

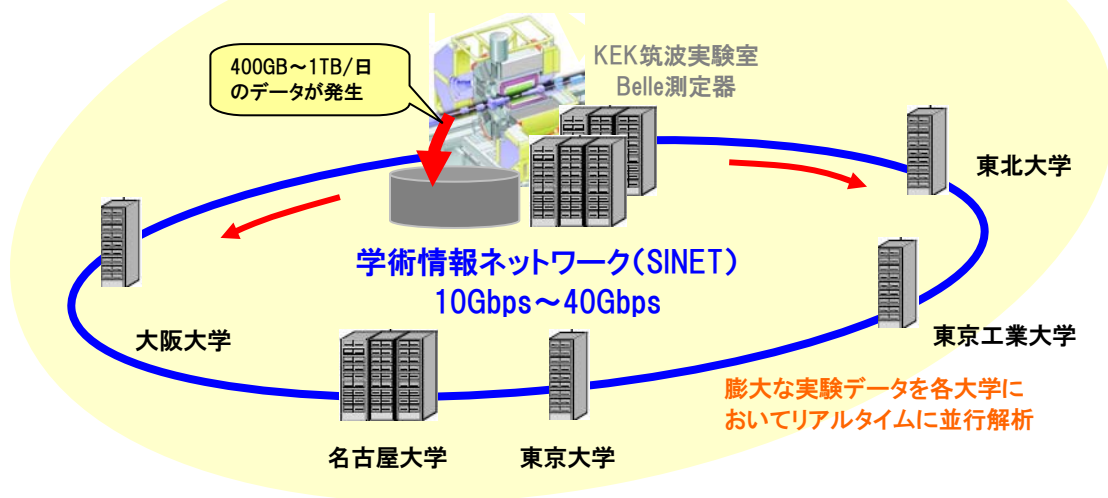
# 先端的学術研究・教育推進のための 学術情報基盤

～学術情報ネットワーク(SINET3)活用事例集～



## 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 SINET が大きな役割を果たしました



平成 21 年 3 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

### 【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)	7
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)	11
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)	15
4. 格子 QCD シミュレーションによるハドロン物理・素粒子模型の研究 (筑波大学 計算科学研究センター)	20
5. 未来のクリーンエネルギー源の安全な実用化を目指す核融合研究 (核融合科学研究所)	26

### 【宇宙科学・天文学】

6. SINET3 の L1 オンデマンドを利用した光結合 VLBI 観測 (国立天文台)	31
7. 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)	36

## 【環境・気象・地震科学】

- |   |    |
|---|----|
| 8. 衛星データの受信・処理・アーカイブおよびデータ配布<br>（千葉大学 環境リモートセンシング研究センター）      | 41 |
| 9. 全国地震観測データ流通ネットワーク「JDXnet」の構築・運用<br>（東京大学 地震研究所 地震予知情報センター） | 45 |

## 【遠隔授業】

- |   |    |
|---|----|
| 10. 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<br>（横浜国立大学） | 51 |
| 11. インターネットを利用した国際遠隔講義<br>（琉球大学）                          | 55 |
| 12. 全国18連合農学研究科を結ぶ遠隔講義システム<br>（東京農工大学）                    | 59 |
| 13. 北陸三県の国立大学を結ぶ双方向遠隔授業システム<br>（金沢大学）                     | 63 |
| 14. 特別支援教育における双方向遠隔授業<br>（愛媛大学）                           | 67 |

# 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、地震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 GEANT、TEIN 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。

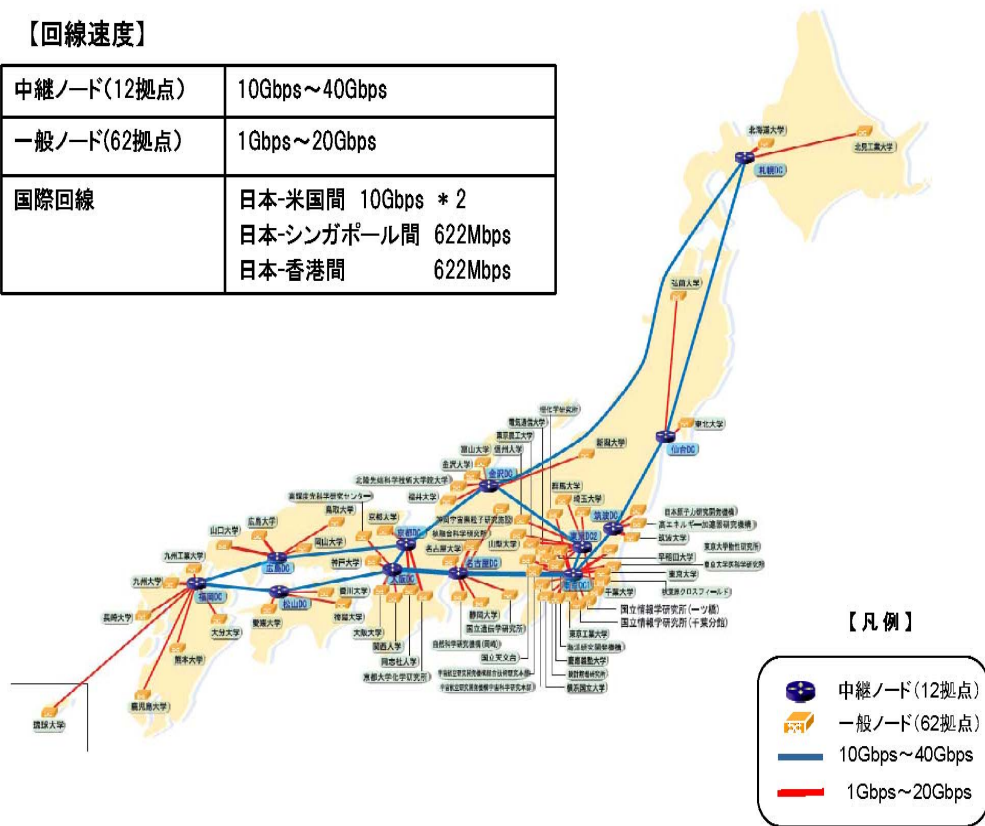
- 1) 新しいネットワークアーキテクチャ (光 IP ハイブリッドアーキテクチャ) の採用により、大容量トラフィックをより効率よく柔軟に転送できるようにする。
- 2) IP ルータ等の大容量通信機器は通信事業者のデータセンターに設置し、バックボーン部分の複数ループ化、障害時の高速迂回機能を備える等、災害や障害に強い信頼性の高いネットワーク構成とする。
- 3) バックボーンのリ線速度を10~40Gbps、ノードまでのリ線速度を1~20Gbps とし、先端的な研究分野および研究機関等で取り扱われる大容量トラフィックにも耐えうる我が国最大の超高速ネットワークを提供する。
- 4) マルチレイヤサービス、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

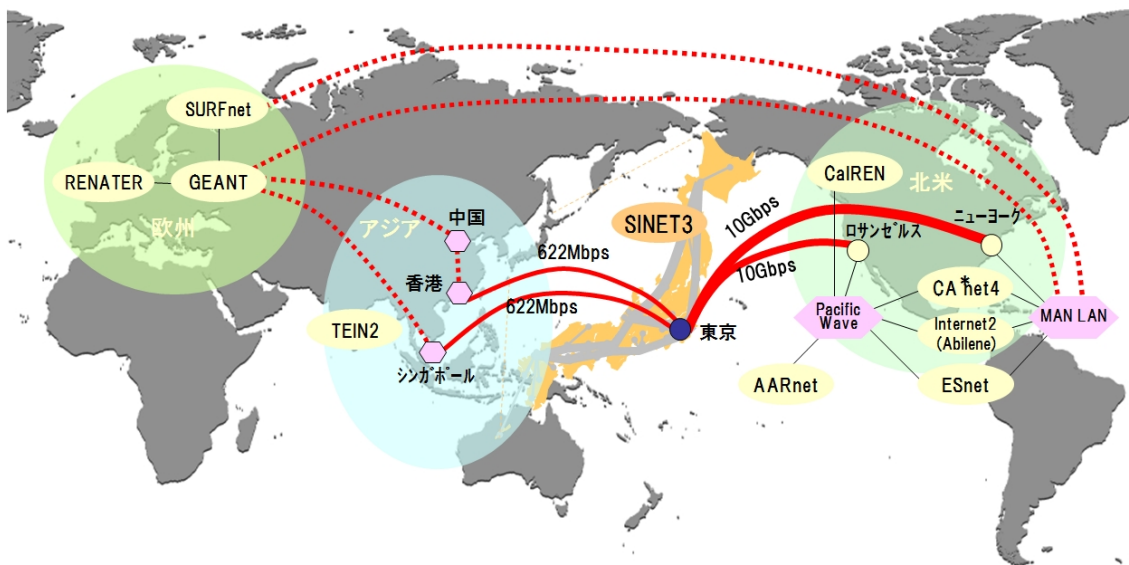
SINET3 では、レイヤ1スイッチと高性能 IP ルータを組み合わせた光 IP ハイブリッドアーキテクチャを採用し、大容量トラフィックを効率よく、柔軟に転送できるようになった。また、バックボーンのリ線速度を複数ループ化、障害時の高速迂回機能を備え、災害や障害に強い信頼性の高いネットワークを実現している。

【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-米国間 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。

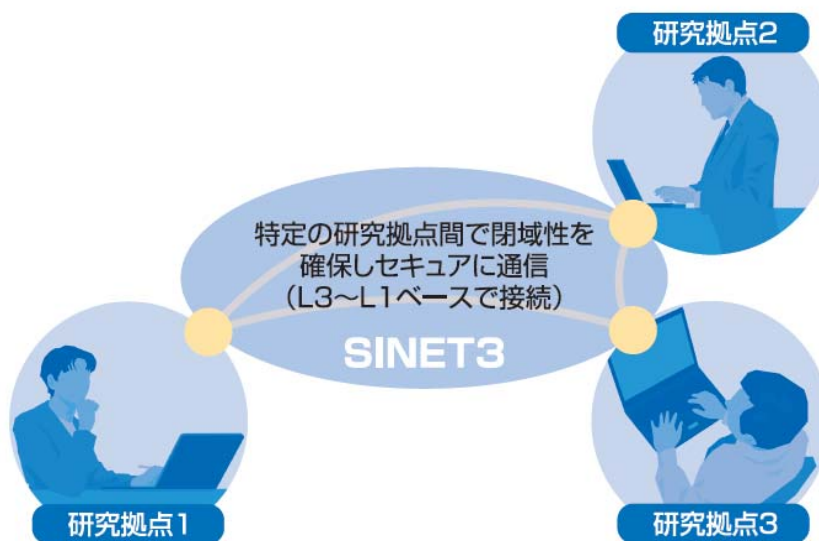
- ・ レイヤ3 (L3)：IP ネットワーク
- ・ レイヤ2 (L2)：広域 LAN 間接続
- ・ レイヤ1 (L1)：専用線

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 –ネットワーク利用状況の可視化–

SINET3 では、ネットワークの利用状況の可視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、バックボーンのトラフィック情報や遅延時間等、ネットワークの利用情報を提供する方法について、検討を開始しています。

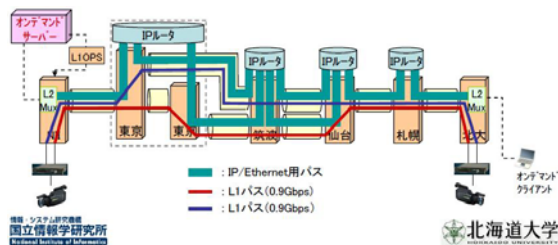
## 5) レイヤ1 オンデマンドサービス –必要な時に必要な分だけ帯域を予約–

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（臨時専用線）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。



