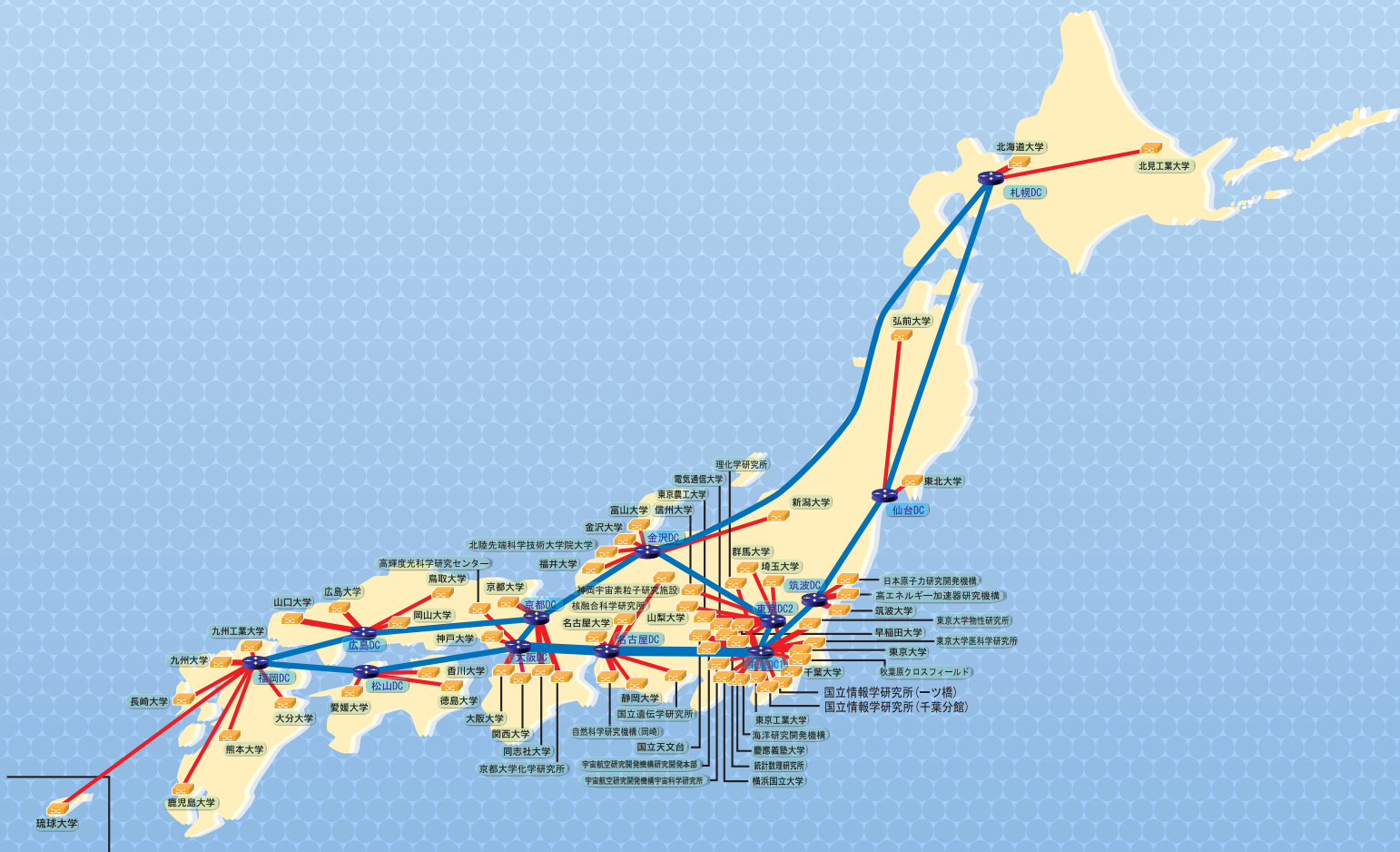


# 先端的学術研究・教育推進のための 学術情報基盤

～学術情報ネットワーク(SINET3)活用事例集～



平成22年4月  
国立情報学研究所





# 目 次

## I 学術情報ネットワークについて

1. 学術情報ネットワークとは	1
2. SINET3の特徴	1
3. SINET3のネットワーク構成	1
4. SINET3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	6

## 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)	17
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)	22
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)	28
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)	33

### 【宇宙科学・天文学】

7. SINET3の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)	37
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)	42
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)	47

### 【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)	53
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)	57
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)	62



## 【遠隔授業】

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) ————— 67
14. インターネットを利用した国際遠隔講義  
(琉球大学) ————— 71
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) ————— 75
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) ————— 79
17. 特別支援教育における双方向遠隔授業  
(愛媛大学) ————— 83

## 【計算資源・実験施設等の遠隔利用】

18. 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) ————— 87
19. 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) ————— 91
20. 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) ————— 95
21. 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) ————— 100

## 【キャンパスネットワークの高度化】

22. キャンパスネットワーク「MEINET」でのL2 VPN利用  
(名城大学) ————— 105
23. 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) ————— 108

## 【ネットワーク研究】

24. 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) ————— 113

## 【地域活性・人材育成】

25. 「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) ————— 117

# 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19年4月から、従来の SINET とスーパーSINET を統合した SINET3（サイネット・スリー）の運用を開始した。SINET3 は、国立情報学研究所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. SINET3 の特徴

SINET3 は次の5つのコンセプトからなっている。

1) 新しいネットワークアーキテクチャ（光 IP ハイブリッドアーキテクチャ）の採用により、大容量トラフィックをより効率よく柔軟に転送できるようにする。

2) IP ルータ等の大容量通信機器は通信事業者のデータセンターに設置し、バックボーン部分の複数ループ化、障害時の高速迂回機能を備える等、災害や障害に強い信頼性の高いネットワーク構成とする。

3) バックボーンの回線速度を 10~40Gbps、ノードまでの回線速度を 1~20Gbps とし、先端的な研究分野および研究機関等で取り扱われる大容量トラフィックにも耐えうる我が国最大の超高速ネットワークを提供する。

4) 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、帯域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。

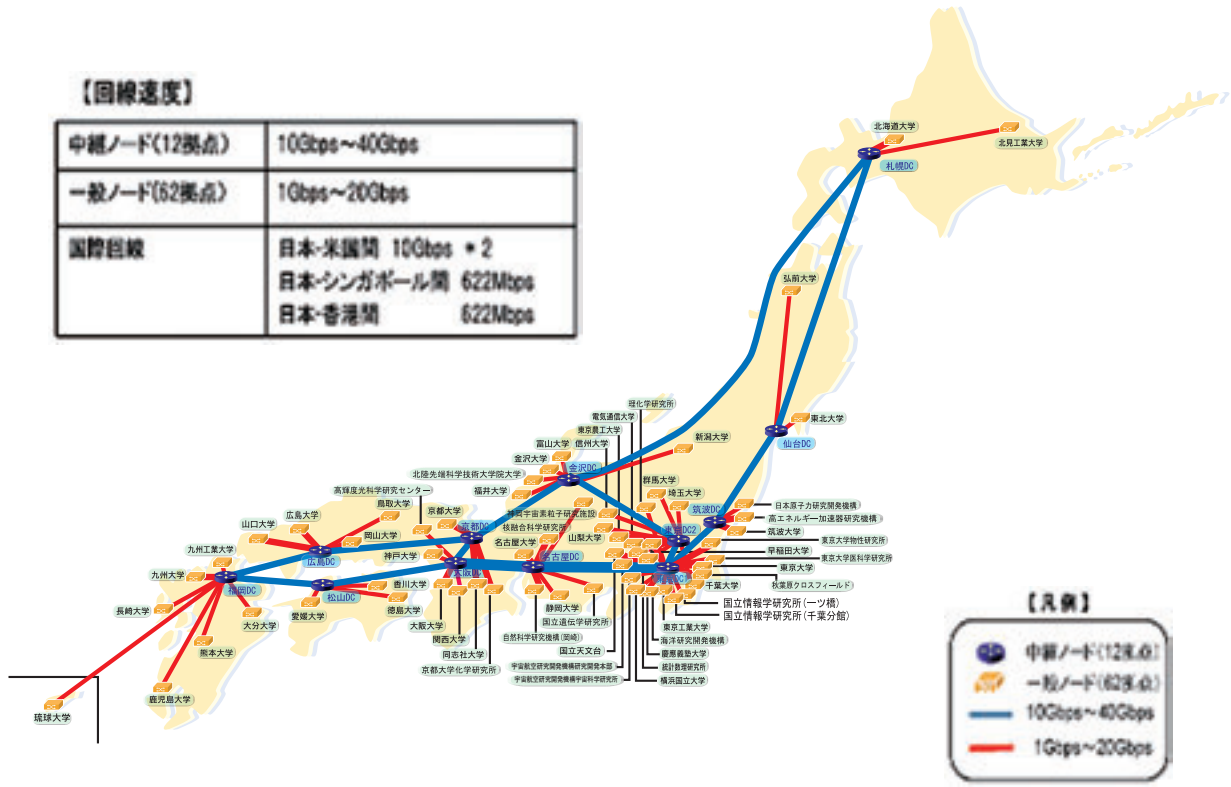
5) 海外の研究情報ネットワークと連携し、国際的な学術情報基盤の一翼を担える世界的レベルのネットワークとする。

## 3. SINET3 のネットワーク構成

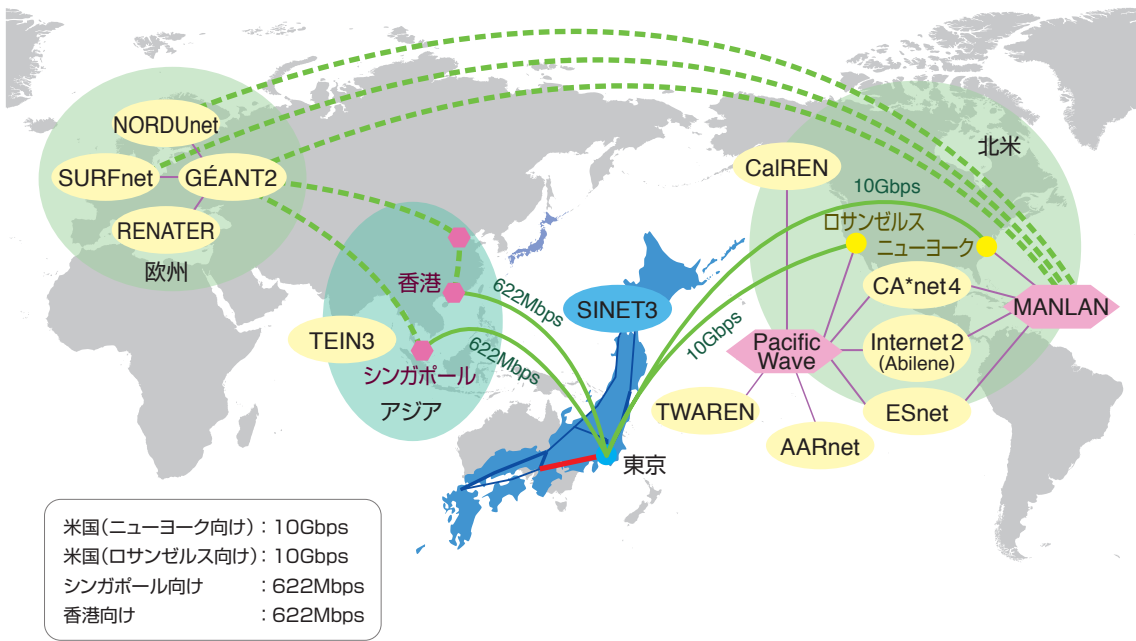
SINET3 では、レイヤ1スイッチと高性能 IP ルータを組み合わせた光 IP ハイブリッドアーキテクチャを採用し、大容量トラフィックを効率よく、柔軟に転送できるようになった。また、バックボーンの複数ループ化、障害時の高速迂回機能を備え、災害や障害に強い信頼性の高いネットワークを実現している。

【回線速度】

中継ノード(12拠点)	10Gbps~40Gbps
一般ノード(62拠点)	1Gbps~20Gbps
国際回線	日本-米圏間 10Gbps × 2 日本-シンガポール間 622Mbps 日本-香港間 622Mbps



SINET3 ネットワーク構成



SINET3 国際接続

#### 4. SINET3のネットワーク・サービス

SINET3では、最先端の通信技術（光 IP ハイブリッド技術）により、多様なネットワーク・サービスを提供している。

##### 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-

SINET3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。

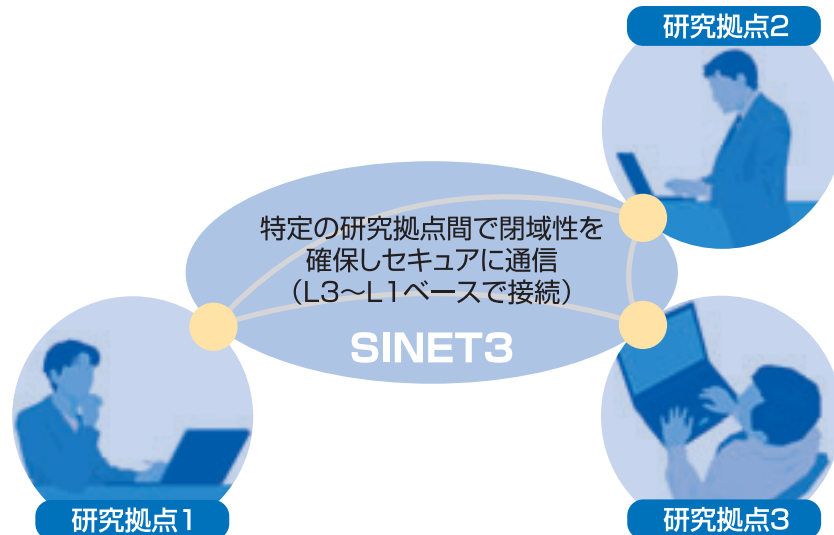
- ・ レイヤ3 (L3)：IP ネットワーク
- ・ レイヤ2 (L2)：広域 LAN 間接続
- ・ レイヤ1 (L1)：専用線

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) マルチキャスト(QoS) アプリケーション毎QoS	VPLS(QoS) L2VPN(QoS)	
ベストエフォート	L3VPN マルチキャスト マルチホーミング IPv4    IPv6	VPLS L2VPN	
	レイヤ3(IP)	レイヤ2(Ethernet)	レイヤ1(波長/専用線)

## 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す。SINET3では、任意のVPN(Virtual Private Network:仮想プライベート網)が可能であり、従来スーパーSINET で提供していたレイヤ3 VPNに加え、レイヤ2 VPN 及びレイヤ1 VPN サービスを拡充しています。



## 3) マルチ QoS サービス –高品質なネットワークの提供–

従来の SINET では、音声、映像、データといったアプリケーションを区別することなく、ベストエフォートで提供してきたため、広帯域を扱うデータ転送では限界がありました。SINET3では、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) サービスを提供します。

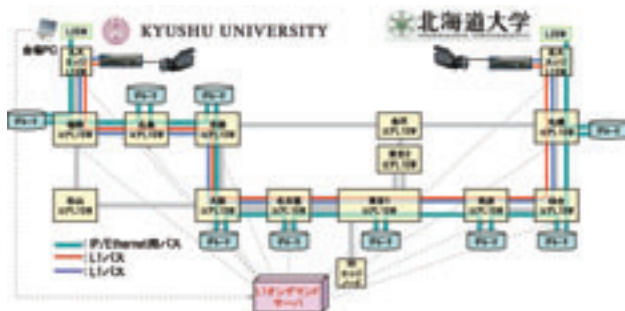
## 4) ネットワーク情報提供サービス

SINET3では、ネットワークの利用性の向上やネットワーク応用研究の発展に貢献することを目的として、SINET3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ます。

## 5) レイヤ1 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–

本サービスは、利用者から直接、接続対地、利用時間、利用帯域を指定することにより、自動的にレイヤ1パス (品質保証された専用線) を設定します。これにより、超大容量のデータ転送や超高品質な通信がユーザが必要な時に、瞬時に可能となり、革新的な学術研究ならびに学術アプリケーション開発を加速できる環境を提供します。

平成 20 年 2 月 1 日には、北大~NII 間を、合計 1.8Gbps のレイヤ1パスで接続し、無圧縮 HDTV 映像を伝送することに実網として世界ではじめて成功しました。



九大ー北大間のデモ (2008.12.2)  
 におけるネットワーク構成  
 (※ 合計2Gbpsのレイヤ1パスで接続)



帯域予約確認画面

(参考) — SINET/スーパーSINETとSINET3とのサービス比較 —

サービスメニュー			SINET	スーパーSINET	SINET3	備考
ユーザインタフェース	シリアル	1.5Mbps以下	○	—	—	2008.8末でサービス終了
	Ether系	10Mbps(Ethernet)	○	—	○	
		100Mbps(FE)	○	○	○	
		1Gbps(GE)	○	○	○	
		10Gbps(10GE)	—	—	○	当面拠点を限定(要望を受け、審議して対応)
SDH/SONET系	2.4Gbps(STM-16)	—	○	○	当面大容量情報転送用に限定	
ネットワークサービス	L3サービス	インターネット接続	○	○	○	
		IPv6	○	—	○	SINET3はNative IPv6
		マルチホーミング	○	—	○	
		フルルート提供	—	—	○	
		マルチキャスト	—	—	○	
		L3VPN	—	○	○	
		アプリケーション毎QoS	—	—	○	
		マルチキャスト(QoS)	—	—	○	
		L3VPN(QoS)	—	—	○	
	L2サービス	L2VPN	—	—	○	
		VPLS	—	—	○	
		L2VPN(QoS)	—	—	○	
		VPLS(QoS)	—	—	○	
	L1サービス	オンデマンド※	—	—	○	対象IF:GE,2.4G(STM-16),10GE、帯域粒度:150Mbps
		個別専用線	—	○	—	オンデマンドサービスで代替
情報提供サービス	セキュリティ情報	○	○	○		
	パフォーマンス計測	—	—	○	スループット計測、RTT計測	
	トラフィック利用状況	—	—	○	個別にSINET利用推進室にお問い合わせください	

