac.jp/userimg/sinet_service/18SINET3collabolation.pdf

【地域活性・人材育成】

26.盛岡 DC を活用し、学内インフラ強化及び地域の情報化を牽引

（岩手大学） 4 5

27.「先進的な IT を活用した震災復興・地域活性化に向けた取り組み

（会津大学） 4 5

28.「四国の知」の集積を基盤とした四国の地域づくりを担う人材育成

（香川大学） 3 4 5

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

26. 盛岡DCを活用し、学内インフラ強化及び地域の情報化を牽引

岩手大学

4 5

国立大学法人 岩手大学では、先進 IT を生かした教育研究活動を展開しています。その概要と SINET4 におけるノード新設の効果、並びに東日本大震災での貢献について、岩手大学 情報処理センター 准教授 中西 貴裕氏と同 准教授 吉田 等明氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2013年11月5日）

まず岩手大学　情報処理センターの概要について教えていただけますか。

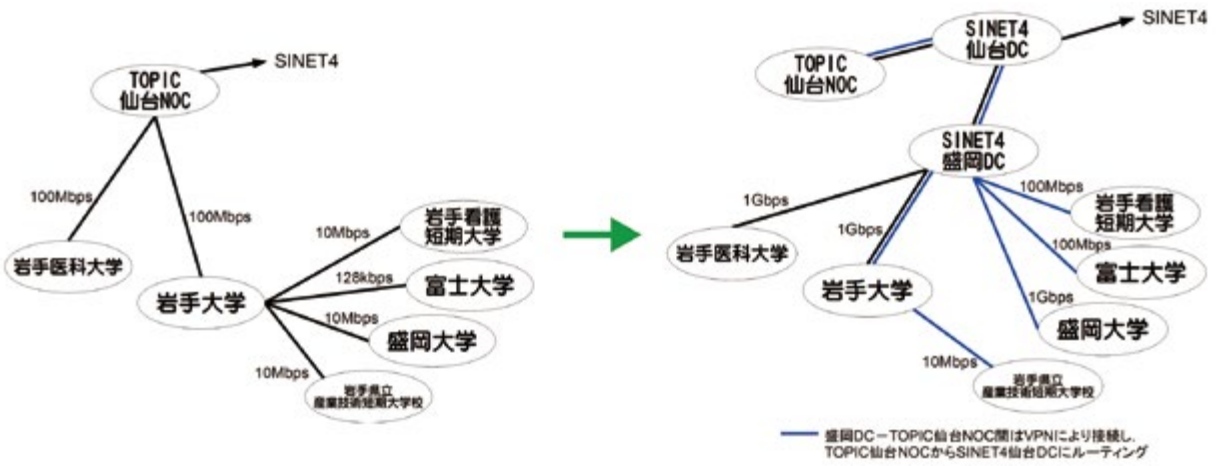
中西氏：当センターではネットワークを含めた情報インフラ全体の整備・運用を担っており、研究教育用情報システムの構築や情報処理基礎教育の支援、マルチメディア活用、遠隔教育の支援など、様々な活動を行っています。2 年前には仮想化技術も導入し、各学部で利用する教育研究用サーバのプライベートクラウド化を実施しました。また、セキュリティ強化にも力を入れており、外的な脅威に対する防御はもちろん、学内から外部へ出て行く情報に関しても厳しくチェックするようにしています。

吉田氏：学内情報インフラの整備に加えて、地域情報化への貢献も当センターの重要な役割の一つです。約 15 年前から「ネットワーク連絡会」と呼ばれる会を組織し、地域で活躍する情報通信技術者が交流を図るためのコミュニティ活動を推進しています。ここには産・官・学・民のあらゆる団体に所属する技術者や研究者が参加しており、講演会やお互いの活動報告などを行っています。基本的には岩手県を中心とした活動ですが、最近では首都圏など遠方の地域の方々の参加も増えていますよ。

SINET4 では盛岡ノードが新設されましたが、その効果についてはどうでしょう。

中西氏：非常に大きな改善効果がありましたね。以前は東北大学経由での接続だったのですが、100Mbps の帯域が常に上限に張り付いているような状況で、学内の研究教育活動にも少なからず影響が生じていました。たとえば、ある芸術系の講義では、学生が制作した作品を動画サイトにアップロードさせて評価を行っています。ところが回線帯域が一杯なために学生が思うように作品をアップロードできず、担当の先生も「これでは講義にならない」と困っておられました。しかし SINET4 で帯域が 1Gbps に増強されてからは、こうした大容量マルチメディアコンテンツも余裕を持って活用できるようになっています。

また、もう一つ大きいのが近隣の他大学への効果です。本学では TOPIC（東北学術研究インターネットコミュニティ）の接続拠点である盛岡 NOC の運用でも中心的な役割を担っており、以前は盛岡大学や岩手県立産業技術短期大学などの大学が本学経由で SINET に接続する構成になっていました。とはいえ、本学の中でも既に帯域が一杯の状況ですから、他大学に対して十分な帯域を提供することが難しかったのです。しかしこの問題も、SINET4 へ移行したことで無事解消されています。



盛岡 DC への移行前、移行後

学内の先端研究を加速する上でも大きなメリットが期待できそうですね。

吉田氏：そうですね。本学でも大規模計算用の高性能サーバを導入していますが、コンピューティングパワーの向上に伴って、研究で利用するデータの容量も増加する一方です。たとえば構造解析一つを取ってみても、近年では細かくメッシュを切ったデータを時系列に沿って膨大に蓄積するようになっています。とはいえ、いくら大量の研究データを入手できても、ネットワークのパフォーマンスが追いつかないのでは十分に活用することができません。こうした面でも、SINET4 で帯域が増強された効果は大きいと思います。

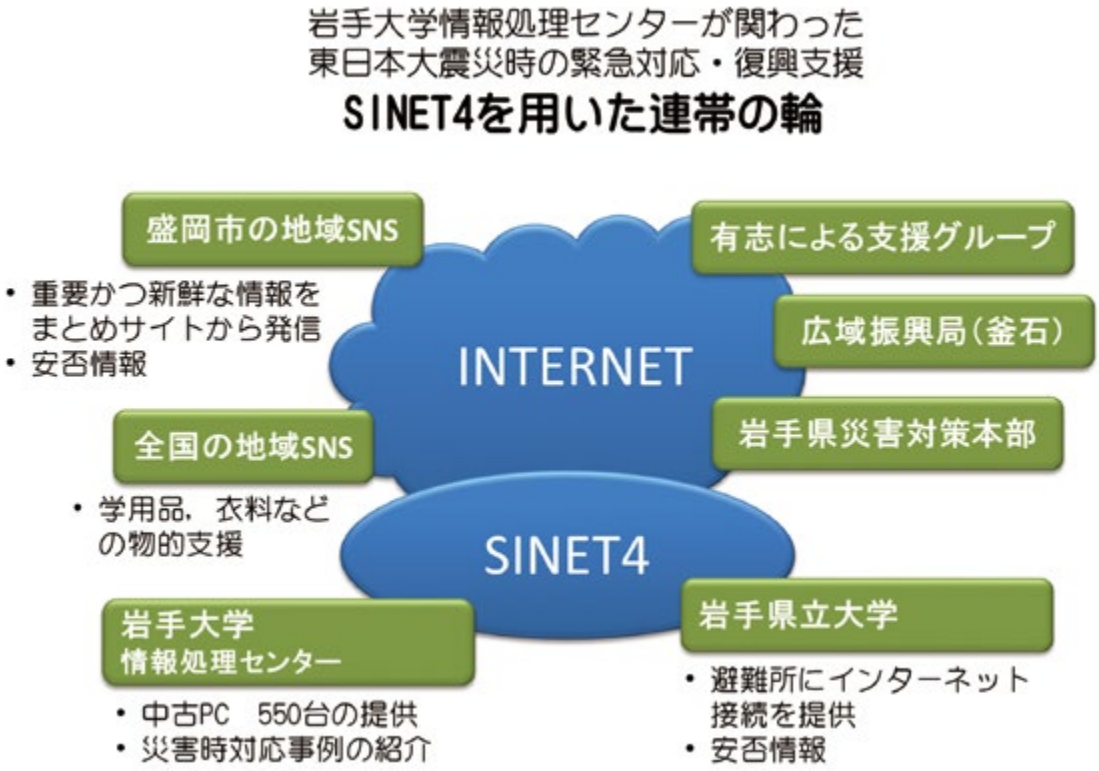
運用管理面での改善効果などはありますか。

中西氏：本学では、大学院連合農学研究科や「いわて高等教育コンソーシアム」において他の大学／教育機関との連携を行っており、単位互換などの制度も整備しています。ここではテレビ会議システムを利用した遠隔講義も行っていますが、以前は学内のネットワーク事情が厳しかったため、遠隔講義専用の VPN 回線を別に引いていました。しかし、現在ではこちらも SINET へ統合でき、機器の管理やネットワーク運用を別々に行う必要がなくなりました。先生方から自分の研究にネットワークを利用したいという要望が寄せられた際も、柔軟に対応できるようになっています。

話は少し変わりますが、岩手大学　情報処理センターでは震災復興支援活動でも様々な貢献を果たされたそうですね。

吉田氏：はい。たとえば「学び応援プロジェクト」では、全国から義援物資として頂いた学用品を避難所の子どもたちに届ける活動を行っています。幸い、非常に多くの物資が集まりましたので、文科省の「子どもの学び支援ポータルサイト」への登録を行ったほか、当センターの図書館部門と協力して被災地の小中高校ともコンタクトしながら配布活動を行っています。また、その他に、本学でリース切れになった約 550 台のクライアント PC をメーカーから寄贈して頂き、ハードウェアのリフレッシュ作業やソフトウェアのライセンス交渉などを行った上で被災地に無償供与するといった取り組みも行っています。

震災直後には、我々センター職員も被災地へ足を運んで様々な支援活動を行いましたが、実はそこで大いに役立ってくれたのが SINET でした。ボランティアも含めた数多くの人々が支援に当たる中で、一番困るのが現地の事情が分からないというということです。電話は輻輳して使いものになりませんから、ここで頼れるのはネットワークだけです。その点、SINET の信頼性・可用性は非常に高く、被災地に支援を提供するための「目」としての役割を果たしてくれました。SINET を抜きには我々の支援活動は成り立たなかったと言っても過言ではないですね。



SINET4 を用いた連帯の輪

最後に今後の抱負と SINET への期待をお聞かせ下さい。

吉田氏：東日本大震災を経験したことで、災害対策におけるネットワークの重要性を改めて感じました。そこで今後は本学においても、データバックアップや BCP の取り組みに SINET を活用していきたいと考えています。以前の100Mbps の環境では、こうした用途にまでネットワークを用いるのは正直言って困難でした。しかし帯域に余裕ができた現在では、いろいろな仕組みを考えることができますからね。また、他の大学･機関が所有するスパコンなどの計算機資源の利用にも役立てられればと思います。

中西氏：私自身も学生時代から SINET を利用していますが、性能･信頼性の向上は非常に目覚しいと感じています。今では大学運営に欠かせないインフラとなっていますので、今後もぜひ安定的な環境を提供して欲しいですね。また、上位レイヤーサービスのさらなる拡充にも大いに期待しています。

ありがとうございました。

27. 先進的なITを活用した震災復興・地域活性化に向けた取り組み

会津大学

4 5

日本初のコンピュータ理工学専門大学である公立大学法人 会津大学では、コンピュータやネットワークに関わるさまざまな先端教育を行っています。その概要とSINET4におけるノード新設の効果について、会津大学 情報センター センター長 コンピュータ芸術学講座 スペーシャルメディアグループ 教授 マイケル コーエン氏と、コンピュータ・サイエンス部門 情報基礎論講座 教授 林 隆史氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2012年7月9日）

まずは会津大学の特色について教えて頂けますか。

コーエン氏：1993年に開学した本学は、日本で最初のコンピュータ理工学を専門とする大学です。現在はコンピュータ・サイエンス部門、コンピュータ工学部門、情報システム学部門の3部門と2つの研究センターで構成されており、コンピュータやネットワークに関わる先端的な教育・研究活動を行っています。また、グローバルに開かれた大学であることも大きな特長で、4割の教員が外国人で、この比率の高さは理工系大学では日本一です。

先生の講座名に「コンピュータ芸術学」とあるのがユニークですね。

コーエン氏：私の研究テーマは「Fixed Mobile Convergence」、つまり携帯電話とユビキタスコンピューティングの融合であり、Augmented Reality（AR:拡張現実）関連の研究なども手がけています。ここでは仮想的な3次元空間を携帯電話やスマートフォンで制御したりしますが、この時の舞台となる3次元空間はCADソフトやCGソフトなどを使用して描画します。これはまさにアートの領域というわけです。

先生は情報センターのセンター長も兼務されていますが、会津大学の情報化に対する取り組みについても教えて下さい。

コーエン氏：本学はコンピュータ理工学専門の大学ですから、学生に対して先進的なIT環境を提供することが重要と考えています。学内インフラの整備にも力を入れており、802.11n対応のWiFiサービスなども提供しています。学生はノートPCやタブレットを持参すれば、学内のどこでも情報にアクセスできます。また、その一方で、セキュリティやITガバナンスについても重視しています。先進性と安全・安心の両立を図ることが、情報センターの大事なミッションだと考えています。

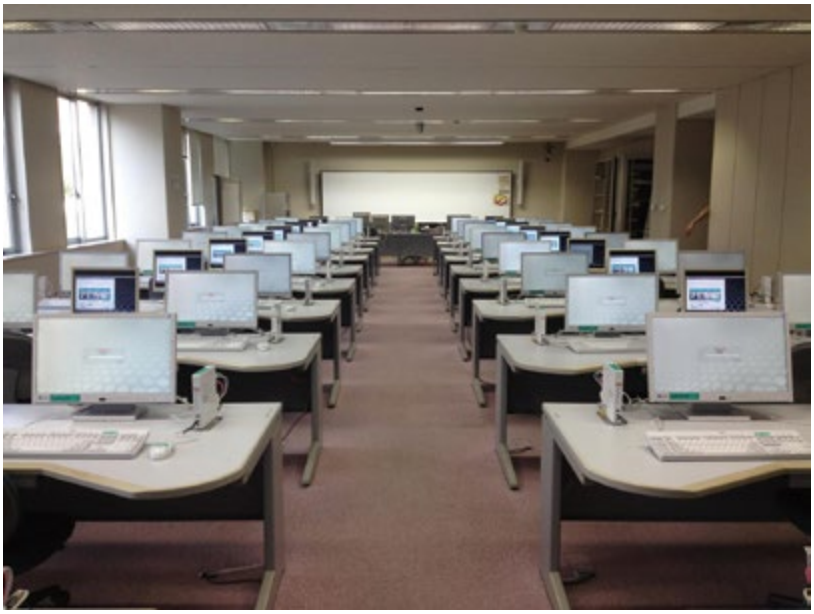
大学ネットワーク機器

演習室や実験室の環境も非常に充実していますね。

林氏：学内の基幹ネットワークでは 10Gbps の回線を使用しているほか、500 台以上のワークステーションを端末として学内の各教室に配置しています。また、言語や各種のツール類など、研究・教育に役立つフリーソフトを約 500 本提供しています。本学では国内でも最先端の環境を目指していますから、学生が常に最新のテクノロジーに触れられるよう様々な取り組みを行っています。

大学の情報基盤においては、安定稼働や可用性の確保も重要なポイントですから、新しい仕組みを導入する際には事前に十分な検証を行っています。たとえば、技術文書や論文などの執筆用に約 70 台のシンクライアント端末を導入していますが、学内へのサービスを開始するまでにはかなり綿密にチェックしました。先ほどのお話に出た WiFi サービスやフリーソフトなどについても同様ですね。フリーソフトについては、動作や全体としての整合性まで確認しながら、ソースから構築して検証済みのものを提供しています。

ちなみに、少々余談になりますが、会津大学では大学発ベンチャーの支援・育成にも力をいれており、設立されたベンチャーの数は、国内の公立大学法人の中でもトップクラスの規模を誇ります。



コンピュータ演習室

会津地方の大学ならではの取り組みもあるのでしょうか。

林氏：ご承知の通り、福島県は 3.11 の東日本大震災で大きな被害を受けました。現在では復興に向けた活動もいろいろと行われていますが、本学でも「会津大学　復興支援センター」構想を現在進めているところです。120 名近い IT 関連の研究者が集まっている大学というものは、世界的にもあまり例がありません。その特長を最大限に活かし、IT の側面から福島の復興を支援していこうというのがこのプロジェクトの狙いです。各教員がそれぞれの専門分野の立場から参画し、県民健康調査の支援や IT 人材の育成・雇用創出、新産業の創出など、さまざまな事業に取り組んでいく予定です。

ネットワークを活用した研究も多いと伺いました。

林氏：たとえば私が関わっている「Live-E!」プロジェクトもその一つです。これは地球に関する生きた環境情報をネットワークで共有し、研究・教育やビジネスへの応用を目指すプロジェクトです。具体的には気温・湿度・気圧・風向・風力などのデータを取得する気象センサーを各参加機関に設置し、地球環境問題やセンサーネットワークに関わる研究、小・中学生や高校生の教育などに利用します。また、その他にも、本学ではJAXAやJAMSTECのような外部機関との連携、地方自治体との共同研究など、様々な活動にネットワークを活用しています。

そのインフラとしてSINETが活用されているわけですね。

林氏：そういうことです。今述べた通り、最近では遠方の大学や研究機関との連携を行う場面も非常に多くなっています。地理的・時間的なギャップを埋める上で、SINETのような高品位な学術ネットワークが存在することの意義は非常に大きい。ちなみに福島県では再生可能エネルギーの研究に力を入れており、本学でもスマートグリッドのための情報基盤作りに取り組む予定です。こうした研究も、まずネットワークがないと話になりません。

SINET4では福島県にもノードが設置されましたが、その効果については如何でしょうか。

林氏：以前は東北大学経由での接続でしたから、福島県ノードができたおかげで本学からの接続ポイントが非常に近くなりました。このことは、回線コスト削減の面で大きなメリットがあります。また、回線帯域も大幅に増強されましたので、学内の教育・研究活動にもたらす効果も大きいですね。ネットワークが果たす役割は年々重くなっていますので、今回のノード設置のような取り組みは我々としても大歓迎です。

SINETに対する期待などはありますか。

林氏：最近では本学でもネットワークを経由した広域連携やクラウド活用が今後に向けた重要テーマの一つとなっていますが、こうした取り組みでもSINETが役立ってくれることと期待しています。現在はまだ利用していませんが、将来的にはL2オンデマンドなどのサービスも活用して、他大学や研究機関との連携もさらに深めて行きたい。先端研究ではコミュニティの重要性も高いので、研究者と研究者をつなぐ活動などもSINET側で支援してもらえると嬉しいですね。

最後に今後に向けた抱負を伺えますか。

コーエン氏：冒頭にも申し上げた通り、本学には先進的なコンピュータ／ネットワーク環境と各分野のエキスパートの先生方が揃っています。しかも学費の面でも安心な公立大学ですので（笑）、最先端のテクノロジーやエンジニアリングを学びたい学生には、ぜひ本学を目指して欲しいと思っています。その期待に応えられるよう、我々教職員も全力で頑張っていきたい。また、学内での教育・研究活動を通じて、東北や福島の復興にも貢献できればと考えています。

ありがとうございました。

28.「四国の知」の集積を基盤とした四国の地域づくりを担う人材育成

香川大学

3 4 5

国立大学法人 香川大学では、四国内８大学と共同で「e-Knowledge コンソーシアム四国」を設立し、戦略的大学連携支援事業「『四国の知』の集積を基盤とした四国の地域づくりを担う人材育成」を展開中です。その狙いと現在の状況について、香川大学 工学部 信頼性情報システム科 教授 兼 香川大学 総合情報センター長 古川 善吾氏と、香川大学 総合情報センター 准教授 林 敏浩氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2009年7月7日）

まず、香川大学・総合情報センターの活動について伺えますか。

古川氏：当センターでは、香川大学の基盤システム構築、情報教育の環境整備、全学データベースの構築などのミッションを受け持っています。大学の情報化推進をどのように進めていくかという企画･戦略的な部分、並びに、全学システム / ネットワークの構築･運用の両方を担っているわけです。ICT の普及が進む中で、大学の情報センターの役割も大きく変わろうとしています。かつては、ICT に関する基礎的なリテラシー教育など、ベーシックな部分が重視されていましたが、最近では就活のサポートや各学部の専門教育の支援など、幅広い領域で ICT の活用が求められています。我々としてもこうした新しいニーズを踏まえつつ、環境整備に取り組んでいます。また、私自身は工学部との併任であり、専門分野であるソフトウェアの品質向上に関する研究のほか、ASTER(NPO 法人ソフトウェアテスト技術振興協会）や JaSST（ソフトウェアテストシンポジウム）の活動にも参画しています。

林氏：私は、大学院時代から教育工学を専門にしていたこともあり、総合情報センターでも教育用システムの構築、運用などを主に担当しています。具体的には、e-Learning や遠隔講義用システム、それに教育用 PC の環境整備などを行っています。また、私も工学部との併任で講義を受け持っており、学生に対して教育工学をテーマとした卒業研究指導なども行っています。

今回、四国内８大学と共同で、「e-Knowledge コンソーシアム四国」を設立されましたが、その背景についてお聞かせ下さい。

林氏：最近では少子高齢化が大きな話題になっていますが、ここ四国においても 2050 年には人口が 120 万人も減少すると予測されています。こうした中で四国が自律的な発展を続けていくためには、「四国は一つ」という意識を共有し、積極的に地域づくりに携わってくれる「人」を育成する必要があります。それも、地域に根ざしつつ、高い専門性を持った人材です。こうした活動を担うのは、やはり教育機関としては大学が適任だと思われます。もっとも、個々の大学の取り組みだけでは、どうしても限界があります。同じ四国内でも、県や地域によって特色がありますし、それぞれに得意分野もあります。そこで浮かび上がってきたのが、コンソーシアムの設立でした。四国内の大学が広域に連携することで、共に人材育成に取り組めればと考えたわけです。

具体的にはどのような人材の育成を目指されるのですか。

林氏：一つは、四国の活性化を先導できる人材、つまり「四国を元気にしてくれる人材」です。たとえば、四国への愛着心・郷土愛の醸成や、四国の観光・文化資源への理解を広める活動など、四国を盛り上げる活動を担ってくれる人材ですね。また、もう一つは、農林水産業の高度化を担う人材育成です。ご承知の通り、四国は農林水産業が重要な基幹産業になっています。そこで、農商工連携のビジネスモデルを構築したり、農林水産業製品のブランド化・高品質化などを担える人材も育成できればと考えています。

現在の活動状況を教えて下さい。

林氏：今回の事業では、「四国の知」の集積を掲げていますが、そのベースとなるのが、四国の広域的課題や資源・ブランド・歴史・地勢・文化・伝統などで構成される「四国学」です。最終的には、この四国学に関するコンテンツを広く活用していく予定ですが、本年度（平成 21 年度）は、各大学においてコンテンツを制作・蓄積するフェーズになります。本学でも鋭意制作に取り組んでおり、地元・香川をテーマにした「讃岐学」の講義など、10 本程度のコンテンツを制作しています。また、実際の人材育成では各種の専門教育なども必要になると考え、情報リテラシー関係の講義などもコンテンツ化を進めています。コンテンツの本格的な活用フェーズは来年度以降になりますが、できるものについては、本年度の後期から利用を進めたいと考えています。

システム的には遠隔講義と e-Learning が中核になるとのことですが。

林氏：いくら四国内での取り組みとは言え、実際に学生が他の大学で講義を受けるのは大変です。場合によっては、県間をまたいで移動する必要も出てきますしね。そこで、遠隔講義と e-Learning を活用し、自分の大学に居ながらにして講義を受けられるようにしたいと考えました。まず、遠隔講義に関しては、各大学にハイビジョン対応のビデオ会議システム（Polycom® 等）を導入し、これを利用して講義を行う予定です。大学によって講義の開始時間が異なるなどの問題はあるので、この点については今後検討していく必要があります。ちなみに、コンソーシアム内の会議についても、同様に移動の問題がありますので、Microsoft 社の Live Meeting を利用して遠隔会議を実施しています。また、e-Learning については、講義を収録した動画や、Flash 化された教育コンテンツなどを各大学の LMS に置き、他大学からアクセスできるようにする予定です。

Polycom® を活用した 4 キャンパス接続による遠隔セミナー

その際のネットワークを担うのが SINET というわけですね。

古川氏：その通りです。大学間連携の取り組みを行う上では、各大学を結ぶ高速な情報通信インフラが欠かせません。今回の事業についても、SINET という学術ネットワークが存在することが大前提でした。一昔前であれば、こうしたことをやりたいと思ったら、まず各大学を結ぶネットワークをどう構築するかというところから始める必要がありました。これでは非常にハードルが高い。その点今回は、ネットワークの部分については心配することなく、最初から具体的な取り組み内容に注力できました。もし SINET がなかったら、とてもこうは行かなかったでしょうね。

SINET への期待などがありましたらお聞かせ下さい。

林氏：ネットワークの高速性、信頼性などについては、特に心配はしていません。ただ、e-Learning のコンテンツを利用する際には、学生が他大学の LMS にアクセスするケースもありますので、この時のユーザー認証をどうするかという課題も残っています。現在は Shibboleth の利用を検討していますが、こうした部分でも SINET の支援を仰げるとありがたいですね。

最後に今後に向けた抱負をお聞かせ下さい。

林氏：戦略的大学連携支援事業としては平成 22 年度で一区切りを迎えますが、人材育成にはもっと長期的なスパンで取り組む必要があります。そこで、平成 23 年度以降についても、四国の知に関する教育プログラムを継続実施していく予定です。また、大学だけでなく、美術館・博物館や各種の文化施設、自治体など、地域の様々な組織・団体とも連携して事業を展開していく必要があります。実は私自身も、地元・香川県の出身ですので、「四国の元気」にできるだけ貢献していきたいと考えています。

古川氏：ICT やネットワークの活用によって、四国が一つにまとまる足がかりができれば嬉しいですね。また、総合情報センターでは、今回のプロジェクト以外にも、香川大 4 キャンパスを結ぶネットワーク環境の改善など、様々な課題を抱えています。こうした取り組みを進めていく上でも、今後の SINET の発展と支援に大いに期待しています。

ありがとうございました。

【計算資源・実験施設等の遠隔利用】

29. X 線自由電子レーザー施設「SACLA」とスパコン「京」の連携に SINET を活用

（理化学研究所、高輝度光科学研究センター） 4 5

30. スパコン「地球シミュレータ」と SINET との連携

（海洋研究開発機構） 3 4 5

31. SINET を介した計算機資源等の提供、円滑なキャンパス移転

（統計数理研究所） 3 4 5

32. 遠隔操作による X 線解析強度データの測定 —SPring-8 構造生物学ビームラインの現状—

（高輝度光科学研究センター） 3 4 5

33. 触覚フィードバックを含む遠隔制御システム

（豊橋技術科学大学） 3

34. 研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究「RENKEI プロジェクト」

（東京工業大学） 3 4

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

29. X線自由電子レーザー施設「SACLA」とスパコン「京」の連携にSINETを活用

理化学研究所、高輝度光科学研究センター

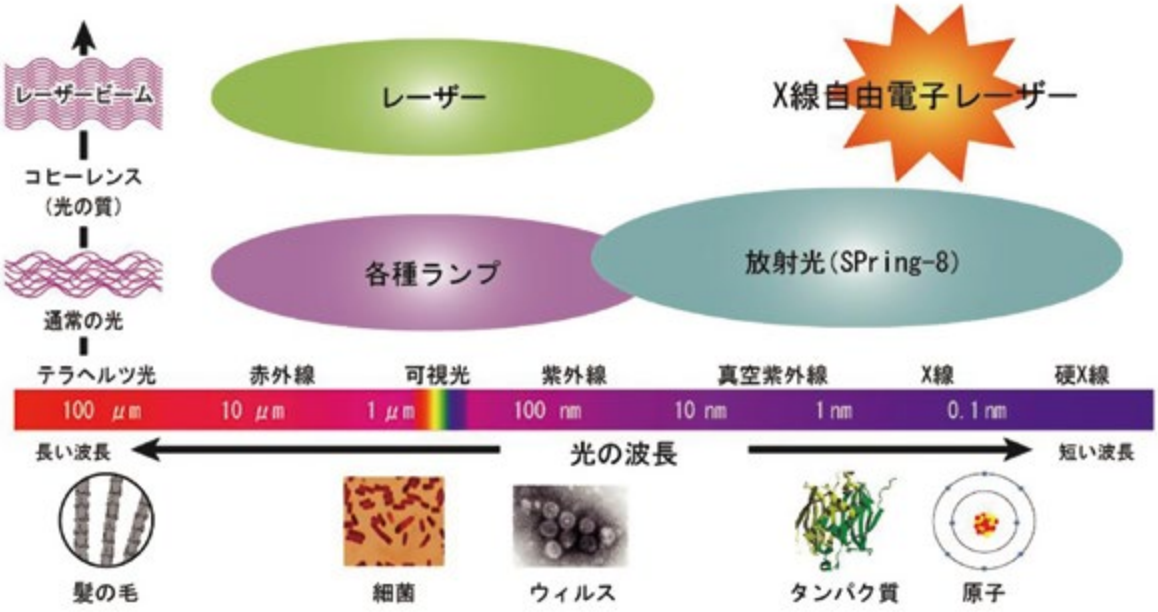
4 5

独立行政法人　理化学研究所と財団法人　高輝度光科学研究センター (JASRI) では、2012年３月よりＸ線自由電子レーザー (XFEL) 施設「SACLA」の共用運転を開始しました。その概要とSINETが果たす役割について、理化学研究所 放射光科学総合研究センター XFEL研究開発部門 ビームライン研究開発グループ データ処理系開発チーム チームリーダー 初井 宇記氏、JASRI XFEL研究推進室 測定器グループ 城地 保昌氏、同 制御･情報部門 杉本 崇氏、同 情報･制御部門 間山 皇氏にお話を伺いました。

(インタビュー実施:2012年6月15日)

SACLAは「X線レーザー」による研究を行う施設とのことですが、その原理と概要について教えて頂けますか。

初井氏：分かりました。まず、X線は可視光に比べて波長が非常に短いという特徴があり、物質の微細な構造を調べるために用いられています。SACLAに隣接して設置されているSPring-8でも、世界有数の強度を誇るX線源を用いて様々な研究を行っています。但し、X線は光の波、つまり位相が揃っていないため、原子や分子の瞬間的な動きまではなかなか調べられませんでした。この問題を解決する上で有効なのが、CDやDVDの読み書きでもおなじみのレーザーです。レーザーには光の位相がきれいに揃っている「コヒーレント」という性質があり、研究用の光源としても大きな効果が期待できます。とはいえ、レーザーは可視光の領域で発達してきた技術であり、従来はX線の波長を持つものはありませんでした。このX線とレーザーの両方の性質を併せ持つ光を作り出せれば、今までは見えなかったような原子や分子の動きを観察できるようになります。そこで世界中でX線レーザーの研究が進められてきたのです。



X線自由電子レーザーの概要
(© 理化学研究所)

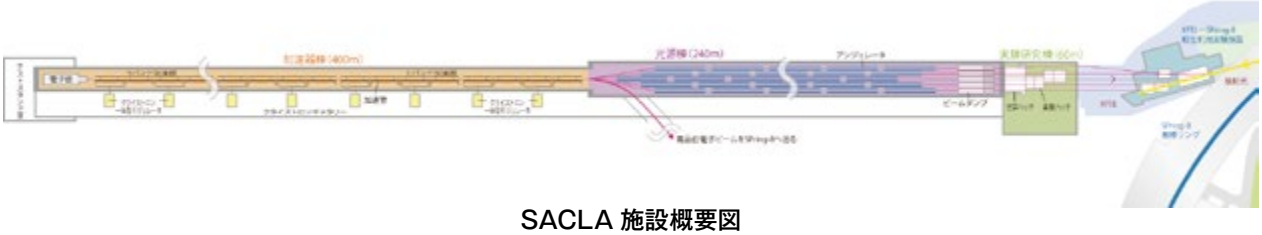
SACLA では自由電子レーザー (XFEL) という方式を採用されていますね。

初井氏：XFEL では、電子銃で発生させた電子ビームを加速器で光速近くまで加速し、磁石を大量に並べたアンジュレータという装置を通すことで、強力な X 線レーザーを作り出します。実は X 線を発生させるところまでは SPring-8 と同じ原理なのですが、これをコヒーレントな X 線レーザーにするのは非常に難しい。電子銃、加速器、アンジュレータそれぞれの領域において、様々な技術課題を解決する必要があったからです。SACLA では SPring-8 で培った経験を元に、各分野のエキスパートの先生方が意欲的に研究に取り組みました。その結果、細く絞った電子ビームを供給できる「熱電子銃」、従来比で 2 倍の加速能力を実現した「C バンド加速器」、真空容器中に大量の磁石を入れることで超強力な短周期磁場を作る「真空封止アンジュレータ」などの開発に成功。海外の XFEL 施設が全長 2 ～ 3km であるのに対し、わずか 700m というコンパクト設計を実現しています。この発想はスイスなど諸外国でも取り入れられ、今後のスタンダードになると考えられています。

まさに日本の科学技術力が生んだ XFEL 施設というわけですね。具体的にはどのような分野の研究に用いられるのですか。

城地氏：代表的な例としては、たんぱく質をはじめとする様々な物質の構造解析が挙げられます。原子や分子の微細な構造や反応の様子が分かれば、今までは未知とされていた現象の原理を解き明かせる可能性が拡がります。生物学や医薬分野はもちろんのこと、材料科学やエレクトロニクスなど、様々な分野で成果が期待されています。

ちなみに、たんぱく質の構造解析を行う場合、従来はまず結晶を作ってからでないと解析が行えませんでした。ところが、この結晶を作ること自体が困難な作業で、それだけで一つの研究テーマになるくらいなのです。その点、SACLA では、コンピュータにレンズの役割をさせることで、結晶を作ることなく分子や原子の構造を解析できるようになります。しかも SACLA の光は、発光時間がピコ秒 (1 兆分の 1 秒) ～フェムト秒 (1000 兆分の 1 秒) 単位という、世界でも類をみない短パルスを実現していますので、化学反応の様子をまるでビデオのコマ送りのように見ることができます。



SACLA 施設概要図
(© 理化学研究所)

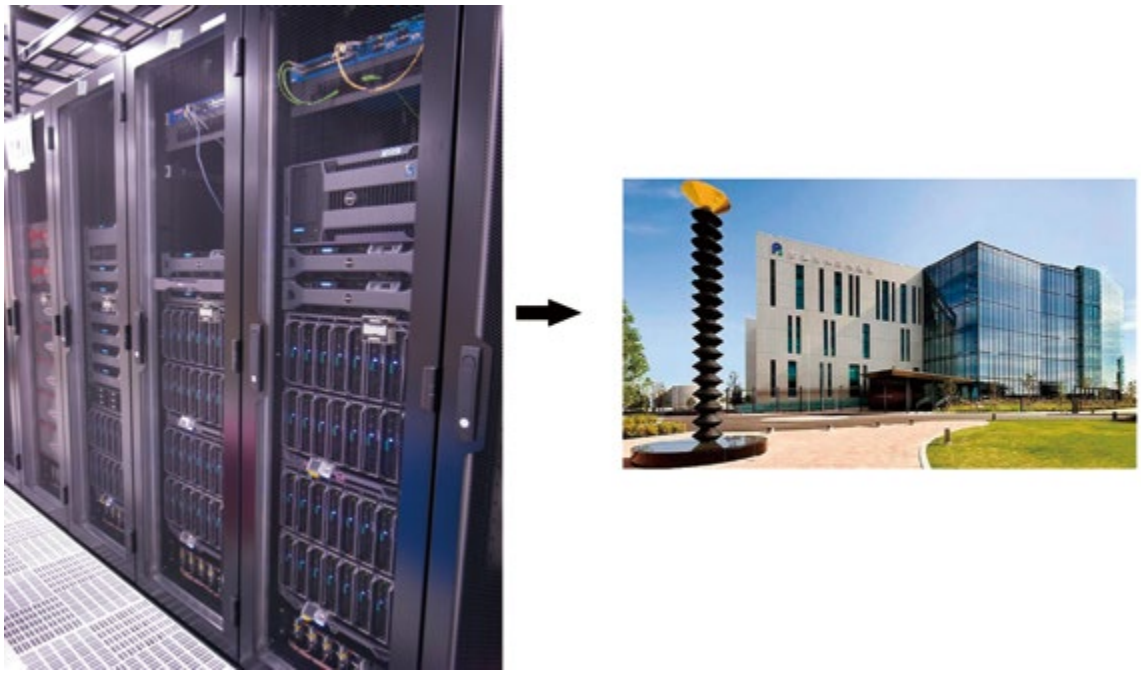
それは凄いですね。

城地氏：とはいえ、課題がないわけではありません。分子や原子の状態がより詳細に分かるということは、SACLA から出力されるデータ量も膨大になってしまうということです。物質の構造は 2 次元の画像データで表されますが、SPring-8 では一回の実験で出力される画像は概ね数百枚程度。ところが SACLA では、100 万枚～ 1000 万枚というケタ違いのデータ量になってしまうのです。SACLA の能力をフルに発揮させるためには、この大容量データを高速に処理できるコンピューティングパワーが不可欠。そこで世界トップレベルの計算能力を誇るスパコン「京」との連携を推進しています。

その「京」と SACLA を結ぶネットワークとして、SINET が活用されているわけですね。

杉本氏：その通りです。SACLA から出力されるデータは一日あたり約 37TB、一週間では約 300TB もの容量になります。不要なデータは間引くなど、ある程度データ容量を抑えるための努力は行っていますが、1/10 に減らしたとしても一週間あたり 30TB。これほどのデータを京に送るためには、SINET のような高速･高品質なネットワークインフラがどうしても必要です。

初井氏：しかも、さらにやっかいなのが、SACLA での研究はこれまでと違って、実験と結果の確認を同時並行で進めるんですね。装置から出力されたデータを後でまとめてチェックするというのが、これまでのやり方。しかし、SACLA では、実際にうまく実験が行われているかどうか京で判定しながら作業を進めます。このため、SACLA と京があたかも一つの装置であるかのように密接に連携させないといけません。この重要な役割を果たしているのが SINET なのです。



SACLA とスパコンとの連携による大規模データ解析

(© 理化学研究所)

SINET に課せられた使命は重大ですね。

杉本氏：ええ。しかし SINET はその重責をしっかりと果たしてくれています。SACLA では初期の実験に必要な帯域を 4Gbps と見積もっていますが、2 月に実施した転送試験では平均で 6.4Gbps くらいの帯域が確保できました。いろいろな大学と接続することも想定して、特別なチューニングは一切行っていないにも関わらず、我々の期待以上のパフォーマンスが得られたのはさすがでしたね。

間山氏：ノード担当者としても、SINET には常に安定的なネットワーク環境を提供してもらい助かっています。本施設のような大容量データを利用する機関では、SINET が研究を支える生命線ですから、今後もさらなる発展を期待しています。また最近では、IT インフラのクラウド化なども検討を進めていますが、こうした場面でも利用者の利便性向上に SINET を役立てられればと考えています。

最後に今後の意気込みを伺えますか。

城地氏：SACLA ではこれまでにない大量データを活用した研究が行えるようになりますから、我々としてもユーザーの方々が使いやすい研究基盤を提供する必要があると考えています。その実現に向けて努力していきたいですね。

杉本氏：今後の X 線研究では、コンピュータがレンズの代わりを果たすようになります。IT インフラの重要性も今まで以上に重くなりますので、しっかりとした環境を整備していきたいと思います。

初井氏：SACLA が稼働を開始したことで、X 線研究は新しい時代を迎えたと言えます。現代のサイエンスでは科学技術基盤を含めた総合力の高さが要求されますので、いろいろな分野の方々と積極的に協力して成果を挙げていきたい。今後もデータ量は格段に増えると予想しております。ネットワーク分野での SINET の貢献にも大いに期待しています。

ありがとうございました。

30. スパコン「地球シミュレータ」とSINETとの連携

海洋研究開発機構

3 4 5

独立行政法人 海洋研究開発機構（以下、JAMSTEC）では、世界でもトップレベルの性能を誇るスパコン「地球シミュレータ」を利用して、様々な研究や事業を展開しています。その概要とSINETが果たす役割について、JAMSTEC 地球シミュレータセンター 情報システム部 基盤システムグループ サブリーダー 直井 純氏、同 サブリーダー 大倉 悟氏、同 技術副主任 堀内 幹夫氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年3月15日）

まずJAMSTEC全体の活動について教えて頂けますか。

直井氏：JAMSTECは、我が国における海洋科学技術の総合的な研究機関であり、海洋を中心とした地球システムの解明や、地球環境保全・防災・資源確保などの諸問題への貢献を目指しています。具体的な研究分野としては、温暖化に代表される地球環境変動の研究、地震・津波などの地球内部ダイナミクスの研究、深海や地核内といった極限環境に棲む生物の研究の3点が挙げられます。また、その他に、これらの研究を支援するための基盤技術開発も手がけています。たとえば、地球深部探査船「ちきゅう」や海洋地球研究船「みらい」、有人潜水調査船「しんかい6500」、無人探査機「かいこう7000II」など、各種船舶・潜水船・探査機の建造・運用も行っています。

研究拠点も全国に展開されていますね。

直井氏：そうですね。横須賀の本部を中心に、青森にはむつ研究所、高知には高知コア研究所、沖縄には国際海洋環境情報センター(GODAC)を置いており、東京とワシントンにも事務所を構えています。そうした拠点の中でも、ここ横浜研究所は、シミュレーション研究の中核拠点であると同時に、JAMSTECのITインフラを司る役割を担っています。研究所内には、後述する地球シミュレータや各種の業務システムが設置されており、その開発・運用を我々情報システム部が担当しています。

