

活用事例 平成 23 年 31 件 (平成 22 年 25 件)

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	1
2. SINET4 の特徴	1
3. SINET4 のネットワーク構成	2
4. SINET4 のネットワーク・サービス	3
5. 学術情報ネットワークの運営体制	5

II 事例集

学術情報ネットワークの主な活用例一覧	7
--------------------	---

【高エネルギー・核融合科学】

1. 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)	9
2. 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)	13
3. アトラス(ATLAS)実験 (東京大学 素粒子物理国際研究センター)	16
4. 格子 QCD シミュレーションによるハドロン物理・素粒子模型の研究 (筑波大学 計算科学研究センター)	20
5. 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)	24
6. 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)	28

【宇宙科学・天文学】

7. 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)	31
8. 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)	35
9. 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)	39

【環境・気象・地球科学】

10. 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)	43
11. 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)	46
12. 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)	50

【遠隔授業・コミュニケーション】

13. 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 活用の取組み (横浜国立大学)	53
--	----

14. インターネットを利用した国際遠隔講義 (琉球大学)	56
15. 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)	59
16. 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)	62
17. 特別支援教育における双方向遠隔授業 (愛媛大学)	66
18. 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)	69

【計算資源・実験施設等の遠隔利用】

19. 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)	73
20. 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)	77
21. 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)	80
22. 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)	84
23. 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)	87

【遠隔医療】

24. 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)	91
25. 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)	95

【キャンパスネットワークの高度化】

26. キャンパスネットワーク「MEINET」でのL2 VPN利用 (名城大学)	99
27. 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)	102
28. 筑波キャンパスと東京キャンパスをL2 VPNで接続 (筑波大学 学術情報メディアセンター)	106

【ネットワーク研究】

29. 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 (大阪大学)	109
30. 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)	112

【地域活性・人材育成】

31. 「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)	115
--	-----

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、研究機関等における学術研究、教育活動全般を支える学術情報基盤である。加入機関は 700 機関以上、約 200 万人の研究者、学生等が利用する学術コミュニティに不可欠な情報ライフラインとなっている。

また、高エネルギー・核融合科学、宇宙・天文学、地球科学等の先端的学術研究連携に欠くことのできない最先端のネットワーク基盤を提供している。

さらに、Internet2 Network や GÉANT2、TEIN3 等を介して海外の研究教育ネットワーク (NREN) と相互接続しており、国際研究連携の基盤にもなっている。

平成 23 年 4 月から、従来の SINET3 を構造変更し、さらなるネットワークの高速化、高安定化を実現した SINET4 (サイネット・フォー) の運用を開始した。SINET4 は、国立情報学研究所 (NII) が大学等と連携して推進している「最先端学術情報基盤 (CSI: Cyber Science Infrastructure)」構想の中核と位置付けられている。

2. SINET4 の特徴

1) ネットワークの高速化

- ・コア回線は、40Gbps を基本とし、エッジ回線は 2.4Gbps ~ 40Gbps で構成
- ・アクセス回線 (ノード校) は、ダークファイバ + WDM (波長多重装置) 技術等により最大 40Gbps まで、経済的かつ柔軟な高速化が可能

2) ネットワークの信頼性向上

- ・コア回線、エッジ回線の完全冗長化及びコア回線の迂回路強化を図るとともに、すべてのノード (8 コアノード、42 エッジノード) を通信事業者のデータセンタへ設置することで、災害や障害に強い信頼性の高いネットワーク構成を実現)

3) 多様なネットワークサービス

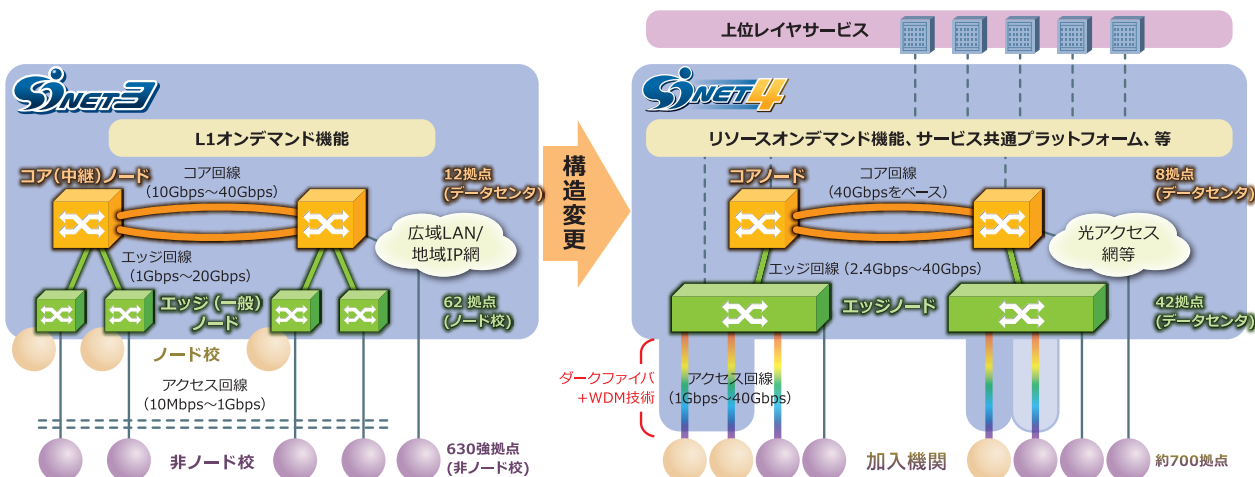
- ・マルチレイヤサービス、マルチ VPN サービス、マルチ QoS サービス、リソースオンデマンドサービス等、先進的なネットワーク・サービスの充実・強化を図る。

4) 高速アクセス回線環境の整備

- ・アクセス回線に新しい技術「ダークファイバ + WDM 装置」を導入し、経済的かつ柔軟な高速化を実現

5) 上位レイヤ展開

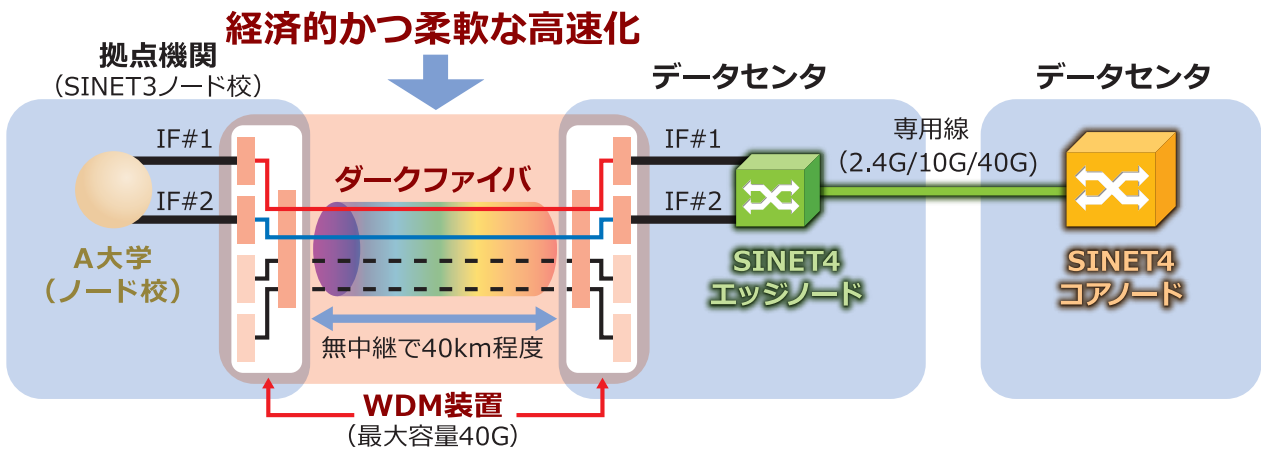
- ・上位レイヤサービスを支援するインタフェースやサービス提供プラットフォームを検討中



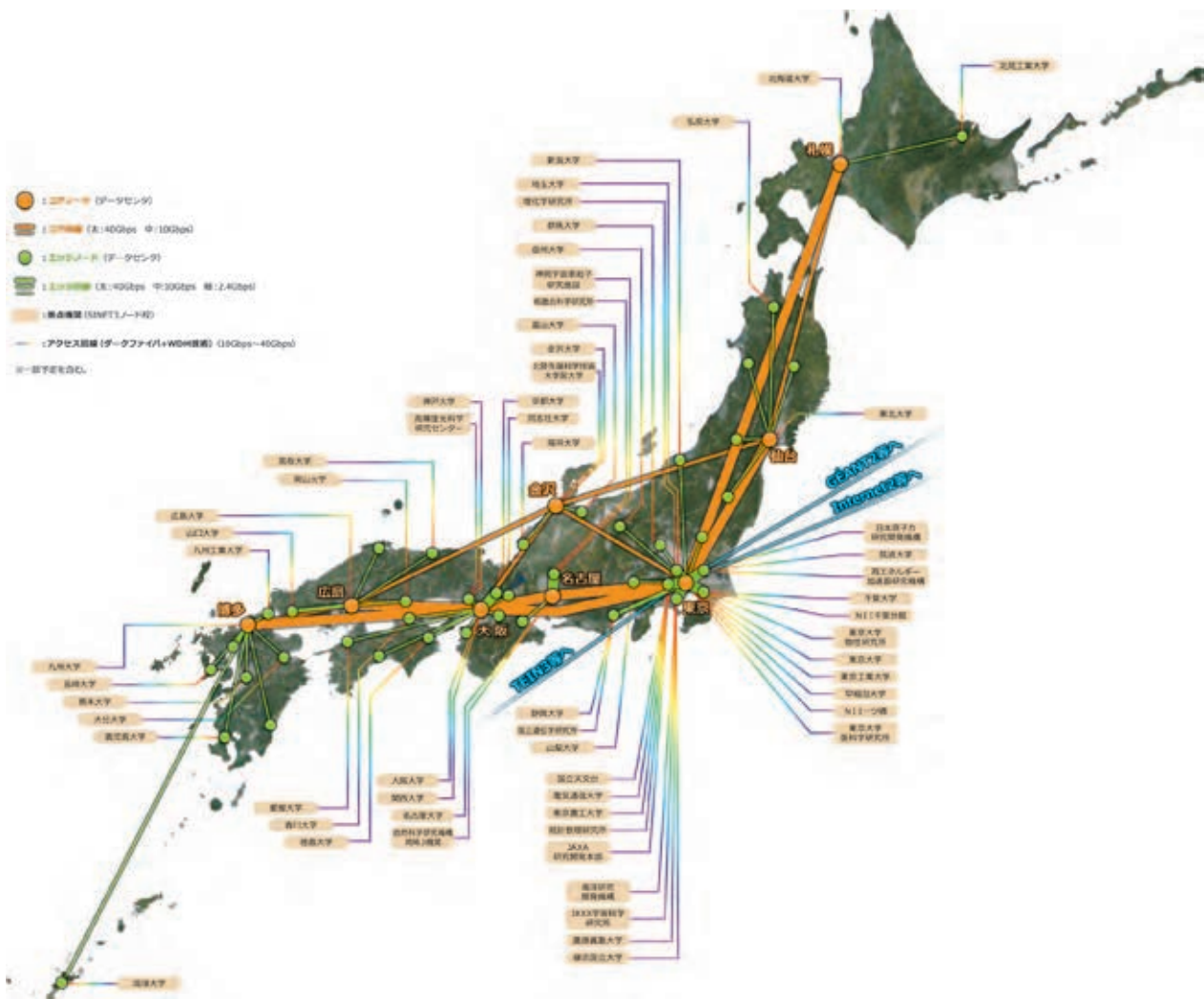
SINET3 から SINET4 への構造変更

3.SINET4 のネットワーク構成

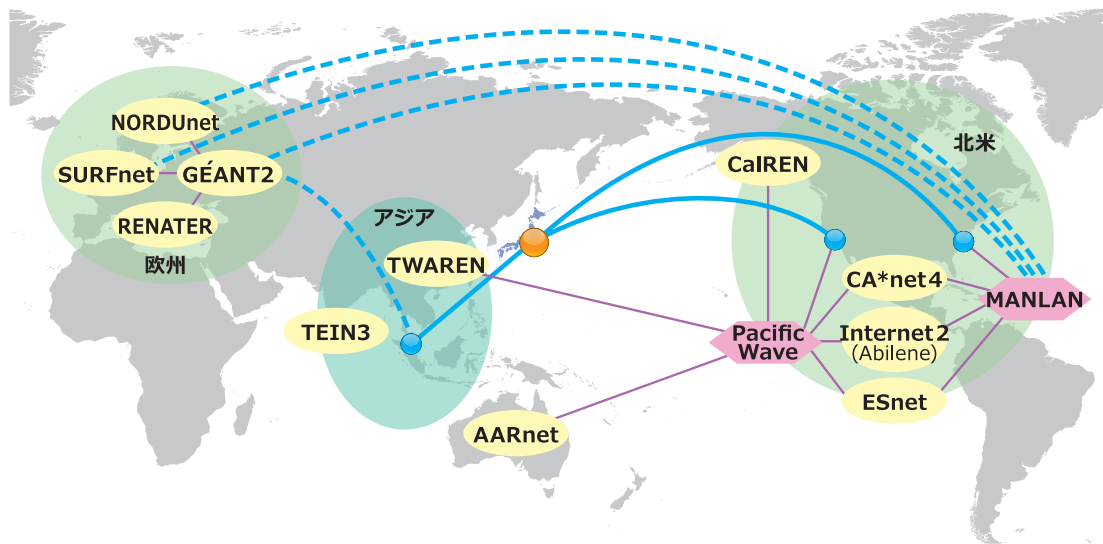
SINET4 は、従来の SINET3 の基本的なアーキテクチャは踏襲しつつ、エッジノードをノード校から民間のデータセンターへ変更することで、より災害や障害に強い信頼性の高いネットワークを実現している。また、ノード校向けアクセス回線には、ダークファイバ+WDM 技術を新たに採用することで、経済的かつ柔軟な高速化を可能とした。



ダークファイバ+WDM 技術による経済的な高速回線の実現



SINET4 ネットワーク構成



SINET4 国際接続

4.SINET4 のネットワーク・サービス

SINET4 では、SINET3 のすべてのサービスを継承するとともに、リソースオンデマンド機能等を強化している。

1) マルチレイヤサービス -3つのネットワーク階層から自由に選択-

SINET4 では、ネットワーク階層に応じたサービスを提供している。各階層におけるサービスは次のとおり。

レイヤ 3 (L3) :IP ネットワーク

レイヤ 2 (L2) :広域 LAN 間接続

レイヤ 1 (L1) :専用線

利用者は、目的や用途に応じてこれらの中から自由にサービスを選択できる。サービスの種類は以下のとおり。

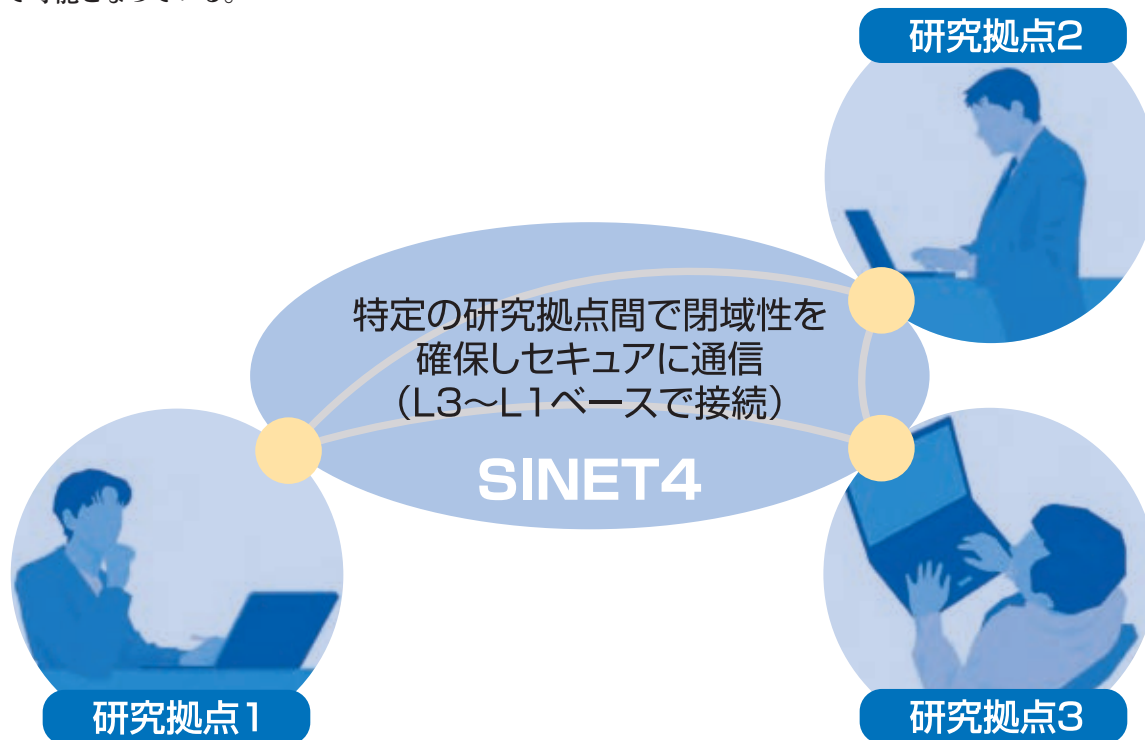
品質保証			オンデマンド
			帯域指定L1VPN
			波長L1VPN
高優先	L3VPN(QoS)	オンデマンド	
	マルチキャスト(QoS)	VPLS(QoS)	
	アプリケーション毎QoS	L2VPN(QoS)	
ベストエフォート	L3VPN	オンデマンド	
	マルチキャスト	VPLS	
	マルチホーミング	L2VPN	
	IPv4 IPv6		
	レイヤ3 (IP)	レイヤ2 (Ethernet)	レイヤ1 (波長/専用線)

SINET4 の提供サービス

2) マルチ VPN サービス - 共有ネットワーク上で仮想プライベート網を構築 -

先端技術の研究開発等を複数の研究機関の連携によって推進するためには、研究拠点間の閉域性を確保したセキュアな通信環境を実現するネットワーク機能が重要である。

SINET4 では、任意の VPN (Virtual Private Network: 仮想プライベート網) がすべてのレイヤ (L3 ~ L1) で可能となっている。



3) マルチ QoS サービス - 高品質なネットワークの提供 -

SINET4 では、音声、映像、データといったこれらのアプリケーションの特性に応じたクラス分けをし、優先順位を付けて転送する QoS (Quality of Service) サービスを提供している。

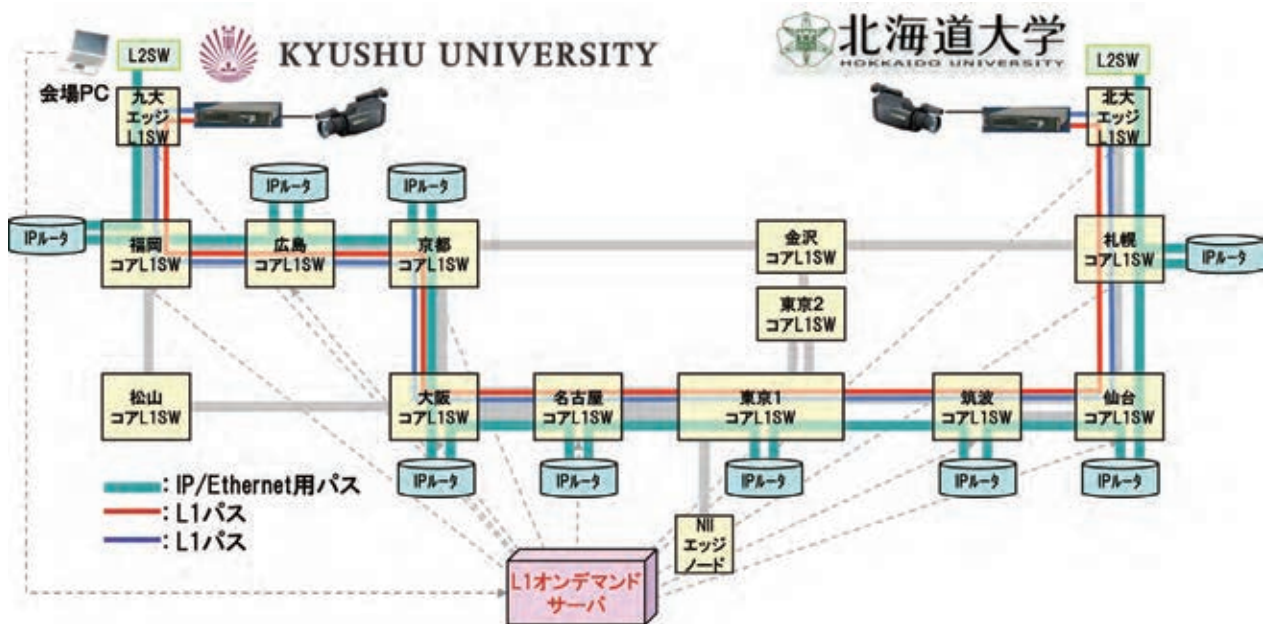
4) ネットワーク情報提供サービス

SINET4 利用者に対して、パフォーマンス計測 (スループット、RTT) サービスの提供、セキュリティ情報提供を行っている。

5) リソースオンデマンドサービス - 必要な時に必要な分だけ帯域を予約 -

ネットワーク資源 (リソース) を、利用者の要求に応じて (オンデマンド) 提供する機能である。通常は共用されている通信回線等のネットワーク資源を、必要に応じて専用に割り当てることにより、多様化し続ける学術研究のニーズに対し柔軟に対応できる。

SINET4 では、L1 オンデマンドサービスに加え、L2 オンデマンドサービスの提供も予定している。

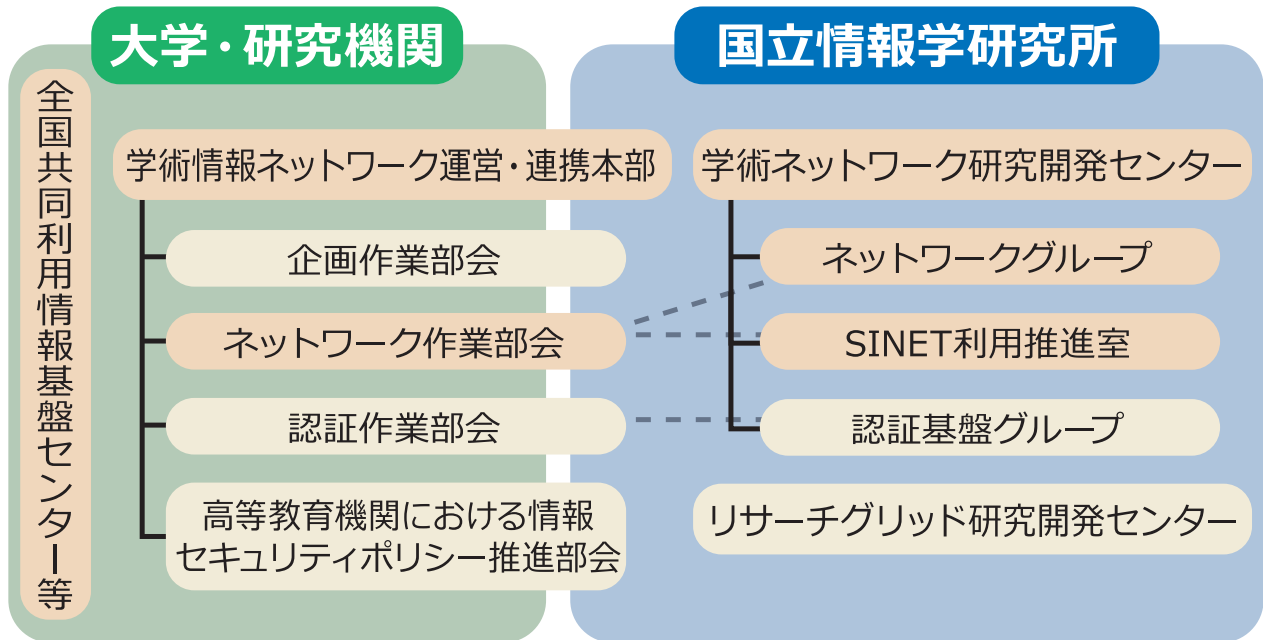


L1 オンデマンドサービスを用いた 九大 - 北大間の非圧縮高精細映像配信デモ

5. 学術情報ネットワークの運営体制

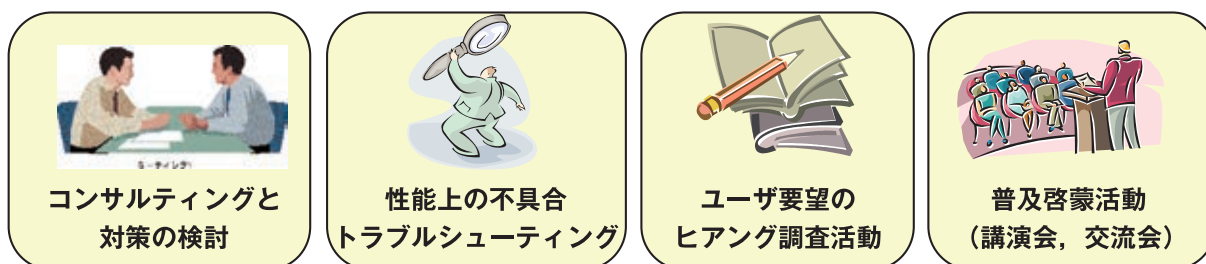
1) 学術情報ネットワーク運営・連携本部

SINET は、学術情報ネットワーク運営・連携本部のもと、NIIと情報基盤センター、大学等の情報処理センター等との連携・協力により運営されている。



2) SINET 利用推進室

学術情報ネットワークの利用を促進するため、平成 19 年 10 月に設置した。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、啓蒙活動等の業務を行っている。



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、大学及び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、平成 21 年 6 月に発足した。

学術情報基盤に関する情報交換・技術交流、SINET4 用アクセス回線の共同調達、学術認証基盤、グリッド基盤やクラウド活用等による上位レイヤサービスの展開の検討を進めている。