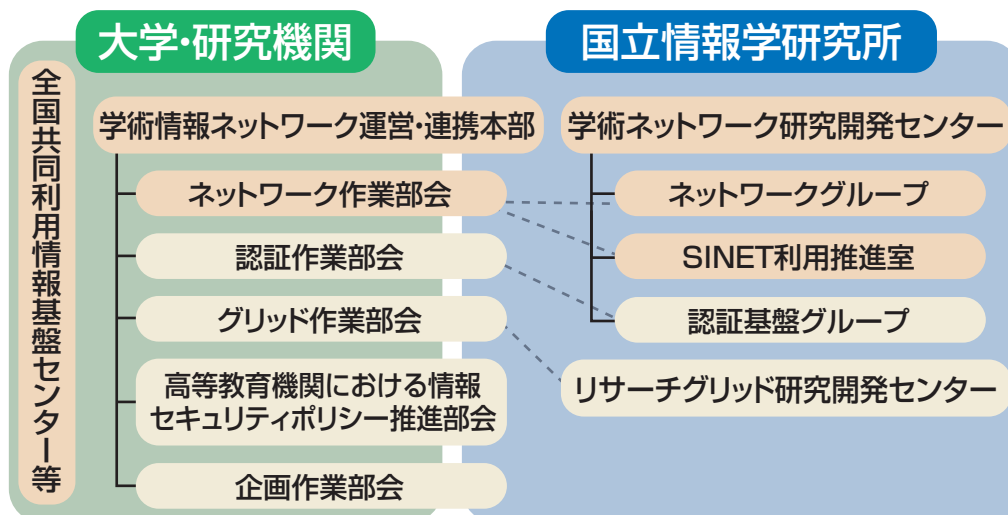
※ 波長L1VPNサービスと帯域指定L1VPNサービスは、オンデマンドサービスの本格運用に伴い、同サービスへ統合。



## 5. 学術情報ネットワークの運営体制

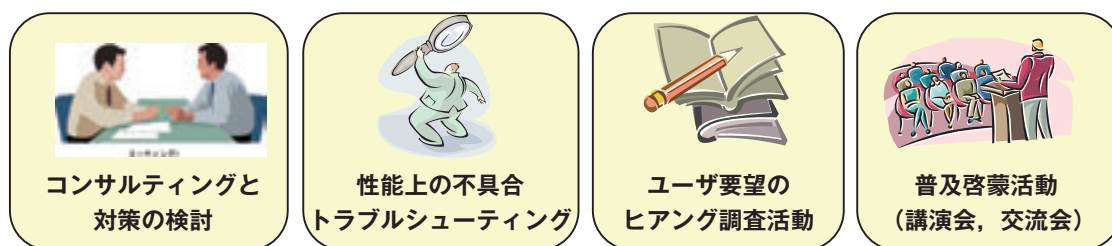
### 1) 学術情報ネットワーク運営・連携本部

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に向けたアクセス回線の一層の高速化への取組、高まりつつある学術クラウド型サービスへの対応の検討等の業務を行っている。

## 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

### 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

## 計算資源・実験施設等の遠隔利用

### 18.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

### 19.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

### 20.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

### 21.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—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

## キャンパスネットワークの高度化

### 22.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

### 23.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

## ネットワーク研究

### 24.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

## 地域活性・人材育成

### 25.「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。

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

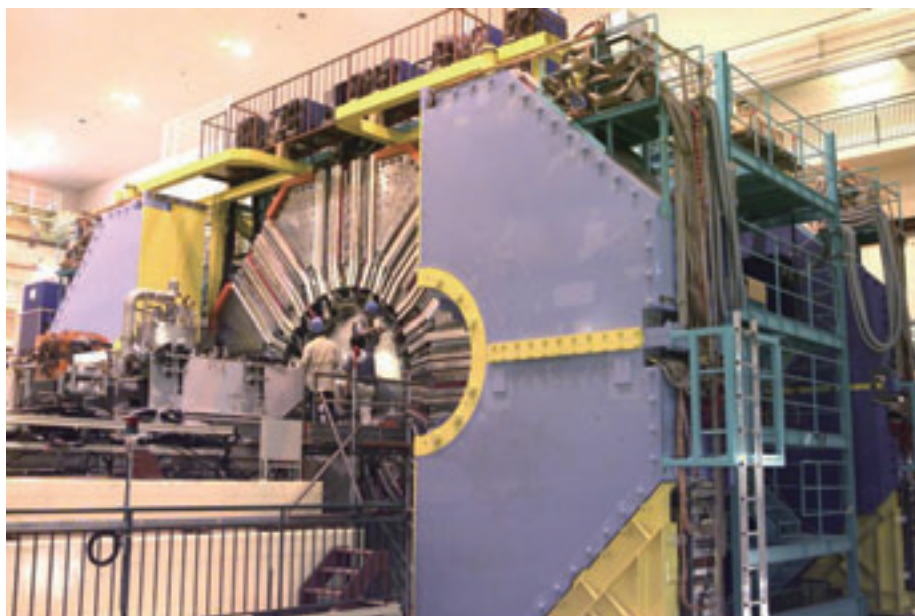


さらに、小林・益川理論に基づいて「2番目に重いボトムクォークを含む B 中間子の崩壊過程でも、CP 対称性の破れが観測されるはずである」ということが予言されました。

それを確かめるために実験が始まったわけですね。

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

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



Belle 測定器

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

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

そのデータを全部記録しておかれるのですか。

---

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

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

その役割を SINET が担っているのですね。

---

片山氏：そういうことです。Belle 実験ではこれまでも SINET、スーパー-SINET を利用しており、現在は SINET3 の 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出るようなこともありません。研究には国際競争と国際協調の両面があるわけですが、そのどちらにおいても、SINET が提供する高速・大容量ネットワーク環境の持つ意義は大きいと言えます。

今後はどのように実験を進めて行かれるのですか。

---

片山氏：小林・益川理論の検証という所期の目的は果たせたわけですが、その一方で新たな研究課題もいろいろと見つかっています。たとえば、今の世界ではどこを見渡しても粒子しか見当たりませんが、約 137 億年前、ビッグバンによって宇宙が創成された時には粒子と反粒子が同じ数だけあったはずなのです。今反粒子が消えてしまったのは、巨大な CP 対称性の破れが起こったからだと思われれます。こうした現象をうまく説明す

るには、また別の理論が必要になります。新しい提案もいろいろと行われていますが、かつての小林・益川理論のような決定打はまだ存在しません。いわば、また新たな大航海時代に乗り出したようなものなのです。

このような状況下においては、実験が果たすべき役割がこれまで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。

## 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の超高速回線を通じて、遠隔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関わった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。

International Collaboration: Belle

4000B~1TB/日  
のデータが発生

KEK筑波実験室  
Belle測定器

4000B~1TB/日

東北大学  
理学部

東京工業大学  
理学部

学術情報ネットワーク(SINET)  
10Gbps~40Gbps

大阪大学  
理学部

名古屋大学  
理学部

東京大学  
理学部

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

\*SINETは、全国の大学等の教育研究活動及び先進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。

8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/>

© 2008 National Institute of Informatics



## 2. ニュートリノ研究

### 東京大学 宇宙線研究所附属神岡宇宙素粒子研究施設

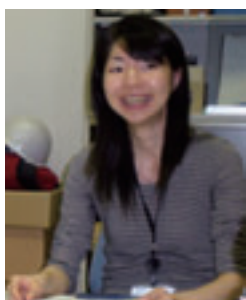
---

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。

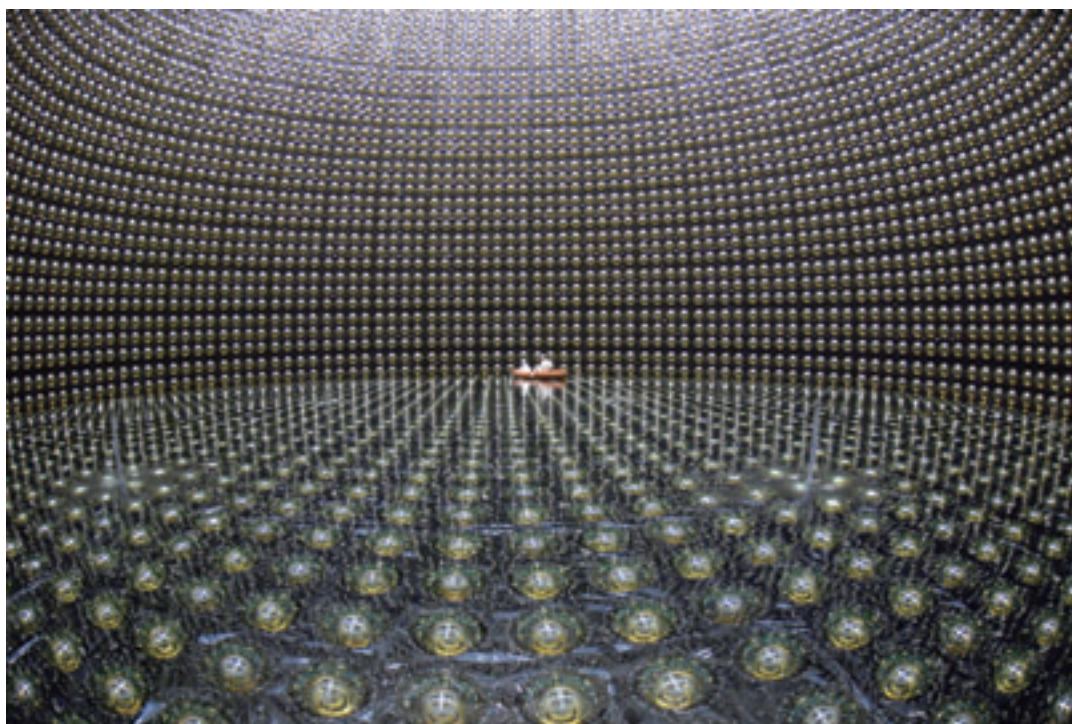
---



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。



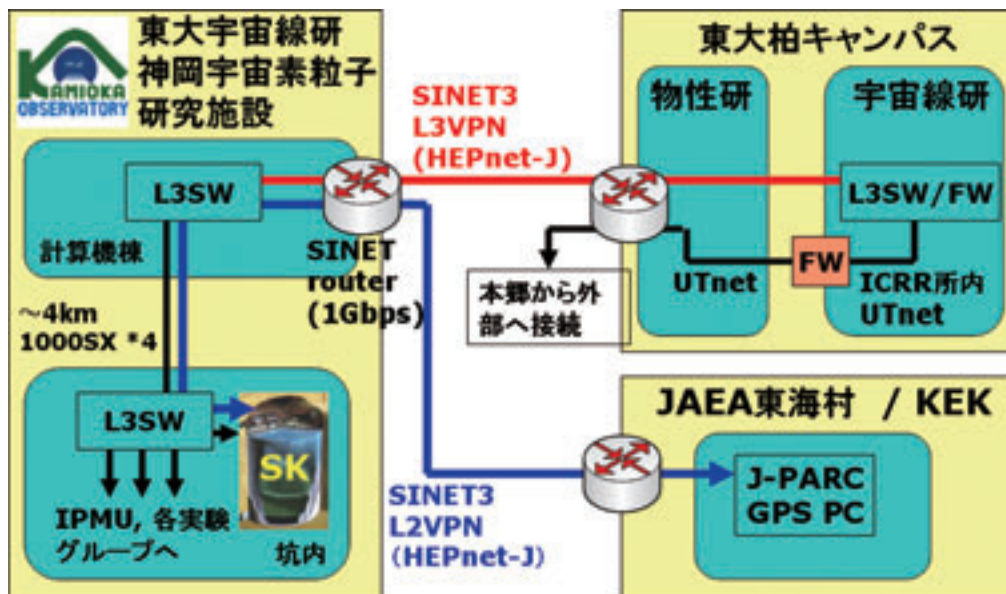
スーパーカミオカンデ内部の様子（現在は純水で満たされている）

©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でつないでいたのですが、その頃は通信速度や安定性の確保が悩みのタネでした。2400bps のアナログモデムにはじまり、ISDN 64Kbps～128Kbps、ATM 2Mbps と、その時々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、リモートからだてコマンドを実行してから10秒も待ったりする。これではとても効率的な研究は望めません。とはいえ、現役の学生は授業にも出ないといけなないので、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年には、先にご紹介した T2K 実験や XMASS 実験も控えています。今後とも宇宙・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。



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年からですが、現在のセンターになったのは2004年からです。

現在参加されている「アトラス実験」について教えてください。

---

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

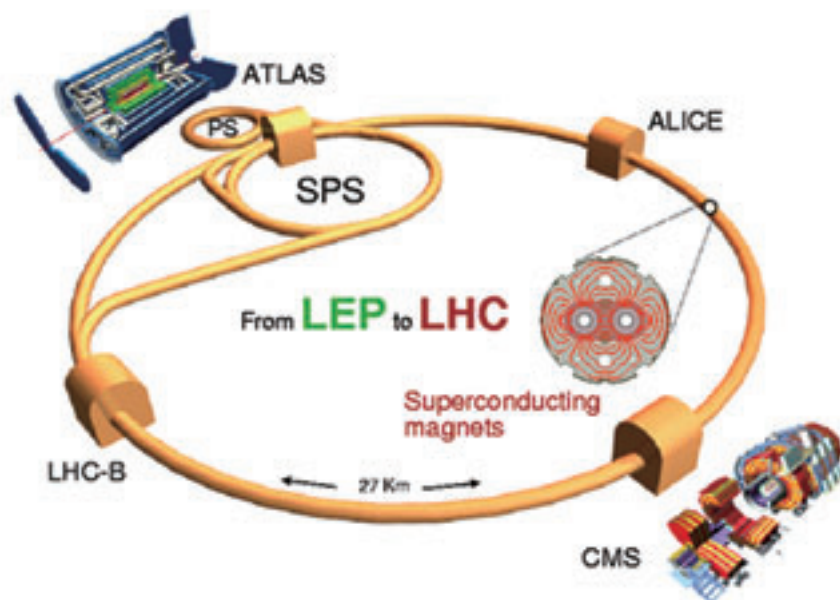


アトラス実験の目的としては、まずヒッグス粒子の発見が挙げられます。素粒子の標準理論はほぼ確立されていますが、そのうちの粒子の1つであるヒッグス粒子がまだ発見されておらず、重要なミッシング・ピースになっているのです。LHCを使ったアトラ



ス実験では、これが発見されるのではないかと期待されています。また、このほかにも、超対称性粒子の発見など様々な現象を探索していく予定です。

## The Large Hadron Collider (LHC)



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。



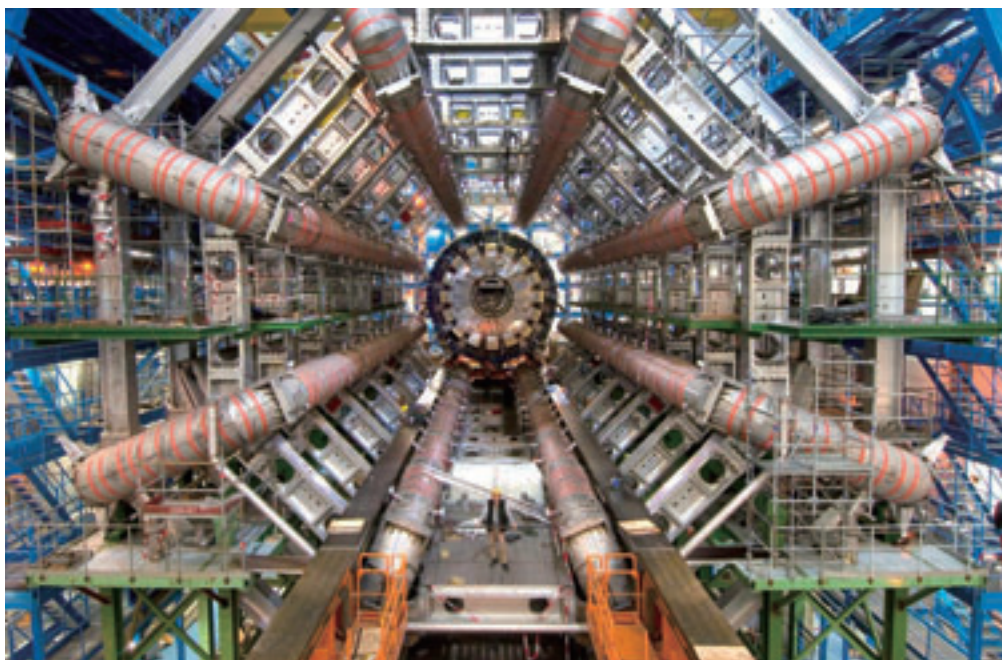
ちなみに、加速器が陽子を衝突させると言っても、実際に反応に関与するのは内部の一部のクォークやグルーオンに過ぎません。このため、いくらTevatronが2TeVであっても、実質的なエネルギーはもっと低いのです。それがLHCによって、ようやく新粒子の発見可能性が高いと考えられているTeV領域での反応を見られるようになります。LHCへの期待が高いのもそのためです。

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、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 GÉANT2、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。

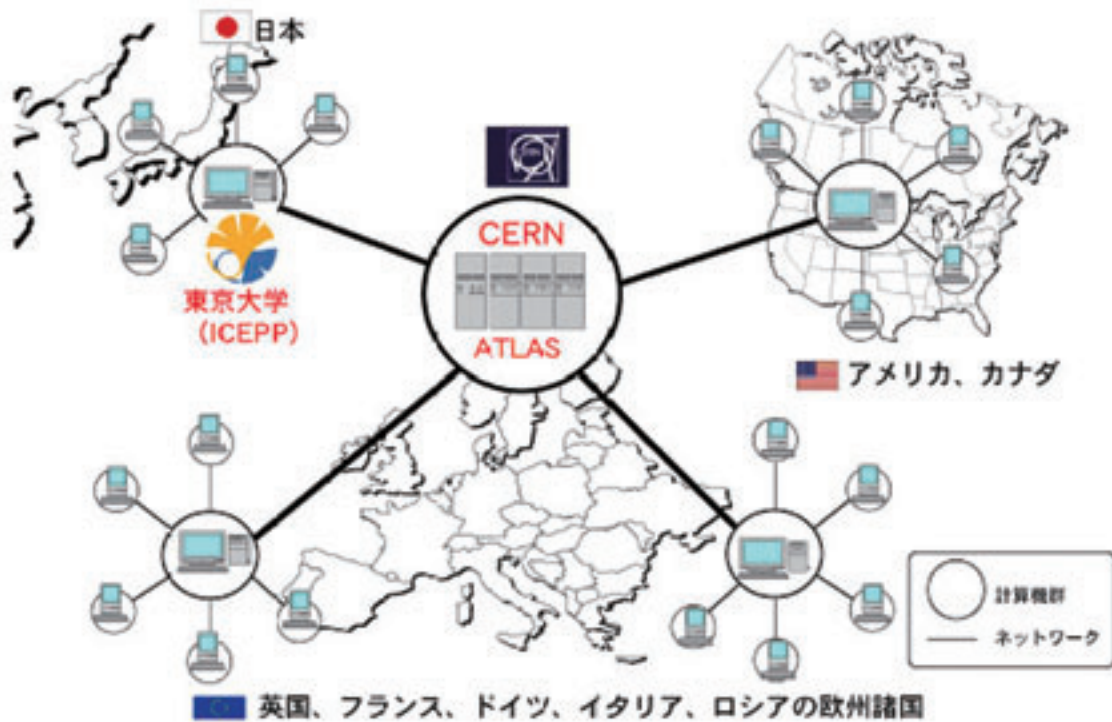
### 最後に、実験開始を直前に控えた意気込みを伺えますか。

---

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っています。



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。



データ解析ネットワーク(提供：ICEPP)