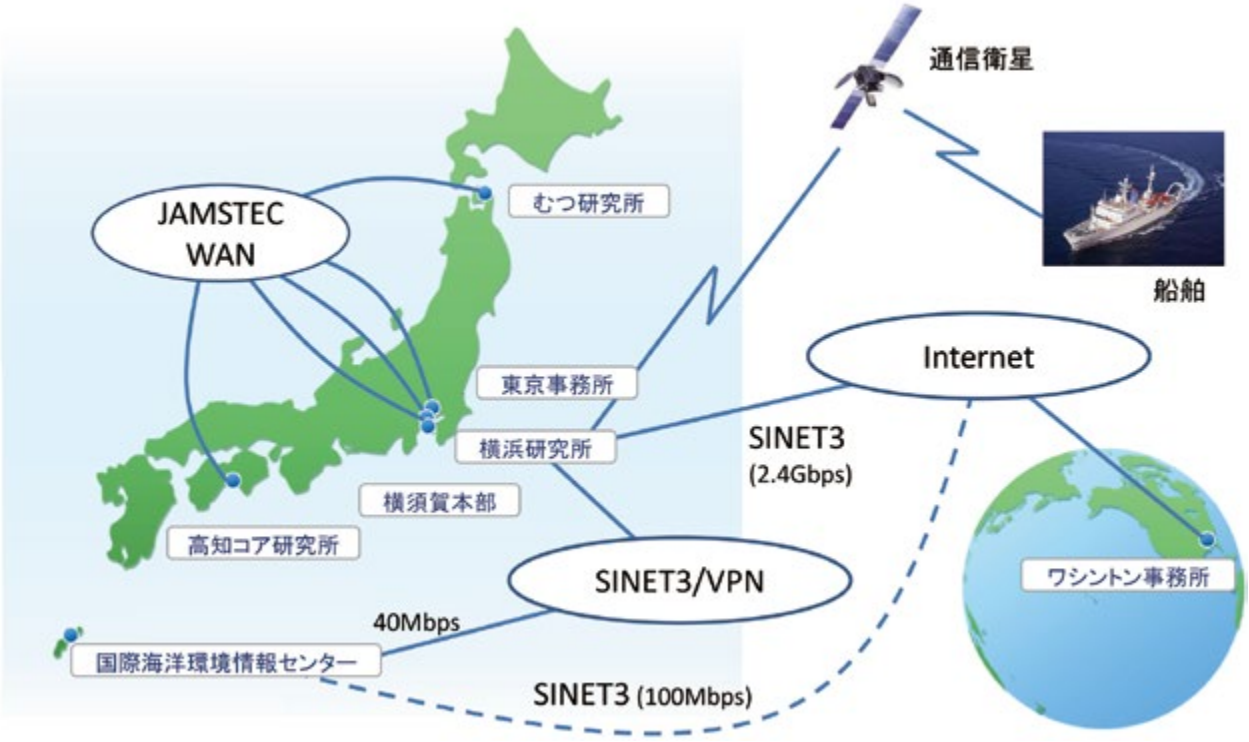
ネットワーク環境についてはどのようになっているのですか。

堀内氏：各地の拠点を広域LANサービスで結ぶと同時に、外部の機関や研究所とはSINET3を利用して接続を行っています。今やネットワークは、研究や日々の業務を支える生命線です。我々としても、障害で停止したりすることのないよう、安定運用にはかなり気を遣っていますね。

また、JAMSTECには、地球シミュレータのように外部へのサービス提供を行っているコンピュータも存在しますし、業務で取り扱うデータも年々大容量化しています。このため、高速化への要望も年々強くなっています。2010年2月には、GODACとの接続を広域LANサービスからSINET3のL2VPNに切り替えました。

その狙いはどのような点にあったのですか。

堀内氏：大容量のマルチメディアデータを効率的に活用するためです。GODACでは、研究の過程で得られた貴重な深海映像などをデジタルコンテンツ化し、インターネットを通じて広く一般に公開しています。この元になるデータは横浜研究所に蓄積されていますので、大容量の映像データを沖縄へ高速転送するためのネットワークが必要なのです。以前の環境では帯域が10Mbpsだったのですが、これをSINETに切り替えることで40Mbpsに拡張できました。今後も順次増速したいと考えていますが、マルチメディア系のサービスを充実させていくためには、やはりこうした高速なネットワーク環境が欠かせませんね。



JAMSTEC ネットワーク概要

JAMSTEC と言えば「地球シミュレータ」も有名ですが、こちらの概要についても教えて下さい。

大倉氏：初代地球シミュレータは、1990 年代後半に、気象計算、具体的には大気大循環モデルの計算で当時のスパコンの 1000 倍の性能を実現すべく開発されました。2002 年 3 月に運用を開始した際には、スパコンの性能を測る指標として知られる LINPACK ベンチマークで第一位を獲得し、世界最速のスパコンとして大きな話題を呼びました。この初代地球シミュレータは、その後 7 年間にわたり研究に活用されてきましたが、環境面や運用面からもそろそろ更新が求められてきたため、2009 年 3 月に二代目となる現在の地球シミュレータ (ES2) に交代しました。ベクトル型スパコン「SX-9/E」160 ノードで構成され、131TFLOPS の演算性能を叩き出す地球シミュレータ (ES2) は、運用開始当時国内では最速、また世界でも依然としてトップクラスの性能を誇るスパコンです。

現在はどのような形で運用されているのですか。

大倉氏：地球シミュレータの計算機資源は、大きく分けて「一般公募枠」「特定プロジェクト枠」「機構戦略枠」の 3 つの用途に割り当てられています。まず一般公募枠では、地球科学分野やそれ以外の研究分野から応募を募り、先進的･独創的と認められた研究に対して資源を提供しています。2009 年度は地球科学分野で 16 件、それ以外の分野で 9 件の利用がありました。次に二番目の特定プロジェクト枠とは、国からの委託や補助で進められるプログラム向けに地球シミュレータを提供するものです。ここでも 21 世紀気候変動予測革新プログラムなど、様々な先端研究に地球シミュレータが利用されています。そして最後の機構戦略枠は、JAMSTEC 自身の研究プロジェクトに地球シミュレータを利用するものです。ちなみに、計算機資源の全体的な割当比率は、一般公募枠が 40%、特定プロジェクト枠と機構戦略枠がそれぞれ 30% ずつとなっています。また、2010 年 1 月時点での登録者数は、利用機関数で 113 機関、研究者数で 569 名となっています。

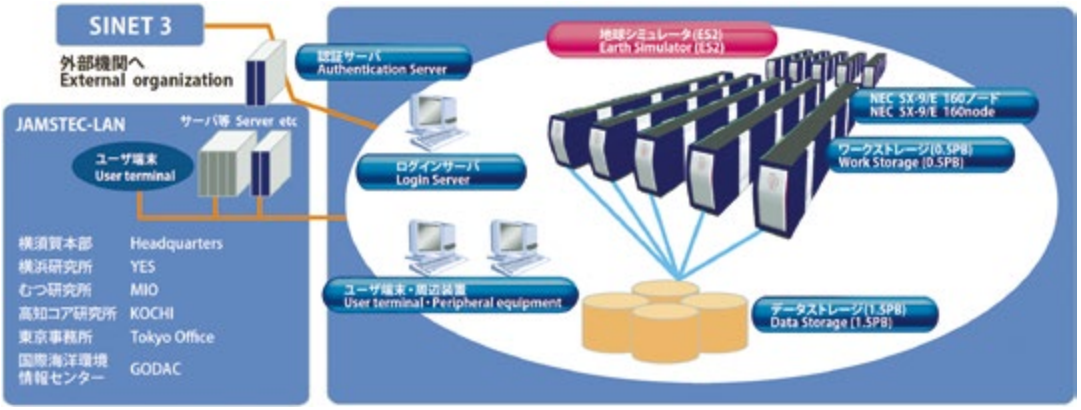
地球シミュレータ（ES2）

民間企業が研究や製品開発のために地球シミュレータを利用することもできるそうですが。

大倉氏：ええ。これは「地球シミュレータ産業戦略利用プログラム」と呼ばれる制度で、毎年公募を行っています。2009年度の公募では、流体、ナノ、バイオ、環境の4つの分野を設定しました。もっとも、このプログラムでは利用成果を公開することが原則ですから、製品開発などには馴染まない面もあります。そこで、これとは別に、成果を非公開にできる「成果専有型有償利用制度」なども用意しています。

地球シミュレータクラスのスパコンになると、シミュレーションで取り扱うデータ量も相当膨大なのでしょうね。

大倉氏：一つの研究プロジェクトだけでも数百TB級のデータが発生しますので、現在はユーザーディスクとして1.5PBの容量を確保しています。さすがに、これくらいのデータ量になると、研究者の方も気軽に自分の大学や機関に転送するわけにはいきません。そこで現在は、シミュレーションの計算結果をネットワーク経由で参照する使い方が主流になっています。もっとも、今後ネットワークがさらに進化すれば、こうした使い方も変わってくるかもしれません。そういう意味では、SINETに掛ける期待も大きいですね。



地球シミュレータ（ES2）システム概念図

最後に今後の抱負をお聞かせ下さい。

直井氏：JAMSTECでは今までのお話以外にも、東大・地震研と地震研究のためのネットワークを構築したり、海上の船舶からJAXAの衛星を経由して横浜研究所へ接続するなど、様々な取り組みを行っています。情報システム部門としても、ITインフラの整備拡充を図ることで、こうした先端研究をしっかりと支援していきたい。また、それと並行して、ネットワークの新たな活用研究も進めていきたいと思っているので、より高速なSINET4に期待しています。

ありがとうございました。

31. SINETを介した計算機資源等の提供、円滑なキャンパス移転

統計数理研究所

3 4 5

大学共同利用機関法人 統計数理研究所では、統計科学に関する最先端研究や、様々な分野の研究者との共同研究を幅広く展開しています。同研究所におけるネットワーク活用について、統計数理研究所 副所長 データ科学研究系 教授 田村 義保氏と、同 統計科学技術センター 計算基盤室 室長 中村 和博氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年3月11日）

統計数理研究所（以下、統数研）の概要についてお話頂けますか。

田村氏：まず日本の統計学の事情についてお話しますと、現在、日本の大学で統計学の専門学部・学科を置いているところは一つもありません。そこで統数研が、日本における統計科学のCenter of Excellenceとして、統計数理研究の中核的な役割を担っています。世界をリードするような成果も数多く挙げており、本機関の所長を務められた故 赤池弘次先生の「赤池情報量規準」のように、モデル選択の手法として世界的に利用されているものもあります。

一般に統計学というと、新聞などに載っている円グラフや棒グラフなどをまず想像されるかも知れませんが（笑）、実は最先端科学から生活に密着した分野まで、幅広い領域で活用されています。世論調査や選挙の当落予想だけでなく、自然科学や医学、金融工学、さらには小売店の需要予測や売上げ分析に至るまで、あらゆるところに統計学が用いられているのです。

それで統数研内にも、様々な分野の研究グループが設置されているのですね。

田村氏：そういうことです。19世紀の著名な統計学者、カール・ピアソンは「統計は科学の文法である」と言っていますが、何らかのデータを元にして、モデルの構築や分析を行っていくためには、統計学の知識がかならず必要になります。どのような分野の学問であるかを問わず、データを利用するところでは、すべて統計学が欠かせないのです。意外かも知れませんが、古典文学の研究などでも、文体の特徴を調べる手法として統計学が利用されているんですよ。私自身も専門分野は時系列解析、つまり時間経過に伴って変化するものを予測・制御するための統計学ですが、現在は医学部と共同で生物の呼吸と脳の働きについての研究を行っています。

まさに現代科学の基盤になる学問というわけですね。ITの活用についてはいかがですか。

田村氏：情報化への取り組みも非常に早かったですね。日本初の商用コンピュータは富士通の「FACOM128A」と言われていますが、これを初めて導入したのも統数研です。統計学では大量のデータを扱いますから、高速なコンピュータとネットワークが必須です。ネットワークについても、現在のようなインターネット環境が一般化する以前から、東大のTISNやJUNETとの接続を行っています。所内においても、80年代後半には既に10BASE-5、いわゆるイエローケーブルを敷設してLANを構築しています。

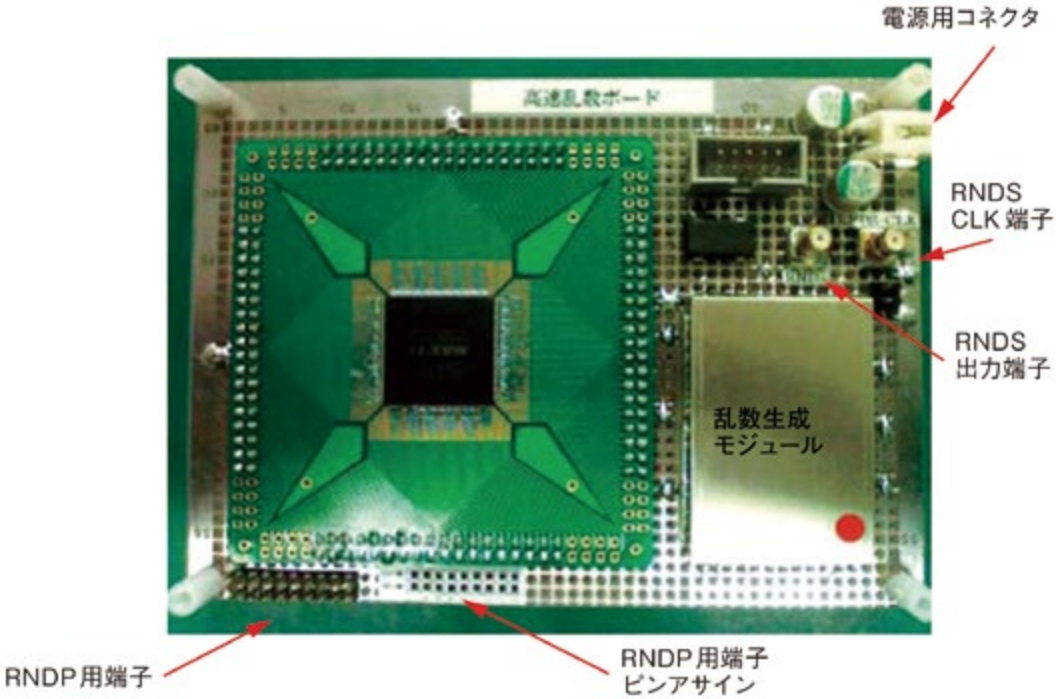
IT に対するユーザーからの要求レベルもかなり高くなっているのではないかと思いますが。

中村氏：そうですね。私の管轄する計算基盤室では、統数研の情報システム部門としての役割を担っていますが、信頼性・可用性やセキュリティについてはかなり気を遣っています。特に最近では、メールなども研究を支える重要なツールになっていますので、ダウンタイムは可能な限り短くするように心がけています。

また、高速性も非常に重要な要件ですね。当研究所では外部の大学・研究機関に対してスパコンをはじめとする計算機資源を提供していますし、データの大容量化も年を追う毎に加速しています。それだけに、ネットワークも速ければ速いほど望ましい。比較的早くから SINET を導入したのも、こうしたニーズに応えていくためです。

スパコンのお話が出ましたが、その他にはどのような用途でネットワークが利用されていますか。

田村氏：たとえば、所内の物理乱数発生ボードで作成した乱数を、オンデマンドで所内外から利用できるサービスを提供しています。物理乱数には、疑似乱数に比べて周期性や「クセ」が少ないというメリットがありますが、その一方で費用が高額なのが難点です。もちろん物理乱数発生ボードを所有している研究所や大学もありますが、研究者個人レベルでは手が届かないケースも少なくありません。その点、統数研では世界最高レベルの性能を誇る装置を開発していますので、これを広く利用してもらおうと考えたわけです。



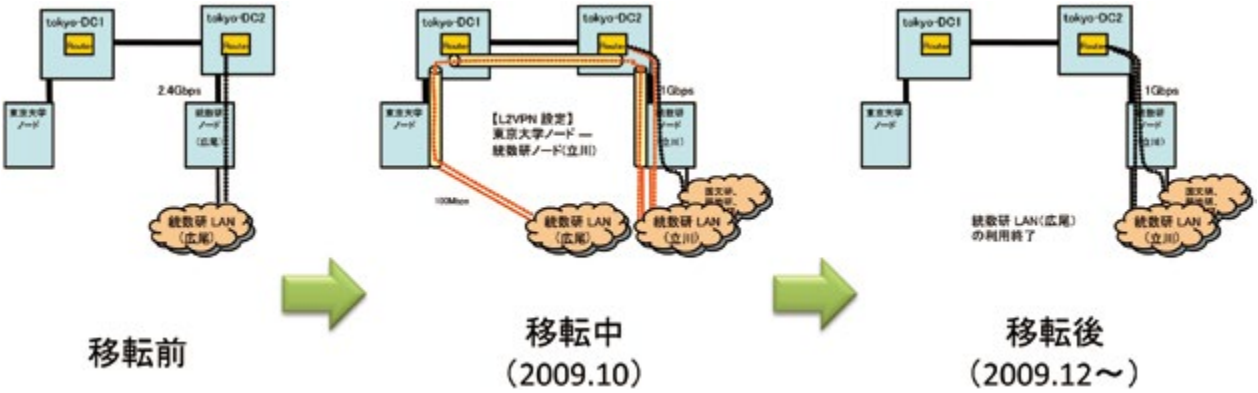
物理乱数発生ボードのプロトタイプ

ただし、ディスクにダウンロードできるくらいの乱数でしたら問題ないですが、装置の性能を最大限に活用するとなると、現在のネットワーク環境ではまだまだ厳しい面もありますね。2010 年 7 月には 3 種類の物理乱数発生ボードが稼働しますが、これをオンラインの状態でフル活用すると約 600MB/s もの帯域を占有します。そういう意味では SINET の帯域も、もっと太くなってくれるとありがたい（笑）。

また、その他の例としては、先に述べた私の研究でも実験 / 解析データの共有に SINET を活用しています。当研究所・共同研究所との間でデータを高速に同期させられるため、非常に便利ですね。こうした大容量データをいちいち添付ファイルで送ったりしていたのでは、効率が悪くて仕方がありませんから。

研究所の立川移転の際にも SINET が役立ったとのことですが。

中村氏：移転の段階では、まだスパコンのレンタル期間が残っていましたので、スパコンを物理的に移設して稼働させるか、それともネットワーク経由で利用するかの判断を迫られました。一度スパコンをバラして運び、また組み上げて設定などを行うとなると、コストも手間もかなり掛かってしまいます。そこで、残りの期間はネットワーク経由で使用することにしたのですが、SINET の L2VPN を利用していたおかげで、移転後も以前と同じ感覚でスパコンを使うことができました。場所は違っても同じセグメントとして一体運用できますし、煩雑なネットワーク機器の再設定作業も必要ありません。また、研究データやメールサーバのデータなどについても、一度テープに落としたりすることなく、SINET を利用して移すことができました。移転に伴うダウンタイムをほぼゼロで抑えられたのは、非常にありがたかったですね。



キャンパス移転時のネットワーク構成

SINET に対する期待などがあればお聞かせ下さい。

中村氏：ユーザーに対して最適なサービスを提供することが我々のミッションですから、今後も様々な改善を行っていきます。特に最近では、コンピュータやディスクの高速･大容量化が急速に進んでいますので、ネットワークがボトルネックにならないように注意する必要があります。ぜひ SINET にも、より高速で高信頼なネットワークサービスを提供し続けて欲しいですね。

最後に今後の抱負を伺えますか。

田村氏：統数研では、統計数理に関する最先端研究だけでなく、他の分野への普及活動にも力を入れていきたいと思っています。具体的には、統計の知識を網羅し、なおかつ研究プロジェクトのマネジメントができるような人材を育てていきたい。他分野との融合を深めることで統計学の裾野も広がりますし、新しい研究分野の開拓にもつながります。そのためにも、先端研究と普及･啓蒙活動を両輪で廻していくことが重要だと考えています。

ありがとうございました。

32. 遠隔操作によるX線解析強度データの測定
—SPring-8構造生物学ビームラインの現状—

高輝度光科学研究センター

3 4 5

財団法人 高輝度光科学研究センター (JASRI) では、世界最高レベルの放射光を発生する大規模研究施設「SPring-8」において様々な分野の先端研究を行っています。今回はその中から、構造生物学研究における SINET の活用について、JASRI 利用研究促進部門 構造生物グループ 熊坂崇氏と、同 長谷川 和也氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年4月15日）

SPring-8 は世界でも有数の放射光施設とのことですが、その原理と施設の概要について教えて頂けますか。

熊坂氏：承知しました。まず放射光とは、ほぼ光速で直進する電子の進行方向を、磁石などによって変えた際に発生する電磁波のことです。この電磁波には、極めて明るい、向きが揃っている、X 線から赤外線まで広い波長領域を含むなど、様々な特徴が備わっており、対象物に照射した際に生じる散乱や回折などの現象を調べることで、物質の種類や構造、性質などを詳しく知ることができます。放射光が利用できる研究領域は非常に幅広く、生命科学、物質科学、化学、地球科学、環境科学、医学、産業、核物理など、様々な分野で活用されています。最近では国内や海外でも数多くの放射光施設が稼働していますが、周長約 1.5km に及ぶ蓄積リングと 55 本（内建設中 3 本）のビームラインを持ち、電子ビームを 8GeV まで加速できる SPring-8 は、その中でもトップクラスの大型放射光施設と言えます。

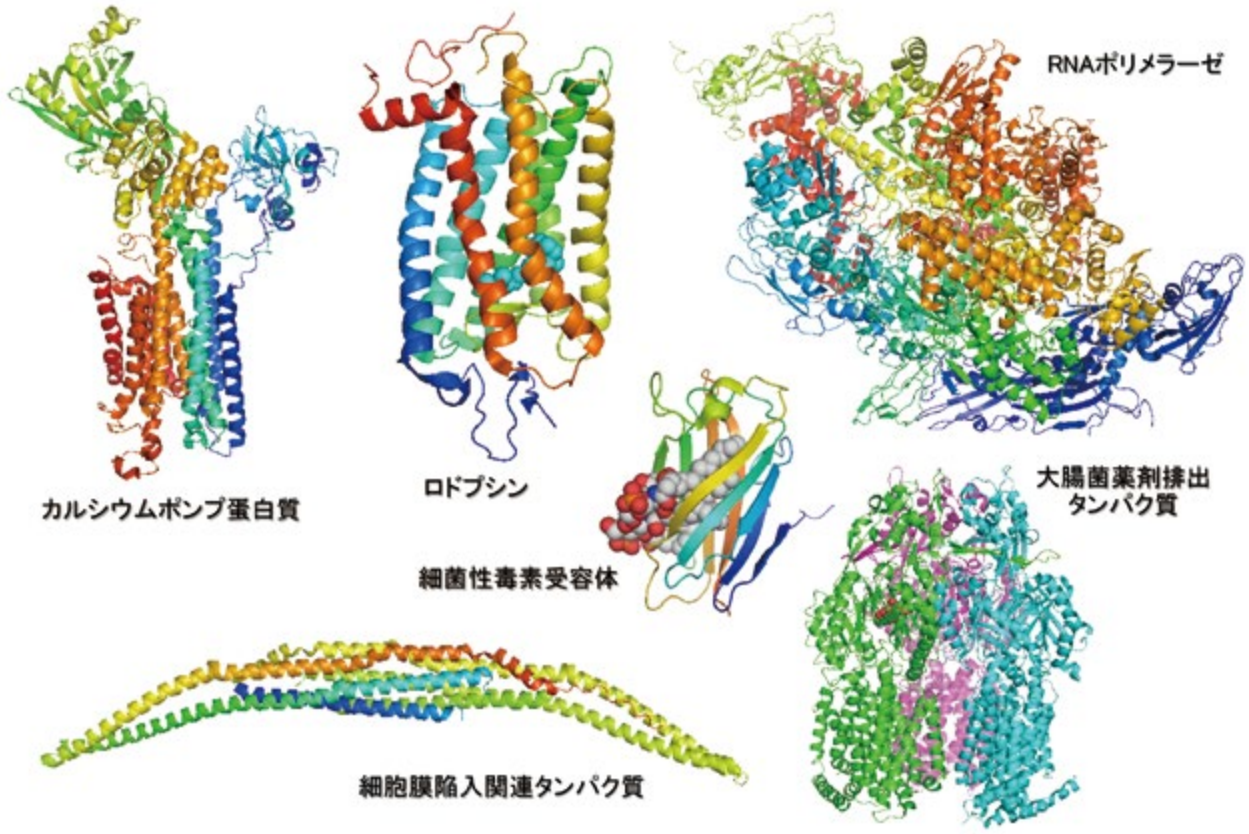
SPring-8 の全景

熊坂先生と長谷川先生のグループでは、SPring-8 を利用してどのような研究を行われているのですか。

熊坂氏：我々が所属する構造生物グループでは、主に生物学に関連する研究を行っています。ヒトゲノム計画によって人間の遺伝情報が解明されましたが、ATGC の塩基配列はいわば一次元の設計図のようなものです。これがタンパク質に翻訳された際には、三次元の立体構造を取り、生命活動を支えています。このタンパク質の立体構造を決定することで、様々な生命活動の仕組みが理解でき、生体機能の解明や薬剤の設計などに役立てることができるのです。

よく「鍵と鍵穴」という表現が使われますが、標的となるタンパク質（鍵穴）にピッタリ合う化学物質（鍵）があると、そこで化学反応が生じます。この鍵の形を模倣した化合物を探すことで、様々な医薬品を開発することができます。たとえば、インフルエンザの例で言えば、細胞に侵入したウイルスの遊離を止める化学物質を見つけることが、抗ウイルス剤の開発につながるわけですね。

実際にタンパク質の立体構造を決定する際には、SPring-8 のビームラインを利用して「結晶構造解析」という作業を行います。これは標的となるタンパク質の結晶に放射光を当てて画像を撮影し、その回折像を調べることで分子構造を決定するというものです。

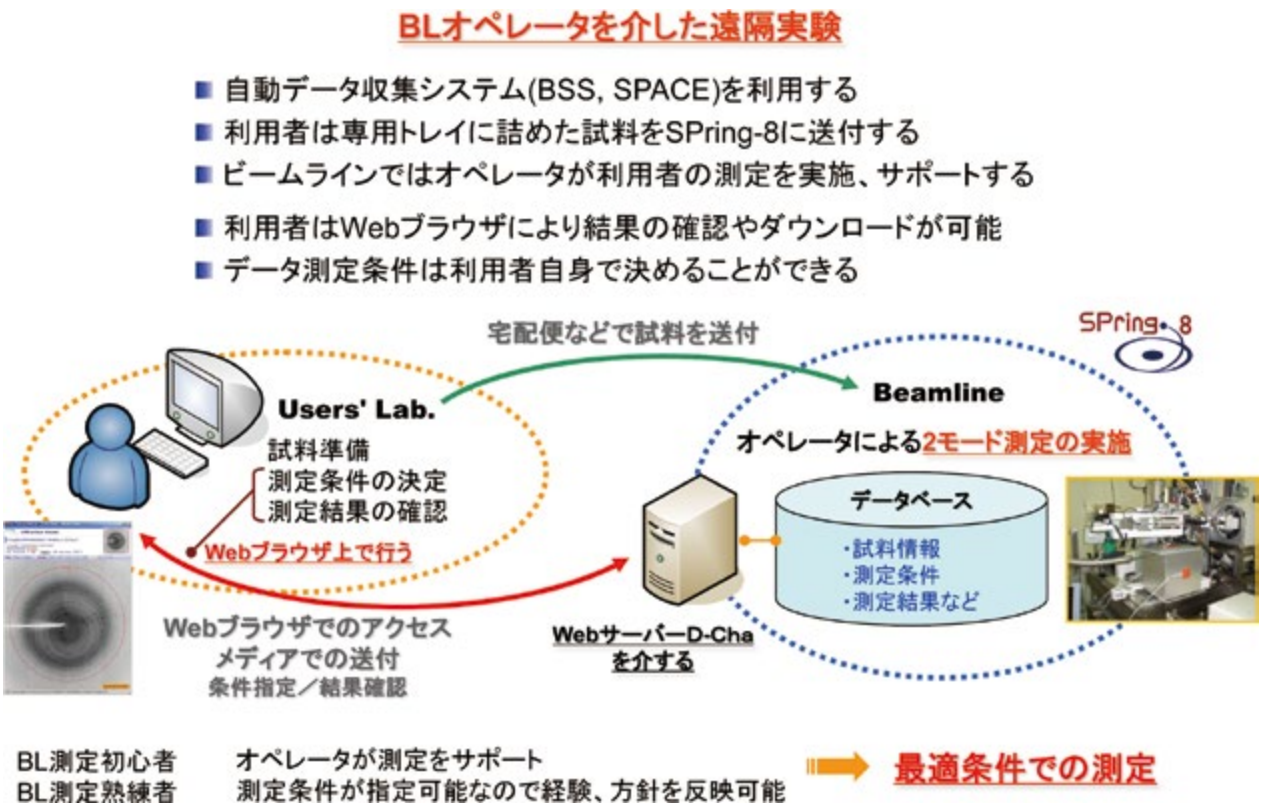


SPring-8 で決定されたタンパク質の立体構造の例

現在、SINET3 を利用したリアルタイム遠隔測定の準備も進められているとのことですが、それにはどのような理由があったのですか。

熊坂氏：SPring-8 では、外部の大学･研究機関や製薬会社などの利用も受け付けています。もちろん、こちらに直接来て頂いても良いのですが、それが難しいという場合には「メールインデータ収集」という仕組みを利用して頂いていました。

元々我々のグループでは、データ収集の自動化に取り組んでおり、ビームラインの統合制御を行うソフトウェアやサンプルの自動交換ロボットなどを開発しています。これを応用すれば、わざわざこちらまで出向いて頂かなくとも測定作業ができるのではないかと考えたのが、メールインデータ収集を開発したきっかけです。サンプルを宅配便などで送って頂き、照射条件などを指示してもらえば、後の作業はこちらでできますからね。



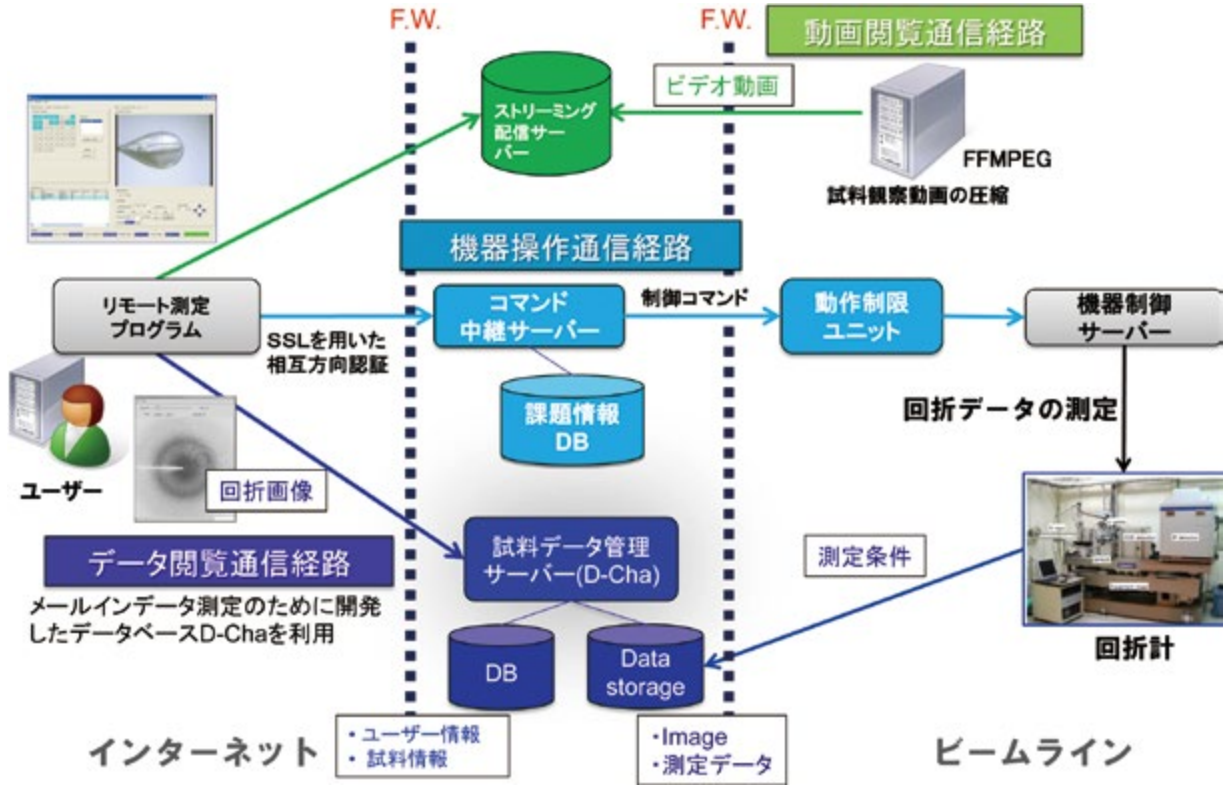
SPring-8 におけるメールインデータ収集の概念

もっとも、メールインデータ収集の場合、安全管理上の問題で、実際の作業は SPring-8 側のオペレータが代行することになります。しかしユーザーの方からは、そうではなく、できれば自分たちで直接ビームラインを制御したいとの要望もありました。タンパク質の結晶を作るのは非常に難しい作業なので、サンプルが一つしかできないことも珍しくありません。しかも放射光を当てることで壊れてしまう場合もあるため、オペレータ任せではなく、自分自身で狙ったポイントに放射光を当てたいというわけです。

とはいえ、安全性の問題をおろそかにすることはできませんね。

長谷川氏：その通りです。特に遠隔測定では、ネットワーク越しに試料の位置合わせなどの機器操作を行いますので、ネットワークセキュリティを確保しつつ、測定を行える環境を実現することが重要な課題になりました。そこで新たに開発した遠隔操作システムでは、相手方の ID や実験開始時間などの情報をデータベースで管理し、権限を持つコンピュータからの通信だけを受け付けるようにしています。さらに、セキュアな通信を行うために、SSL による認証なども行っています。

また、これと並んでもう一つ課題となったのが、動画データの円滑なストリーミングです。メールインデータ収集の場合はそれほどリアルタイム性は要求されませんが、今回のシステムではユーザーの方が試料の様子をモニタで見ながら、ビームを当てるポイントを決めます。このため、スムーズな動画再生が欠かせないのです。今回はフリーソフトの FFMPEG を利用し、600 × 480 ドット･10fps 程度の動画を流すことで、この問題をクリアしています。ちなみに実験終了後のデータは、メールインデータ収集のために開発したデータベース「D-cha」に格納され、第三者の閲覧はできないようになっています。



SPring-8 の遠隔操作システム

そのインフラとして SINET3 が利用されているわけですね。

長谷川氏：はい。SPring-8 では Super-SINET の時代から対外接続の基盤として SINET を利用しており、日々の研究や業務に役立てています。最近では我々の研究分野でもデータ容量が急速に増加しており、高速・高信頼なネットワーク環境が必須になっています。たとえばメールインデータ収集の場合、一晩あたりの測定データの容量は約 34GB にも達します。先に触れたストリーミングもそうですが、こうした大容量の研究データを転送する上では、SINET3 のような学術ネットワークサービスが不可欠です。画像を撮影する X 線検出器の高解像度化・高速化なども進んでいますので、データ通信インフラとしての SINET に掛ける期待は非常に大きいですね。

リアルタイム遠隔測定はいつ頃から本格的に開始される予定なのですか。

長谷川氏：現在は、最終的な調整作業の段階に入っており、SPring-8 サイト内からの動作テストを行っています。充分な手応えが得られていますので、今後は、埼玉県・和光市の理化学研究所などと結んでテストを経た上で早ければ 2011 年くらいにはサービス開始にこぎつけたいと考えています。

それは楽しみですね。最後に今後の抱負を伺えますか。

熊坂氏：遠隔測定サービスが開始されれば、今まで場所的な問題などで敷居の高さを感じていた研究者の方々にも、もっと手軽に SPring-8 の施設を活用してもらえるようになります。それによって、生物学研究の間口がもっと広がっていけば嬉しいですね。

長谷川氏：開発を担当する立場としては、ユーザーの方々に喜んで使ってもらえるようなシステムに育てていきたいですね。さらには、日本国内だけでなく、アジアをはじめとする海外の研究者にも利用して頂けるようになればと考えています。

ありがとうございました。

33. 触覚フィードバックを含む遠隔制御システム

豊橋技術科学大学

3

国立大学法人 豊橋技術科学大学では、高専連携教育研究プロジェクトとして、高専 - 技科大間における遠隔制御の研究ネットワーク構築と試験運用･実験を実施しています。2008 年には、その一環として、SINET3 の QoS サービスを用いた触覚フィードバックを含む遠隔制御システムを、函館高専と共同で構築しました。その概要と成果について、豊橋技術科学大学 生産システム工学系 システム制御研究室 准教授 三好 孝典氏と、同 研究基盤センター / 生産システム工学系 計測システム研究室 助教 今村 孝氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2009年7月3日）

まずはお二方の研究分野について教えて頂けますか。

三好氏：本学のシステム制御研究室では、ロボティクスと制振制御を中心とした制御工学分野の研究に幅広く取り組んでいますが、私自身はその中でも、パワーアシストシステムと遠隔制御の2分野を専門に手がけています。前者のパワーアシストは、大きく重たいものを小さな力で動かすためのシステムです。100kg もあるような重量物を、指一本で動せるようにするといった具合ですね。

また、後者の遠隔制御では、ヒトの動作と離れた場所にある機械の動きを協調させる研究を行っています。たとえば、ヒトがものを掴む動作をすると、離れた場所にあるロボットアームが同じように動きます。しかも、ただ動くだけではなく、ロボットアームがものを掴んだ感覚がちゃんと人間にフィードバックされるようになっています。こうした複雑な制御を自然に行えるようにするのが、この研究の難しさであり、醍醐味でもあると言えるでしょう。

今村氏：私は計測システム研究室でヒトの動きを計測する研究を手がけています。たとえば、自動車を運転しているドライバーの疲労度を身体の動きから計測したり、身体のバランスの状態を行動計測して、その情報をリハビリテーションに活用するための基礎研究を行っています。これらのセンシングの立場からもネットワーク利用は有効ですので、このプロジェクトに参加しています。それ以外にも、小学生向けに安価な素材で製作できる二足歩行のおもちゃを提案して、製作講習会なども実施しています。

今回の高専連携教育研究プロジェクトに取り組まれたのは、どのようないきさつからだったのでしょう。

今村氏：本学は学生の約 8 割が高専の卒業生で構成されており、高専との研究･教育交流を非常に重要視しています。より高度な知識･技術を習得したいと考える高専生にはぜひ本学に来てもらいたいですし、高専との共同研究も積極的に推進したいと考えています。そこで、この理念を具体化するために、2007 年から本学全体で高専連携教育研究プロジェクトがスタートしました。我々もこの取り組みを通じて全国の高専に対して、遠隔制御実験基盤の構築、並びに遠隔制御体験実習の実施を呼びかけたところ、初年度には国内 5 高専が賛同して下さり、翌年には 9 高専へと拡大しました。

関連 URL　豊橋技術科学大学 高専連携教育研究プロジェクト
http://www.syscon.pse.tut.ac.jp/nct_partnership/index.htm

具体的にはどのような取り組みを行っているのですか。

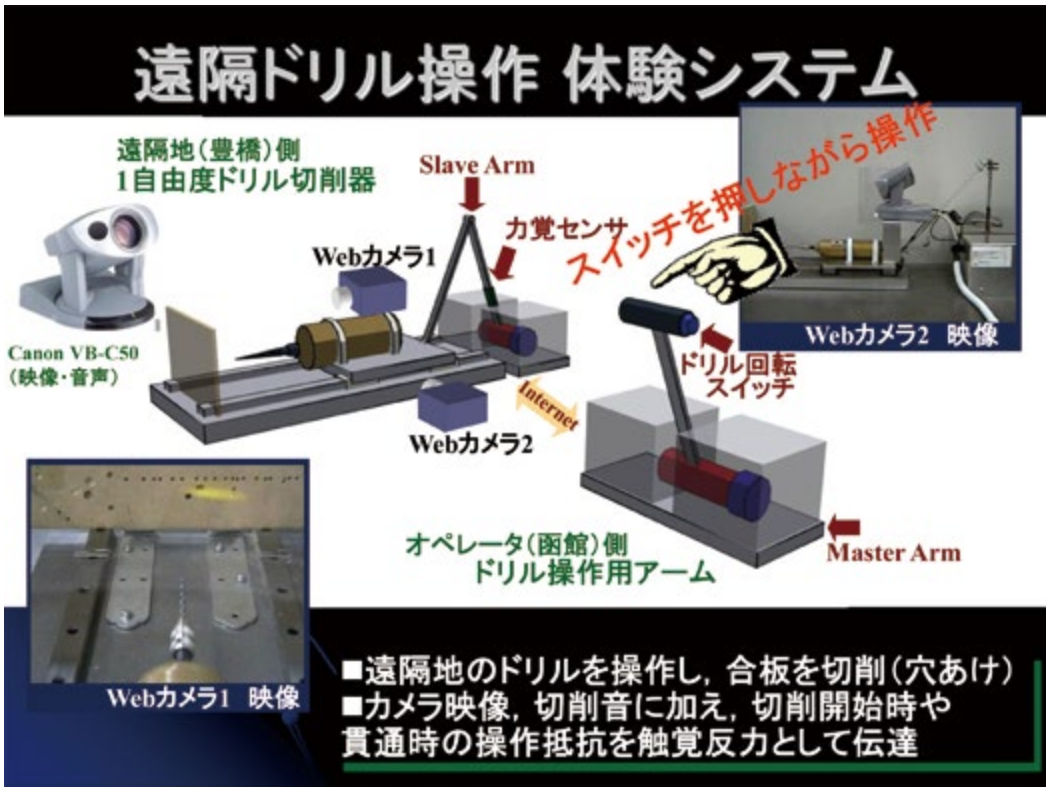
今村氏：たとえば、本学の天井クレーンシステムを利用した「遠隔クレーン操作」では、遠隔地の高専から操作用パドルとパソコンのモニターを使って実際に荷物の搬送を行います。このときパドルには、荷物の揺れや重さなどの情報もフィードバックされるようになっています。また、「遠隔触覚体験」では、本学と高専に一台ずつパドルを設置し、遠隔地にあるパドルが押した対象物の硬さを、手元のパドルへの操作反力から判別する体験を行っています。