サービス開始デモの際のネットワーク構成



帯域予約確認画面

(参考) — SINET3サービスメニュー —

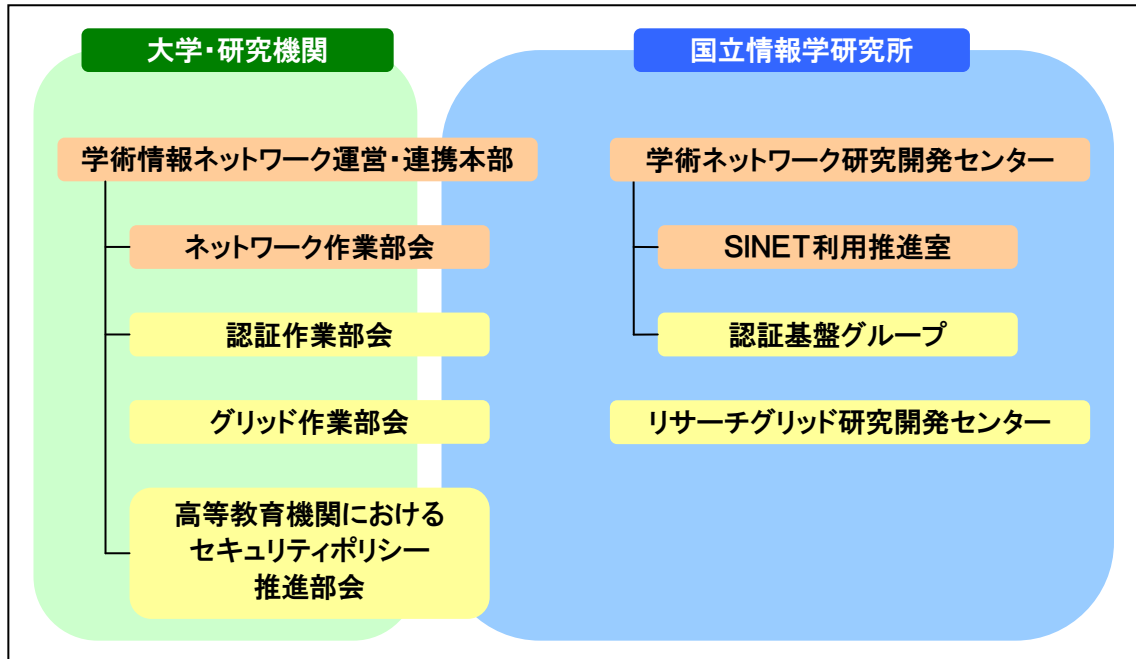
◎:提供、○:提供予定、△:検討中

サービスメニュー			リリース時期												備考	
			07			08			09			10				
			7月	8月	11月	1月	3月	5月	7月	8月	11月	1月	3月			
ユーザインタフェース	シリアル	1.5Mbps以下	◎	[Progress bar]												2008.8末で終了
	Ether系	10Mbps(Ethernet)	◎	[Progress bar]												
		100Mbps(FE)	◎	[Progress bar]												
		1Gbps(GE)	◎	[Progress bar]												
		10Gbps(10GE)	◎	[Progress bar]												
	SDH/SONET系	2.4Gbps(STM-16)	◎	[Progress bar]												当面拠点を規定
10Gbps(STM-64)		△	[Progress bar]												当面大容量情報転送用に規定	
ネットワークサービス	L3サービス	インターネット接続	◎	[Progress bar]												
		IPv6	◎	[Progress bar]												Native IPv6対応(2007.12~)
		マルチホーミング	◎	[Progress bar]												
	フルルート提供	フルルート提供	◎	[Progress bar]												
		マルチキャスト	○	[Progress bar]												モニター提供中
		L3VPN	◎	[Progress bar]												
		アプリケーション毎QoS	○	[Progress bar]												モニター提供中
		マルチキャスト (QoS)	○	[Progress bar]												モニター提供中
		L3VPN (QoS)	○	[Progress bar]												モニター提供中
		L2サービス	L2VPN	◎	[Progress bar]											
	VPLS		◎	[Progress bar]												
	L2VPN (QoS)		○	[Progress bar]												モニター提供中
	VPLS (QoS)		○	[Progress bar]												モニター提供中
L1サービス	波長L1VPN	◎	[Progress bar]												対象IF:GE, 2.4G	
	帯域指定L1VPN	○	[Progress bar]												対象IF:GE,10GE,帯域粒度:150Mbps	
	オンデマンド	○	[Progress bar]												モニター提供中	
	個別専用線	-	[Progress bar]												波長L1VPNサービスで代替	
情報提供サービス	トラフィック情報	△	[Progress bar]												提供ポリシーを検討中	
	遅延情報	△	[Progress bar]												提供ポリシーを検討中	
	経路制御情報	△	[Progress bar]													
	アクセスフィルタ情報	△	[Progress bar]													

## 5. 学術情報ネットワークの運営体制

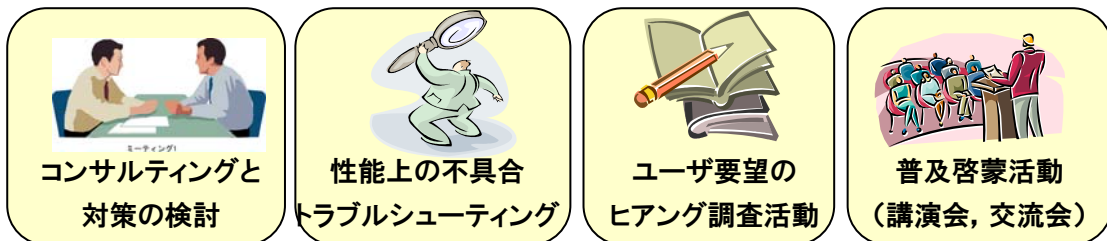
### 1) 学術情報ネットワーク運営・連携本部

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・強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。



## II 事例集

### 【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）

## 学術情報ネットワークの主な活用例一覧

SINET活用例	機 関	サービス	概 要	
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、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	L3-VPN 国際接続	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
	2. ニュートリノ研究	東京大学 神岡素粒子研究施設	L2-VPN L3-VPN	太陽ニュートリノ精密観測、大気ニュートリノ・格子崩壊観測等のデータ共有
	3. アトラス(ATLAS)実験	東京大学、CERN 等	国際接続	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
	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、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	L3-VPN	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
	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、筑波大学、九州大学、(核融合科学研究所六ヶ所研究所)	L2-VPN L3-VPN	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
宇宙科学・天文学	6. SINET3 の L1 オンデマンドを利用した光結合 VLBI 観測	国立天文台、北海道大学、山口大学、核融合研究所、高エネルギー加速器研究機構	L1 オンデマンド	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
	7. 太陽観測衛星「ひので」による太陽研究	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	L1-VPN	「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
環境・気象・地震科学	8. 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)	IP Dual	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
	9. 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等 10 機関	L2-VPN	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
遠隔授業	10. ハイビジョン双方向遠隔授業による医療福祉情報分野の人材育成と IPv6 活用の取組み	横浜国立大学、横浜市立大学	IP Dual	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
	11. インターネットを利用した国際遠隔講義	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	国際接続	SINET を利用した遠隔講義を海外の大学と連携して実施
	12. 全国 18 連合農学研究科を結ぶ遠隔講義システム	東京農工大学等	IP Dual	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
	13. 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、富山大学、福井大学、北陸先端科学技術大学院大学	IPDual	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
	14. 特別支援教育における双方向遠隔授業	愛媛大学、鳥取大学	L2-VPN	特別教育分野における双方向遠隔授業を実施

# 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。

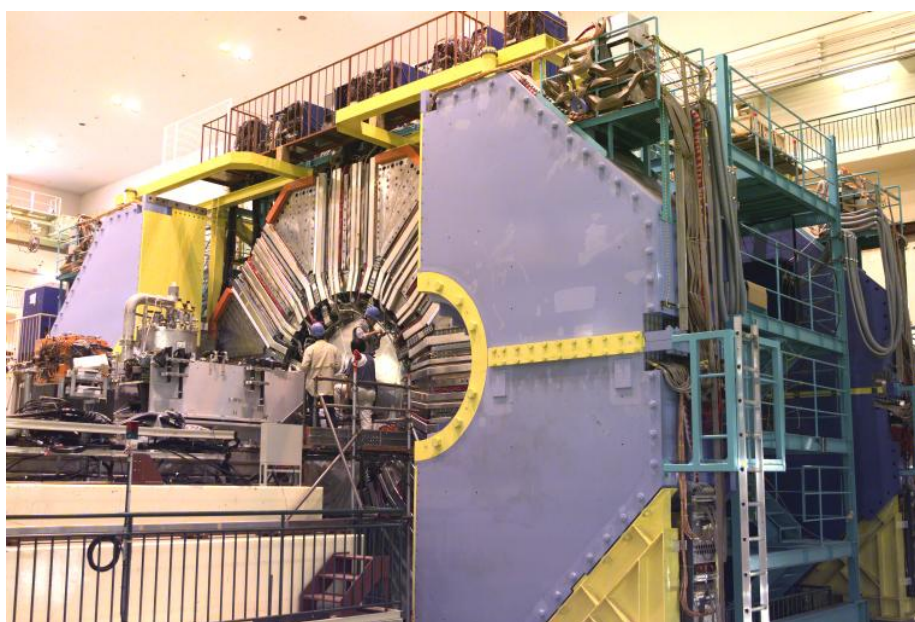
当時の物理学界では、この現象を説明するための理論がいくつも提案されました。その中でも「クォークが6種類あれば、この現象がうまく説明できる」という予言を行ったのが小林・益川理論です。当時はまだ3種類のクォークしか見つかっていませんでしたので、とても画期的な提案だったと言えます。その後90年代半ばにかけて残りの3種類のクォークが発見され、小林・益川理論の前提条件が満たされました。

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、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ないですね。昔は海外の研究機関にテープでデータを送ったりしていたことを考えれば、環境は非常に良くなったと感じています。信頼性も高く、障害で業務に支障が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。

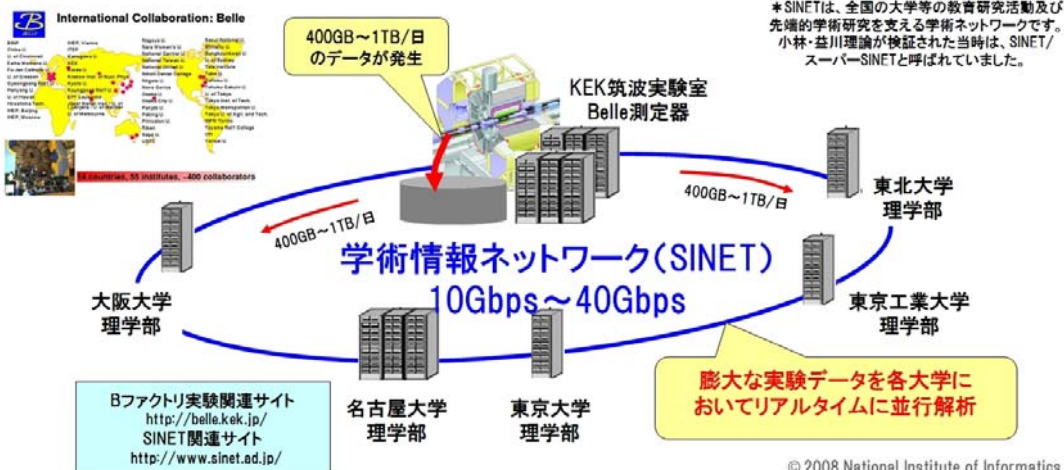
ありがとうございました。



## 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の超高速回線を介して、連携大学に転送あるいは大学から直接データにアクセスし、並行解析することによって、その理論の検証に成功しました(2001)。この実験に中心的に携わったKEKの片山伸彦氏は、「SINETはBelleネットワークの大動脈」と、SINETの果たした役割の重要性を指摘されています。