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・素粒子標準模型の研究

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。

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んですね。

---

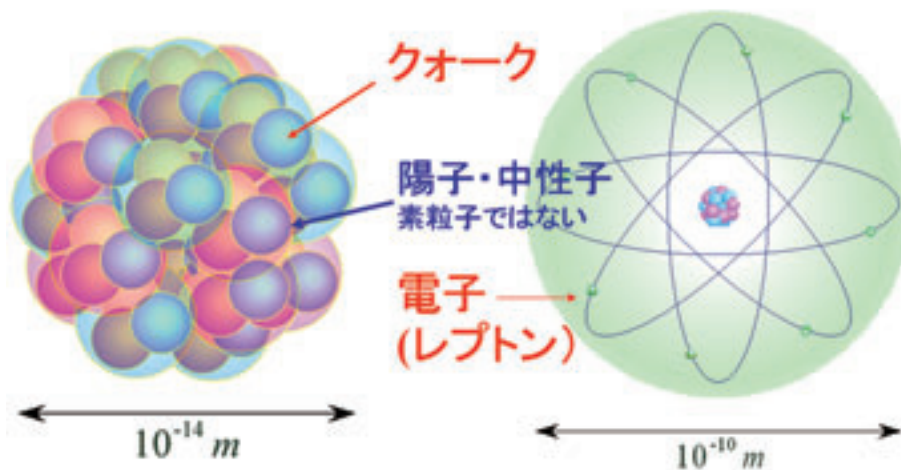
建部氏：そういうことです。当センターには、素粒子宇宙、物質生命、地球環境生物の3分野の研究者と、我々計算機分野の研究者が集まっていますが、こうした形のセンターは全国的にも珍しいのではないのでしょうか。

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。

### 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

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ようですが、これはどういうものなのでしょう。

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

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

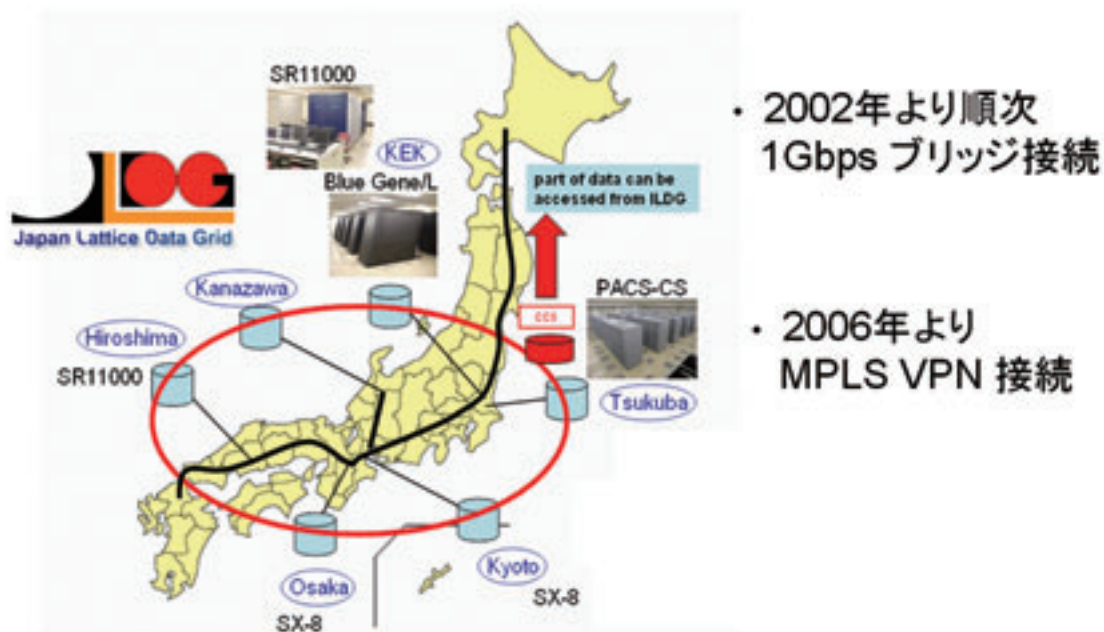
なるほど。それならお互いのデータを有効に利用できますね。

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。

## ネットワーク概要



「hepnet-J/sc」プロジェクトのネットワーク



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。

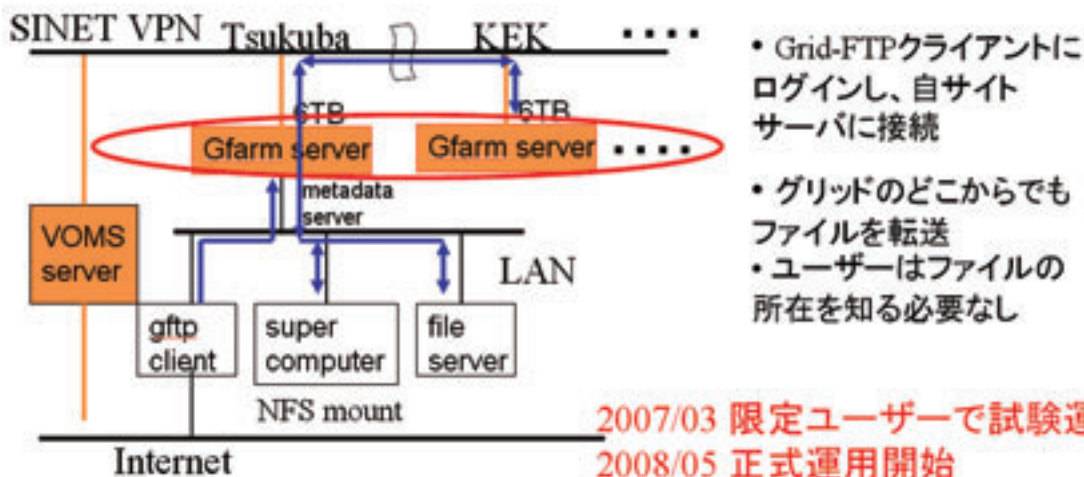
建部氏：そうですね。ユーザーは自分が所属する組織のサーバにログインするだけで、研究に必要なデータを自由に利用できます。そのデータが実際にどこのサーバに格納されているかは、まったく意識しなくても大丈夫です。

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なる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。



<http://www.jldg.org/>

- **Gfarm** (AIST, Tsukuba): global file system (fault tolerant, replica)
- **VOMS** (EDG): virtual organization management
- **Naregi-CA** : user certification
- **Globus Toolkit** (ANL) : GSI- GridFTP
- **uberftp** (NCSA): interactive GridFTP client



JLDG(Japan Lattice Data Grid)

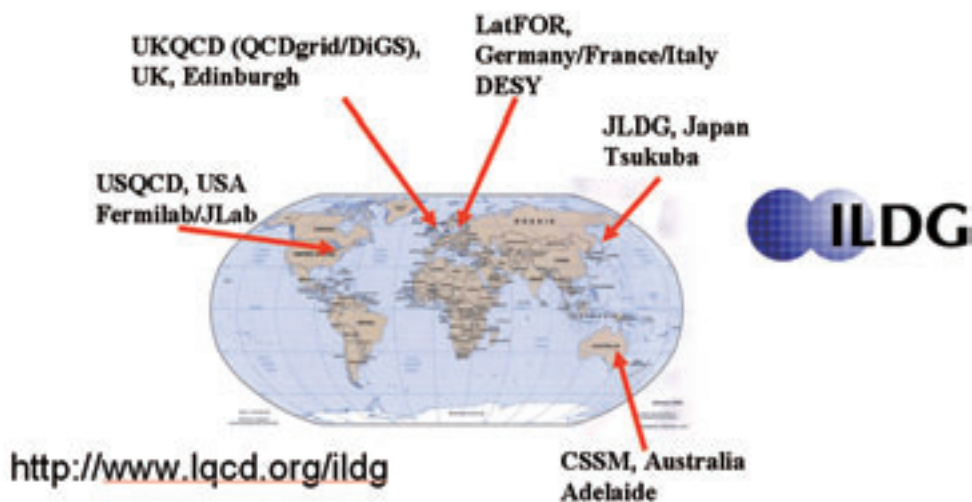


そこを SINET が支えているというわけですね。JLDG の活用状況はいかがですか。

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)



ILDG(International Lattice Data Grid)

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

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

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

**ありがとうございました。**

## 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。

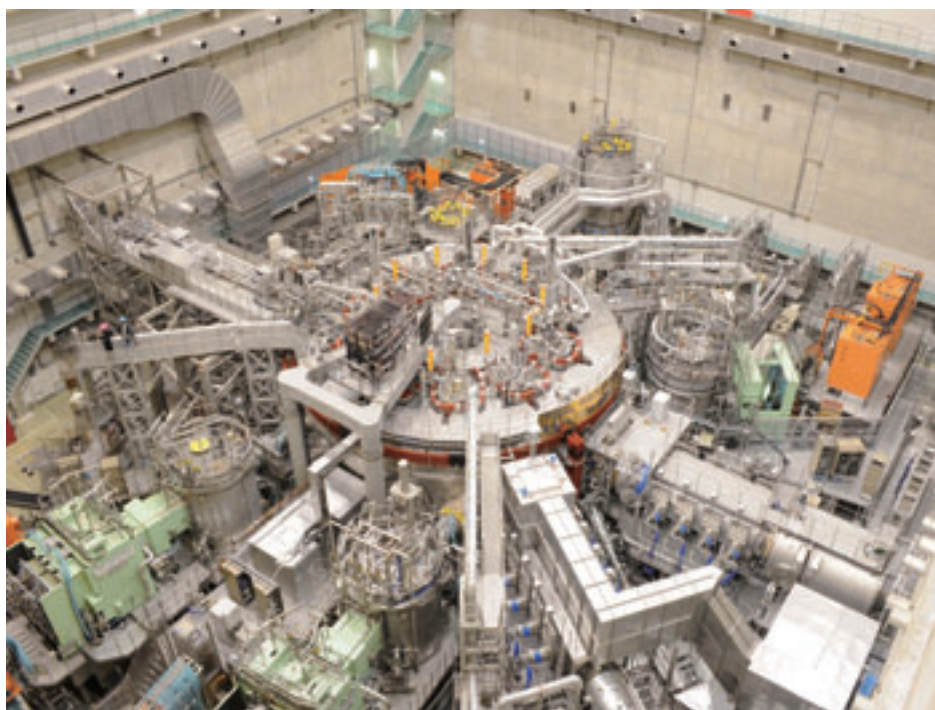
山本氏：私が所属するシミュレーション研究部では、プラズマの物理機構を解明するためのシミュレーション研究を行っており、3次元没入型バーチャルリアリティシステムの開発なども進めています。また私自身は、NIFS の情報ネットワーク全般を担当しています。



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

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

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



LHD 実験装置



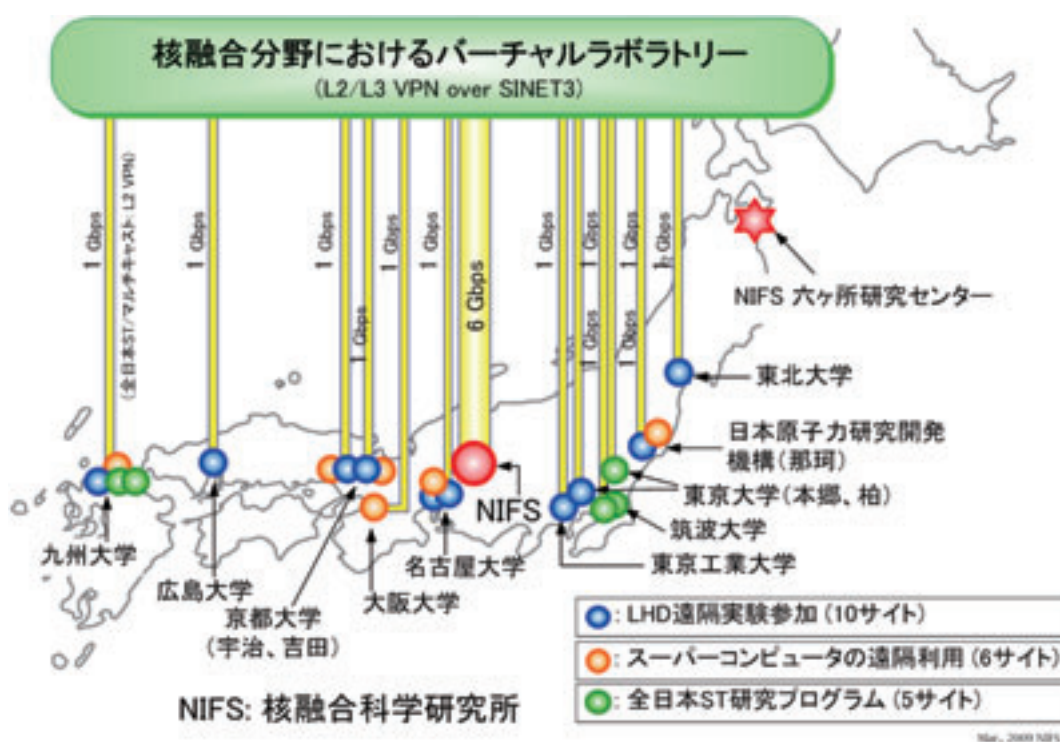
LHD 制御室



そのための基盤となるネットワークが「SNET」というわけですね。

山本氏：その通りです。当初 SNET では、スーパーSINET の 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。



#### 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きっちり同期させる上で、L2-VPN のマルチキャストが大変役に立つんですね。たとえば「実験開始 30 秒前」というマルチキャストのメッセージを聞いた上で、待ち状態に入るといったことができます。つまり、データ伝送の手段としてだけでなく、実験の制御用ネットワークとしても SNET が利用できるのです。こうした使い方が可能になったことで、実験の形態も大きく広がっていくと期待しています。

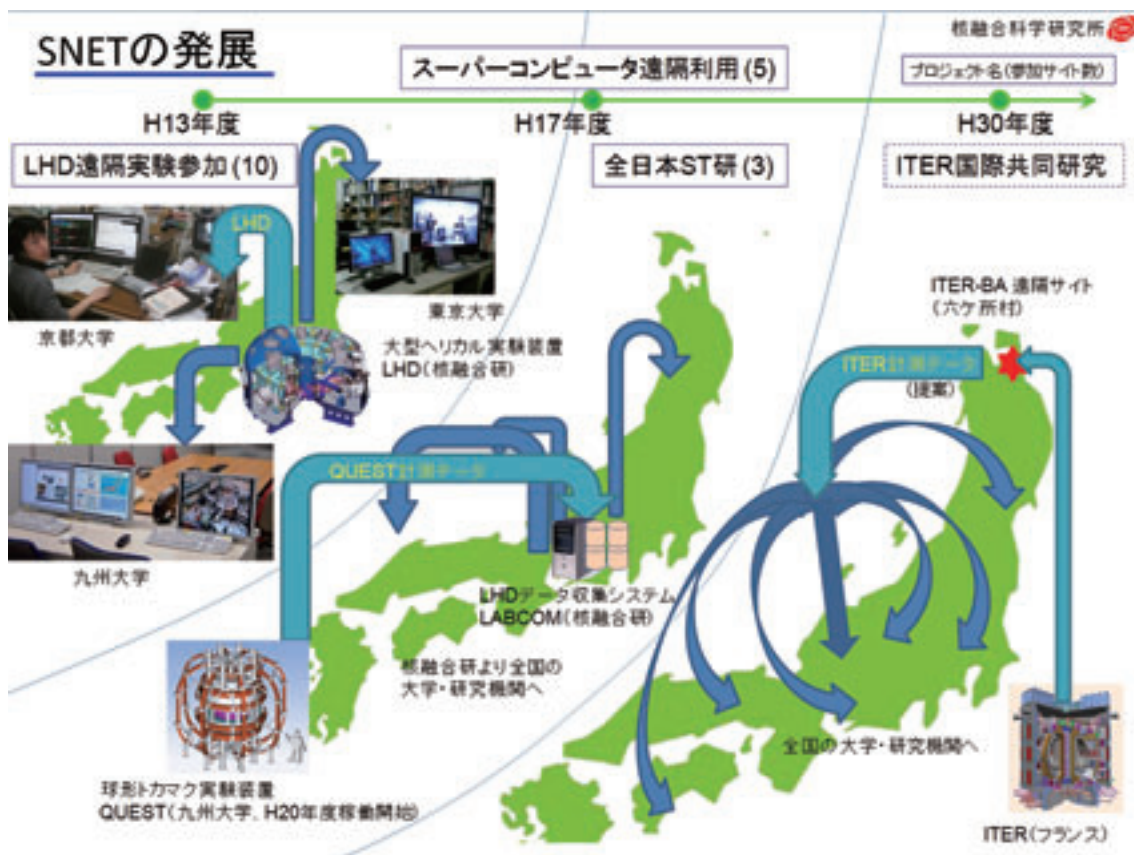
**国際共同研究プロジェクトも進められているようですが。**

---

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

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

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



### SNETの発展

最後に今後の研究に掛ける意気込みを伺えますか。

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

中西氏：LHD の実験データシステムでは、比較的早くから分散アーキテクチャを取り入れ、最初は LAN、それから WAN へと領域を拡大してきました。また LHD から外への一方通行だけでなく、今回の QUEST のような双方向のデータ活用も実現してきました。将来的には、こうした環境を海外にも拡げて、グローバルな核融合バーチャルラボラトリー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: Research Center for Nuclear Physics) 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 (Laser Electron Photon beamline at SPring-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、