II 事例集

学術情報ネットワークの主な活用例一覧

高エネルギー・核融合科学

1. 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」

〔概要〕 実験で得られた大容量データをネットワークを介して共有、並行解析し、小林・益川理論を検証

〔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〔サービス〕 L3 VPN、国際接続

2. ニュートリノ研究

〔概要〕 太陽ニュートリノ精密観測、大気ニュートリノ・陽子崩壊観測等のデータ共有

〔機関〕 東京大学 神岡宇宙素粒子研究施設〔サービス〕 L2 VPN、L3 VPN

3. アトラス(ATLAS)実験

〔概要〕 CERN の LHC 加速器から東京大学素粒子物理国際研究センターへデータを転送・解析

〔機関〕 東京大学、CERN 等〔サービス〕 国際接続

4. 格子QCDシミュレーションによるハドロン物理・素粒子模型の研究

〔概要〕 格子 QCD データ共有システムによりネットワーク上でデータを共有利用

〔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〔サービス〕 L3 VPN

5. 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

〔概要〕 大型ヘリカル実験遠隔参加、実験、データ解析およびシミュレーション等の遠隔研究参加

〔機関〕 核融合科学研究所、筑波大学、九州大学、(核融合科学研究所六ヶ所研究所)〔サービス〕 L2 VPN、L3 VPN

6. 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

〔概要〕 レーザー電子光実験施設「LEPS」で生成される大量の実験データを収集・転送・解析

〔機関〕 大阪大学、高輝度光科学研究センター〔サービス〕 L3 VPN

宇宙科学・天文学

7. SINET3のL1 オンデマンドを利用した光結合VLBI観測

〔概要〕 電波望遠鏡を相互接続し、実時間・高感度での電波干渉計観測を実施

〔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〔サービス〕 L1 オンデマンド

8. 太陽観測衛星「ひので」による太陽研究

〔概要〕 「ひので」衛星データを共用し、コロナ加熱のメカニズムを研究

〔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〔サービス〕 L1 VPN

9. 銀河系の3次元立体地図を作る「VERA」プロジェクト

〔概要〕 国内の観測局を相互接続(直径 2300km の電波望遠鏡と同等性能を実現)し、観測データを解析

〔機関〕 鹿児島大学、国立天文台〔サービス〕 L2 VPN

環境・気象・地球科学

10. 衛星データの受信・処理・アーカイブおよびデータ配布

〔概要〕 気象衛星「ひまわり」をはじめとする各種衛星の観測データを受信、アーカイブ、配布

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

11. 全国地震観測データ流通ネットワーク「JDXnet」の構築・運用

〔概要〕 地震観測波形データを全国大学等にリアルタイムで流通

〔機関〕 東京大学地震研究所等 10 機関〔サービス〕 L2 VPN

12. VLBI観測による超大容量観測データの国際共有

〔概要〕 世界各地の観測局と接続、e-VLBI を支える基幹ネットワークとして活用

〔機関〕 国土地理院、世界各地の観測局〔サービス〕 国際接続

遠隔授業・コミュニケーション

13. 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活用の取組み

〔概要〕 医工連携プロジェクトの一環として、ハイビジョン双方向遠隔授業を実施

〔機関〕 横浜国立大学、横浜市立大学〔サービス〕 IP Dual

14. インターネットを利用した国際遠隔講義

〔概要〕 SINET を利用した遠隔講義を海外の大学と連携して実施

〔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〔サービス〕 国際接続

15. 全国18連合農学研究科を結ぶ遠隔講義システム

〔概要〕 連合農学研究科 18 大学を結ぶ多地点制御遠隔授業を実施

〔機関〕 東京農工大学等〔サービス〕 IP Dual

16.北陸三県の国立大学を結ぶ双方向遠隔授業システム

〔概要〕北陸三県の国立大学間で、教養教育を中心とする双方向遠隔授業を実施

〔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〔サービス〕IP Dual

17.特別支援教育における双方向遠隔授業

〔概要〕特別教育分野における双方向遠隔授業を実施

〔機関〕愛媛大学、鳥取大学〔サービス〕L2 VPN

18.同室感コミュニケーションシステム「t-Room」の研究

〔概要〕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

〔機関〕同志社大学〔サービス〕L1 オンデマンド

計算資源・実験施設等の遠隔利用

19.スパコン「地球シミュレータ」とSINETとの連携

〔概要〕スパコンでのシミュレーション結果をネットワーク経由で参照

〔機関〕海洋研究開発機構〔サービス〕L2 VPN、IP Dual

20.SINETを介した計算機資源等の提供、円滑なキャンパス移転

〔概要〕スパコンをはじめとする計算機資源、世界最高レベルのボードで作成した乱数等を提供

〔機関〕統計数理研究所〔サービス〕L2 VPN、IP Dual

21.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—

〔概要〕構造生物学研究における、遠隔操作によるビームライン制御

〔機関〕高輝度光科学研究センター〔サービス〕IP Dual

22.触覚フィードバックを含む遠隔制御システム

〔概要〕豊橋技術科学大学一高専における遠隔制御の研究ネットワーク構築・運用・実験

〔機関〕豊橋技術科学大学、函館工業高等専門学校〔サービス〕QoS

23.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」

〔概要〕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構築

〔機関〕東京工業大学〔サービス〕L3-VPN

遠隔医療

24.学術ネットワークを活用した国際遠隔医療の推進

〔概要〕手術のライブデモンストレーションとカンファレンスを年間40～50回実施

〔機関〕九州大学〔サービス〕IP Dual、L1 オンデマンド

25.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

〔概要〕韓国、台湾、シンガポール、ベトナム、フィリピン、中国をネットワークで結び、アジア全体に胎児医療を拡大

〔機関〕国立成育医療研究センター〔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

26.キャンパスネットワーク「MEINET」でのL2 VPN利用

〔概要〕遠隔に所在するキャンパスをL2 VPNにより一つのキャンパスLANに統合

〔機関〕名城大学〔サービス〕L2 VPN

27.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

〔概要〕UPKI イニシアティブのサーバ証明書プロジェクトを採用し、国内最大級のWeb認証環境を実現

〔機関〕広島大学〔サービス〕IP Dual

28.筑波キャンパスと東京キャンパスをL2 VPNで接続

〔概要〕遠隔に所在するキャンパスをL2-VPNにより一つのキャンパスLANに統合

〔機関〕筑波大学〔サービス〕L2-VPN

ネットワーク研究

29.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

〔概要〕SINET3の特徴(広帯域・高品質)を生かし、大量データ伝送の高速伝送を研究

〔機関〕大阪大学、北海道大学、九州大学〔サービス〕L1 オンデマンド

30.フルルート提供サービスを利用した広域負荷分散実験

〔概要〕夏の全国高校野球大会のオンライン中継を素材にした広域分散配信システムを検討

〔機関〕九州大学、九州産業大学〔サービス〕フルルート

地域活性・人材育成

31.「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

〔概要〕四国内8大学が連携し、地域づくりを担う人材育成を行うため、高速な情報通信インフラとして活用

〔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〔サービス〕IP Dual

【高エネルギー・核融合科学】

1. 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)
2. 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. アトラス (ATLAS) 実験
(東京大学 素粒子物理国際研究センター)
4. 格子 QCD シミュレーションによるハドロン物理・素粒子模型の研究
(筑波大学 計算科学研究センター)
5. 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)
6. 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)

1. 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

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か。

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。

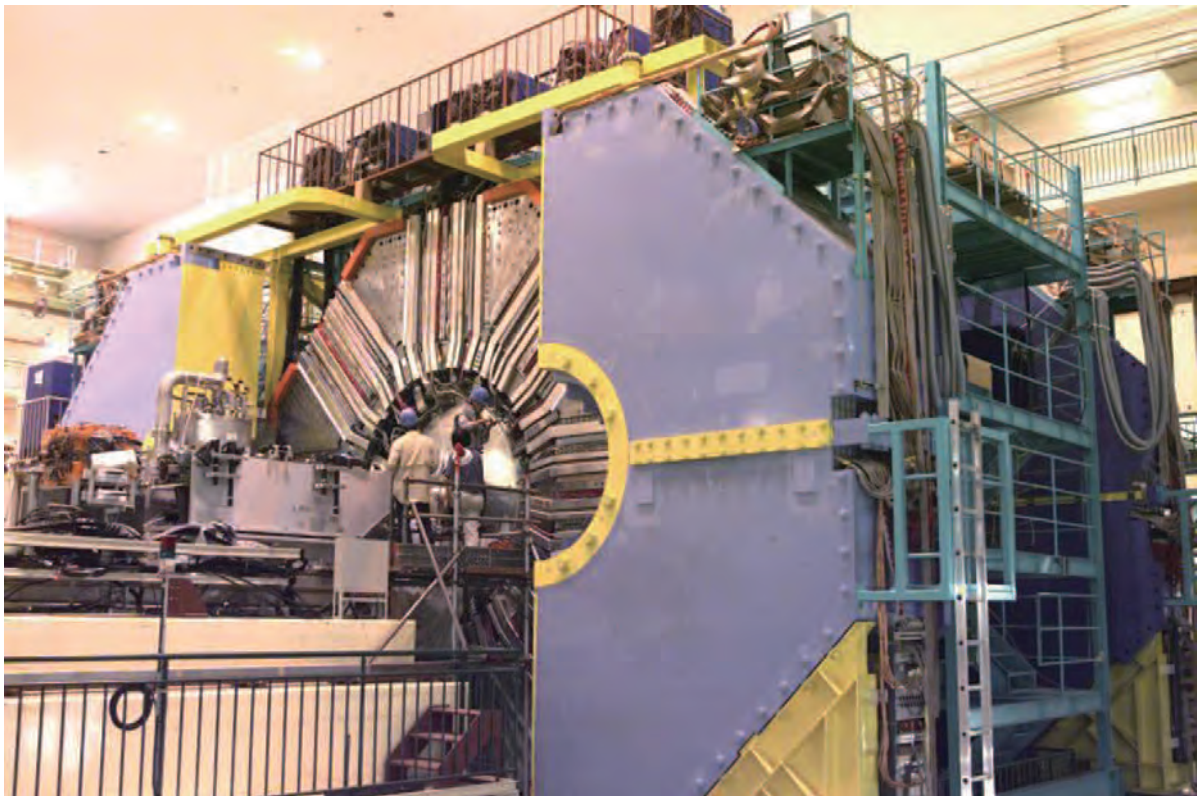
当時の物理学界では、この現象を説明するための理論がいくつも提案されました。その中でも「クォークが6種類あれば、この現象がうまく説明できる」という予言を行ったのが小林・益川理論です。当時はまだ3種類のクォークしか見つけていませんでしたので、とても画期的な提案だったと言えます。その後90年代半ばにかけて残りの3種類のクォークが発見され、小林・益川理論の前提条件が満たされました。

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: KEBK 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 L3-VPN 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ありません。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。

SINETがノーベル賞受賞に大きな貢献

2008年ノーベル物理学賞の受賞対象となった小林・益川理論の検証を目的とした Belle 実験において、学術情報ネットワーク(SINET)*が大きな役割を果たしました。

Belle 実験は、高エネルギー加速器研究機構(KEK)が東京大学、東北大学、名古屋大学、東京工業大学等と共同して「B 中間子における CP 対称性の破れ」を測定し、その物理法則を説明するために提案された小林・益川理論の検証を行うことをめざした実験です。この実験において、KEKにある Belle 測定器から出される膨大なデータを SINET の超高速回線を介して、連携大学に転送あるいは大学から直接データにアクセスし、並行解析することによって、その理論の検証に成功しました(2001)。この実験に中心的に携わった KEK の片山伸彦氏は、「SINET は Belle ネットワークの大動脈」と、SINET の果たした役割の重要性を指摘されています。

* SINET は、全国の大学等の教育研究活動及び先端的学術研究を支える学術ネットワークです。小林・益川理論が検証された当時は、SINET / スーパー SINET と呼ばれていました。

International Collaboration: Belle

400GB~1TB/日のデータが発生

KEK 筑波実験室 Belle 測定器

400GB~1TB/日

学術情報ネットワーク(SINET) 10Gbps~40Gbps

東北大学 理学部

東京工業大学 理学部

大阪大学 理学部

名古屋大学 理学部

東京大学 理学部

Bファクトリ実験関連サイト <http://belle.kek.jp/>
SINET 関連サイト <http://www.sinet.ad.jp/>

膨大な実験データを各大学においてリアルタイムに並行解析

© 2008 National Institute of Informatics

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。

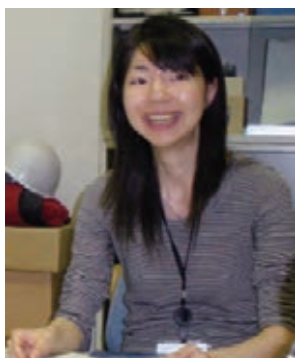
2. ニュートリノ研究

東京大学 宇宙線研究所附属神岡素粒子研究施設

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 SINET3 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ください。



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。

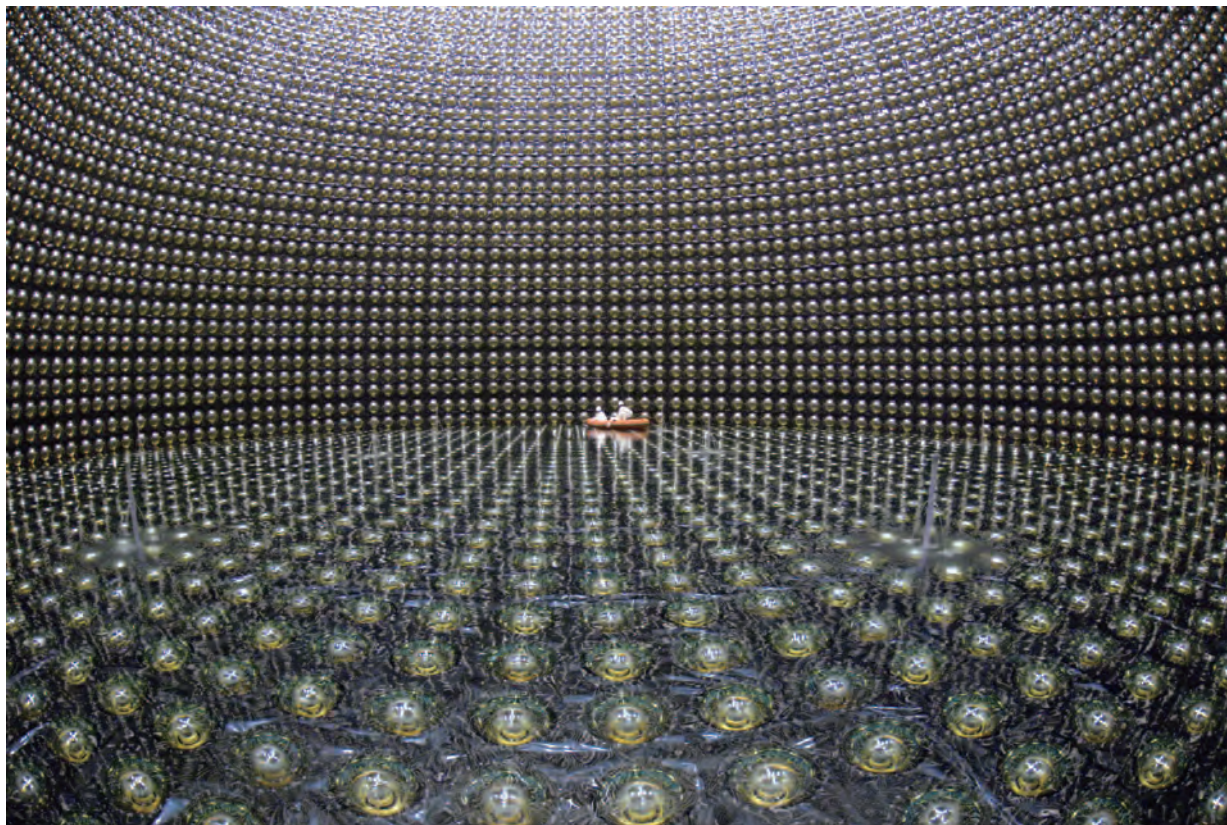
当施設のニュートリノ観測実験装置「スーパーカミオカンデ」は 1996 年 4 月より研究を開始し、ニュートリノ質量の発見 (1998 年)、太陽ニュートリノ振動の発見 (2001 年) など、様々な成果を挙げています。また、2009 年には、茨城県・東海村の J-PARC からスーパーカミオカンデへニュートリノビームを打ち込む「T2K実験」が開始されました。2010 年からは、宇宙暗黒物質の探索などを目的とする低バックグラウンド検出器「XMASS」の観測も開始する予定です。

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 L3-VPN 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。



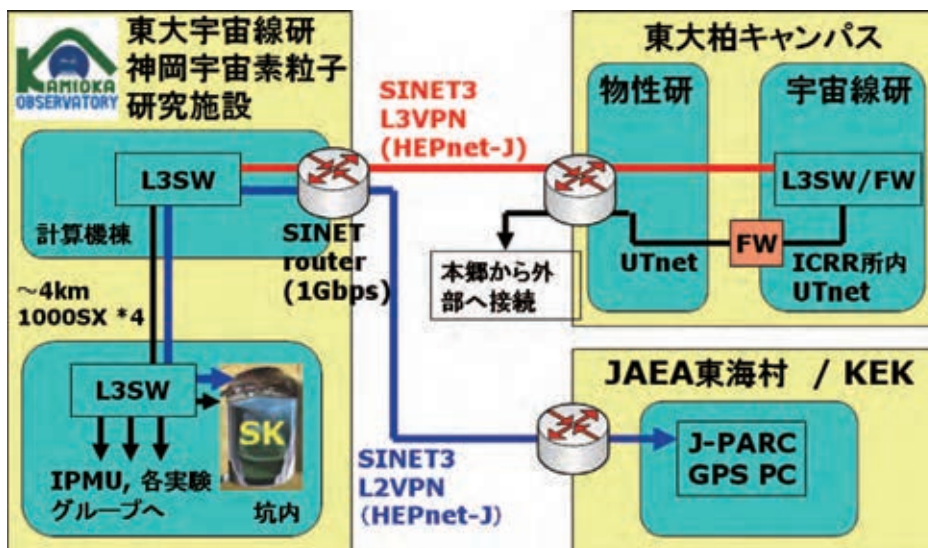
スーパーカミオカンデ内部の様子（現在は純水で満たされている）

© 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ください。

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を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、その時々を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

通信環境の改善が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。

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、リモートからだとか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、リモートからでも十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（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。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。

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L2-VPN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L2-VPN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。

3. アトラス(ATLAS)実験

東京大学 素粒子物理国際研究センター

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。



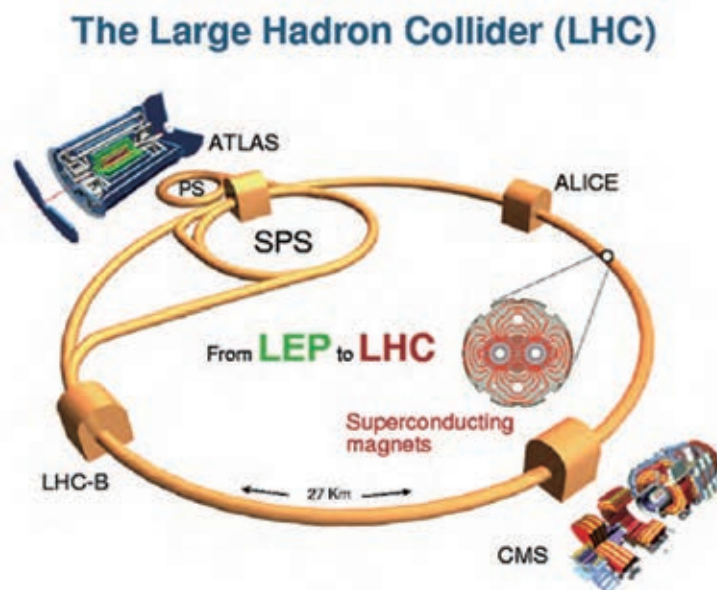
真下氏：当センターの歴史は、小柴昌俊先生をはじめとする先達の方々によって 1974 年に設立された「高エネルギー物理学実験施設」にまで遡ります。以来 30 年あまり、一貫して、最先端の加速器による素粒子研究を手がけてきました。ただし、発足時は理学部附属施設であったものが大学直轄になるなど、組織の名称や形態は時代とともに変化しています。「素粒子物理国際研究センター」という名称は 1994 年からです。現在のセンターになったのは 2004 年からです。

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。

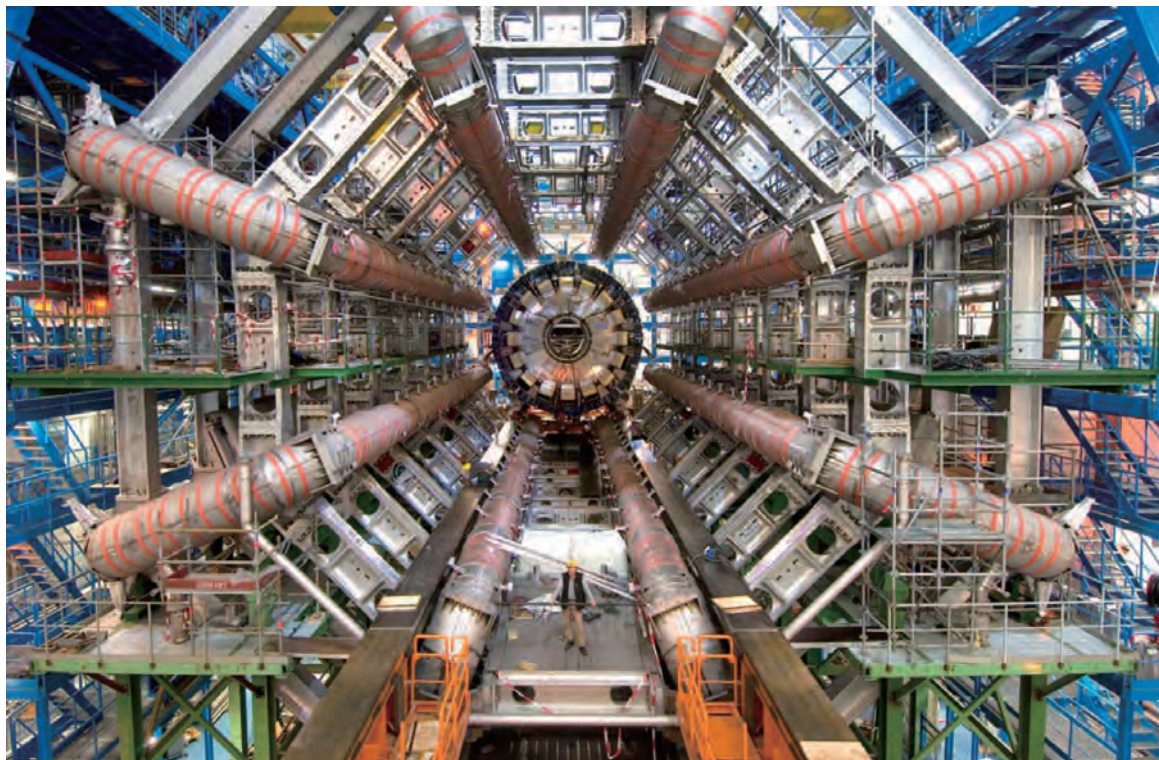


ちなみに、加速器が陽子を衝突させると言っても、実際に反応に関与するのは内部の一部のクォークやグルーオンに過ぎません。このため、いくら Tevatron が 2TeV であっても、実質的なエネルギーはもっと低いのです。それが LHC によって、ようやく新粒子の発見可能性が高いと考えられている TeV 領域での反応を見られるようになります。LHC への期待が高いのもそのためです。

LHC 加速器はかなり大きな施設だそうです。

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。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。

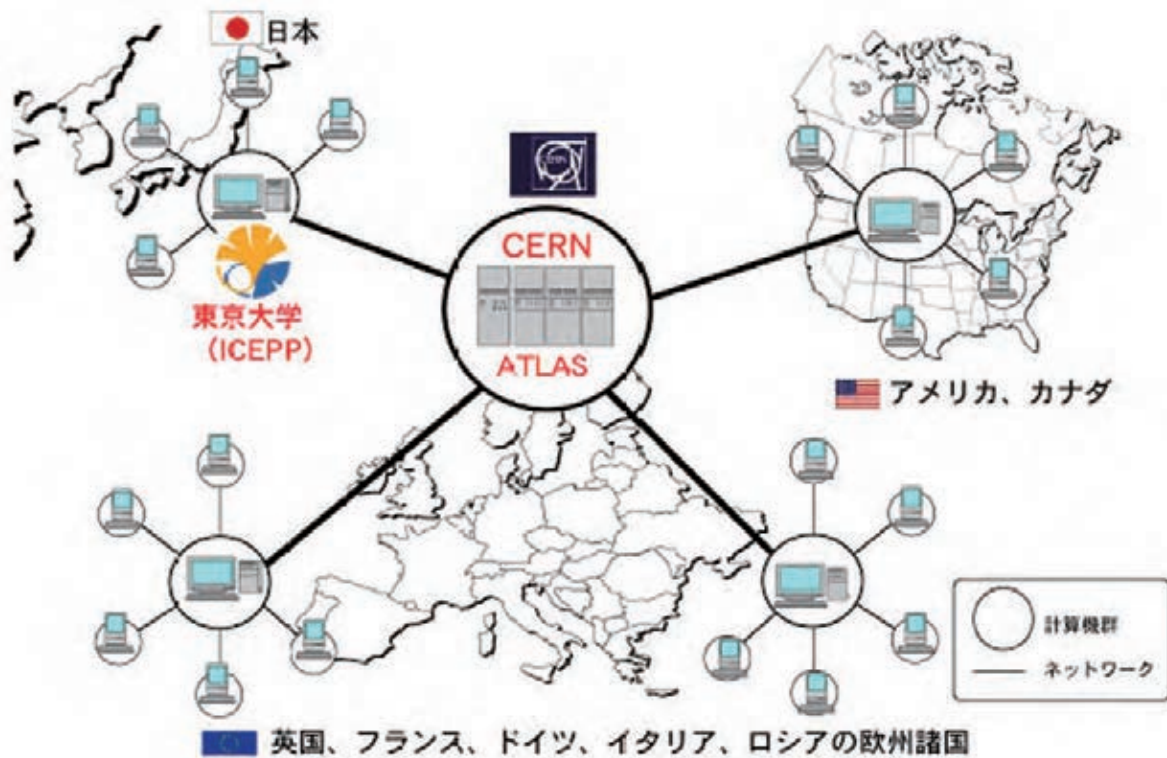
磯部氏：実際の解析では、そのデータの中から必要な部分だけをピックアップしていくわけですが、それでも何十 TB、何百 TB というオーダーの 2 次処理データ、3 次処理データがどんどん生成されていきます。これをちゃんとやりとりできないと研究にならないので、ネットワークが担う役割は非常に重要なのです。

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。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。

4. 格子 QCD シミュレーションによる ハドロン物理・素粒子模型の研究

筑波大学 計算科学研究センター

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ください。

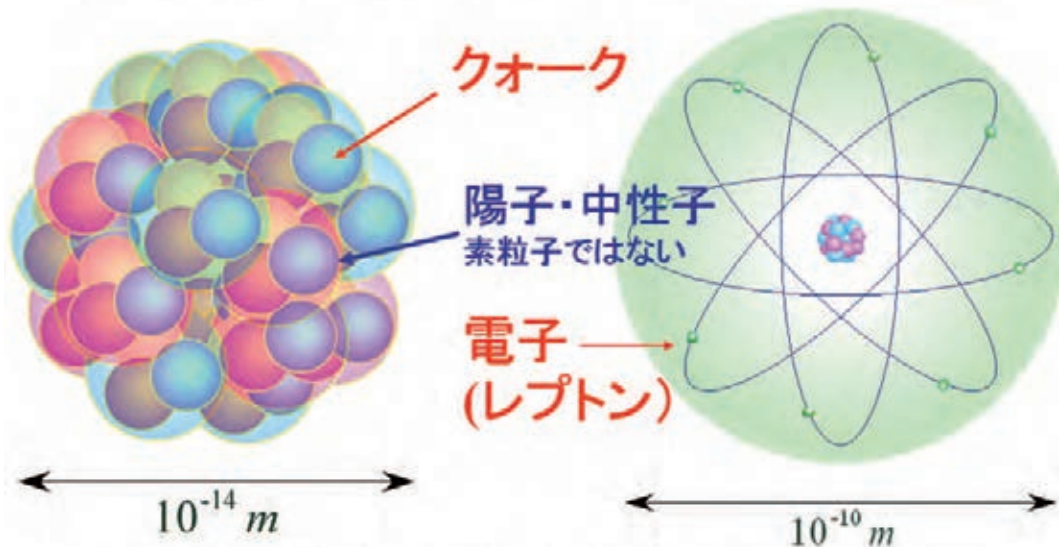
吉江氏: まず一点目は、計算機を利用した大規模シミュレーションや解析によって、各研究分野における課題を解くことです。たとえば、私の専門である計算素粒子物理学では、格子 QCD シミュレーションによるハドロン物理や素粒子標準模型の研究を行っています。

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。



ー 計算素粒子物理学、特に、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



ー クォークの理論から陽子などのハドロン物理を研究

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のでしょうか。

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、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。