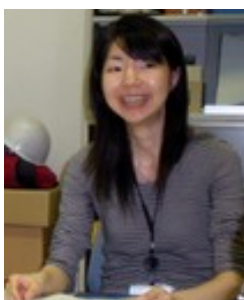
## 2. ニュートリノ研究

### 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 SINTE3 を活用しています。最先端物理学研究におけるネットワークの重要性について、同研究所の竹内康雄准教授と広報担当の武長祐美子特任研究員にお話を伺いました。

(インタビュー実施：2008年6月23日)

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か。



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

当施設のニュートリノ観測実験装置「スーパーカミオカンデ」は 1996 年 4 月より研究を開始し、ニュートリノ質量の発見(1998 年)、太陽ニュートリノ振動の発見(2001 年)など、様々な成果を挙げています。また、2009 年からは、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」や、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。

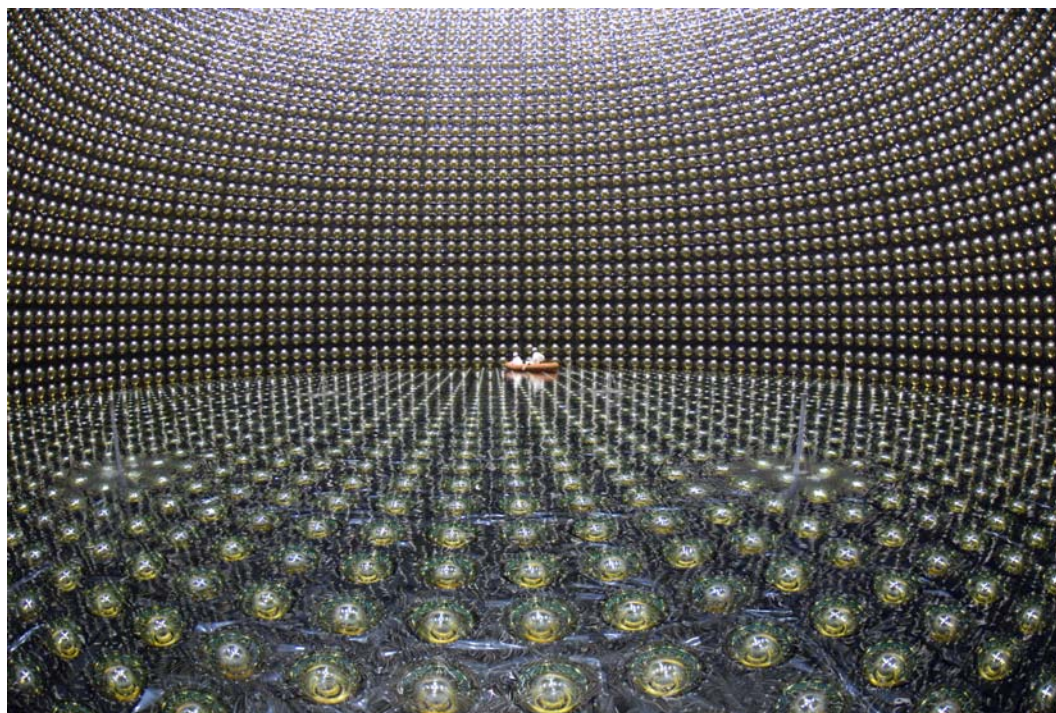
SINET はどのような形で利用されているのでしょうか。



**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。



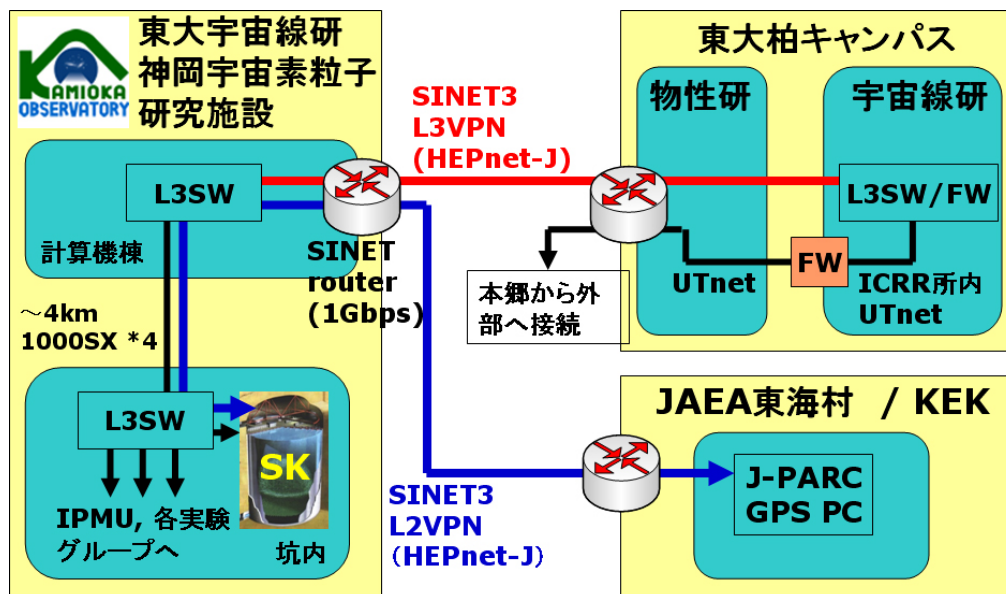
スーパーカミオカンデ内部の様子(現在は純水で満たされている)

©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ね。

SINET のサービスについての評価はいかがですか。

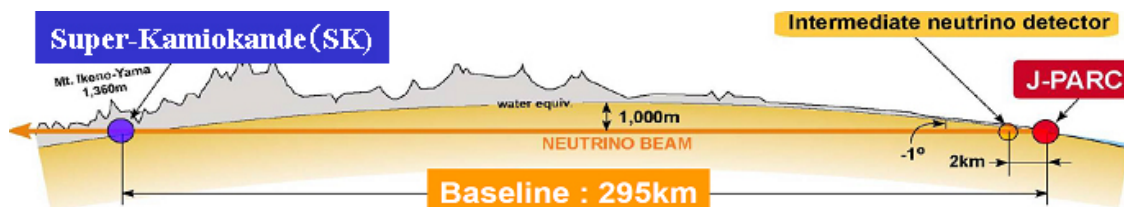
竹内氏：速度・安定性については非常に満足しています。特に、スーパーカミオカンデは 24 時間・365 日ノンストップでニュートリノ観測を続けていますので、ダウンタイムがほとんどないということが非常に重要です。もしネットワークがダウンしたら、外部からまったく装置の状況が分からなくなってしまいますからね。その点、SINET については、導入以来こうしたトラブルがありません。

最後に今後の研究についてお聞かせ頂けますか。

竹内氏：来年には、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。



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。

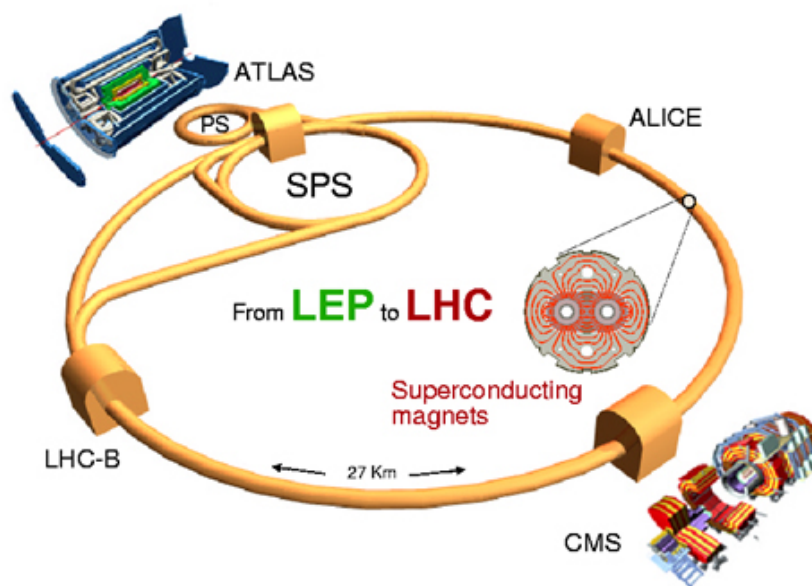
松永氏：もともと当センターでは、CERN において 1989 年に完成した加速器「LEP」を使った国際共同実験「オパール(OPAL)」に参加していたのですが、この実験は多くの成果を得て 2000 年に終了しました。その後 CERN では、この LEP のために掘ったトンネルを再利用し、新たな加速器「LHC」の建設に着手。これを利用して、4 つの大きな実験を行うこととしました。そのうちの 1 つが、我々も参加している「アトラス(ATLAS)」です。



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。



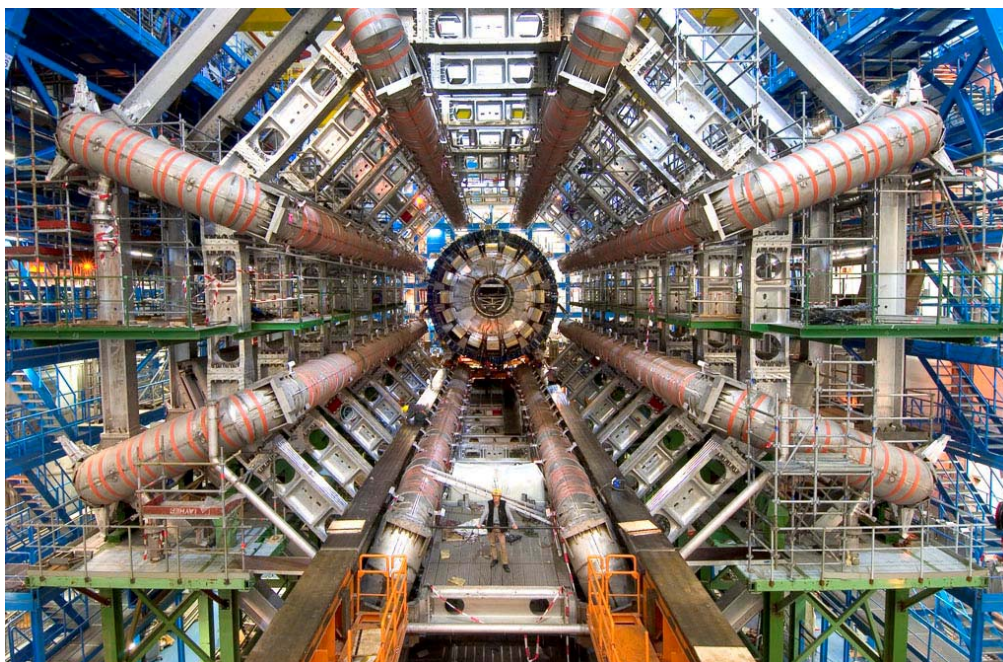
ちなみに、加速器が陽子を衝突させると言っても、実際に反応に関与するのは内部の一部のクォークやグルーオンに過ぎません。このため、いくらTevatronが2TeVであっても、実質的なエネルギーはもっと低いのです。それがLHCによって、ようやく新粒子の発見可能性が高いと考えられているTeV領域での反応を見られるようになります。LHCへの期待が高いのもそのためです。

LHC 加速器はかなり大きな施設だったそうですね。

---

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 か所あり、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 か所のうちの 1 か所、CERN 本部に一番近い場所に置かれています。

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



建設中のアトラス検出器(CERN copyright)