それは面白そうですね。

三好氏：ただし、課題もありました。遠隔制御実験を体験した学生からの評判は非常に良かったのですが、ネットワークの状態によっては、映像や音声が途絶してしまうケースがあったのです。せっかく、手元のパドルには触覚がフィードバックされているのに、モニターの画面が止まったままでは、視覚と触覚がアンバランスになってしまいます。これでは学生の興味にも大きく影響しますし、安全上も問題です。

今村氏：そこで、二つの点で改善に取り組みました。まず一点目は、なるべくシンプルで効果的に使えるコンテンツの開発です。これを実現するために、「遠隔ドリル操作システム」を新たに開発しました。手元のパドルを押すと遠隔地のドリルが動き、合板に穴を開けるようになっています。これなら、ドリルが前へ進む一自由度の操作だけで、モニターの映像を見る際の視覚、切削開始時や合板を貫通する際に感じる触覚、ドリルの切削音を聴く聴覚と、3つの感覚に訴えることができます。

　また、二点目は、今お話のあったネットワーク環境の改善です。ちょうどいいタイミングで SINET3 の QoS サービスのモニター公募がありましたので、本学の情報メディア基盤センターにも相談して、早速応募することにしました。



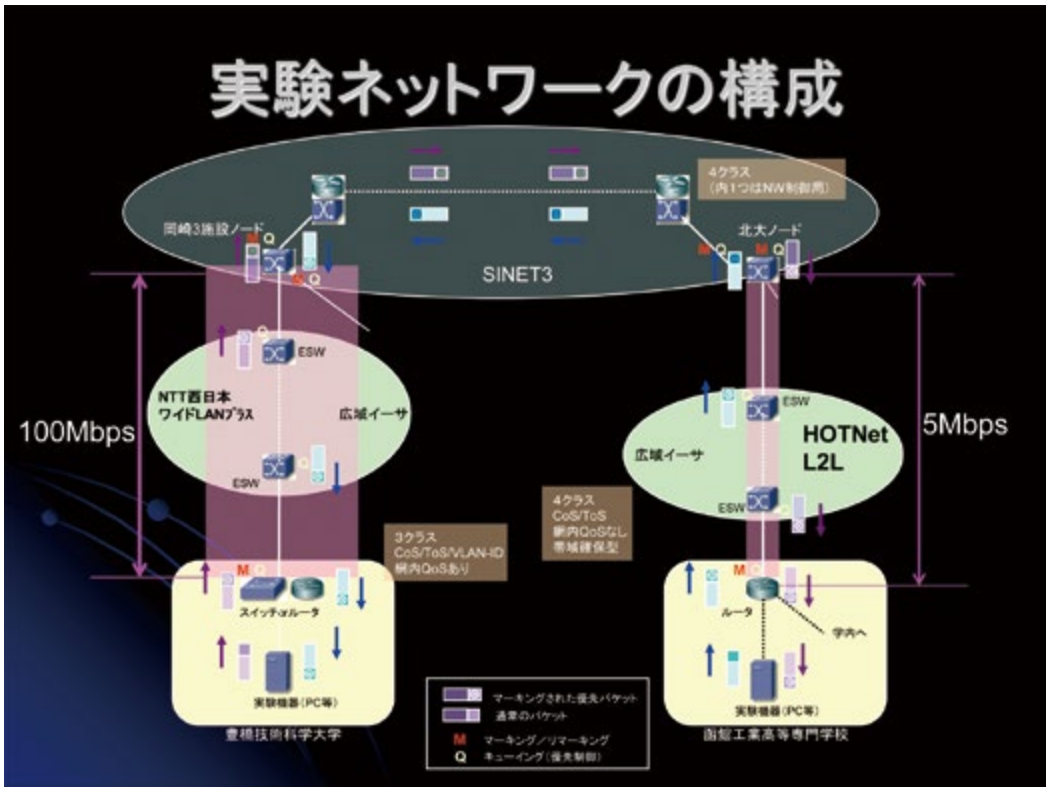
ネットワーク構築上の課題になった点などはありましたか。

三好氏：一番大きな課題になったのは、やはり足回りの回線の品質ですね。SINET3 のバックボーンでは十分な品質が確保できるのですが、高専と SINET とをつなぐ部分で輻輳が起きてしまうのです。今回の実験でも、接続先の函館高専の回線帯域を 3Mbps から 5Mbps へ増速して頂いたり、ルータの 1 ポートを実験ネットワーク用に占有利用するなどの対応を取って頂きました。

実際に SINET3 の Qos サービスを導入した効果は如何でしたか。

今村氏：非常に大きな効果がありました。たとえば以前は、音声の途切れが激しいため、連絡に電話回線を併用するケースもありました。しかし QoS サービス導入後は、ネットワークだけで相手先とスムーズに会話できるようになりました。また映像についても、以前はコマ送りのカクカクした映像でしたが、QoS 導入後はフレームレートが約 2 倍に向上しています。

ちなみに、実験後に函館高専側のネットワークトラフィックを分析したところ、QoS 導入前 / 導入後の両方とも 5Mbps の帯域をフルに使い切っている状態でしたが、後者では滞りなく実験が行えました。これは QoS サービスの優先制御に依るところが大きいと考えています。なお、今回の実験では、函館高専と北大ノードの接続などについて、SINET3 側からも多大なサポートを頂きました。この点にも大変感謝しています。



今後はどのように活動を展開していかれますか。

三好氏：現在検討しているのが、3 次元カメラと 3 次元プロジェクタを使った立体視による遠隔制御です。遠近感が分かれば、よりリアルな体験学習が実現できることでしょう。また、連携先の高専の数も、どんどん増やしていきたいと考えています。将来的には、海外の学校ともこうした活動を展開していきたいですね。

今村氏：今回のプロジェクトのような取り組みは、大学の先端研究を早い時期に体験してもらえる場として非常に有効だと考えています。今後も情報メディア基盤センターと連携しながら、いろいろな取り組みを進めていきたいですし、SINET3 からのご支援にも、大いに期待しています。

ありがとうございました。

関連 URL　触覚フィードバックを含む遠隔制御システムの構築とネットワーク QoS 向上による制御応答性改善および遠隔操作支援可能性の検討
http://www.sinet.ad.jp/document/sinet_doc/ 触覚フィードバックを含む遠隔制御システムの構築とネットワーク QoS 向上による制御応答性改善および遠隔操作支援可能性の検討 .pdf
QoS
http://www.sinet.ad.jp/service/network/l3/QoS

34. 研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究「RENKEIプロジェクト」

東京工業大学

34

東京工業大学 学術国際情報センターでは、NII をはじめとする 8 機関･大学と共同で研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究「RENKEI(REsources liNKage for E-sclence) プロジェクト」を進めています。今回はそのサブテーマの一つである「RENKEI POP(Point of Presence)」と SINET3 の関わりについて、東京工業大学 学術情報センター 教授 松岡 聡氏と、同 特任助教 滝澤 真一朗氏、同 特任助教 佐藤 仁氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年5月7日）

東工大　学術国際情報センターでは、学内の情報化以外にも様々な取り組みを行っておられるそうですね。

松岡氏：当センターでは、現在大きく分けて三つの事業に取り組んでいます。まず一つ目は、今お話のあった学内向け情報基盤の構築･運用です。ここではキャンパスネットワーク「Super TITANET」の運用のほか、教育･研究用計算機やスパコン「TSUBAME」の運用、クラウド型の学内向けホスティングサービス、コンテンツサービスの提供などを行っています。全学統一認証システムも構築しており、一度自分用のポータルにログインすれば、他のシステム / サービスもシングルサインオンで利用できる環境も実現しています。

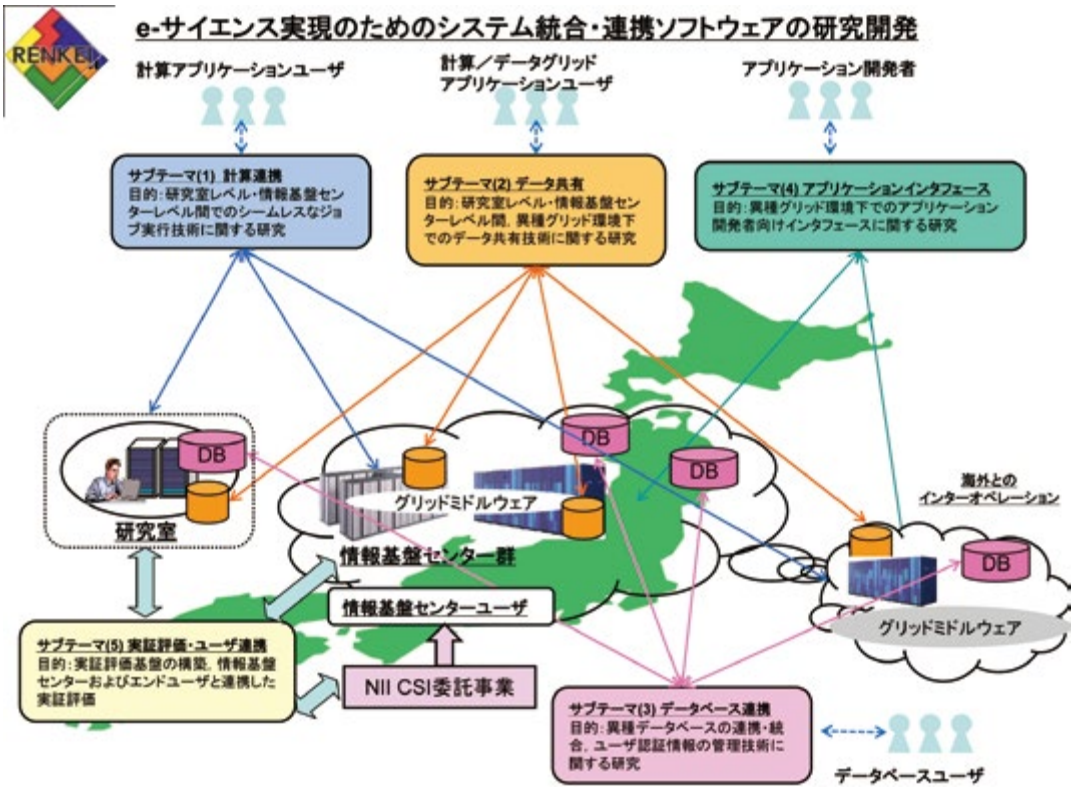
残りの二つは、どちらかというと対外向けの活動で、その一つは本学以外の大学･研究機関と連携して、情報分野における先端研究を推進するというものです。我々自身も研究者ですから、先に述べたような学内情報基盤の整備以外に、e- サイエンス関連のプロジェクトやスパコン、HPC 関連の研究開発など、様々な研究に取り組んでいます。また、もう一つは他大学の情報センターとの連携で、平成 22 年 4 月より「学際大規模情報基盤共同利用･共同研究拠点」の構成センターに加わりました。ちなみに、当センターの名称に「国際」とある通り、タイやカナダ、アメリカなど、海外の大学･研究機関との連携も推進しています。

情報技術以外の分野の研究者とも連携を深められているそうですが。

松岡氏：先端サイエンスの世界では、今やどの分野においても高度な情報処理技術が不可欠になっています。たとえばヒトゲノムなどでも、昔は 10 年掛けて解析していたものが、最新のスパコンを利用すれば数分で読むことが可能になります。そうすると、今までとは全く違った視点での研究が可能になるんですね。これは地球環境や天体の研究などについても全く同じ事が言えます。ところが、生物学や天文学が専門の先生方は、コンピュータや情報処理技術にまで精通しているわけではありません。いろいろな分野の研究を加速していく上では、我々のような情報分野の研究者の後押しが欠かせないのです。

現在進められている RENKEI プロジェクトについても伺いたいのですが。

松岡氏：今お話した通り、現代のサイエンスはゲノム分析のシーケンサや電波望遠鏡、加速器、放射光施設などから生み出される膨大のデータを分析したり、シミュレーションしたりすることが重要なテーマになっています。しかし、そうした e- サイエンスのためのインフラやセンターを、それぞれの研究分野が個別に持つのでは効率が悪い。そこで、すべてのサイエンスの研究者が利用できる共通のデータ基盤を作ろうというのが、RENKEI プロジェクトの狙いです。



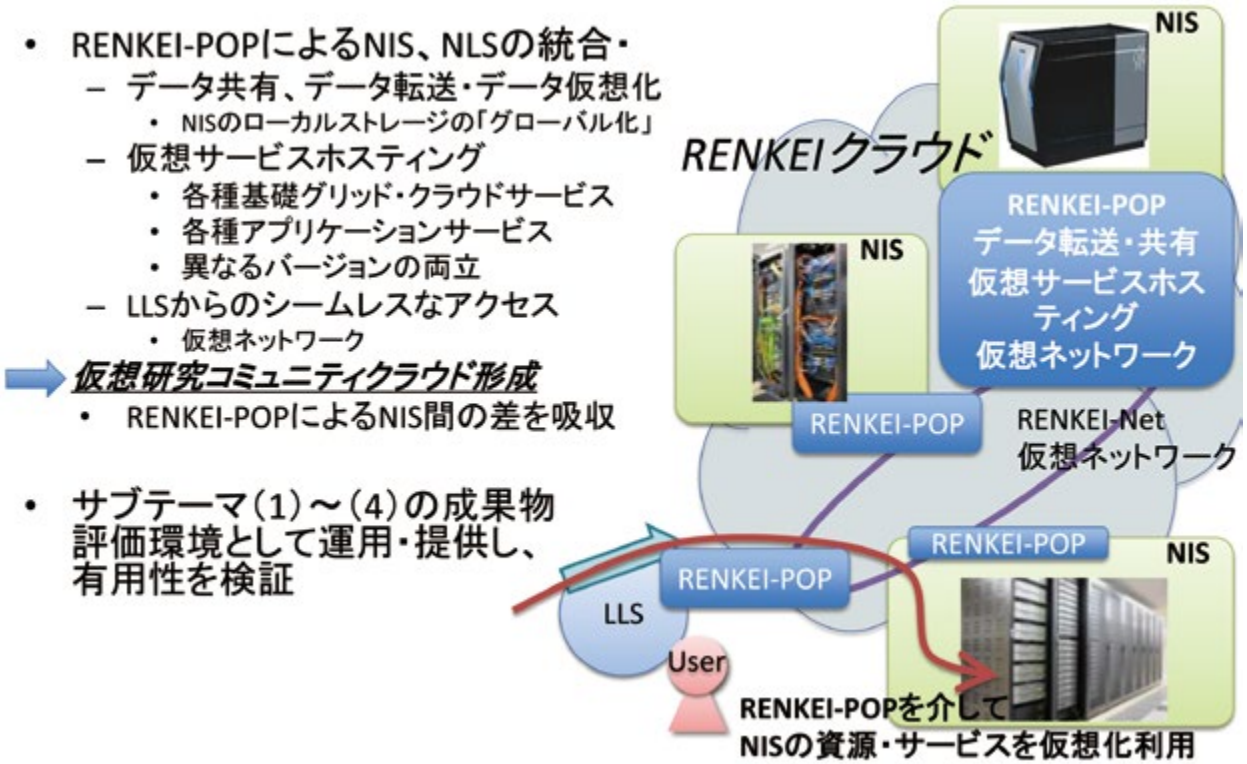
REsources liNKage for E-sclence
- RENKEI -

これまで国内では、スパコンの計算能力向上に多くの労力が割かれてきました。もちろん、それはそれで大事なことであり、本学でも現在 TSUBAME の後継機となる「TSUBAME2」の開発に取り組んでいます。しかし、いくら計算だけが速くても、それだけでは充分とは言えません。e- サイエンスの進化を促すためには、大量のデータを「蓄積できる」「高速に読み書きできる」「処理できる」「転送できる」データ基盤が存在するということも同じくらい重要なのです。

ペタ～エクサスケールデータグリッド＋スパコンで
実現されるデータサイエンスにより開拓される分野

「RENKEI POP」はその中でどのような役割を担っているのですか。

滝澤氏：RENKEI POP は、RENKEI プロジェクトの５つのサブテーマの一つ「実証評価･ユーザー連携」として実施しているもので、拠点間の高速データ転送をサポートするアプライアンスの研究開発を行っています。これを利用すれば、各大学や研究機関のスパコンに存在する大容量の研究データを、他の拠点でも簡単に利用することができます。現在は東工大に２台、阪大、名大、筑波大、NII、KEK、産業技術総研にそれぞれ１台ずつ RENKEI POP のノードを配備しており、相互にデータの参照や転送が行えるようになっています。開発にあたっては「globus toolkit」や「Gfarm」などのソフトウェア資産を活用しているほか、拠点間を結ぶネットワークとして SINET3 の L3VPN を利用しています。10Gbps の帯域を活用できるため、8GB のデータでも約15秒で転送できます。現状、拠点内の通信ボトルネックの存在や、ホスト毎の TCP 通信チューニングが完全でないため、フルに活用できていませんが、各拠点管理者と協力して性能向上に努めています。



RENKEI-POP が作る将来の E-Science インフラ - RENKEI クラウド

それは速いですね。今後 SINET の高速化が進めば、データをさらに短時間で転送できるようになるのですか。

佐藤氏：基本的にはそうなのですが、その際には現在の RENKEI POP の仕様のままというわけにはいきません。というのも、今まではネットワーク帯域がボトルネックになっていたところが、今度は RENKEI POP 側の I/O 性能が問題になってくるんですね。ちなみに現在の RENKEI POP の仕様は、CPU が Core i7 975 Extreme、メモリ 12GB、10GbE NIC、データ記憶用ストレージ 30TB と、ハイエンド PC に大容量のストレージを加えたようなデザインになっています。帯域が 10Gbps ならこの仕様で問題ないのですが、さらに高速になってくるとこのままでは少々厳しい。RENKEI POP をうまく動作させるためには、ネットワーク帯域や I/O 性能などの要素がすべてバランスされている必要がありますので、帯域が 40Gbps にアップしたら 40Gbps 向け、100Gbps にアップしたら 100Gbps 向けに、新たに仕様を作り直すことになります。

マルチプロトコル・低ハードウェアコスト・高性能・グリッドセキュリティ
他拠点連携研究のテストベットとして安価に利用可能

RENKEI PoP プロトタイプ

CPU	Core i7 965 Extreme (3.20 GHz)
Memory	12GB (DDR3 PC3-10600 , 2GB*6)
NIC	10GbE (with TCP/IP Offload Engine)
System Disk	500GB HDD
SSD RAID	256GB (RAID 0, Intel SLC 32GB SSD * 8)

iozoneによる入出力テスト
(blocksize = 256KB)

File size	Write	Re-write	Read	Re-read
16GB	996MB/s	827MB/s	908MB/s	773MB/s
32GB	953MB/s	681MB/s	767MB/s	772MB/s

RENKEI POP の仕様策定

各分野の研究者にとっても、こうした環境が実現するのは朗報ですね。

松岡氏：そうですね。大容量データを利用する研究はいろいろありますが、今まではそれをネットワークで転送することは非常に困難でした。たとえ 10Gbps の回線を使っていても、実際のスループットはそれにはほど遠いため、磁気テープやディスクを物理的に輸送せざるを得ませんでした。しかし、RENKEI POP を利用すれば、収集したデータを他大学の高性能スパコンで解析するといったことも容易に行えます。我々としても、早期の実用化を目指して研究開発を進めていきたいと考えています。

最後に SINET への期待と今後の研究に掛ける抱負を伺えますか。

松岡氏：まず SINET に対しては、ネットワーク以外のサービスの拡充を期待しています。回線サービスについては歴史も古く、RENKEI POP でも役立ってくれています。しかし、今後のサイエンスにおいては、全国的な共通データ基盤を整備していくことが極めて重要です。我々も各大学の情報センターと連携して基盤整備を進めていますが、その取り組みにも是非協力して頂きたい。

また、今後の研究という意味では、グランドチャレンジ的な研究に携わる人材の育成に力を入れていきたいですね。学生にもよく「生活臭の強い研究は止めよう！」と言っているのですが（笑）、Web やケータイを使ったサービスなどは民間企業に任せておけばいい。せっかく大学で研究しているのですから、我々はいろいろなサイエンスのグランドチャレンジを支援していくべきと考えています。また、そのことが、情報系のグランドチャレンジにもつながると考えています。

ありがとうございました。

【遠隔医療】

35. 学術ネットワークを活用した国際遠隔医療の推進

（九州大学） 3 4 5

36. 日本およびアジア地域における胎児医療の発展に、SINET による国際遠隔医療を活用

（国立成育医療研究センター） 3

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

35. 学術ネットワークを活用した国際遠隔医療の推進

九州大学

3 4 5

九州大学病院 アジア遠隔医療開発センターでは、学術ネットワークを活用した国際遠隔医療を推進しています。その成果とSINETの役割について、九州大学病院 光学医療診療部 准教授 清水周次氏と、九州大学 情報基盤研究開発センター 准教授 岡村 耕二氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年10月25日）

清水先生が所属するアジア遠隔医療開発センター (Telemedicine Development Center of Asia。以下、TEMDEC) では、国際的な遠隔医療を推進しておられますが、そのきっかけは何だったのでしょう。

清水氏: そもそものきっかけは2002年ですね。この年はサッカー日韓W杯の年として記憶されていますが、実はもう一つ大きな出来事がありました。釜山･福岡間に海底光ファイバーが敷設され、高速なインターネット回線が開通したのです。これを利用した国際交流を加速するために、九大では、日韓両国の産官学と協同で「玄海プロジェクト」という共同体を組織。我々が関わっている医療分野でも「AQUA(Asia-Kyushu Advanced Medical Network)」というプロジェクトを立ち上げ、国際遠隔医療の取り組みをスタートさせました。当時のAUQAは有志の集まりという側面も強かったのですが、その後2008年に公式な活動組織として現在のセンターを設置。これに伴って、名称もTEMDECに変更しました。

日韓遠隔医療概略図

国際遠隔医療の必要性、重要性について教えて頂けますか。

清水氏：一口に遠隔医療といってもいろいろな分野がありますが、我々が主に手がけているのは医師への教育です。私が所属する光学医療診療部は内視鏡が専門ですが、内視鏡の世界はこの 10 ～ 20 年の間に飛躍的な進歩を遂げました。当然、医師の間にも、最新の内視鏡手術を学びたいというニーズが強いんですね。ところが、先進医療を行っている病院へ直接見学に行くとなると、時間も掛かりますし費用も嵩みます。特に我々の活動はアジア地域がターゲットですから、中国や韓国の医師に日本まで来て頂くのも大変です。

そこで目を付けたのが、高速ネットワークと動画配信による国際遠隔医療です。これを利用すれば、わざわざ現地まで足を運ばなくとも手術の様子を見られます。しかも、実際に手術室内で見学できる人数には限りがありますが、遠隔医療であれば何人でも同時に見学できます。このように、最先端の内視鏡手術を広く普及させて行く上で、遠隔医療は非常に大きな効果が見込めるのです。

手術のライブ配信

遠隔医療を行う上で、内視鏡分野ならではの要件などはあるのでしょうか。

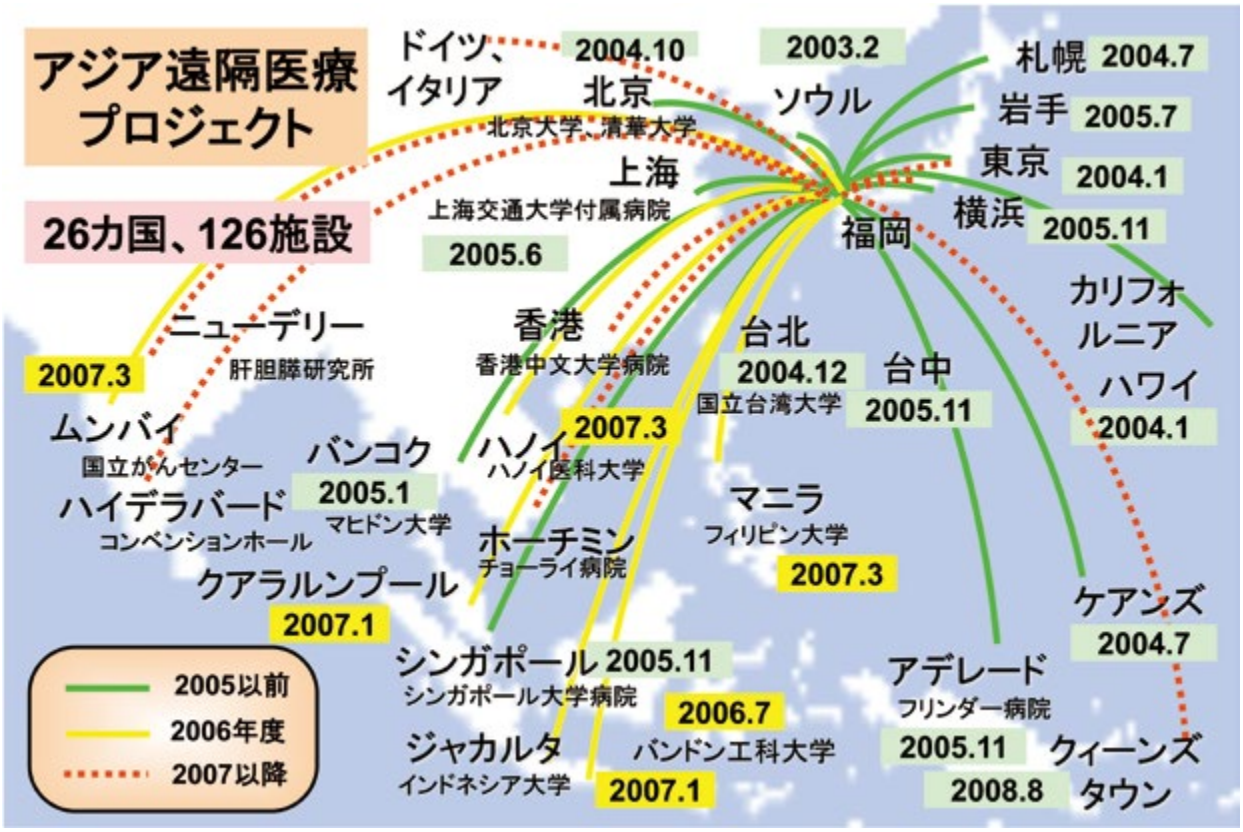
清水氏：ネットワークの品質や高速性に対する要求はかなり高いですね。たとえば、アメリカでは、CT や MRI の画像をインドに送って現地の医師に読影させ、翌朝その結果を戻すといった医療サービスも実用化されています。ただし、この場合は静止画なので、比較的データ容量も小さくリアルタイム性も要求されません。しかし、我々の取り組みでは手術中のナマの映像をそのまま流す上に、画質のクオリティも高くないといけない。薄い膜や細い血管などがちゃんとクリアに見えないと、外科医が見ても参考にならないんですね。そこで動画配信に DVTS の技術を用い、高画質な動画データを非圧縮のまま流しています。またネットワークについても、SINET のサービスを利用して、必要な品質･帯域を確保しています。

技術面で課題になった点などはありましたか。

岡村氏：DVTS のデータレートは 30Mbps にも上りますが、幹線部分については SINET を利用しているため、さほど問題になる点はありません。しかし、接続対象となる大学や病院内のネットワーク環境が必ずしも整っておらず、苦労するケースもありました。たとえば、幹線部分では 1Gbps の帯域が確保されているにも関わらず、大学や病院内のネットワークが 10Mbps だったり、スイッチの性能が低かったり、通信設定が半二重になっていたりといった具合ですね。これでもメールや Web には普通に使えてしまうので、相手方でも特に問題視されてこなかったのです。とはいえ、このままではエンドツーエンドで30Mbpsを通すというわけにはいきませんから、実験開始から最初の半年くらいは、こうした機器の入れ替えやネットワークのチューニングなどに力を注ぎました。

現在はどれくらいの頻度で遠隔医療を実施されているのですか。

清水氏：用途としては、実際の手術のライブデモンストレーションとカンファレンスの 2 種類がありますが、両方合わせて年間 40 ～ 50 回くらいでしょうか。比率としてはカンファレンスの方が多いですが、ライブ手術も月一回程度は行われています。ちなみに、前者の例では、2008 年に香港で行われた世界内視鏡学会公認のワークショップに、九大病院で行われた手術のライブ映像を配信しました。また定期的に行われている早期胃ガンのテレカンファレンスでは、九大病院で資料や内視鏡画像などを表示させ、タイ、ベトナム、中国から質問を受けるといったことも行っています。ディスカッションを行う際には、こうした多地点接続を行った方が活性化しますね。現在は 26 カ国・126 機関と連携し、ライブ手術やカンファレンスを実施しています。



アジア遠隔医療プロジェクト

このシステムを医学生向けに活用することもあるのですか。

清水氏：ええ、ありますよ。毎年、2年生を対象に、医学の面白さを伝えるための授業を行っていますが、この国際遠隔医療システムを利用して実際の手術を見学させています。具体的には、韓国の医師が行う手術の様子をライブで見せるのですが、手術後には、担当医や現地にいる韓国の医学生と英語で質疑応答などもしてもらいます。ここで伝えたいことは3つありますね。一つは内視鏡手術という新しい医療技術について、二つ目は遠隔医療が既にここまで実用化されているということ、そして三つ目は英語も大事だぞということです（笑）。この授業は学生の関心も高く、非常に熱心に参加してくれます。

映像配信を多国間で行うとなると、遅延などが問題になりそうですが。

岡村氏：九州と中国･韓国は、地理的にそれほど離れていませんので、遅延が問題になるケースはあまりないですね。ネットワーク的な距離も短いので、タイムラグもほとんどありません。ただし、それ以外の運用面については、ノウハウが必要な部分もあります。たとえば、2010年に実施された国際胎児医学･外科学会で遠隔国際会議を実施したのですが、SINETのL1オンデマンドサービスで100Mbpsの帯域を確保したにも関わらず、テスト時に映像がうまく動かない。普通に考えればDVTSは30Mbpsだから十分なように思えますが、ピークで見ると100Mbpsを超える場合があるんですね。そこで、急遽帯域を1Gbpsに変更してもらい事なきを得ました。L1オンデマンドサービスは、こうした帯域変更も柔軟に行えるのでありがたかったです。

今後はどのような形で遠隔医療を発展させていかれますか。

清水氏：まず医師への教育については、現在のアジア地域だけでなく、北米･中南米やヨーロッパ、アフリカなどへも拡げていきたい。内視鏡手術に対するニーズは世界的なものなので、この活動をよりグローバルに展開できれば。それともうひとつ重要な取り組みが、患者さんに対する遠隔診断への応用です。これまで懸案になっていた法制度的な問題についても解決の見通しが立っているので、今後5年間くらいかけて着実に進めていきたいと思っています。我々としても、こうした活動を通じて医療の発展に貢献できれば嬉しいですね。

ヨーロッパを接続したライブ手術

ありがとうございました。

36. 日本およびアジア地域における胎児医療の発展に、SINETによる国際遠隔医療を活用

国立成育医療研究センター

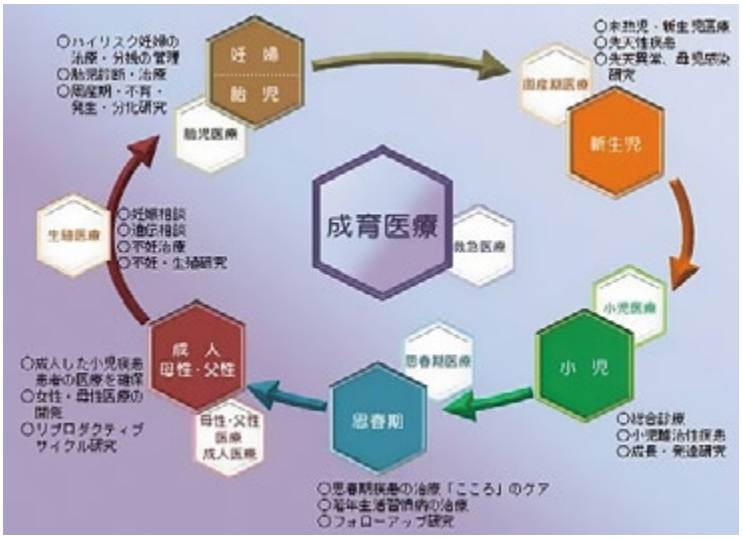
3

独立行政法人 国立成育医療研究センターでは、日本およびアジア地域における胎児医療の発展に、SINET による国際遠隔医療を活用しています。その概要と成果について、国立成育医療研究センター 臨床研究センター 副センター長 兼 医療機器開発室長 千葉 敏雄氏と、NTT アドバンストテクノロジ株式会社 ネットワークソリューション事業本部 基盤 NI ビジネスユニット 主任 小林 励氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年11月5日）

まずは国立成育医療研究センターの概要について教えていただけますか。

千葉氏：わかりました。当センターは、国立がん研究センターや国立循環器病研究センターなどと同じく、日本のナショナルメディカルセンターの一つです。名称の由来である「成育医療」とは、受精・妊娠に始まって、胎児期、新生児期、小児期、思春期を経て次世代を育成する成人期へと至るプロセスを一つのサイクルと捉え、包括的な医療を提供しようという概念です。センターには病院機能と研究所機能の両方が備わっており、両者が一体となって先進医療の提供ならびに研究開発を推進しています。



成育医療

千葉先生は臨床研究センター 副センター長と医療機器開発室 室長を併任されておられますが、それぞれの役割はどのようなものなのですか。

千葉氏：まず臨床研究センターについてですが、ここはひとことで言えばトランスレーショナルリサーチ、つまり研究と臨床の橋渡し役を担うセンターです。研究業務はとかく専門分野への細分化が進みがちで、実際の臨床業務との乖離を招く場合があります。そこで、2010 年 4 月の独立法人化を機に、研究・開発をより効果的に進めていくための組織として新たに設立されました。センター内には様々な部門がありますが、私が担当する医療機器開発室では、主に胎児手術をターゲットとした新しい医療機器の開発に取り組んでいます。

胎児手術には普通の手術とは異なる機器が必要になるのですか。

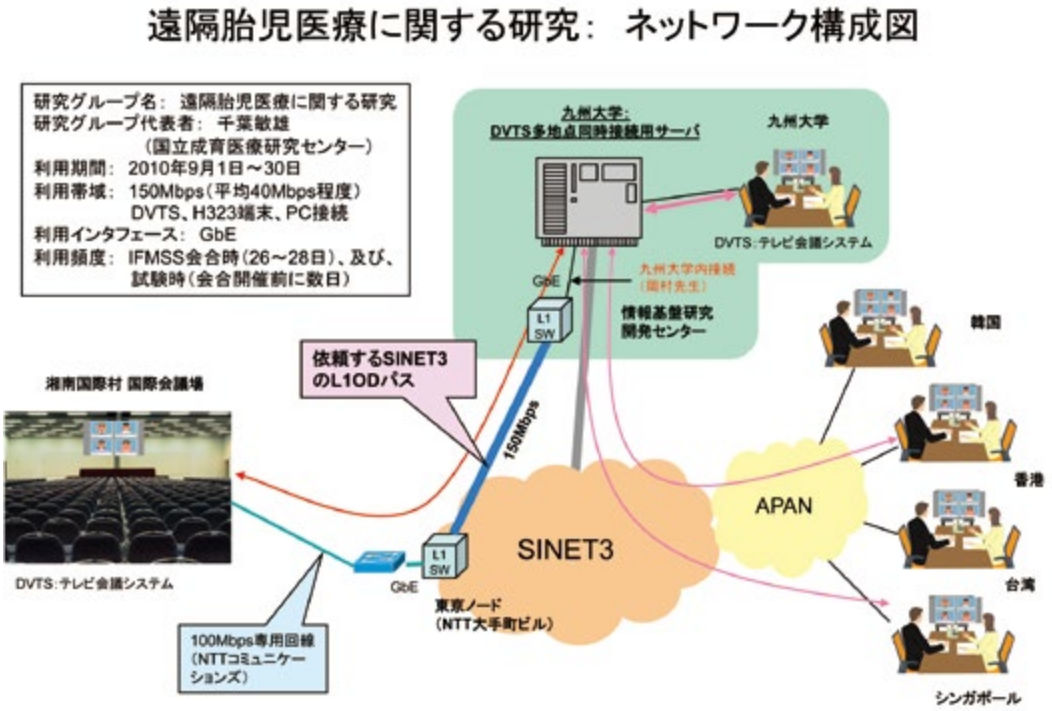
千葉氏：大人の場合であれば、患者さんに手術台に横になってもらって手術をすることができます。ところが胎児はお母さんの子宮の中で羊水に浮いていますので、とても同じように手術することはできません。しかも開腹手術では母体にも胎児にもかなりの負担が掛かりますから、内視鏡などを利用してできるだけ負担を減らしたい。ところが胎児医療先進国のアメリカにおいても、こうした手術の際には一般向けの機器を改造して使用しているのが実情なのです。もし胎児手術を前提に作られた専用の医療機器があれば、こうした現状を大きく変えることができます。そこで我々としても、研究開発を積極的に推進しているのです。

ちなみに、胎児手術向け機器の開発には、もう一つ大きな意義があります。それは、この技術が大人の治療にも活かせるということです。たとえば、一般的な内視鏡の直径は10mmですが、胎児手術向けの場合は3～5mmと非常に細い。これを他の手術に利用すれば、大人の患者さんも楽に手術が受けられますよね。特に日本には、こうした精密機器の分野で世界をリードできるだけの高い技術がありますから、日本の医療機器産業の発展にも貢献できると考えています。

今年９月に神奈川県・湘南国際村で開催された国際胎児医療・外科学会 (IFMSS 2010) では、ネットワークを利用した国際遠隔カンファレンスに取り組まれました。その狙いについてお聞かせ頂けますか。

千葉氏：IFMSSはこれまで米国と欧州でしか開催されたことがありませんでしたが、欧米の理事から今度は日本で開催してはどうかというお話を頂きました。そこで考えたのが、せっかく日本で開催するのなら、アジア諸国からの参加をもっと促したいということです。IFMSSは約30年に及ぶ歴史があるにも関わらず、アジアからの参加者は未だに非常に少ない。その点、日本で開催される学会に参加してもらえれば、胎児医療をアジア地域に広めていくための大きな契機になります。

とはいえ、日本まで足を運ぶのは難しいという方々も多いので、目を付けたのがネットワークを利用した国際遠隔医療です。ちょうど九大病院の清水周次先生が、内視鏡分野におけるアジアとの国際遠隔医療を推進しておられましたので、ご協力をお願いしてカンファレンスの実施に踏み切りました。これならアジア各国の医療関係者も、自国に居ながらにして会議に参加できますからね。



遠隔胎児医療に関する研究：ネットワーク構成図

具体的にはどのような形でカンファレンスを行われたのですか。

千葉氏：会場となった湘南国際村センターと、韓国、台湾、シンガポール、ベトナム、フィリピン、中国の 6 カ国をネットワークで結び、各国からの発表とディスカッションを実施しました。最初はうまくいくか不安もあったのですが、結果的にはまったく問題なかったですね。各国からの映像や音声もクリアで、スムーズに進行することができました。ディスカッションでは、会場内に居ない参加者同士、たとえば香港とフィリピンの参加者が議論するといった場面もありましたが、こうしたことができるのも国際遠隔医療ならではでしょう。今回のような試みは IFMSS としても初めてだったので、欧米からの参加者にとっても非常に新鮮に映ったようです。

回線には SINET の L1 オンデマンドサービスを利用されていますね。

小林氏：今回のカンファレンスでは、湘南国際村とテレビ会議システムが設置されている九州大学　情報基盤研究開発センターとを結ぶ必要がありました。そこでまず考えたのが、この間の回線には SINET を使うしかないだろうということです。これだけの距離を結ぶとなると、民間キャリアのサービスでは大変な費用が掛かってしまいますからね。もっとも、湘南国際村に SINET のノードがあるわけではないので、東京までは NTT コミュニケーションズの専用線でつなぎ、そこから SINET を経て九大へ接続。さらに九大から各国へは、SINET、APAN 経由で接続するという形を採用しました。

また、もう一つポイントとなったのが、SINET の L1 オンデマンドサービスです。今回のカンファレンスでは DVTS を利用した動画配信を行いますので、帯域と品質の確保が非常に重要になります。その点、L1 オンデマンドサービスを利用すれば、他のトラフィックに影響されることなく必要な品質･帯域を確保できます。実際の作業では多少トラブルもありましたが、九大　情報基盤研究センターの岡村　耕二先生のご協力のおかげで無事解決することができました。今回のような遠隔カンファレンスの需要は今後も国内外を問わず高まっていくことと思いますが、そこでは SINET のような学術ネットワークの存在が非常に重要であると感じましたね。

最後に IFMSS 2010 の成果、ならびに今後の展望について伺えますか。

千葉氏：アジア全体に胎児医療を拡げていくきっかけになったという意味で、非常に大きな意義があったと考えています。IFMSS 2010 の終了後、今回参加してくれた 6 カ国の方々に、また同じような形で遠隔医療を行わないかとメールを送ってみたのですが、全員から是非参加したいとの返事を頂きました。清水先生の学会とも連携して、アジア地域における胎児医療学会を毎年開催したいと考えています。