ネットワーク概要



• 2002年より順次
1Gbps ブリッジ接続

• 2006年より
MPLS VPN 接続

「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が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。

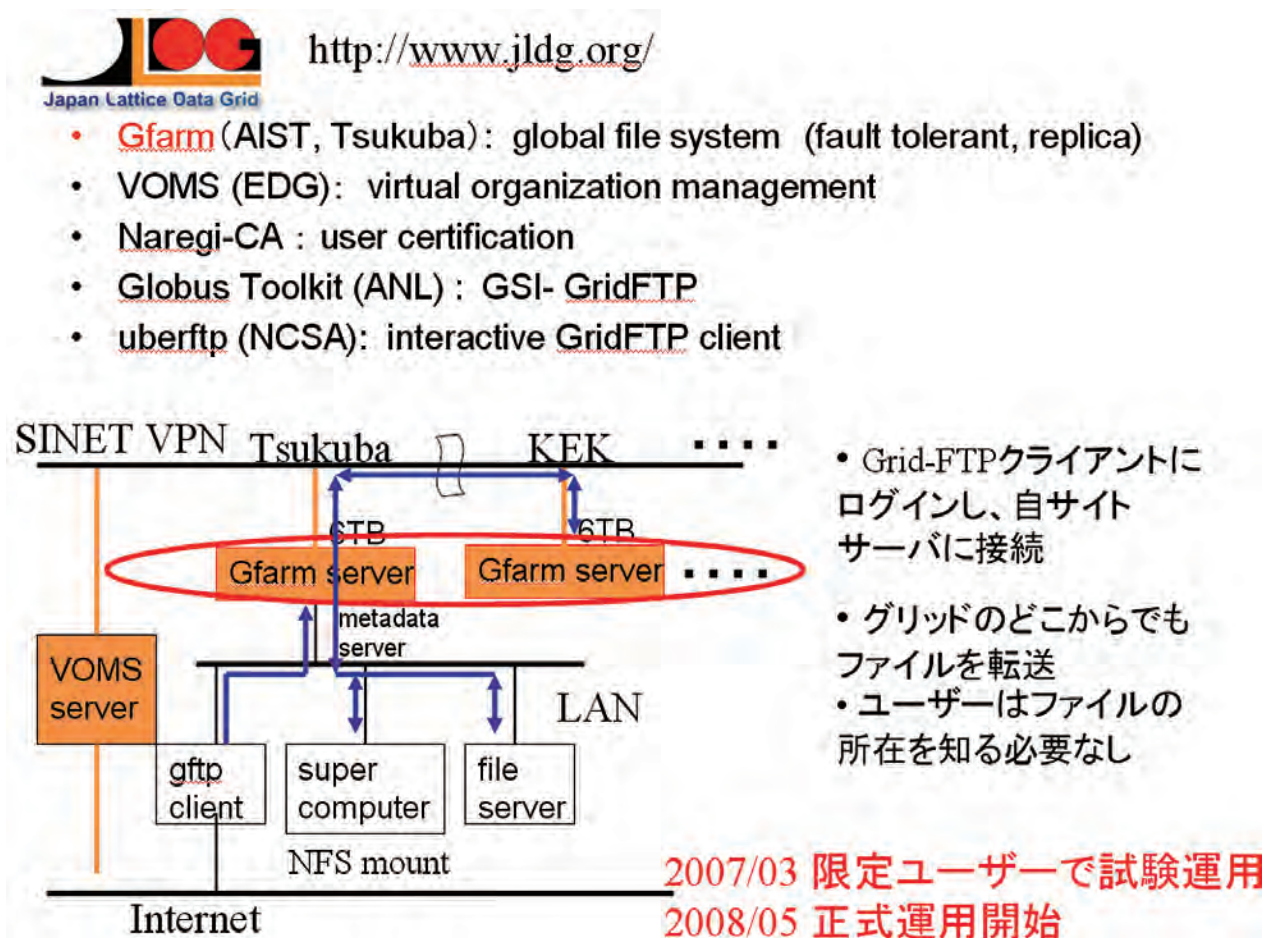
そこで、こうした点を解消する新たな仕組みとして、2005年より開発に着手したのがデータグリッド「JLDG(Japan Lattice Data Grid)」です。開発にあたっては「スペースの制限のないフラットなデータ共有システム」「組織をまたがるユーザー管理」の2点を実現したいと考えました。

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L3-VPN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。



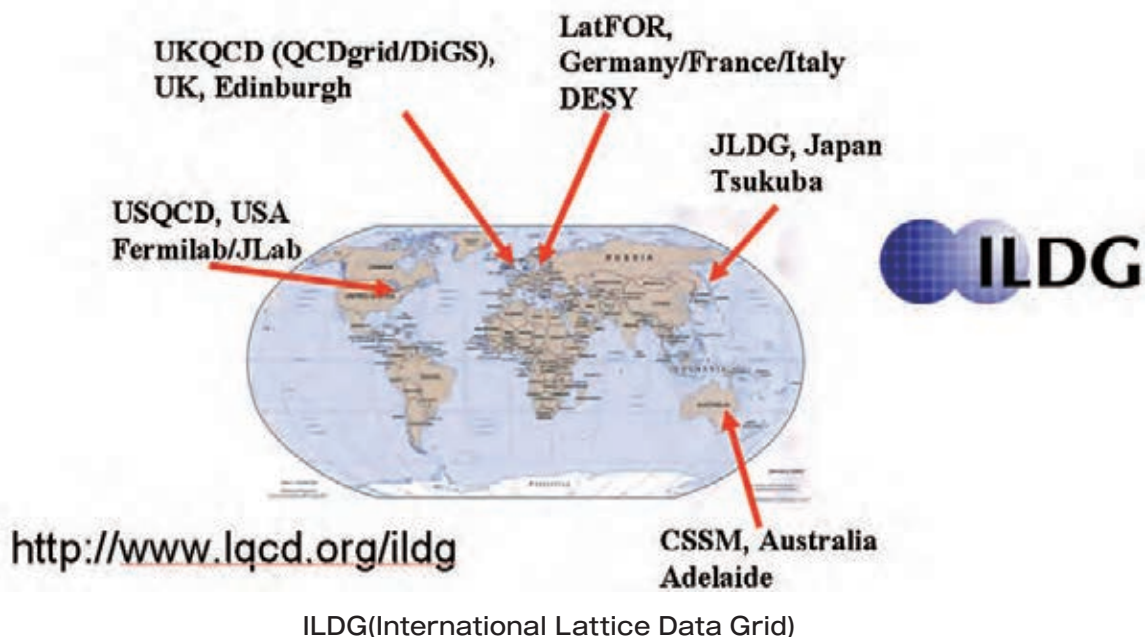
JDLG(Japan Lattice Data Grid)

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 と JLDG

- 5つの地域グリッドを束ねた Grid of Grids
- JLDG は、日本地域グリッド (筑波大計算科学研究センターにて接続)



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。

5. 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

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。

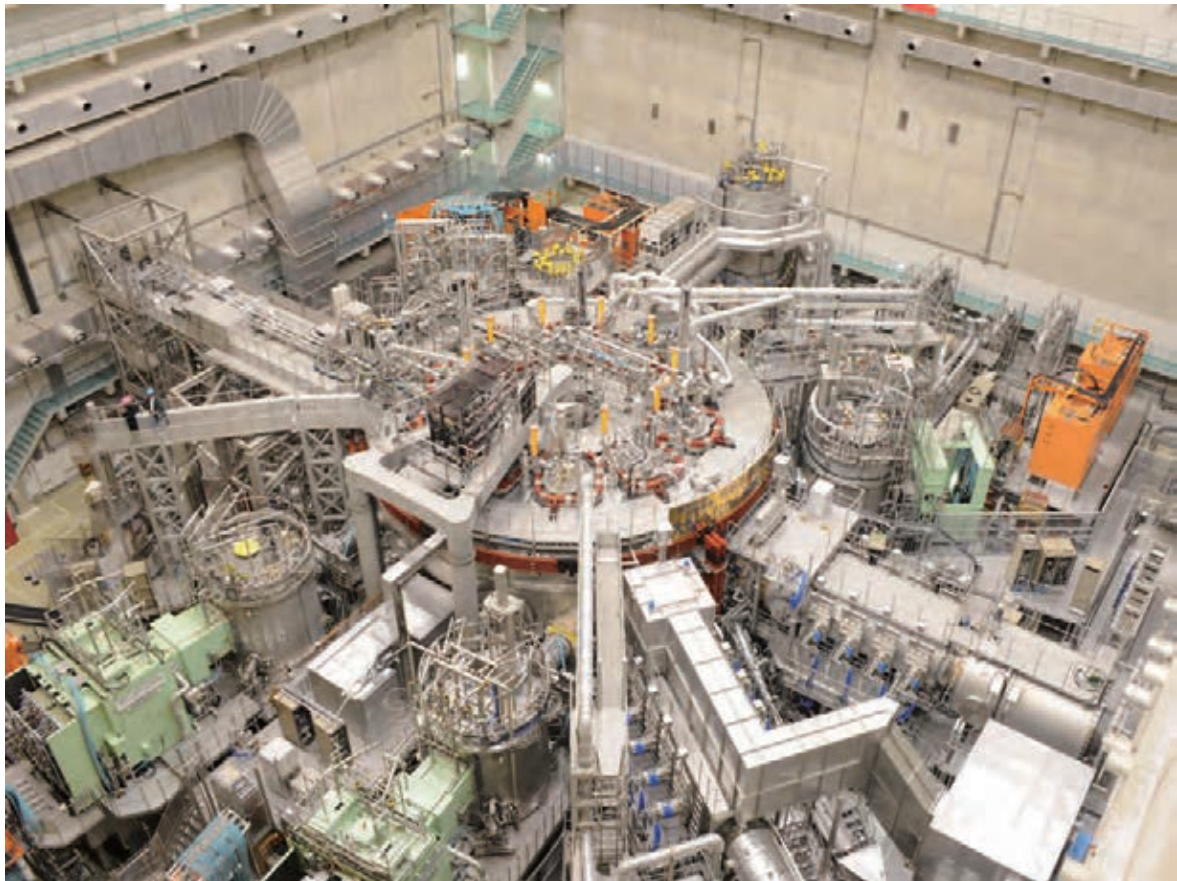
山本氏 :私が所属するシミュレーション研究部では、プラズマの物理機構を解明するためのシミュレーション研究を行っており、3次元没入型バーチャルリアリティシステムの開発なども進めています。また私自身は、NIFS の情報ネットワーク全般を担当しています。



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ので、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が。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



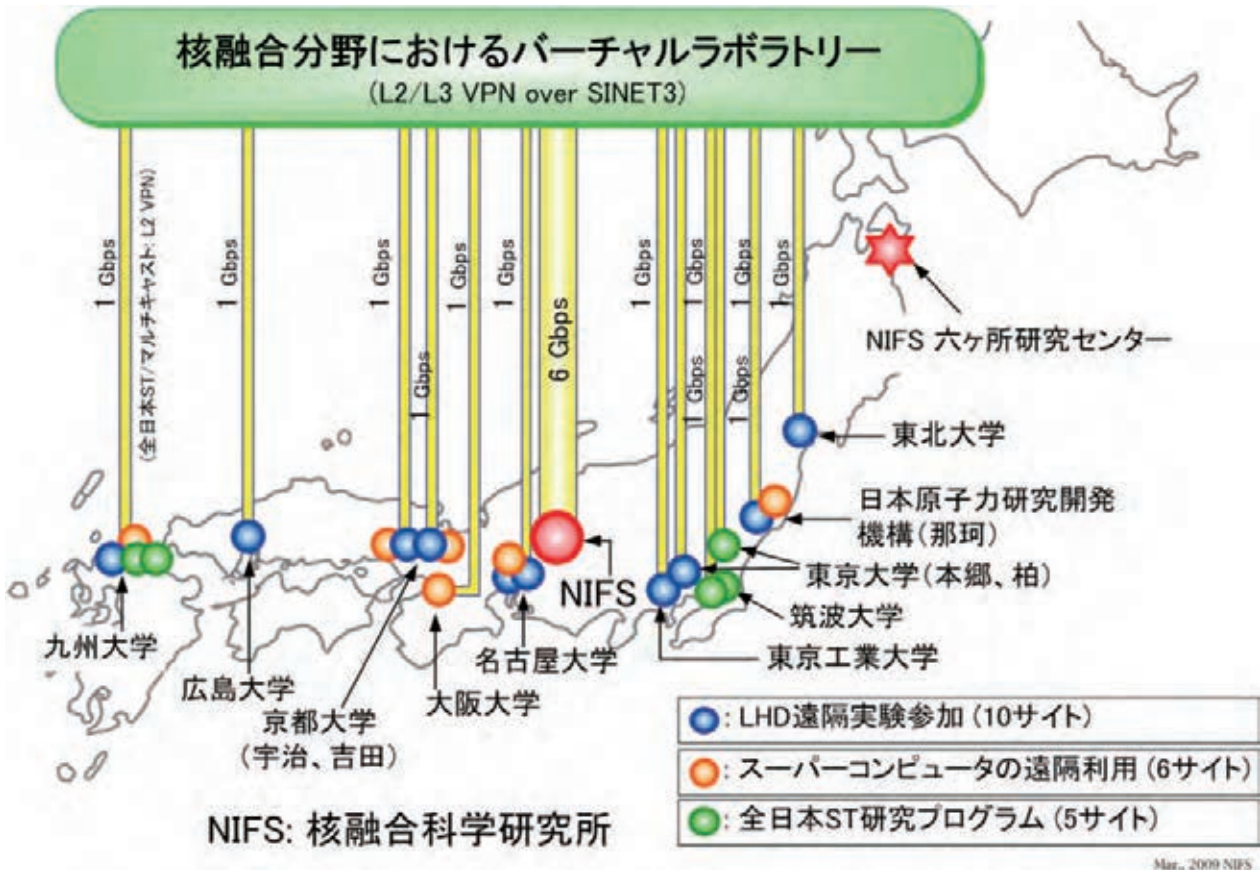
LHD 制御室

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 L3-VPN(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/L3-VPN 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 に取り付けられ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。

(*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 L3-VPN 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 L2-VPN 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 L2-VPN 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 L2-VPN サービスが開始されたのは、非常にありがたかったです。

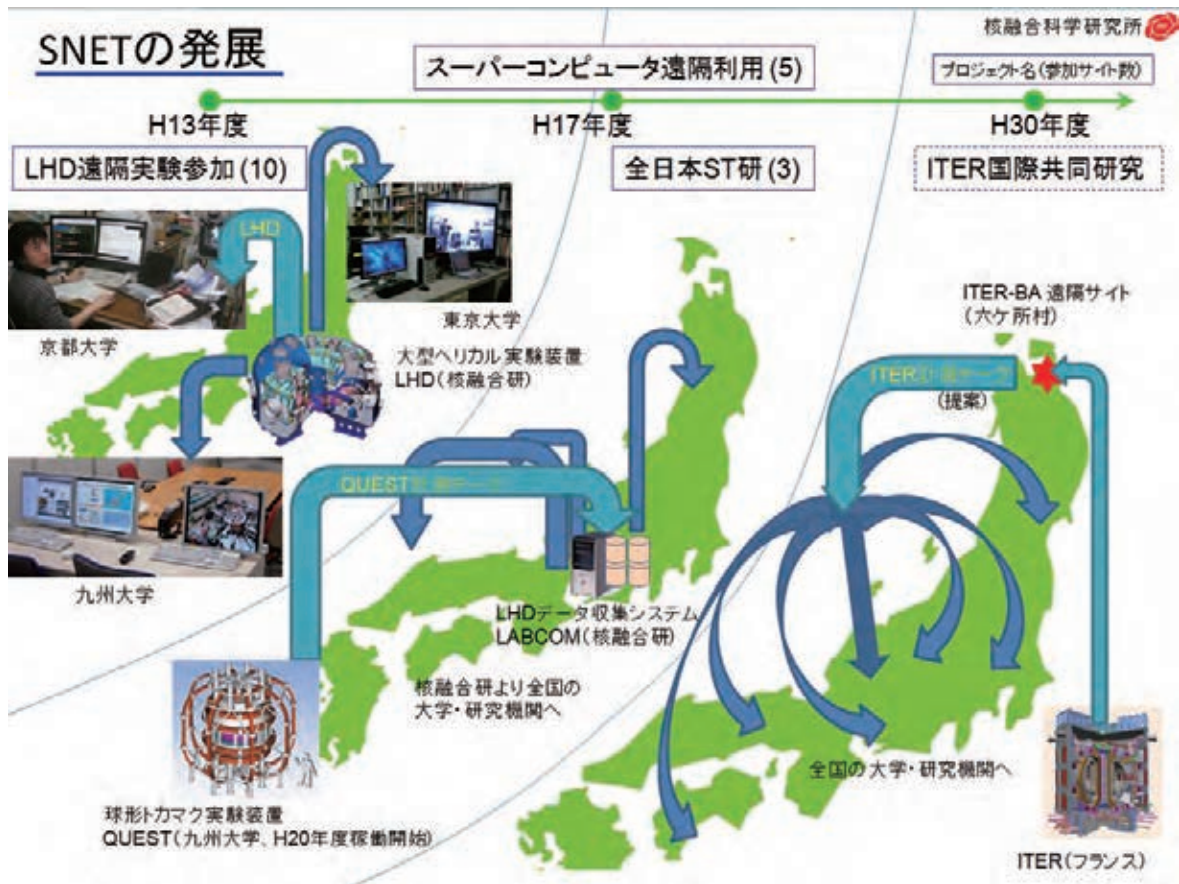
また、もう一つの L2-VPN サービスのメリットとして、マルチキャストの同報通信が効果的に使える点が挙げられます。プラズマ実験は、事前準備・点火・後処理という一連のシーケンスで構成されており、これを LHD では 3 分間隔、QUEST では 5 分間隔で繰り返します。このタイミングを遠隔地サイト同士でしっかり同期させる上で、L2-VPN のマルチキャストが大変役に立っていますね。たとえば「実験開始 30 秒前」というマルチキャストのメッセージを聞いた上で、待ち状態に入るといったことができます。つまり、データ伝送の手段としてだけでなく、実験の制御用ネットワークとしても SNET が利用できるのです。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ようですが。

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賅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。



SINET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。SINET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。

6. 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

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 (LaserElectronPhoton 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)

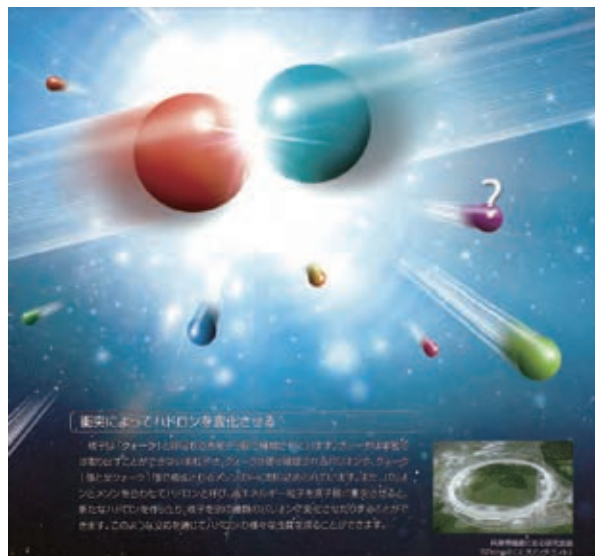
まずは RCNP の概要と核物理実験研究部門の研究内容について教えてください。



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しょうか。

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。ここで役立つ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

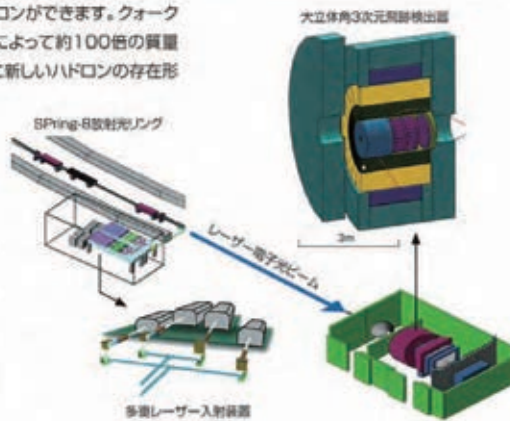
当センターでは、こうした実験を行うためのレーザー電子光実験施設「LEPS」を、兵庫県・播磨科学公園都市にある大型放射光施設「SPring-8」内に置いています。SPring-8の蓄積リングを周回する電子ビームは8GeVのエネルギーを持っており、波長350nmのレーザー光を当てると2.4GeVの強力な光子ビームが得られます。この光子ビームの波長は0.5フェムトメートルと陽子の大きさよりも小さいため、クォークのふるまいを調べることが可能になるのです。

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。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。

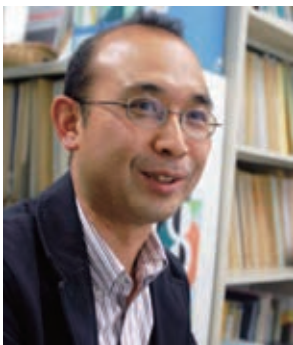
新物質の存在形態を探る

素粒子であるクォークが集まることで多くの種類のハドロンができます。クォークの質量はほとんど無いにも関わらず、ハドロンになることによって約100倍の質量を獲得します。これが南部理論です。この機構に迫るために新しいハドロンの存在形態を研究しています。



新物質の存在形態を探る

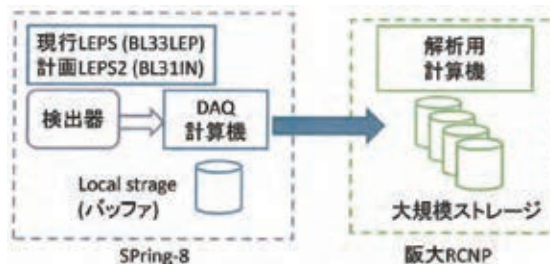
LEPS を支えているシステム / ネットワーク環境についても伺いたいのですが。



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 L3-VPN 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。

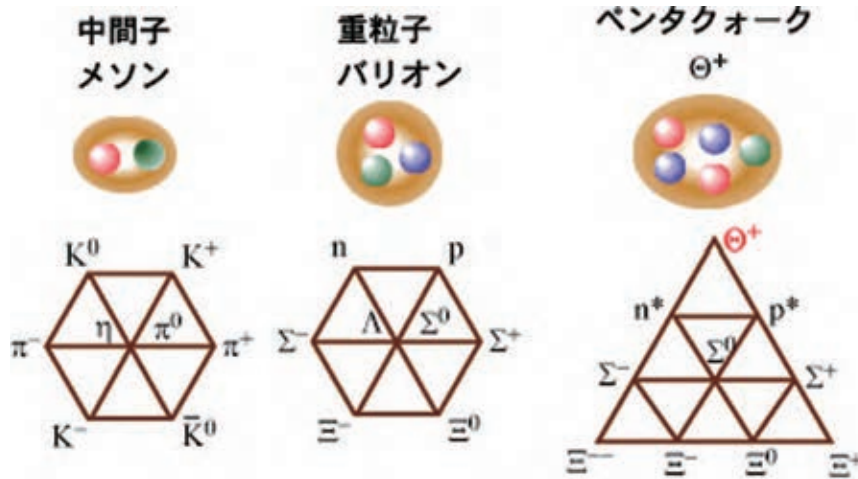


RCNP - SPring-8 間 SINET3 L3VPN利用
Data: ~200 GB/day, bbftp転送 (約800Mbps)
RCNPの内部ネットワークをSPring-8内に延長 (LEPSグループ専用)

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で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した。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) ウェイト図

「LEPS2」に向けた取り組みも進められているようですが。

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。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】

- 7. 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)
- 8. 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)
- 9. 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)

7. 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

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ください。



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、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）。

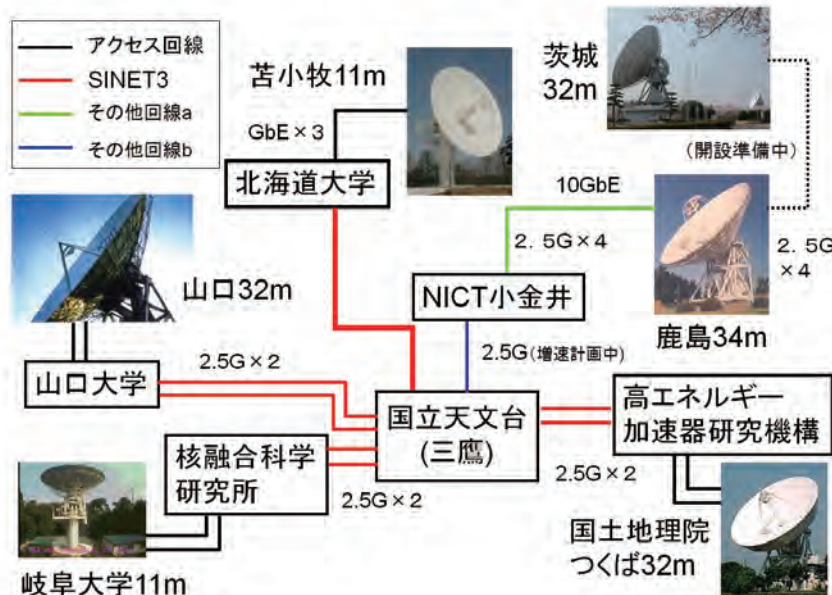
SINET3 の L1 オンデマンドサービスの利用も開始されましたが、これにはどういう狙いがあったのですか。

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。

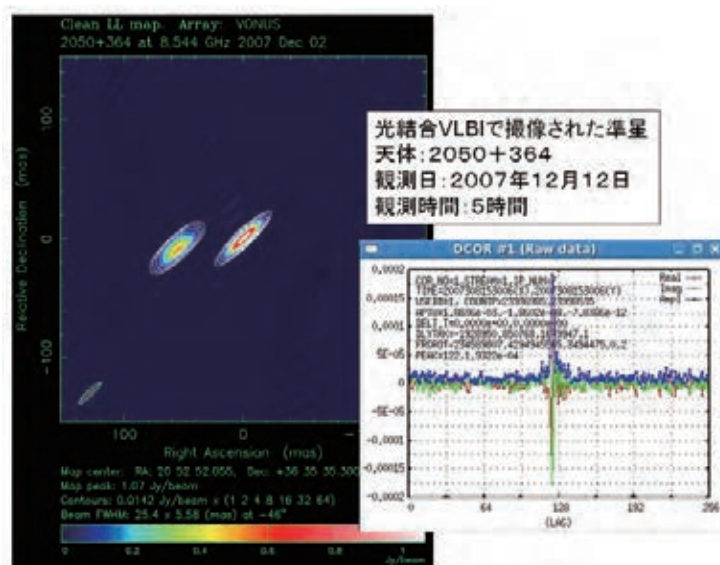
しかし、SINET3 の L1 オンデマンドサービスを利用すれば、我々が観測を行う時だけネットワークリソースを確保することができます。学術ネットワークとしてこうしたサービスを提供するのは、世界でも初めてと伺いましたが、非常にいいアイデアだと思いましたね。