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

---

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

相当大規模なデータを取り扱うのですか。

---

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

ペタバイト級とはすごいですね。

---

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

ほかのセンターとはどのように接続されているのですか。

---

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

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

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

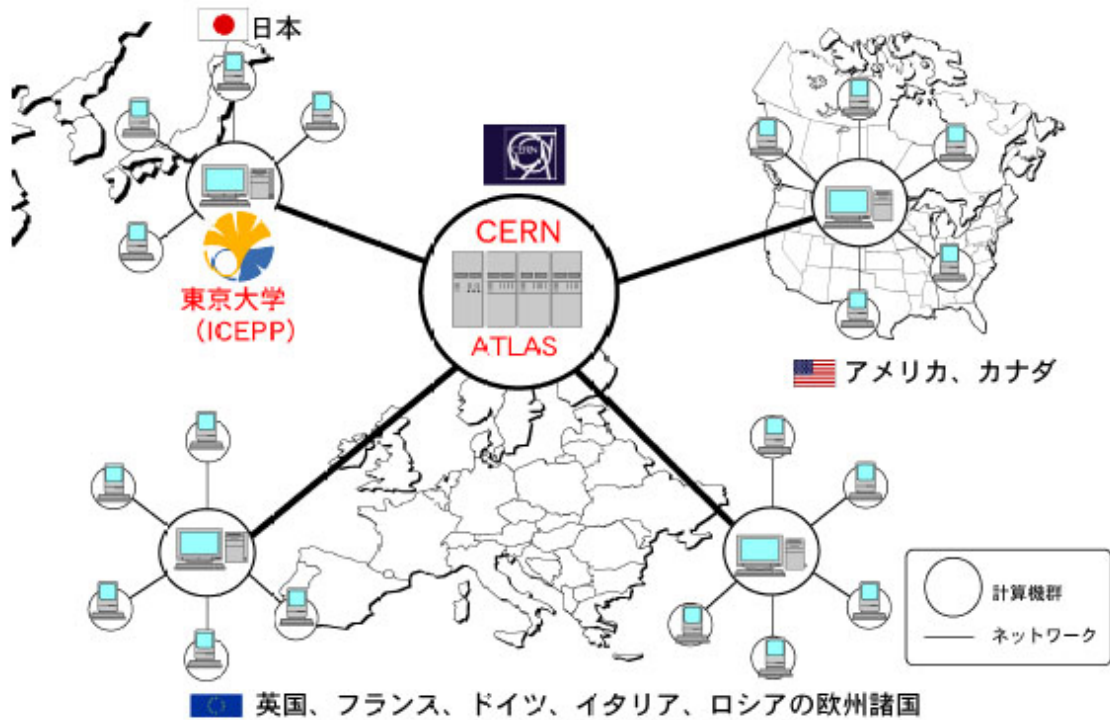
最後に、実験開始を直前に控えた意気込みを伺えますか。

---

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えます。



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



ありがとうございました。

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

### 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)

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なっています。こうした研究を解析的な手法で行うことは難しいため、数値的手法、つまり計算機を使ったシミュレーションが欠かせないのです。

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

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

---

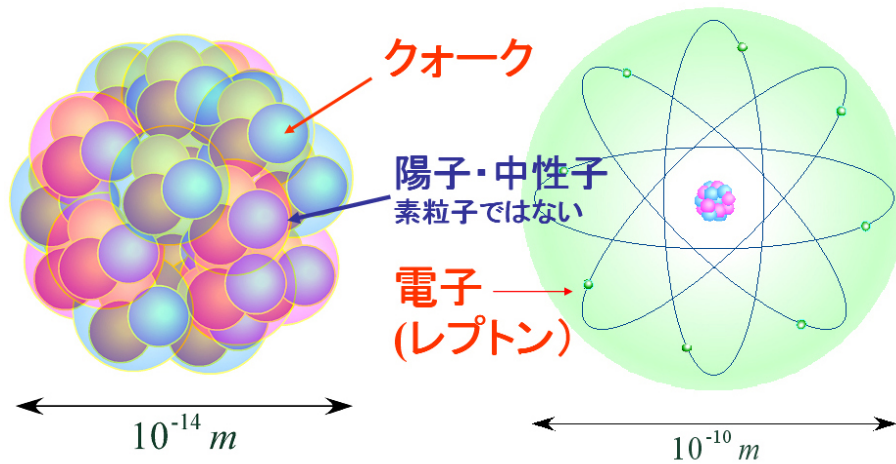
建部氏：そういうことです。当センターには、素粒子宇宙、物質生命、地球環境生物の3分野の研究者と、我々計算機分野の研究者が集まっていますが、こうした形のセンターは全国的にも珍しいのではないのでしょうか。

計算機分野には、計算情報科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。

- 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



- 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。

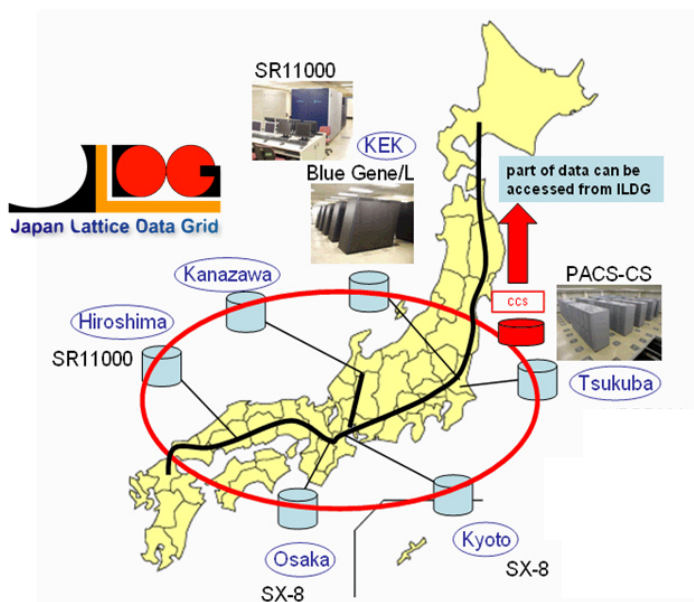
なるほど。それならお互いのデータを有効に利用できますね。

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



- 2002年より順次  
1Gbps ブリッジ接続
- 2006年より  
MPLS VPN 接続

「hepnet-J/sc」プロジェクトのネットワーク

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。

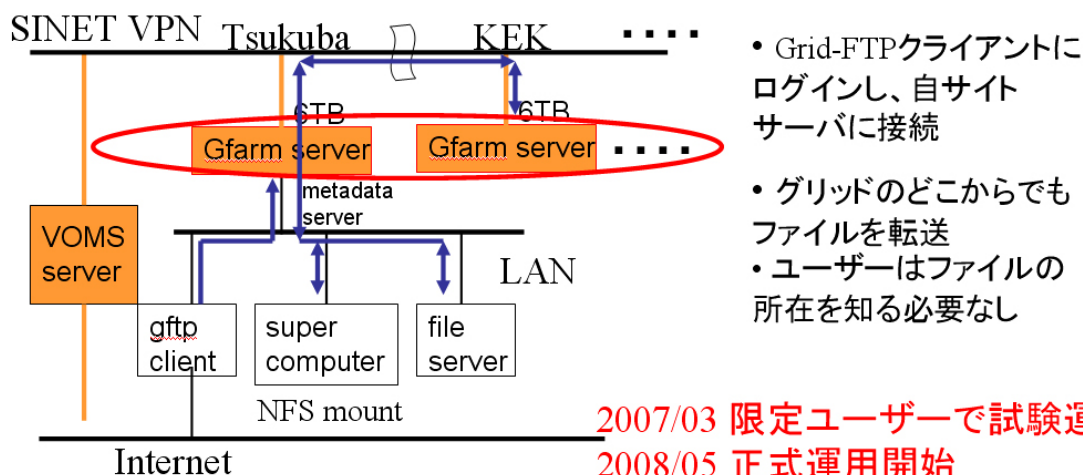
建部氏：そうですね。ユーザーは自分が所属する組織のサーバにログインするだけで、研究に必要なデータを自由に利用できます。そのデータが実際にどこのサーバに格納されているかは、まったく意識しなくても大丈夫です。

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に時間がかかるので、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



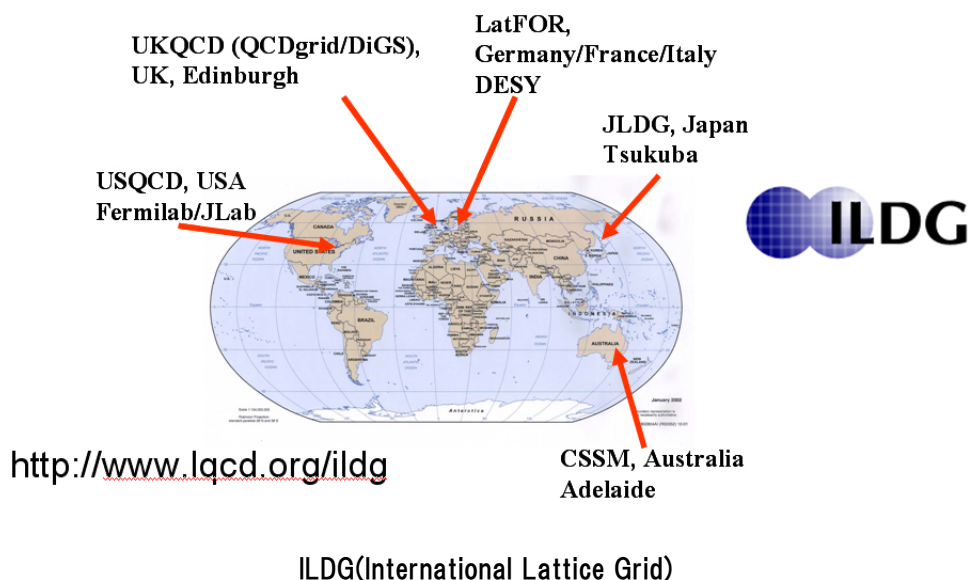
JDLG(Japan Lattice Data Grid)

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

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

## ILDG と JLDG

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



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

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

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

ありがとうございました。

## 5. 未来のクリーンエネルギー源の安全な実用化を目指す核融合研究

### 核融合科学研究所

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

(インタビュー実施：2008年11月28日)