また、今後のもう一つのテーマとして注目しているのが、動画映像のスーパーハイビジョン化です。実は IFMSS2010 でも、NHK によるスーパーハイビジョンの展示を行ったのですが、この技術は遠隔診断、遠隔治療を発展させていく上で重要なカギとなります。もちろん、そうなるとデータ容量の大容量化もさらに進むことになりますので、SINET の進化と発展にも大いに期待しています。

ありがとうございました。

関連 URL　国立成育医療研究センター 臨床研究センター
http://www.ncchd.go.jp/clinical.php

【キャンパスネットワークの高度化】

37. 仮想大学 LAN サービスを利用したキャンパス LAN の構築
（理化学研究所） 5

38. 仮想大学 LAN サービスを用いた学内の情報化
（群馬大学） 5

39. 国立大学病院における医療情報遠隔バックアップシステムの構築
（東京大学医学部附属病院を含む全国 42 国立大学･46 大学病院） 4 5

40. 大学業務を速やかに回復させる IT-BCP 基幹システム
（宇都宮大学、横浜国立大学） 4 5

41. 山形 DC を活用した高度な分散キャンパスネットワーク環境の構築
（山形大学 情報ネットワークセンター） 4 5

42. SINET L2VPN を利用した遠隔バックアップシステムの構築
（静岡大学 情報基盤センター） 4 5

43.「kyo2 Cloud Center」の運用
（京都教育大学 情報処理センター） 4 5

44. 対外接続に SINET を活用した全学情報ネットワーク基盤「UTnet」
（東京大学 情報基盤センター） 4 5

45. SINET L2VPN を用いた商用クラウドメール接続
（東京農工大学 総合情報メディアセンター） 4

46. キャンパスネットワーク「MEINET」での L2VPN 利用
（名城大学） 3 4

47. キャンパスネットワーク（HINET2007）における Web 認証システムの構築･運用
（広島大学） 3 4 5

48. 筑波キャンパスと東京キャンパスを L2VPN で接続
（筑波大学 学術情報メディアセンター） 3 4 5

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

37. 仮想大学LANサービスを利用したキャンパスLANの構築

理化学研究所

5

日本で唯一の自然科学の総合研究所である国立研究開発法人理化学研究所では、様々な先端研究を支える情報インフラとして SINET を活用しています。今回は 2016 年 3 月末より利用を開始した「仮想大学 LAN サービス」の狙いと成果について、理化学研究所 情報基盤センター 和光ユニット ユニットリーダー 黒川 原佳氏、同 和光ユニット センター技師 加茂 聡氏、同 横浜ユニット ユニットリーダー 鶴岡 信彦氏にお話を伺いました。(所属、役職についてはインタビュー当時)

(インタビュー実施:2017年1月23日)

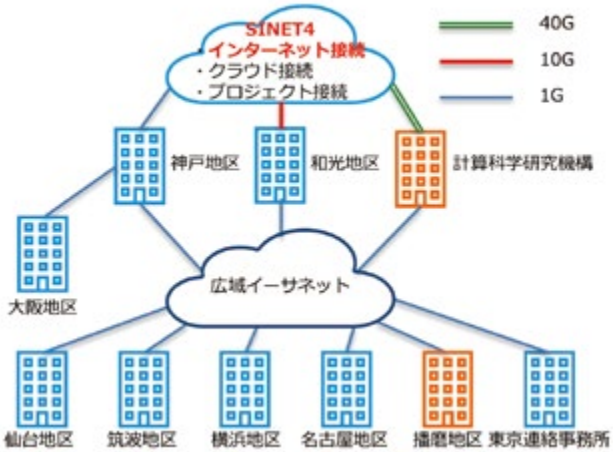
理化学研究所 (以下、理研) では、物理学、工学、化学、計算科学、生物学、医科学など幅広い分野の研究を進めておられますが、その中で情報基盤センターはどのような役割を担われているのですか。

加茂氏: まず一つ目は、研究所内で利用されるスパコンやネットワークなどの情報インフラ整備・運用業務で、私たち和光ユニットでは神戸、播磨、横浜を除く他の拠点の管理も担当しています。また、情報基盤センター全体という意味では、その他に、ハイパフォーマンス・コンピューティングやバイオインフォマティクスなどの分野に関する先端技術開発も行っています。

黒川氏: 理研では常勤職員だけで約 3500 名、客員研究員なども含めると約 1 万人規模のユーザーを抱えています。その中には、大量のデータをやりとりするような研究もありますので、我々としても情報インフラの信頼性・安定性確保には非常に気を遣っていますね。

国内のいろいろな場所に研究拠点を展開されているのも理研の大きな特徴ですが、これらを結ぶネットワークはどうなっているのですか。

鶴岡氏: 以前は、民間ネットワーク事業者の広域イーサネットサービスを利用して各拠点を結んでいました。WAN 構築の方法としては他にもいろいろな手が考えられますが、理研ではセキュリティや利便性の観点から、研究所内の LAN をそのまま拡張する方針を採っているため、広域イーサネットを利用するのが一番良いだろうという判断だったのです。ただし、この方法は、コストが非常に高額で、毎回の調達費用がネックでした。途中でサービス事業者を代えてコスト削減を図ったりもしましたが、我々にとっては大きな悩みの種になっていました。



以前のネットワーク構成 (仮想大学 LAN サービス導入前)

加茂氏：コスト問題は確かに大きかったですね。一度、大型放射光施設「SPring-8」のある播磨拠点向けに回線見積りを取ったのですが、同じ播磨市内なのに、和光－東京･大手町間よりも高い金額を提示されて驚いたことがあります (苦笑)。また、ネットワークに関わるもう一つの課題としては、帯域の増強も挙げられます。以前の広域イーサネット環境の場合、和光以外の各拠点は 1Gbps アップリンクでしたが、大容量データ転送のニーズも年々高まっていますので、かなり足りていない状態でした。

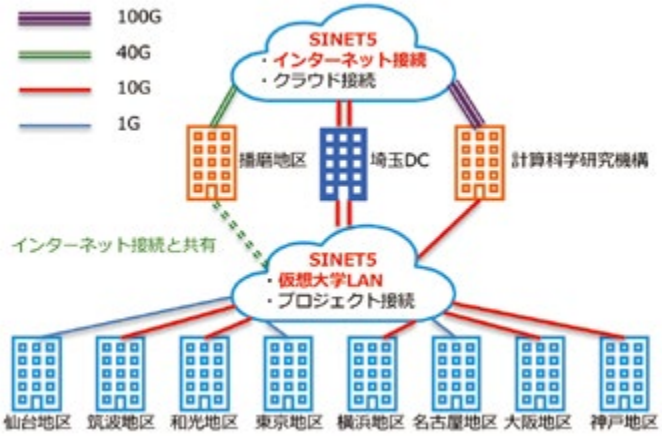
そうした課題を解決するための手段として目を付けたのが、SINET の「仮想大学 LAN サービス」だったというわけですね。

鶴岡氏：そういうことです。元々理研のネットワーク環境には、VLAN の数が大変多いという特徴があります。これは、ゼロデイアタックなどによるセキュリティ被害を最小限に抑えるためには、それぞれの研究室ごとに環境を分離してしまうのが良いだろうと考えたためです。その一方、コスト問題を抱えていた我々としては、広域イーサネットからの脱却を図りたいとも常々考えていました。そこで、従来と同じような環境が SINET 上で実現できないかどうか、NII に相談を持ちかけてみたのです。すると、ちょうど仮想大学 LAN サービスの構想があるということでしたので、これはぜひ使わせて欲しいと手を上げたのです。

まさに「渡りに船」のタイミングだったのですね。旧環境からの移行は、どのように進められていったのですか。

加茂氏：ネットワーク環境がシンプルになるように、移行に先立っていろいろと見直しや改善を行いました。たとえば以前は、特定先端大型研究施設 (SPring-8 と京) 以外は和光だけでなく神戸からも SINET につながるマルチホームになっていましたが、これを埼玉からの接続のみに改めました。また、いくつかあった研究プロジェクトごとの接続についても、今回の取り組みを機にかなり整理しています。

黒川氏：神戸から持ってきた WAN ルータについても、今回から埼玉データセンタに置いて可用性向上を図りました。そのまま和光研究所内に置いてしまったのでは、万一こちらが大規模自然災害などの被害に遭った場合に、他の全拠点の通信に影響してしまいますからね。なお、移行作業を進めるにあたっては、SINET チームの方々にもいろいろとご支援を頂き感謝しています。



現在のネットワーク構成（仮想大学 LAN サービス導入後）

作業期間はどれくらい掛けられたのでしょう。

加茂氏：約一年間というところでしょうか。仮想大学LANサービス導入の話を聞いて、準備を始めたのが2015年の4月。そこからネットワークの整理やデータセンタ／アクセス回線の調達作業などを進め、12月のSINET5説明会までには、なんとか一通りの体制を整えることができました。その後も、ただでさえ時間に余裕の無い中で、各拠点の切り替え作業の立会いなども行わなければならず、かなり苦労する場面もありましたが、その甲斐もあって無事新しい環境に移行することができました。現在では11拠点･500VLANの環境を、安定的に運用できています。

仮想大学LANサービスの具体的な導入効果についてはいかがでしょうか。

加茂氏：これは非常に大きかったですね。まず最大の懸案であったコストですが、従来の広域イーサネットサービスと比較して、60％以上ものコスト削減が実現できました。加えて、もう一つの課題であったネットワーク帯域についても、以前の1Gbpsから10Gbpsへと大幅にアップしています。これだけコストが下がり、なおかつ各拠点の帯域の合算も12倍以上に増えたとなれば、我々としても言うことはありません。トータルのコストパフォーマンスとしては、実に31倍以上も改善された計算になります。

黒川氏：実際に拠点間の通信も遅延が減り、以前の5割増しくらい速くなった印象ですね。今では大量のトラフィックが流れているような時でも、ネットワークが詰まるといった話は全く聞きません。災害対策用に行っている神戸－和光間の夜間遠隔バックアップなども早く終わるようになり、現場のオペレータからも歓迎の声が上がっています。

まさに大成功というわけですね。

鶴岡氏：ただし今回の移行に伴い、拠点をまたいで行われる研究などは、すべてSINETに依存することになります。それだけにSINETには、ぜひ今後も高信頼で高速なネットワークインフラの提供を続けて欲しい。また、広帯域ネットワーク環境のセキュリティ対策には意外とコストが掛かりますので、こうした面でも支援を提供してもらえれば助かります。

黒川氏：所内の研究者に対し、安定的な情報インフラを提供していくことが我々の使命です。まだまだ課題も多いので、引き続きユーザーの利便性向上やコスト削減に向けた活動を進めていきたい。SINETの今後の発展と支援にも、強い期待を寄せています。

ありがとうございました。

38. 仮想大学LANサービスを用いた学内の情報化

群馬大学

5

国立大学法人 群馬大学では、学内の情報化に SINET を活用されています。今回は新たに利用を開始した「仮想大学 LAN サービス」の狙いと成果について、群馬大学 総合情報メディアセンター 情報基盤部門 教授 横山 重俊氏と、同 講師 浜元 信州氏にお話を伺いました。

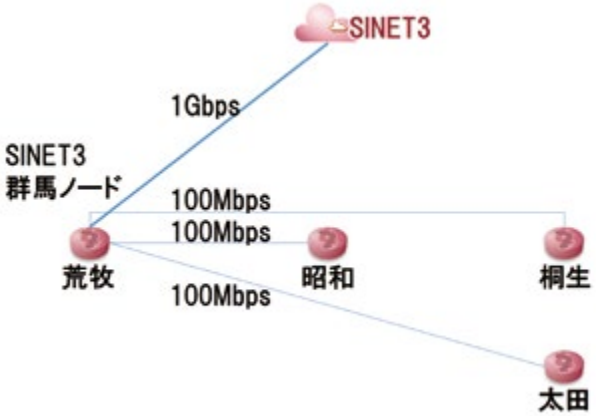
（インタビュー実施:2017年2月10日）

まず、群馬大学における情報化の取り組みについて教えて頂けますか。

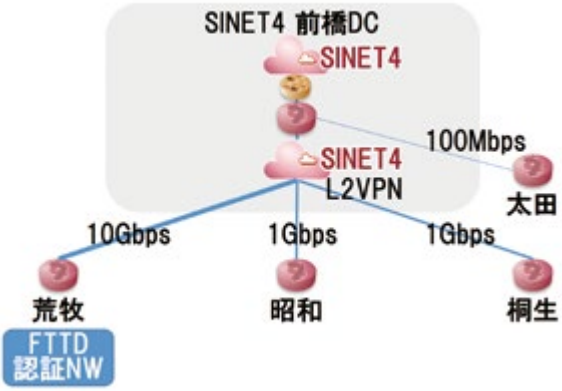
浜元氏：わかりました。本学では荒牧、昭和、桐生、太田の 4 ヶ所にキャンパスを展開していますが、情報基盤部門を中心に様々な施策を実施してきました。たとえば 2000 年代初頭から学内無線 LAN サービスの提供を開始したほか、荒牧キャンパスについてはキャンパス内の建物の各部屋にまで光ケーブルを通す「光直収ネットワーク」を 2010 年に構築。また、セキュリティ被害の防止やインシデント対応の迅速化を図るために、MAC アドレス認証と Web 認証を用いた認証システムも運用しています。これにより、問題のある端末の特定やユーザーへの注意喚起などが容易に行えるようになりました。

ネットワークインフラには、以前から SINET を活用されていますね。その変遷についても伺いたいのですが。

浜元氏：SINET3 の時代にはいわゆるノード校でしたので、荒牧キャンパスと SINET を 1Gbps で接続。そこから民間事業者の回線を利用して、昭和、桐生、太田の各キャンパスと 100Mbps で接続を行っていました。しかし、近年では大学における ICT 利活用もどんどん進んでいますので、さすがに 100Mbps の帯域で賄うのは少々厳しくなってきました。そこで SINET4 への移行に伴い、荒牧と昭和、桐生間の帯域を 1Gbps に増強。同時に各キャンパス間を SINET の L2VPN サービスで結ぶ構成にしました。また、この荒牧キャンパスを中心とした構成についてもその後見直しを掛けており、各キャンパスからそれぞれ SINET に接続すると同時に、SINET −荒牧間の帯域を 10Gbps に増やす、ファイアウォールを荒牧からデータセンタに移すなどの変更も加えています。



SINET3 でのネットワーク構成



SINET4 でのネットワーク構成

そして今回、「仮想大学 LAN サービス」の利用を新たに開始されました。これにはどのような背景があったのでしょうか。

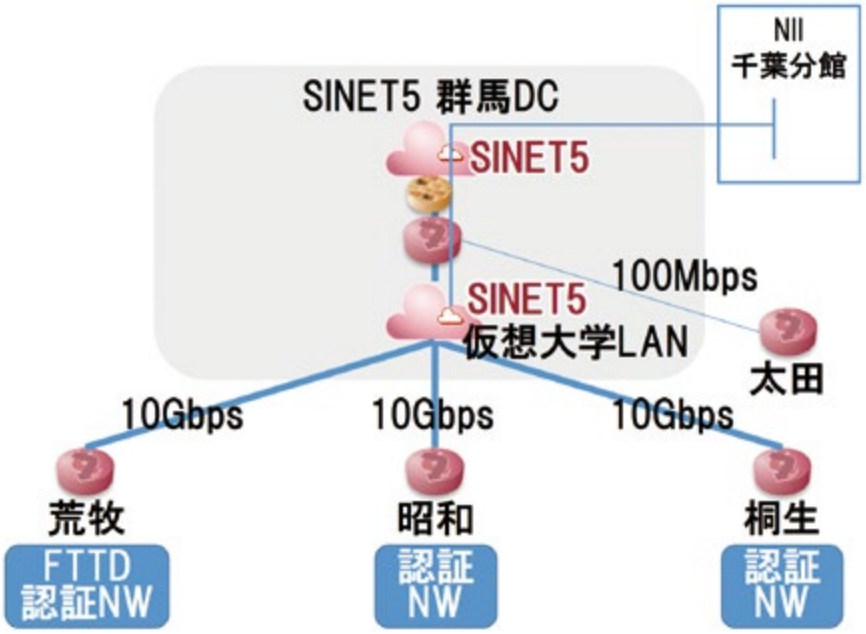
浜元氏：そもそものきっかけは、VLAN の構築作業をもっとスピーディに行いたいという点です。かつて本学では、細かく VLAN を分けるような手法を取っておらず、大学全体を一つの大きなネットワークとして運用していました。しかし、セキュリティ的な問題から事務系のネットワークを切り分けたい、あるいは IPv6 用の環境を IPv4 の環境と別にしたいといった具合に、VLAN 構築のニーズもだんだん増えています。とはいえ、従来の L2VPN サービスでは、こうした個別案件ごとにその都度 SINET への申請を行わなくてはなりませんでしたので、もっと自由に VLAN を通せればと常々感じていたのです。

なるほど。そうした課題を解消するのに、仮想大学 LAN サービスを使おうと考えられたわけですね。

浜元氏：そういうことです。SINET5 説明会の際に、個別相談で本学の課題と要望を伝えてみたところ、仮想大学 LAN サービスの構想があるという話だったので、これは是非利用したいと考えたのです。

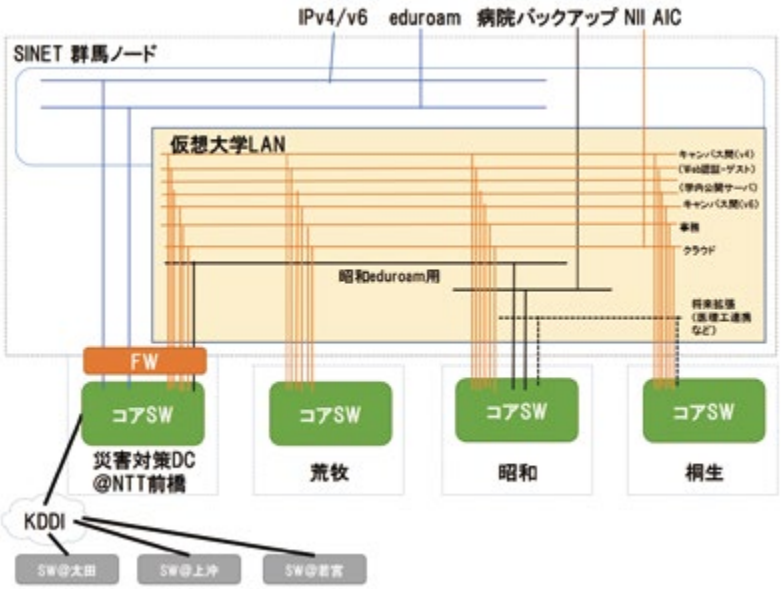
現在はどのような環境になっているのですか。

浜元氏：昭和、桐生キャンパスの帯域を 10Gbps に増強すると同時に、荒牧･昭和･桐生の 3 キャンパス間と NII 千葉分館を仮想大学 LAN サービスで結ぶ形に変わっています。また、VLAN についても、これまでの事務系用、IPv4 用、IPv6 用に加えて、持ち込み端末での利用も多い Web 認証／ゲスト用、学内公開サーバ用、クラウド DC 用、大学病院のバックアップ用など、様々な用途で利用されるようになっています。



SINET5 でのネットワーク構成

最初は VLAN 申請の手間が省ければくらいに考えていたのですが、実際にサービスが始まってみると、非常に充実した内容になっていましたので驚きました (笑)。このため、当初は構想に入っていなかったクラウド DC 用などの用途にも用いています。

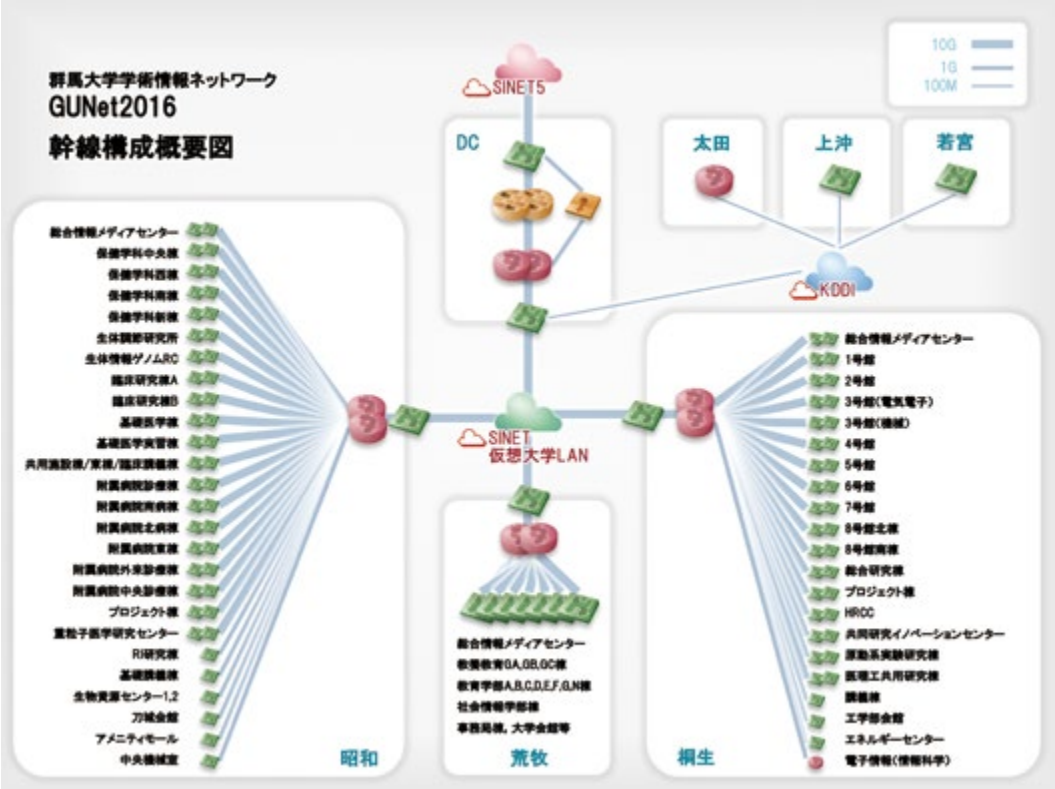


群馬大学接続図

導入後のメリットとしては、どのような点が挙げられますか。

浜元氏：まず一つ目は、ネットワークに関連する様々な要望に柔軟に対応できるようになった点です。たとえば、医学部のある昭和キャンパスでは、基礎医学棟と附属病院を行き来する先生も多いため、どこからでもファイルサーバにアクセスしたいというニーズもあります。仮想大学LANサービスを導入したことで、このような声にも応えやすくなりました。

また、もう一点は、医理工連携などの将来的な新しい研究への貢献です。今後はこうした形の研究もどんどん増えてくると考えられますが、そのためには各キャンパス間を柔軟に結べるネットワークインフラが欠かせません。たとえば、本学では、「次世代モビリティ社会実装研究センター」を新たに設置しましたが、自動運転のための実験場を理工学部のある桐生／太田キャンパスではなく、荒牧キャンパスに作ります。当然ネットワークについても、両キャンパス間でシームレスに利用できなくてはなりません。



群馬大学学術情報ネットワーク GUNet2016 幹線構成概要図

NII 千葉分館との間で構築された VLAN は、どのような目的で利用されているのですか。

横山氏：学内のキャンパス間を結ぶだけでもメリットは大きいのですが、我々としてはさらにもう少し進んだ活用も行ってみたい。そこで今回は、キャンパスの外にある NII のクラウドとも接続し、講義に利用するといった取り組みを行っています。具体的には学内の VDI 基盤と NII クラウド内のコンテナを使って演習を行ったり、Web サーバを立ててコンテンツを載せる実習を行ったりといった具合ですね。こうした用途は一年中いつでもあるわけではないので、講義用に固定的なリソースを確保しておくのはあまり好ましくない。それなら、クラウドのリソースに VLAN でアクセスする形の方が良いのではと考えたのです。とはいえまだ試行レベルの段階ですので、今後もいろいろな活用を進めていきたいと考えています。

最後に今後の SINET への期待を伺えますか。

浜元氏：信頼性･安定性については昔より格段に向上していますし、今回の仮想大学 LAN サービスについても大変助かっています。サポート面でもきめ細かく対応してもらえていますので、ぜひ今後も引き続きこの姿勢を維持し続けて欲しいですね。

横山氏：本学のネットワークは完全に SINET 上に乗っていますので、もし止まるようなことがあると何もできなくなってしまいます。それだけに、今後も我々の信頼に応え続けてくれることを期待しています。

ありがとうございました。

39. 国立大学病院における医療情報遠隔バックアップシステムの構築

東京大学医学部附属病院を含む全国 42 国立大学・46 大学病院

4 5

東京大学 医学部附属病院を含む全国 42 国立大学･46 大学病院では、SINET の L2VPN サービスを利用した遠隔バックアップシステムを構築し、医療情報システム／データの保全に役立てています。

その狙いと概要について、東京大学 医学部附属病院 企画情報運営部 講師 田中 勝弥氏にお話を伺いました。

(インタビュー実施:2015年3月17日)

近年では医療分野でも ICT の果たす役割が大きくなっていますが、東京大学 医学部附属病院 企画情報運営部ではどのような取り組みを行われていますか。

田中氏：当部門は 1975 年に発足した情報処理部を母体としており、病院内情報基盤の構築･運用を手がけています。
ここ 20 年間は、電子カルテシステムやオーダーリングシステムなど、主な業務システムを独自に開発･運用してきており、院内業務の効率化や医療情報学の発展に貢献してきました。

大学病院の医療情報システムには、企業の ICT インフラなどとは異なる要件も少なくありません。たとえば、ユーザーニーズへの対応や効率性の追求はもちろん大事なテーマですが、その一方で安全性やセキュリティ／コンプライアンスなどへの目配りも重要なポイントになってきます。

そこで新機能の追加などを行う際には、必ず当部門で一度レビューした上でリリースの判断を行っています。
また、24 時間･365 日ノンストップで動き続けることが求められるだけに、仮想化技術なども活用してダウンタイムの極小化を図っています。

今回、全国の国立大学病院が参加する遠隔バックアップシステムを構築されました。これにはどのような背景があったのでしょう。

田中氏：3.11 の東日本大震災では、被災地の医療機関も地震や津波で大きな被害を受けました。患者様の重要な医療記録が流出･水没したり、病院の医療情報システムが損壊･流失してしまったケースも少なくありません。
一度こうしたことがおきてしまうと、その後の診療にも重大な支障が生じてしまいます。そこで文科省では、平成 24 年度の補正予算として「国立大学病院間における医療情報システムデータのバックアップ体制の構築事業」の実施を決定しました。

もちろん、各大学病院でも、それぞれにデータバックアップの仕組みを構築しているわけですが、中には施設内でバックアップデータを保管している場合もあります。これだと施設そのものが被災した際に対応ができませんので、全国の全国立大学病院が全て遠隔地にデータを保全できるよう、新たなバックアップシステムの構築を進めてきたのです。

バックアップ対象となるシステム／データにはどのようなものがありますか。

田中氏：まず一つ目は、患者様の主要診療データとレセプトデータです。前者には氏名や性別、年齢などの基本情報に加えて、入退院／外来受診歴、アレルギー情報、病名情報、処方･注射オーダー情報、検体検査結果などの情報が含まれています。

万一大規模災害が発生した場合には、被災者の受け入れを行う医療施設や避難所などからこうした過去診療データをインターネット経由で参照し、被災地周辺での診療に役立てるわけです。

ただし、ここには一つ注意すべき点があります。実は、今回出力する診療データだけでは、この薬が処方された、こういう注射の指示があったということは分かっても、バックアップデータとして出力されない手術や処置といった医療行為については確認ができません。
そこで、レセプトの情報も併せて保管することで、バックアップデータとして包含する医療行為の範囲を補完しています。

また、もう一つは、各大学病院が保有する医療情報システム固有のデータベースです。各病院では様々なベンダーの医療情報システムを導入していますが、これらのシステムデータベース全体とアプリケーションを一括でフルバックアップしておき、被災後のシステム／データベース復旧に利用します。

診療データのバックアップには「SS-MIX2」という形式が採用されていますね。

田中氏：先にも触れた通り各大学病院のシステムベンダーはそれぞれ異なりますが、今回のような全大学病院共同の取り組みでは、データ形式が標準化されていることが重要になります。

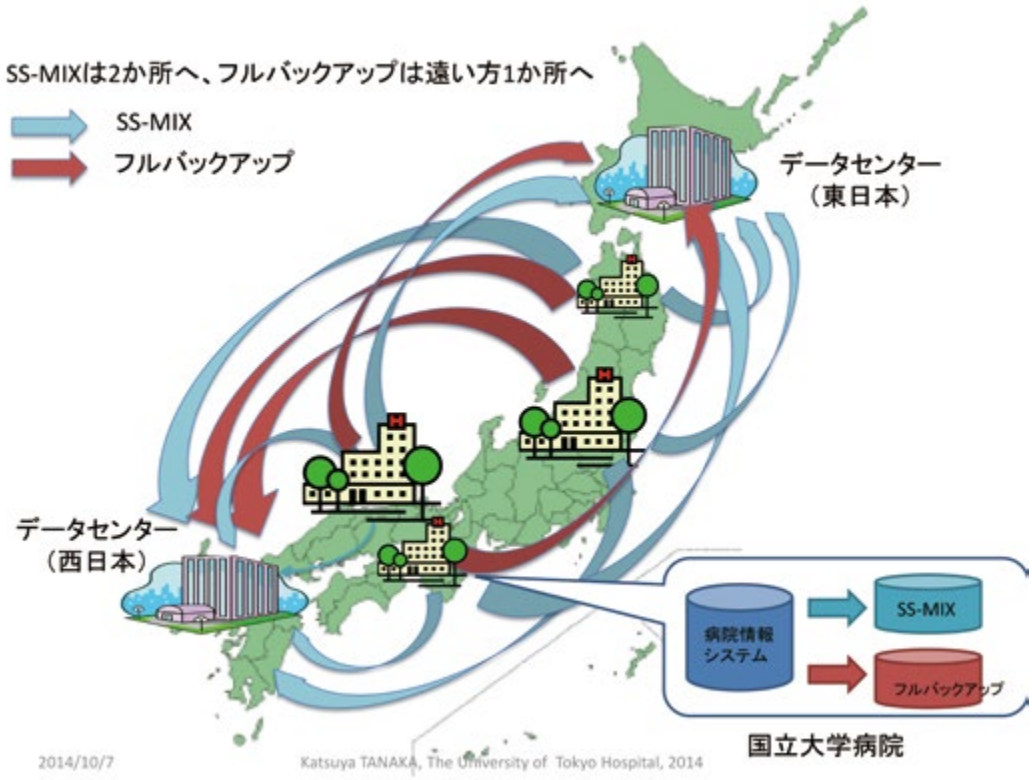
その点、SS-MIX(Standardized Structure Medical Information Exchange:厚労省電子的診療情報交換推進事業) では、既存の ICT インフラから診療情報を国際標準形式で出力する仕様が定められており、国内主要ベンダーの医療情報システムもこれに対応しています。

そこで今回の取り組みでは、SS-MIX の Ver.2 である SS-MIX2 を採用しました。この形式に則ってデータを出力してもらえば、どのベンダーのシステムの情報でも同じように参照できますし、大学病院ごとに個別にビューワを作りこんだりする必要もなくなります。

具体的にはどのような形でバックアップ運用を行っているのですか。

田中氏：まず主要診療データについては、東日本･西日本 2 ヶ所のデータセンタへの遠隔バックアップを行うと同時に、病院内でも 3 台以上のノート PC に常時複製を行います。

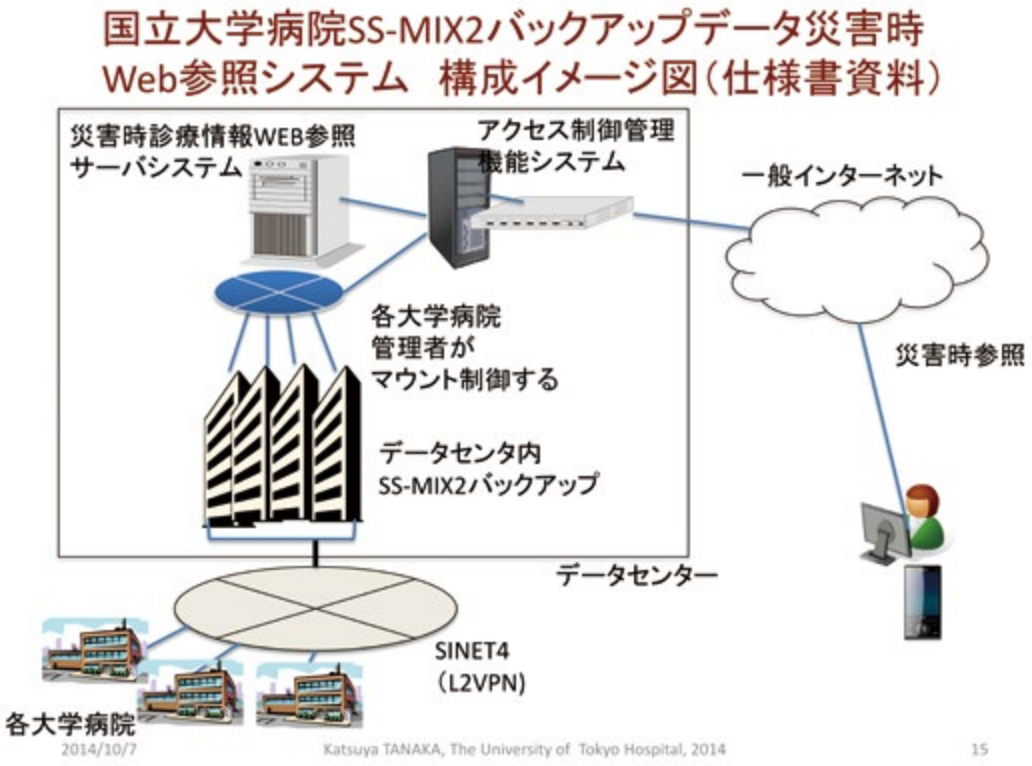
また、データベースなどのフルバックアップデータについては、自施設から見て遠い方にあるデータセンタへの遠隔バックアップを行います。東日本の大学病院なら西日本のデータセンタ、西日本の大学病院なら東日本のデータセンタといった具合ですね。



バックアップ図

万一の災害対応の際には、病院側管理者がインターネットを利用して本バックアッププロジェクト (THE GEMINI PROJECT) の管理ページに VPN アクセスし、自病院のデータをマウントして診療データの参照サイトをアクティベートします。

診療データの参照には、特別なクライアントモジュールなどは不要ですので、PC はもちろんスマートフォンやタブレットから情報を利用することも可能です。個人情報を扱うシステムですので、アクセス制御のための仕組みが重要になります。



Web 参照システム構成図

データセンタへのバックアップには SINET の L2VPN サービスを採用されています。 その理由についても伺えますか。

田中氏：今回の取り組みで課題となったのが、大容量の医療データを日次で遠隔バックアップしなければならないという点でした。

たとえば当病院で言えば、SS-MIX2 形式の差分データで 10 ～ 15GB、フルバックアップについては約 2.6TB ものデータを毎日バックアップしなくてはなりません。これほどの大容量データを 24 時間以内に確実に転送できるだけの帯域を持ち、かつ全国どの大学病院でも比較的容易に利用できるネットワークとなると、SINET 以外には考えられなかったのです。それに、民間事業者のサービスで今回のようなネットワークを構築するとなると、費用的な負担も相当重くなってしまいますからね。そうした面でも、SINET の L2VPN サービスが利用できたのは非常に助かりました。

最後に今後の展望についても伺えますか。

田中氏：最小限のバックアップシステムと運用体制について今回のシステムで実現されました。

将来的には、患者同意の取得、プライバシー保護などの要件をクリアした上で、データセンタに集積された医療データをビッグデータ解析に用いるなどの新たな展開が生まれてくる可能性もあります。そうした際には、また NII や SINET の協力が必要になる場面も出てくるでしょうから、今回同様の支援を引き続き提供してもらえればと思います。

ありがとうございました。

40. 大学業務を速やかに回復させるIT-BCP基幹システム

宇都宮大学、横浜国立大学

4 5

国立大学法人 宇都宮大学と国立大学法人 横浜国立大学では、SINETのL2VPNを利用した「IT-BCP基幹システム」の構築を行っています。その概要と狙いについて、宇都宮大学 学長補佐 総合メディア基盤センター長 教授 永井 明氏と同 助教 三原 義樹氏、並びに横浜国立大学 情報基盤センター長 国際社会科学研究院 教授 長谷部 勇一氏と同 助手 志村 俊也氏にお話を伺いました。なお、「IT-BCP基幹システム」とは、単なるデータのバックアップシステムではなく、災害等によりどちらかの大学のシステムが稼働できなくなった場合の待機システムで、業務を速やかに回復させるためのものです。

(インタビュー実施:2013年10月15日)

今回、宇都宮大学と横浜国立大学では「大学情報戦略の協調に関する協定」を締結されました。その背景と経緯について教えていただけますか。

永井氏:宇都宮大学では、以前より大学情報資産が教育研究のみならず大学経営上の重要な資源であると考えてきました。2007年には情報セキュリティマネジメントシステムの国際規格であるISO27001認証を取得するなど、様々な取り組みを展開しています。そうした中、2009年に横浜国立大学との相互データバックアップ協力の計画が始動いたしました。東日本大震災を経験し教育機関がBCP強化に向けた取り組みを進めていますが、私たちも安心・安全の大事さを痛感し、両大学で協定を結び、さらに体制を強化し、計画を促進しようという運びになりました。

長谷部氏:横浜国立大学では、2008年に今後に向けた「情報化グランドデザイン」を策定しています。大学全体の情報化についてしかりとしたマスタープランを持ち、機器類の調達や統一認証基盤をはじめとする各種システムの構築を計画的に進めようというのがその狙いです。そして、この中の重要課題に含まれていたのが、データバックアップをはじめとするBCPに関わる項目です。万一、学生・教職員の情報や業務データが失われるような事態が発生したら、大学運営にも大きな影響が生じますからね。幸い、本学と宇都宮大学は、双方の学長同士が親しいなど連携を進めやすい下地もありましたので、今回の協定につながったというわけです。ちなみに、現在では本学もISO27001の認証取得に取り組んでおり、2013年度中には認証を取得できる予定です。

協定では、「大学情報戦略」「大学情報資産の保護及び事業継続計画」「大学情報セキュリティマネジメント」などについて相互協力を行われるとのことですが、BCPについてはどのように取り組みを進められたのですか。

永井氏:ハード/ソフト面での整備ももちろん重要ですが、むしろ制度面や運用面も含めた幅広い視点で検討を進めていきました。相互協力運用を行うという方向でしたが、あまりガチガチに運用ルールを固めてしまうと円滑に進みませんので、制度設計も含めて柔軟な姿を追求していました。また、データだけが存在していても業務の速やかな復旧はできませんので、業務サービス機能も相互補完しあえる環境を目指していました。このBCP協調を通じて関係者の信頼関係がさらに深まり、職員が育ち皆で発展していく方向性が展望できることに感謝しております。

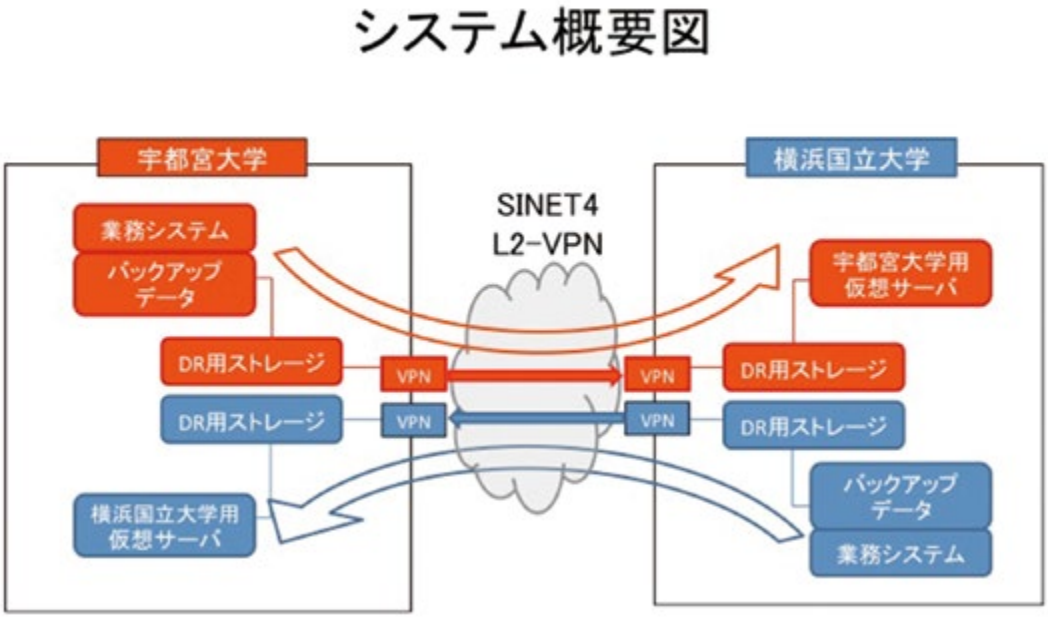
長谷部氏：今回の取り組みのもう一つの特徴は、単なる「IT-BCP 基幹システム」の構築プロジェクトではなく、両センターの教職員が学びあい育つ場としての側面もあるという点です。両センターではそれぞれ先進的な試みを行っていますので、人の交流を通してお互いの知見やノウハウを交換できれば大きな財産になります。実際に双方のセンターで職員を派遣し合うといったことも行っており、担当者からは「自分たちの組織や業務の進め方を見つめなおすいい機会になった」「今回の活動を通して異なる組織の人とも何でも相談し合える関係が築けた」といった感想が上がっています。

ネットワークには SINET の L2VPN サービスを利用されていますね。

志村氏：今回のプロジェクトで大きな課題となったのが、大学の重要な情報資産をいかに脅威に晒すことなく高速に転送するかという点です。インターネットは論外ですし、VPN を使うにしても VPN ルータを公開するようなことは避けたい。そこで注目したのが、SINET の L2VPN サービスです。これならデータ転送に必要な VPN 環境を SINET 側で作ってもらえる上に、我々の方で何らかの機器などを用意する必要もありません。しかも帯域も十分なので、他の業務に影響を与えることなくデータ転送が行えます。今回のプロジェクトについては、SINET の L2VPN サービスがあったからこそ実現できたと言っても過言ではないでしょう。

具体的にはどのような形でバックアップを実施されているのですか。

三原氏：両大学に遠隔レプリケーション機能を装備したバックアップ用ストレージを配置し、その機能を利用して昼夜にデータを転送しています。大学運営に関わる多くの重要なシステム群がバックアップ対象となっていますが、ストレージの重複排除機能や圧縮機能も有効に働いているおかげで、レプリケーションの時間もそれほど長くは掛かっていません。また、ネットワーク上の特徴としては、両大学それぞれ 1 本ずつ、合計 2 本の L2VPN を引いて別々に運用管理を行っている点が挙げられます。これは責任分界点を明確にし、情報セキュリティの確保や人為ミスによるトラブル防止などを図るのが狙いです。



宇都宮大学 - 横浜国立大学間システム概要図

今回のプロジェクトの評価と SINET への期待についても伺えますか。

永井氏：重要な情報資産を保護する取組みを両大学で協調して円滑に進められたことは貴重な経験になったと感じています。もっとも、取組みの活動は終わったわけではなく、継続的な改善を続けることが肝要と考えています。今回は 2 大学間での取り組みですが、今後、もし拡大した際には現構成がベストとは限りません。将来的にはネットワーク上のより良いロケーション等を活用することが望ましいということもあります。本学ではこれまでも NII 様から技術面、制度面で貴重なご支援を頂き大変感謝しています。今後、BCP についても私たちを支えて頂けると嬉しく、期待しております。

長谷部氏：私は経済学が専門ですが、今回のような高速でセキュアな「IT-BCP 基幹システム」の構築が実現できたということは、大学や研究機関のマネジメントを考える上でも一つの先進事例になると考えています。ただし、今回は BCP が主な目的ですが、大学内には教育研究に関わる重要な情報資産も数多く存在しています。現在はそれぞれの研究者が自分で管理していますが、今後はこうしたものの保全をどうするかということも大きな課題になってくるでしょう。膨大な研究データのバックアップを大学が個別に実施するのは大変な面もありますので、NII や SINET のサービスに期待するところは非常に大きいですね。

ありがとうございました。

今回取材を受けていただいた、宇都宮大学、横浜国立大学の皆様

41. 山形DCを活用した高度な分散キャンパスネットワーク環境の構築

山形大学 情報ネットワークセンター

4 5

国立大学法人　山形大学では、シングルサインオン環境や IPv6 マルチホーム接続など、先進的な IT 環境を構築・運用しています。その概要と SINET4 におけるノード新設の効果について、山形大学 基盤教育院 情報ネットワークセンター 准教授 田島 靖久氏、同 准教授 吉田 浩司氏、同 助教 伊藤 智博氏にお話を伺いました。

(インタビュー実施:2012年7月12日)

まずは山形大学の IT 環境の特徴について伺えますか。

吉田氏: 本学では山形県内に 4 ヶ所のキャンパスを展開しており、小白川キャンパスは人文学部・地域教育文化学部・理学部、飯田キャンパスは医学部と附属病院、米沢キャンパスは工学部、鶴岡キャンパスは農学部と、それぞれ学部も異なっています。各キャンパスは高い自立性を持って運営されていますので、情報ネットワークセンターについても別々に設置し、独自に環境やサービスを提供しています。こうした形態で全学の IT インフラを運用している大学は、全国でも珍しいのではないでしょうか。

各キャンパスそれぞれにセンターを設置することで、各学部の特性に応じた最適なサービスが提供できるというわけですね。

田島氏: そういうことです。もっとも、4キャンパスで運用を完全にバラバラにしてしまうと、調達などで非効率な部分も出てきてしまいます。そこで、センター間での連携を強めると同時に、メールサーバや e- ラーニング用サーバなど、全学で共通的に利用するシステムに関しては、小白川キャンパスのセンターで一括運用しています。また、本学では Active Directory による管理を行っていますが、ドメインは工学部とそれ以外の 2 つに分けています。工学部では IT に関わる高度な研究・教育を行いますので、あえて他とはドメインを分けて先進的な活動が行いやすいようにしているのです。

伊藤先生は工学部 (米沢キャンパス) ですが、先進的な取り組みの具体例をいくつかご紹介頂けますか。

伊藤氏: たとえば本学では、Active Directory と認証基盤を組み合わせたシングルサインオン環境を構築しています。どのキャンパスへ移動しても意識することなく各種のサービスを利用できるほか、学術認証フェデレーション (学認) との連携なども行っています。また、キャンパスが県内各地に分散していることを逆手に取り、サービスの可用性を高める仕組みも構築しています。具体的には、小白川と米沢の両キャンパスに広域負荷分散装置を導入し、万一どちらかが自然災害などの被害を受けた際には、稼動している側のキャンパスにアクセスを振り向けられるようにしています。

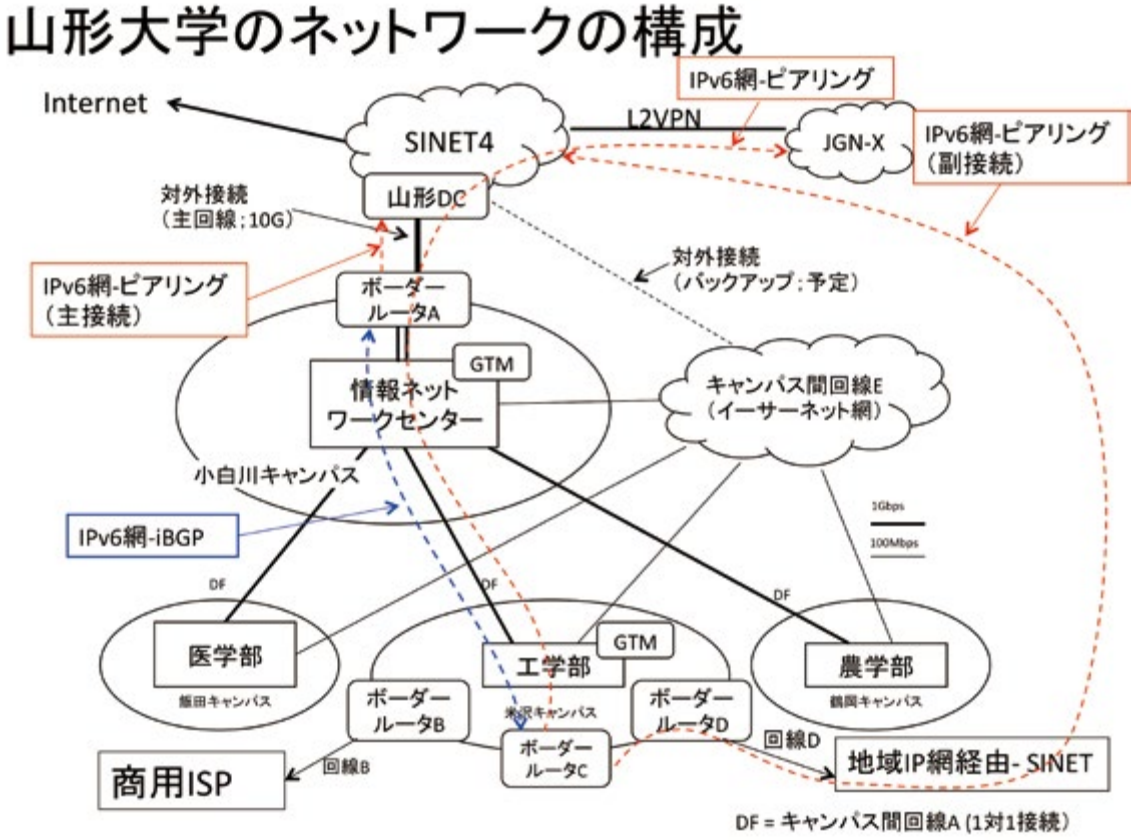
ネットワーク関連のトピックとしては、IPv6 への対応が挙げられますね。今述べた認証系のシステムや広域負荷分散装置などについてもすべて IPv6 ネイティブ対応を完了しており、小白川・米沢の両キャンパスによる IPv6 マルチホーム接続が実現しています。IPv6 は今後のネットワークを支える重要技術の一つですので、検証や研究に力を入れていく予定です。

SINET4 では山形県ノードが新設されましたが、その効果については如何でしょう。

吉田氏：これは非常に大きいですね。SINET3 の時には東北大経由での接続で、仙台－山形間の回線帯域も 100Mbps しかありませんでした。最近では遠方の大学や研究機関と連携して研究や会議を行うケースも多く、本学でも農学連合や素粒子物理学など、様々な分野でネットワークを利用した共同研究を行っています。しかし帯域が 100Mbps しかないと、どうしてもテレビ会議やファイル共有などで気を遣う場面が出てくるんですね。その点、SINET4 では山形ノードへ接続できるようになりましたから、帯域不足の問題で頭を悩ませることはなくなりました。

田島氏：しかも以前は、もう一つ大きな問題がありました。本学の場合は学内での利用だけでなく、県内の他の大学や高専、県立の研究機関なども、本学経由で SINET に接続しています。学内だけでも相当トラフィックが多いのに、他機関も一緒に使うわけですから相当厳しい。実際、本学経由で接続している学校等の中には、昼休みのピーク時などにアクセスがタイムアウトしてしまうケースもあったほどです。その点、現在では帯域にも随分余裕がありますし、各機関が直接山形ノードへ接続することもできるようになりました。ネットワーク環境は大幅に改善していますね。

伊藤氏：以前は正直ネットワークが遅いと感じる場面も多かったので、帯域が太くなったのは非常にありがたいですね。たとえば研究用に VLAN を追加したいと思った時も、元々が 100Mbps しかない状態のところへ「20Mbps 下さい」とはちょっと言い出しにくい (苦笑)。その点、現在では、研究者の要望に応じて充分な帯域を確保できます。特に工学部では大容量データを使用する研究も多く、Spring-8 などの先端研究機関と接続したいというニーズも珍しくありません。こうした要望にもしっかりと応えられるようになったのは、大きな進歩と言えるでしょう。



山形大学ネットワーク構成図

先生方の研究活動にも大きなメリットがあったということですね。

田島氏：ええ。実は去年の夏なども、東日本大震災による電力供給の問題で、関東の研究機関で共同研究用のサーバが立てられないという事態が生じました。そこで急遽、本学のサーバをファイル共有用として提供することで急場を凌ぎました。以前のような細い帯域では、とてもこうした対応もできなかったでしょう。

吉田氏：また、研究活動だけでなく、大学の業務面でも効果が生まれています。本学では東京サテライトキャンパスをはじめ、国内外に拠点を展開しています。こうした場所へ職員が出張で出向いた際なども、ネットワーク経由で快適に学内の業務システムを利用できるようになりました。メールや業務データをローカルで持ち歩かずに済むので、セキュリティ的にも安心です。

伊藤氏：それともう一つは、事業継続対策の強化です。主回線の SINET とは別にもう一本バックアップ回線を用意し、それぞれ別々にピアリングを張っておけばかなり安全な環境が実現できます。以前のように仙台まで回線を引くとなると相当なコストが掛かってしまいますが、山形ノードまでなら負担も軽くできます。

最後に SINET への期待と今後の意気込みを伺えますか。

伊藤氏：学生達がより効率的に学べる環境を用意することが重要と考えていますので、講義資料などのコンテンツを大学間で共有できるようなサービスを SINET で提供してもらえると嬉しいですね。研究だけでなく教育にも SINET をフル活用し、次世代のエキスパート育成に役立てていきたいと思います。

田島氏：SINET はもちろんのこと、サーバ証明書や eduroam など、NII のサービスはいつも便利に活用させてもらっています。今後もさらなる拡充をお願いしたいですね。また、学内に対しては、各学部の教職員や学生の意見を取り入れて、よりよいサービスを実現していきたいと考えています。

吉田氏：本学では地元イベントへの参加や中高生向けの活動なども積極的に行っていますが、SINET4 を活用することでネットワークを利用した地域貢献もいろいろと考えられるのではと思っています。ぜひ山形地方ならではの特色を活かしたサービスを創り上げていきたいですね。

ありがとうございました。

42. SINET L2VPNを利用した遠隔バックアップシステムの構築

静岡大学 情報基盤センター

4 5

国立大学法人　静岡大学では、国立大学法人　山口大学との連携により、SINETのL2VPNサービスを利用した遠隔バックアップシステムを構築しています。その目的と期待される効果について、静岡大学 情報基盤センター 副センター長 長谷川 孝博氏と、同 企画部情報企画課 情報システム係 主任 井口 敦史氏にお話を伺いました。

(インタビュー実施:2012年6月19日)

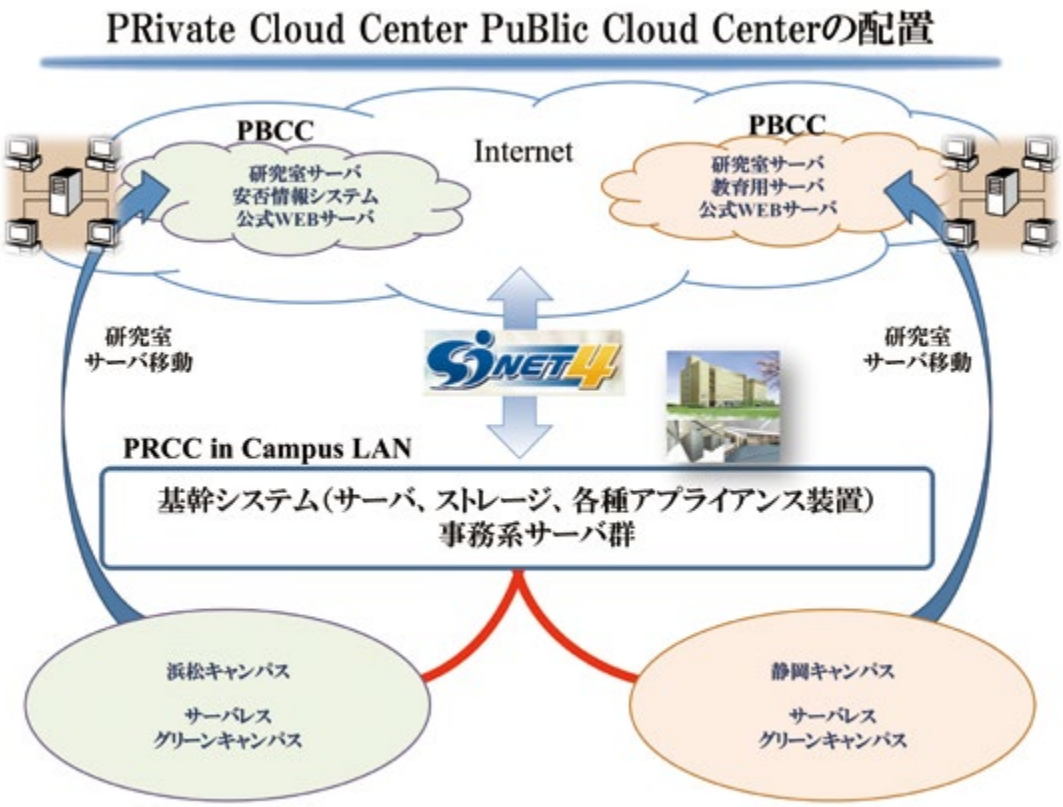
静岡大学は、大学クラウドの実現にいち早く取り組んだ大学として知られています。まずはその背景について伺えますでしょうか。

長谷川氏: 長年にわたり学内のITインフラを構築・運用する中で、コスト削減やセキュリティ強化、環境負荷低減、事業継続計画(BCP)など、様々な課題が顕在化してきました。従来はそれぞれの領域で対策を進めていたのですが、個別の対応ではどうしても限界があります。抜本的な改善を図るためには、やはり様々な課題をトータルで解決することが望ましい。そこで着目したのがクラウド技術だったのです。学内のサーバ群を仮想化して高密度に集積すれば、ITリソースの有効活用とコスト削減が可能になります。また、これをそのまま学外のデータセンタに設置すれば、キャンパス内の電力消費量なども大幅に削減できます。さらに、本学では東海地震への備えが重要なテーマですので、BCPを強化する上でも大きな効果が期待できると考えました。

BCP

これまでの歩みと成果についても教えて下さい。

長谷川氏：本学では以前から、浜松キャンパス･静岡キャンパス間を10Gbpsの専用線でつないでいましたが、ちょうどその間の焼津に新設された民間データセンタを本学のクラウド基盤として採用。2010年3月より教育･研究用パブリッククラウドサービスの提供を開始しました。教員や学生がサーバを使いたい場合は、このパブリッククラウドからスピーディに必要なリソースを払い出します。以前のようにユーザーが自前でサーバを構築･管理する必要はなく、セキュリティ的にも安心な環境が実現できています。また2011年8月には、事務系のシステム群を収めたプライベートクラウドも稼働させています。基本的学内にはサーバを置かない方針ですので、両キャンパスの電気代も飛躍的に下がっています。



クラウドサービス

さらに今回、山口大学との連携で、基幹業務システム群の遠隔バックアップにも踏み切られました。これにはどのような理由があったのですか。

長谷川氏：データセンタは非常に堅牢なファシリティを備えていますし、サーバ群を収めたラックも海抜約30mと水没リスクの低い場所に設置されています。ここに学内のシステムを収容したことで、BCPに必要な要件はある程度クリアできました。とはいえ、学内からはシステムやデータの置き場所が一ヶ所に集中していることに懸念を抱く声も挙がっていました。そこで万全の上にも万全を期すべく、遠隔バックアップシステムの構築に着手したのです。

バックアップ先に山口大学を選んだのはなぜだったのでしょう。

長谷川氏：距離が離れているというのはもちろんですが、もともと山口大学とは情報セキュリティマネジメントシステム(ISMS)の活動を通じて連携を取っており、人的な交流なども深かったのですね。また、山口大学は他大学とも大学間データバックアップの実証実験を行うなど、この分野での経験も豊富です。そこで我々としても、両大学間で合意書を締結し、今回のバックアップ先として利用させて頂くことになったのです。

遠隔バックアップの対象となるシステム／データには、どのようなものがあるのですか。

井口氏：人事給与システム、財務会計システム、調達管理システム、授業料管理システム、グループウェアなど、大学運営を支えるほとんどの基幹業務システムが、今回の遠隔バックアップの対象となります。ちなみにこれらのシステムの容量をすべて合計すると約 3TB にも上ります。

相当な容量ですね。それをどのようにして山口大学へ送るのですか。

井口氏:データセンタ内でも各システムのローカルバックアップを定期的に取得していますので、そのバックアップデータを SINET 経由で山口大学へ転送します。各業務システムは VMware による仮想化を行っていますから、その仮想マシンイメージをまるごと遠隔地に転送する形ですね。もっとも、業務システムの重要度によって、バックアップの頻度や取得内容は若干異なっていますので、毎日 3TB 分の容量をすべて転送するわけではありません。

遠隔バックアップシステムを構築する上で、工夫された点などはありましたか。

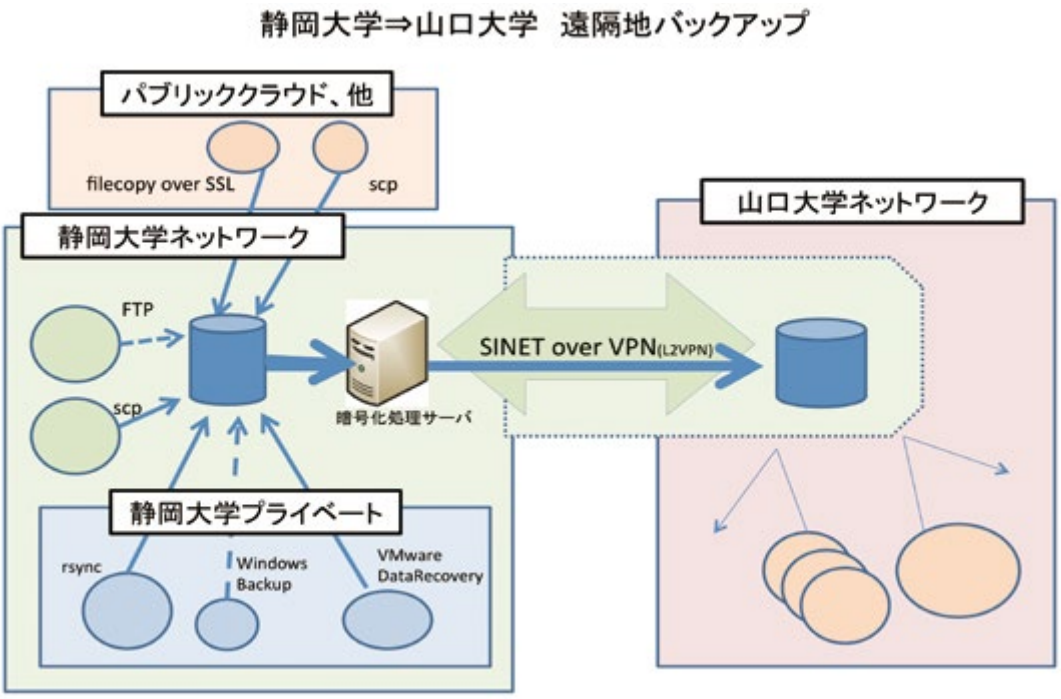
井口氏：今回のシステムでは、セキュリティ確保の観点から、バックアップデータに暗号化を施しています。ところが VMware の標準バックアップツールでは、暗号化されたディスク領域に直接データを保存するような形が取れません。そこで、学内のバックアップサーバにまず一度転送し、そこで暗号化を行った上でバックアップを行う仕組みを構築しました。

ネットワーク面での課題などはありましたか。

長谷川氏:大容量データ転送に必要な帯域とセキュリティ。この 2 点をいかに確保するかが大きな課題でした。大量バックアップデータを安定的に転送するためには、高い品質と信頼性が不可欠ですし、通信経路でのセキュリティも守る必要があります。そこでいろいろ検討していたところ、山口大学　メディア基盤センターから教えて頂いたのが、SINET の L2VPN サービスでした。これなら 1Gbps の帯域を遠隔バックアップ専用に使用できますし、セキュリティ面での問題もありません。

大学の重要データを保全するための仕組みとして、SINET の L2VPN サービスが役立っているわけですね。

長谷川氏:その通りです。今後は、こうした大学間での遠隔／相互バックアップの取り組みも増えてくるでしょうが、そのインフラとして民間事業者の回線を使用すると、莫大なコストが掛かってしまいます。その点、SINET の L2VPN サービスを利用すれば、多大なコスト負担を抱え込むことなく、情報資産の安全･安心を担保できます。大容量データを活用する先端研究だけでなく、このような分野においても SINET の果たす役割は大きいと思いますね。



遠隔 / 相互バックアップ図

最後に今後の展望について伺えますか。

長谷川氏:長谷川氏:今回は基幹業務システムの遠隔バックアップに取り組みましたが、今後は教育･研究用システムやその他の業務システムなどについても、今回の仕組みを拡げていきたい。特に本学では、大学に関わった人たちのデータの永年管理を今後の目標として掲げていますので、長期にわたってしっかりとデータを保全できる基盤を実現したいと考えています。SINET の今後の発展やサービスの拡充にも大いに期待していますよ。

ありがとうございました。

43.「kyo2 Cloud Center」の運用

京都教育大学 情報処理センター

4 5

国立大学法人　京都教育大学では、SINET4 の L2VPN サービスと外部データセンタを組み合わせたクラウドサービス「kyo2 Cloud Center」を運用しています。その狙いと成果について、京都教育大学 教育学部 産業技術科学科 准教授 情報処理センター次長 多田 知正氏と、同 情報処理センター 主任 秋山 剛志氏にお話を伺いました。

(インタビュー実施:2012年6月12日)

まず京都教育大学の概要と情報処理センターの役割について伺えますか。

多田氏:承知しました。本学は教員養成を目的として設置された単科大学で、明治 9 年創立の京都府師範学校を前身としています。創設以来 135 年以上にわたり、学校教育や社会・生涯教育に携わる優れた人材を輩出してきました。

学内には様々な附属施設やセンターが設置されていますが、情報処理センターでは教育・研究に用いられる IT インフラの管理・運営を一手に担っており、現在では約 120 台のクライアント PC と約 50 台のサーバを運用しています。少々人手が足りないのが悩みの種ですが (笑)、少人数でも効率的に運用管理が行えるよう、業務の省力化を図るよう心がけています。また、近年では情報セキュリティの強化も課題になっていますので、セキュリティポリシーの徹底にも務めています。

サーバ仮想化などの先進的な取り組みも推進しておられますね。

多田氏:以前は各学科で個別に物理サーバを保有していたのですが、IT に強い先生ばかりではないので、適正に管理されていないサーバも見受けられるようになっていました。ウィルス被害や不正アクセスなどの事件が社会問題化する中、セキュリティ設定に問題のあるサーバが学内で稼働しているのは望ましいこととは言えません。そこで、サーバインフラについてはセンター側の仮想環境に集約し、ユーザーにはコンテンツ活用だけに集中してもらおうと考えたのです。

秋山氏:また、もう一つの狙いとして、サービスの安定性向上が挙げられます。最近では学内で稼働するサーバ台数も増えていますが、物理的な機器の数が増えれば、それだけ故障の発生率も上がってしまいます。その点、サーバ仮想化を行っておけば、ハードウェア障害などによる影響を最小限に抑えられます。また仮想化を行うことには、ユーザー側から要望があった際に、スピーディに環境を提供できるというメリットもあります。

さらに今回、基幹サービスサーバのクラウド化にも踏み切られました。これにはどのような背景があったのでしょうか。

多田氏：本学では平成 20 年からキャンパスの耐震改修に着手しましたが、この時に工事に起因する停電が多発し、システム停止を余儀なくされるケースがありました。現在ではメール／ Web が教職員や学生の活動に欠かせない重要なインフラになっていますので、たとえ一時的とは言え、これが使えなくなることに対する苦情は相当なものでした。センターとしても、自家発電設備導入などの対策を考えてみたものの、コスト的に見合うものではありません。そんな時に思い出したのが、 SINET4 の説明会で聞いた商用データセンタとの接続サービスです。学外の施設に置いたサーバ群に SINET 経由で接続できれば、停電によるシステム停止の問題を解消できますし、学内のサーバ／ネットワークとも一体的な運用が行えます。

秋山氏：外部データセンタを利用してクラウドを構築する場合には、ネットワークに掛かる費用が一番大きな問題になります。サーバやネットワーク機器の設置費用はなんとか捻出できても、ネットワークに掛かる費用はそうもいきません。最近では、大学においても BCP(事業継続計画) の策定が大きな課題になっていますが、安全性を高めようとして遠隔地のセンタを採用すれば、それだけネットワークコストも増大してしまいます。その点、本学・データセンタ間のネットワークに SINET が利用できれば、こうした問題に悩まされる心配はありません。我々にとって SINET の商用データセンタ接続は、まさに「渡りに船」のサービスだったのです。

データセンタ

東日本大震災以降は、大学クラウドを BCP に活用しようという機運も高まっていますね。

多田氏：もともと本学では、キャンパスの停電対策がクラウド化に踏み切るきっかけでしたが、東日本大震災では電話よりもメールや Web、SNS などが情報収集・発信手段として大きな役割を果たしました。こうした事例を見聞きしていると、大規模災害時においても学内ネットワークが生き続けることの重要性を改めて強く感じましたね。本学でも東海・南海地震への備えが大きな課題ですので、今回構築した「Kyo2 Cloud Center」を有効に活用していきたいと考えています。

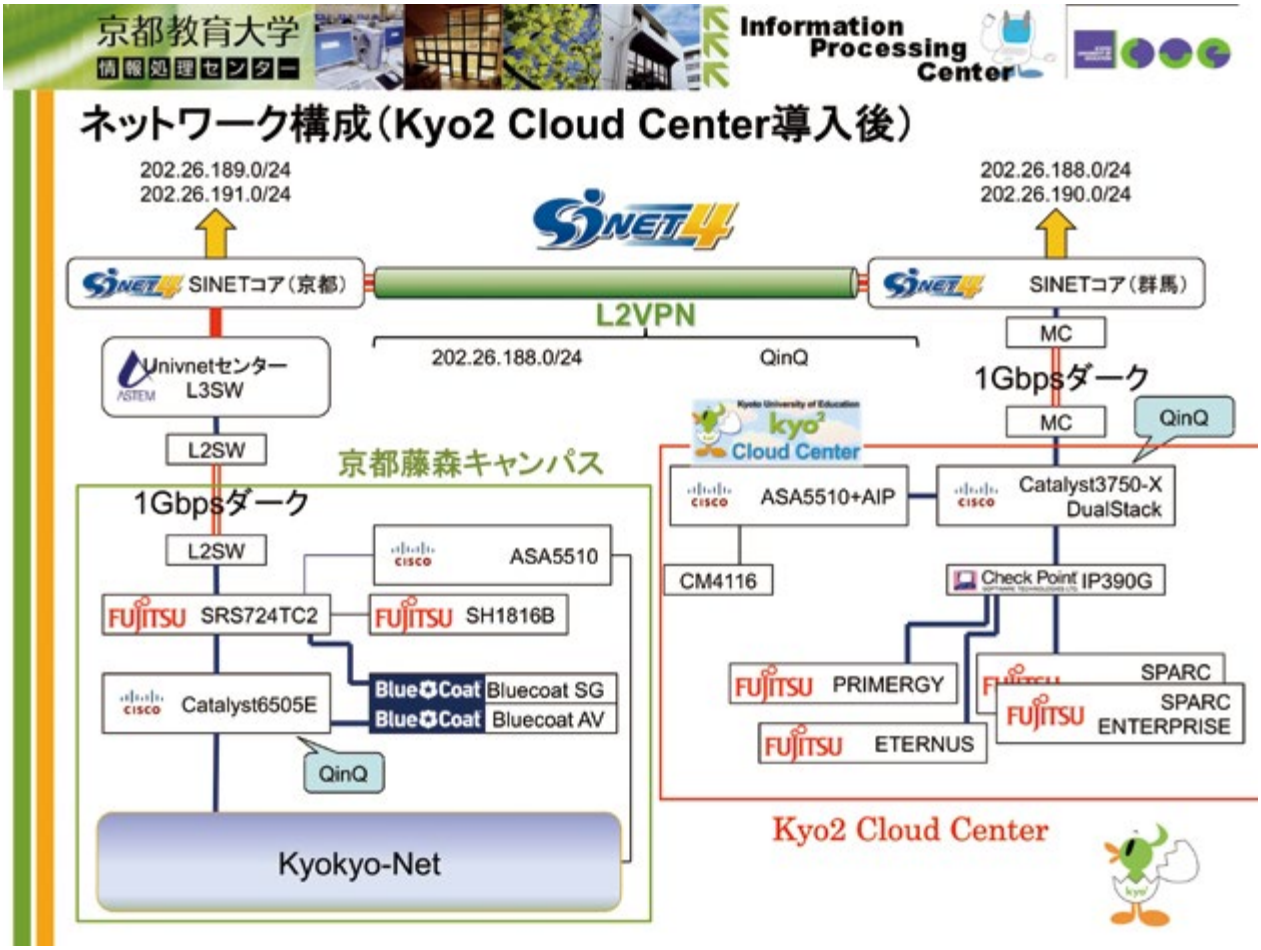
現在はどのような形で Kyo2 Cloud Center を運用されているのですか。

秋山氏：メールサーバやWebサーバなどの業務サーバのほか、スパム対策サーバやDNSサーバなどのインターネット系サーバを、350km 以上離れた遠隔地のデータセンタに設置しています。また、これらのサーバ群は災害時の待機用というわけではなく、普段の業務にそのまま使用しています。せっかくコストを掛けて導入したわけですし、データセンタの方が電源などの設備もしっかりしていますので、平時からデータセンタ側をメインのシステムとして使っているわけです。

Web/メールサーバ

データセンタはキャンパスから相当遠い場所にありますが、レスポンスなどに問題はないのですか。

秋山氏：ping を打てば遅延が少し多いかなと感じるかも知れませんが、日常業務でメールや Web を使用している分には特に問題ありませんね。SINET のネットワークも非常に高速で安定していますから、実用上支障が出るようなことは皆無です。学内のユーザーの中には、サーバが 350km 先のデータセンタに移動したとは全く気付いていない人も多いと思いますよ (笑)。大学･データセンタ間でファイルサーバの遠隔バックアップなども行っていますが、こちらも問題なく運用が行えています。ちなみに今回の構築作業では VLAN の設定で少々悩んだ部分があったのですが、SINET 利用推進室の支援のおかげでスムーズに解決できました。



ネットワーク構成図

今回の取り組みの成果をどのように考えておられますか。

多田氏：まず大きいのが、万一の大規模災害時にも、メールや Web が止まらない環境が実現できた点ですね。学内ユーザーに対しては以前のように停電などで迷惑を掛けることもありませんし、大学の Web サイトも 24 時間･365 日体制で対外的な情報発信が行えます。また、サービスサーバ群をデータセンタへ持っていったことで、学内サーバルームの消費電力削減や空調温度設定の見直しなど、省エネ面での効果も実現できました。さらに今後は、学内向けの新たなサービスを提供するインフラとしても、クラウド環境を活用していきたい。ICT の難しさを感じさせることなく、教員や学生の利便性を高められるようなサービスが提供できればと思います。

ありがとうございました。

44. 対外接続にSINETを活用した全学情報ネットワーク基盤「UTnet」

東京大学 情報基盤センター

4 5

東京大学 情報基盤センターでは、全学情報ネットワーク基盤「UTnet」の対外接続に SINET を活用し、大学運営や先端学術研究の支援に役立てています。その概要について、東京大学 情報基盤センター ネットワーク部門 ネットワーク係長 下田 哲郎氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2011年12月22日）

本活用事例では、これまでも東大で先端研究を行っている方々の取材を行っていますが、情報基盤センターについては今回が初めての登場となります。そこでまずは、東大のITインフラ事情について教えて頂けますか。

下田氏：承知しました。現在東大では、教職員と学生合わせて約4万人が在籍しています。また、本郷・駒場・柏・白金・中野の各キャンパスをはじめ、全国 50 ヶ所以上で遠隔研究施設等を運営しています。これらの間を結ぶのが、「UTnet」と名付けられた全学情報ネットワーク基盤です。初代 UTnet は 1991 年に構築されましたが、現在は 3 代目となる「UTnet3」が稼働しています。

私の所属するネットワーク部門では、この UTnet の構築や運用監視を主な業務としています。ちなみに情報基盤センター内には、その他にも、情報処理教育の支援を行う情報メディア教育部門、図書館系のシステムを担当する図書館電子化部門、スーパーコンピュータシステムを運用するスーパーコンピューティング部門、センターの事務を担う事務部が存在しています。(http://www.itc.u-tokyo.ac.jp)

最近では教育・研究分野だけでなく、電子メールをはじめ、学内向けの事務システムや就労システムなどがオンライン化したことで業務系データも UTnet をよく通るようになり、ネットワークインフラの重要性はこれまで以上に高まっています。よく「ネットワークは電気・水道・ガスと並ぶライフライン」などといわれますが、今や水道やガスよりも重要度は高いかも知れませんね（笑）。

これほど大規模な環境となると、安定運用を維持していくのも大変だと思うのですが。

下田氏：そうですね。ネットワーク部門は教職員合わせて 15 名ほどの体制ですから、運用管理や保守に掛けられるマンパワーにも限りがあります。そこで UTnet では、ネットワークを主要拠点間を結ぶ「基幹ネットワーク」と各建物内に敷設された「支線ネットワーク」に分け、我々は全学のバックボーンである基幹ネットワークの運用に注力するようにしています。具体的には、各建物内に基幹ネットワークに接続するためのエッジスイッチ（L2 スイッチ）を 1 台設置しており、エッジスイッチから先の支線ネットワークについてはそれぞれの部局のネットワーク担当者に運用管理をお願いしています。このエッジスイッチはちょうど SINET のエッジノードと同じ役割を受け持っていますから、東大全体がいわば小さな SINET のような構成と言えますね。

また、予防保守と運用管理負荷軽減の観点から、エッジスイッチについてはインターフェイスの種類や需要を考慮しつつ定期的な更新を行なって障害の発生を防止するようにしています。とはいえ、これも台数が 200 台以上ありますから、ある程度対象を絞って順番に交換するようにしています。

UTnet と SINET の関係はどうなっているのですか。

下田氏：UTnet では、対外接続用に 3 つのネットワークを利用しています。一つは WIDE Project が運用する「WIDE」、もう一つは NICT（情報通信機構）が運用する「JGN-X」、それに SINET です。特に Web やメール、テレビ会議といった日常的に利用される生活通信については、ほとんどが SINET を通ってインターネットへ出て行きます。それだけに SINET が果たす役割は非常に大きいですね。

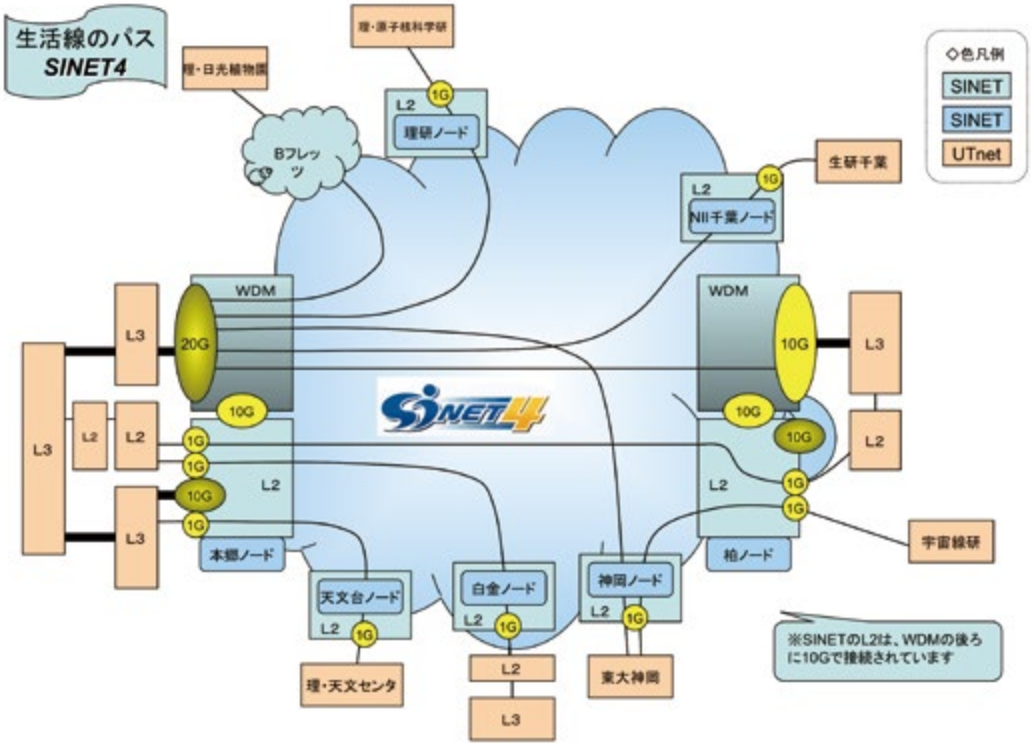
また、先端学術研究を支えるという意味でも、SINET の存在は非常に重要です。本活用事例でも神岡素粒子研究施設、素粒子物理国際研究センター、地震研究所などが登場していますが、こうした先端学術研究ではここ数年でデータ容量が飛躍的に増大しています。また、2012 年 4 月には次期スパコンが稼働し、世界一奪還で話題になった「京」や全国のスパコンとも通信が行われるようになります。これによって、データ通信量のさらなる増大が見込まれていますから、SINET の果たす役割もますます大きくなりますね。

それだけトラフィックが増えるとなると、運用側としても対応が大変そうですね。

下田氏：「とにかく大容量のデータを流したい」というのが全てのユーザー側の願いですからね（笑）。ただ、我々としても可能な限り要望に応えていきたいと思っていますので、大容量データを取り扱う研究が始まる際には、なるべく計画段階で相談してもらうようにしています。いきなり対応するのは難しいとしても、あらかじめ事情が分かっていれば準備もできますので。UTnet の環境についても、SINET4 への移行に伴って本郷の接続帯域を 10Gbps から 20Gbps に増速するなど様々な手を打っています。

SINET4 のお話が出ましたが、SINET3 から移行したことによるメリットなどはありましたか。

下田氏：基本的なサービスは従来のものを踏襲しているので、ユーザー側から見た時には特に大きな変化はありません。ただ、SINET4 では、一般ノードへ接続する際などの構成がダークファイバ＋ WDM になりましたから、より多くの帯域が必要になった場合の対応が容易ということは言えますね。以前の構成だと、専用線だったので回線や伝送装置を丸ごと取り替えたりしなくてはなりませんでした。その点、現在では、両端の WDM モジュールを追加するだけで簡単に帯域が拡張できます。



SINET4 と UTnet

SINET4 への切り替えについては如何でしたか。

下田氏：2011 年の 2 ～ 3 月に掛けて各ノードの切り替えを順番に実施しました。大学の業務や研究･教育に支障が出ないよう、平日夜間や休日日中に作業を行いましたので、ユーザーにはほとんど気付かれなかったのではないでしょうか。

ただ、今年は東日本大震災の影響で電力の手当てが大変でしたね。夏場の電力不足についても、仮設発電機を手配して、主要部分の情報インフラを止めないよう停電に備えました。ちなみに、情報基盤センターには大型 UPS 電源や空調装置などの設備を備えたハウジング室があり、止めたくないサーバやネットワーク機器を収容できるように、学内組織向けにハウジングサービスを提供しています。

最後に今後の抱負について伺えますか。

下田氏：実は、私は以前（2006 年 4 月から 3 年間）NII へ出向して SINET3 の構築･運用管理に携わっていました。そこで培った経験やノウハウは、東大へ戻ってからも非常に役立っています。今後もこれを活かして、SINET と UTnet のいいところを合わせたネットワークを築いていきたい。また、先にも触れた通り、SINET は大学運営や研究･教育を支える重要な基盤ですから、今後の設備増強やサービス･サポート力の強化にも大いに期待しています。

ありがとうございました。

関連 URL　アトラス (ATLAS) 実験
http://www.sinet.ad.jp/case/icepp/
ニュートリノ研究
http://www.sinet.ad.jp/case/kamioka

45. SINET L2VPNを用いた商用クラウドメール接続

東京農工大学 総合情報メディアセンター

4

東京農工大学では、2011年に全学情報基盤のプライベートクラウド化を実施。電子メールシステムについては商用クラウドサービスを採用し、SINET4のL2VPNサービスによる接続を行っています。その狙いと効果について、東京農工大学 総合情報メディアセンター 教授 辻澤 隆彦氏と、同 准教授 萩原 洋一氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施:2011年12月20日）

東京農工大学は今回で２回目の登場となりますが、まず前回の取材でお伺いした遠隔講義（「全国18連合農学研究科を結ぶ遠隔講義システム」参照）のその後の状況について教えて頂けますか。

萩原氏：前回の取材は3年前になりますが、あれからさらに活発に利用されるようになっています。遠隔講義システムの稼働時間は年間約2,000時間近くに達しており、毎日1～2コマの遠隔講義が行われています。また、会議や面接、論文審査など、講義以外の用途でも広く利用されるようになっています。システム構築にあたって、画質と使い勝手にとことんこだわったことが良かったのでしょうね。ちなみに、本学と岩手大学が共同で設置する共同獣医学科（2012年4月設置予定）でもこのシステムを活用するほか、教育系分野などでの利用も現在検討中です。

利用頻度も適用領域も順調に拡大しているというわけですね。さて、今回は2011年より稼働した新たな全学情報基盤について伺いたいのですが。

辻澤氏：今回の新情報基盤調達では、「ITインフラの低消費電力化」と「スペース効率向上」の2点を主眼に置きました。学内で稼働する様々なシステム群をプライベートクラウド環境へ移行すると同時に、端末のシンクライアント化なども図ることで、これらの実現を図ったのです。実際に構築したシステムでは、従来約60台あった物理サーバを半分の30台に削減し、ラックスペースを大幅に空けることに成功しています。省電力化の効果も大きく、以前より約40%程度電力消費量を低減させることができました。

ラックスペースの効率化

まさに狙い通りですね。電子メールシステムについては民間の商用クラウドサービスへ移行されましたが、これはどのような経緯があったのですか。

萩原氏：本学は平成元年からメールサービスを提供しており、既に 20 年以上もの運用実績を積んでいます。しかし、近年ではスパムメールが急激に増加し、その対応に多くの負担を強いられるようになりました。メールはもはや大学の基幹システムですから、決して止めることはできません。しかし、その対応をいつまでも自前でやっていたのではキリがない。そこで商用サービスの利用を検討し始めたのです。

商用サービスの採用にあたっては、どのような点を要件とされたのですか。

辻澤氏：まずは、しっかりとしたウイルス・スパム対策機能を備えていること。それと充分な容量のメールボックスが確保されていること、大容量の添付ファイルが利用できること、コスト面でリーズナブルであることなどですね。

ウイルス・スパム対策については言うまでもありませんが、以前のシステムでは1ユーザーあたりのメールボックス容量が 100MB しかなく、最近の利用状況には少々合わなくなっていました。添付ファイルについても大容量のファイルを送受信するケースが増えているので、それに対応できることが必要でした。また、本学には教職員・学生合わせて約 11,000 名のユーザーがいますので、一人あたりのアカウント費用や一時的な変動費用をできるだけ抑えることも重要なポイントでしたね。

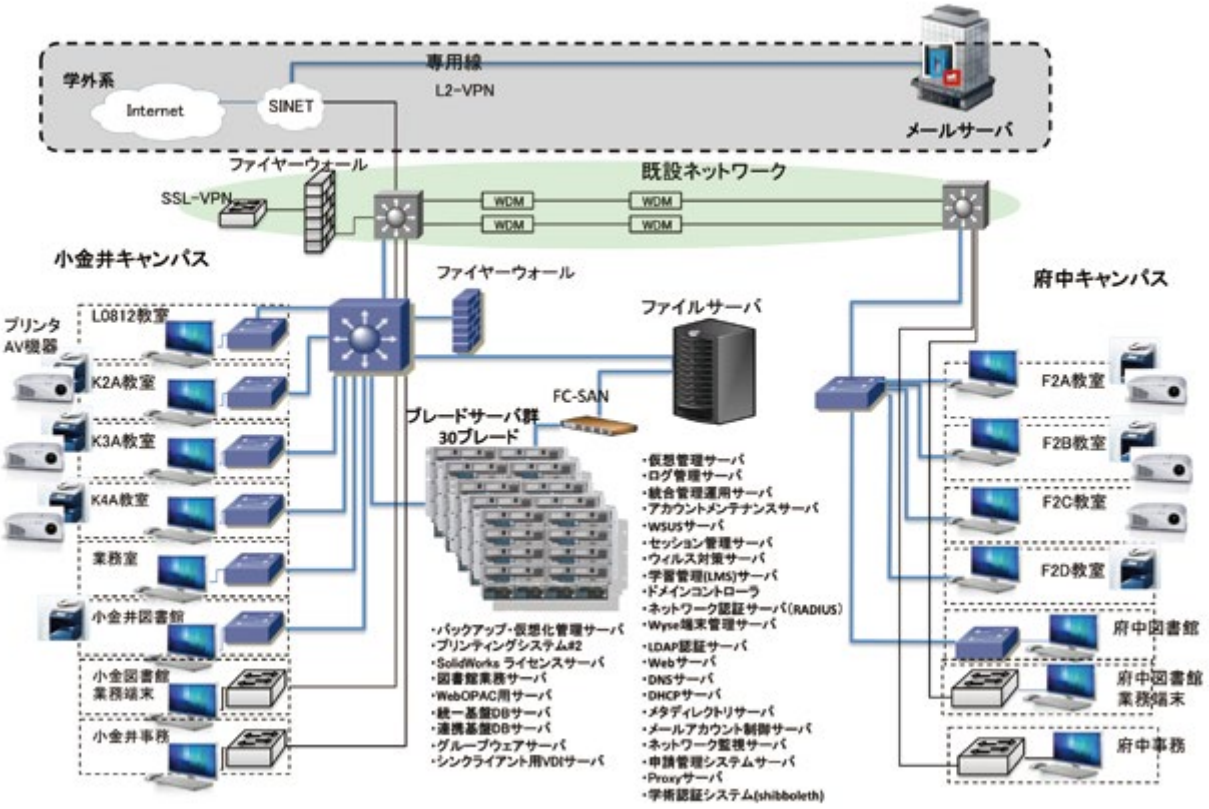
最近では無償で利用できるクラウドサービスなども提供されています。そうしたものは候補に挙がらなかったのですか。

萩原氏：全く考えなかったわけではないのですが、本学の場合には機密性の高い研究情報も数多くやりとりされます。無償サービスには、メールデータの商用利用や国外保管、返却不可などの条件が付いているものが多いので、先端研究に注力している本学の要件には合わなかったのです。

辻沢氏：最終的には、これらの要件を全て満たすアカデミック分野向けクラウドサービスを採用すると同時に、ファイル転送サービスなども併用してメールシステムの負荷軽減を図っています。利用者からの評判は上々で、「以前よりスパムが減った」「安全にファイルをやりとりできるようになった」といった声が寄せられています。

2011 年 12 月には、SINET4 の新サービスである商用クラウド接続サービスを利用して、学内のクラウド環境と商用メールサービスを接続されていますね。

辻澤氏：今回の基盤調達ではメールシステムを外部へ出しましたが、元々は完全なプライベートクラウド環境で全システムを構築したかった。その点、商用クラウド接続サービスを利用すれば、SINET4 のデータセンタとサービス提供事業者とを SINET4 の L2VPN 回線で直接結ぶことができます。よりセキュアで安定的な環境が実現できますので、これを利用しない手はないと考えたのです。学内の ICT インフラと外部の商用サービスを SINET で接続するのは、我々にとっても初の試みですが、特に問題もなくスムーズに接続できましたね。



電子計算機システムの概要

SINET と商用サービスが接続できることの意義についてはどうでしょうか。

辻澤氏：非常に大きいと思いますね。本学の場合はメールシステムに適用しましたが、これはメールに限らずいろいろな種類の上位レイヤーサービスに適用できます。ストレージサービスでも構わないですし、アプリケーションサービスでも構わないわけです。今後は様々な民間事業者がアカデミック分野向けのクラウドサービスを提供するでしょうから、そうしたものとの橋渡し役を SINET が担ってくれるのは大変ありがたい。

萩原氏:3.11 の東日本大震災をきっかけに、大学でも BCP の重要性が再認識されるようになっています。もしキャンパスが被災したら、大事なデータや業務環境を失ってしまう可能性も大きい。しかし、商用サービスとの連携が可能であれば、そうした時の対応に役立つ部分も少なくないでしょう。もちろん、外部でデータを保管する際のセキュリティなど、解決すべき課題も少なくありませんが、今後はこうしたものの活用も視野に入れておく必要があると感じますね。

最後に SINET への期待をお聞かせ下さい。

辻澤氏：SINET4 からはデータセンタへの接続を行う形になりましたが、この設計思想は非常に素晴らしいと思います。3.11 の際にもネットワークへの影響を最小限に留めるなど、高い信頼性･耐障害性を実証できました。ネットワークは我々の活動を支える生命線ですから、今後もこうした取り組みを続けて欲しいですね。

萩原氏:SINET4 へ移行したことで、ノード未設置県や帯域の問題がかなり解消されたことも高く評価できます。特に農学連携では、ネットワーク事情の良くない大学との接続も多いので、こうした点が改善されることはありがたい。今後もぜひインフラと学認や eduroam などのサービスの拡充に努めて頂ければと思います。

ありがとうございました。

46. キャンパスネットワーク「MEINET」での L2VPN利用

名城大学

3 4

名城大学 情報センターでは、教育･研究活動を支えるキャンパスネットワーク「MEINET」に、SINET3 の L2VPN サービスを採用しています。その狙いと効果について、名城大学 理工学部 情報工学科 教授 情報センター長 附属図書館長 高橋 友一氏と、名城大学 情報センター 事務部長 余語 弘氏、同 主事 名取 昭正氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年4月13日）

まず名城大学における情報化の歩みと、最近の取り組みについて教えて頂けますか。

高橋氏：本学では 1967 年に当センターの前身である電子計算機室を開設し、それ以来 40 年以上にわたって、附属情報処理教室や端末室の設置、マルチメディアルームの開設など、様々な取り組みを行ってきました。どこの大学でもそうですが、近年では単に計算機資源を用意するだけでなく、充実したネットワーク環境の提供も強く求められるようになっています。本大学でも、創立 75 周年を機に、主に理工学系学部向けの組織を、全学的な情報センターへとサービス規模、内容を変更しました。ちなみに、本学では全学の情報基盤である教育･研究情報ネットワークを「MEINET（メイネット）」と呼んでいますが、その情報インフラの更新なども定期的に実施しています。ちょうど 2010 年 4 月にも、新たなシステムが本稼働を開始したところです。

余語氏：現在、MEINET で提供しているサービスとしては、Google の Gmail サービスを利用した Web メールサービスや、持ち込み PC の接続サービス、各種の講義 / 学習支援サービス、学外からのリモートアクセスサービスなどが挙げられます。大学ではセキュリティの確保も重要な要件ですので、統合認証やシングルサインオンの仕組みなども新たに導入しました。

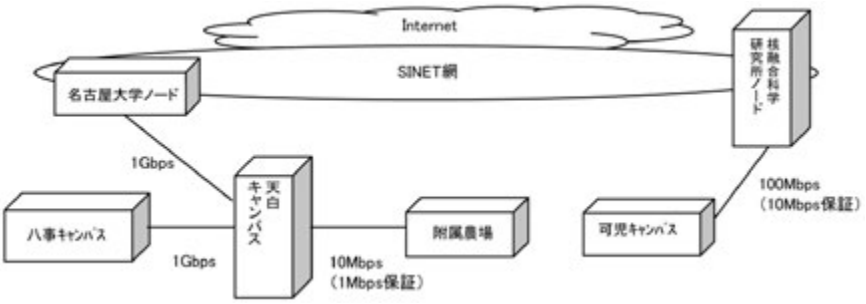
また、2009 年 10 月より、国際的な IT 企業であるマイクロソフト社と、教育 / 学習支援体制の強化を目的とした連携も行っています。ここでは、ソフトウェア製品に関する包括ライセンス契約を結んでいるほか、理工学部系の学生を中心に、アプリケーション開発製品の無償提供プログラム「DreamSpark」を提供してもらっています。

名取氏：本学では学生、教職員合わせて約 1 万 7000 名のユーザーを抱えていますが、必ずしもその全員が IT に精通しているわけではありません。そこで、ヘルプデスクを設置するなどして、ユーザーの IT 活用を積極的に支援しています。ユーザーから質問や問い合わせが寄せられる場合は、何らかの事情で困っていることも多いので、できる限りユーザーの立場に立って丁寧に対応するよう心がけています。

2009 年秋には、MEINET を構成するネットワークの一つとして、SINET3 の L2VPN サービスを導入されました。これはどういう経緯だったのですか。

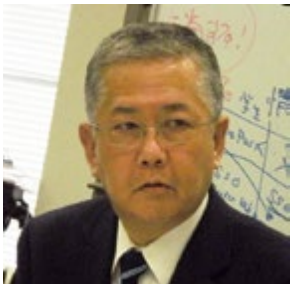
高橋氏：本学では、名古屋市内に天白キャンパスと八事キャンパス、岐阜県･可児市に可児キャンパスを置いています。天白 / 八事キャンパスは名古屋大ノード経由で SINET に接続しているのですが、可児キャンパスについては対外接続に民間キャリアの回線を利用していました。ここで課題になっていたのが、可児キャンパス側の回線帯域です。名古屋大ノードに 1Gbps で接続している天白 / 八事キャンパスに比べて、可児キャンパスの回線は 3Mbps 保証の 100Mbps ベストエフォート。名古屋市内の両キャンパスとは、通信環境に大きな差があったのです。最近ではネットワークを流れるトラフィックも増加する一方ですので、可児キャンパスのネットワーク強化が大きな課題になっていました。

ちょうどそんな時に、SINET の Web サイトで、遠隔地のキャンパス同士を VPN 接続している事例を目にしました。それまでは 1 機関 1 アクセスとあきらめていたのですが、NII に問い合わせてみたところ、飛び地にあるキャンパスを結ぶための利用なら問題ないとのこと。幸い、可児キャンパスの近くには核融合研究所のノードがありますので、早速、本学でも可児キャンパスの接続に SINET3 の L2VPN サービスを利用することにしました。



ネットワークの接続構成

可児キャンパス側の帯域が足りないことで、不都合が起きるケースなどもあったのですか。



余語氏：可児キャンパスは場所が離れている関係で、一部の科目で遠隔講義を行っています。ところが学内のトラフィックが増えてくると、この遠隔講義の映像や音声が乱れてしまうケースがありました。しかも、天白キャンパス･可児キャンパス間では、テレビ会議を行うこともありますので、これらが同時に走ったりすると、さらに回線状況が厳しくなってしまいます。ネットワークの問題が講義にまで影響を及ぼすというのは、決して望ましいことではありません。

もちろん、既存の民間回線をもっと太くすれば、帯域にまつわる課題を解消することはできます。しかし、この方法には、費用が非常に嵩んでしまうという大きな問題があります。大学としても無尽蔵にコストを掛けられるわけではありませんので、何かいい手はないかと模索していたのです。その点、SINET3 を利用すれば、今までと同等のコストで可児キャンパスの回線帯域保証を 1 桁向上することができました。これは大いに助かりましたね。

SINET3 に回線を切り替えた効果はいかがですか。

名取氏：導入前 / 導入後で一日のトラフィックを比べてみたのですが、大幅な改善効果が現れています。ピーク値で比較すると、天白キャンパスから可児キャンパスへの上りが約 560Kbps →約 37Mbps へ、可児キャンパスから天白キャンパスへの下りが約 2Mbps → 91Mbps へと、飛躍的にアップしています。おかげで遠隔講義の映像 / 音声が乱れるようなこともなくなりました。以前は遠隔講義用の帯域を確保するために、帯域制御装置を導入しようかという話もあったのですが、SINET に回線を変更したことでその必要もなくなりました。

また、もう一つの効果として、教室管理システムの安定稼働が実現できた点が挙げられます。現在は可児キャンパスの教室管理用サーバも天白キャンパスに置いているため、万一可児キャンパス側の回線に障害が起きると、授業に支障が出る可能性がありました。しかし、広帯域で信頼性の高い SINET3 の L2VPN サービスを導入したことで、こうした不安も解消することができました。

安定的な教育・研究ネットワークの実現に、SINET が貢献したというわけですね。最後に今後の展望と抱負を伺えますか。

高橋氏：ネットワーク活用については、今までのお話にもあった遠隔講義以外にも、e-Learning コンテンツの配信や、ネットワークを介した自宅での学習環境の拡充など、様々な取り組みを推進する予定です。もっとも、iPad のような新しいデバイスが登場したことで、ネットワークの使われ方もこれまでのような PC 中心の世界とは大きく変わっていく可能性があります。学術情報ネットワークや学内ネットワークで今まで想定していなかったコンテンツやトラフィックの量が急激に変化した時どうすべきかという点では、正直言って少々悩ましい部分もありますね。ただ、情報センターとしてのサービス強化は、今後も当然のこととして、引き続き力を入れていきたいと思っています。

ありがとうございました。

47. キャンパスネットワーク(HINET2007)における Web認証システムの構築・運用

広島大学

3 4 5

広島大学･情報メディア教育研究センターでは、同大学のキャンパスネットワーク「HINET2007」において、UPKI イニシアティブのサーバ証明書を利用した Web 認証システムを構築･運用しています。その狙いと成果について、広島大学 教授 情報メディア教育センター長 相原 玲二氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年3月19日）

まず情報メディア教育研究センターの概要についてご紹介頂けますか。

相原氏：当センターでは、現在「ネットワークサービス」「全学情報サービス」並びに「情報教育の実施と教育の情報化支援」の3つの事業を手がけています。最初のネットワークサービスでは、本学の全構成員が利用するネットワーク基盤の構築･運用を、2 番目の全学情報サービスでは電子メール /Web/ 教育用端末 / 高度科学技術計算などのサービス提供を、最後の教育関連事業では、基礎的な情報リテラシー教育や IT による教育支援などを行っています。

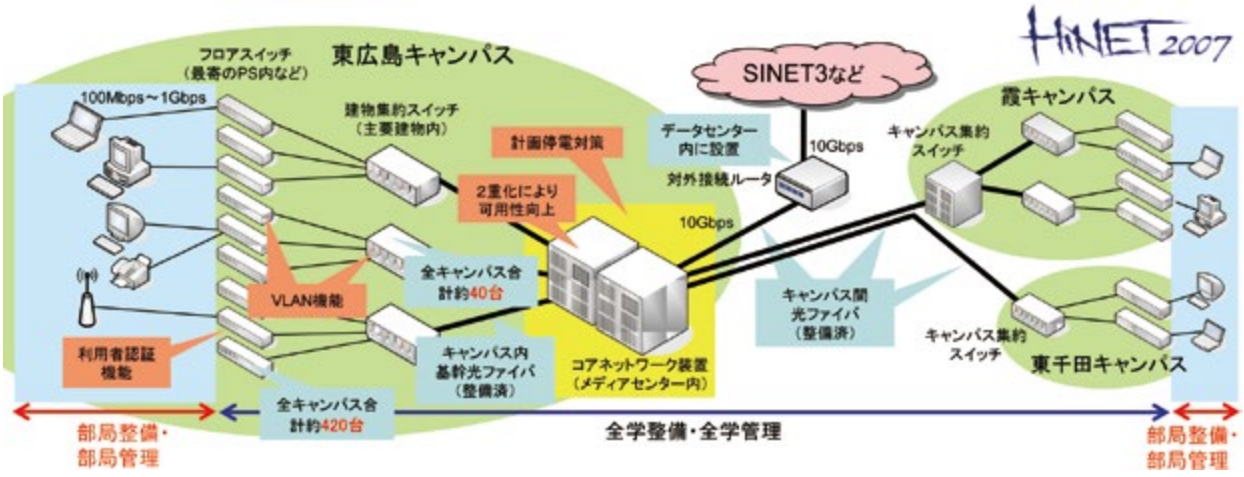
ネットワーク化の歩みについても教えて頂きたいのですが。

相原氏：本学のキャンパスネットワークは、93 年度に整備し、94 年度より運用を開始した「HINET93」が最初になります。初期の LAN では FDDI を利用していましたが、その後技術の進化に応じて、幾度かの追加や改修を繰り返してきました。SINET も古くから利用しており、現在は SINET3 が対外接続の重要な基幹ネットワークになっています。

当時の環境の特徴としては、学部や研究室ごとに小規模なネットワークを構築し、それらをつなぐ幹線ネットワークを総合情報処理センター（当時）が管理していた点が挙げられます。この時代の環境を「サブネット管理体制」と呼んでいますが、その頃は現在のような大規模キャンパスネットワークをセンターだけで構築･運用することが困難だったため、その時点としてはベストな選択だったのです。

しかし、課題となる点もあったわけですね。

相原氏：ええ。初期の HINET に関わって下さった教職員の方々も次第に異動･退職されていきますし、学生も毎年卒業していきます。すると、ネットワークは動いているものの、その内容を熟知している人がいないという状況が生まれてきました。しかも、複数の研究室をまたがって一つのサブネットを作っているケースがほとんどでしたので、どこかで問題が発生すると、同じサブネット内の他の研究室などにも影響が及んでしまう点も問題でした。さらに最近では、ウィルス被害などへの対策も重要な課題になっています。こうした状況を改善するためには、どこかで従来のサブネット管理体制を変える必要があると感じていました。そこで、2008 年度より運用を開始した「HINET2007」では、ネットワークインフラの大幅刷新に踏み切りました。



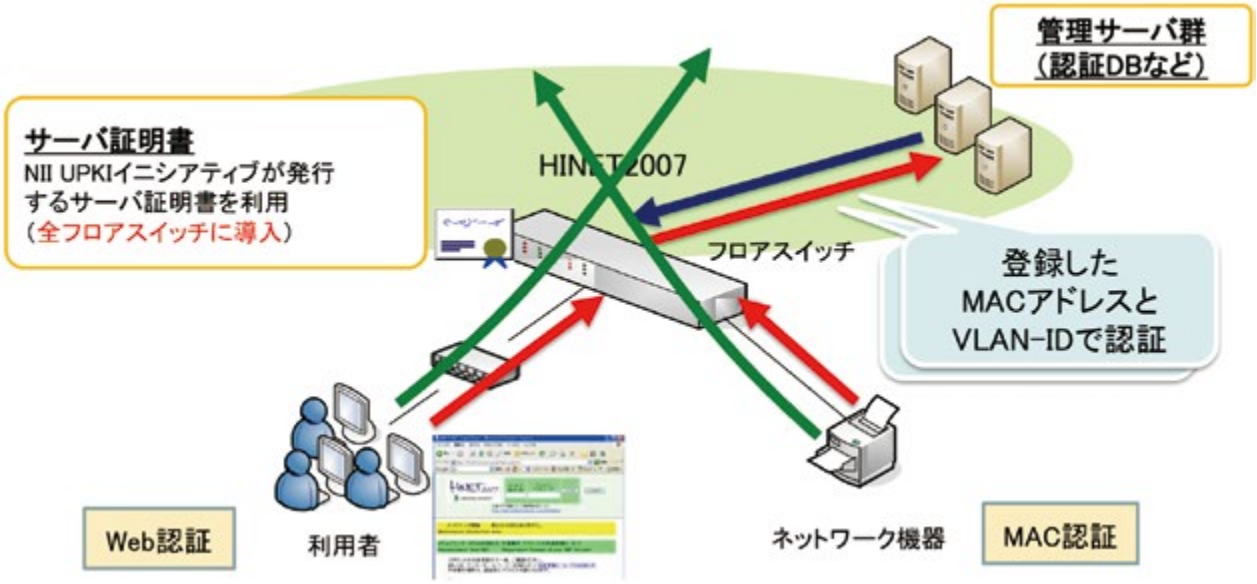
HINET2007の概要

狙いとされた点はどのような部分ですか。

相原氏：旧ネットワークでは、何かトラブルが起きた時に、いつ・誰が・どこで・何をやったかが、はっきり分からない点が課題でした。当然こういう状況だと、トラブルの原因を究明するにも時間が掛かってしまいます。そこで、HINET2007では、コンピュータを使い始めるところでは、必ず利用者認証を掛けようと考えました。いつ、誰がどのコンピュータを使ったかが分かれば、トラブル原因の特定も迅速に行えます。また、不正利用などに対する抑止効果も期待できます。

今回はそのための方法として、Web認証を取り入れられたわけですが。

相原氏：利用者認証の方法としては、802.1xをはじめ様々なパターンが考えられます。単純に技術的なことだけを考えるのなら、他の方法を選択する手もあったでしょう。しかし、大学という環境を考えた時には、なかなかそれだけでは済ませられません。クライアントPC一つ取っても、学内では様々なメーカーやOSの製品が利用されていますし、一般企業のように特定の端末しか使わせないというわけにもいきません。その点、Web認証であれば、ブラウザさえ動けば古めのパソコンでも問題なく利用できます。また、本学では、90年代後半から有線/無線LANの端末認証について、独自の研究開発を進めてきた実績もありましたので、Web認証を採用するのが良いだろうと考えたのです。



利用者認証の概要

構築上、苦労された点などはありましたか。

相原氏：できるだけエッジ寄りの部分で認証を行いたかったので、なるべくコストが安く、かつサーバ証明書に対応した認証機能付きスイッチ製品を探しました。ところが、当時は中間 CA に対応できるスイッチがあまりなく、メーカーに頼んで機能を実装してもらう必要がありました。また、もう一つはサーバ証明書そのものの問題です。HINET2007 で導入したスイッチの台数は、本稼働開始時点でも約 450 台。これらすべてに、商用のサーバ証明書を入れるとなると、それだけで数千万円のコストが掛かってしまいます。かといって、自己証明書、いわゆる「オレオレ証明書」のようなものを使うこともできません。普段からユーザーに「怪しい証明書は受け入れないように」と言っているのに、これだけは特別に信じろと言うのもおかしいですからね。

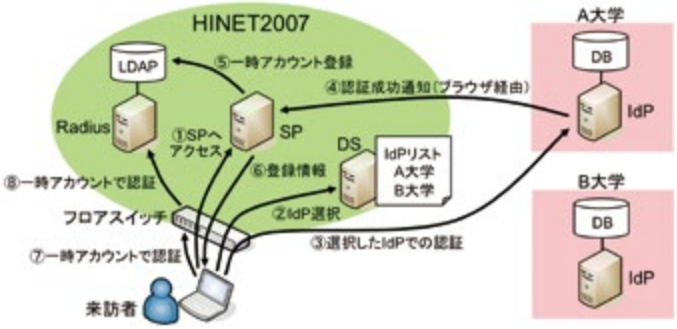
そこで UPKI イニシアティブのサーバ証明書プロジェクトが役立ったわけですね。

相原氏：そういうことです。ちょうどタイミング的に、NII をはじめとする機関･大学が、UPKI のサーバ証明書プロジェクトを開始した時期でしたので、早速 HINET2007 でも採用することにしました。おかげで前述したような多額のコストを掛けることなく、国内最大級の Web 認証環境を実現できました。今にして振り返れば、もしあの時に UPKI のサーバ証明書が無かったら、一体どうしていたのだろうと思いますね(笑)。ちなみに、各研究室の管理者が認めた端末については、MAC アドレス認証でネットワークが利用できる仕組みも用意してあります。

本学でシステムが稼働した後、他の大学でも同様の Web 認証環境を構築するところが増えてきました。そういう貢献が果たせたという意味でも、今回の取り組みの意義は大きかったと感じています。

今後の計画についても教えて頂けますか。

相原氏：まず一つはシングルサインオン環境の実現です。現在は教職員 / 学生向けのポータルにログインした後、別のシステムを利用する際には、再度 ID、パスワードの入力が必要になります。こうした点を改善し、より利便性を向上させていきたい。それと、もう一つ研究を進めているのが、学会などで来訪される学外の方へのサービスです。現在はネットワークの利用を希望される場合、事前に申請して頂いて ID、パスワードを発行しています。しかし、この方法だと発行側の手間も掛かりますし、来訪者の方も手続きが面倒です。そこで、こうした点を解消する手段として、Shibboleth を利用した UPKI フェデレーション対応の認証方法を検討中です。これなら、いちいちゲストアカウントを用意せずとも、他の大学の認証情報がそのまま利用できます。



学術認証フェデレーションに基づく来訪者の認証

最後に今後の抱負をお聞かせ下さい。

相原氏：インフラをサービスする立場としては、システム / ネットワーク環境の改善をさらに進めていきたいと考えています。また、それと同時に、研究開発にも力を入れていきたいですね。実は先日、HINET2007 に関する論文で情報処理学会から山下記念研究賞を頂いたのですが、今回のようなネットワークの実運用に関わる取り組みが評価されたというのは非常に嬉しいことです。今後も HINET2007 の安定運用とネットワークの先端研究の両面で頑張っていきたいと思います。

ありがとうございました。

48. 筑波キャンパスと東京キャンパスをL2VPNで接続

筑波大学 学術情報メディアセンター

3 4 5

筑波大学 学術情報メディアセンターでは、筑波キャンパスと東京キャンパス間を SINET3 のレイヤ 2（Layer-2, L2）VPN サービスで接続しています。その狙いと効果について、筑波大学 情報環境機構 学術情報メディアセンター ネットワーク研究開発部門の佐藤 聡氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年4月9日）

筑波大学　学術情報メディアセンターには 3 つの部門がありますが、それぞれどのような活動を行われているのですか。

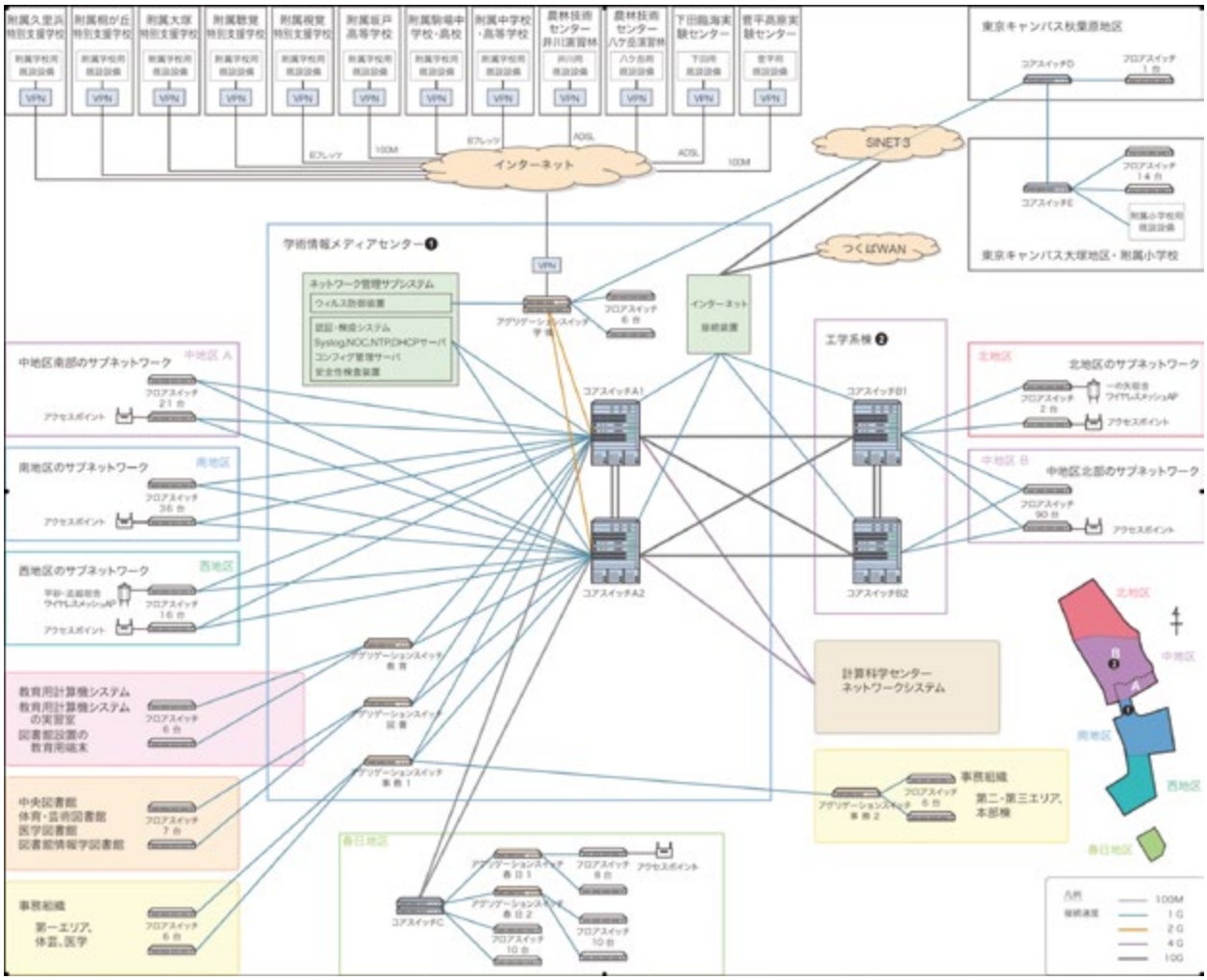
佐藤氏：まず「分散情報システム研究開発部門」では、学内の計算機資源並びに端末の管理・運営を行っています。具体的には、情報系を除く各学群向けサーバの仕様統一を行ったり、学生が学内のどの端末でも自分の環境を利用できるシンクライアント環境の構築などの取り組みを行っています。また「e-Lerning・メディア研究開発部門」では、学内で利用する教育用コンテンツの作成を支援しているほか、ビデオ配信やマルチメディアコンテンツの制作なども行っています。そして、最後が私の所属する「ネットワーク研究開発部門」ですが、ここでは学内基幹ネットワークの運用管理やセキュリティの確保、最新ネットワーク / セキュリティ技術の研究などを手がけています。

近年では、ネットワークが大学運営に果たす役割も一段と重くなっていると思いますが。

佐藤氏：そうですね。今やネットワークは重要なライフラインのひとつですから、安定運用が強く求められます。我々としても、ネットワークのいろいろなレイヤーで信頼性を確保するための取り組みを行っています。また、それと同時に、セキュリティと利便性の両立も重要な課題になっています。安全・安心を守ることはもちろん大事ですが、大学としては、学生がいつでも・どこでも自在に情報を活用できる基盤も整備していく必要があります。そこで、無線 LAN 環境の構築などにも力を入れています。

2009 年秋には、筑波キャンパスと東京キャンパス間を SINET3 の L2VPN サービスで接続されました。これにはどのような背景があったのですか。

佐藤氏：以前は筑波キャンパスと東京・大塚キャンパスがそれぞれ別々に SINET に接続しており、ファイアウォールなども拠点ごとに個別に設置していました。このため、筑波・東京間で通信を行うには、両方のファイアウォールにそれぞれ設定を施す必要がありました。また、通信経路の途中にインターネットを経由する点も、セキュリティ上の懸念事項となっていました。我々としても、以前からこうした状況を改善したいと考えていたのですが、ちょうど、そんな時に、新設した秋葉原キャンパスに SINET3 のノードが入ることになりました。ここで目を付けたのが、SINET3 の L2VPN サービスです。これを利用して両キャンパスを VPN 接続すれば、東京キャンパス側のネットワークを筑波側に設置したファイアウォールの配下に収めることができます。学内ネットワーク全体を一つのファイアウォールで一体運用できるメリットは非常に大きいので、今回のネットワーク変更に踏み切ったわけです。



キャンパス情報ネットワーク

L2VPN サービスの導入効果についてはいかがですか。

佐藤氏：長年の課題であったネットワーク管理の統一化が実現でき、大いに満足しています。これまでは別々のネットワークを運用するための管理コストが非常に嵩んでいたのですが、こうした問題も解消することができました。東京キャンパスの通信が一度筑波を経由することにはなりますが、そのことによる問題も特に生じていません。

その他に SINET の良さとして感じられる点などはありますか。

佐藤氏：コスト面でのメリットや相談のしやすさといった部分もありますが、それ以外で感じるのは技術的な分かりやすさですね。たとえば一般の通信キャリアなどだと、結局見せてもらえるのはインターフェースの外側だけであり、その裏側でどういうことが行われているかはユーザー側には分かりません。その点、SINET は技術的な情報がオープンになっていますので、安心感が非常に高い。特に本学はノード校ですので、装置を見ればこういう実装なのかと分かりますしね。

品質・信頼性についての評価はいかがですか。

佐藤氏：まったく問題ないですね。東京キャンパスからのアクセスも含め、レスポンス的な不満が出るようなことはありません。最近ではネットワークを流れるデータもどんどん大きくなっていますが、ストレスを感じることなく利用できていますので、大いに感謝しています。

学内の基幹ネットワークについても大きな変更を行われたとのことですが、こちらについてもお話を伺えますか。

佐藤氏：平成 19 年 9 月から稼働を開始した新キャンパス情報ネットワークシステムでは、基幹ネットワークの構成を全面的に見直しました。従来はコア層、アグリゲーション層、ディストリビューション層の 3 レイヤー構成でしたが、現在はコア層、ディストリビューション層の 2 レイヤーで構成しています。アグリゲーション層をなくせばそれだけ機器点数が減りますし、機器コストや保守コストを減らせます。また、学内でクローズドなネットワーク環境を作りたいと考えた時も、経路パスが少ないので設定項目が最小限で済みます。

こうした変更を加えるにあたって幸いだったのが、本学では共同溝の整備が進んでおり、ファイバーの敷設が容易であった点です。もちろん、ファイバーを敷設するにもコストは掛かるわけですが、長期的な運用管理コストを考えれば、アグリゲーション層に高額なスイッチ群を置くよりもかえって安い。低コストで運用性の高いネットワーク環境が実現できたと考えています。

IPv6 の活用など、その他の取り組みについてはいかがですか。

佐藤氏：現在、本学では 2 組織が IPv6 の接続申請を行っており、我々としても本格運用に向けた準備を進めている段階です。IPv6 をどのように学内で運用すれば最も効果的なのか、セキュリティと利便性とのバランスも踏まえた上で、きちんと考えていきたいと思います。また、IPv6 に限らず、今後も様々な新しいテクノロジーが生まれてくるでしょうから、そこもしっかりとキャッチアップしていきたいですね。

大学のネットワークが企業のそれと大きく違う点は、ユーザーである学生が、同時にカスタマーでもあるという点です。CS 向上を図るためには、研究や学生生活にもっと快適にネットワークを活用できるようにしていく必要があります。そういう意味では、ネットワーク環境の改善・強化に向けた取り組みに終わりはありませんね。
また、本学では SINET とつくば WAN を対外接続に利用していますので、SINET の今後の発展についても大いに期待しています。特に SINET4 では、いろいろな新しいチャレンジもされていくとのことですので、非常に楽しみにしています。

ありがとうございました。

【クラウド活用】

49. 全学情報基盤の全面クラウド化
（東京農工大学） 5

50. 研究用情報基盤のクラウド化
（名古屋大学） 4 5

51. 学内 ICT インフラのクラウド移行
（千葉工業大学） 4 5

52. クラウドサービスを活用した遠隔データバックアップシステムの構築
（聖泉大学） 4 5

53. AWS を利用したハイブリッド・クラウド環境の構築
（近畿大学） 4 5

54. e- ポートフォリオの構築と運用
（九州産業大学） 4 5

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

49. 全学情報基盤の全面クラウド化

東京農工大学

5

国立大学法人 東京農工大学 総合情報メディアセンターでは、SINETのクラウド接続サービスを活用して、全学情報基盤の全面クラウド化を実現しています。その狙いと成果について、同大学 総合情報メディアセンター 教授 萩原 洋一氏と同 講師 櫻田 武嗣氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2017年2月6日）

東京農工大の全学情報基盤については、2011年の更新の際に一度取材させて頂きました。当時は学内のサーバ群をデータセンタに移設すると同時に、SINETのL2VPNサービスを利用して商用クラウドメールとの接続を行われたわけですが、今回の更新ではどのような点に取り組まれたのでしょうか。

萩原氏：前回のクラウドメール活用もそうですが、元々本学では先進的な情報インフラの実現に力を注いできた経緯があります。学生が社会に巣立った時に、これまで大学で利用していた環境が時代遅れになっていたのでは意味がない。そこで、ある程度将来を見据えた上で、数年位では先進性が損なわれない環境を目指してきたのです。

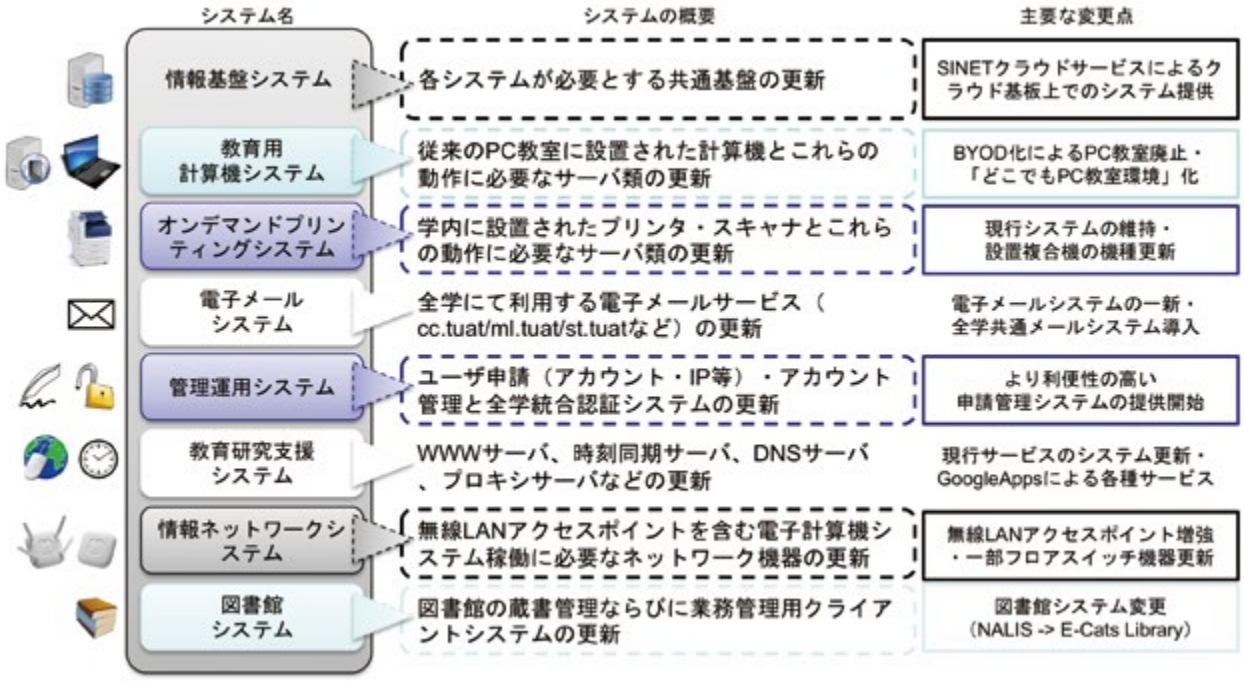
そうした中、今回の大きなテーマとなったのが、従来のPC教室のあり方でした。現在ではほとんどの学生がPCやスマートフォン、タブレットなどの情報端末を所有しており、わざわざ学内の端末を利用する必要性も薄れています。それならば大量のPCを専用の教室に並べるよりも、自己所有のデバイスをもっと柔軟に活用できるようにした方が良い。そこで今回から、BYOD（Bring your own device）の全面的な導入に踏み切ることにしました。

BYOD化によるメリットとしては、どのような点を期待されたのですか。

萩原氏：まず一点目は、いつでも・どこでも自分の端末で自由に情報活用やレポート作成などが行えるということです。また、自分自身の端末を用いることで、情報セキュリティに対する意識も高められます。さらにその他にも、大学院に進んだ際に研究室側で学生用のPCを用意する必要がない、農場などでのフィールドワークでも自分自身の端末で研究ができるなど、様々なメリットが考えられます。

新たな環境を構築するにあたり、重視された点などはありますか。

櫻田氏：今回の更新のポイントとしては、「学生や教職員が誰でも簡単に使える仕組みを実現すること」「学内にサーバなどのモノを持たないこと」の2点が挙げられます。特に前者については、利用者にとっての簡単さだけでなく、システム運用が容易であることも重視しました。本学ではこれまでも様々な先進的な取り組みを行ってきましたが、管理者側が運用でカバーしなくてはならないことも多かった。それなら最初から、運用も含めて簡単に使える仕組みを考えるべきです。また、冒頭の話にもある通り、5年先でも十分先進的であるような環境を目指しました。

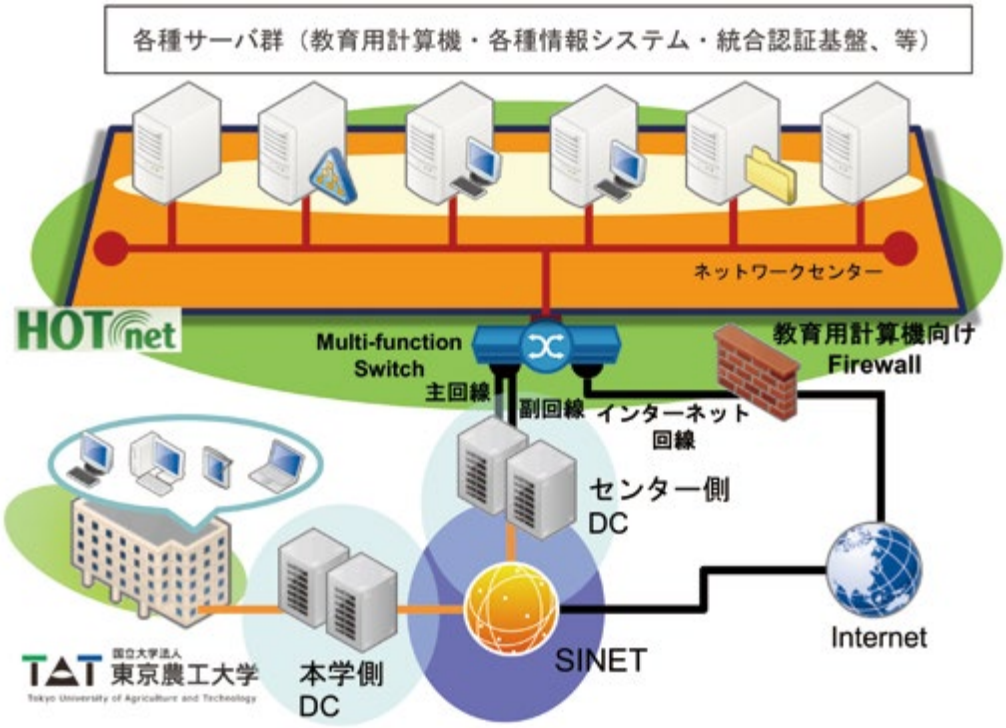


新電子計算機システム“edu@2016”

「モノを持たない」という点については、どのような狙いがあったのでしょう。

櫻田氏：オンプレミスで学内に環境を構築してしまうと、保守作業時の対応などに煩わされることが多いのです。保守作業を行う際には我々も立ち会う必要がありますし、業者側でも時間を合わせなくてはなりません。また、たとえデータセンタに設置したとしても、保守業者が入る際には借主の立会いが必要なので、結局同じことです。

そこで今回の更新では、システム調達の方法から抜本的に見直しました。具体的には、我々が自前でシステムを保有するのではなく、サービスとして提供を受ける形に変えています。これならハードウェア資産は事業者の持ち物ですから、先方の都合の良い時間に自由に保守を行ってもらうことができます。現在、新電子計算機システム「edu@2016」のサーバ群は、北海道の電力系通信事業者に設置されていますが、その保守・運用はすべて先方が担当しています。

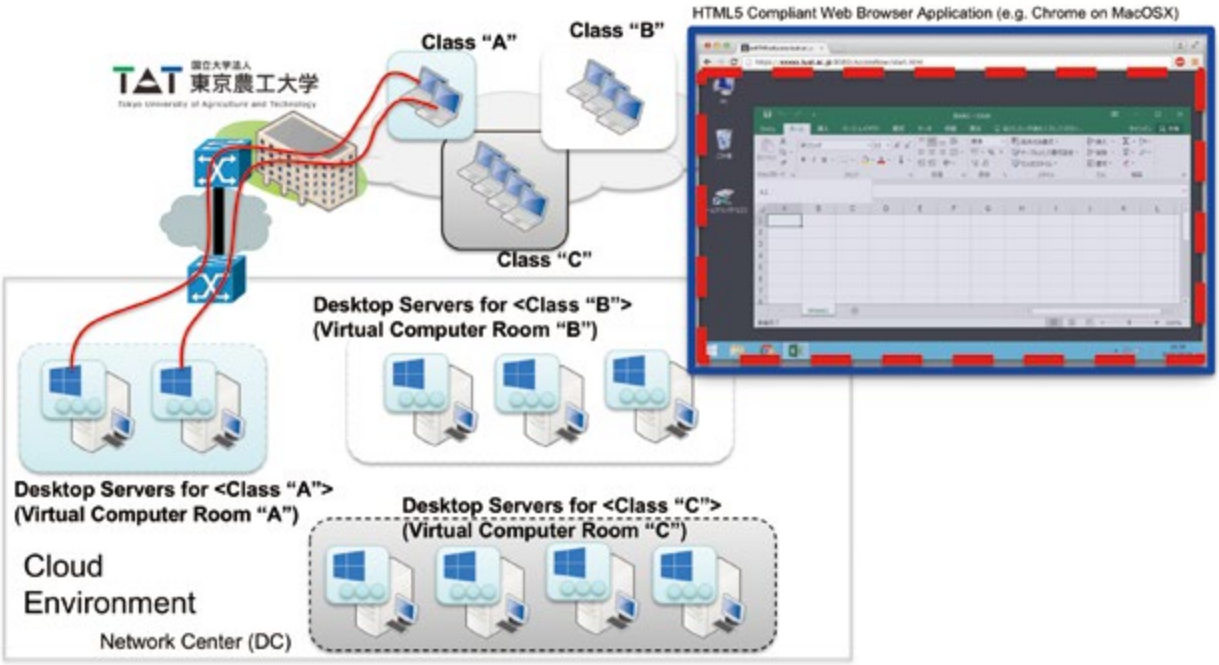


持たないシステム

全学情報基盤用サーバ群の機能をすべてサービス化するというのは、かなり先駆的な取り組みですね。その他には、どのような工夫を凝らされていますか。

櫻田氏：今回は PC 教室の全面廃止をトップダウンで決めましたので、それに代わるものとして新たに「仮想端末室」と呼ばれる仕組みを構築しました。大学で BYOD を実施する場合には、学生が所有する PC の違いがしばしば問題になります。機器のスペックやソフトウェアのバージョンが異なるために、授業が円滑に進まないというケースが多いですね。

そこで今回の仮想端末室では VDI 方式を採用し、機種に関わらず同じ環境を利用できるようにしています。それも VDI 専用クライアントではなく、通常の HTML5 対応ブラウザでアクセスできるようにしましたので、別途ライセンス費用が掛かるようなこともありません。また、こうした仕組みを実現する上では、無線 LAN がどこでもつながる必要がありますから、大量の端末を教室に持ち込んで綿密なサイトサーベイを実施。その他に「Google G Suite」や「Microsoft Office365」などのクラウドサービスも利用できるようにしています。



仮想端末室

実際に仮想端末室を利用する場合は、どのような流れになるのですか。

櫻田氏：今回は 450 台分の VDI 環境を用意していますが、もし講義の際に台数が足りなくなると困ってしまいます。そこで仮想端末室を利用する際には、あらかじめ教員に予約システムで必要な台数を確保してもらっています。その後、学生が予約システムに Webブラウザでログインすると、自分の履修科目がメニューの先頭に表示されますので、それを選んでもらうことで仮想端末室に接続をします。そうするとブラウザの中に表示された Windows を使うことができます。PC が故障してしまってもブラウザだけで良いので代替機でもすぐに使う事ができます。また、経済的な理由で PC を用意できないといった場合などに備えて、貸出端末も少し用意しました。

サーバ群は北海道で動いているとのことですが、レスポンスなどは大丈夫なのですか。

櫻田氏：本学と北海道との接続には、SINET のクラウド接続サービスを利用していますが、全く問題なく講義が行えていますね。遅延も百数十 msec 程度ですので、自分が今使っているデスクトップがまさか北海道で動いているとは、学生も気付いていないと思いますよ（笑）。ちなみに本学－ SINET 間は 10Gbps、北海道－ SINET 間は 10Gbps ＋予備 10Gbps の帯域を確保していますが、VDI はそれほど大きなトラフィックも発生しないのでまだまだ余裕です。

最後に今後の展望について伺えますか。

萩原氏：今回の更新でハードウェア資産を相当減らすことができました。しかし事務系のシステムなどがまだ一部残っていますので、今後はこれらの環境もサービス化して、CO2 ／電力消費量のさらなる削減を図っていきたい。そのことが、本学のブランドステートメントである「地球をまわそう。MORE SCENCE ！農工大」にもつながってくると考えています。インフラを下支えする SINET にも、引き続き安定的なサービス提供を期待したいですね。

ありがとうございました。

50. 研究用情報基盤のクラウド化

名古屋大学

4 5

名古屋大学 大学院情報科学研究科 附属組み込みシステム研究センター (NCES) では、SINET クラウドサービスを利用して研究用情報基盤のクラウド化を実施しました。

その狙いと成果について、名古屋大学 大学院情報科学研究科 附属組み込みシステム研究センター 研究員 広報･渉外担当　武井 千春氏と、同 研究員 高田 光隆氏にお話を伺いました。

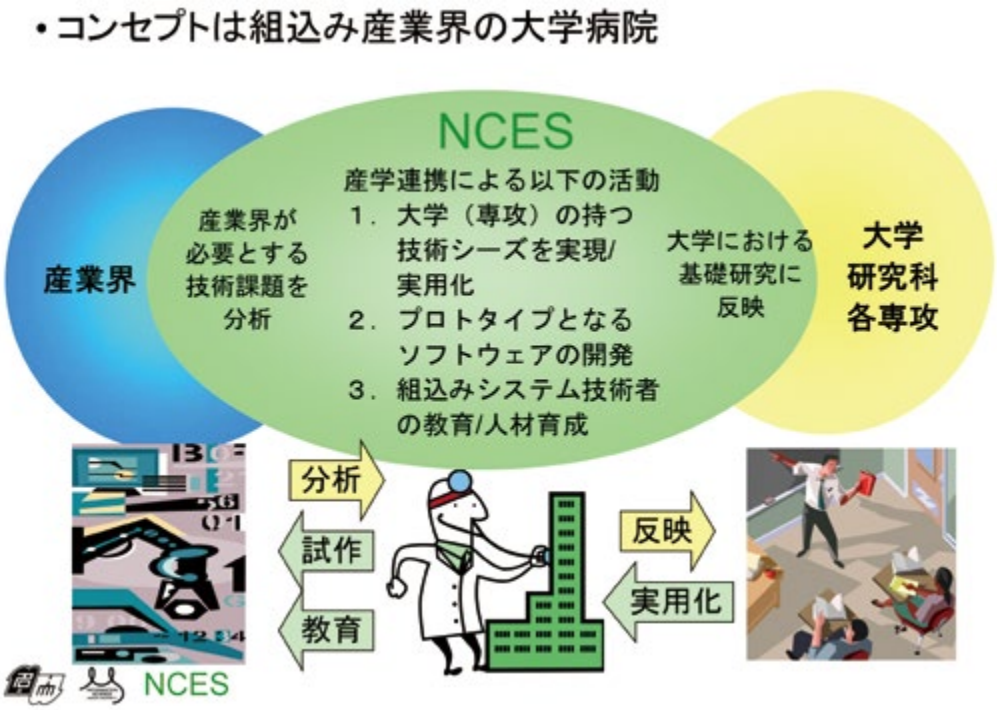
（インタビュー実施: 2015年3月19日）

まず、NCES の概要と研究内容について教えて頂けますか。

武井氏：当センターは、産学連携を軸に組み込みシステム分野に特化した研究を行う施設として 2006 年に設立されました。産業界における技術課題を分析し、これを大学の基礎研究に反映させることで、大学の持つ技術シーズの実現／実用化やプロトタイプとなるソフトウェアの開発、組み込みシステム技術者の教育／人材育成などを進めるのが活動目的です。医療分野で言えば、ちょうど大学附属病院のような役割を当センターが担っているわけですね。

中京地区には大手自動車メーカーや自動車部品メーカーが数多く本社を構えていることもあり、現在は車載ソフトや次世代車載セキュリティ、車載データ統合アーキテクチャなど、自動車分野の研究プロジェクトがメインになっています。また、それ以外に JAXA との共同研究なども行っています。

さらに人材教育についても、民間企業からの養成対象者受け入れや公開講座の開講を行っているほか、全国15大学が共同で実践的教育を行うプロジェクト「enPiT」の組み込みシステム分野を九州大学と一緒に担当しています。



NCES の活動領域

今回、センターの情報基盤のクラウド化を実施されましたが、その背景について伺いたいのですが。

高田氏：当センターでは、共同研究を円滑に進めるために、Web サイトやグループウェア、認証用 ActiveDirectory、メールなどのサービスを独自に提供しています。しかし、以前はこれらのサービスを支える業務サーバ群を自前で構築・運用していたため、日々の運用管理や障害への対応などが重い負担となっていました。

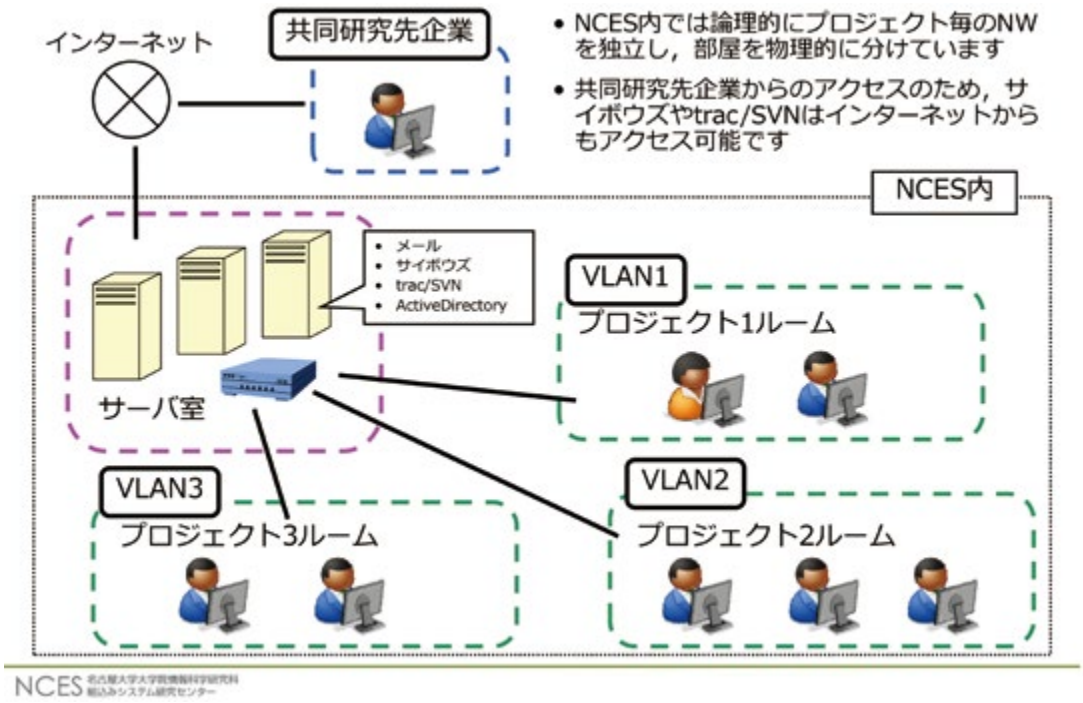
システムを持つ以上誰かが管理を行わなくてはなりませんが、当センターには専門の技術職員が居るわけではありません。そこで、ネットワークやサーバに関する知識を持つ研究員がボランティアベースで作業にあたっていたのです。とはいえ、そもそも研究員の本分はあくまでも研究ですので、あまりこうしたことに時間を取られるのは望ましい状況とは言えません。

武井氏：それと、もう一つ大きかったのがコストの問題です。物理サーバをセンター内に置いて 24 時間体制で動かすとなると、冷却のための空調費用も馬鹿になりません。また、東南海地震など大規模自然災害への備えについても考える必要がありましたので、業務サーバ群のクラウド化によってこれらの問題を解消しようと考えたのです。

クラウド化にあたって課題となった点などはありましたか。

武井氏：当センターでは様々な先端研究を行っていますので、学外のパブリッククラウドなどにそのままシステムを置くのはセキュリティ／機密保護の面で難しい。また、当センターは名古屋大学の研究施設として情報発信などを行っていますので、学外のサービスを利用することで、大学のドメイン名が使えなくなってしまうのも困ります。

さらに、もう一つの不安要素として、事業者のサービス方針が当センターの ICT 活用ポリシーと合わなくなった場合にどうするかという問題がありました。事業者からは「アプリケーションも含めて全部サービス利用の形態にすればどうか」という提案ももらいましたが、もしかすると将来またセンター内にシステムを戻すという判断があるかもしれません。そうした時に簡単に戻せるのかと聞くと、そんな事態は想定していないと言われてしまうわけです。こうした点がネックになり、単純な商用クラウド利用は難しいかなという印象でした。



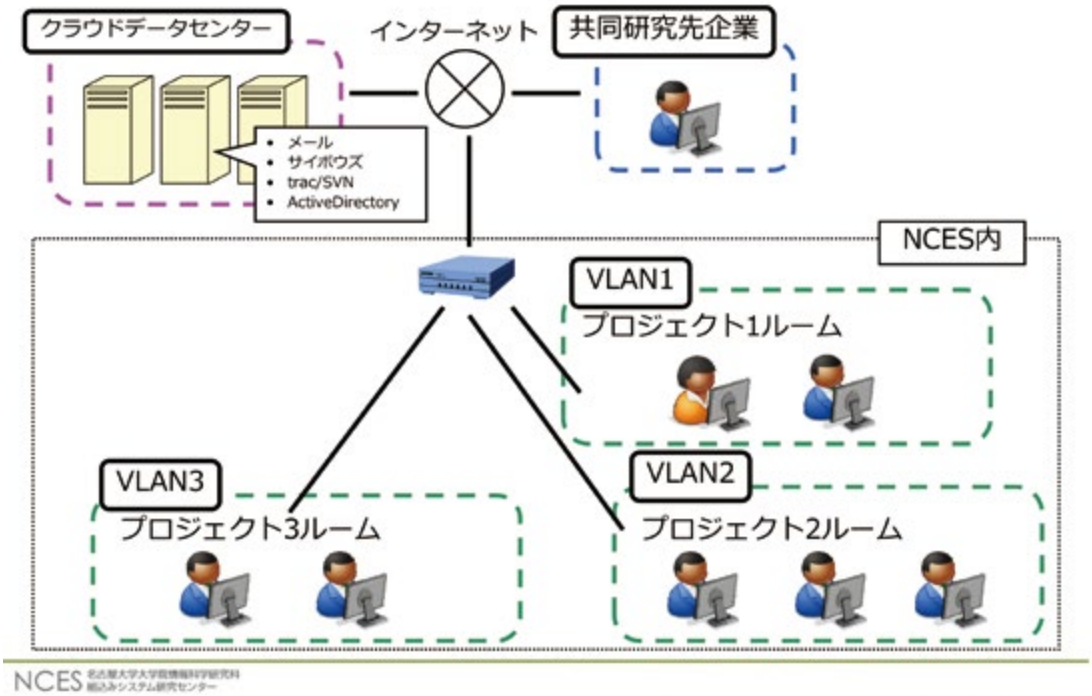
クラウドサービス導入前のネットワーク構成

そこで SINET クラウドサービスを導入されたわけですね。

武井氏：そういうことです。ちょうど SINET の説明会に出席した時に、SINET クラウドサービスについての紹介がありました。これなら、クラウド側にサーバを持って行ったとしても、論理的にはセンター内に置いていた時と同様の運用が実現できます。Web サイトやメールのドメイン名も変わりませんし、ネットワークについても学内 LAN の延長として考えれば良い。

ユーザー環境から見れば今までと何も変わらない上に、懸案であったサーバ／ネットワークの運用管理負担からも解放されます。まさに当センターにとっては渡りに船のサービスだったため、早速 SINET クラウドサービスの採用を決定しました。

現在は NTT コミュニケーションズのサービス上で各種業務サーバを稼働させ、当センター内のスイッチ経由で SINET を経てアクセスする構成にしています。



クラウドサービス導入後のネットワーク構成

導入効果についてはいかがでしょうか。

高田氏：ユーザー管理などの通常業務は変わりませんが、システムの障害対応などは格段に減少しましたね。以前は、建物の法定設備点検で年二回の停電がありましたが、これが終わってシステムを立ち上げる際にしばしばトラブルが発生し、その原因究明と復旧作業に半日近く費やすこともありました。もちろん、クラウド化を行った現在では、こうしたトラブルに悩まされることもなくなっています。

また、システム移行についても非常にスムーズでしたね。今回はクラウド側に新規にサーバを立ち上げてデータだけを移行していますが、作業期間的には 2、3 日くらいしか掛かっていません。ちなみに当センターでは、2015 年 5 月に別の建物への引越を予定していますが、その際の対応も容易になることと見込んでいます。

武井氏：コスト削減の面でも非常に大きな効果がありました。以前は気温の上昇する夏場などにはサーバ室の空調機器がフルパワーで稼働していましたが、物理サーバがなくなったことでこれも止められるようになりました。この結果 2014 年度のデータでは、以前と比較して年間約 100 万円もの電気代が削減できています。

それは凄いですね。

武井氏：こうしたことが実現できたのも、SINET という共通の学術ネットワーク基盤があればこそです。我々のような大学の研究機関が、自前で商用クラウドに L2 接続するというのは様々な面で非常にハードルが高かった。

その点、SINET を利用することで、望み通りのクラウド化が実現できましたし、大学の情報基盤センターも積極的に協力してくれました。この点には大いに感謝しています。

最後に今後の展望についても伺えますか。

高田氏：当センターでは、個々の教育研究プロジェクトに応じてサーバを立ち上げるケースもありますので、追加や削除が柔軟に行えるクラウドのメリットを最大限に活かしていきたいですね。

また、企業だけでなく他大学との共同研究などもありますので、こうしたところでも SINET のサービスを活用していければと思います。

ありがとうございました。

51. 学内ICTインフラのクラウド移行

千葉工業大学

4 5

千葉工業大学では、SINETクラウドサービスを活用してネットワーク系基幹サーバのクラウド移行を実施。運用管理負担の軽減やBCP強化に役立てています。

その概要と成果について、千葉工業大学 情報システム委員会委員長 情報科学部情報ネットワーク学科教授 中村 直人氏と、情報システム課課長 村上 吉信氏、同 河村 俊一氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2015年3月16日）

千葉工業大学における教育研究の特色についてお聞かせ下さい。

中村氏:「世界文化に技術で貢献する」を建学の精神として掲げる本学では、津田沼・新習志野の両キャンパスに最新鋭の研究設備を導入。教育システムや修学支援体制の整備・拡充なども図ることで、高度な専門知識と豊かな教養を身に付けた人材の育成を進めています。

また、本学のもう一つの大きな特色として、大学直轄の研究機関を設けている点が挙げられます。

たとえば2003年設立の未来ロボット技術センター(fuRo)では、震災で被災した福島第一原発の調査にも利用されている「Quince」「桜壱號」をはじめ様々な先端ロボットの開発を進めています。

また、2009年設立の惑星探査研究センター(PERC)でも、小惑星探査機「はやぶさ2」に搭載するレーザー距離測定器やカメラの開発など、様々な先進プロジェクトを進めています。

2015年度にはAI関連の研究機関も新たに設置する予定ですが、こうした独自の研究機関を有することが、本学の教育研究を推進する大きな原動力となっています。

学内ICTインフラのクラウド化にも力を入れているそうですが。

中村氏:2003年頃から各種業務サーバ群を学外へ出す取り組みに着手し、教務システム／図書館システムのクラウド化や就職システムの共同運用化、演習室システムへのDaaS導入など、様々なプロジェクトを進めてきました。本学では街中にキャンパスを構えていますので、サーバの設置スペースにも限界がありますし、電力・空調コストも嵩みがちです。

また、セキュリティ的な観点から考えても、学生の重要な個人情報を取り扱うようなシステムは、安全なデータセンタに置いた方が良いだろうと判断したのです。

村上氏:それに加えて、運用管理工数の削減も大きなポイントでした。

情報システム部門でもそれほど多くのスタッフを抱えているわけではなく、新習志野キャンパスなどは無人で運営しているほどです。

限られた人員で大量のサーバ群の安定運用を図るのは非常に負担が重いので、外部サービスの積極的な活用を図っているのです。

今回はネットワーク系基幹サーバのクラウド化を実施されました。その理由は何だったのでしょう。

中村氏:様々な業務システムのクラウド化を進めていく中で、唯一最後まで学内に残っていたのが、DNS、DHCP、LDAP、AD、IdPなどのネットワーク系基幹サーバでした。

これらが学内にあったために、東日本大震災の際には、計画停電の影響で学外のサービスにアクセスできなくなってしまったのです。いくらクラウド側のシステムそのものが無事でも、DNSが引けないのでは繋がりませんからね。 従来から両キャンパス間を結ぶ回線の冗長化なども行ってきましたが、これも結局は役に立たなかった。

こうした状況を抜本的に改善するためには、ネットワーク系基幹サーバもクラウド化するしかないとの結論に至ったのです。

構築にあたってはどのような点を要件とされましたか。

中村氏：まず一点目は、安定運用を実現できる高い信頼性・可用性を備えていることです。

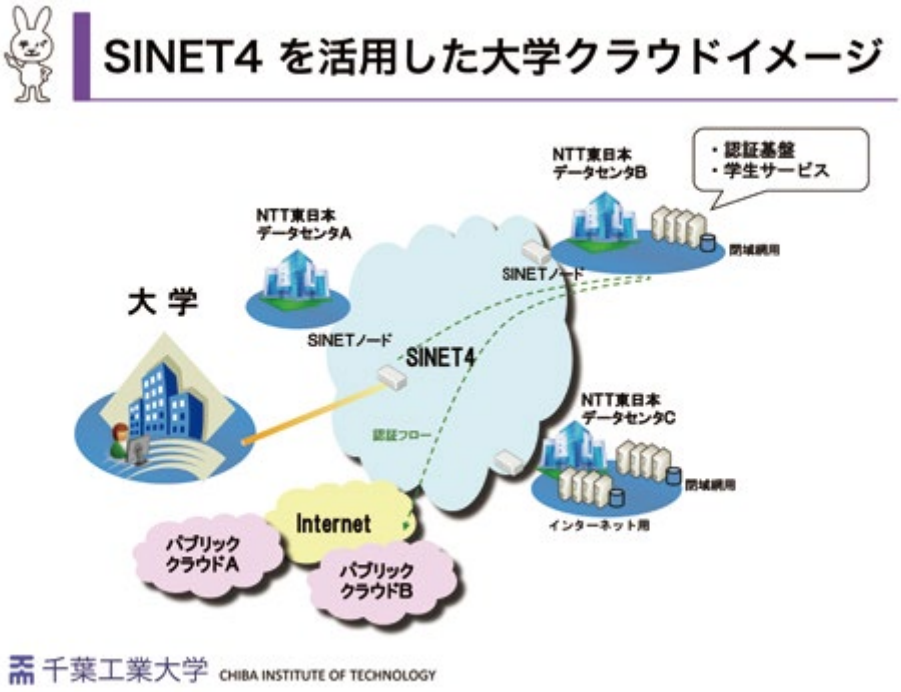
また、重要な情報がやりとりされるネットワークですから、セキュアで高速な接続が行えることも重視しました。あとは日々の管理・運用まで含めて一元的なアウトソーシングが行えるという点です。

その結果選定されたのが SINET クラウドサービスだったというわけですね。

中村氏：そういうことです。SINET クラウドサービスを利用すれば、学内 LAN の延長として L2 レベルでのクローズドなネットワークが実現できます。

しかも、この環境がそのまま商用クラウドと直結されているとなれば、まさに本学のニーズにピッタリです。

また、今回は、NTT 東日本の「Biz 光クラウド安心サーバホスティング」を利用していますが、これは名称にもある通りホスティングサービスなので、自前で物理的なサーバ資産を持つ必要がありません。 これにより維持・運用コストの削減も図れます。



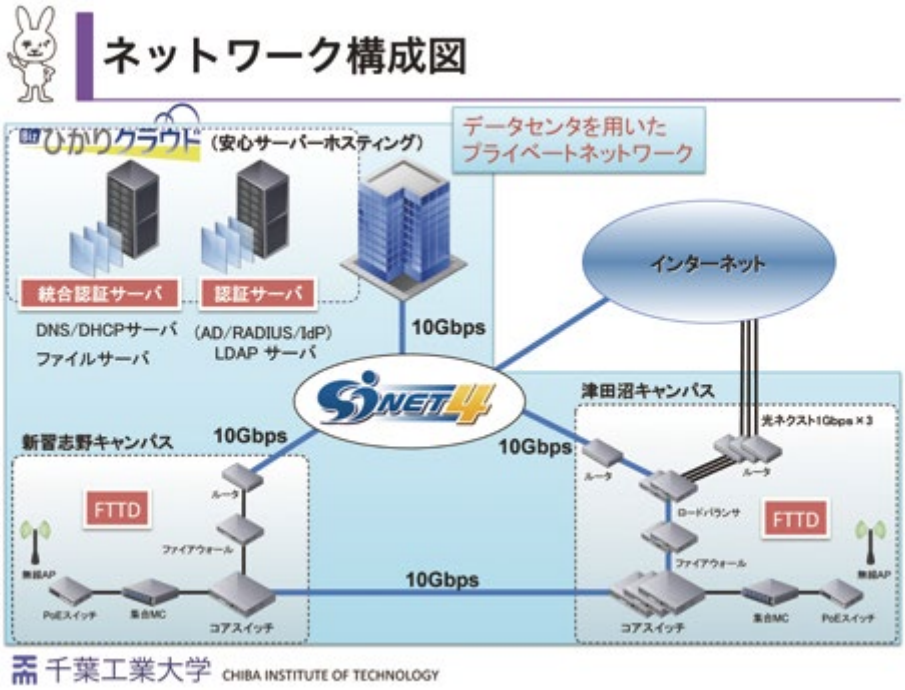
SINET4 を活用した大学クラウドイメージ

実際に構築された環境についても伺えますか。

中村氏：現在は津田沼・新習志野の両キャンパスから SINET に接続すると同時に、両キャンパス間を結ぶ回線も用意して、トライアングル型のネットワーク環境を構築しています。

これにより、万一どちらかのキャンパスから接続できなくなった場合も、もう一方のキャンパスを経由することでアクセスが可能です。

また、ネットワークインフラは一度構築すると 7 ～ 8 年は使い続けるものですから、SINET －データセンタ間の接続も含めて全ての経路で 10Gbps の帯域を確保し、今後のトラフィック増大にも備えています。



ネットワーク構成図

構築にあたって苦労された点などはありましたか。

河村氏：今までは学内で運用していたネットワーク系基幹サーバを外へ出すわけですから、最初は正直不安もありました。

しかし実際に作業を行ってみると、特に苦労するような場面もありませんでしたね。 両キャンパスと SINET クラウドとの接続作業についても、拍子抜けするくらいスムーズに進みました。

中村氏：ネットワーク系基幹サーバのクラウド化を行うとなると、遅延に対する不安を感じる方も多いことと思います。ちなみに本学のケースでは、学内にあった時代のレスポンスが 3 ～ 4msec だったのに対し、現在は 18 ～ 20msec となっています。 確かに多少遅くはなっていますが、Google のサーバを使うのにも 30 ～ 40msec 掛かりますので実用上は全く問題ありません。

しかも本学では学生に iPad を貸与すると共に、530 台の無線 LAN AP もキャンパス内に設置していますが、これらの認証も特に支障なく行えています。なお、本学では、キャンパスの基幹スイッチと末端の教室･事務室を光ファイバーで直収する「FTTD(Fiber to the Desk)」を 2004 年から構築していますが、これとクラウド化との相性も非常に良かったですね。

最後にプロジェクトの総括と今後の展望を伺えますか。

中村氏：まず大学の BCP 強化という面では、予想通り非常に大きな成果がありました。
現在では大規模自然災害への対応はもちろん、建物の法定点検による停電などの影響も受けずに済むようになっています。

SINET の回線品質も非常に高いので、常に安定的なサービスを提供できていますね。 また、運用管理の効率化･省力化という意味でも、従来の取り組みをさらに一歩進めることができました。

今後は今回のようなインフラ分野だけでなく、先端研究の分野でも SINET のサービスを積極的に活用していきたいと考えています。

ありがとうございました。

52. クラウドサービスを活用した遠隔データバックアップシステムの構築

聖泉大学

4 5

聖泉大学では、SINET クラウドサービスを活用した遠隔データバックアップシステムを構築。重要業務データの保護や事業継続性の強化に役立てています。

その背景と導入後の成果について、聖泉大学 情報センター課長 上西 恵史氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2015年3月11日）

まず聖泉大学の概要と特色について伺えますか。

上西氏：本学は1985年に設立された聖泉短期大学を前身としており、開学以来一貫して社会と地域に貢献する人材の育成を目指しています。

2003年には4年制大学への移行を実施し、現在は人間学部と看護学部の2学部で構成されています。

4月からは大学院看護学研究科と別科助産専攻が加わりますが、学生数が約600名の小規模な大学ですから、「地域に根ざし、地域に親しまれ、地域に貢献する」をモットーに、少人数ならではの特色を活かした教育研究を行っています。

その中で情報センターはどのような役割を担っているのですか。

上西氏：工学系／情報系の学部を擁する大規模大学などでは、情報センターが研究機関としての側面を持っていることも多いですが、本学では学内情報基盤の構築・運用が主なミッションとなっています。

インフラ整備からPC教室の管理運営、ヘルプデスク、貸し出しPCの受付まで、情報と名の付く業務は何でもやりますね。

コンピュータ技術そのものの習得が目的だった時代と異なり、現在ではコンピュータをどう教育研究に活かすかが問われています。そのための環境整備に注力すると同時に、セキュリティ対策などについてもしっかりと取り組んでいます。

今回、遠隔バックアップシステムの構築に取り組まれた背景を伺えますか。

上西氏：かつては本学でも、テープメディアを利用したバックアップを行っていました。しかし、サーバ台数やデータ容量が年々増加する中で、作業負担も増え思うようなバックアップ運用が行えなくなってきました。

こうした課題を解消するために、数年前からRAID-5対応の安価なNAS装置を導入。これを直接サーバに接続してバックアップを行うことで、作業負担の軽減やバックアップ運用の効率化を図りました。 とはいえ、その一方で、依然として解決できない課題もありました。

それは、大規模自然災害や火災などの事態が発生した時に、重要な業務データをどのようにして守るかという点です。学内にバックアップデータを置いておく限り、もしキャンパス自体が被災するようなことがあれば共倒れになりかねません。

大学の事業継続性を高めるためにも、安全な遠隔地施設へのバックアップが強く求められていたのです。

遠隔バックアップの実施にあたって課題となった点などはありましたか。

上西氏：やはりセキュリティですね。今回のプロジェクトでは、教職員と学生用のファイルサーバとメールサーバがバックアップ対象になっていますが、ファイルサーバはもとよりメールについても学生の個人情報に関わるやりとりが行われるケースが少なくありません。

こうしたデータを学外に持ち出すとなると、安全性の確保は大前提となります。

また、ネットワーク帯域の問題もありました。 以前この地域では 100Mbps ベストエフォートのサービスしか提供されていなかったので、大量のバックアップデータをネットワークで転送するのはかなり厳しかったのです。

幸い、2011 年 12 月から、フレッツ光ネクストの 1Gbps ベストエフォート回線が利用できるようになったので、ようやく遠隔バックアップが現実のものとして視野に入ってきました。

そして、もう一つ無視できなかったのがシステムの構築・運用に掛かるコストです。

これは企業などでも同じだと思いますが、バックアップ自体は大学の直接的な利益につながりませんし、学生サービスの向上にも結びつきません。 そこに果たしていくら投資できるのかというのは悩ましいところでしたね。

最終的に SINET クラウドサービスを採用されたわけですが、その経緯と決め手を伺えますか。

上西氏：いろいろ検討を行っていたところ、富士通から「Fujitsu アカデミッククラウドサービス」が SINET クラウドサービスに対応するとの案内をもらいました。 これなら SINET の L2VPN を利用したセキュアなバックアップが行えますので、最大の懸案であった安全性面での不安を払拭することができます。

さらにバックアップデータを暗号化しておけば、万一データセンタからデータが持ち出されるような事態が起きても、内容を見られてしまう心配はありません。

また、システム構築に多額の費用を投じなくて済むという点も非常に魅力的でしたね。 作業としては VLAN タグを付けるくらいですから、特殊なネットワーク装置などを新たに導入したりする必要もありません。

まさに本学のニーズにピッタリのサービスだったので、早速遠隔バックアップの基盤として採用することを決めました。

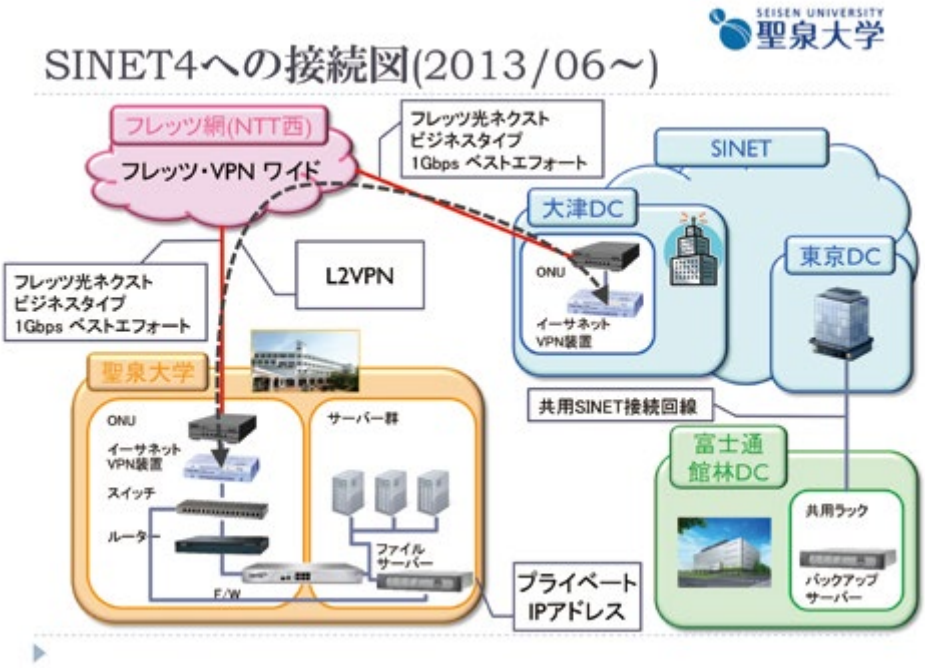
現在はどのような形でバックアップ運用を行われているのですか。

上西氏：ちょうど教職員用ファイルサーバが更新時期を迎えていましたので、本件への適用を考えて筐体間レプリケーション機能を備えた富士通の「ETERNUS NR1000F」を導入。これを本学キャンパスと富士通データセンタに 1 台ずつ設置し、毎日夜間にデータ転送を行っています。

構築にあたっての工夫点としては、暗号化したメールサーバ／ファイルサーバのデータを一度ファイルサーバのバックアップ用領域に事前集積し、その領域を 2 台の装置間で同期させている点が挙げられます。

各業務サーバのデータを個別にバックアップするとなると、スケジューリングをどうするかといったことも考える必要がありますが、この方法であればそうしたことを考慮しなくても済みます。

具体的な運用フローとしては、毎日 20:00 からファイルサーバへのデータ集積を開始。その後翌日 4:00 からデータセンタへのレプリケーションを実施しています。現時点でのバックアップデータ容量は約 150GB ／日程度ですが、翌朝 7 時頃には作業が完了していますので全く問題ないですね。



データバックアップ構成

SINET クラウドサービスの導入メリットについてはどうでしょう。

上西氏：バックアップは大学にとっても大事な取り組みです。とはいえ、先にも触れた通り、そこに手間やコストを費やすことが価値には結びつかないのが悩みの種でした。

　それを SINET クラウドサービスによって解消できたということは、本学にとって非常に大きなことだと感じています。 構築作業も非常にスムーズで、利用申請開始から本稼動まで 1 ヶ月あまりしか掛かりませんでした。

今後はどのように取り組みを発展させていかれますか。

上西氏：当初はメールサーバ、ファイルサーバを対象としていましたが、来年度には教務システムなどのバックアップも今回のシステムに集約し、データ保護体制のさらなる強化を図っていく予定です。

　また、今後はバックアップ用途以外でのクラウド活用も視野に入ってきますので、SINET と NII にも引き続き様々な支援を提供してもらえればと思います。

ありがとうございました。

53. AWSを利用したハイブリッド・クラウド環境の構築

近畿大学

4 5

近畿大学では、SINETクラウドサービスを活用して、近畿大学データセンタとアマゾン・ウェブ・サービス(以下、AWS)を結ぶハイブリッド・クラウド環境を実現しています。

その狙いと成果について、近畿大学　総合情報システム部事務長 牛島 裕氏と、同 総合情報システム部 教育システム課 髙木 純平氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2015年3月6日）

近畿大学は全国でも有数規模の大学ですが、情報基盤の整備をどのように進めておられるのですか。

牛島氏：本学は13学部・48学科と法科大学院、大学院11研究科、短期大学部で組織されており、西日本を中心に6ヶ所のキャンパスを構えています。　また、それ以外に通信教育部や九州短期大学、高専、附属高校／中学／小学校／幼稚園などのシステム／ネットワークも大学側で設計しています。

学内情報基盤の規模も必然的に大規模化せざるを得ず、インフラの構築・運用に掛かるコストも嵩んでしまいがちなため、数年前から事務系システムを中心に仮想化を行いデータセンタへの集約を図っています。

髙木氏：全国どのキャンパスでも均質なサービスを提供できるよう心がけています。たとえば、福岡キャンパスで学ぶ学生が、就活で大阪に来るようなことも考えられます。　こうした時にも東大阪キャンパスのWi-Fiなどを利用できるよう、サービスに使用するID/パスワードの統一化などを実施しています。拠点の中にはネットワーク事情の良くない遠隔地の実験場や農場もありますが、こうしたところについても手を尽くして大学のWANに接続できるようにしています。

また、もう一つのポイントとして、情報基盤においても新たな取り組みに挑戦している点が挙げられます。ご存知の通り、本学では近大マグロやバイオコークスなどの先端研究が盛んに行われています。総合情報システム部としても、これと同様に教育研究を支える先進的なICTインフラを実現していきたいと考えています。

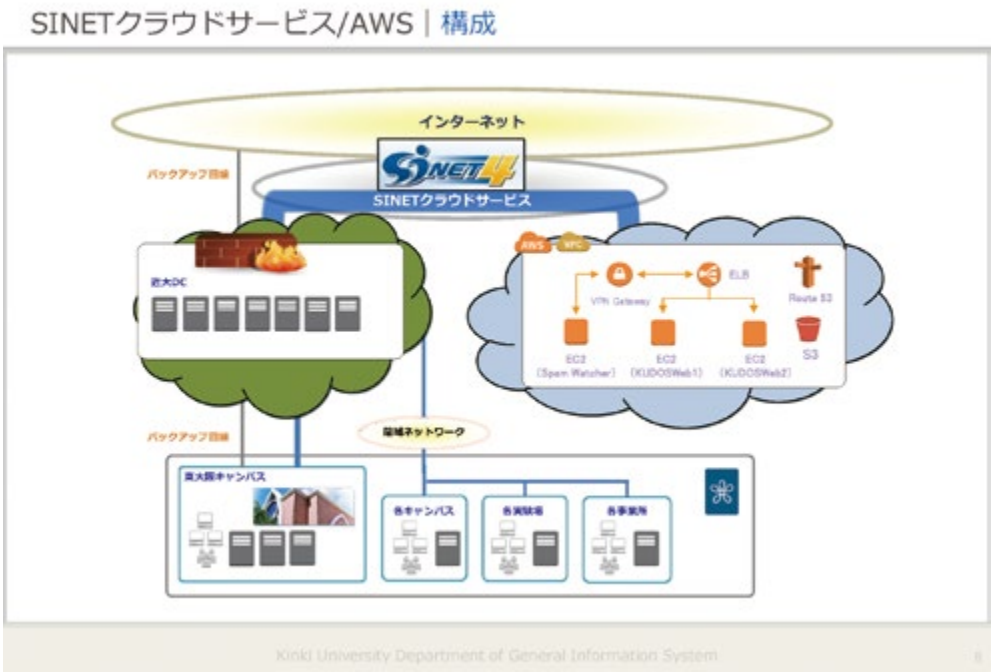
今回、SINETクラウドサービスとAWSを利用したハイブリッド・クラウド環境を国内で初構築されました。これもそうした取り組みの一環というわけですね。

牛島氏：先に仮想化について触れましたが、そもそも本学では、大量のサーバ群をオンプレミスで構築・運用するのが本当に適切なのかという疑問を以前から抱えていました。自前でサーバを持つとなると資産管理も必要ですし、場所も電気代も掛かってしまいます。障害やトラブルが発生したら、その対応も行わなければなりません。しかもそれでいて、5～6年経ったらまた更新作業を行わなくてはならない。これでは、いつまで経ってもコストや手間が増大する一方です。

髙木氏：そのような状況を解消する手法として注目したのがクラウドの活用でした。

その手始めとして、まずGmailを導入。オンプレミスと比較して1/10程度にコストが下げられることが分かったため、その後も様々な分野でSaaSの導入・活用を進めていきました。

そうしているうちに、IaaSについても国内での普及が進み、可用性が向上してきましたので、クラウド活用の第二ステップとしてハイブリッド・クラウドの構築を考えたのです。



ハイブリッド・クラウド環境の構成

SINET クラウドサービスと AWS を採用されたのはどういう経緯からだったのですか。

高木氏：AWS は他社の IaaS より商用サービスでの導入実績が豊富な上、運用機能も充実しています。 また、本学とアマゾンジャパン社とは、同時期に教科書販売分野での連携協定を結んだこともあり、候補に挙げたクラウド事業者の中でも最有力候補でした。

さらに、この取り組みを後押しすることになったのが、SINET クラウドサービスの存在です。 検討を進めている最中に、SINET クラウドサービスは AWS と直結できるらしいとの話を聞き、それならこれを利用しない手はないと思いました。

SINET クラウドサービスのどのような点を評価されたのですか。

高木氏：まず一点目は、SINET の広帯域なネットワークでクラウドに接続できるという点です。 また、商用回線での接続を行うとなると高額なコスト負担が発生しますが、SINET ならその心配もありません。

さらに、L2VPN での接続ですから、大学の通信基盤に欠かせない高いセキュリティも確保できます。 特に本学では通信ポリシーの一元管理を行っており、データセンタやAWSへの通信は、すべて一度学内のファイアウォールを経由した上で行うような構成を取っています。当然、大量のトラフィックが集中するケースも考えられるわけですが、SINET くらい広帯域なネットワークであればこれも余裕をもってさばけます。

導入にあたって注意したポイントなどはありますか。

高木氏：本学がファーストユーザーということもあり、まずは万一のリスクを避けるためにスモールスタートで始めることにしました。

具体的には Web サーバ 2 台とスパム対策サーバ、DNS を AWS 上で構築。 また、万一トラブルがあった場合に備えて、安価なバックアップ用の商用回線も別に用意しておきました。

AWS 廻りでは多少苦労する場面もありましたが、SINET クラウドサービスについては特に問題となるようなことはありませんでしたね。 現在も高いスループットを発揮できており、大いに満足しています。

ハイブリッド・クラウド環境を構築したことの意義についても伺えますか。

牛島氏：本学では非常に大規模かつ広域な情報基盤を運用していますので、ICT 投資の最適化を図っていくという面でのメリットは非常に大きいと考えています。

従来のインフラ構築というのは、いわば自分の土地に家を建てていくようなもの。これを借地借家にすれば、自前で資産を持つ必要もなくランニングコストだけで済みます。 また、それと同時に、新たなユーザーニーズへの即応が図りやすくなるというメリットもあります。

今後はどのような形でクラウド活用を進めていかれるのですか。

高木氏：教育系システムについては、既に 5 年先までを見据えた移行計画を立てています。 そこでは各システムの要件に合わせて、データセンタ、AWS、学内と設置場所を変えていく予定です。 たとえば AD サーバのように学内で大量のトラフィックが生じるものは東大阪キャンパスに、DMZ のように学内･学外問わずアクセスが発生するものは AWS にといった具合ですね。

さらに将来的には、学内からサーバやストレージなどの機器を一掃し、ネットワークスイッチしか残らないような環境を目指したい。 クラウド化によって運用管理工数も減ると考えていますので、その時間をこうした戦略･戦術立案の部分に充てていきたいと思います。

最後に SINET と NII への期待を伺えますか。

牛島氏：欧米諸国と異なり、日本では大学の約 8 割が私立大学です。 本学もいわば日本の文教施策の一端を支えているわけですが、そうした中で SINET をはじめとする NII のサービスにはいつも非常に助けられています。

大学運営にも ICT が深く関わるようになり、また ICT を活用したサービス化が加速し続ける現在では、これに比例して解決すべき課題も増加の一途です。 クラウド利用も例外ではなく、そうした意味からも、NII には今後とも幅広い分野での支援を期待しています。

ありがとうございました。

54. e-ポートフォリオの構築と運用

九州産業大学

4 5

九州産業大学では、SINETクラウドサービスを活用した「e- ポートフォリオ」を構築･運用しています。 ここでは、学生が自らの目標を意識しながら日常の学修を進めることで、社会人としての基礎力を養う取り組みを進めています。

その概要と成果について、九州産業大学　工学部機械工学科教授 藤崎 渉氏と同 教育研究係長兼 情報基盤係長　橋本 忍氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2015年3月4日）

まず、九州産業大学の教育的な特色について教えて頂けますか。

藤崎氏：本学には人文･社会･理工･芸術系など多様な学部･学科がありますが、これらすべてにおいて「KSU プロジェクト型教育」と呼ばれる取り組みを推進しています。 これは地域の企業や公的機関、行政機関などとコラボレーションしながら新たな価値を産み出すもので、社会人に欠かせない実践力･共創力･統率力を身に付けることを目的としています。既に商品開発や地域のプロモーション、イベントプランニング、先端研究開発、社会貢献など、約 120 件のプロジェクトを実施しています。

情報化に対する取り組みについてはいかがでしょう。

橋本氏：近年では大学運営においても ICT が極めて重要なインフラになっています。 そこで 2014 年度に、全学ネットワーク「KIND」を 10 年ぶりに全面刷新しました。 ここではセキュリティのさらなる強化を図ると同時に、約 600 ヶ所の無線 LAN アクセスポイントも設置。キャンパス内のどこにいても自由に情報を活用できるよう改善を図っています。

また、最近ではネットワーク帯域の逼迫も大きな課題になっていますので、SINET の協力を得て対外回線を 1Gbps から 10Gbps に増速しました。 おかげで現在では快適なネットワーク活用が行えています。

さて今回、「e- ポートフォリオ」の構築・運用に取り組まれたわけですが、その背景にはどういうことがあったのでしょうか。

藤崎氏：本学では幅広い分野の専門教育を行っていますが、ただ知識を学ぶだけでは社会人に必要な仕事力は身に付きません。 特にここ数年は経済環境が厳しかったこともあり、学生が就活で苦戦するような場面も少なくありませんでした。

こうした状況を打開するための方策として目を付けたのが、経産省が提唱する「社会人基礎力」です。 ここでは若者が自らの能力や適性に気づき、成長していくためには、「前に踏み出す力」「考え抜く力」「チームで働く力」の 3 つの能力要素を整理･明確化することが有効と述べられています。 これは本学の置かれている状況ともまさに合致するものでしたので、e- ポートフォリオの導入によって学生の社会人基礎力を磨く取り組みを進めたいと考えたのです。

具体的な取り組みの内容を教えて頂けますか。

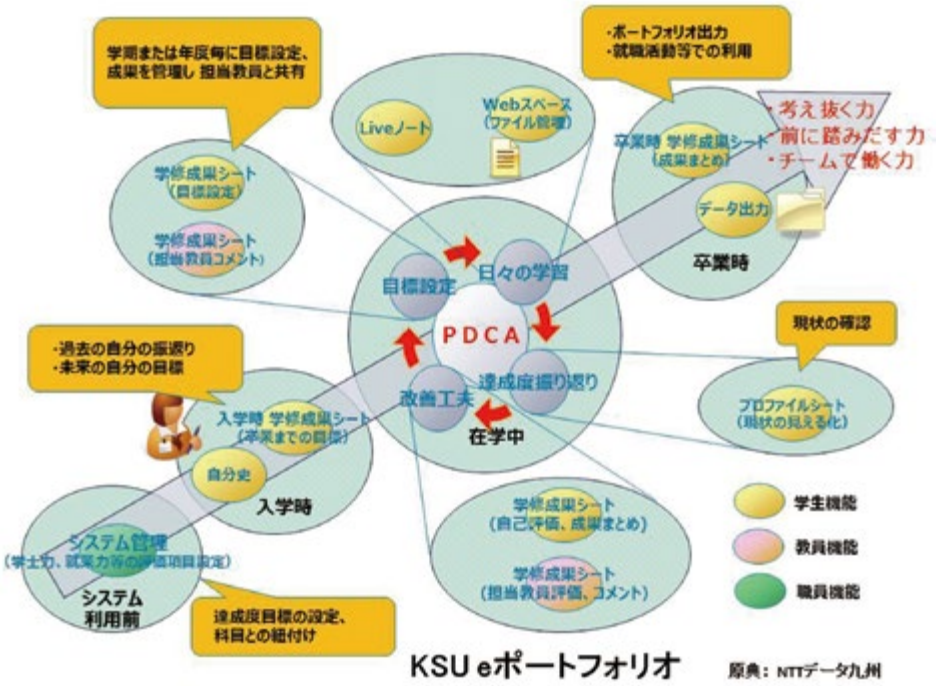
藤崎氏：入学から卒業までの 4 年間を通して、「目標設定」「日々の学習」「達成度振り返り」「改善工夫」の PDCA サイクルを廻していきます。まず入学時には自分史の作成や卒業までの目標設定を行い、過去の自分の振り返りと未来の自分の将来像を描く作業を行います。

さらに各学年度／学期においても、より具体的な目標設定と成果管理を行い、これを指導担当教員と共有します。 たとえば私が所属する機械工学科の学生であれば、「自分の専門分野の技術資格取得を目指す」といった具合ですね。

また、e- ポートフォリオでは、基礎的スキル、コミュニケーション力、読み書き、マナーといったジャンルごとに様々な質問項目が用意されており、これらそれぞれについて年度末までに自分が目指すスコアを記入してもらいます。現場の第一線で活躍する社会人のレベルを「5」とした時に、自分がどのレベルまで到達したいかを数値で表してもらうんですね。 これを学年次ごとにチャート化していくことで、自らの成長が実感できるというわけです。 もちろん、その年度で思うような成果が挙げられなかった時には、担当教員が相談に応じたり指導を行ったりします。

その他に、日誌風にいろいろなことを記入できる「Live ノート」という機能も備わっており、ここには就職面接を想定した質問の答や、自分が読んだ本の読後感などを書いてもらっています。 これは後で検索ができますから、企業面接の前に読み返して就活に生かすといった使い方もできます。ちなみに電気情報工学科では、卒業研究の進捗状況報告などにもこの Live ノートを活用しています。

学生の自己成長力の育成



大学生活における e- ポートフォリオの活用

学生本人の振り返りに役立つのはもちろん、大学側としてもよりきめ細かい指導ができそうです。

藤崎氏：実際にそうした点でも成果が上がっています。 たとえばこれまでのデータから、GPA(成績表価値) が 2.0 未満で口下手な学生は就活に苦労するということが分かっていました。 そこでこの条件に該当する学生 13 名に対し、自分史などの質問項目を使った面接練習を延べ 21 回にわたり実施しました。

その結果、全員が企業からの内定を獲得できたのです。「面接練習と同じ質問が出たので、落ち着いて対応できた」と、学生も喜んでいましたね。 この実績を踏まえて、その後は GPA2.0 以上の学生に対しても同様の取り組みを実施しています。

システム的な特徴についてもお伺いしたいのですが、今回の e- ポートフォリオでは SINET クラウドサービスを利用されていますね。

橋本氏：最近では本学でもクラウドを利用するケースが増えており、図書館システムや入試合格発表システムなど、様々なサブシステムで外部事業者のサービスを利用しています。今回の e- ポートフォリオについても、まず工学部のみで実施するということでしたので、初期費用が抑えられ拡張も簡単なクラウドを選択しました。 とはいえ、今回の e- ポートフォリオは学生の個人情報を扱う重要なシステムですので、セキュリティ対策が大きな課題となります。

その点、今回採用した NTT データ九州の「LiveCampus ポートフォリオシステム」は、SINET クラウドサービスでの接続に対応していますので、セキュアで高速なシステム環境が容易に実現できます。オンプレミスで構築した学内システムと学外のサービスを安全かつシームレスに利用できるというのは、本学にとっても非常に大きなメリットでしたね。 また、構築に際しては NII の支援も受けられましたので、スムーズにプロジェクトを進めることができました。

今後はどのような形で e- ポートフォリオを発展させていかれますか。

藤崎氏：工学部は本学の中でも最も就職･進学率が高く、例えば機械工学科の昨年度実績では約 96％と九州全域で見ても最高レベルにあります。e- ポートフォリオもその一端を担っていることと自負していますので、今後も利用率のさらなる拡大を図っていきたい。また、工学部以外の学部でも導入検討を進めたいという話も出ていますので、これまでの経験を生かして積極的な貢献を果たしたいですね。 もちろん、そこではセキュアで高信頼なネットワークが不可欠ですから、SINET の支援にも大いに期待しています。

ありがとうございました。

【ネットワーク研究】

55. L1 オンデマンドサービスを利用して実施した iSCSI-APT の性能評価

（大阪大学） 3

56. フルルート提供サービスを利用した広域負荷分散実験

（九州大学、九州産業大学） 3

3：SINET3 活用事例　4：SINET4 活用事例　5：SINET5 活用事例

55. L1オンデマンドサービスを利用して実施したiSCSI-APTの性能評価

大阪大学

3

大阪大学 大学院 情報科学研究科 情報ネットワーク学専攻 情報流通プラットフォーム講座では、ネットワークを利用した大量データ伝送の研究を行っています。今回は SINET3 の L1 オンデマンドサービスを利用して実施した iSCSI-APT の性能評価について、同研究科の大崎 博之准教授にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2009年9月29日）

まず、情報流通プラットフォーム講座の研究テーマについて教えて頂けますか。

大崎氏：当講座では、大きく分けて二つの分野の研究に取り組んでいます。まず一点目は、大量の情報をいかに速く、正確に送り届けるかということ。そして二点目は、様々な情報を、いかに人間が受け取りやすく、活用しやすい形で流通させるかということです。OSI 参照モデルで言えば、前者はネットワーク層やトランスポート層など比較的下位のレイヤー、後者はそれより上のレイヤーにあたりますね。私自身は、ネットワーク制御の研究に長年携わっており、現在は利用者を中心としたネットワーク環境の研究に力を入れています。情報の受け手・送り手の関係性に応じて、柔軟に変わっていくようなネットワークが実現できれば、これからの情報社会にも大きな効果が期待できると考えています。

講座の特徴という意味では、学生の自主性を重んじている点も大きいですね。未来のネットワークを研究する以上、やはり若い人の自由な発想を大切にしたい。実際に学生と話していても、考え方の違いに驚かされる場面が少なくありません。かなり独創的というか、突飛に思われるような研究もやっていますが（笑）、そうした発想から新しいネットワークが生まれてくると思っています。

今回は SINET3 の L1 オンデマンドサービスを用いて iSCSI-APT の性能評価を実施されたわけですが、その背景について伺えますか。

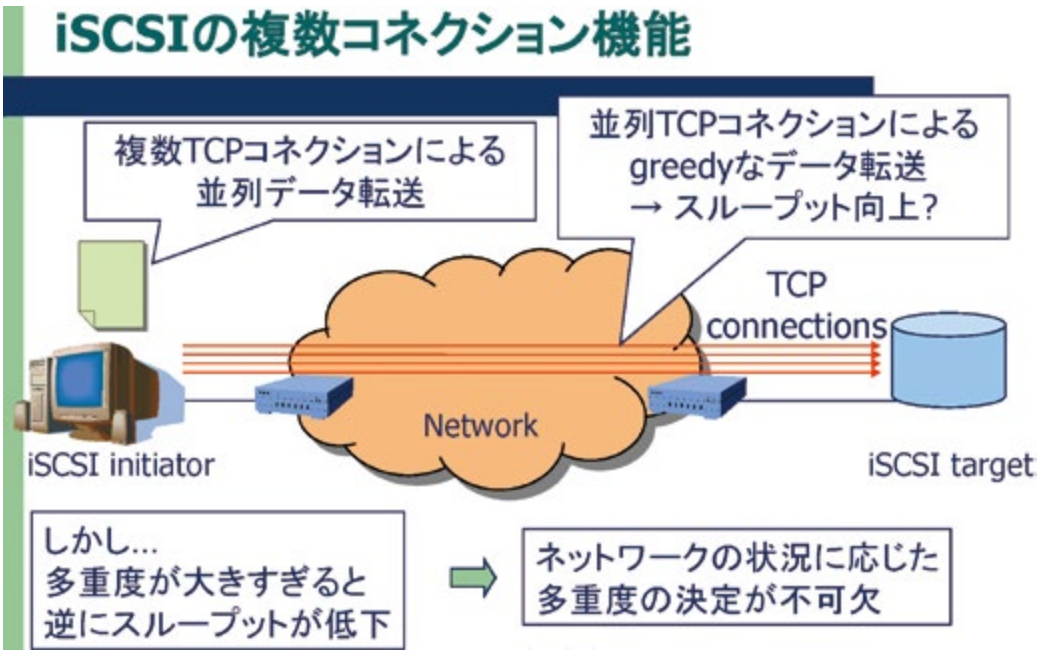
大崎氏：大量データの高速伝送については、光ファイバや WDM など下位層の研究が盛んに行われています。しかし、実際に遠隔地の拠点間を結んでデータ伝送を行うと、あまり性能が出ないという問題も知られています。その一方、最近では災害対策のためにディザスタリカバリ・システムを構築する企業が増えるなど、大量データを効率的に伝送する技術が強く求められています。そこで今回はストレージのネットワークに着目し、大量データの高速伝送に取り組んだのです。そのベースとして iSCSI を選んだのは、SCSI のコマンドを IP パケットに載せて送るだけの非常にシンプルなプロトコルであり、OS のサポートや対応製品の普及も進んでいるという理由からです。

iSCSI-APT の動作概念と特徴について教えて頂けますか。

大崎氏：複数の TCP コネクションを張って並列データ伝送を行うというのが基本ですが、実際にはそれだけではうまく機能しません。コネクションの多重度をあまり上げすぎると、あるポイントから却ってスループットが下がってしまうのです。いわば、高速道路にトラックが大量に流入しすぎて、渋滞が起きてしまうようなものですね。そこで iSCSI-APT では、コネクションの多重度を段階的に上げると同時にスループットを監視し、最適な多重度になるように調整を行います。先の例で言えば、渋滞が発生する前に高速道路への流入を制限し、トラックが効率的に走れるようにするわけです。

iSCSI-APT の特徴としては、次の 3 点挙げられます。まず 1 点目は、TCP のスループットが凸関数であることのみを利用しているという点です。その他の要素、たとえばネットワーク構成や下位層のプロトコルには一切依存しません。このため、一般的なネットワーク環境であれば問題なく利用できます。次に 2 点目は、iSCSI のイニシエータ、

つまりデータを送受信するコンピュータ側だけで実装できるという点です。ターゲット側、つまりデータを格納するストレージ側の環境にはまったく手を加える必要がなく、既存の iSCSI ストレージがそのまま利用できるので、実際の環境にも容易に導入できます。3 番目はどちらかというと制限事項で、あくまでも遠隔地へのバックアップなど、大容量データを一括連続送受信するような用途が対象となります。



L1 オンデマンドサービスを利用された狙いはどこにあったのでしょう。

大崎氏：広域での大容量データ伝送は、ネットワーク研究の中でも非常にホットな分野です。ただし、ここでは、様々な仮説を実証できる場がなかなか無いことが悩みのタネになっています。このため現在は、LAN 環境に遅延発生装置などを設置して、遠隔地を結ぶ環境を擬似的に再現しているケースがほとんどです。

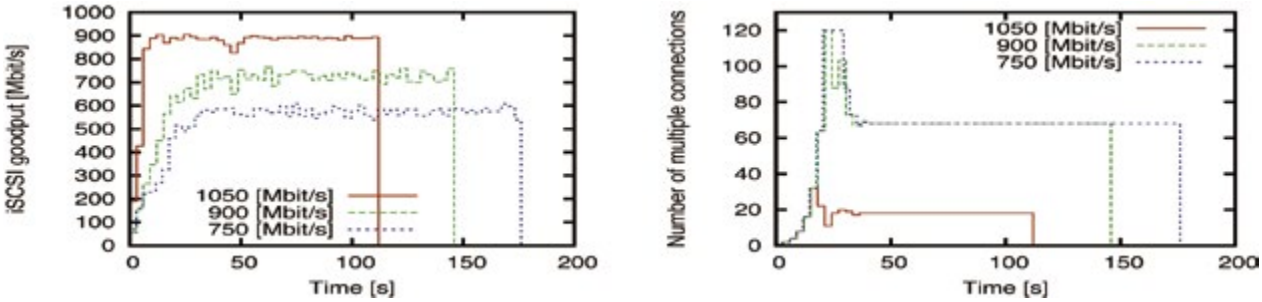
その点、SINET3 の L1 オンデマンドサービスを利用すれば、エミュレータではない現実のネットワーク環境で実験が行えます。しかも、L2 や L3 のパスではなく、非常に高速でクリーンな L1 のパスを利用できます。通常のインターネット回線などでは、ノイジーな環境であるために、実験の精度を高めるにも限界があります。もし何かおかしな結果が出たとしても、その原因が自分たちにあるのか、それとも他にあるのか区別がつきません。その点、L1 オンデマンドサービスなら、このような問題を排除することができます。今回の実験でも、同じ条件の実験ならほとんど同じ結果が出ています。

まさに今回のような研究には最適のサービスというわけですね。

大崎氏：その通りです。また、もう一つの利点として、必要な帯域を、必要な時に確保できる点が挙げられます。一般的な用途では、ネットワークの帯域は太ければ太い方ほど良いことと思います。しかし、我々の研究では、いろいろなケースを想定して実験シナリオを描きます。10Gbps の場合の結果も、300Mbps の場合の結果も、同じように重要なのですね。その点、L1 オンデマンドサービスは、150Mbps 単位で帯域を確保できますから非常にありがたいです。

iSCSI-APT 性能評価の内容、ならびに結果は如何でしたか。

大崎氏：2008 年の秋頃から、共同研究を行っている NTT サービスインテグレーション基盤研究所（東京都武蔵野市）と本学（大阪府吹田市）を結んで、データ転送実験を実施しています。先ほどもお話した通り 150Mbps 単位で帯域を変えていろいろなパターンで評価を行いましたが、いずれの場合においても iSCSI-APT の有効性を実証できました。また、現在では北海道大学との実験も行っているほか、九州大学との実験も計画中です。ちなみに、論理的には L1 パスもエミュレータ環境も等価のはずなのですが、実際やってみると動作が異なる部分もありました。現在この原因を調査中ですが、こうしたナマのネットワークでなければ分からない現象が確認できるのは興味深いですね。



iSCSI スループット及び複数コネクション多重度の時間的変動
(L1 パス帯域 :750,900,1050Mbps)

最後に SINET への期待について伺えますか。

大崎氏：SINET のネットワークは非常に高品質であるうえに、サポートも充実しています。今回の実験でも開通試験の際に障害があったのですが、NII からの情報提供のおかげで原因を特定することができました。とても親身なサポートを受けることができ、大変感謝しています。SINET は我々の研究に欠かせないインフラですので、今後もぜひ発展していって欲しいですね。帯域予約 API の提供や動的な帯域変更など、様々な新機能も予定されていると伺っていますので、こちらにも大いに期待しています。今後の社会には、人の気持ちや思いを自然に伝えられるようなネットワークが必要になると考えています。我々もその実現に向けて、研究に取り組んでいきたいと思います。

ありがとうございました。

関連 URL　SINET3 L1 オンデマンドサービスを用いた iSCSI 複数コネクションの多重度制御機構の性能評価
http://www.sinet.ad.jp/document/sinet_doc/SINET3%20L1 オンデマンドサービスを用いた iSCSI%20 複数コネクションの多重度制御機構の性能評価 .pdf

56. フルルート提供サービスを利用した広域負荷分散実験

九州大学、九州産業大学

3

北部九州地域を中心に先端ネットワーク技術の研究を行っている九州ギガポッププロジェクト(QGPOP) では、SINET3 のフルルート提供サービスを利用した広域負荷分散実験を実施しました。その概要と成果について、九州大学 情報基盤研究開発センター 准教授 岡村 耕二氏と、九州産業大学 情報科学部 情報科学科 教授 下川 俊彦氏にお話を伺いました。

（インタビュー実施: 2010年10月25日）

まずは QGPOP の概要について教えて頂けますか。

岡村氏：わかりました。QGPOP は、九州地域の各大学や研究機関が協調してアクセス回線を準備し、高速研究開発型バックボーンへ接続する際の相互接続アーキテクチャに関する研究開発を行うプロジェクトとして、1999 年頃に設立されました。現在も北部九州を中心に、さまざまな大学や企業が参加しています。具体的な活動内容としては、学会のような形で研究発表を行ったり、複数の大学･機関と連携して実験を行ったりしています。私自身は九大の情報基盤研究開発センターに所属していますが、QGPOP の基幹スイッチなども九大センターに設置して運用を行っています。

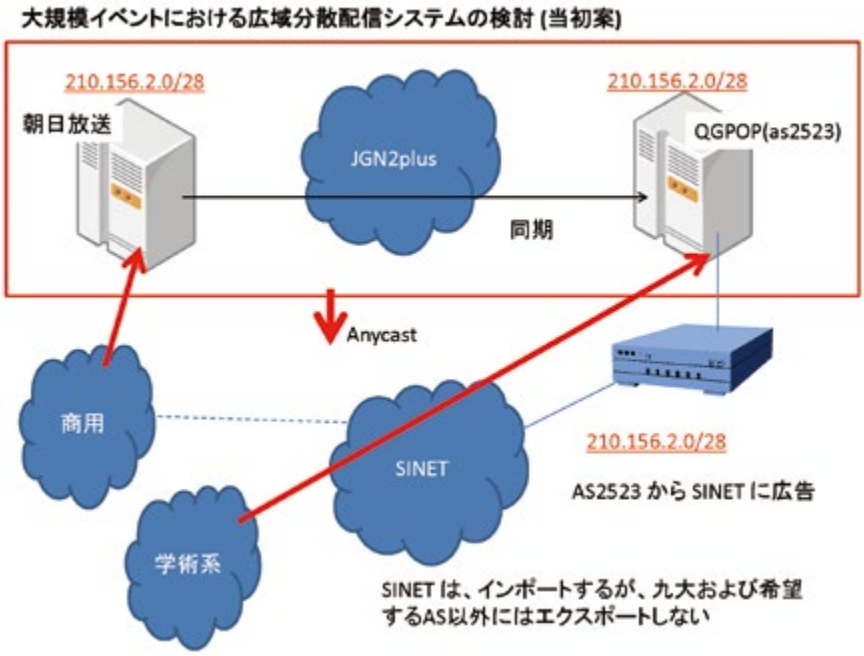
下川氏：私の研究室では、次世代インターネット基盤技術を研究テーマとして掲げており、ネットワークや Web アプリケーション、セキュリティ、広域負荷分散、仮想計算機などの研究開発を行っています。こうした活動を行う上では、さまざまな組織･プロジェクトとの共同研究が大きな意義を持ちますので、QGPOP にも積極的に参加させてもらっています。

今回の広域負荷分散実験に取り組まれた背景について伺えますか。

下川氏：QGPOP では、以前からサイバー関西プロジェクト（以下、CKP) とも交流があり、一緒に何かできないかという話をしていました。その案の一つとして挙がってきたのが、CKP と朝日放送が共同で行っている夏の全国高校野球大会のオンライン中継です。そのコンテンツの一つである静止画像の連続配信サービスを利用して、広域負荷分散の実験をやってみないかという話になったのです。もともと下川研でも、DNS Anycast を利用した広域負荷分散の実験などを行っていたので、非常に面白そうな題材だと感じました。

今回は経路情報を利用した広域負荷分散を実施されていますね。

岡村氏：そうですね。もちろん DNS でという方法もあるわけですが、今回は新しいチャレンジとして、ルーティングでの広域負荷分散に取り組んでみようと考えました。その方法としては、まず関西に設置されている本番サーバと九大に設置したミラーサーバに同じ IP アドレスを振り、それぞれから経路情報を流します。原理上、遠くから来た経路情報は負けてしまうので、九大に近いアクセスは九大に来るはずです。さらに、ここで目を付けたのが SINET のフルルート提供サービスです。これを利用して九大から SINET へ経路情報を流せば、SINET 加入機関のアクセスだけを九大のミラーサーバに集められると考えました。

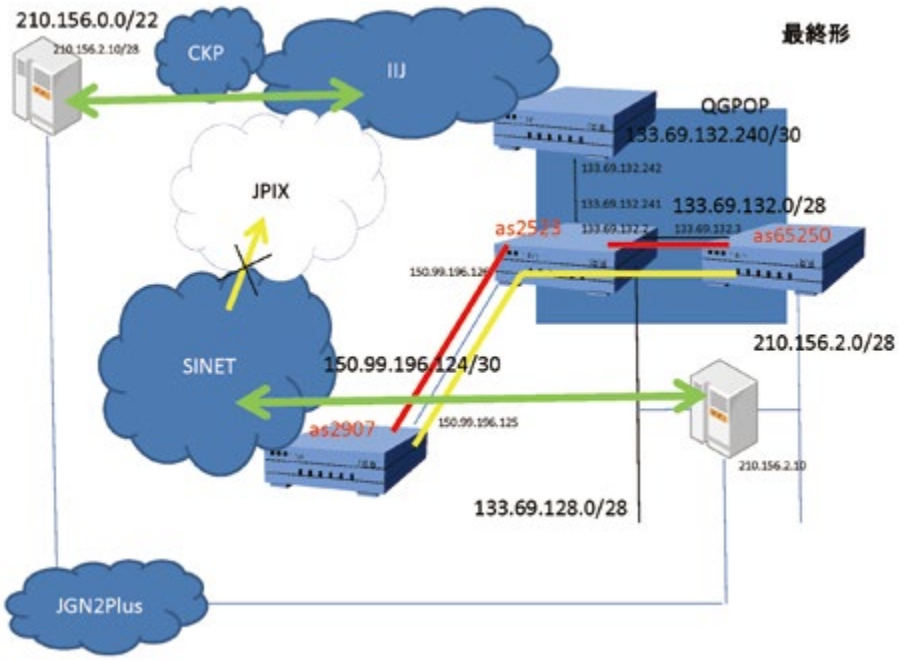


大規模イベントにおける広域分散配信システムの検討（当初案）

実験にあたって課題になった点などはありましたか。

岡村氏：この実験のポイントは、我々が流す経路情報を SINET から出さないという点です。もし外に出てしまうと、SINET 加入機関以外のユーザーが、それを拾ってこちら側に来る可能性がありますから。ただし、一つ誤算だったのが、SINET が我々の予想以上にたくさんのピアを持っていたことです（笑）。

SINET は外部との経路交換プロトコルに BGP を使っていますが、最初は一ヶ所か二ヶ所くらいでフィルタを掛けてもらえば済むと思っていたのです。ところが、いざテストを始めてみると、日本の商用 ISP はもとよりアメリカからもアクセスが来る。これは別にアメリカの方が見ているわけでなく、その方がネットワーク的に近いと判断した日本のアクセスが、アメリカを往復して来るんですね。ミラーサーバは本番サーバほど高スペックではありませんから、もし大量アクセスが集中して配信に不具合があると、配信元の朝日放送にも迷惑を掛けてしまいます。そこで、NII にも協力してもらって、経路情報の漏れを一つずつ潰し込んで行きました。



大規模イベントにおける広域分散配信システムの検討（最終形）

本番の実験はどのように実施されたのですか。

下川氏：2009 年の 8 月 11 日、13 日、14 日の 3 日間にわたり、それぞれ 3 試合を対象にミラーサーバからの静止画配信を行いました。試合開始の少し前からSINETに対して経路広告を開始し、試合が終了したら止めるという形ですね。

実際に実験を行ってみると、DNS Anycast で広域負荷分散を行ったときとはかなり異なる傾向が見られました。DNS による制御では、いろいろな場所の DNS サーバに情報が残ってしまうため、実験を終えた後もすぐにはアクセスが止まりません。ところがルーティングによる制御だと、経路広告を始めると一斉にアクセスが始まり、経路広告を止めるとアクセスもスパッと止まる。実験前から予想はできていたのですが、これが実際にデータとして確認できたのは面白かったですね。

岡村氏：もう一つ興味深かったのは、コンテンツの地域性が確認できた点です。下川先生も「高校野球のようなコンテンツでは、一般的なコンテンツと異なる地域性があるはず」と考えられていたのですが、今まではそれを実証する手だてがなかなかありませんでした。しかし、今回の実験結果を分析してみると、甲信越地方の高校が試合をしている時には、やはり甲信越地方の SINET 加入機関からのアクセスが多いのです。当たり前といえば当たり前ですが、こうしたことをきちんと裏付けるデータが得られたのは良かったと考えています。

今回利用されたフルルート提供サービスについてはいかがですか。

岡村氏：個人的な意見としては、少なくともそれなりの規模の大学の情報基盤センターであれば、フルルート提供サービスは利用した方が良いと思いますね。そもそも経路制御の研究を自分たちでやっていないと、今回のような実験も行うことができません。その点、大学側がフルルートを利用して BGP のオペレーションなりをやっていれば、こうした分野に学生が興味を持った時にも支援することができます。ネットワーク技術の蓄積という意味でも、積極的に利用すべきではないでしょうか。

下川研では学生への教育効果も大きかったのではないですか。

下川氏：そうですね。今回の実験には、様々な企業や大学、研究機関の方々が参加していますので、学生にとっても同じ場に加われることは貴重な経験になります。参加したメンバーからも、「研究室で学んだ知識や技術を活かせて良かった」との感想が聞かれました。こうした取り組みは研究室の活性化にも役立ちますので、今後も積極的に参加していきたいと思っています。

最後に今後の研究についての意気込みを伺えますか。

岡村氏：今ではインターネットも身近な存在になり、その仕組みを知らなくとも気軽に利用できるようになりました。学生の研究テーマを見ていても、Web を利用した新サービスなど、より上位のレイヤーへ関心が移っています。しかし、パケットがルータを経由してどのように送られていくのか、ヨーロッパに行く時は北米廻りなのか、それとも東南アジア廻りなのか、そういうことが分かってくると、もっとインターネットが面白くなると思うんですね。我々としては、学生がそうしたことに興味を持てるような環境を今後も創り上げていきたいと思います。

ありがとうございました。

関連 URL　「SINET3 のフルルート提供サービスを用いた大規模イベントにおける広域分散配信実証実験」
（2009.12.3「学術認証フェデレーション及び SINET サービス説明会」SINET 利用事例 資料）
http://www.nii.ac.jp/userimg/sinet_service/20SINET3full_root.pdf

先端的学術研究・教育推進のための学術情報基盤
～学術情報ネットワーク(SINET5) 活用事例集～

2018年6月 発行

発　行　　国立情報学研究所
〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋2-1-2 学術総合センター内
TEL. 03-4212-2000（代表）

編　集　　学術基盤推進部 学術基盤課
TEL. 03-4212-2255
E-mail:support@sinet.ad.jp