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



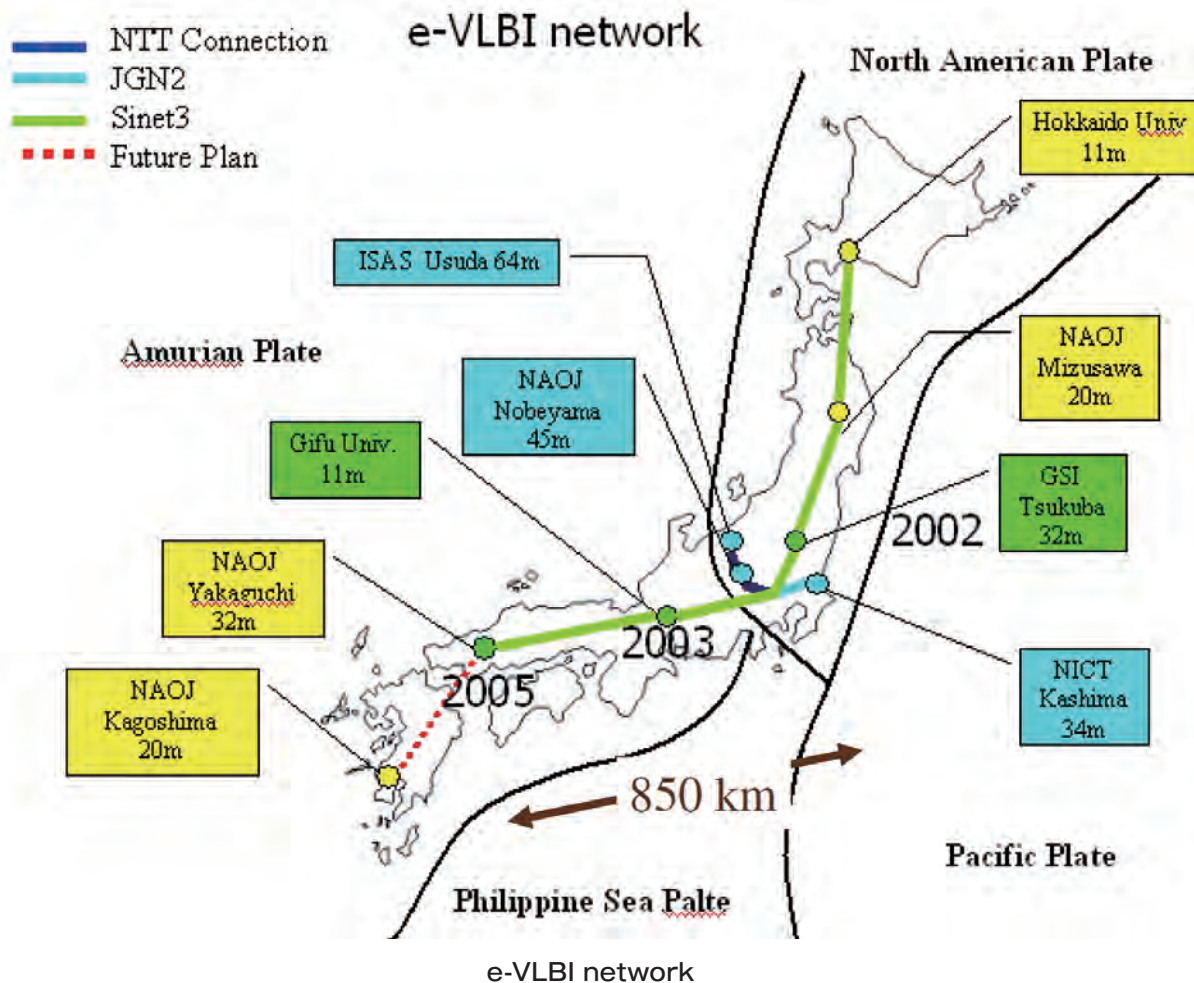
光結合 VLBI で撮像された準星 (2007.12.12)

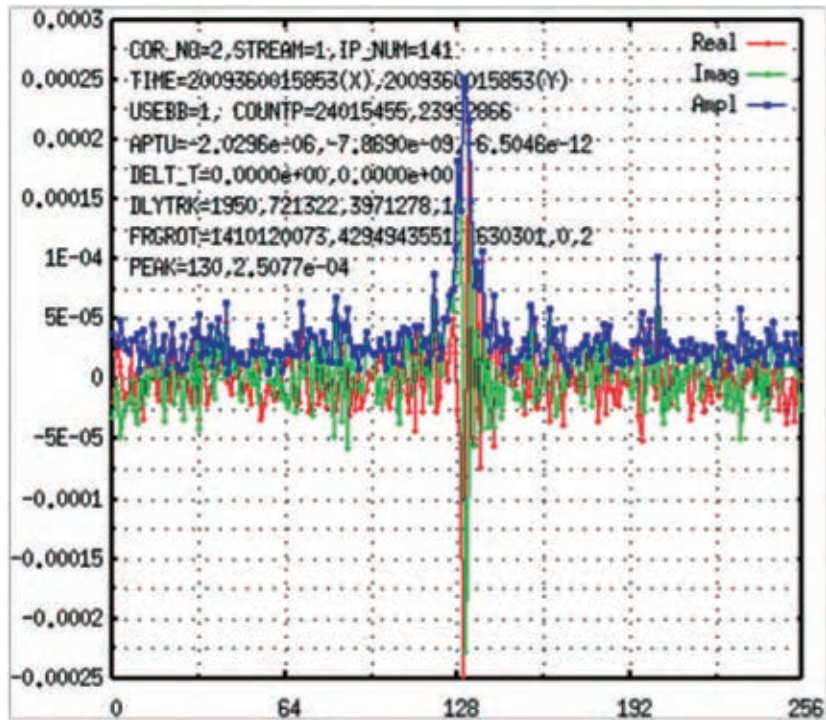
他の大学や機関と予約が重なったりするケースもあるのですか。

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はいますが、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、高萩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。





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。

8. 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

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。

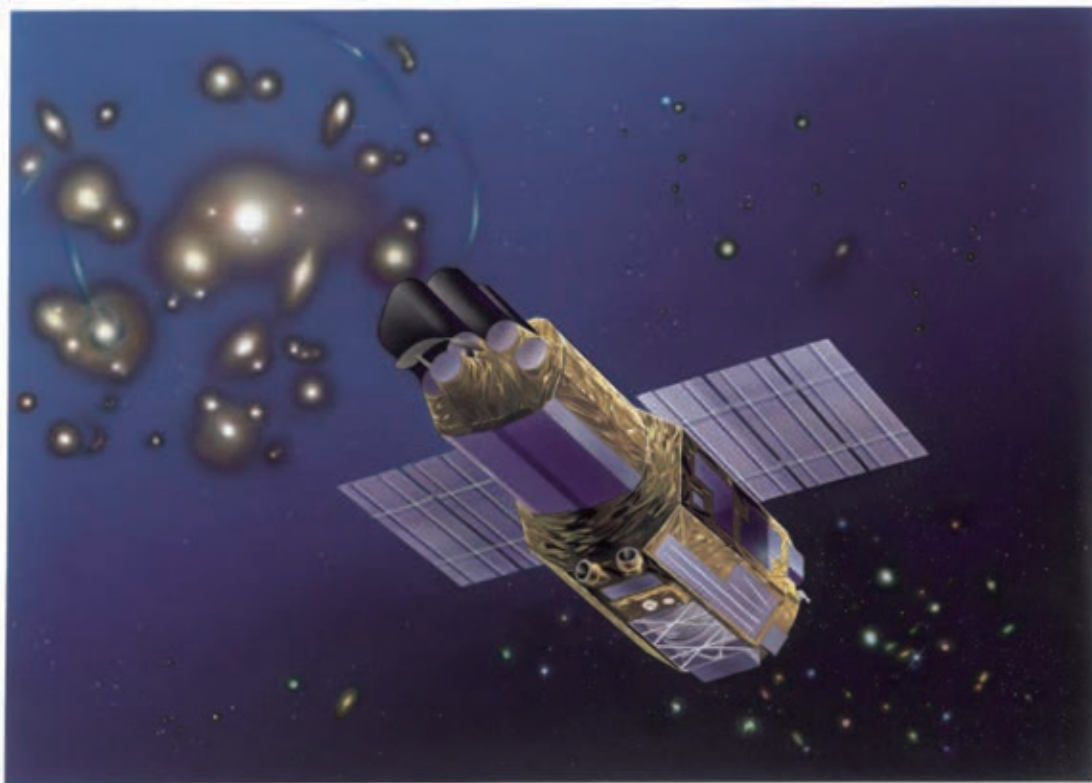
* 2010年4月、宇宙科学研究本部から、宇宙科学研究所へと名称および組織の変更が行われました。

(インタビュー実施:2008年7月3日)

宇宙科学研究本部では、どのような活動が行われているのでしょうか。



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

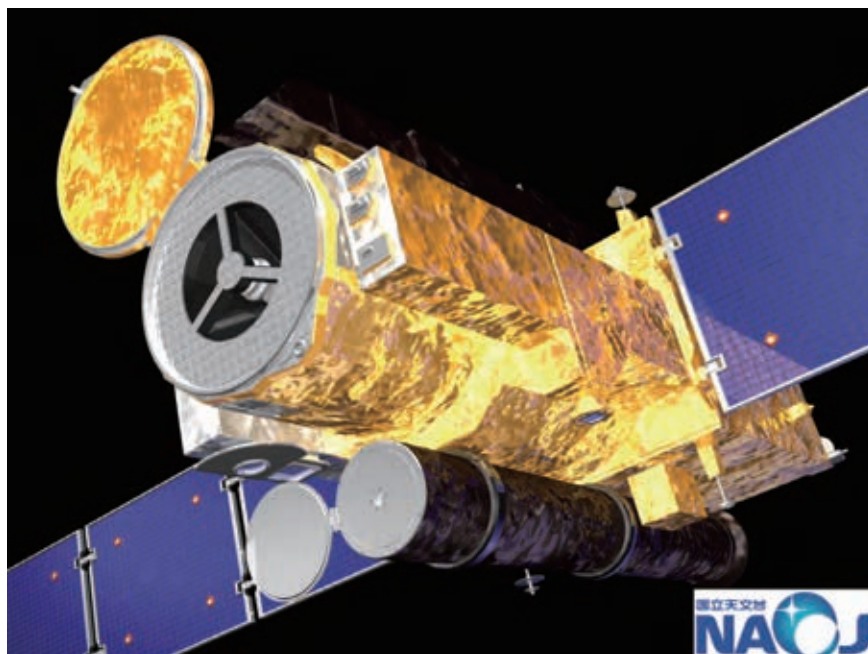
© 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

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わかります。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。

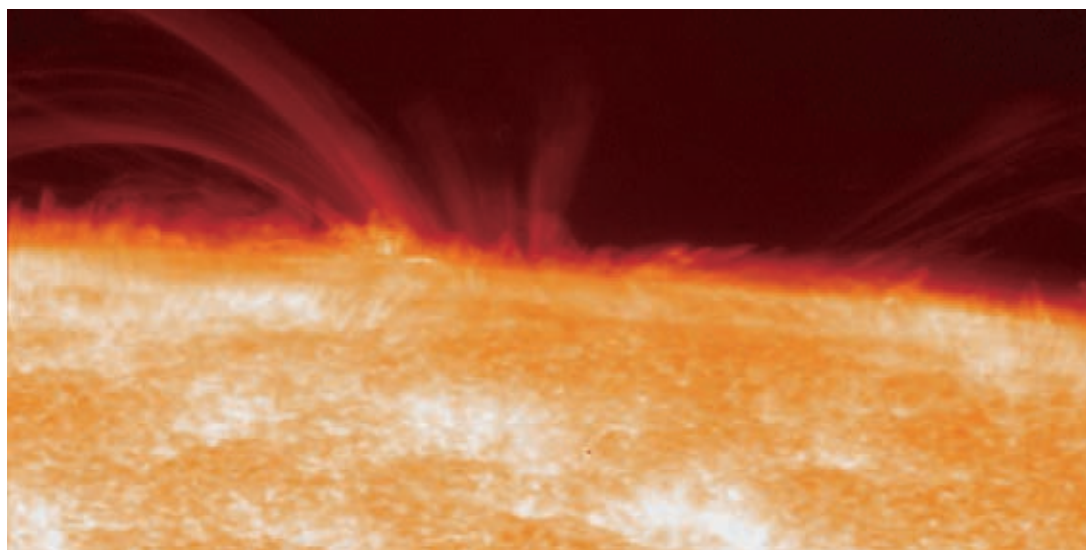
なるほど。いろいろな手段を使って観測することが大事なのですね。SINET は「ひので」の研究に活用されているようですが、この衛星はどのような衛星なのですか。

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のでしょうか。



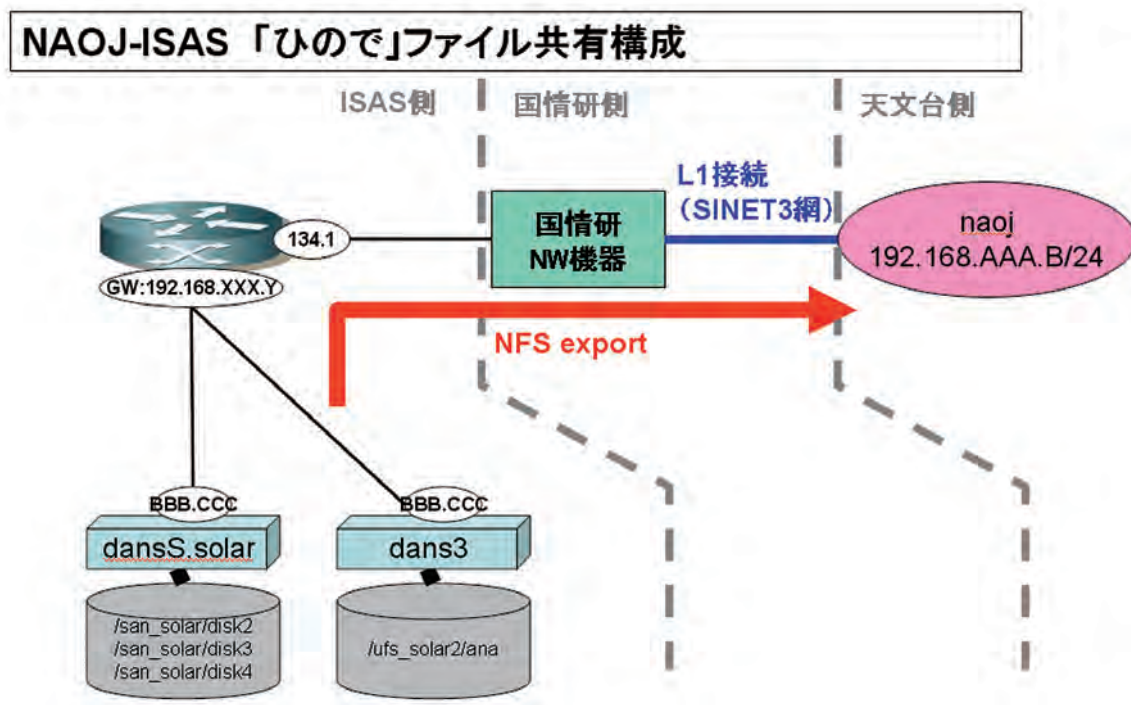
「ひので」が観測した黒点周囲のダイナミックな噴出現象
国立天文台/JAXA 提供

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の一つずつ探し出し、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がありますか。

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 が役立っている点がありますか。

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、最近で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いう点でも、メリットが大きいのではないのでしょうか。

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。

9. 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

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ください。

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。

「銀河鉄道の旅の始まりです」

2002年に、銀河系の立体地図作りを始めたVERAは、世界最高の性能を発揮して、これまで知ることのなかった星ばしの位置と動きを次々に明らかにしています。今、私たちは、天の川に沿って、銀河鉄道の星めぐりの旅を始めたのです。

VERA
VLBI Exploration of Radio Astronomy

銀河系中心

太陽

世界の群を抜く性能で、最高の成果を生み出す!

2007年11月、私たちはVERAによる天体の三角測量で、世界最高の精度を達成したことを発表しました。

2009年11月、私たちはVERAによる天体の三角測量で、世界最高の精度を達成したことを発表しました。

2009年11月、私たちはVERAによる天体の三角測量で、世界最高の精度を達成したことを発表しました。

観測対象	観測日時	観測地点	観測結果
NGC 520 (棒渦巻銀河)	2007年11月	VERA	距離 1.363 光年
NGC 520 (棒渦巻銀河)	2007年11月	VERA	距離 1.363 光年
NGC 520 (棒渦巻銀河)	2007年11月	VERA	距離 1.363 光年
NGC 520 (棒渦巻銀河)	2007年11月	VERA	距離 1.363 光年
NGC 520 (棒渦巻銀河)	2007年11月	VERA	距離 1.363 光年

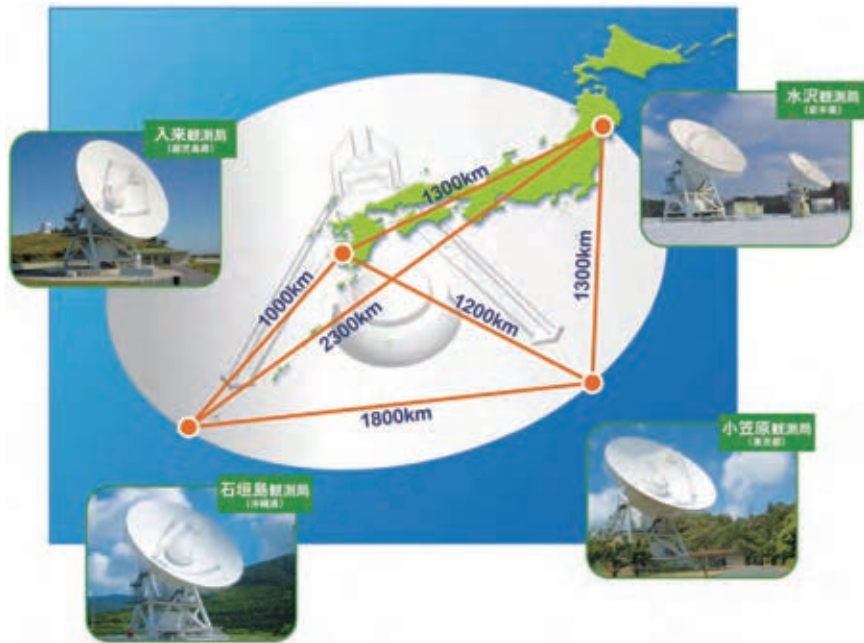
VERA プロジェクト (提供 : 国立天文台水沢 VLBI 観測所)

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、三角形の底辺の長さや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 L2-VPN で接続しています。



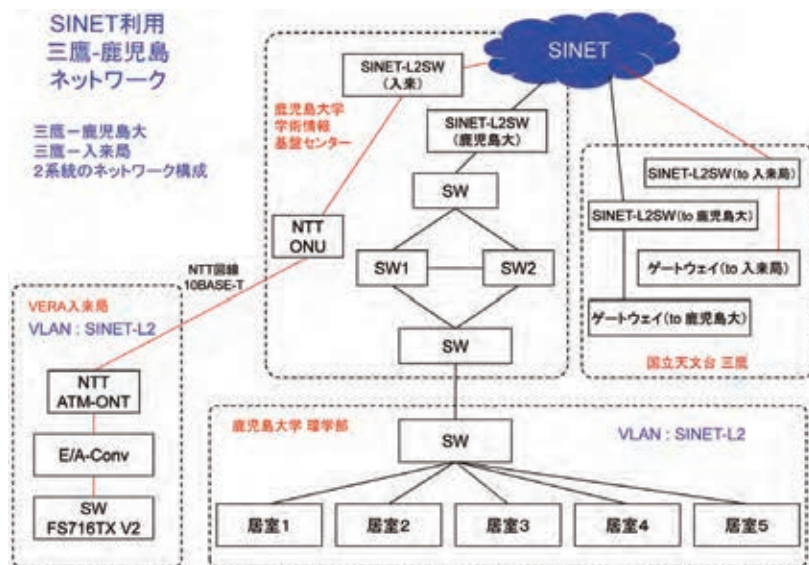
VERA 入来観測局（鹿児島県薩摩川内市）

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 の利用を勧められました。

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えます。

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】

- 10. 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)
- 11. 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)
- 12. 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)

10. 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

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う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。



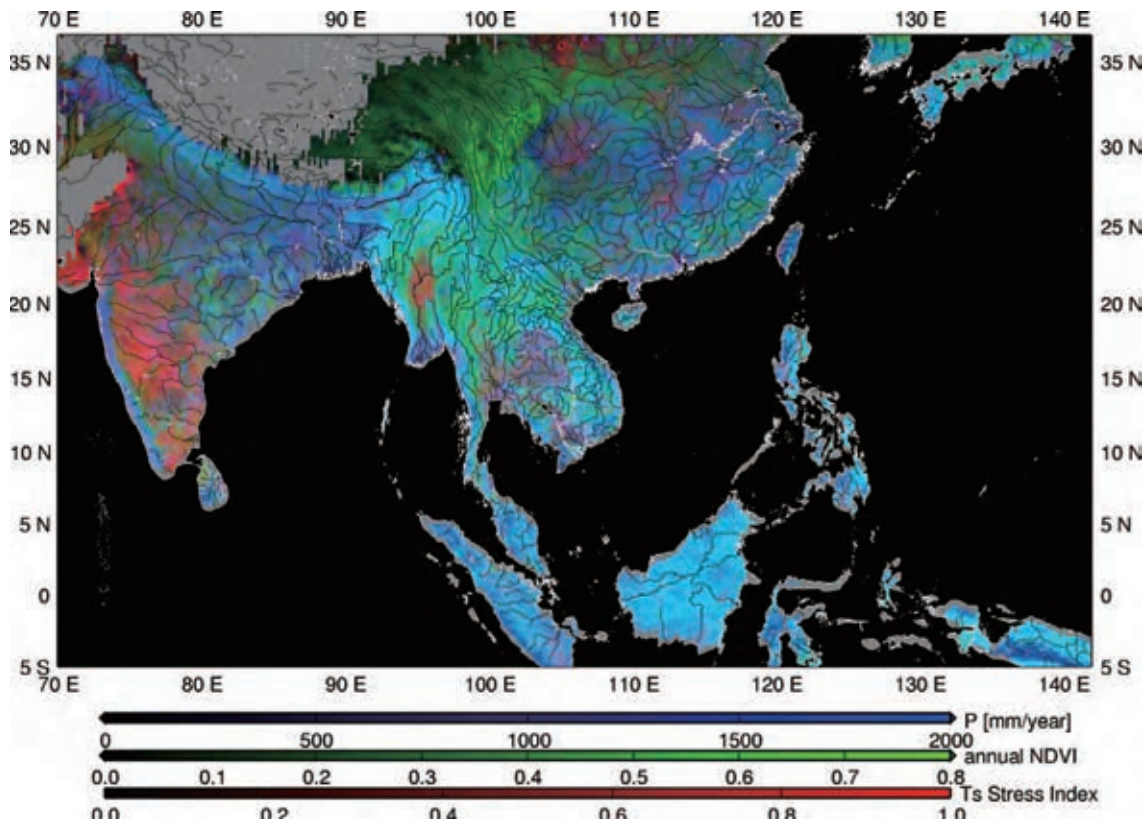
中国静止気象衛星 FY2 データを受信するためのアンテナ

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、研究上で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）

そうすると、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。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様なこともないので、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。

11. 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

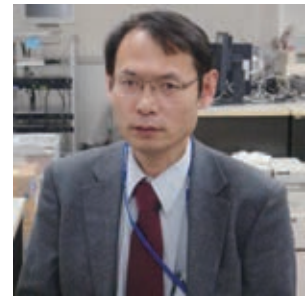
東京大学 地震研究所では、全国の国立大学や気象庁、防災科研、海洋研究開発機構などと共同で、全国地震観測データ流通ネットワーク「JDXnet」の構築・運用を行っています。このネットワークが持つ意義と SINET の役割について、東京大学 地震研究所 地震予知情報センター(*) 教授 鷹野澄氏(**)と、同 助教 鶴岡 弘氏にお話を伺いました。

(*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ください。

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ようですが。

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つ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。

L2-VPN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。

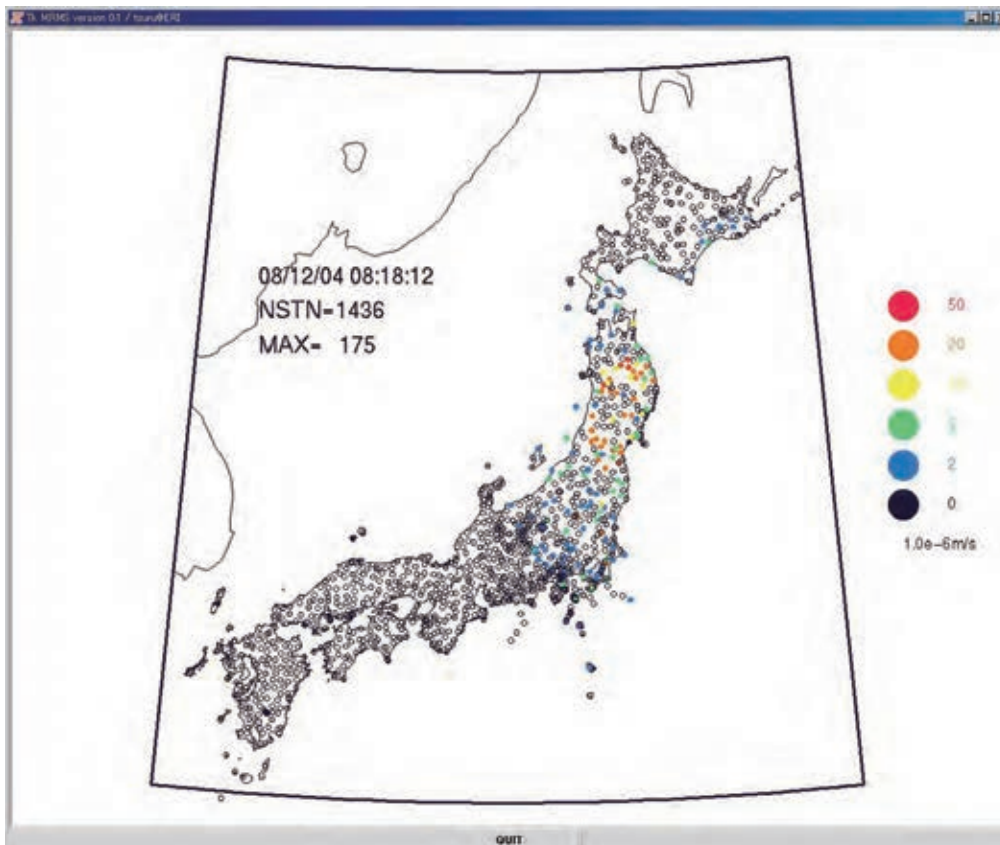
鶴岡氏：このネットワークは全国の地震研究のインフラですし、24時間・365日観測データが流れ続けています。それだけに、「止まらないネットワーク」であることが、非常に重要なポイントです。もしデータが取れなかったりしたら、後から解析を行うこともできませんしね。ちなみに、各拠点に設置する地震データ集配信サーバなどの機器については、まず我々のところで十分なテストを行ってから導入しています。