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。

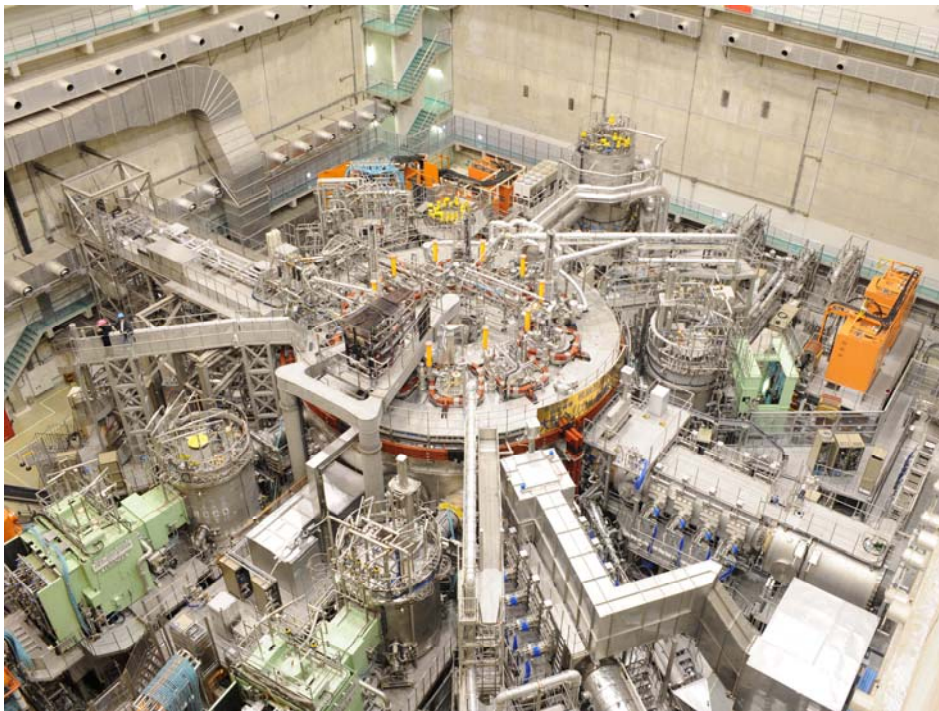




NIFS では、「核融合バーチャルラボラトリ構想」を進めておられるようですが。

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

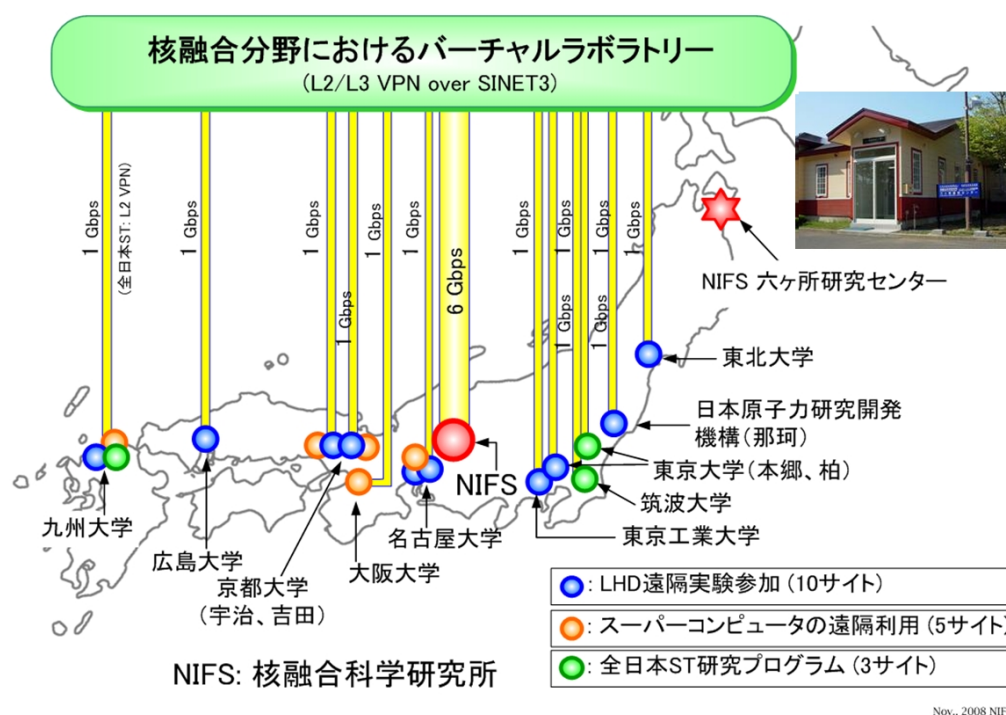
そのための基盤となるネットワークが「SNET」というわけですね。

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、2008 年 11 月現在 18 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

核融合科学研究所 



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SINETが利用できるのです。こうした使い方が可能になったことで、実験の形態も大きく広がっていくと期待しています

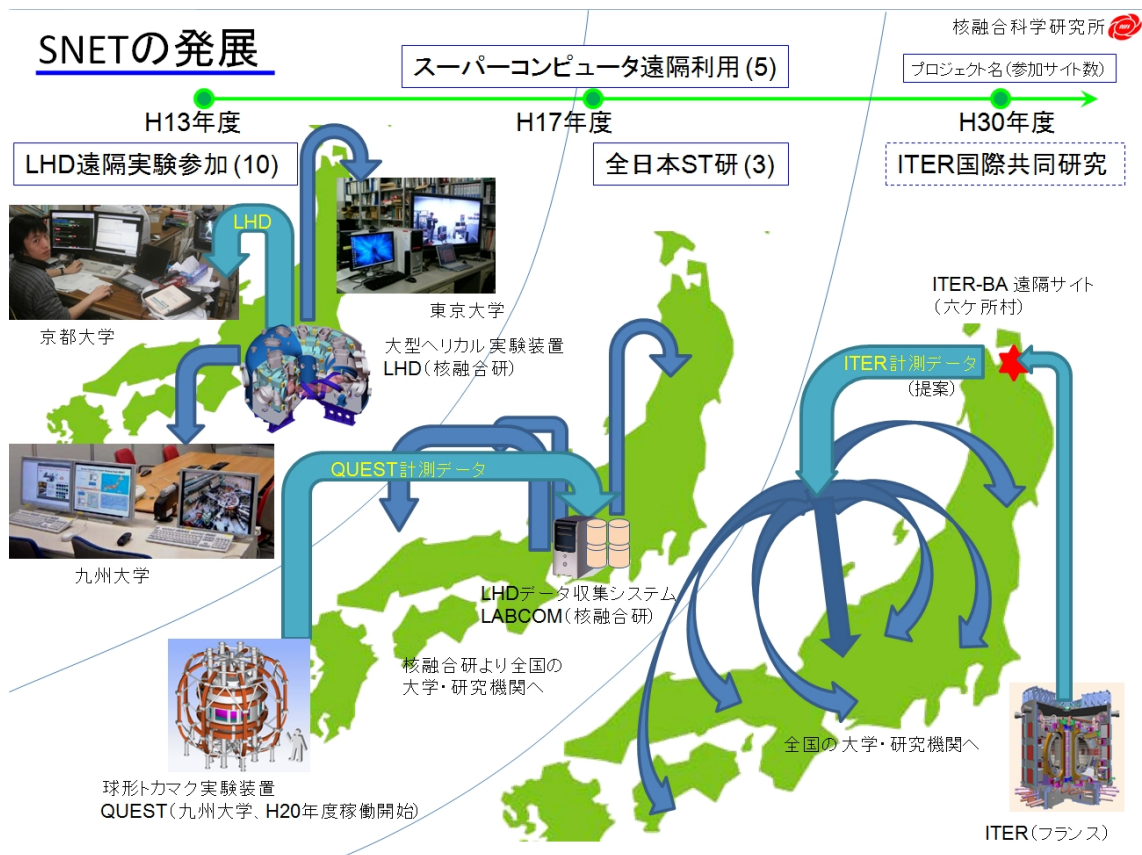
**国際共同研究プロジェクトも進められているようですが。**

---

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

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

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



### 最後に今後の研究に掛ける意気込みを伺えますか。

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

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

ありがとうございました。

## 【宇宙科学・天文学】

6. SINET3 の L1 オンデマンドを利用した光結合 VLBI 観測（国立天文台）
7. 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）

## 6. 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)

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ませんか。



原氏：光結合 VLBI とは、離れた場所にある電波望遠鏡を光回線で接続し、お互いの観測情報を合成することで、より高感度での観測を可能にする方法のことで、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、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。**

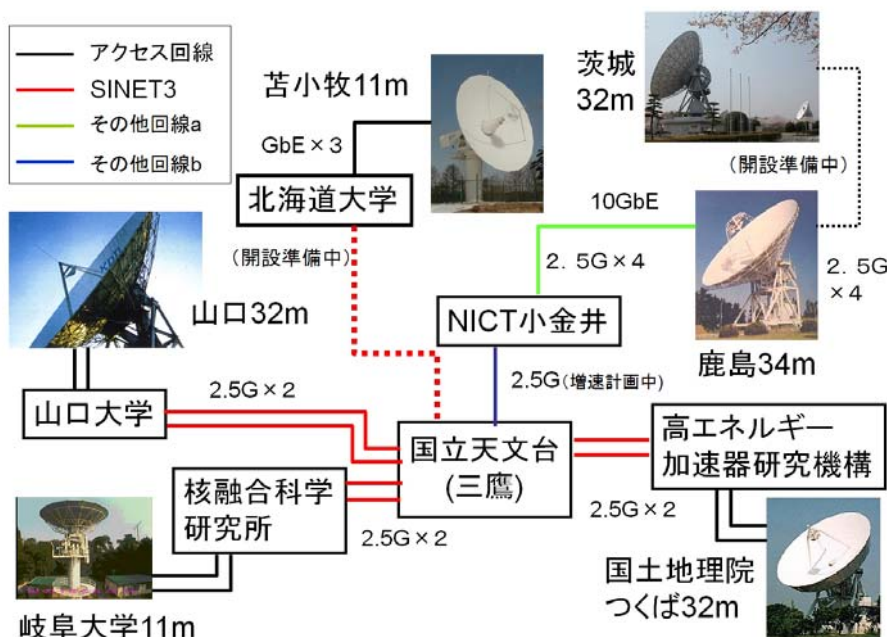
---

**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。

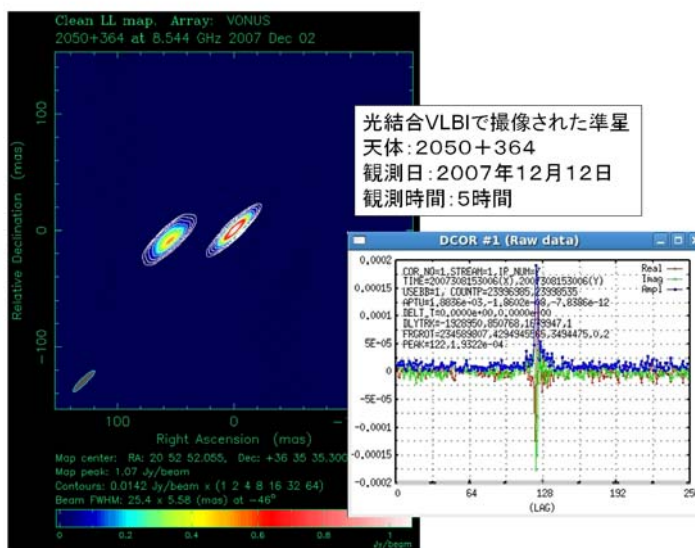
しかし、SINET3 の L1 オンデマンドサービスを利用すれば、我々が観測を行う時だけネットワークリソースを確保することができます。学術ネットワークとしてこうしたサービスを提供するのは、世界でも初めてと伺いましたが、非常にいいアイデアだと思いますね。

実際にサービスを利用して見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)

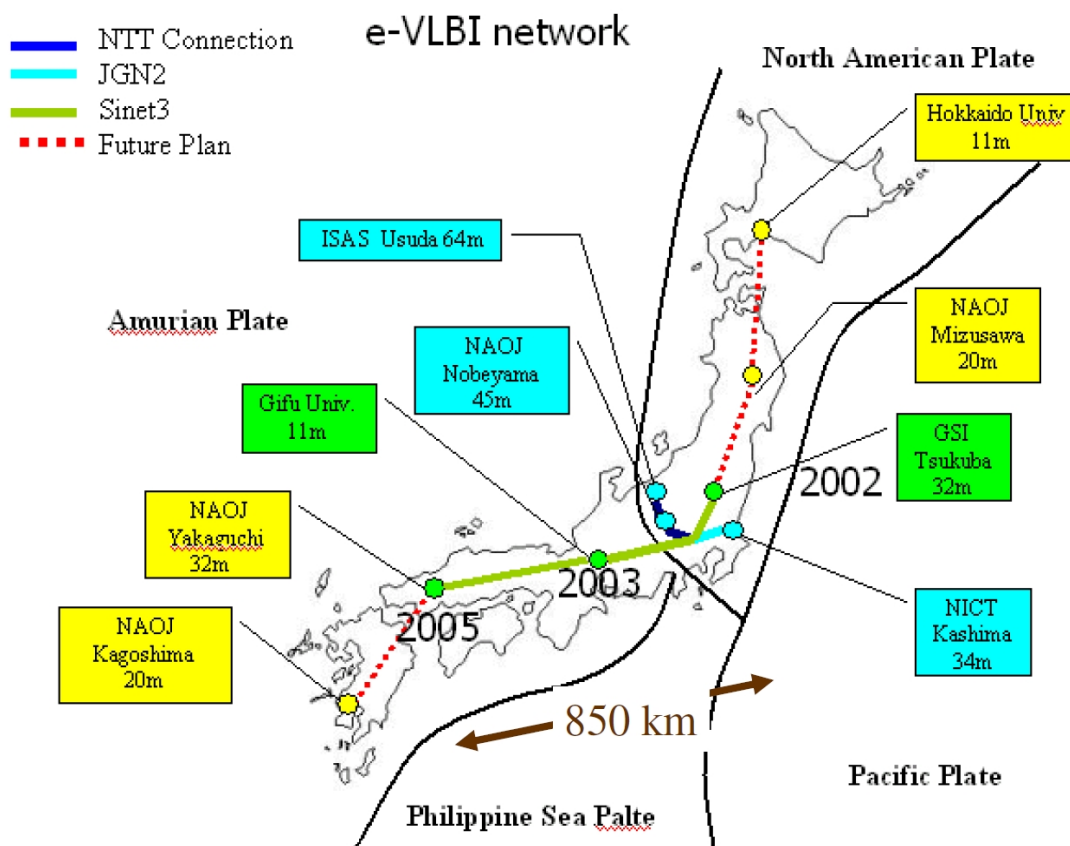


他の大学や機関と予約が重なったりするケースもあるのですか。

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：北海道大学の札幌キャンパス経由で北大・苫小牧 11m アンテナの接続を予定しているほか、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。