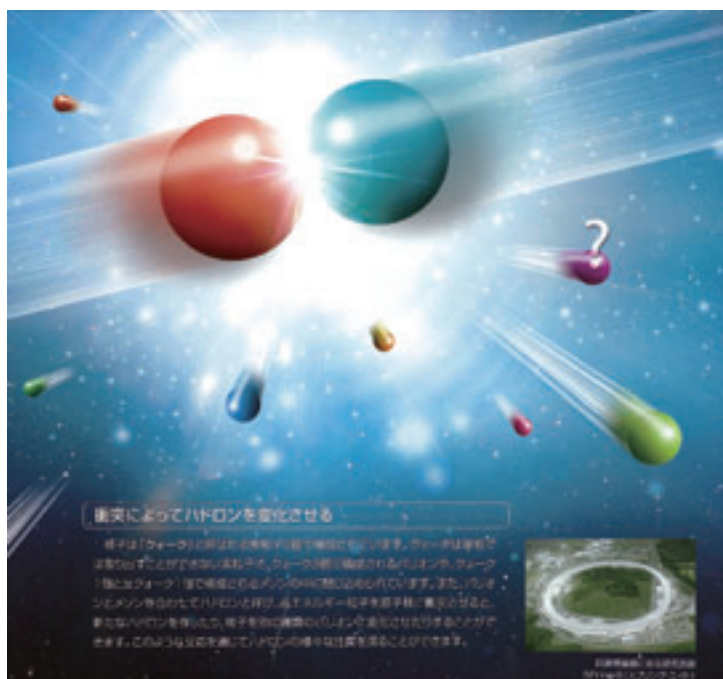
我々のグループではハドロン物理、つまり陽子や中性子の中に存在するクォークのふるまいを調べる実験研究を行っています。

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すか。

中野氏：クォークのような小さな粒子を調べるには、極めて波長の短い光が必要になります。光の波長とエネルギーは反比例の関係にありますので、波長を短くするためにはエネルギーを高めなくてはなりません。ここで役立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。

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のが可能になるのです。

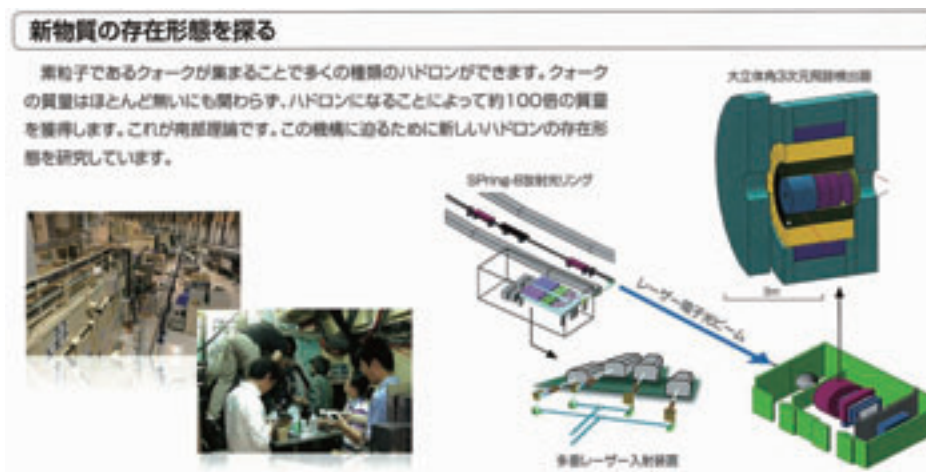




衝突によってハドロンを変化させる

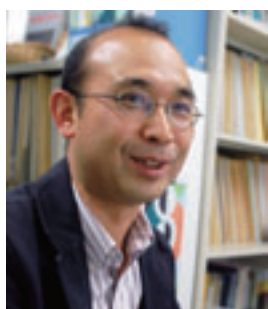
実験はどのような形で進められるのですか。

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、その後に長い時間を掛けてデータを解析する作業が控えています。新しく参加した研究者が、独自の視点で過去データを解析し直す場合もありますので、いかに大量のデータを実験で取得し、蓄積していくかが重要なポイントになります。



新物質の存在形態を探る

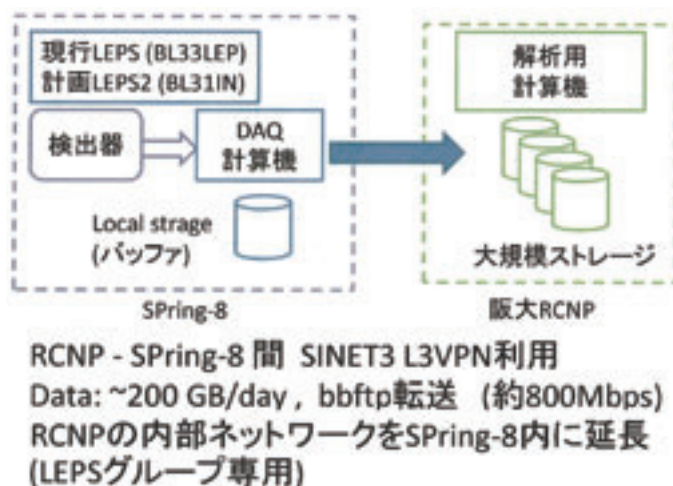
## LEPSを支えているシステム／ネットワーク環境についても伺いたいのですが。



堀田氏：SPring-8内には、検出器で収集したデータを記録、一次保存するための計算機とローカルストレージが置かれており、実際の解析作業は当センター内の解析用計算機と大型ストレージを利用して行います。また、この間のデータ転送のインフラとして、SINET3の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勞する場面もありました。しかし、2005年度にSuper SINETノードが設置されてからは、こうした問題も解消できています。現在、SPring-8では一日あたり200GBものデータが生成されていますが、約600Mbps程度の通信速度が確保できているおかげで、転送も非常にスムーズです。

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

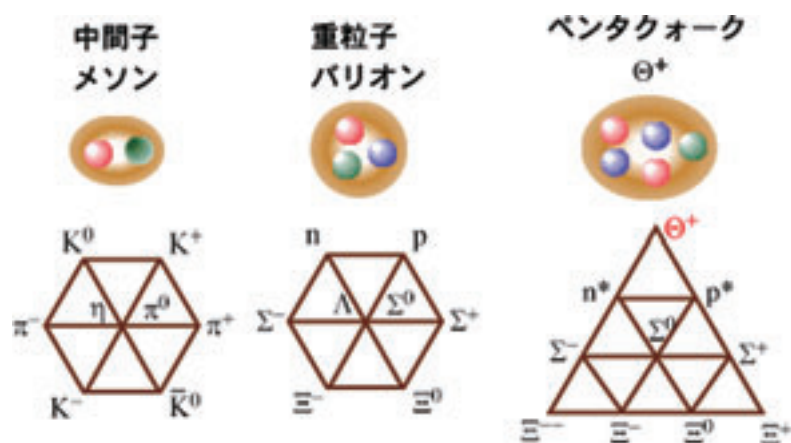


実験データの流れ

## これまでの研究成果について教えてください。

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





ハドロンを分類するSU(3)ウェイト図

「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、解析するスタイルが変わっています。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. SINET3の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. SINET3 の 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ありませんよね。これと同じようなことが、そのまま光結合VLBIにもあてはまります。観測を行うためには、できるだけ大量の観測データを集めてくる必要があるのです。ちなみに、現在の観測システムでも8Gbpsの帯域を余裕で埋められるくらいの能力がありますが、最近開発した装置では50GHzのサンプリングが可能です。これが実用化されると、理論的には双方向で100Gbpsのデータが流せますので、回線帯域はどれほどあっても困ることはないですね(笑)。

---

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

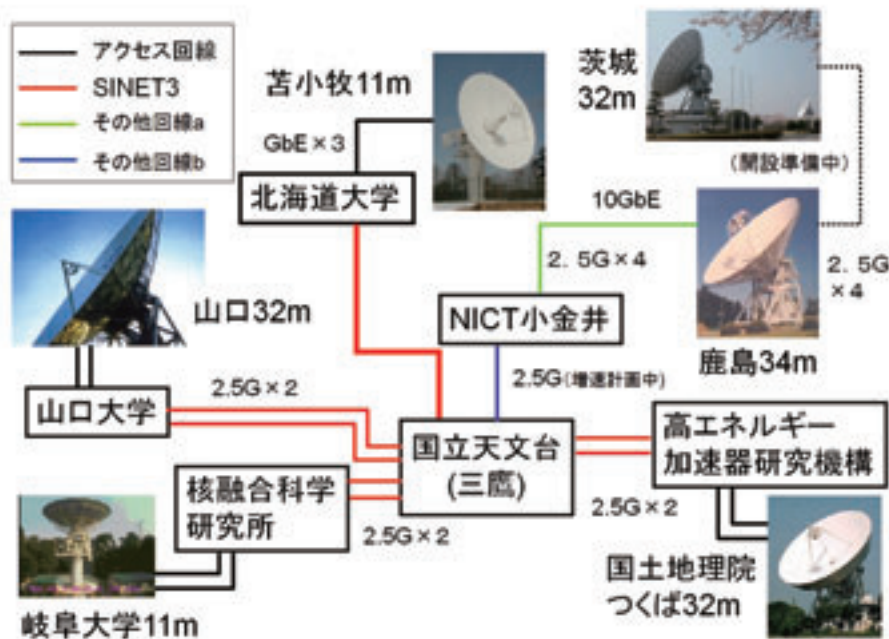
川口氏：国立天文台以外の電波望遠鏡には、それぞれ固有のミッションがありますので、意味のある観測データが取れるのは、我々が時間を指定して使わせてもらっている期間だけです。すべての電波望遠鏡を同じ天体に向けないと、観測は行えませんからね。しかし、それ以外の観測を行っていない間も、24時間・365日データは流れ続けています。いわば、観測に使えないデータで帯域を占有することになっていたわけです。我々としても、この点を以前から心苦しく思っていました。

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

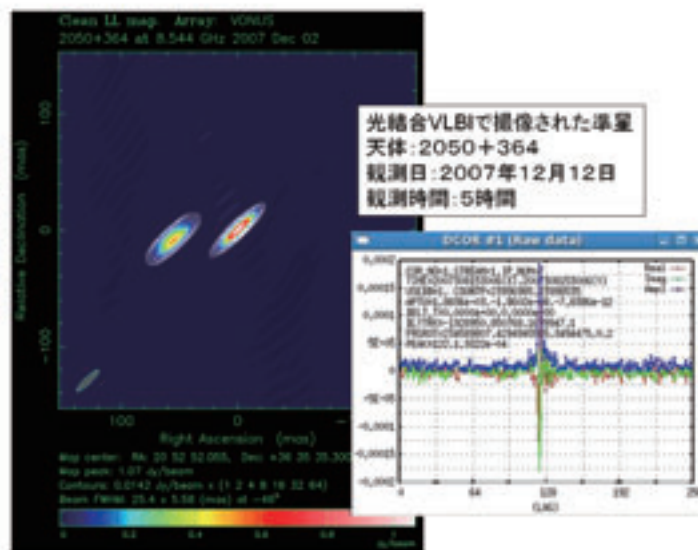


実際にサービスを利用してみた印象はいかがですか。

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



光結合 VLBI 観測網



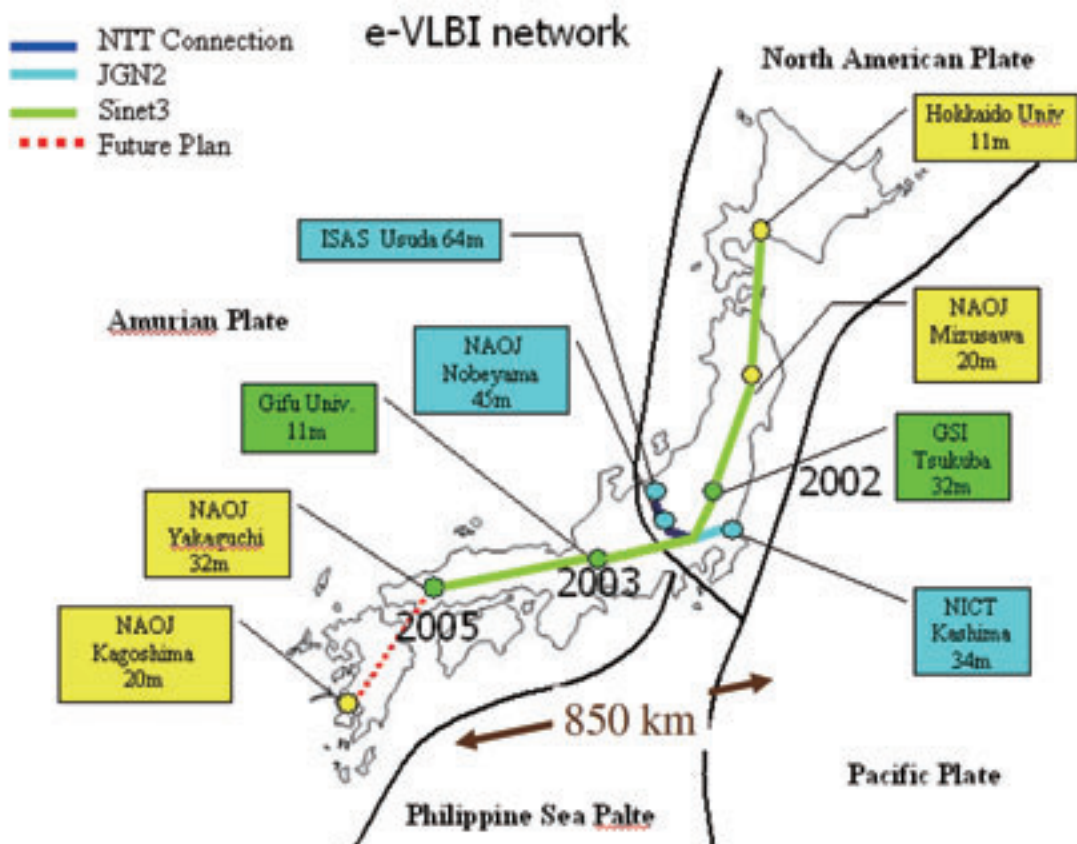
光結合 VLBI で撮像された準星 (2007.12.12)

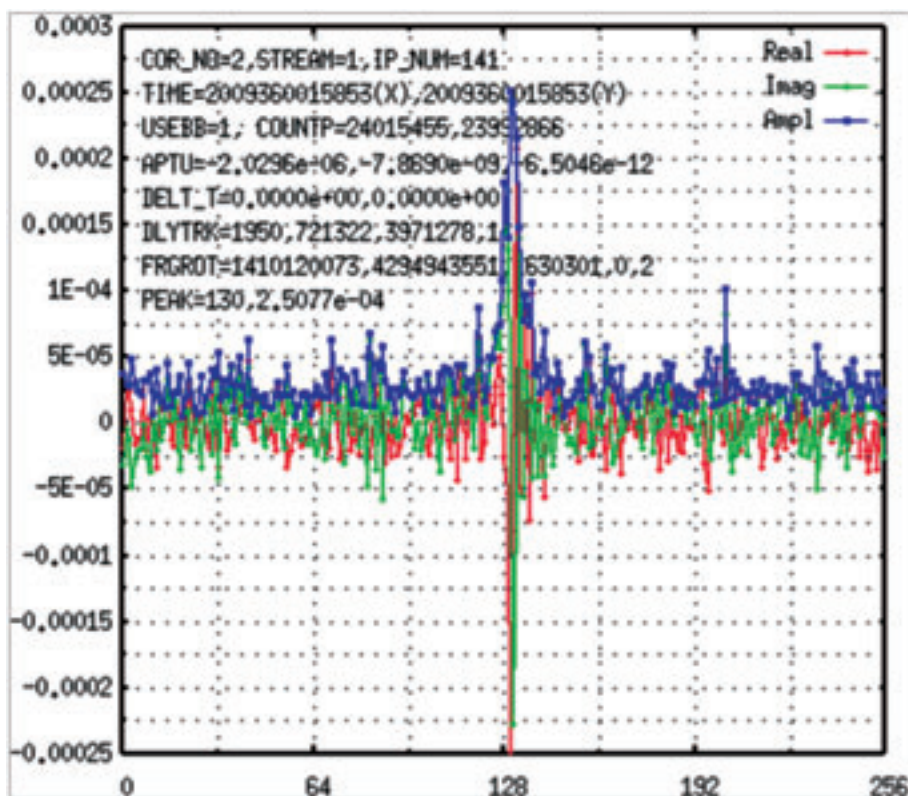
他の大学や機関と予約が重なったりするケースもあるのですか。

原氏：現在は試行期間中なのでそうでもないですが、今後正式にサービスが開始された際には、そういうこともあるでしょうね。もっとも、我々の場合は土日に観測を行うことも多いので、他のユーザーに比べて競合の心配は少ないかも知れません。予約の希望が複数あった場合は、L1 オンデマンドサービス側で抽選を行い、「当選」「落選」という表示が出るようになってはいますが、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。





図：鹿島—苫小牧基線の初フリンジ（2009.12.26）

最後に SINET への期待を伺えますか。

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

ありがとうございました。

## 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。

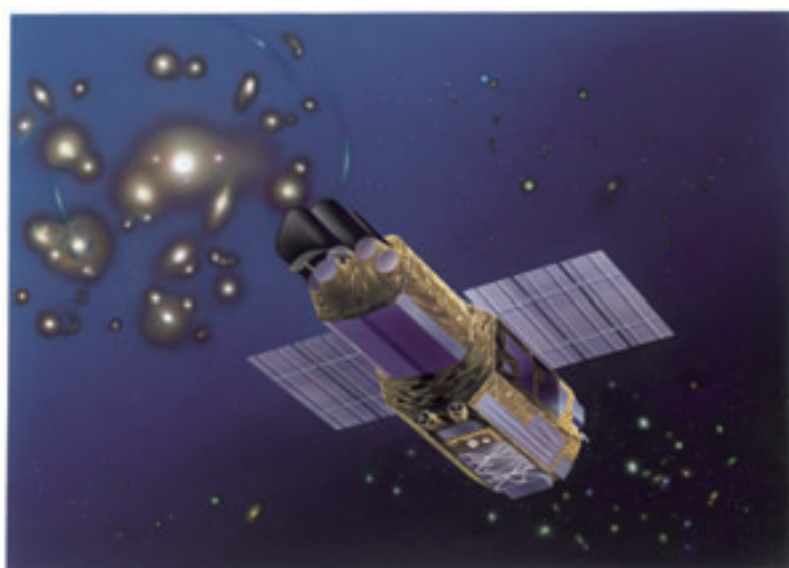
(\*2010年4月、宇宙科学研究本部から、宇宙科学研究所へと名称および組織の変更が行われました。)

(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)