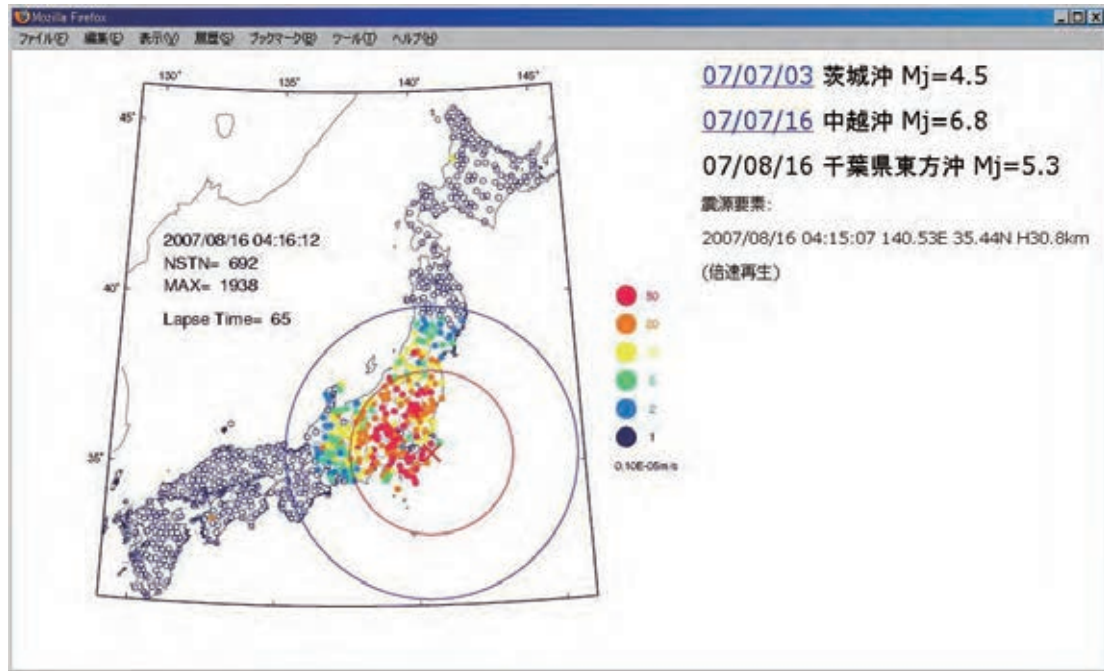
JDXnet を流れる観測データは、どのような形で活用されているのですか。

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 L2-VPN 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 L2-VPN 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をつないで、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広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っています。

ありがとうございました。

12. 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

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ください。



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。

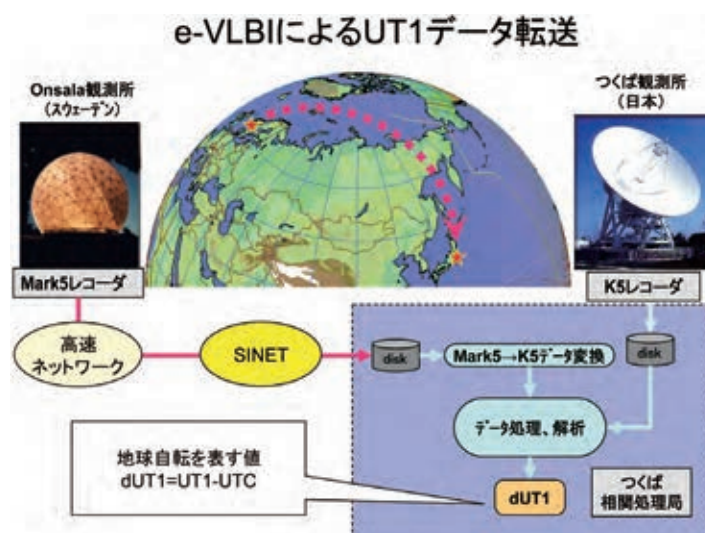
2番目は、世界の経緯度や測量の基準を定めるためのものです。ここではVLBIのほかに、SLR(衛星レーザー測距)やGPSなどの技術も用います。SLRはミラーボールのような人工衛星にレーザー光線を当てて距離を測る技術で、これを繰り返すと地球重心の位置が求められます。さらにVLBIで観測した距離の情報などを加え、世界中のGPS観測局に対してx, y, zの座標値を与えます。さらに、これらのデータを集約して構築したのがITRF(国際地球基準座標系)です。ITRFはVLBIのような科学的観測によって実現された全世界共通で利用できる測地基準系で、「世界測地系」と呼ばれます。日本では、以前は明治時代の技術を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

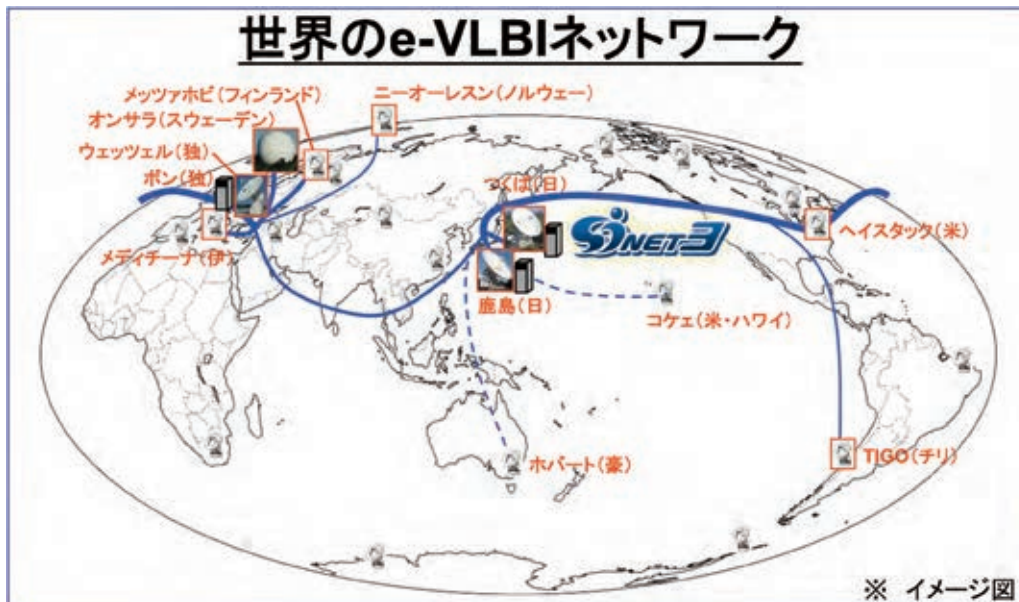


VLBI 観測ではネットワークが果たす役割も大きいとのことですが。

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】

- 13. 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 活用の取組み**
(横浜国立大学)
- 14. インターネットを利用した国際遠隔講義**
(琉球大学)
- 15. 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)
- 16. 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)
- 17. 特別支援教育における双方向遠隔授業**
(愛媛大学)
- 18. 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)

13. 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 活用の取組み

横浜国立大学

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。

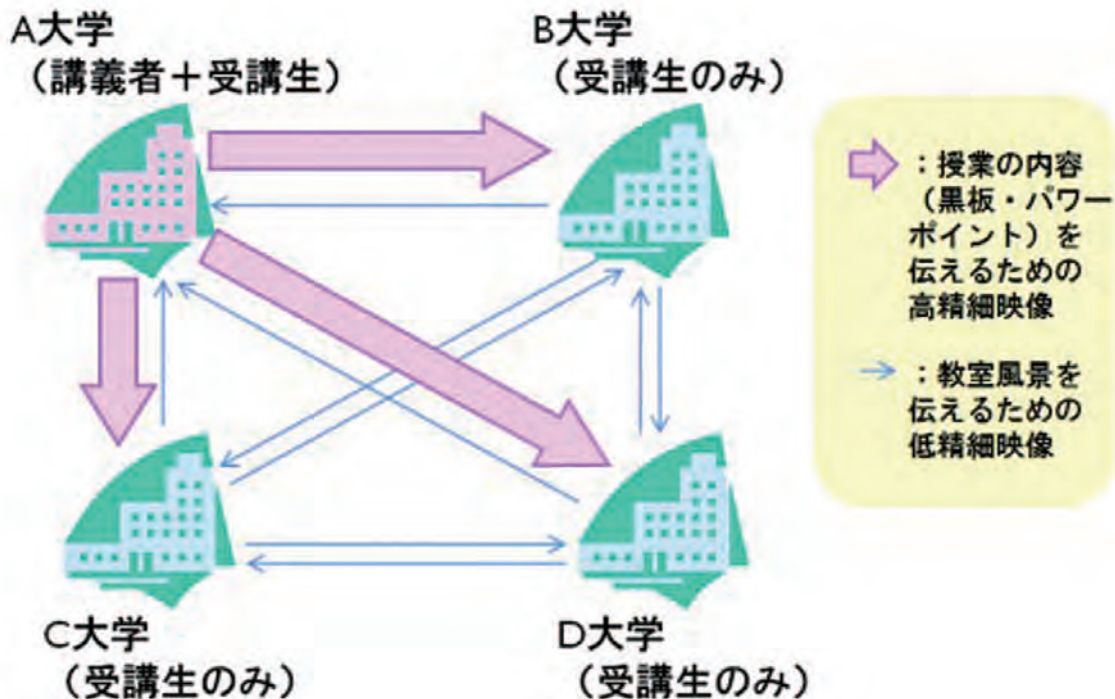
また、大学院GPにおけるもう一つの重要な取り組みが、横浜市大医学部との双方向遠隔授業です。医療・福祉分野で活躍するためには、当然ながら医学についての基礎知識が不可欠です。しかし、横浜市大医学部の先生方もお忙しいので、本学に定期的に来ていただいて授業を行うのは困難です。そこで、ネットワークを利用した遠隔授業に目を付けたのです。



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

現在はどう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、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ください。

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。

14. インターネットを利用した国際遠隔講義

琉球大学

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イ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思ったわけです。

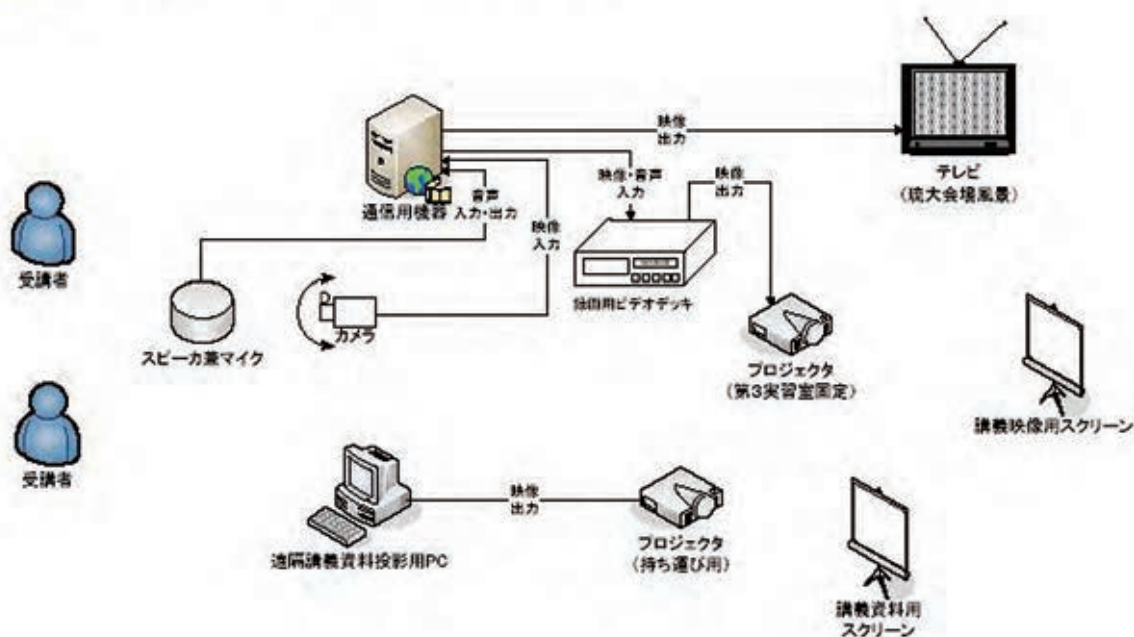
このプロジェクトは無事成功し、その後も両大学の学生同士でテレビ会議を行ったり、教育学部の附属小学校ではハワイ・沖縄で小学生会議を行ったりしてきました。ハワイ大学では、こうしたインターネットを利用した国際連携を積極的に進めており、今回の国際遠隔講義のプロジェクトが立ち上がった際にも、当大学と一緒にやらないかと提案があったのです。

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。

ハワイ大学との遠隔講義システム図(受講)



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とると、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、海拔約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ので、琉球大の2コマ分の時間帯を遠隔講義に割り当てています。

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勞もありました。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伺えますか。

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。

15. 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

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、2009年2月より運用開始する予定です。このシステムの概要と狙いについて、総合情報メディアセンターの萩原 洋一 准教授と櫻田 武嗣 助教にお話を伺いました。

(インタビュー実施:2008年7月22日)

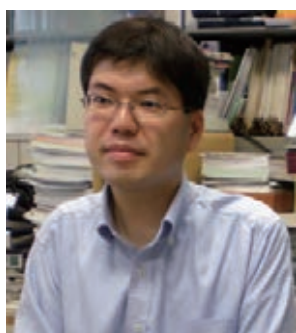
まず、東京農工大学における情報化の取り組みについて伺えますか。

萩原氏：情報教育環境の整備という面では、小金井キャンパス、府中キャンパスにそれぞれ3教室ずつPC教室を設置。図書館にもPCを導入し、自習などに利用できるようにしています。学内で稼働する端末数は、全部で約400台に上ります。

また、本学では無線LANも比較的早くから導入しており、150台以上のアクセスポイントを学内に展開しています。緑の多いキャンパスですから、季候の良い時期には屋外のベンチなどでネットワークを利用する学生も多いですよ。ちなみに、秩父や多摩丘陵、津久井湖などに「FM:Field Museum」と呼ばれるフィールド研究施設がありますが、ここでも無線LANを利用できます。統一認証基盤も構築していますので、小金井キャンパス、府中キャンパス、各FMのどこに居ても、同じID・パスワードでシステムやネットワークを利用できます。



まさにユビキタスな ICT 環境を実現されていますね。



櫻田氏：本学の場合は、もともと授業やサークル活動などで、学生が小金井・府中キャンパス間を移動する機会が多いため、どこにいてもシームレスにネットワークが利用できる環境づくりが重要だったのです。

また、環境への取り組みを重視している点も、本学の大きな特徴の一つです。たとえば、環境問題を取り扱う学生サークルからのペーパーレス化推進提案を受け、従来型のコピー機に代えてデジタル複合機を導入しました。ムダな印刷やコピーを行わないよう心がけるのはもちろんですが、デジタル複合機のスキャナ機能を無償で提供し、原稿をPDF化してUSBメモリに取り込めるようにしています。これにより、新聞や資料などをスクラップする際にも、紙ではなく電子データで残せるようになりました。

IT面でもエコを重視されているとは、さすがに農学・工学の両分野を扱う大学ですね。さて今回、全国の連合農学研究科(以下、農学連合)を結ぶ遠隔講義システムの構築プロジェクトを立ち上げられたと伺いました。その背景についてお聞かせ頂けますか。

萩原氏：農学連合を構成する全国18大学では、各大学の持ち回りで遠隔講義を実施しています。これは6月と11月の年2回、2日間にわたって、その時々トピックスをセミナー形式で講義するというものです。遠隔講義のインフラには、独立行政法人メディア教育開発センターが運営する、通信衛星を利用したネットワークサービス「SCS」を利用してきました。

ところが、SCSは運用開始から12年が経過しているため、いろいろな問題点が出てきました。たとえば、地上局の保守に高額な費用が掛かる上、部品の入手も難しくなっています。中には地上局が故障したため、遠隔講義に参加できないという大学も出てきました。農業改革の重要性が一段と高まる中、インフラの問題で農学連合の活動に支障が出るのは、決して望ましいことではありません。

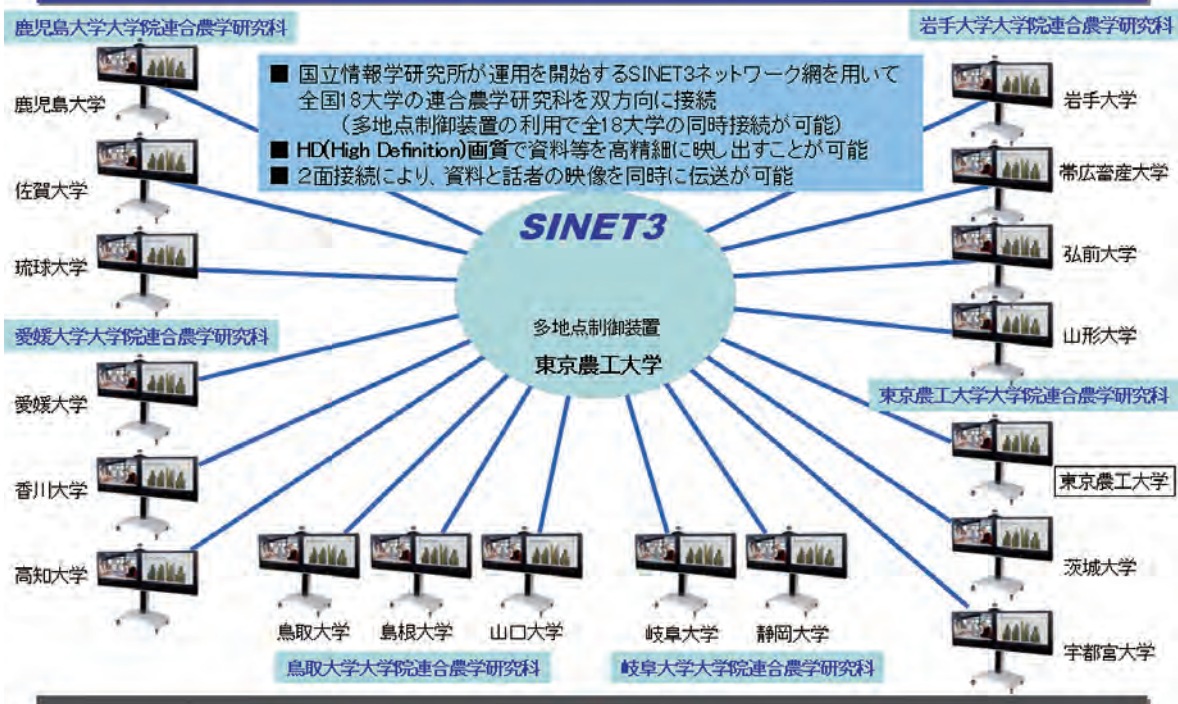
そこで当センターでは、こうした課題を解消すべく、ネットワークを使った映像配信や質疑応答の実験を実施しました。その結果、十分実用に耐えることが分かりましたので、今回のプロジェクトを立ち上げたのです。その後、SCSの運用停止が発表されたため、各大学からも大きな期待を集めることになりました。

新システムを構築するにあたっては、どのような点を狙いとされましたか。

櫻田氏：まず1点目は、「5年先でも使えるシステム」ということです。単純に映像を流すだけならいろんな製品がありますが、講義に使うものである以上、短期間で陳腐化しては困ります。そこで今回のシステムでは、HD品質での映像配信をサポートしました。最近では、様々なテレビ会議システムや映像配信ソリューションが導入・活用されていますが、HD品質の映像配信を全国レベルで行うケースは、まだ珍しいのではないのでしょうか。

また、もう1点重視したのが、「使い勝手の優れたシステム」ということです。たとえば、テレビ会議システムの中には、リモコンの操作が複雑で、ある程度レクチャーを受けないと使えないようなものもあります。また、SCSでも、何日か前にあらかじめ予約しておかないと利用できないなどの問題がありました。新システムではこうした課題を解消し、「ITに詳しくない方でも直感的に利用できる」「使いたい時間の直前でも予約できる」「予約しておけば、自動的にシステムが立ち上がってすぐに使える状態になっている」などの点を実現したいと考えました。

多地点制御遠隔講義システム概念図



多地点制御遠隔システム概念図

なるほど。それならかなり便利に使えそうですね。

萩原氏：使い勝手に関してはかなり気を遣いましたね。たとえば、今回のシステムではタッチパネルを採用しているのですが、講義の時間が延びそうな時は「延長」ボタンにタッチするだけで時間延長が行えます。遠隔講義では、指定時間が来ると、たとえ講義の途中であっても接続が切られてしまう場合がありますが、今回のシステムではそうした心配はありません。また、衛星地上局のように大がかりな設備装置を必要としないので、システムの消費電力も以前の数十分の一～数百分の一程度。環境負荷軽減という面でも、大きな効果が見込めます。

今回のプロジェクトではネットワークに SINET3 を採用されましたが、その理由はどこにあったのですか。

櫻田氏：基本的には、農学連合の18大学を結ぶことが今回のプロジェクトの目的ですが、我々としてはさらにその先も見据えています。たとえば各大学が、それぞれの姉妹校や地域の他の大学などと一緒に、システムを使いたいケースも出てくることでしょう。あまりオープンでないネットワークサービスを採用してしまうと、そうした時に新たに参加する大学のハードルが高くなってしまいます。その点、SINET3であれば、全国の国立大学法人に広く利用されている上、NIIのサポートも受けられます。

また、HD 品質の映像を流すことから、ネットワークの高速性や安定性が非常に重要になりますが、SINET3 ならこうした面でも安心できます。そこで、今回のシステムのネットワークについては、SINET3 を採用するのがベストだと考えました。

運用開始は 2009 年 2 月の予定とのことですが、今後に向けた意気込みを伺えますか。

萩原氏：将来的には、海外の大学や研究機関との講義や会議などにも活用されるようにしていきたい。特に農業分野では、東南アジアや南米、アフリカとの連携が重要なカギになりますので、これらの地域とも交流を深める上で貢献できればと思います。

櫻田氏：国内の他の大学からも、自校で導入している遠隔拠点向け映像配信システムと相互接続しないかというお話を頂いています。本番運用開始後はこうした取り組みも前向きに進め、もっとネットワークを広げていきたいと思っています。

ありがとうございました。

16. 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

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。

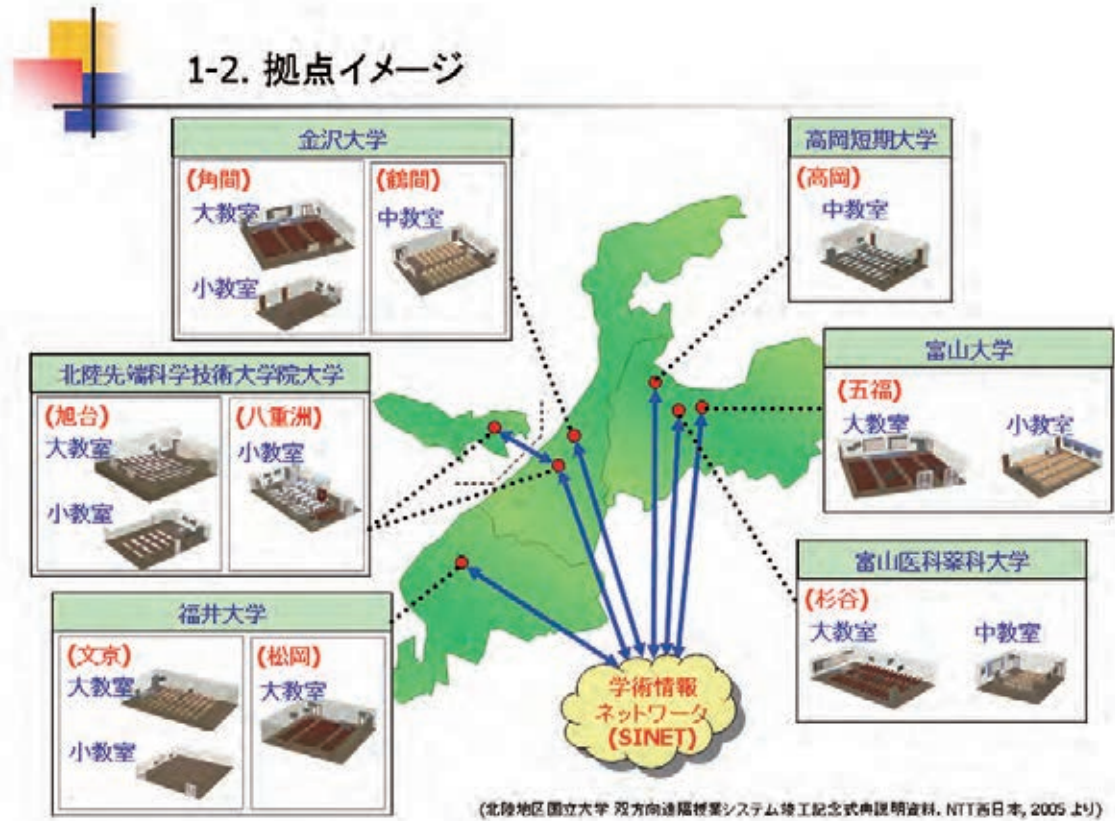
また、もう一つの課題は教育の質的充実です。たとえば教養教育を例にとると、学部数の多い・少ないに関わらず、学生に必要な教養教育のレベルは変わりません。しかし、学部数の少ない大学で教養教育を充実させようと思つと、非常勤講師を数多く確保しなければならないなど、いろいろな問題が生じます。

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。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ーなどでは、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ください。

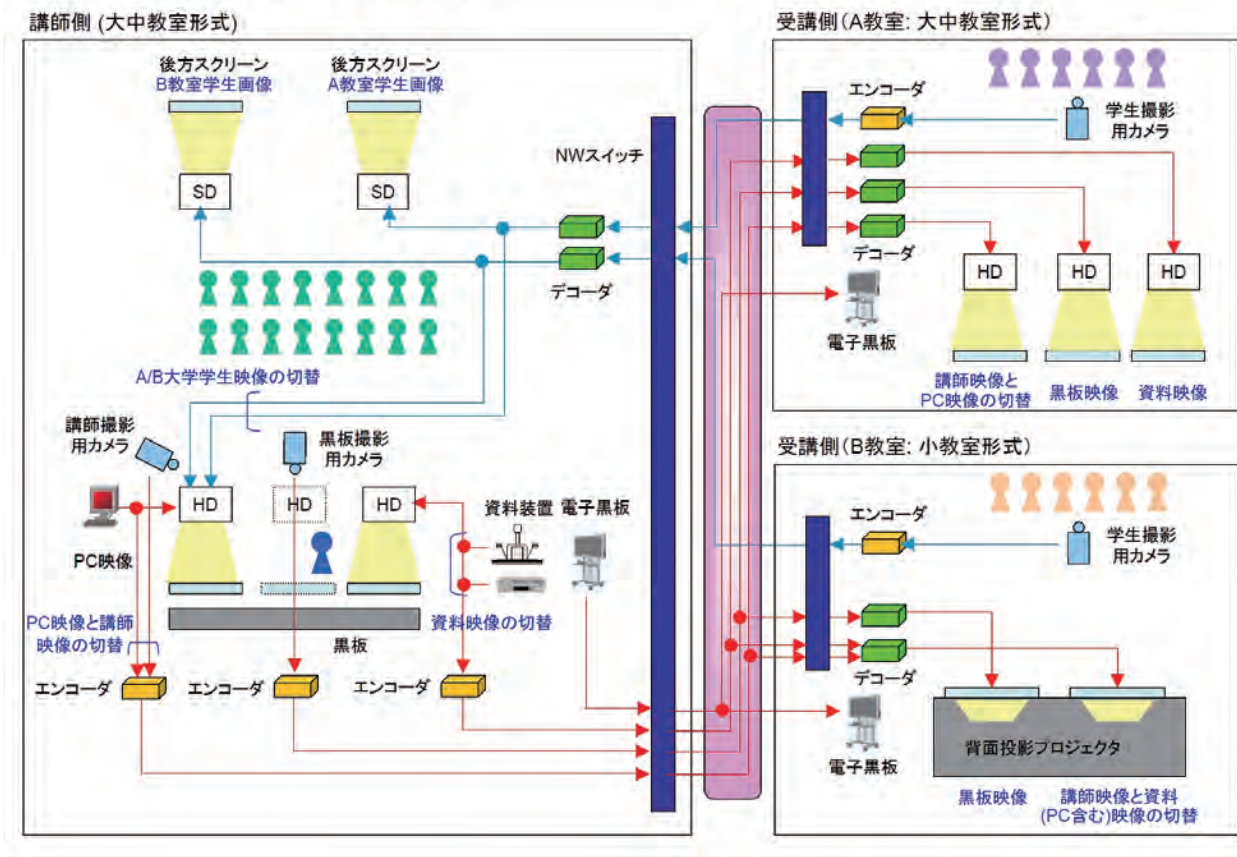
田中氏: いま申し上げたようなことを実現するために、今回のシステムには様々な工夫を盛り込んでいます。たとえば、中規模～大規模教室では、教室の後方に大画面スクリーンを2画面設置し、遠隔授業を受ける他大学の教室を映しています。学生が後ろを振り返ると、他大学の学生がスクリーンの中で自分たちと同じように教壇を向いて座っているわけですね。このような環境を用意することで、教室内には一体感が生まれます。しかも、学生証を利用した出席管理システムとも連携していますので、講義を担当する教員がスクリーンの向こう側を指さして、他大学の生徒に質問することもできます。送り手側の教室にいる生徒も、受け手側の教室にいる生徒も、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



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、映像と音声で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きました。

今後はどのような形で遠隔授業を発展させていけますか。

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。

17. 特別支援教育における双方向遠隔授業

愛媛大学

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。

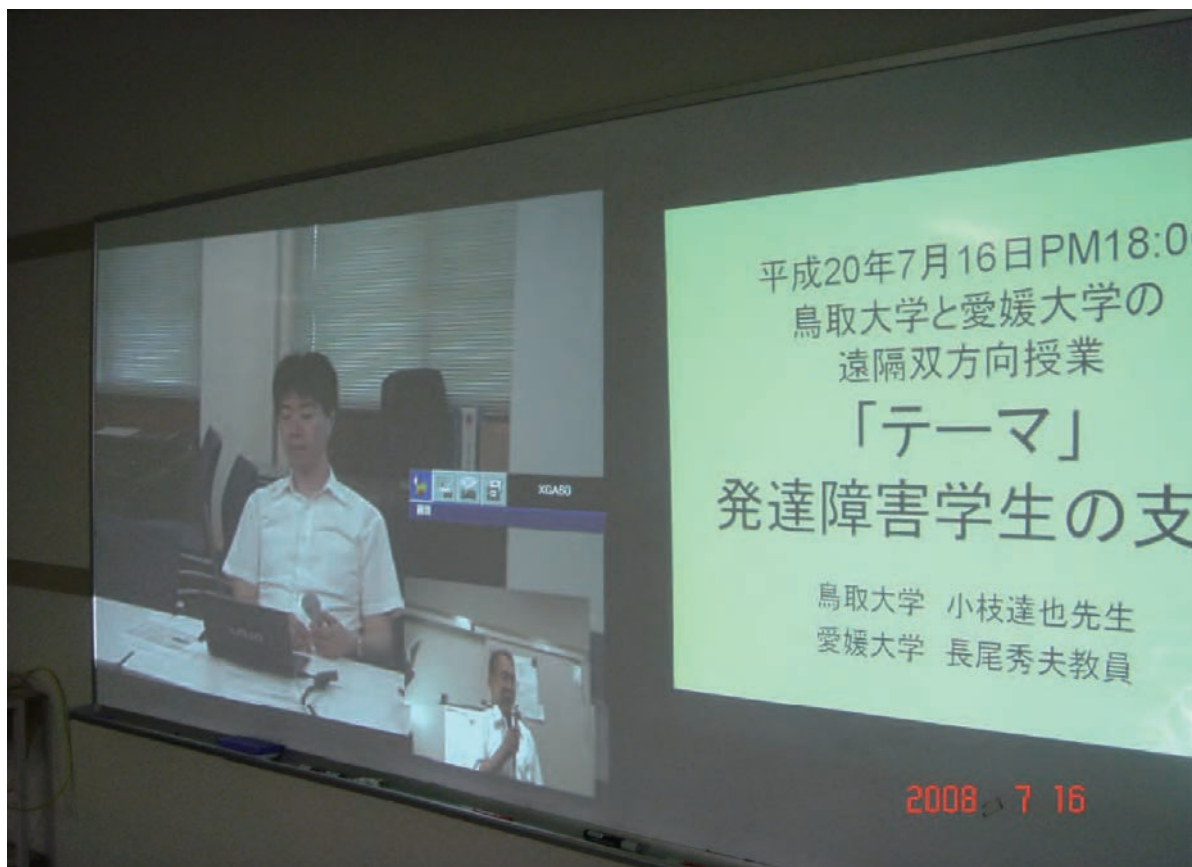
長尾氏：ええ。愛媛県下には子ども療育センターや特別支援学校など、特別支援教育の拠点が数カ所あり、本学からも特別教育支援コーディネーター専修の大学院生などを小中学校に派遣しています。その指導や教育相談のために、平成18年度よりテレビ会議システムを導入・活用しています。

もともと、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。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年末の会議で一緒にした際にぜひ一度遠隔授業をとお願ひしたので。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）

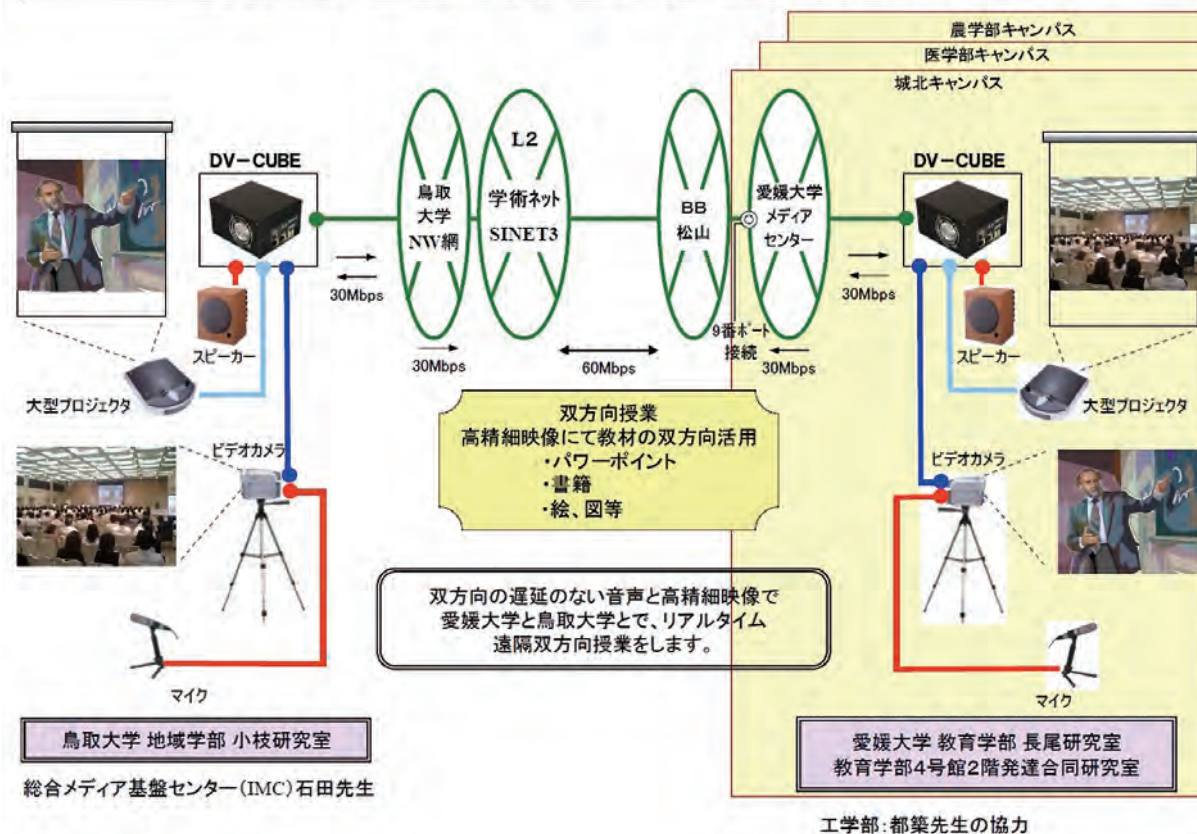
鳥取大学と愛媛大学の第一回遠隔双方向授業（2008年7月）

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ください。

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L2-VPN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。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）。

L2VPNを用いた愛媛大学・鳥取大学間遠隔双方向授業



「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ますが、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。

18. 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

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。

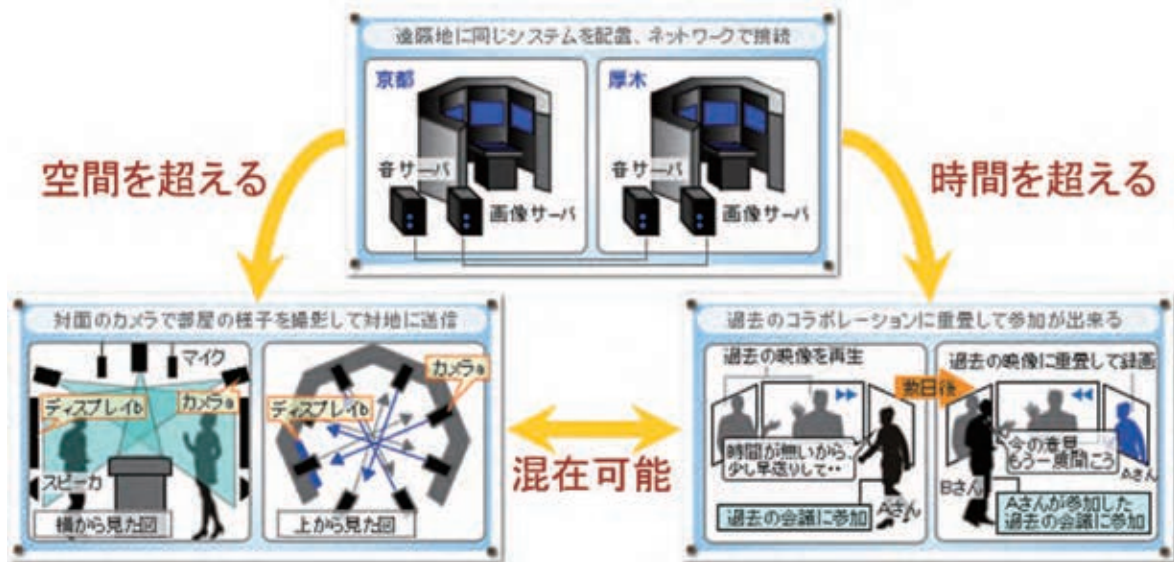


高田氏：t-Room は、NTT コミュニケーション科学基礎研究所（以下、CS 研）が10年以上にわたって研究を続けているコミュニケーションシステムです。そのキーワードは、我々の造語である「同室感」、つまり離れた人同士があたかも同じ部屋の中にいるような感覚を実現するところにあります。一般に、離れた人同士が映像コミュニケーションを取る手段としては、テレビ会議システムなどが広く知られています。しかし、テレビ会議はディスプレイという「窓」の向こうに相手が居るわけで、あちら側 / こちら側というコミュニケーションの壁を取り去るには至りません。そこで t-Room では、離れた場所に存在する同じ部屋同士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

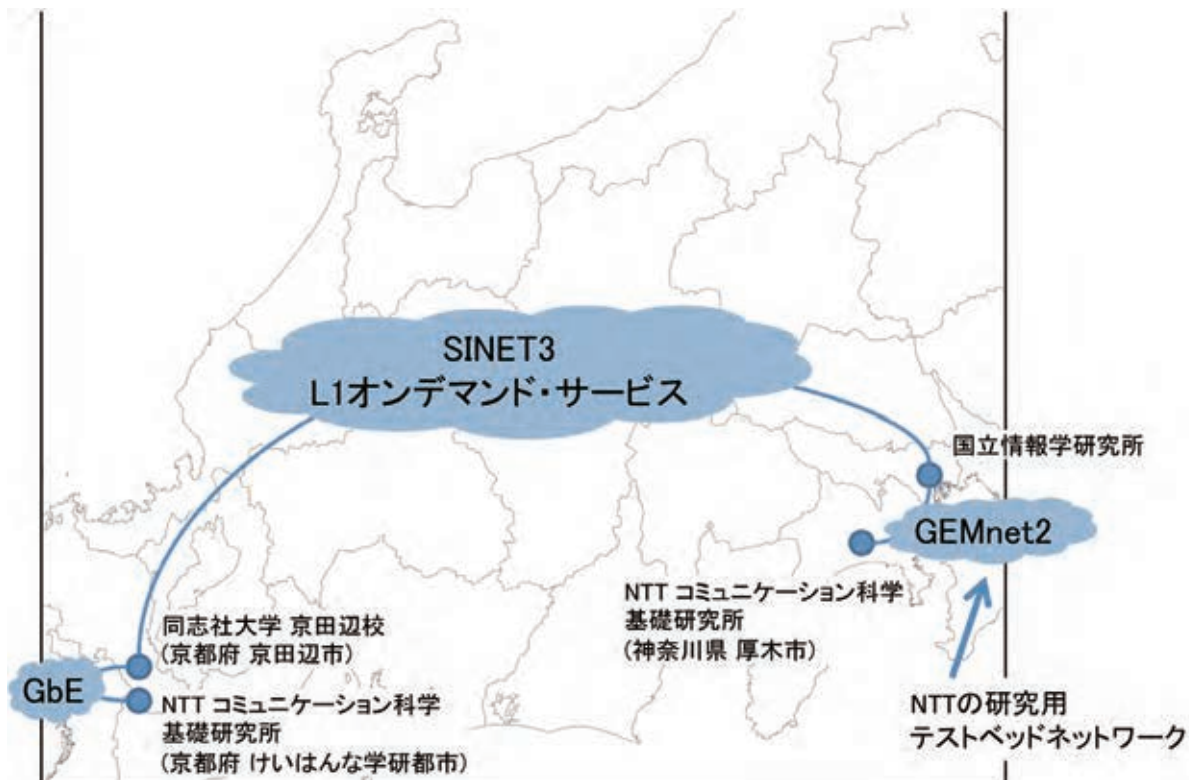


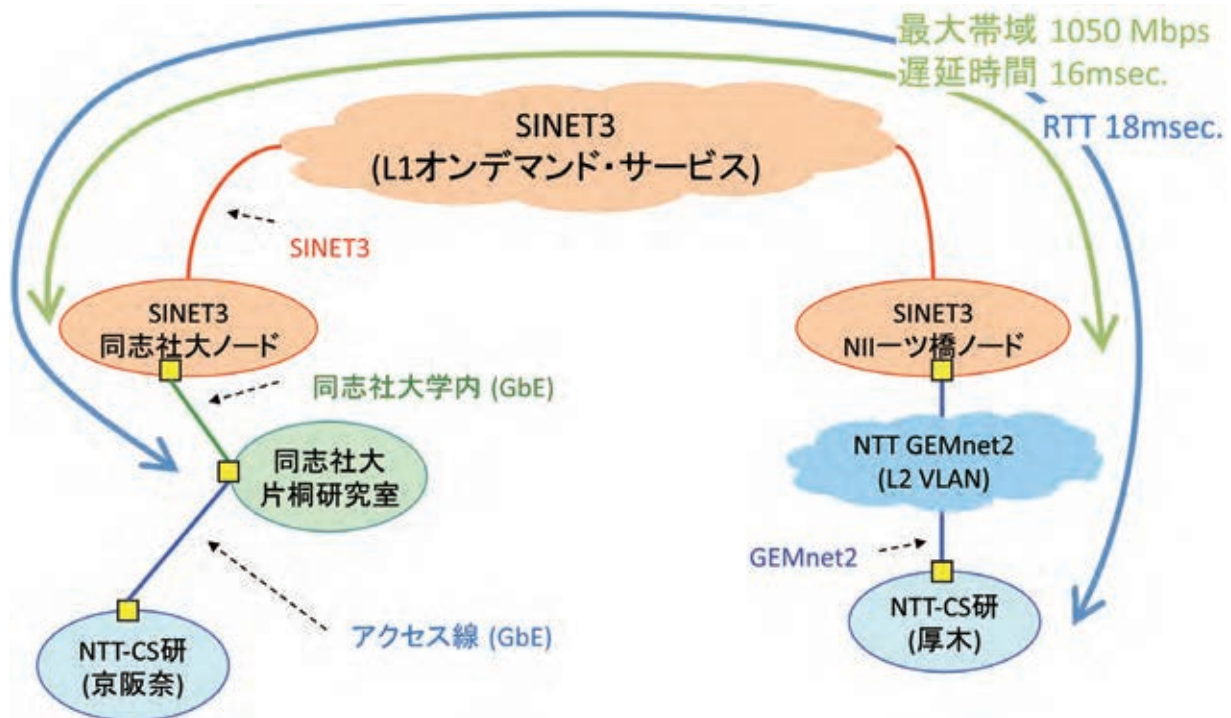
同室感コミュニケーションシステム t-Room

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。

CS 研にとって、大学の研究室と一緒に研究する意義はどのような点にありますか。

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

【計算資源・実験施設等の遠隔利用】

- 19. 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)
- 20. 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)
- 21. 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)
- 22. 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)
- 23. 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)

19. 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

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ください。



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。

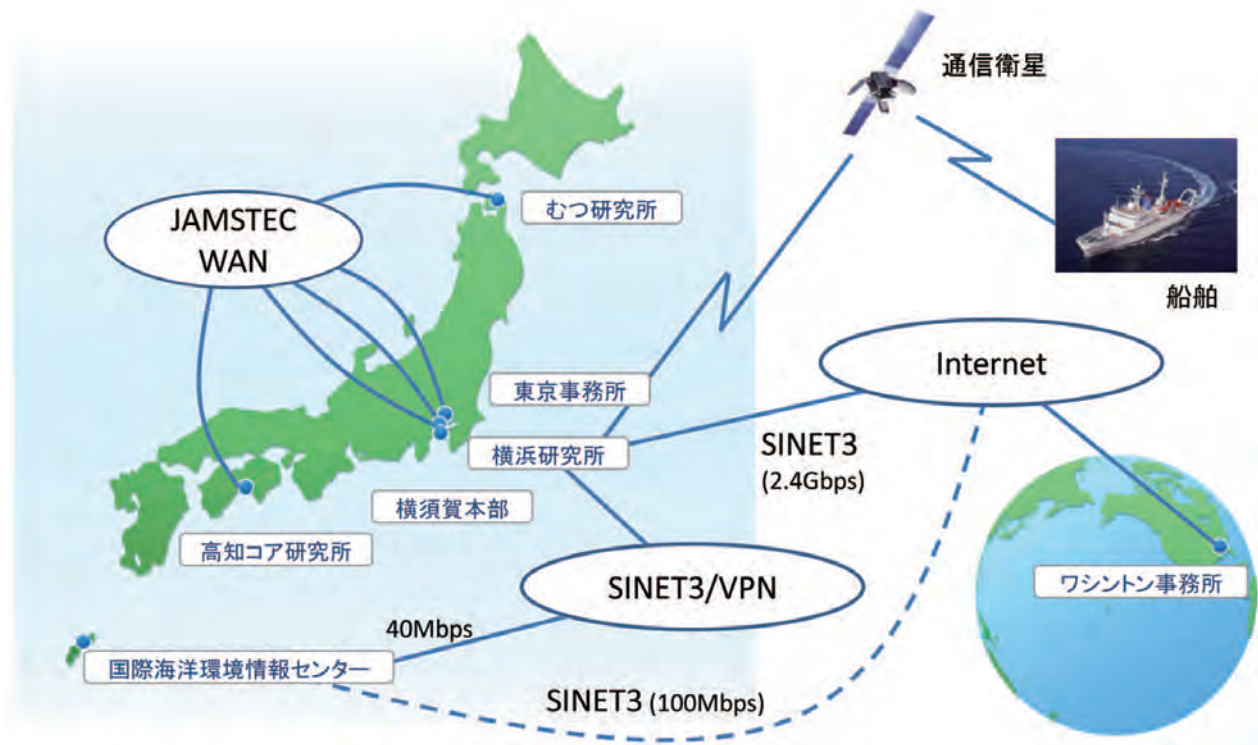


堀内氏: 各地の拠点を広域 LAN サービスで結ぶと同時に、外部の機関や研究所とは SINET3 を利用して接続を行っています。今やネットワークは、研究や日々の業務を支える生命線です。我々としても、障害で停止したりすることのないよう、安定運用にはかなり気を遣っていますね。

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 L2-VPN 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ください。

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り当率は、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。



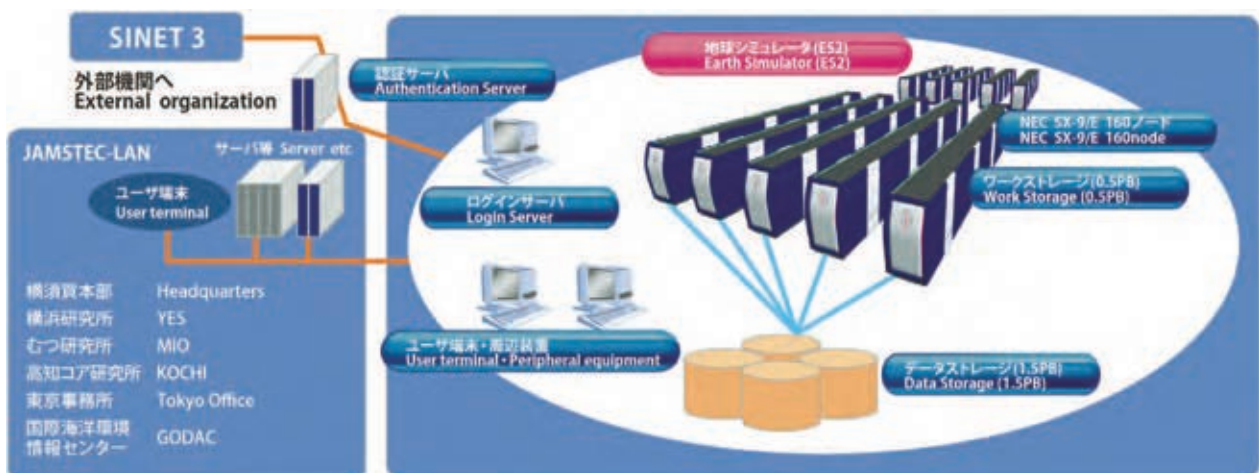
地球シミュレータ (ES2)

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ようですが。

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。

20. 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

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を聞けますか。

田村氏: まず日本の統計学の事情についてお話しすると、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んですね。

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。

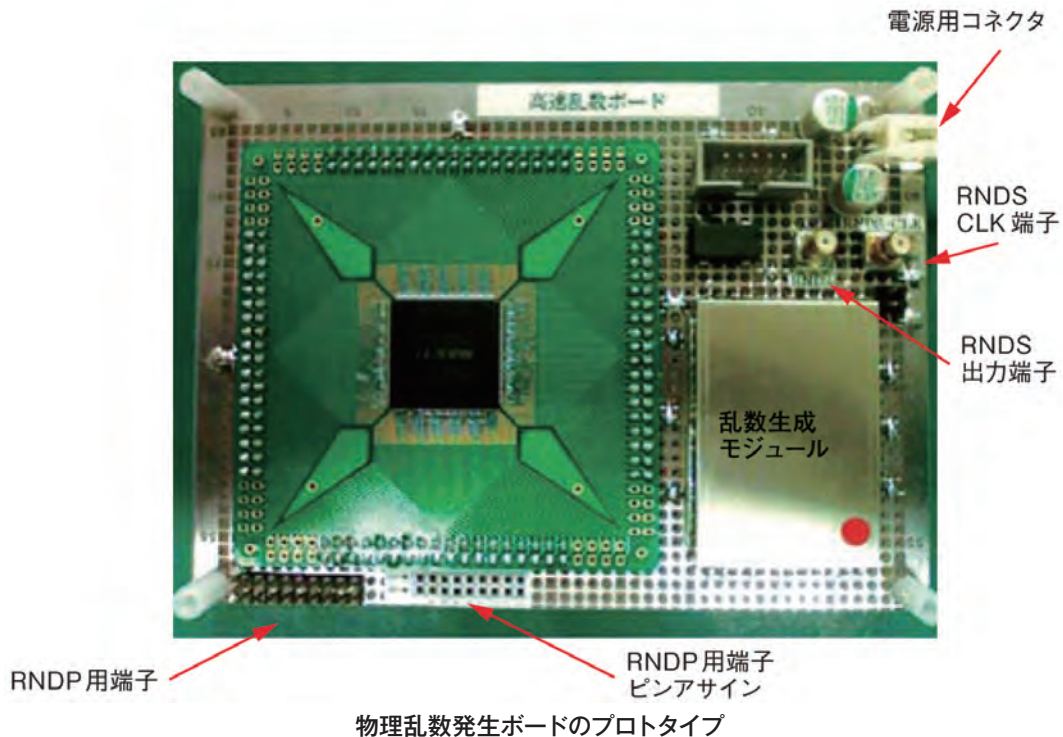


中村氏：そうですね。私の管轄する計算基盤室では、統数研の情報システム部門としての役割を担っていますが、信頼性・可用性やセキュリティについてはかなり気を遣っています。特に最近では、メールなども研究を支える重要なツールになっていますので、ダウンタイムは可能な限り短くするように心がけています。

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。

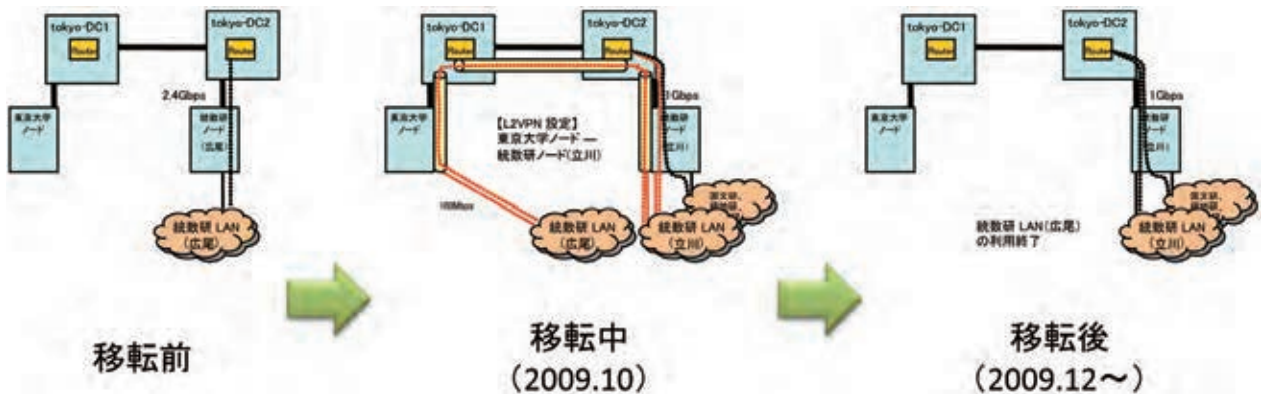


ただし、ディスクにダウンロードできるくらいの乱数でしたら問題ないですが、装置の性能を最大限に活用するとなると、現在のネットワーク環境ではまだまだ厳しい面もありますね。2010年7月には3種類の物理乱数発生ボードが稼働しますが、これをオンラインの状態ですべてフル活用すると約600MB/sもの帯域を占有します。そういう意味では SINET の帯域も、もっと太くなってくれるとありがたい(笑)。

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。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うことにしたのですが、SINET の L2-VPN 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。