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。

## 7. 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。

(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。



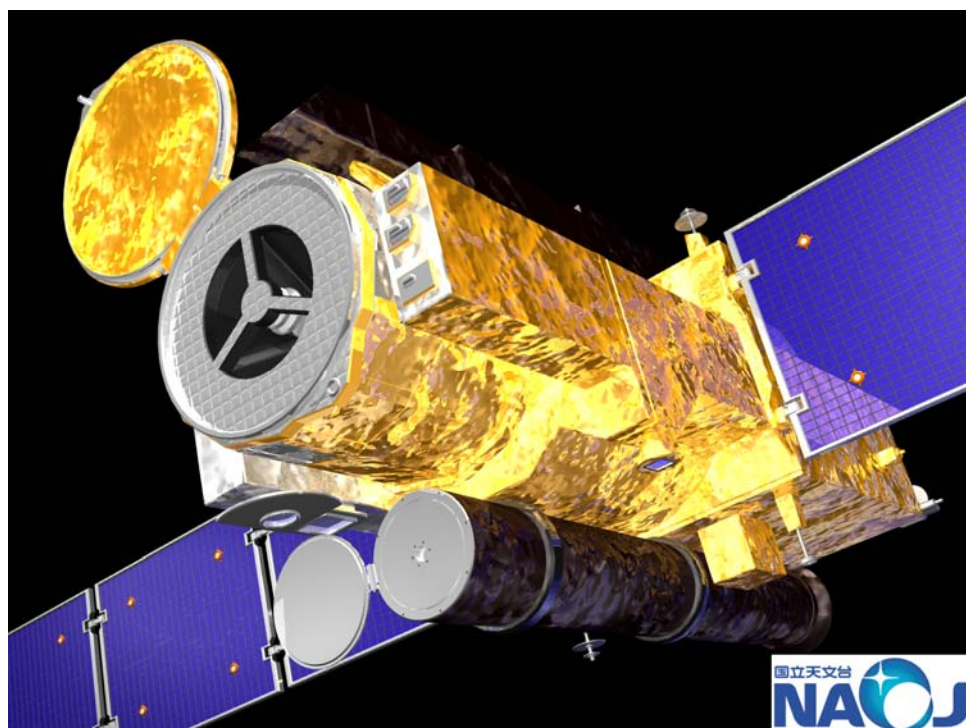
X 線天文衛星「すざく」の CG イラスト  
©宇宙航空研究開発機構(JAXA)

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。

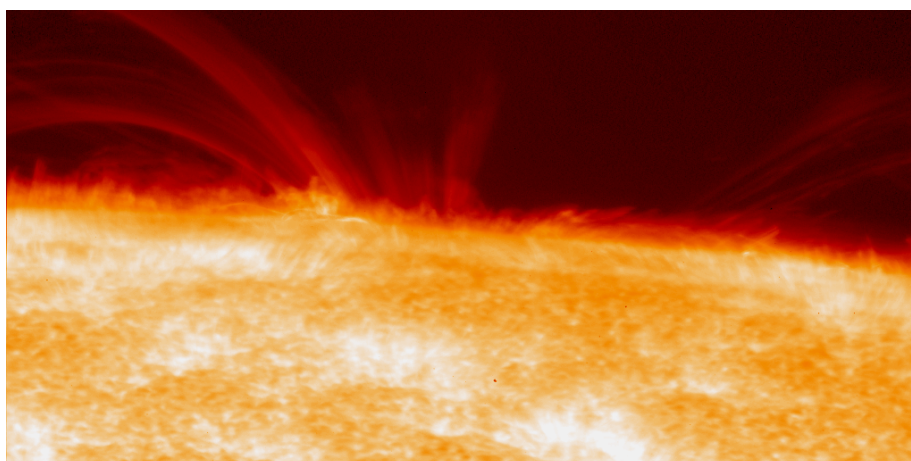
なるほど。いろいろな手段を使って観測することが大事なのですね。SINETは「ひので」の研究に活用されているそうですが、この衛星はどのような衛星なのですか。

**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」とすると、50cmのものが見分けられる」と言えば、その性能の凄さがお分かり頂けるのではないのでしょうか。



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

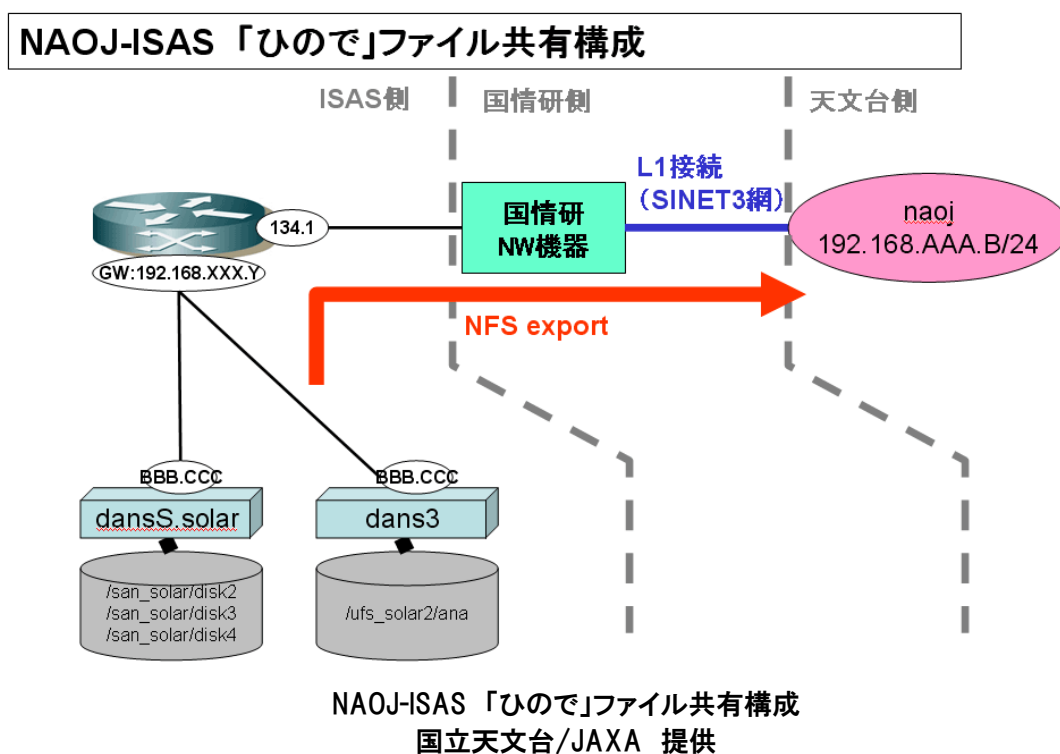
今後の太陽天文学の発展に貢献する衛星というわけですね。SINETはどのような形で利用されているのですか。

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

どれくらいの容量のデータを取り扱うのですか。

田村氏：「ひので」のデータは現時点で約15TB程度です。宇宙研究本部の他の衛星のデータはだいたい数TB程度ですから、それと比較しても格段に大きいですね。しかも、データ量はこの15TBで終わりではなく、「ひので」の観測が続く限り、これからもどんどん増えていきます。こうした大容量データを活用した研究を行う上では、ファイル共有システムと高速なネットワークが欠かせません。もし現在のような仕組みがなかった

ら、ユーザーは自分が研究に使用したいデータを一つずつ探し出し、ftp などを使って手元にダウンロードする必要があります。これでは手間が掛かって仕方ありません。



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

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

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

その他に、SINET が役立っている点がありますか。

---

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

最後に今後の展開について伺えますか。

---

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

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

ありがとうございました。

## **【環境・気象・地震科学】**

- 8. 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)**
- 9. 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)**



## 8. 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)

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ください。

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

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

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



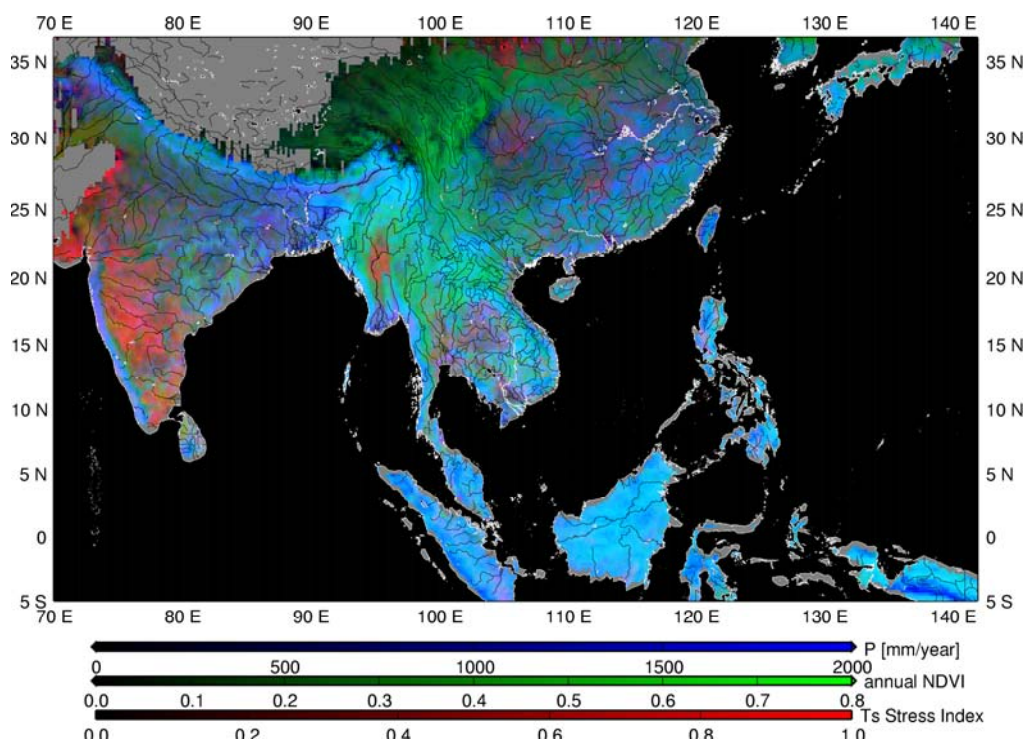
中国静止気象衛星FY2 データを受信するためのアンテナ

こちらで提供されている観測データは、誰でも自由に利用できるのですか。

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

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

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



熱帯降雨観測衛星 TRMM で計測された降水量を青，地球観測衛星 NOAA/AVHRR で得られた植生指標(植物の活性度を示す)を緑，同じく NOAA/AVHRR で得られた熱ストレス(表面温度が 35℃を越えた頻度)を赤に割り振り，合成したもの

©千葉大学環境リモートセンシング研究センター衛星気候学研究室(樋口研)

そうすると、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す。ネットワークのスピードが倍になれば、これが半年で済むわけですから、国際的な競争力を上げていく上でも大いに役立ちます。当センターの活動においては、大容量のストレージと並んで、高速なネットワーク環境が必須と言えます。