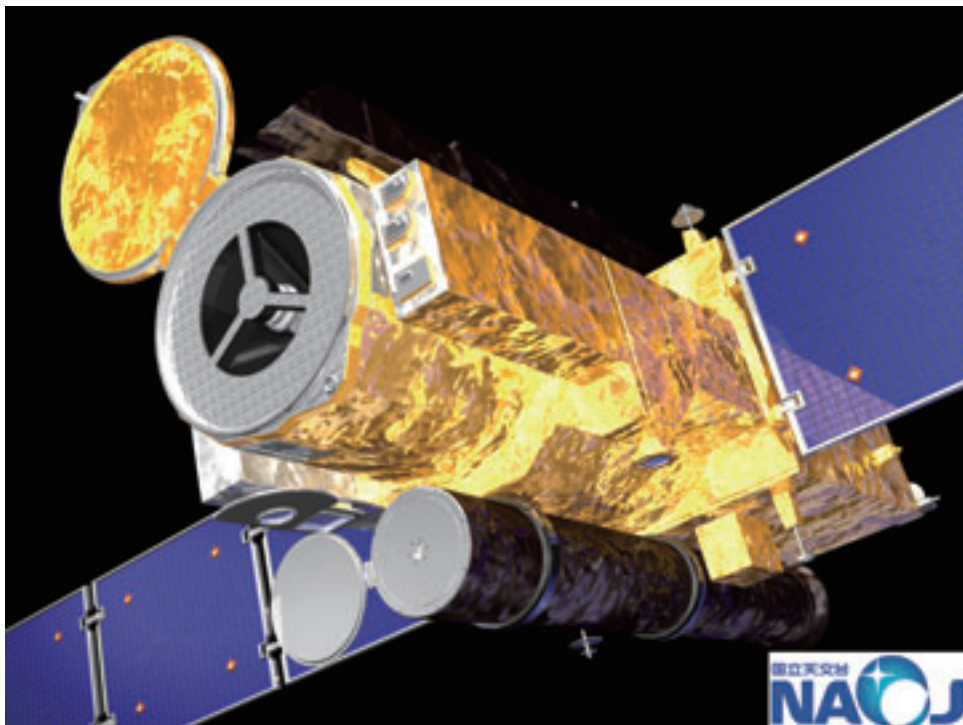


肉眼で見える現象を観測するだけでなく、X線による観測も行われているんですね。

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分かります。こうした分析を行うことで、銀河の成り立ちを研究したりできるわけです。

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

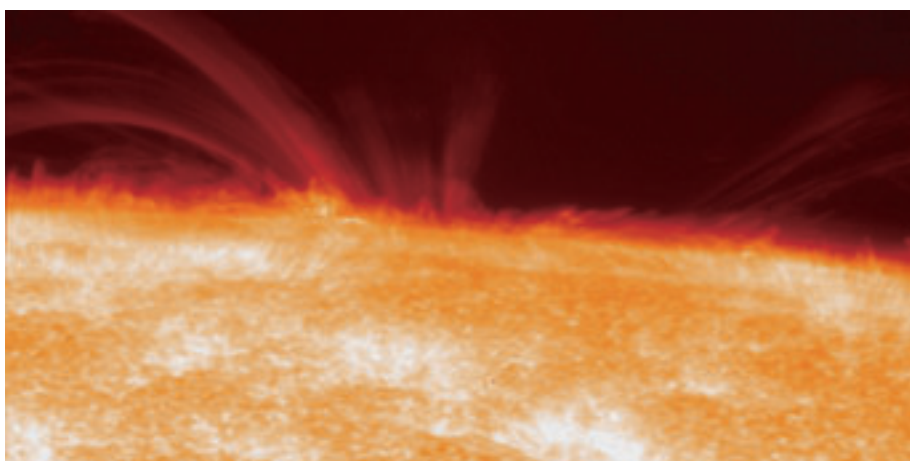
田村氏：「ひので」は、太陽の研究を行うための太陽観測衛星で、1991年に打ち上げられた「ようこう」の後継衛星になります。日本では、当研究本部と国立天文台の「SOLAR-Bサイエンスセンター(<http://hinode.nao.ac.jp/sbssc/>。以下、ひので科学センター)が共同で観測を行っています。また、観測装置の開発にあたっては米国NASA(アメリカ国立航空宇宙局)や、英国PPARC(素粒子物理学 天文学研究協議会)との国際協力も行われました。



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しても、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

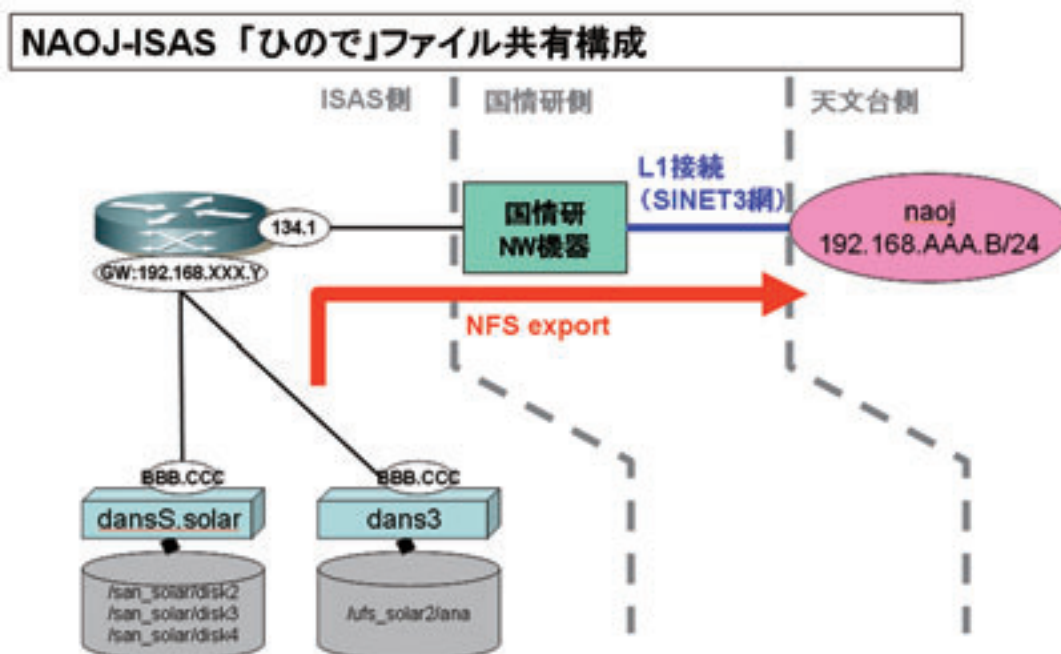
今後の太陽天文学の発展に貢献する衛星というわけですね。SINETはどのような形で利用されているのですか。

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つ

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はありませんか。

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、それに合わせ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、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、その面白さはどのような点にありますか。

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。



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。



VERA 4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）

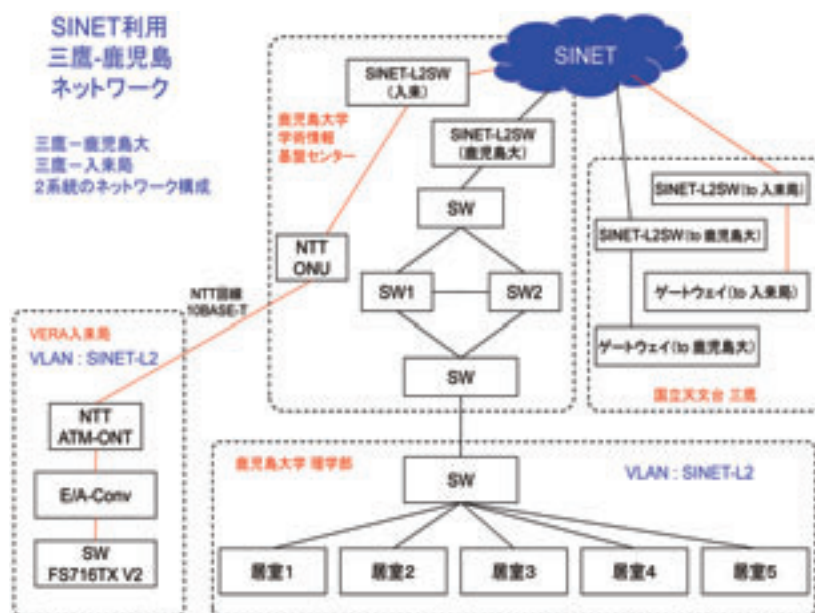
SINET3を導入された理由をお聞かせ下さい。

---

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の利用を勧めて頂きました。

## SINET3を導入した感想はいかがですか。

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



三鷹・鹿児島大学・入来ネットワーク概念図

## 今後の展開についてもお伺いしたいのですが。

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

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・アーカイブ及びデータ配布

### 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ったことも行っています。

また、当センター自身でも、いろいろな研究活動を展開しています。たとえば、2007年から、東京大学気候システム研究センター、名古屋大学地球水循環研究センター、東北大学大気海洋変動観測研究センターと連携して、地球気候系の診断に関わるバーチャルラボラトリーを形成しています。各センターの名称を見てお分かりの通り、それぞれが得意分野を持つ専門集団です。こうした複数のセンターが連携して研究を行うことで、

地球気候系診断の進展や学生の教育に大きな効果が期待されています。当センターでも、日本・米国・欧州・中国の静止気象衛星の観測データを1時間間隔で受信し、全球静止気象衛星データセットの作成と公開を目指しています。



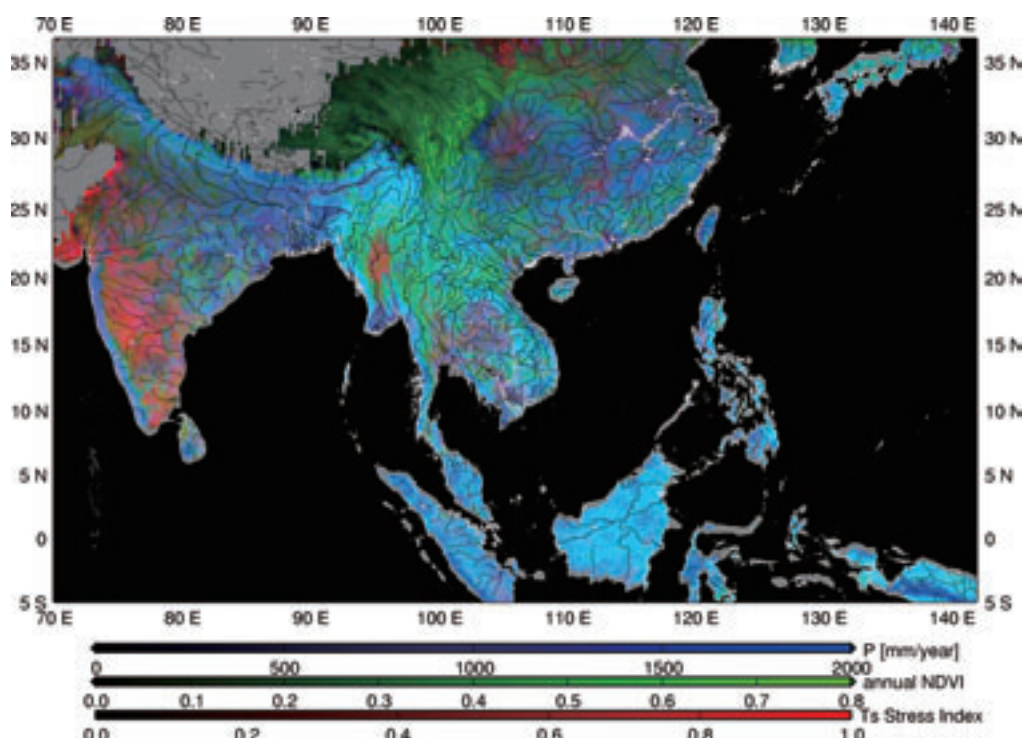
中国静止気象衛星 FY2 データを受信するためのアンテナ

**こちらで提供されている観測データは、誰でも自由に利用できるのですか。**

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

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

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



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

最後に今後の展開について伺えますか。

---

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

ありがとうございました。



# 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

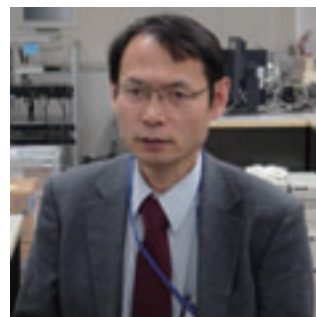
東京大学地震研究所では、全国の国立大学や気象庁、防災科研、海洋研究開発機構などと共同で、全国地震観測データ流通ネットワーク「JDXnet」の構築・運用を行っています。このネットワークが持つ意義とSINETの役割について、東京大学地震研究所 地震予知情報センター 教授 鷹野澄氏（\*）と、同助教 鶴岡弘氏にお話を伺いました。

（\*現在は、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。

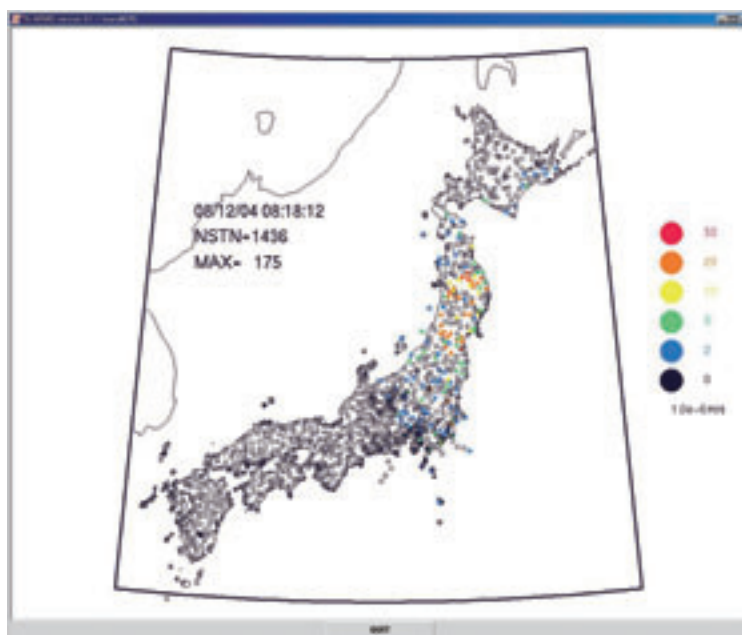


**JDXnet を流れる観測データは、どのような形で活用されているのですか。**

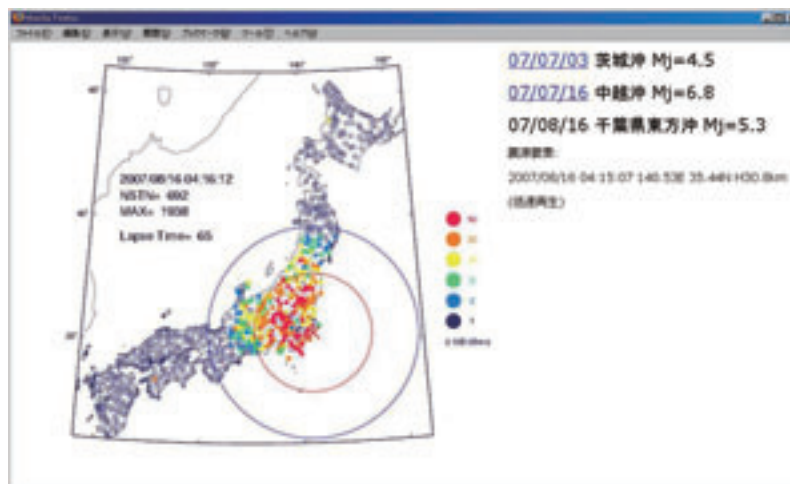
---

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でつないで、データを中継してもらっているんですね。その点、SINET3 は全国の大学をカバーしていますので、今までよりも多くの大学が直接広域 L2 網に参加することができます。さらに、「自前では観測点は持っていないが、観測データをリアルタイムで活用したい」という大学に対しても、SINET3 経由でデータを提供することができます。日本の地震研究を活性化していく上で、こうした環境が実現できた意義は非常に大きいと言えます。



今後の地震研究にも大いに役立ちそうですね。

---

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

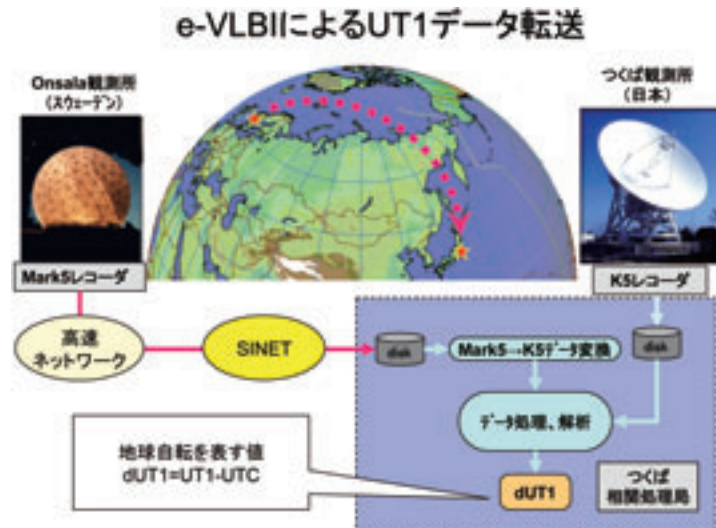
2番目は、世界の経緯度や測量の基準を定めるためのものです。ここではVLBIのほかに、SLR（衛星レーザー測距）やGPSなどの技術も用います。SLRはミラーボールのような人工衛星にレーザー光線を当てて距離を測る技術で、これを繰り返すと地球重心の位置が求められます。さらにVLBIで観測した距離の情報などを加え、世界中のGPS観測局に対してx, y, zの座標値を与えます。さらに、これらのデータを集約して構築したのがITRF（国際地球基準座標系）です。ITRFはVLBIのような科学的観測によって実現された全世界共通で利用できる測地基準系で、「世界測地系」と呼ばれます。日本では、以前は明治時代の技術を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



世界の主なVLBI観測局

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

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

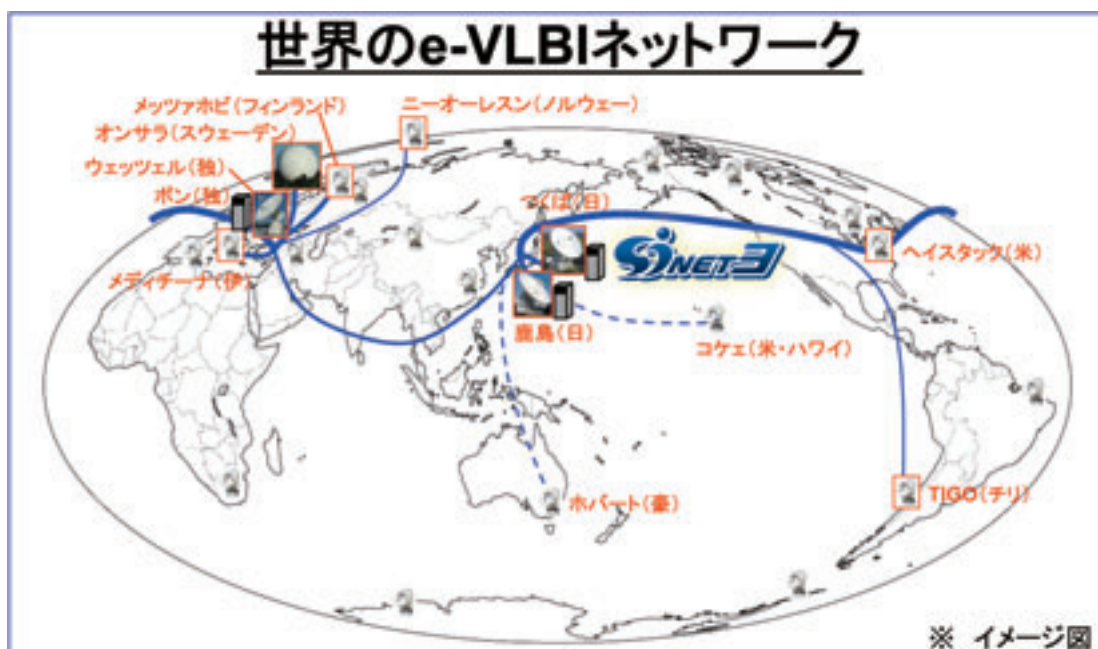


VLBI観測ではネットワークが果たす役割も大きいとのことですが。

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、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観測後すぐに自動転送して月曜の朝にデータ処理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。

さらに現在では、観測データを一度観測局側のディスクに記録せずに、サンプリング装置から直接ネットワークに流して日本側でデータ処理を行うといった実験も行っています。こうすることで、よりリアルタイムに近い地球自転が求められます。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。

関連URL <http://vlbldb.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】**

- 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）**



## 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 活用の取り組み

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ください。



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。

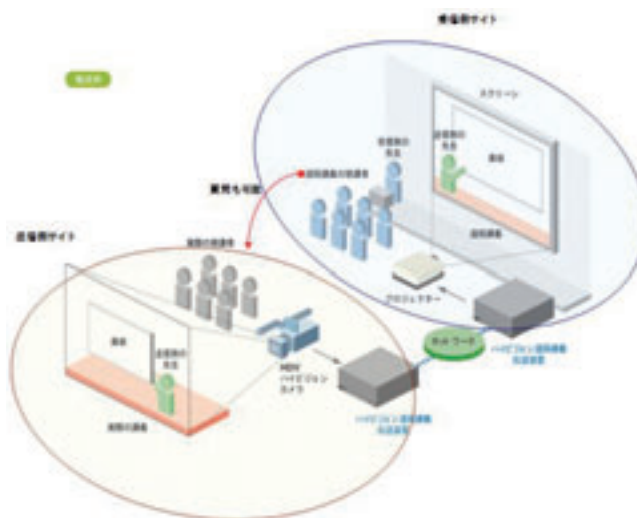
ここではいろいろな活動を行っていますが、その一つが医療・福祉現場で実際に役に立つソフトウェアを、学生自身がリーダーシップを取って開発する「SIP プロジェクト」です。たとえば、ベテランの介護福祉士の方が介護を行う際の身体の動き方をコンピュータで解析し、そのノウハウを明らかにするプログラムを開発するといったことを行っています。ちなみに、SIP プロジェクトを含む所定の教育プログラムを修めた学生には、成績証明書に「副専攻プログラムとして医療福祉情報を修めた」と記載されますので、医療機器関連メーカーへ就職する際などの大きな材料にもなっています。

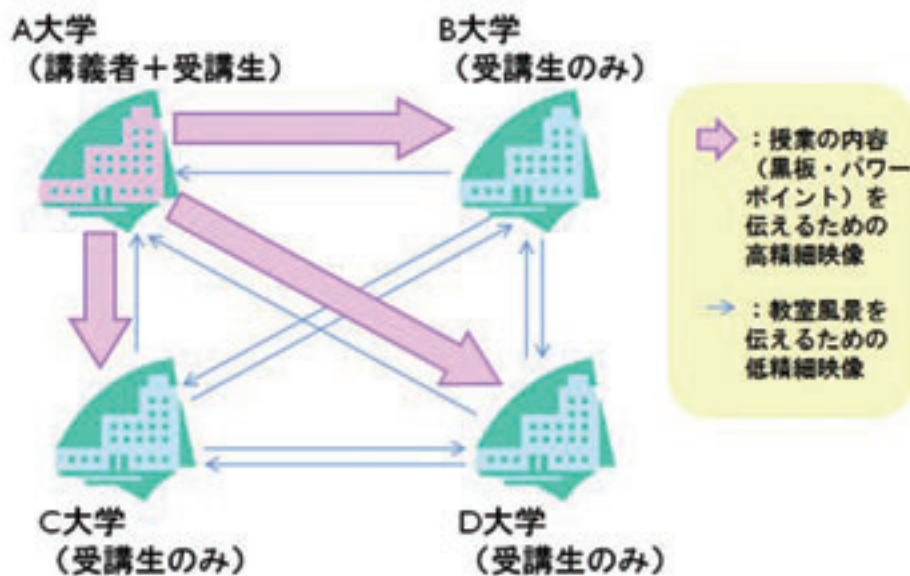
また、大学院 GP におけるもう一つの重要な取り組みが、横浜市大医学部との双方向遠隔授業です。医療・福祉分野で活躍するためには、当然ながら医学についての基礎知識が不可欠です。しかし、横浜市大医学部の先生方もお忙しいので、本学に定期的に来ていただいて授業を行うのは困難です。そこで、ネットワークを利用した遠隔授業に目を付けたのです。

#### 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

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



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



大川氏：ユーザ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。初心者のユーザがウィルス感染を引き起こすような危険もあるため、技術面の対応だけでなく、セキュリティに対する啓蒙活動なども必要と考えています。また、社会人入学された方など、PCのスキルが十分でない方へのフォローも重要なテーマの一つです。

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

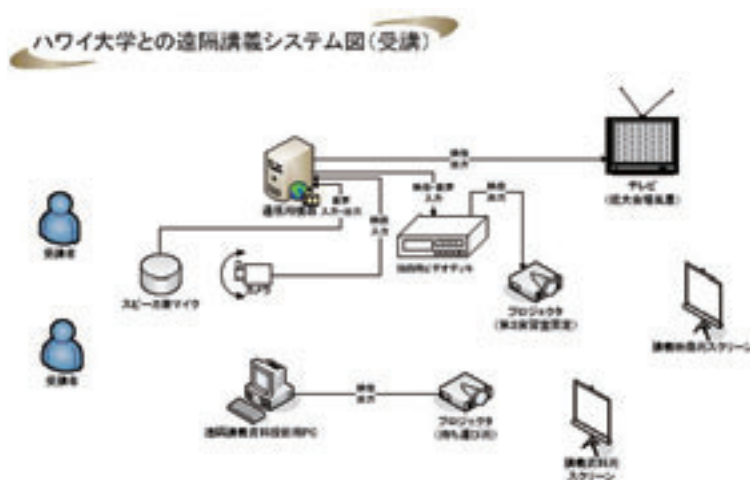
高良氏：もともと琉球大とハワイ大は以前から交流が盛んで、ハワイ州の国際的研究機関であるハワイ東西センターを含めて、お互いに教員を行き来させるなどの活動を続けてきました。そうした中で、2005 年初頭に実施したのが、ハワイ大と琉球大を結んだテレビ会議プロジェクトです。お互いに人を派遣していましたので、近況報告も兼ねてネットを使ったテレビ会議をやれないかと考えたわけです。

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



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、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ため、琉球大の2コマ分の時間帯を遠隔講義に割り当てるようにしています。

太平洋をはさんでの講義ですが、ネットワーク的な課題などはありましたか。

---

大川氏：この講義の始まった頃にはいろいろと苦勞もありました。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)

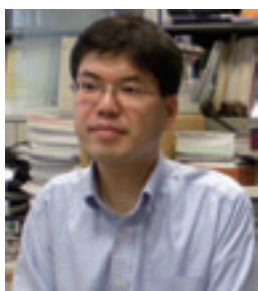
まず、東京農工大学における情報化の取り組みについて伺えますか。

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が無償で提供し、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、その時々の特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。

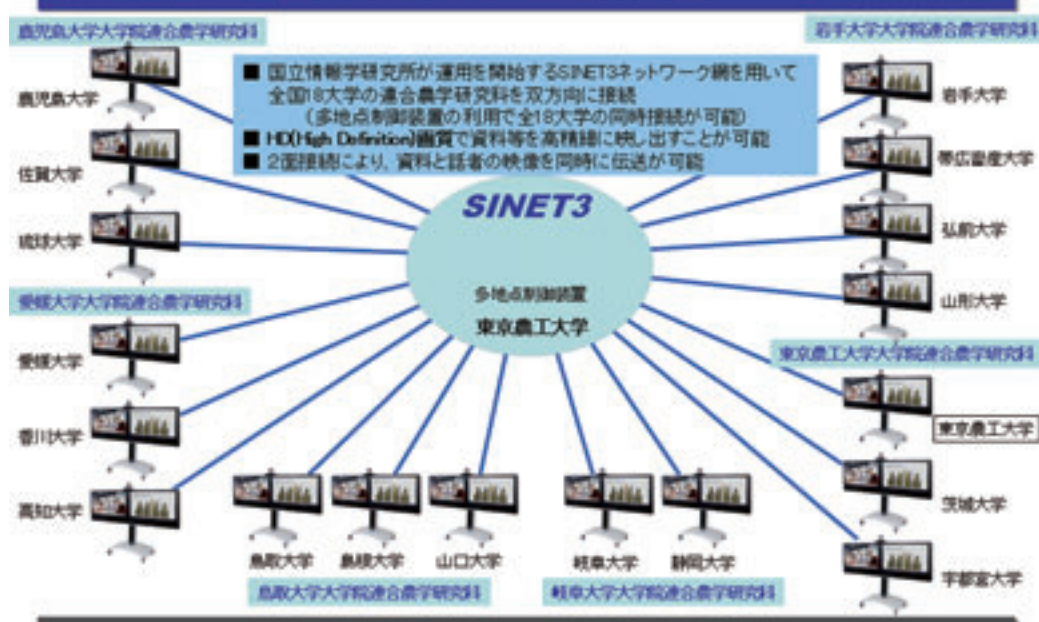
そこで当センターでは、こうした課題を解消すべく、ネットワークを使った映像配信や質疑応答の実験を実施しました。その結果、十分実用に耐えることが分かりましたので、今回のプロジェクトを立ち上げたのです。その後、SCSの運用停止が発表されたため、各大学からも大きな期待を集めることになりました。

**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いそうですね。

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、講義の時間が伸びそうな時は「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うと、非常勤講師を数多く確保しなければならないなど、いろいろな問題が生じます。

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



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

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

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



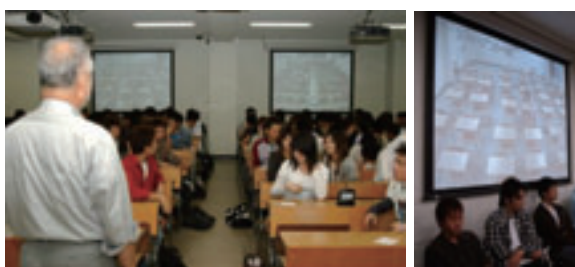
双方向遠隔授業システムの拠点イメージ

システムの特徴について教えてください。

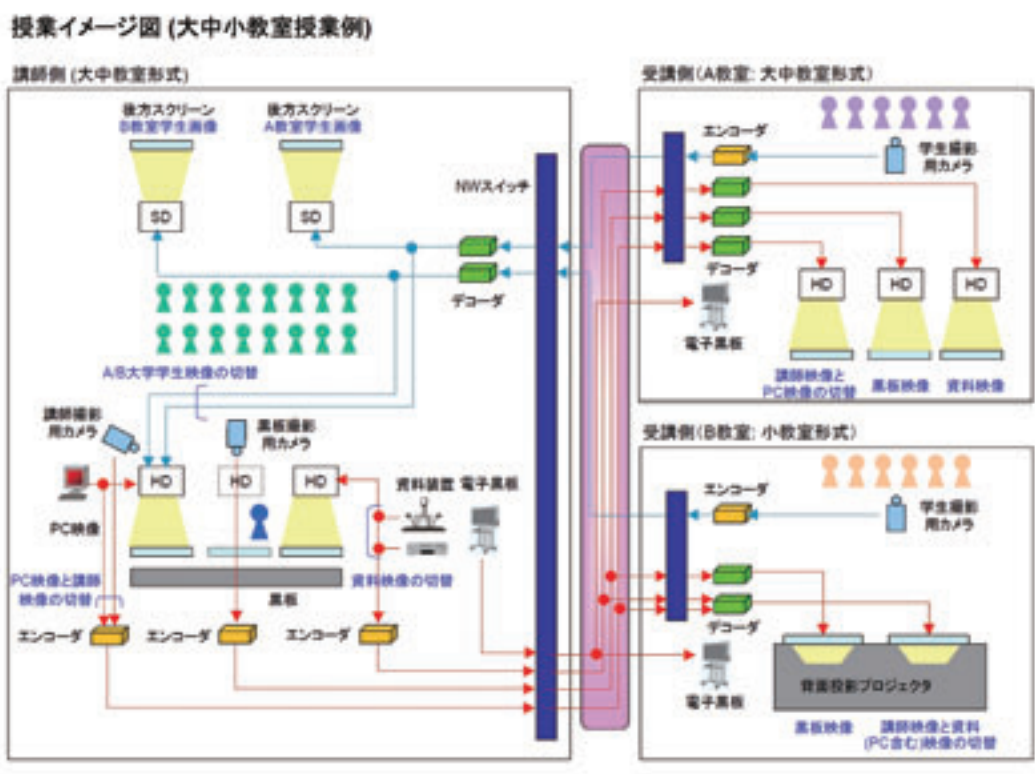
田中氏：いま申し上げたようなことを実現するために、今回のシステムには様々な工夫を盛り込んでいます。たとえば、中規模～大規模教室では、教室の後方に大画面スクリーンを2画面設置し、遠隔授業を受ける他大学の教室を映しています。学生が後ろを振り返ると、他大学の学生がスクリーンの中で自分たちと同じように教壇を向いて座っているわけですね。このような環境を用意することで、教室内には一体感が生まれます。

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らずに授業が受けられるわけです。

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



双方向遠隔授業システムを使った授業



授業イメージ図 (大中小教室授業例)

ネットワーク的に課題となった点はありましたか。

---

田中氏：一番問題になったのは、やはり音声の遅延ですね。実際にテストしてみると、映像と音声で 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いきます。

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が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

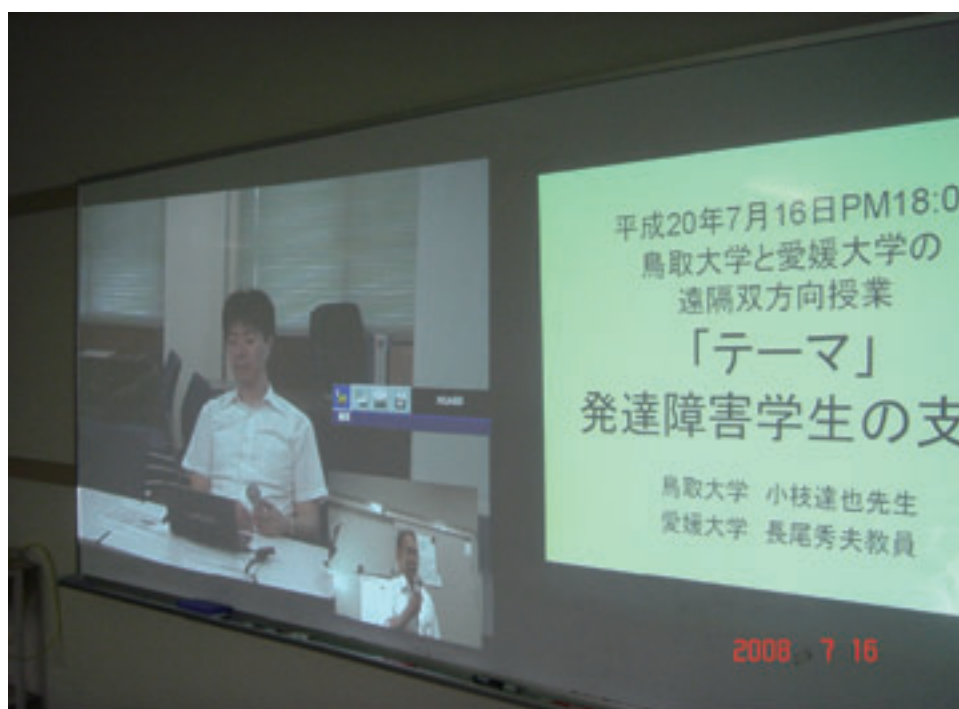


もあまり高くなかったので、平成 20 年からは DV ビデオカメラを利用する遠隔授業配信システム(FA・システムエンジニアリング社製「DV-CUBE」)も新たに導入。これにより、プロジェクタの利用が可能になり、カメラで撮影したテキストの文章が遠隔地側で読めるほど解像度も向上しました。

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はじまったのですか。**

長尾氏：これは特別支援教育に限ったことではないと思いますが、いろいろな先生方の話を聞くことが、学生にとって非常に有意義なんですね。たまたま、鳥取大学地域学部地域教育学科の小枝達也教授とは、同じ小児神経科を専門としており、研究班でも親しくさせて頂いています。小枝先生はとても優秀な方で、学生の指導にも熱心に取り組んでおられますので、2007 年末の会議で一緒にした際にぜひ一度遠隔授業をとお願いしたのです。幸い先方からもご快諾を頂き、2008 年 7 月に第一回の遠隔双方向授業を実施しました。



鳥取大学側：左側の投影部分（小枝達也教授）

愛媛大学側：左側の投影部分の右下（長尾秀夫教授）

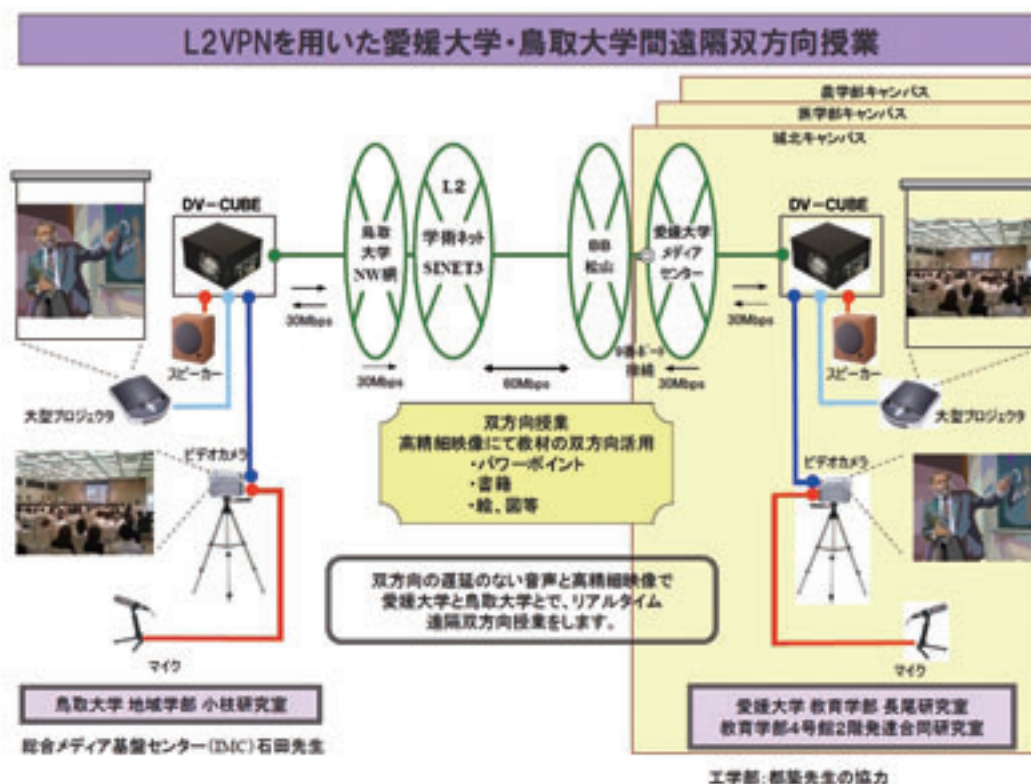
鳥取大学と愛媛大学の第一回遠隔双方向授業（2008 年 7 月）



この時の授業の内容、並びに利用した環境について教えてください。

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。

システムの的には、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築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)。



「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。

## **【計算資源・実験施設等の遠隔利用】**

- 18. 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)**
- 19. 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)**
- 20. 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)**
- 21. 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)**



## 18. 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。

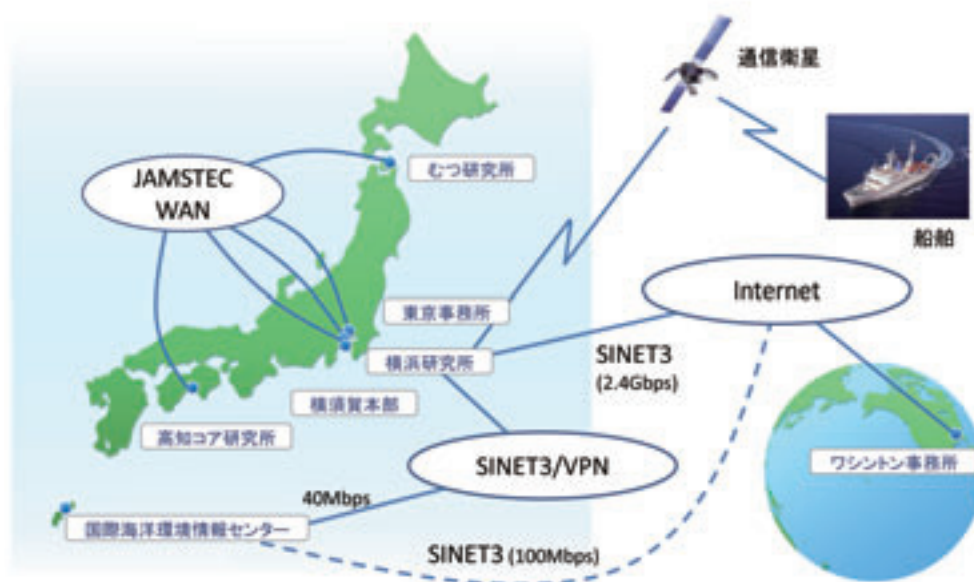


**堀内氏**：各地の拠点を広域LANサービスで結ぶと同時に、外部の機関や研究所とはSINET3を利用して接続を行っています。今やネットワークは、研究や日々の業務を支える生命線です。我々としても、障害で停止したりすることのないよう、安定運用にはかなり気を遣っていますね。

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当比率は、一般公募枠が40%、特定プロジェクト枠と機構戦略枠がそれぞれ30%ずつとなっています。また、2010年1月時点での登録者数は、利用機関数で113機関、研究者数で569名となっています。



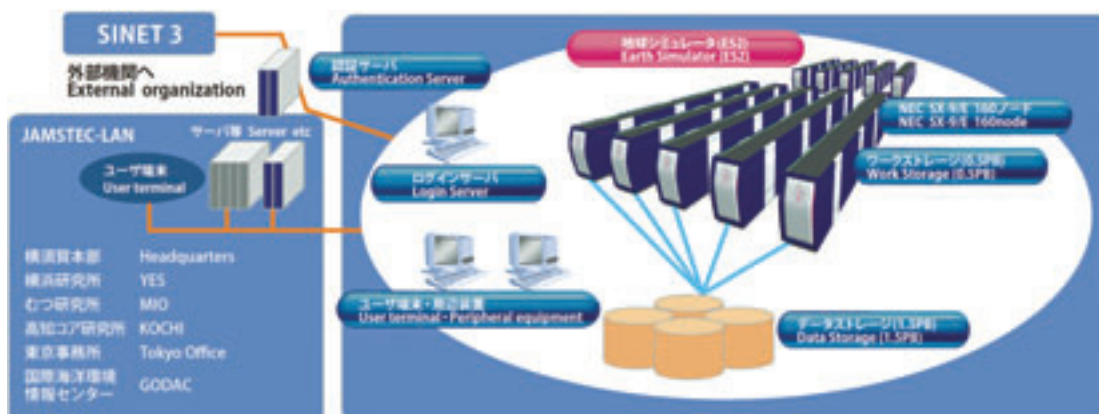
地球シミュレータ (ES2)

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

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。



## 19. 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一つもありません。そこで統数研が、日本における統計科学のCenter of Excellenceとして、統計数理研究の中核的な役割を担っています。世界をリードするような成果も数多く挙げており、本機関の所長を務められた故 赤池弘次先生の「赤池情報量規準」のように、モデル選択の手法として世界的に利用されているものもあります。



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

それで統数研内にも、様々な分野の研究グループが設置されているんですね。

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。

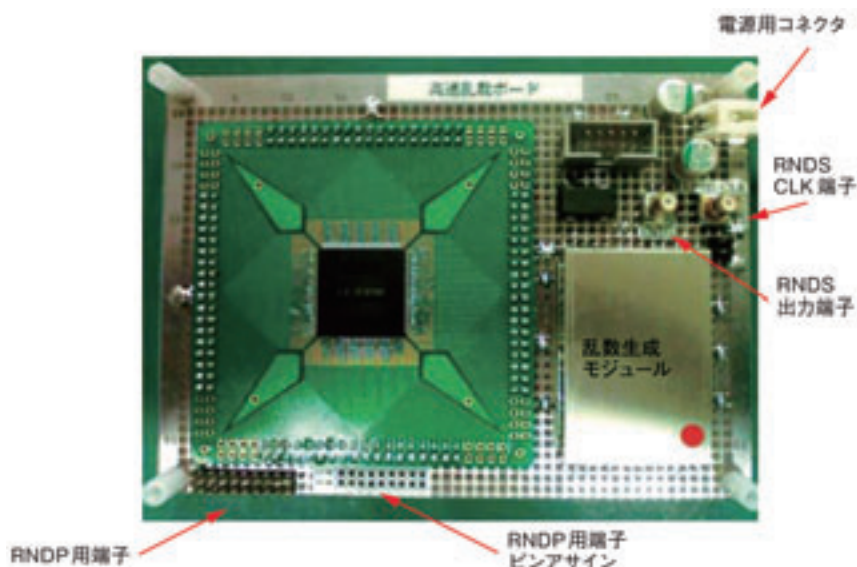
スパコンのお話が出ましたが、その他にはどのような用途でネットワークが利用されていますか。

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すると、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、非常に便利ですね。こうした大容量データをいちいち添付ファイルで送ったりしていたのでは、効率が悪くて仕方がありませんから。

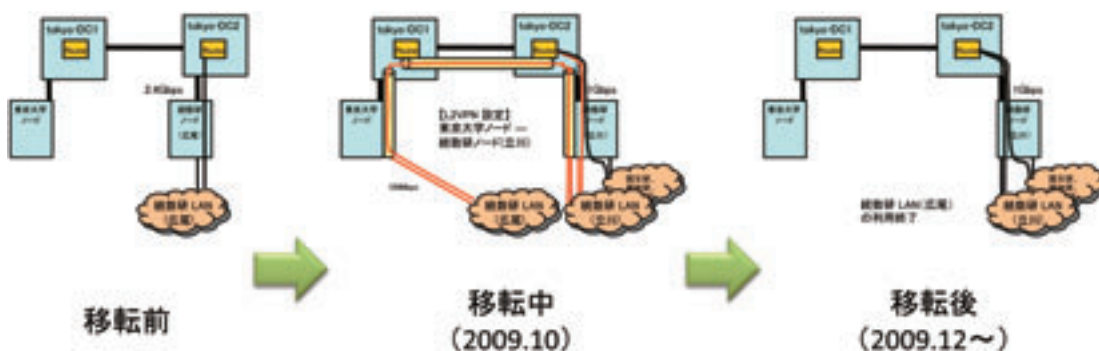




物理乱数発生ボードのプロトタイプ

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用することにしたのですが、SINETのL2-VPNを利用していただのおかげで、移転後も以前と同じ感覚でスパコンを使うことができました。場所は違っても同じセグメントとして一体運用できますし、煩雑なネットワーク機器の再設定作業も必要ありません。また、研究データやメールサーバのデータなどについても、一度テープに落としたりすることなく、SINETを利用して移すことができました。移転に伴うダウンタイムをほぼゼロで抑えられたのは、非常にありがたかったですね。



キャンパス移転時のネットワーク構成

**SINETに対する期待などがあればお聞かせ下さい。**

---

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

**最後に今後の抱負を伺えますか。**

---

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

**ありがとうございました。**

## 20. 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頂けますか。



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



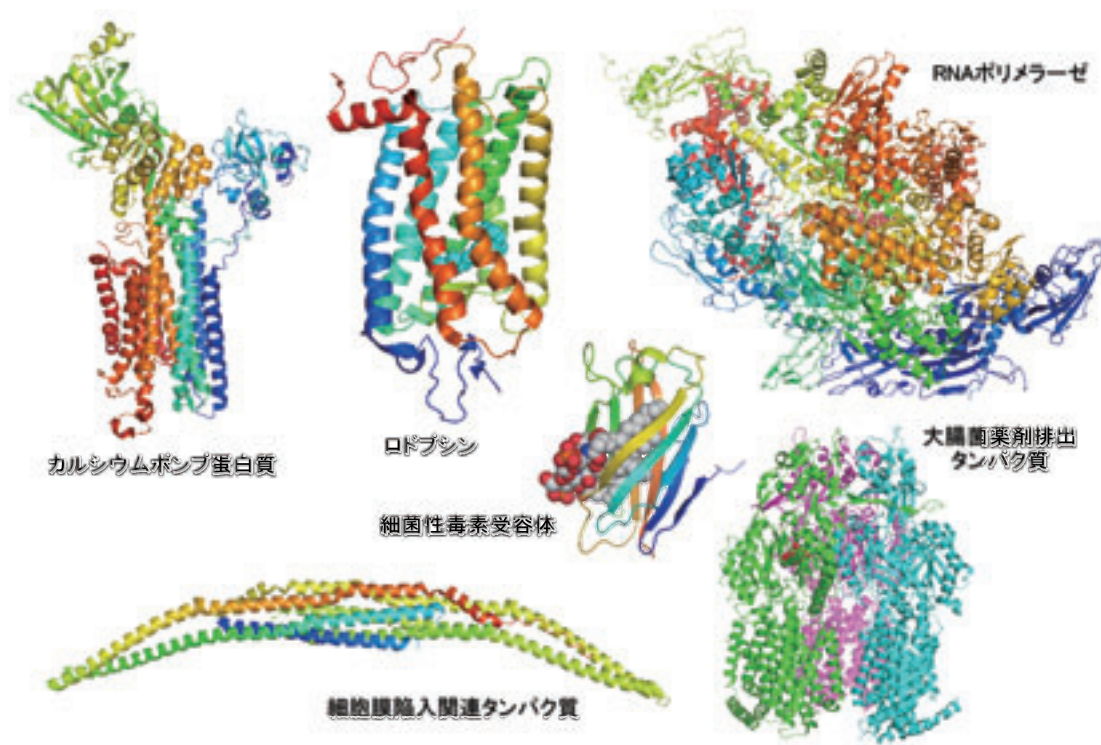
SPring-8の全景

熊坂先生と長谷川先生のグループでは、SPring-8を利用してどのような研究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



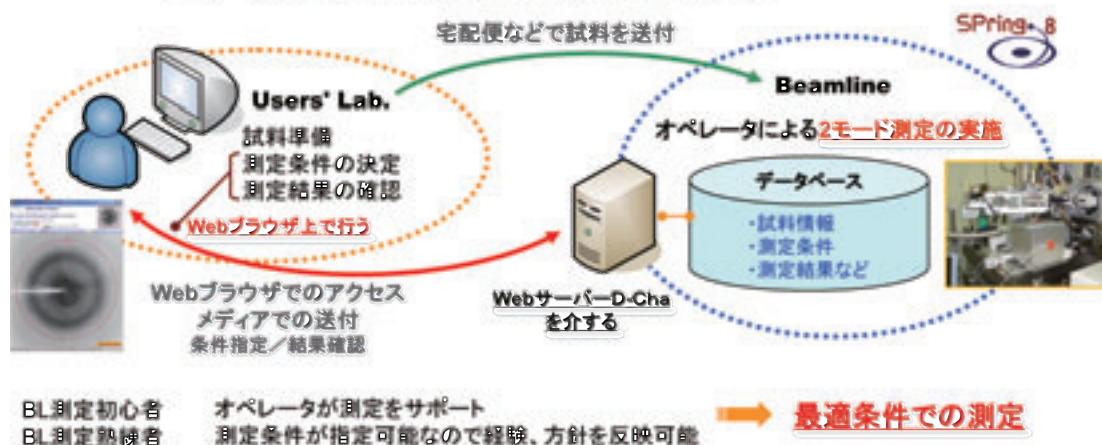
現在、SINET3を利用したリアルタイム遠隔測定の前準備も進められているとのことですが、それにはどのような理由があったのですか。

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



### 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。

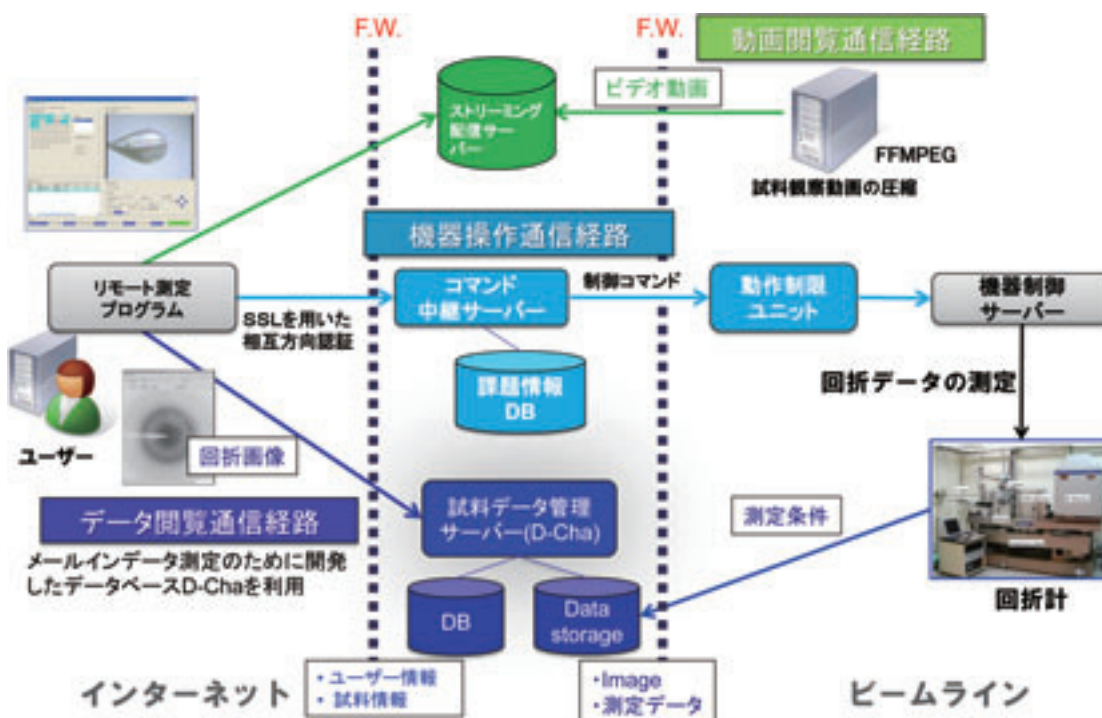


とはいえ、安全性の問題をおろそかにすることはできませんね。



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。



SPring-8の遠隔操作システム

そのインフラとしてSINET3が利用されているわけですね。

---

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

リアルタイム遠隔測定はいつ頃から本格的に開始される予定なのですか。

---

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

## 21. 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、高専一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が、私自身は中でも、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](http://www.syscon.pse.tut.ac.jp/nct_partnership/index.htm)

具体的にはどのような取り組みを行っているのですか。

---

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

それは面白そうですね。

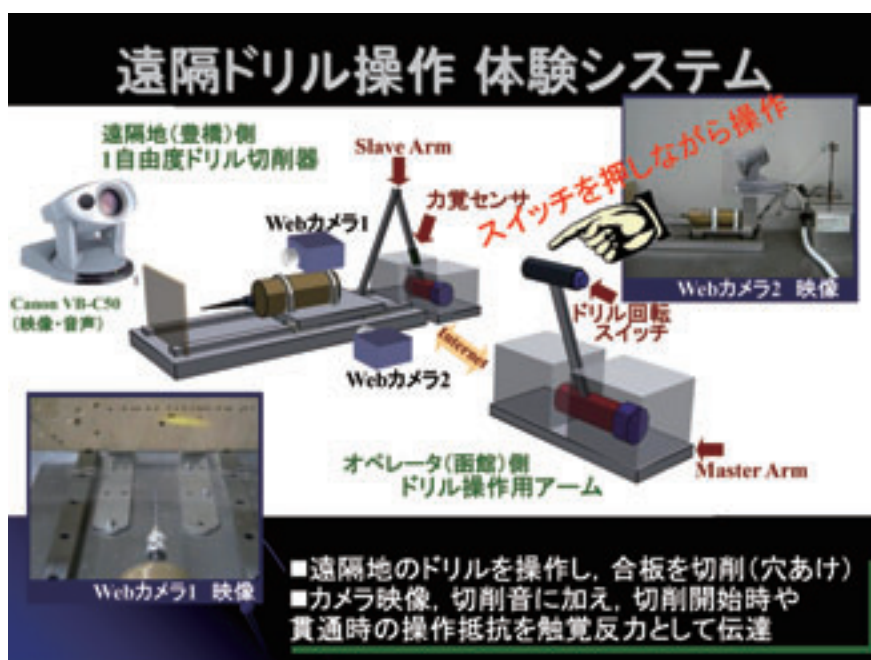
---

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

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

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





ネットワーク構築上の課題になった点などはありましたか。

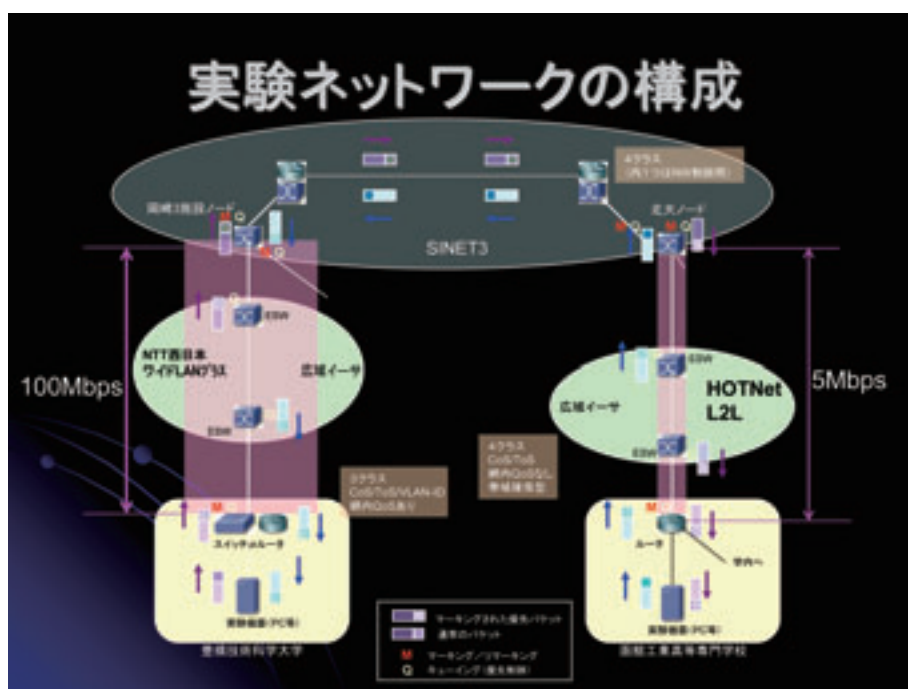
三好氏：一番大きな課題になったのは、やはり足回りの回線の品質ですね。SINET3のバックボーンでは十分な品質が確保できるのですが、高専とSINETとをつなぐ部分で輻輳が起きてしまうのです。今回の実験でも、接続先の函館高専の回線帯域を3Mbpsから5Mbpsへ増速して頂いたり、ルータの1ポートを実験ネットワーク用に占有利用するなどの対応を取って頂きました。

実際にSINET3のQoSサービスを導入した効果は如何でしたか

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

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





今後はどのように活動を展開していかれますか。

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

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

ありがとうございました。

関連URL 触覚フィードバックを含む遠隔制御システムの構築とネットワークQoS向上による制御応答性改善および遠隔操作支援可能性の検討  
[http://www.sinet.ad.jp/document/sinet\\_doc/20090109monitor01](http://www.sinet.ad.jp/document/sinet_doc/20090109monitor01)



## **【キャンパスネットワークの高度化】**

- 22. キャンパスネットワーク「MEINET」でのL2 VPN利用  
(名城大学)**
  
- 23. 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)**



## 22. 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。その情報インフラの更新なども定期的には実施しています。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。

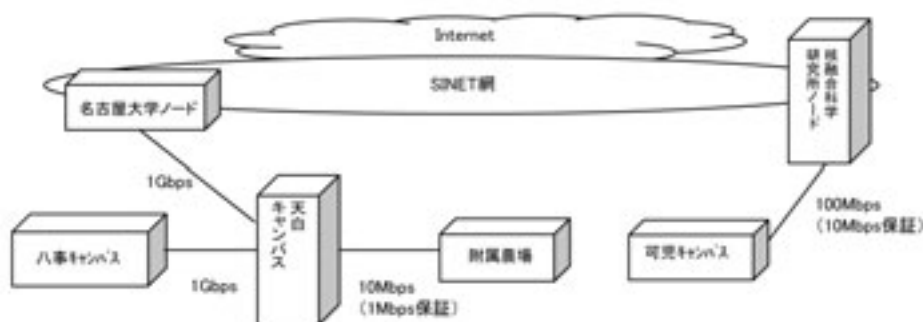
名取氏：本学では学生、教職員合わせて約1万7000名のユーザーを抱えていますが、必ずしもその全員がITに精通しているわけではありません。そこで、ヘルプデスクを設置するなどして、ユーザーのIT活用を積極的に支援しています。ユーザーから質問や問い合わせが寄せられる場合は、何らかの事情で困っていることも多いので、できる限りユーザーの立場に立って丁寧に対応するよう心がけています。



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。



ネットワークの接続構成

可児キャンパス側の帯域が足りないことで、不都合が起きるケースなどもあったのですか。



余語氏：可児キャンパスは場所が離れている関係で、一部の科目で遠隔講義を行っています。ところが学内のトラフィックが増えようと、この遠隔講義の映像や音声が乱れてしまうケースがありました。しかも、天白キャンパス・可児キャンパス間では、テレビ会議を行うこともありますので、これらが同時に走ったりすると、さらに回線状況が厳しくなってしまいます。ネットワークの問題が講義にまで影響を及ぼすというのは、決して望ましいことではありません。

もちろん、既存の民間回線をもっと太くすれば、帯域にまつわる課題を解消することはできます。しかし、この方法には、費用が非常に嵩んでしまうという大きな問題があります。大学としても無尽蔵にコストを掛けられるわけではありませんので、何かいい手はないかと模索していたのです。その点、SINET3を利用すれば、今までと同等のコストで可児キャンパスの回線帯域保証を1桁向上することができました。これは大いに助かりましたね。

## SINET3に回線を切り替えた効果はいかがですか。

---

名取氏：導入前／導入後で一日のトラフィックを比べてみたのですが、大幅な改善効果が現れています。ピーク値で比較すると、天白キャンパスから可児キャンパスへの上りが約560Kbps→約37Mbpsへ、可児キャンパスから天白キャンパスへの下りが約2Mbps→91Mbpsへと、飛躍的にアップしています。おかげで遠隔講義の映像／音声が乱れるようなこともなくなりました。以前は遠隔講義用の帯域を確保するために、帯域制御装置を導入しようかという話もあったのですが、SINETに回線を変更したことでその必要もなくなりました。



また、もう一つの効果として、教室管理システムの安定稼働が実現できた点が挙げられます。現在は可児キャンパスの教室管理用サーバも天白キャンパスに置いているため、万一可児キャンパス側の回線に障害が起きると、授業に支障が出る可能性がありました。しかし、広帯域で信頼性の高いSINET3の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。

## 23. 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。

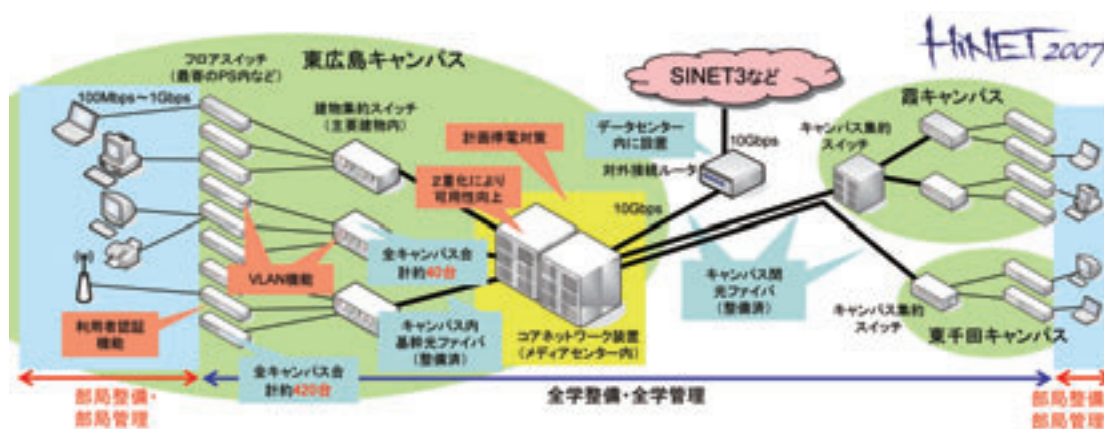
ネットワーク化の歩みについても教えて頂きたいのですが。

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

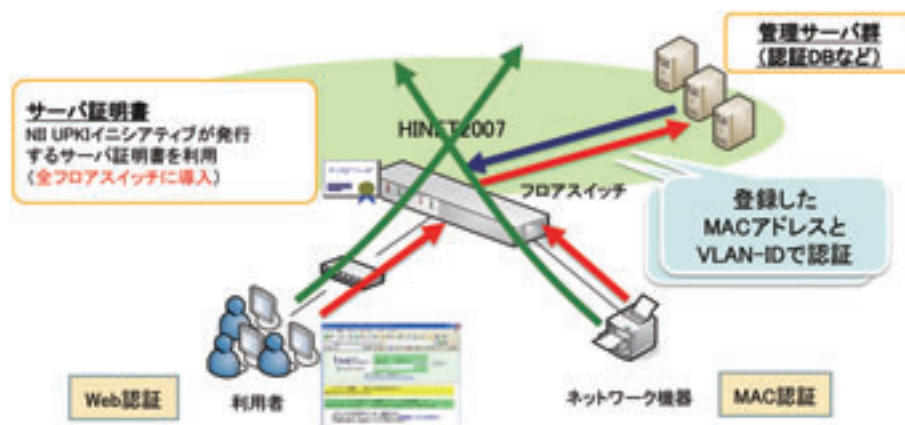
狙いとされた点はどのような部分ですか。

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ころでは、必ず利用者認証を掛けようと考えました。いつ、誰がどのコンピュータを使ったかが分かれば、トラブル原因の特定も迅速に行えます。また、不正利用などに対する抑止効果も期待できます。

今回はそのための方法として、Web認証を取り入れられたわけですが。

相原氏：利用者認証の方法としては、802.1xをはじめ様々なパターンが考えられます。単純に技術的なことだけを考えるのなら、他の方法を選択する手もあったでしょう。しかし、大学という環境を考えた時には、なかなかそれだけでは済ませられません。クライアントPC一つ取っても、学内では様々なメーカーやOSの製品が利用されていますし、一般企業のように特定の端末しか使わせないというわけにもいきません。その点、Web認証であれば、ブラウザさえ動けば古めのパソコンでも問題なく利用できます。また、本学では、90年代後半から有線/無線LANの端末認証について、独自の研究開発を進めてきた実績もありましたので、Web認証を採用するのが良いだろうと考えたのです。





利用者認証の概要

構築上、苦労された点などはありましたか。

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

そこでUPKIイニシアティブのサーバ証明書プロジェクトが役立つわけですね。

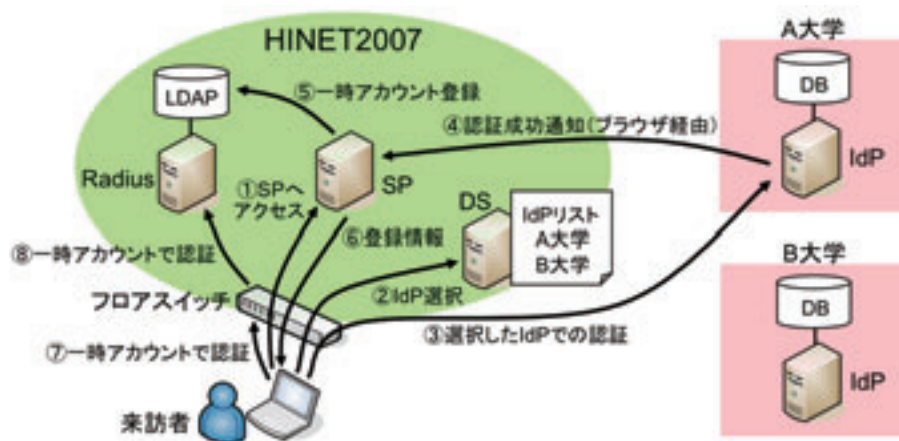
相原氏：そういうことです。ちょうどタイミング的に、NIIをはじめとする機関・大学が、UPKIのサーバ証明書プロジェクトを開始した時期でしたので、早速HINET2007でも採用することにしました。おかげで前述したような多額のコストを掛けることなく、国内最大級のWeb認証環境を実現できました。今にして振り返れば、もしあの時にUPKIのサーバ証明書が無かったら、一体どうしていたのだらうと思いますね(笑)。ちなみに、各研究室の管理者が認めた端末については、MACアドレス認証でネットワークが利用できる仕組みも用意してあります。

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。



## 【ネットワーク研究】

24. 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)



## 24. 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。

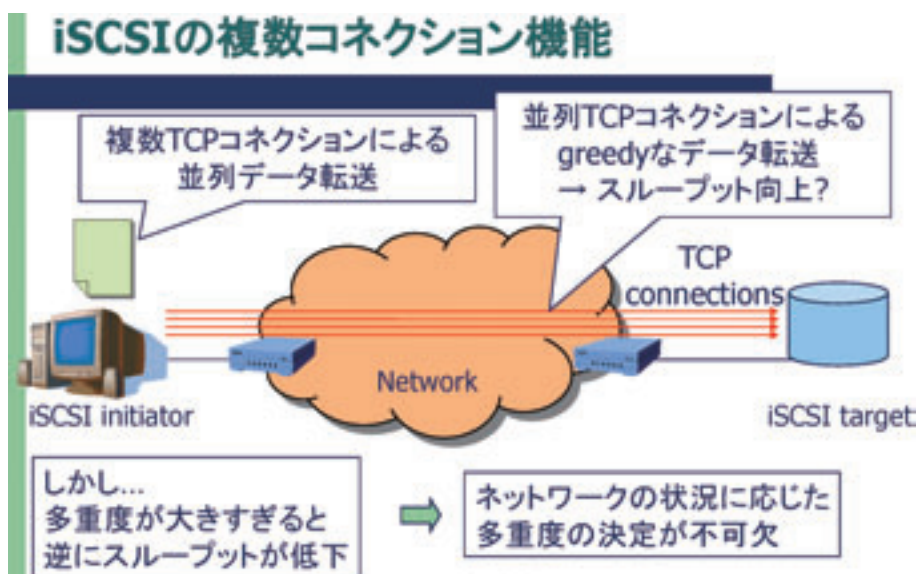
大崎氏：大量データの高速伝送については、光ファイバやWDMなど下位層の研究が盛んに行われています。しかし、実際に遠隔地の拠点間を結んでデータ伝送を行うと、あまり性能が出ないという問題も知られています。その一方、最近では災害対策のためにディザスタリカバリ・システムを構築する企業が増えるなど、大量データを効率的に伝送する技術が強く求められています。そこで今回はストレージのネットワークに着目し、大量データの高速伝送に取り組んだのです。そのベースとしてiSCSIを選んだのは、SCSIのコマンドをIPパケットに載せて送るだけの非常にシンプルなプロトコルであり、OSのサポートや対応製品の普及も進んでいると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



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ため、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。

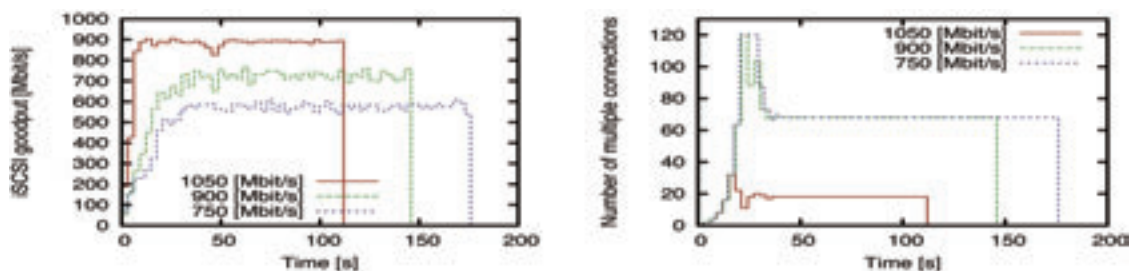
その点、SINET3のL1オンデマンドサービスを利用すれば、エミュレータではない現実のネットワーク環境で実験が行えます。しかも、L2やL3のパスではなく、非常に高速でクリーンなL1のパスを利用できます。通常のインターネット回線などでは、ノイジーな環境であるために、実験の精度を高めるにも限界があります。もし何かおかしい結果が出たとしても、その原因が自分たちにあるのか、それとも他にあるのか区別が付きません。その点、L1オンデマンドサービスなら、このような問題を排除することができます。今回の実験でも、同じ条件の実験ならほとんど同じ結果が出ています。

まさに今回のような研究には最適のサービスというわけですね。

大崎氏：その通りです。また、もう一つの利点として、必要な帯域を、必要な時に確保できる点が挙げられます。一般的な用途では、ネットワークの帯域は太ければ太い方ほど良いことと思います。しかし、我々の研究では、いろいろなケースを想定して実験シナリオを描きます。10Gbpsの場合の結果も、300Mbpsの場合の結果も、同じように重要なのですね。その点、L1オンデマンドサービスは、150Mbps単位で帯域を確保できますから非常にありがたいです。

iSCSI-APT性能評価の内容、ならびに結果は如何でしたか。

大崎氏：2008年の秋頃から、共同研究を行っているNTTサービスインテグレーション基盤研究所(東京都武蔵野市)と本学(大阪府吹田市)を結んで、データ転送実験を実施しています。先ほどもお話しした通り150Mbps単位で帯域を変えていろいろなパターンで評価を行いました。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えます。

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 複数接続の  
多重度制御機構の性能評価  
[http://www.sinet.ad.jp/document/sinet\\_doc/20090109monitor05](http://www.sinet.ad.jp/document/sinet_doc/20090109monitor05)

## **【地域活性・人材育成】**

- 25. 「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)**





## 25. 「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。

システム的には遠隔講義とe-Learningが中核になるとのことですが。

林氏：いくら四国内での取り組みとは言え、実際に学生が他の大学で講義を受けるのは大変です。場合によっては、県間をまたいで移動する必要も出てきますよね。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（SINET3）活用事例集～

---

平成 22 年 5 月 31 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 学術ネットワーク課  
TEL. 03-4212-2255  
E-mail:support@sinet.ad.jp