21. 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

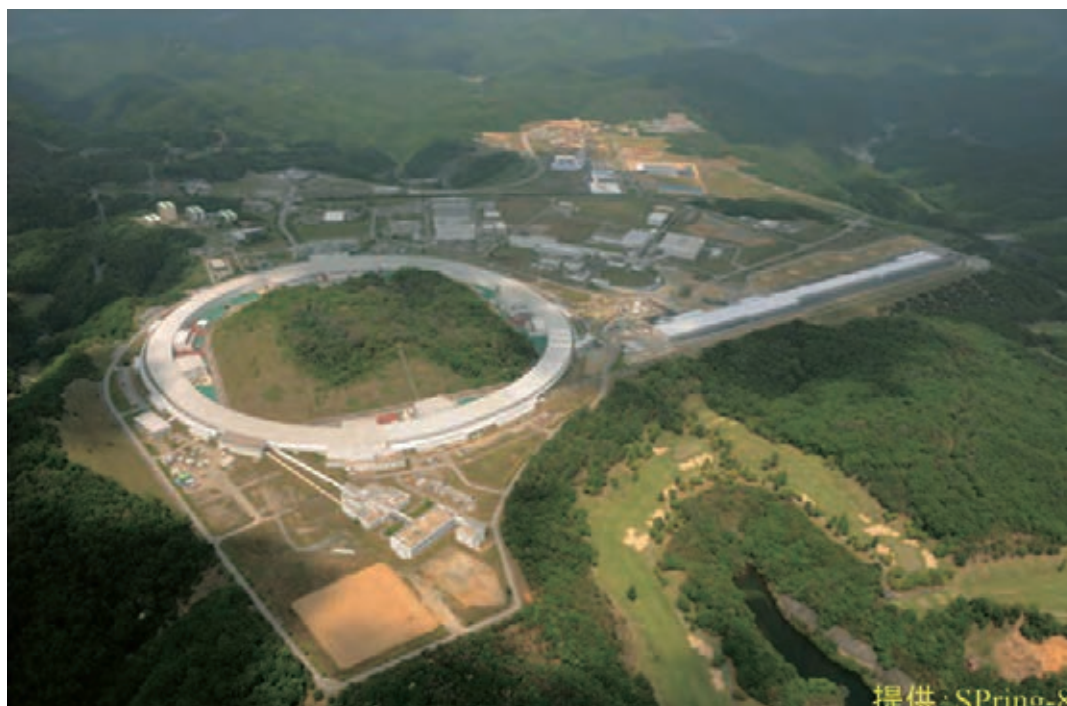
財団法人 高輝度光科学研究センター (JASRI) では、世界最高レベルの放射光を発生する大規模研究施設「SPring-8」において様々な分野の先端研究を行っています。今回はその中から、構造生物学研究における SINET の活用について、JASRI 利用研究促進部門 構造生物グループ 熊坂崇氏と、同 長谷川 和也氏にお話を伺いました。

(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ください。



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。



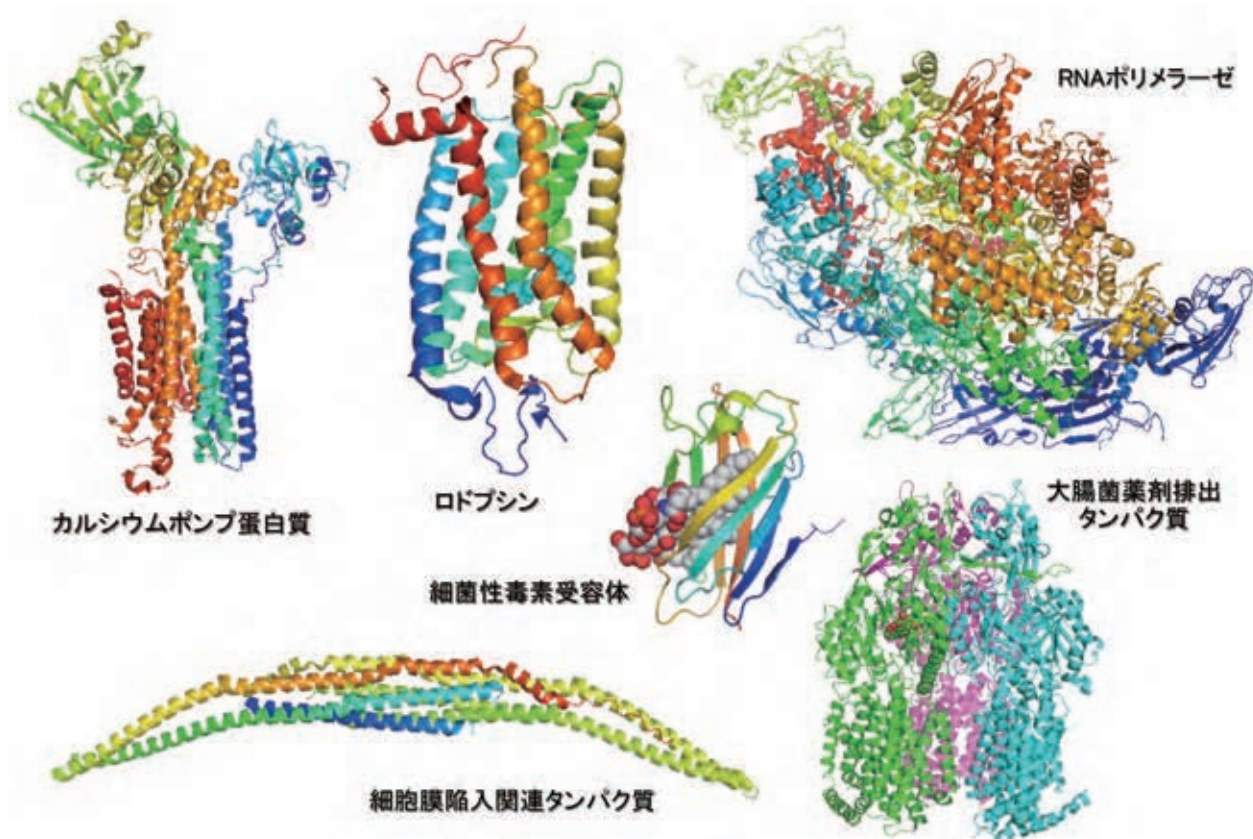
SPring-8の全景

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が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

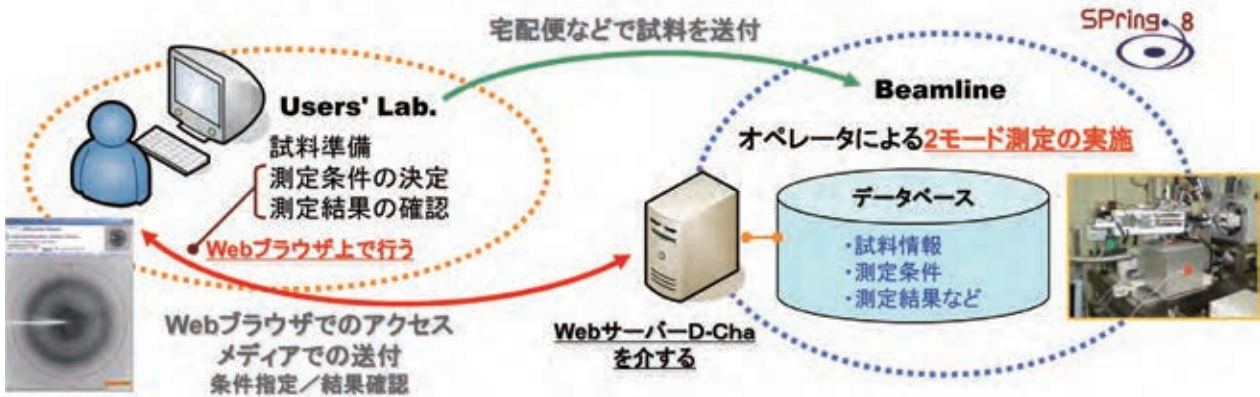
現在、SINET3を利用したリアルタイム遠隔測定の前準備も進められているとのことですが、それにはどのような理由があったのですか。

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。

BLオペレータを介した遠隔実験

- 自動データ収集システム(BSS, SPACE)を利用する
- 利用者は専用トレイに詰めた試料をSPring-8に送付する
- ビームラインではオペレータが利用者の測定を実施、サポートする
- 利用者はWebブラウザにより結果の確認やダウンロードが可能
- データ測定条件は利用者自身で決めることができる



BL測定初心者
BL測定熟練者

オペレータが測定をサポート
測定条件が指定可能なので経験、方針を反映可能

→ 最適条件での測定

SPring-8におけるメールインデータ収集の概念

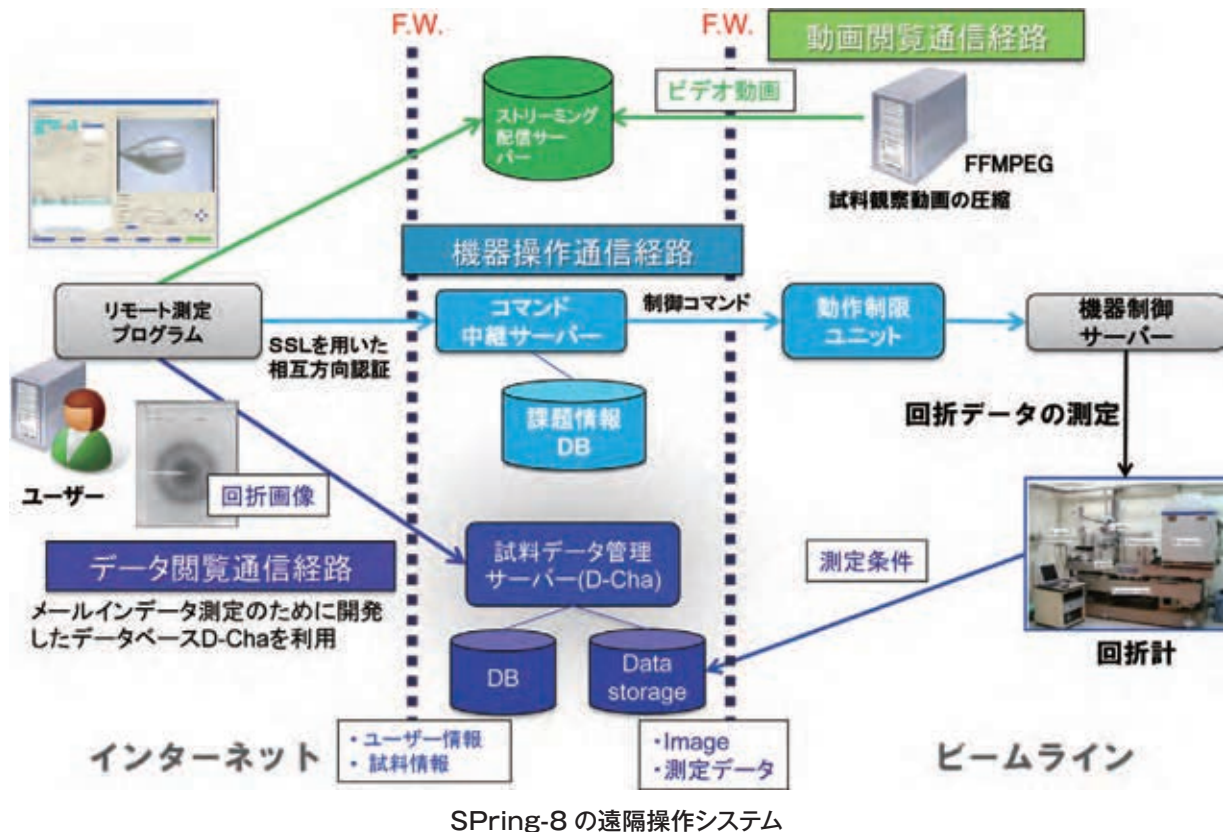
もっとも、メールインデータ収集の場合、安全管理上の問題で、実際の作業は SPring-8 側のオペレータが代行することになります。しかしユーザーの方からは、そうではなく、できれば自分たちで直接ビームラインを制御したいとの要望もありました。タンパク質の結晶を作るのは非常に難しい作業なので、サンプルが一つしかできないことも珍しくありません。しかも放射光を当てることで壊れてしまう場合もあるため、オペレータ任せではなく、自分自身で狙ったポイントに放射光を当てたいというわけです。

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ーで見ながら、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。



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っています。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。十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。

22. 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

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ください



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。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か。

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。

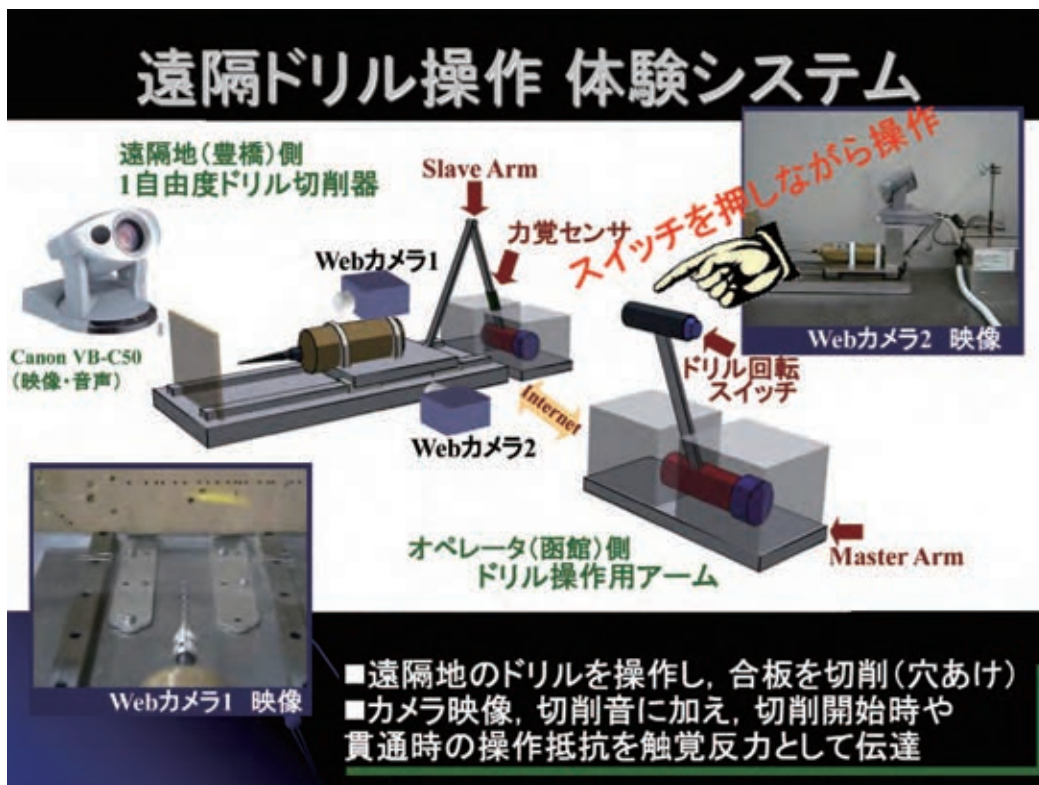
今村氏：たとえば、本学の天井クレーンシステムを利用した「遠隔クレーン操作」では、遠隔地の高専から操作用パドルとパソコンのモニターを使って実際に荷物の搬送を行います。このときパドルには、荷物の揺れや重さなどの情報もフィードバックされるようになっていました。また、「遠隔触覚体験」では、本学と高専に一台ずつパドルを設置し、遠隔地にあるパドルが押した対象物の硬さを、手元のパドルへの操作反力から判別する体験を行っています。

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した。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。



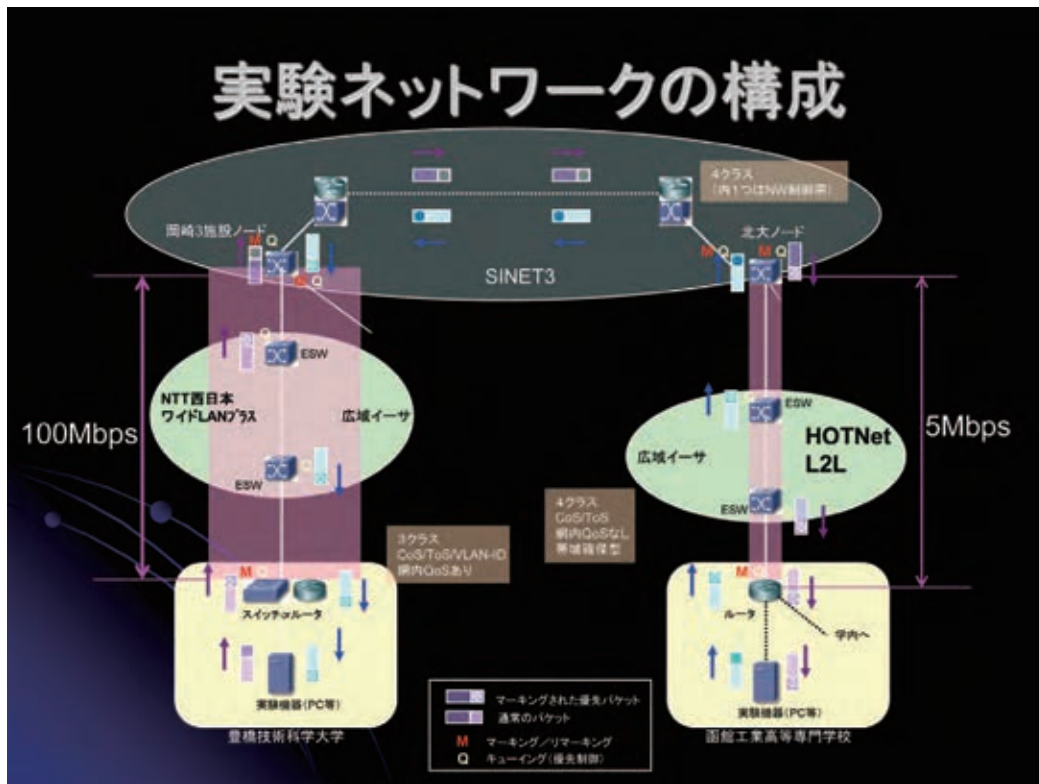
ネットワーク構築上の課題になった点などはありましたか。

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けますか。

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](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)

<http://www.sinet.ad.jp/service/network/13/QoS>

23. 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

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-science)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 真一郎氏、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。

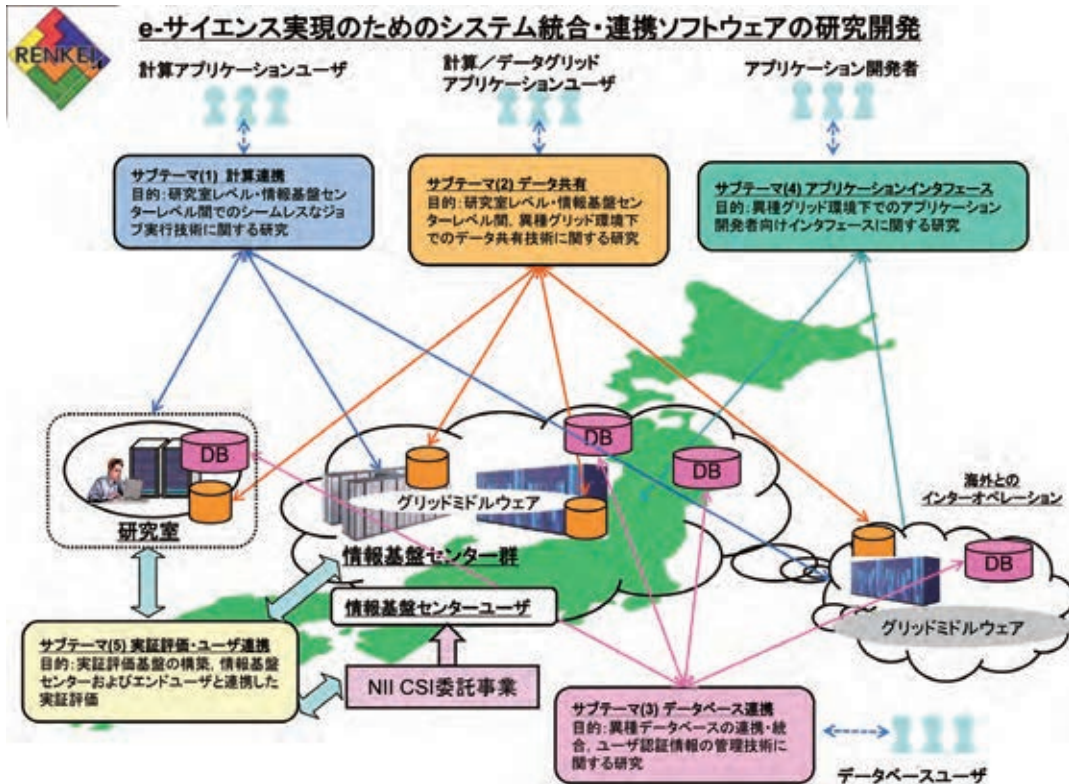
残りの二つは、どちらかというと対外向けの活動で、その一つは本学以外の大学・研究機関と連携して、情報分野における先端研究を推進するというものです。我々自身も研究者ですから、先に述べたような学内情報基盤の整備以外に、e-サイエンス関連のプロジェクトやスパコン、HPC 関連の研究開発など、様々な研究に取り組んでいます。また、もう一つは他大学の情報センターとの連携で、平成22年4月より「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」の構成センターに加わりました。ちなみに、当センターの名称に「国際」とある通り、タイやカナダ、アメリカなど、海外の大学・研究機関との連携も推進しています。

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ね。

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な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-science

- 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が同じくらい重要なのです。



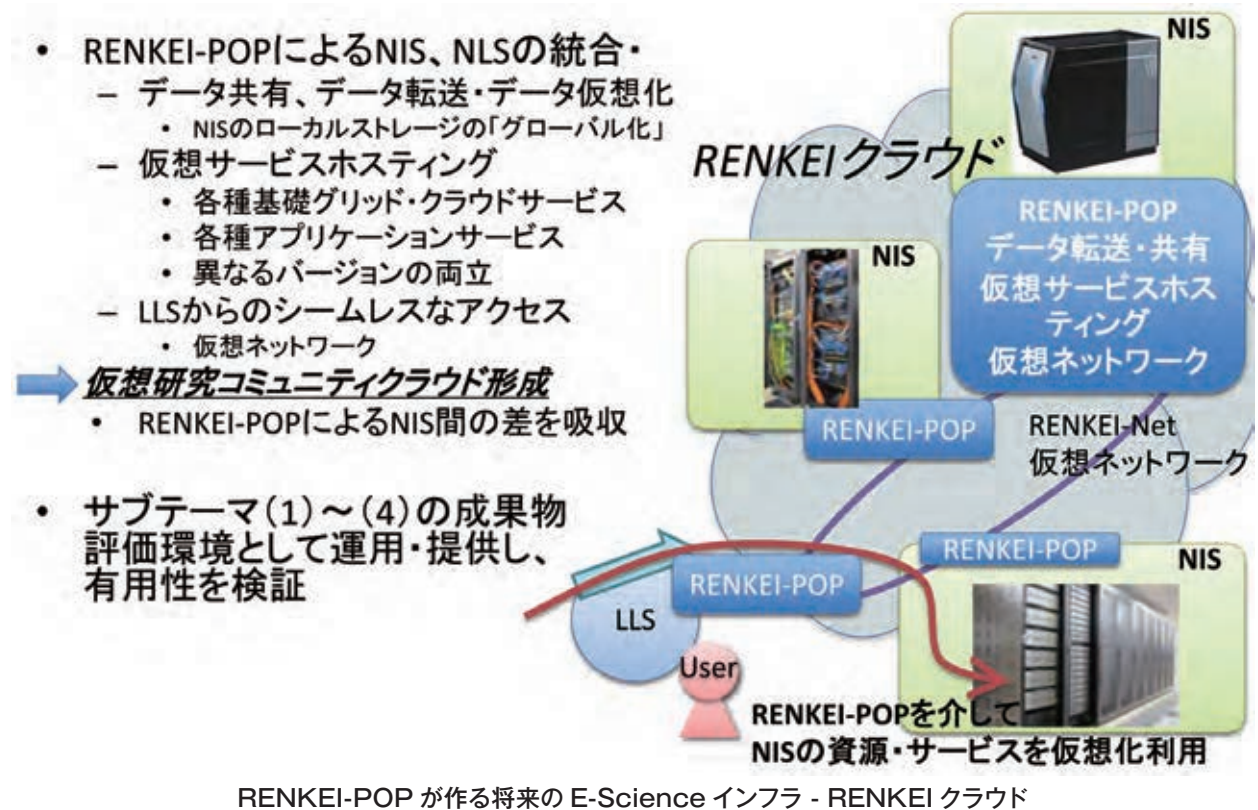
計算能力の進化

(浮動小数点演算能力の向上)

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、拠点間的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L3-VPN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。



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となります。

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 の回線を使っている、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。せっき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】

**24. 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)**

**25. 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)**

24. 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

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か。

清水氏: そのもとのきっかけは 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 AQUA 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ください。

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。

[1] 手術のライブ配信

2003.8.1

手術室 手術画像

- 腹腔鏡下胃切除術
- 暗号ソフト

日本側：九州大学

韓国側：国立がんセンター

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ません。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。

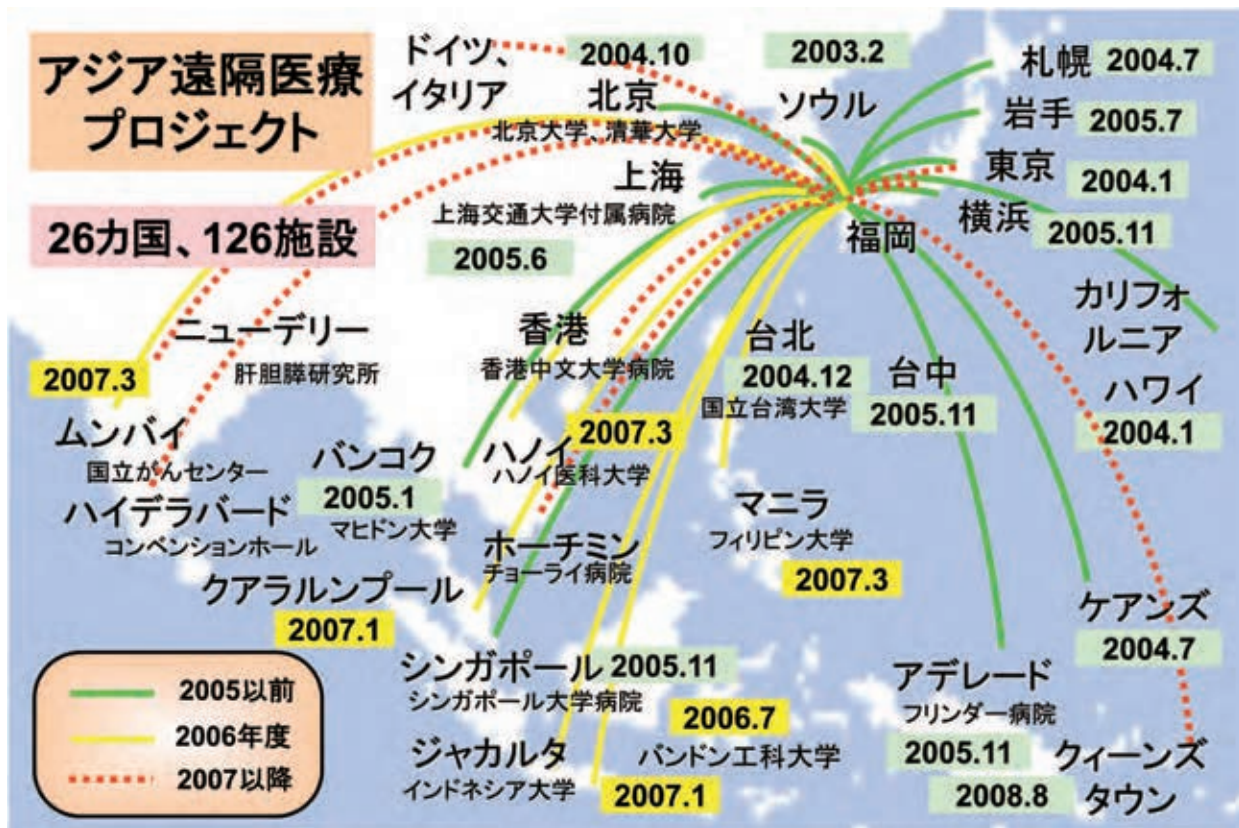
技術面で課題になった点などはありましたか。

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、苦勞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 には普通に使えるので、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 개국 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。



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けますか。

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、アフリカなどへも広げていきたい。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。

25. 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

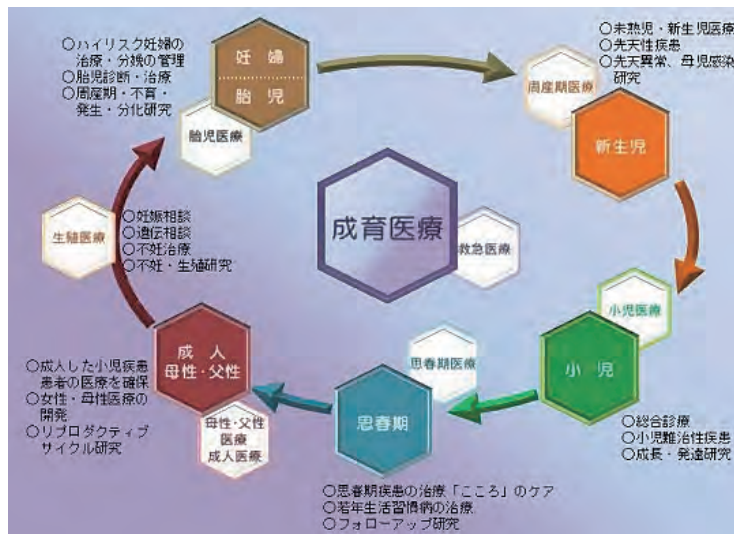
国立成育医療研究センター

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アドバンステクノロジー株式会社 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ください。

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。

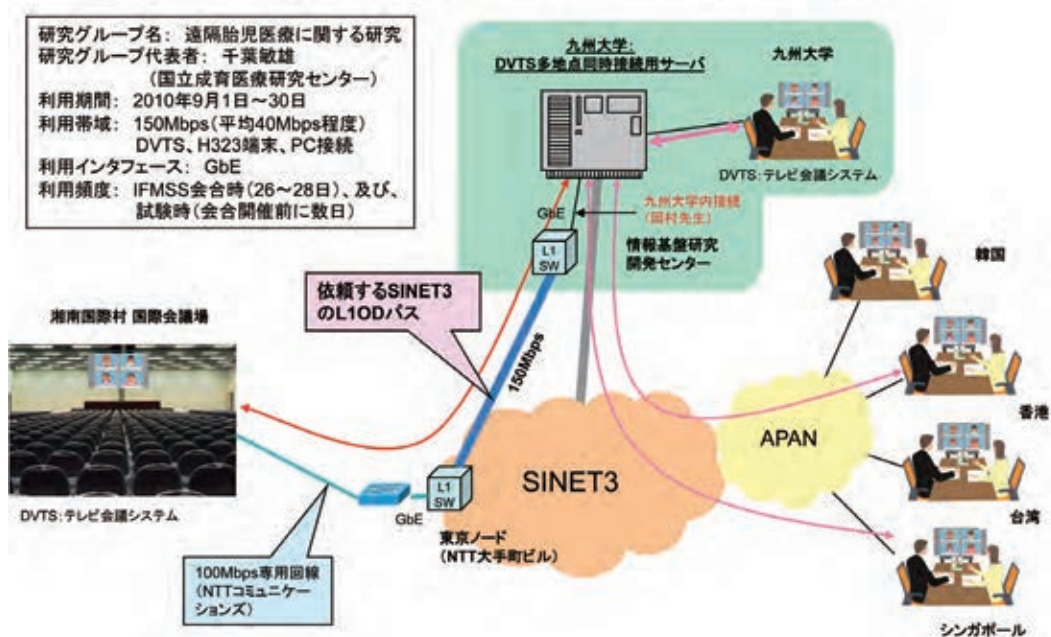
ちなみに、胎児手術向け機器の開発には、もう一つ大きな意義があります。それは、この技術が大人の治療にも活かせるということです。たとえば、一般的な内視鏡の直径は10mmですが、胎児手術向けの場合は3～5mmと非常に細い。これを他の手術に利用すれば、大人の患者さんも楽に手術が受けられますよね。特に日本には、こうした精密機器の分野で世界をリードできるだけの高い技術がありますから、日本の医療機器産業の発展にも貢献できると考えています。

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みました。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る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



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のようです。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、そうなるデータ容量の大容量化もさらに進むこととなりますので、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】

26. キャンパスネットワーク「MEINET」での L2 VPN 利用
(名城大学)

**27. 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)

28. 筑波キャンパスと東京キャンパスを L2 VPN で接続
(筑波大学 学術情報メディアセンター)

26. キャンパスネットワーク「MEINET」での L2 VPN 利用

名城大学

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 L2 VPN 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ください。



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きました。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を実施しています。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。

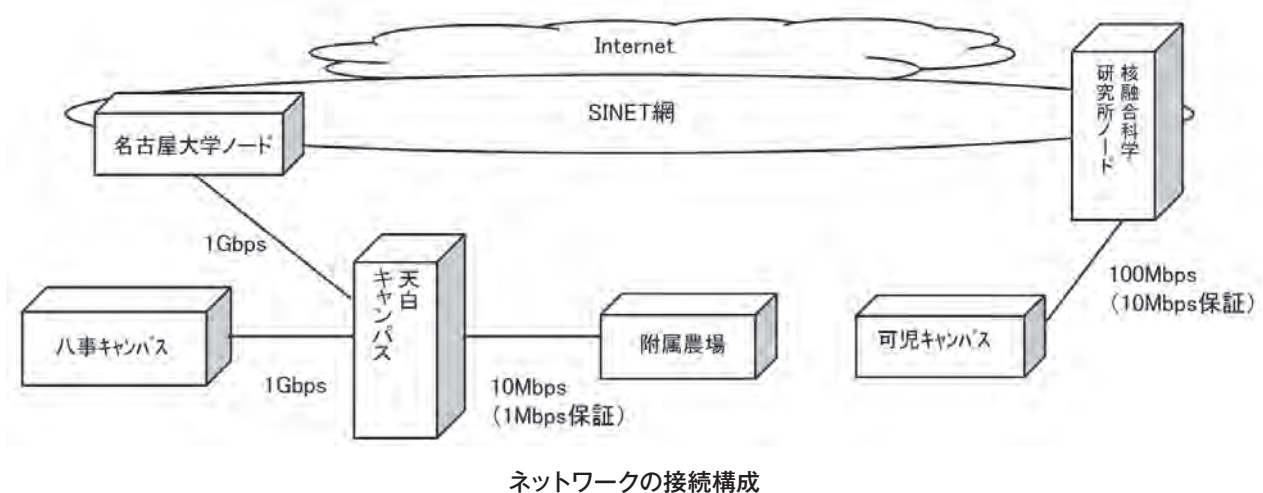
名取氏: 本学では学生、教職員合わせて約 1 万 7000 名のユーザーを抱えていますが、必ずしもその全員が IT に精通しているわけではありません。そこで、ヘルプデスクを設置するなどして、ユーザーの IT 活用を積極的に支援しています。ユーザーから質問や問い合わせが寄せられる場合は、何らかの事情で困っていることも多いので、できる限りユーザーの立場に立って丁寧に対応するよう心がけています。

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 L2 VPN 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 に問い合わせしてみたところ、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 L2 VPN サービスを利用することにしました。



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 / 音声の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す。しかし、広帯域で信頼性の高い SINET3 の L2 VPN 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。

27. 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

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。

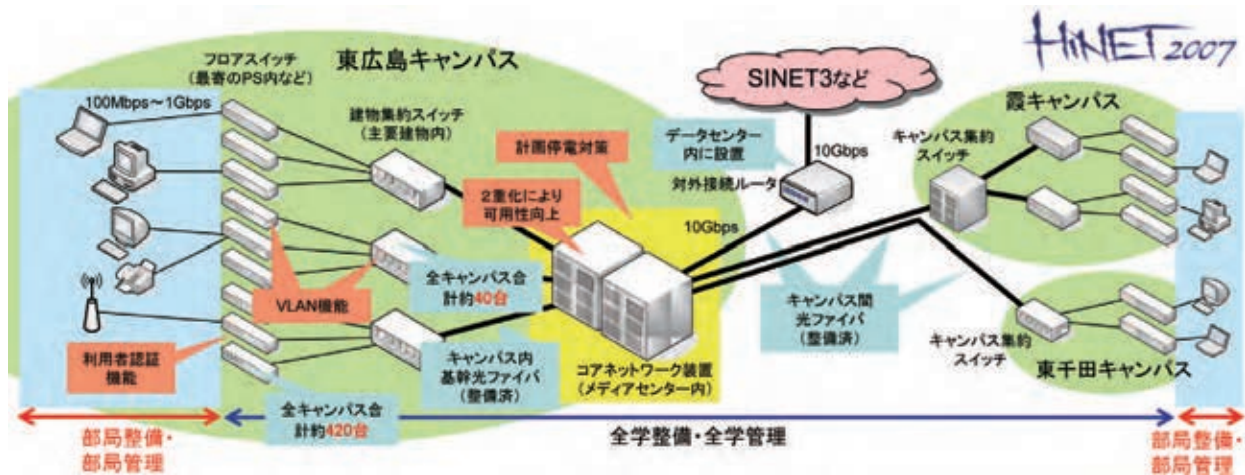
ネットワーク化の歩みについても教えて頂きたいのですが。

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、ウイ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。



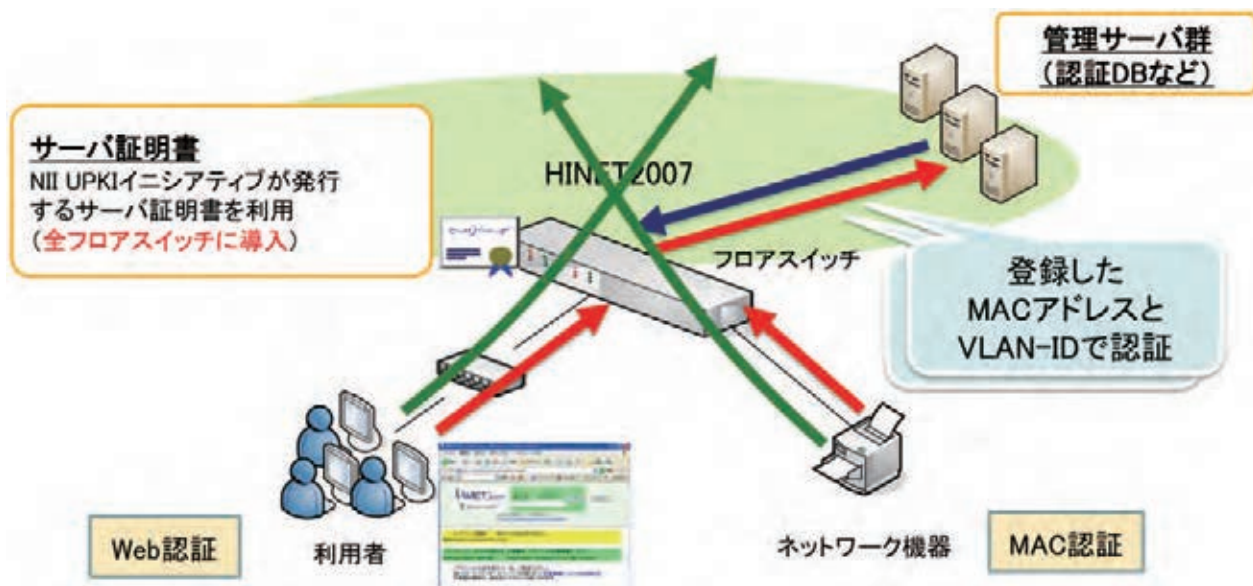
HINET2007の概要

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、苦勞された点などはありましたか。

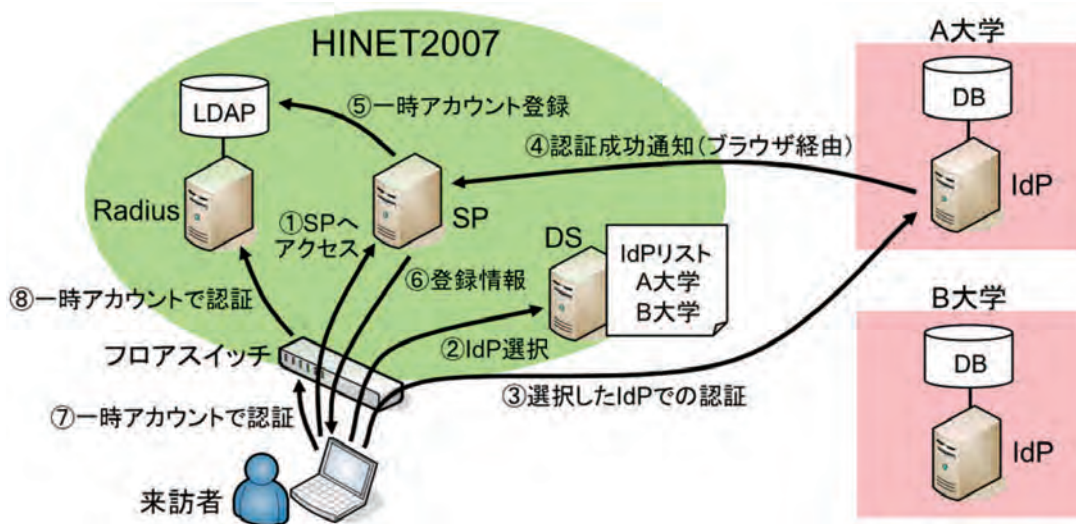
相原氏：できるだけエッジ寄りの部分で認証を行いたかったので、なるべくコストが安く、かつサーバ証明書に対応した認証機能付きスイッチ製品を探しました。ところが、当時は中間 CA に対応できるスイッチがあまりなく、メーカーに頼んで機能を実装してもらう必要がありました。また、もう一つはサーバ証明書そのものの問題です。HINET2007で導入したスイッチの台数は、本稼働開始時点でも約450台。これらすべてに、商用のサーバ証明書を入れるとなると、それだけで数千万円のコストが掛かってしまいます。かといって、自己証明書、いわゆる「オレオレ証明書」のようなものを使うこともできません。普段からユーザーに「怪しい証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ください。

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。

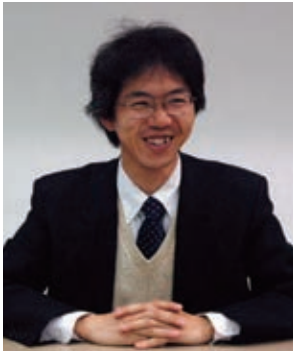
28. 筑波キャンパスと東京キャンパスをL2 VPNで接続

筑波大学 学術情報メディアセンター

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が行われているのですか。



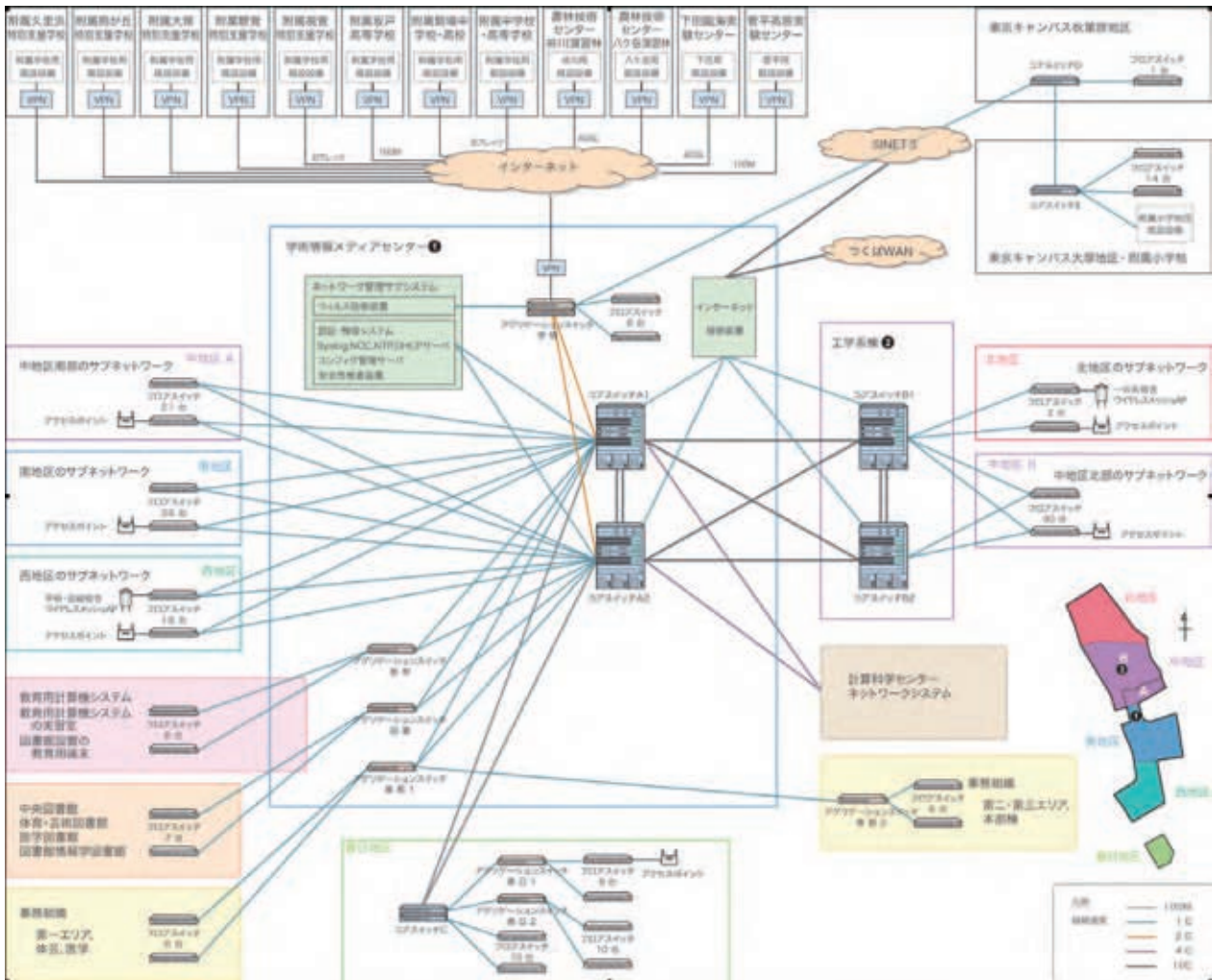
佐藤氏: まず「分散情報システム研究開発部門」では、学内の計算機資源並びに端末の管理・運営を行っています。具体的には、情報系を除く各学群向けサーバの仕様統一を行ったり、学生が学内のどの端末でも自分の環境を利用できるシンククライアント環境の構築などの取り組みを行っています。また「e-Learning・メディア研究開発部門」では、学内で利用する教育用コンテンツの作成を支援しているほか、ビデオ配信やマルチメディアコンテンツの制作なども行っています。そして、最後が私の所属する「ネットワーク研究開発部門」ですが、ここでは学内基幹ネットワークの運用管理やセキュリティの確保、最新ネットワーク/セキュリティ技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 L2 VPN 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 L2 VPN 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

L2 VPN 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がありますか。

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えます。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。

【ネットワーク研究】

- 29. 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
(大阪大学)

- 30. 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)

29. 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

大阪大学

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ください。



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。

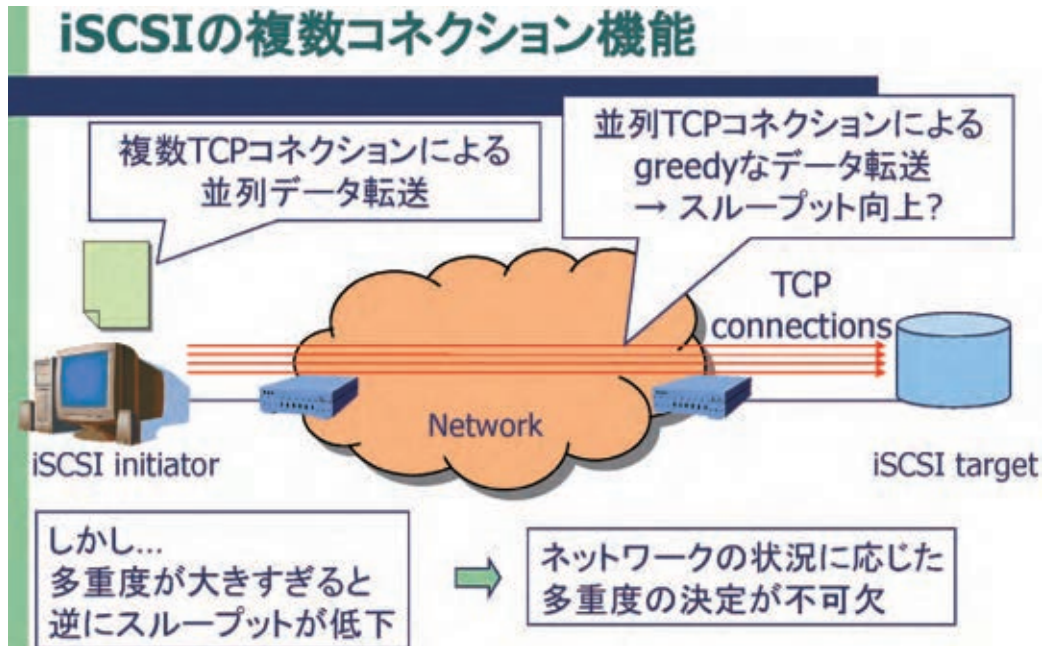
大崎氏: 大量データの高速伝送については、光ファイバや WDM など下位層の研究が盛んに行われています。しかし、実際に遠隔地の拠点間を結んでデータ伝送を行うと、あまり性能が出ないという問題も知られています。その一方、最近では災害対策のためにディザスタリカバリ・システムを構築する企業が増えるなど、大量データを効率的に伝送する技術が強く求められています。そこで今回はストレージのネットワークに着目し、大量データの高速伝送に取り組んだのです。そのベースとして iSCSI を選んだのは、SCSI のコマンドを IP パケットに載せて送るだけの非常にシンプルなプロトコルであり、OS のサポートや対応製品の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ください。

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も、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か。

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。

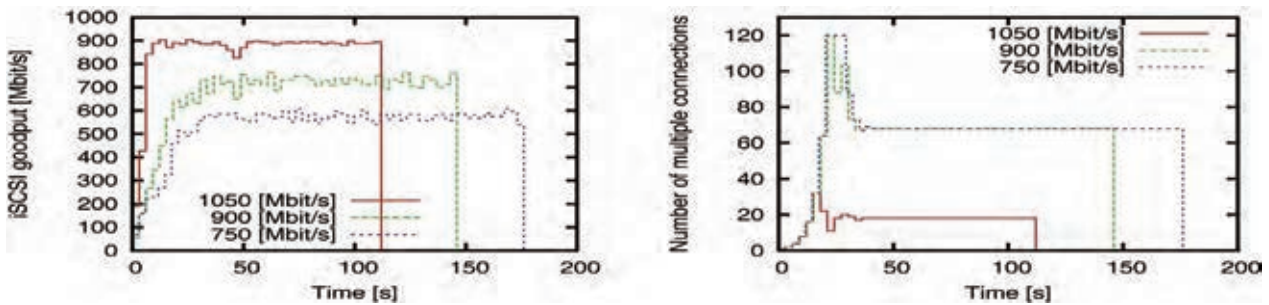
その点、SINET3 の L1 オンデマンドサービスを利用すれば、エミュレータではない現実のネットワーク環境で実験が行えます。しかも、L2 や L3 のパスではなく、非常に高速でクリーンな L1 のパスを利用できます。通常のインターネット回線などでは、ノイジーな環境であるために、実験の精度を高めるにも限界があります。もし何かおかしい結果が出たとしても、その原因が自分たちにあるのか、それとも他にあるのか区別がつかいません。その点、L1 オンデマンドサービスなら、このような問題を排除することができます。今回の実験でも、同じ条件の実験ならほとんど同じ結果が出ています。

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。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る色々なパターンで評価を行いました。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行って欲しいですね。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ひます。

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](http://www.sinet.ad.jp/document/sinet_doc/SINET3%20L1%20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)

30. 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

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ください。



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げてきたのが、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が、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。

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して良かった」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っています。

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

【地域活性・人材育成】

**31. 「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)**

31. 「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

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。



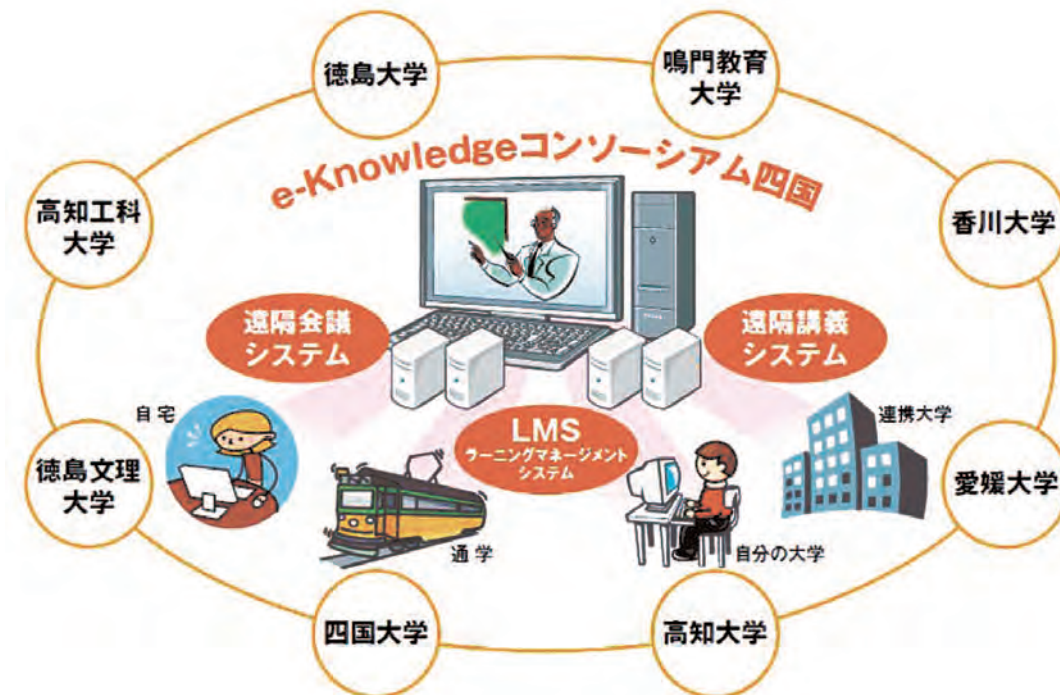
古川氏: 当センターでは、香川大学の基盤システム構築、情報教育の環境整備、全学データベースの構築などのミッションを受け持っています。大学の情報化推進をどのように進めていくかという企画・戦略的な部分、並びに、全学システム / ネットワークの構築・運用の両方を担っているわけです。ICTの普及が進む中で、大学の情報センターの役割も大きく変わろうとしています。かつては、ICTに関する基礎的なリテラシー教育など、ベーシックな部分が重視されていましたが、最近では就活のサポートや各学部の専門教育の支援など、幅広い領域でICTの活用が求められています。我々としてもこうした新しいニーズを踏まえつつ、環境整備に取り組んでいます。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ください。

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。

システムの遠隔講義と 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よね。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があるので、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。

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(SINET4) 活用事例集～

平成23年8月1日 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