衛星データをアーカイブするシステム群

ネットワークの速さが、研究のスピードを左右する時代になっているんですね。

---

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

SINETの信頼性、安定性についての評価はいかがですか。

---

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

最後に今後の展開について伺えますか。

---

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

ありがとうございました。

## 9. 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

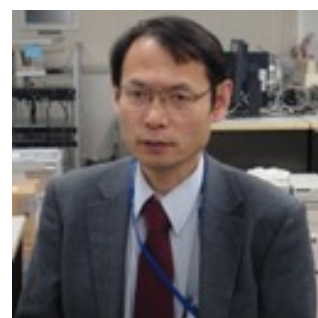
東京大学地震研究所では、全国の国立大学や気象庁、防災科研、海洋研究開発機構などと共同で、全国地震観測データ流通ネットワーク「JDXnet」の構築・運用を行っています。このネットワークが持つ意義と SINET の役割について、東京大学地震研究所 地震予知情報センター 教授鷹野 澄氏(\*)と、同助教鶴岡 弘氏にお話を伺いました。

(\*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が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。

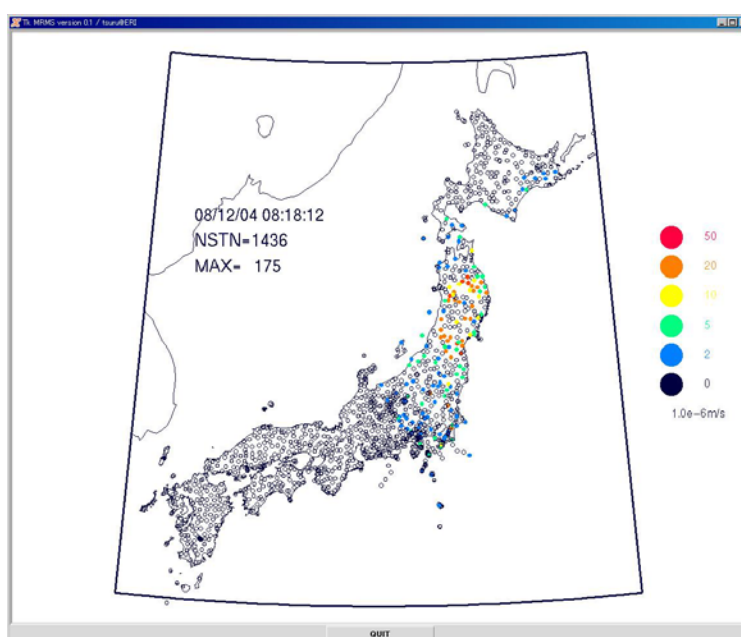


JDXnet を流れる観測データは、どのような形で活用されているのですか。

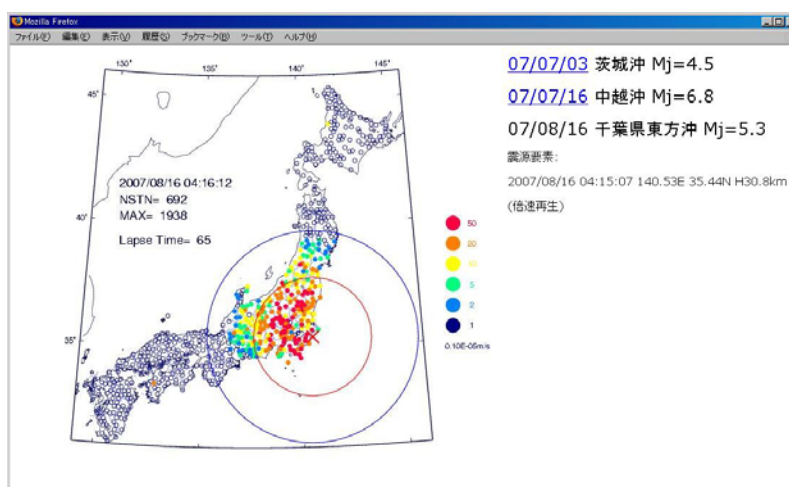
---

**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)

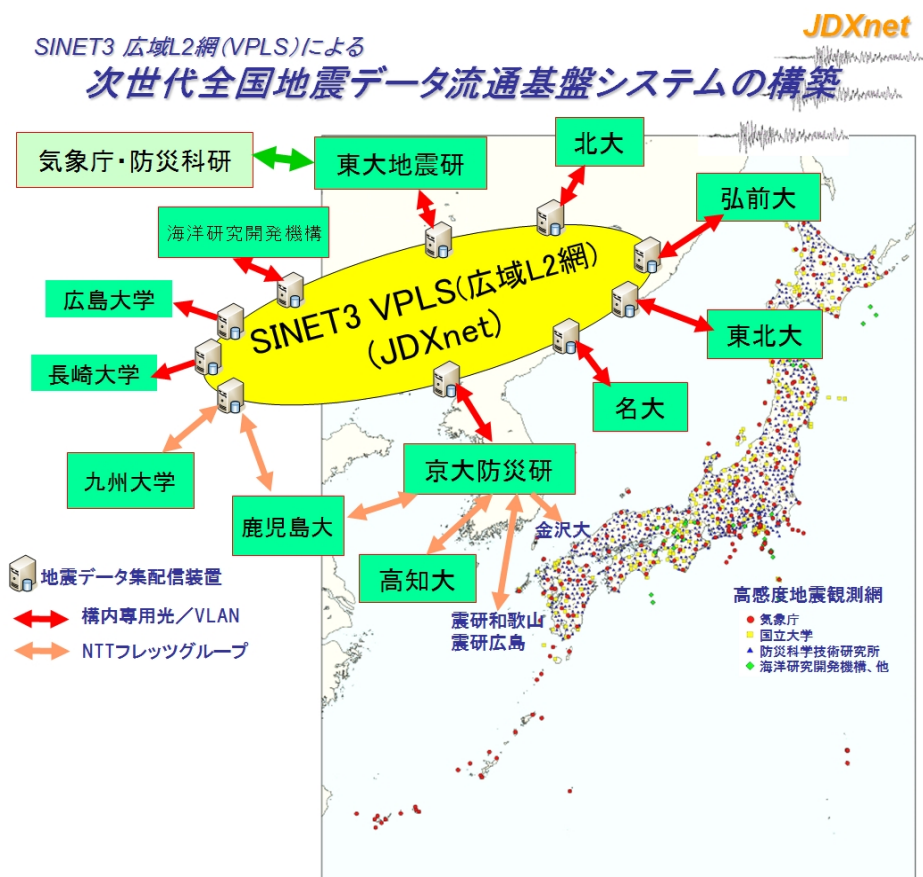


地震発生時の地震波動伝播の例

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、今とは違った形での情報活用が実現していくことと思います。

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

ありがとうございました。



## **【遠隔授業】**

10. 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）
11. インターネットを利用した国際遠隔講義（琉球大学）
12. 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）
13. 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）
14. 特別支援教育における双方向遠隔授業（愛媛大学）

## 10. 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。

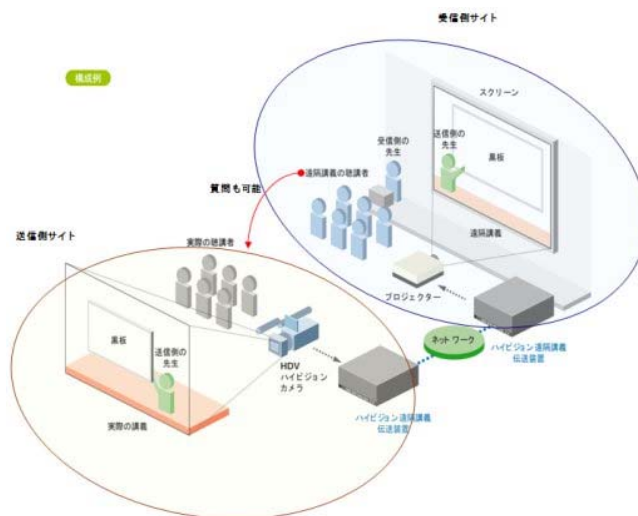
ここではいろいろな活動を行っていますが、その一つが医療・福祉現場で実際に役に立つソフトウェアを、学生自身がリーダーシップを取って開発する「SIP プロジェクト」です。たとえば、ベテランの介護福祉士の方が介護を行う際の身体の動き方をコンピュータで解析し、そのノウハウを明らかにするプログラムを開発するといったことを行っています。ちなみに、SIP プロジェクトを含む所定の教育プログラムを修めた学生には、成績証明書に「副専攻プログラムとして医療福祉情報を修めた」と記載されますので、医療機器関連メーカーへ就職する際などの大きな材料にもなっています。

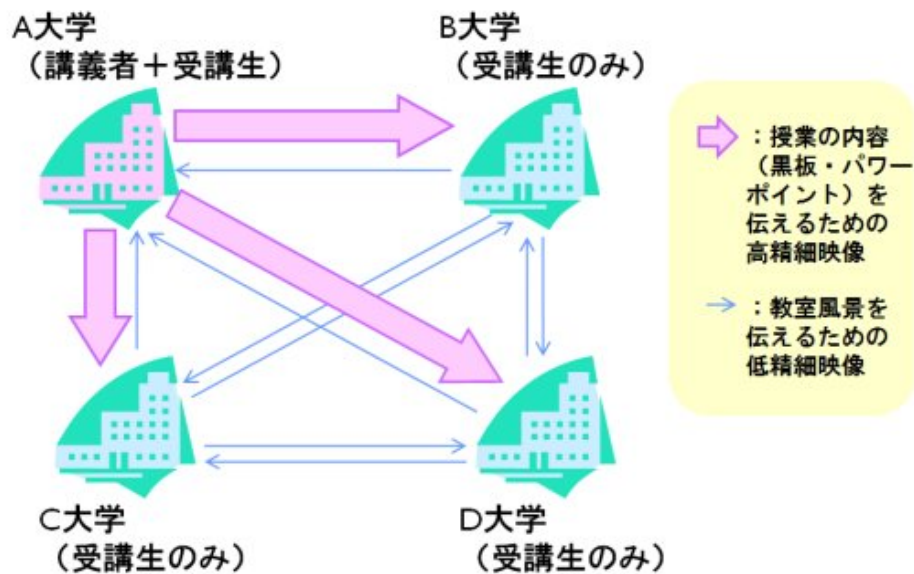
また、大学院 GP におけるもう一つの重要な取り組みが、横浜市大医学部との双方向遠隔授業です。医療・福祉分野で活躍するためには、当然ながら医学についての基礎知識が不可欠です。しかし、横浜市大医学部の先生方もお忙しいので、本学に定期的に来ていただいて授業を行うのは困難です。そこで、ネットワークを利用した遠隔授業に目を付けたのです。

#### 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

現在はどうのような形で授業を実施されているのですか。

**有澤氏：**「臨床医学概論」、「医科学概論」、「人体構造生理学」など医学系の授業を横浜市大から提供して頂いているほか、本学からも「先端的画像医学」など情報系の授業を提供しています。また、プロジェクト開始当初は、二校間で始まった取組みですが、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広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。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。

## 11. 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ください。

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





講義はどのような内容なのか。

---

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

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



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

---

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

## 12. 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。

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。



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。

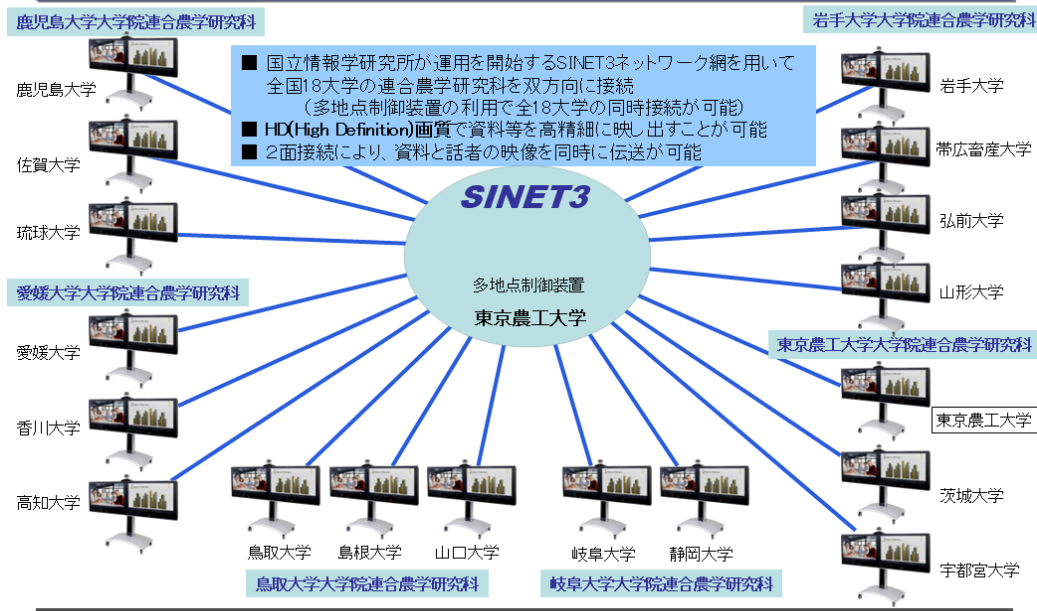
新システムを構築するにあたっては、どのような点を狙いとされましたか。

---

**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



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。**

## 13. 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、交流を深めてきました。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の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。

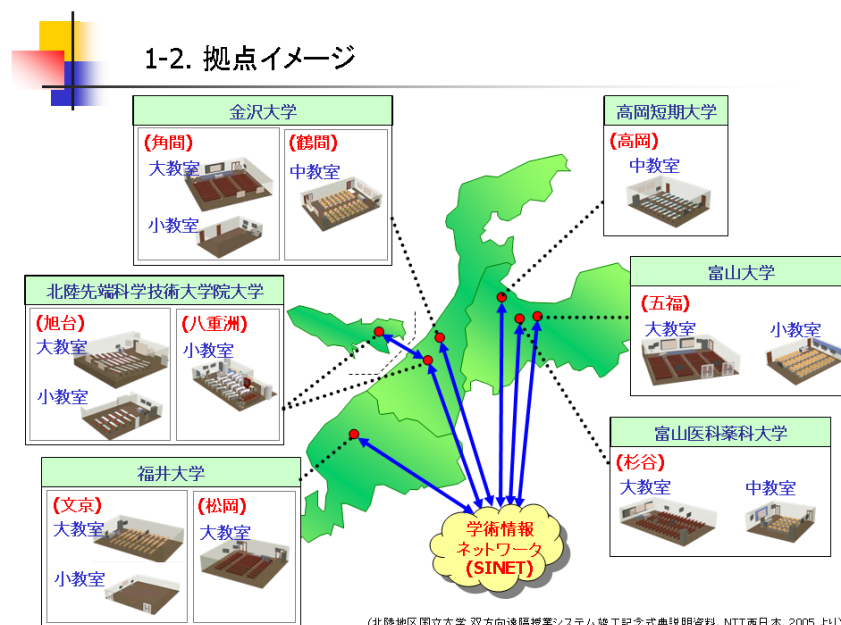
こうした課題を解消する方法を模索する中で、有力な手段として浮かび上がってきたのが双方向遠隔授業システムでした。ネットワークを利用した遠隔授業なら距離の問題は解決できますし、各大学が有する人材や研究・教育資源も有効に活用できます。



## 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。

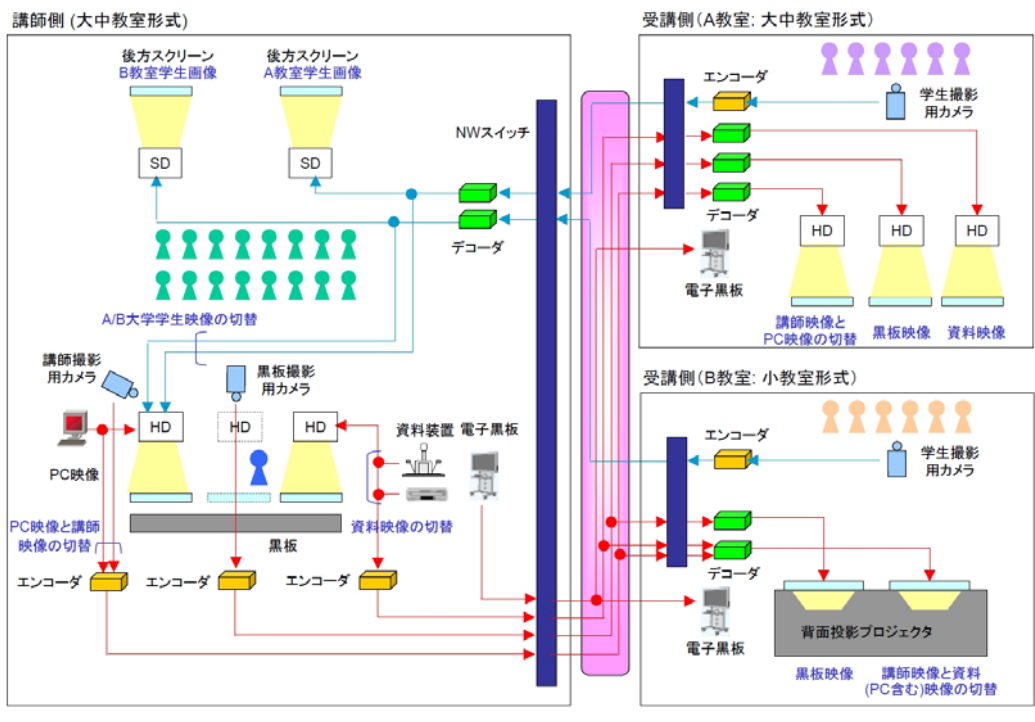
しかも、学生証を利用した出席管理システムとも連携していますので、講義を担当する教員がスクリーンの向こう側を指さして、他大学の生徒に質問することもできます。送り手側の教室にいる生徒も、受け手側の教室にいる生徒も、通常の授業とまったく変わりなく授業が受けられるわけです。

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



双方向遠隔授業システムを使った授業

授業イメージ図(大中小教室授業例)



授業イメージ図(大中小教室授業例)

ネットワーク的に課題となった点はありましたか。

---

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

現在はどのような形で遠隔授業が行われているのですか。

---

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

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

今後はどのような形で遠隔授業を発展させていけますか。

---

**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。

## 14. 特別支援教育における双方向遠隔授業

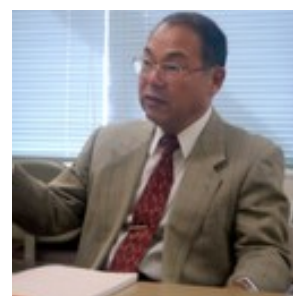
愛媛大学

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。

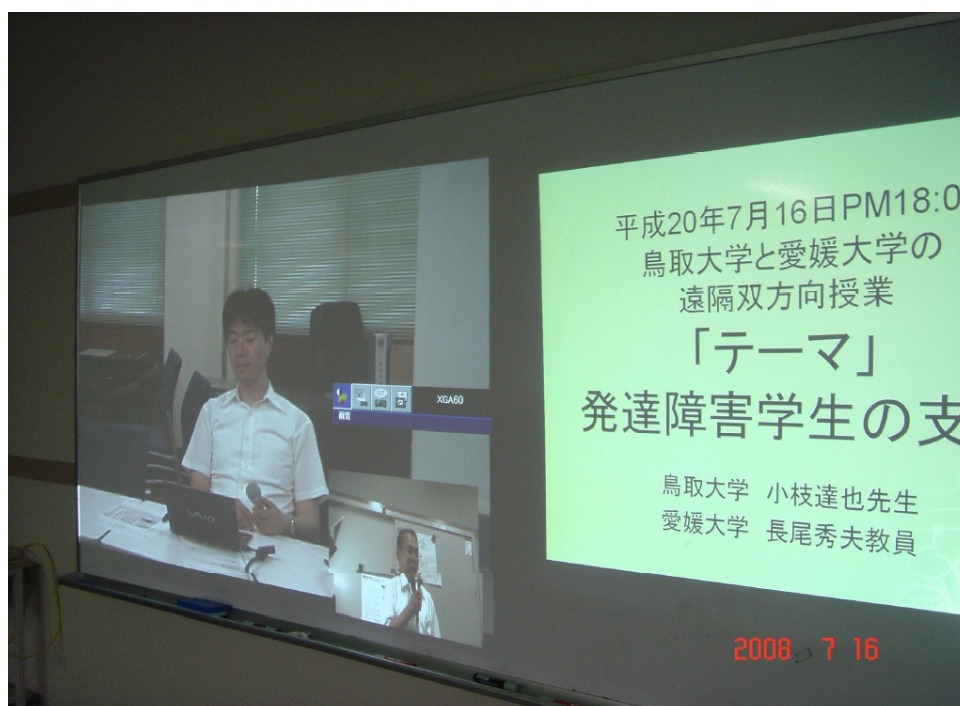
長尾氏：ええ。愛媛県下には子ども療育センターや特別支援学校など、特別支援教育の拠点が数カ所あり、本学からも特別教育支援コーディネーター専修の大学院生などを小中学校に派遣しています。その指導や教育相談のために、平成18年度よりテレビ会議システムを導入・活用しています。

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ひしたのです。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)

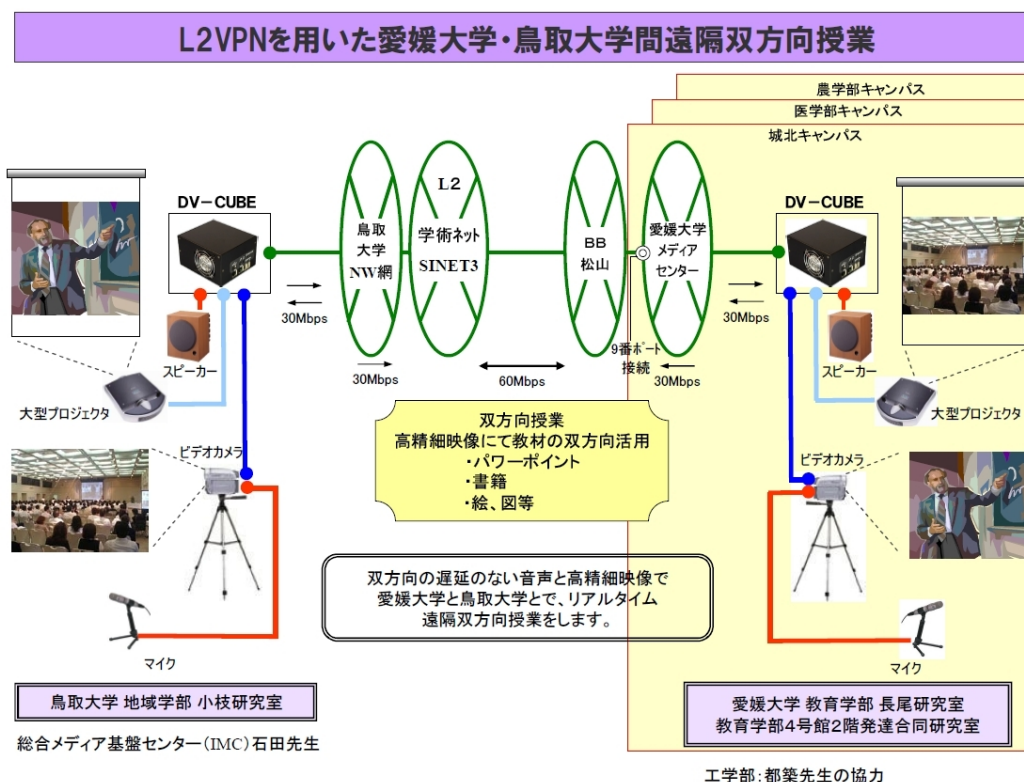
愛媛大学側：左側の投影部分の右下(長尾秀夫教授)

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。

**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 21 年 3 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: