

核融合バーチャルラボラトリにおける 遠隔データ複製とITER遠隔実験センター

中西秀哉、中島徳嘉、山本孝志（核融合研）、
小関隆久（量研機構）、山中顕次郎（情報研）

2017/10/13 ADVANET2017@東京大学

LHD outside view

～核融合実験研究の状況～

- 核融合科学研究所(NIFS、岐阜県土岐市)では、ヘリカル磁場閉じ込め方式の核融合実験「**大型ヘリカル装置(LHD)**」を運用(1998年3月～)



- 2008年6月～ LHD、九州大学QUEST、筑波大学GAMMA10間でSINET L2/L3-VPNを介した実験データのリアルタイム共有(遠隔収集→遠隔アーカイブ)を開始
- 2017年11月～ 東京大学TST-2も加入

＜核融合バーチャルラボトリ＞

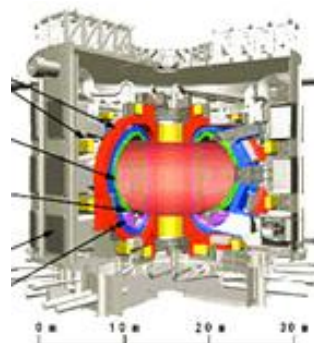


- 世界7極による**国際熱核融合実験炉(ITER)**が、2025年実験開始に向け仏カダラッシュに建設中
 - 2017年、青森県六ヶ所村にITER遠隔実験センター(REC)が完成
 - 2016年9月、ITER～REC間でITER運転を模擬したデータ伝送実験に成功



ITER Data Estimate (2016)

Total DAN archive rate (initial)	2 GB/s
Total DAN archive rate (final)	50 GB/s
Total archive capacity	90–2200 TB/day
Plasma duration time	500–1000 s



ITERの設計値

核融合出力	: 500 MW
エネルギー増倍率: Q	: 10 (～400 s)
	: Q ~5 (定常運転)
大半径/小半径	: 6.2 m/2.0 m
プラズマ電流	: 15 MA
最大磁場	
(コイル中心)	: 11.8 T
(プラズマ中心)	: 5.3 T
プラズマ体積	: 840 m ³
最大加熱パワー	: 73 MW

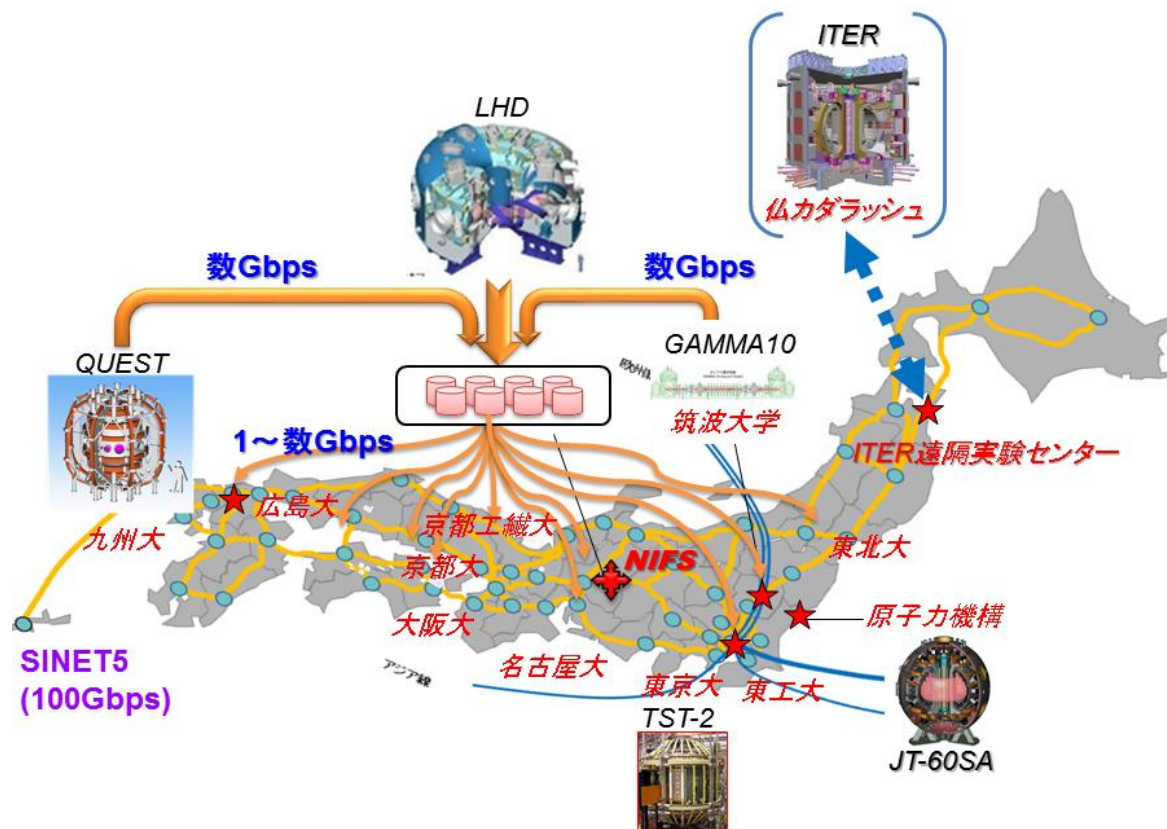
～核融合バーチャルラボラトリ(FVL)～

- SINET5上に核融合分野専用の仮想閉域網 (SNET)

- 帯域1Gbps(大学側)～10 Gbps x2(NIFS側)
- 双方向共同研究の通信バックボーン

- LHD実験データシステムをマルチサイト拡張

- 遠隔の4実験(LHD, QUEST, GAMMA10, TST-2)のデータ収集、保存、参照ノードがSNET上に広域分散
 - データ収集、サービス集中管理(NIFS側)
 - 将来、ITER実験データの再配信にも
 - 高可用性、高速性が不可欠！



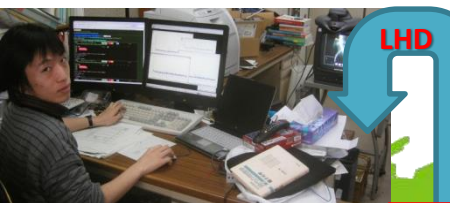
SNETの進展

スーパーコンピュータ遠隔利用



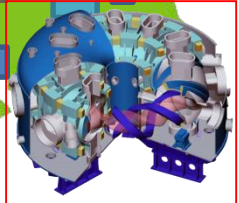
H13年度

LHD遠隔実験参加



京都大学

LHD



東京大学

大型ヘリカル実験装置
LHD (核融合研)

GAMMA10 装置
(筑波大学)

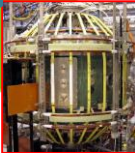
GAMMA10計測データ



九州大学

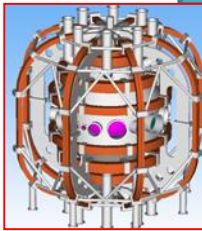
QUEST計測データ

TST-2計測データ



LHDデータ収集システム
(核融合研)

核融合研より全国の
大学・研究機関へ



球形トカマク実験装置
QUEST (九州大学、H20年度稼働開始)

H17年度

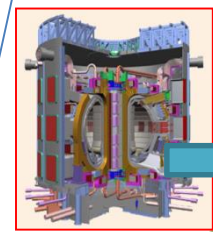
全日本ST研究

H22年度

H29年度

H37年度

ITER国際共同研究



ITER (フランス)

ITER実験データ

全国の大学・研究機関へ

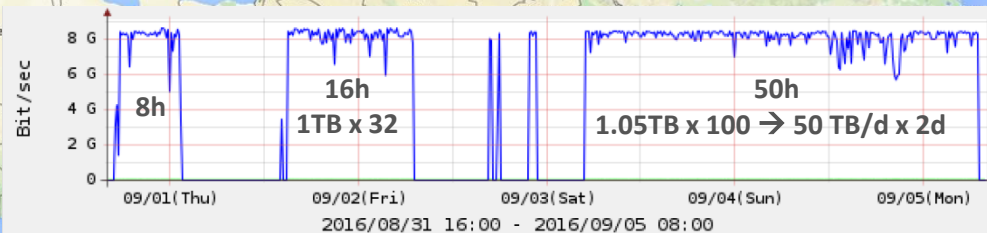
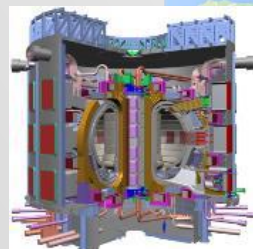
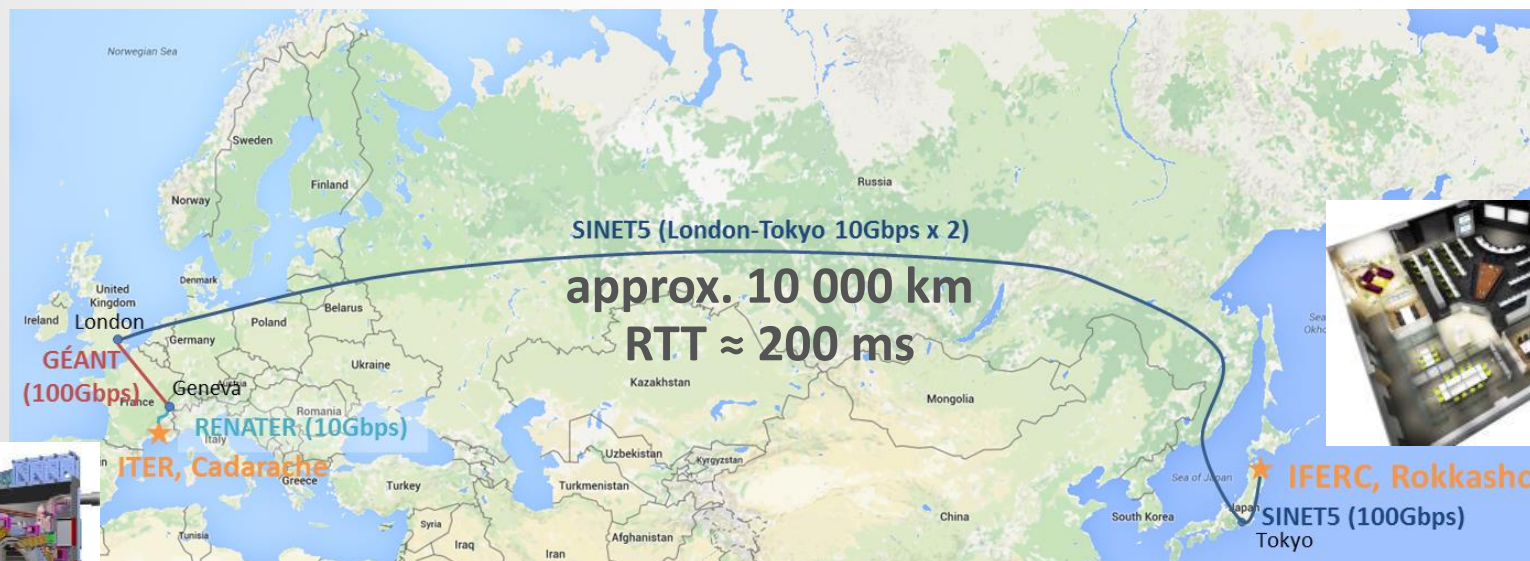
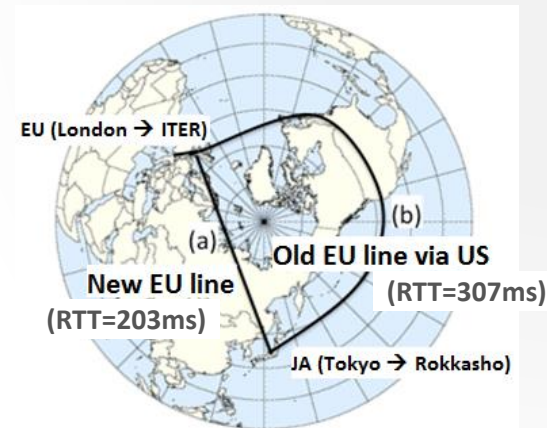
ITER Data Estimate (2016)

Total DAN archive rate (initial)	2 GB/s
Total DAN archive rate (final)	50 GB/s
Total archive capacity	90–2200 TB/day
Plasma duration time	500–1000 s

ITER-REC データ転送実験 2016

(29 Aug – 4 Sep 2016, at ITER)

- ✓ データ転送実証: **8h, 16h, 50h**
 - ITER 初期データ量: 2GB/s x 500s → **1 TB/回**
 - 20 回/日 → **30 分サイクル**
 - **設定速度 → 上限 8 Gbps**、**10 Gbps L2VPN を開設**
- ✓ 1 TB 転送 には、理想条件で 1000 秒 ≈ 約17 分かかる
- ✓ 転送プロトコルに、NII製 MMCFTPを利用



ITER-RECデータ伝送実験の全結果

台風直撃 → 六ヶ所ファイバ断線

30th 13:10 – 31st 09:50 CEST

(30th 20:10 – 31st 16:50 JST)

ITER – NIFS間で臨時テスト

2nd PR ビデオ撮影

1st PR ビデオ撮影

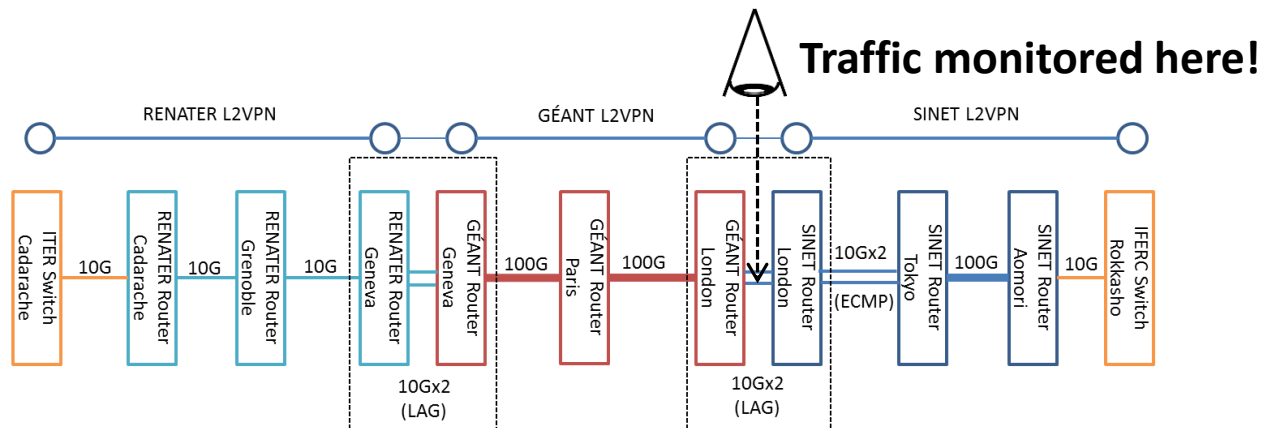
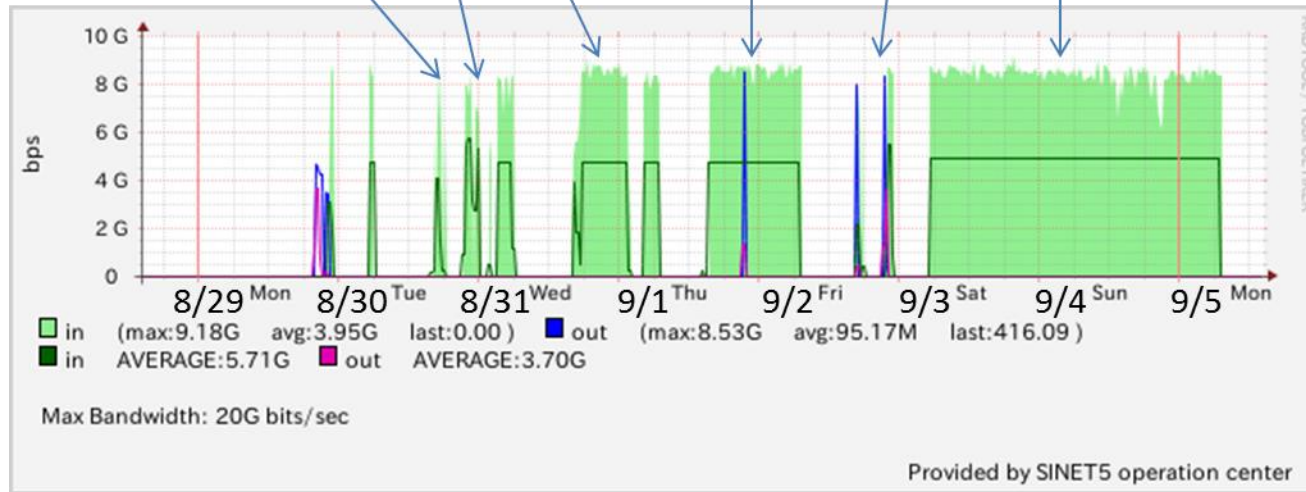
8-hour Test 16-hour Test

10:30-18:30 CEST
17:30-01:30 JST

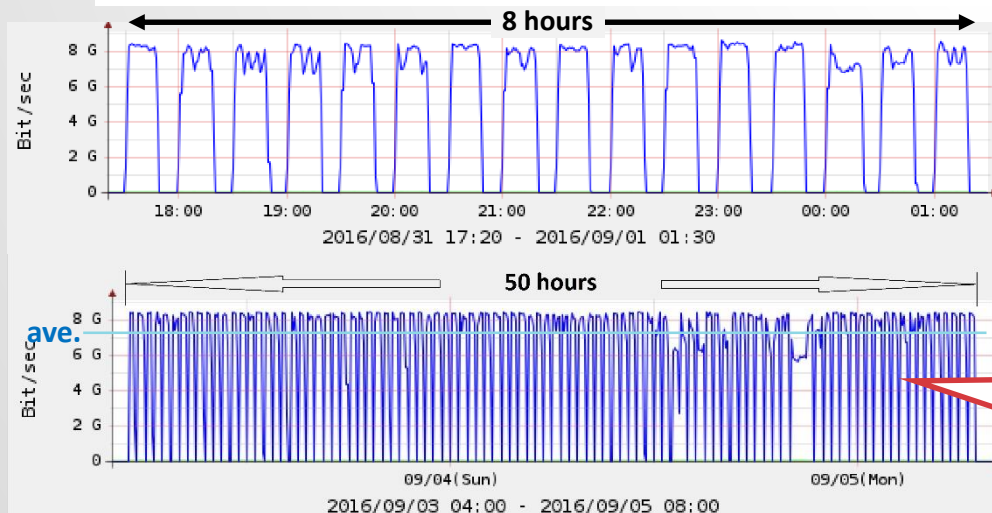
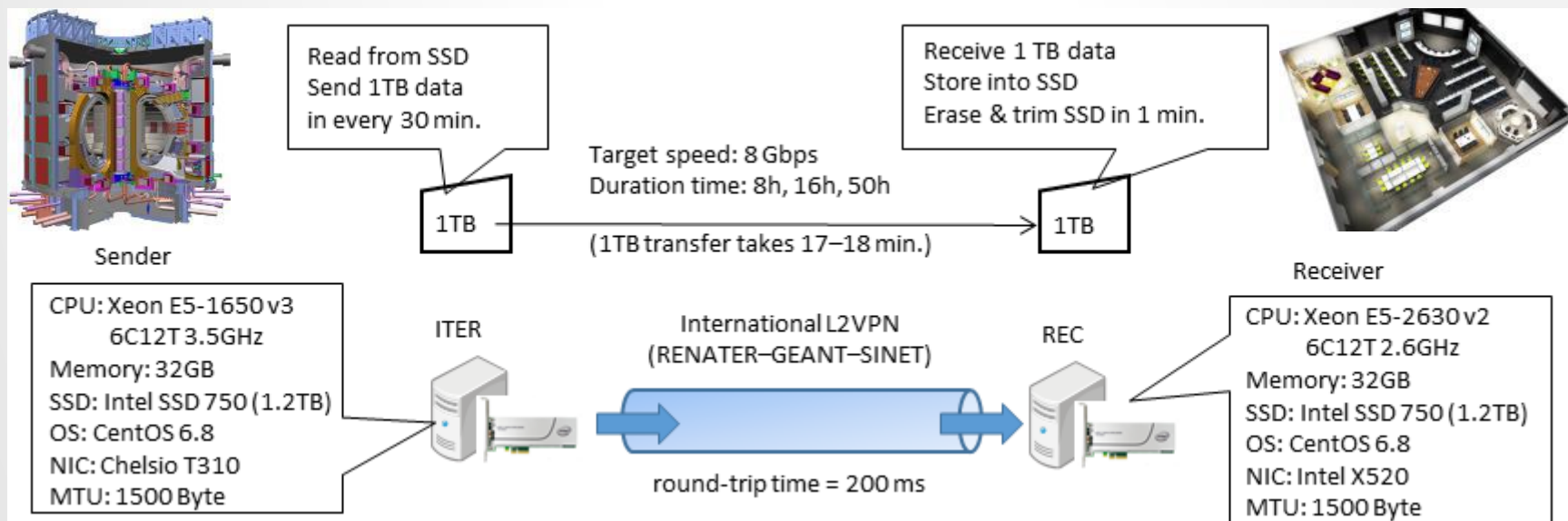
8:00-24:00 CEST
15:00-07:00 JST

50-hour Test

22:00-00:00 CEST
05:00-07:00 JST

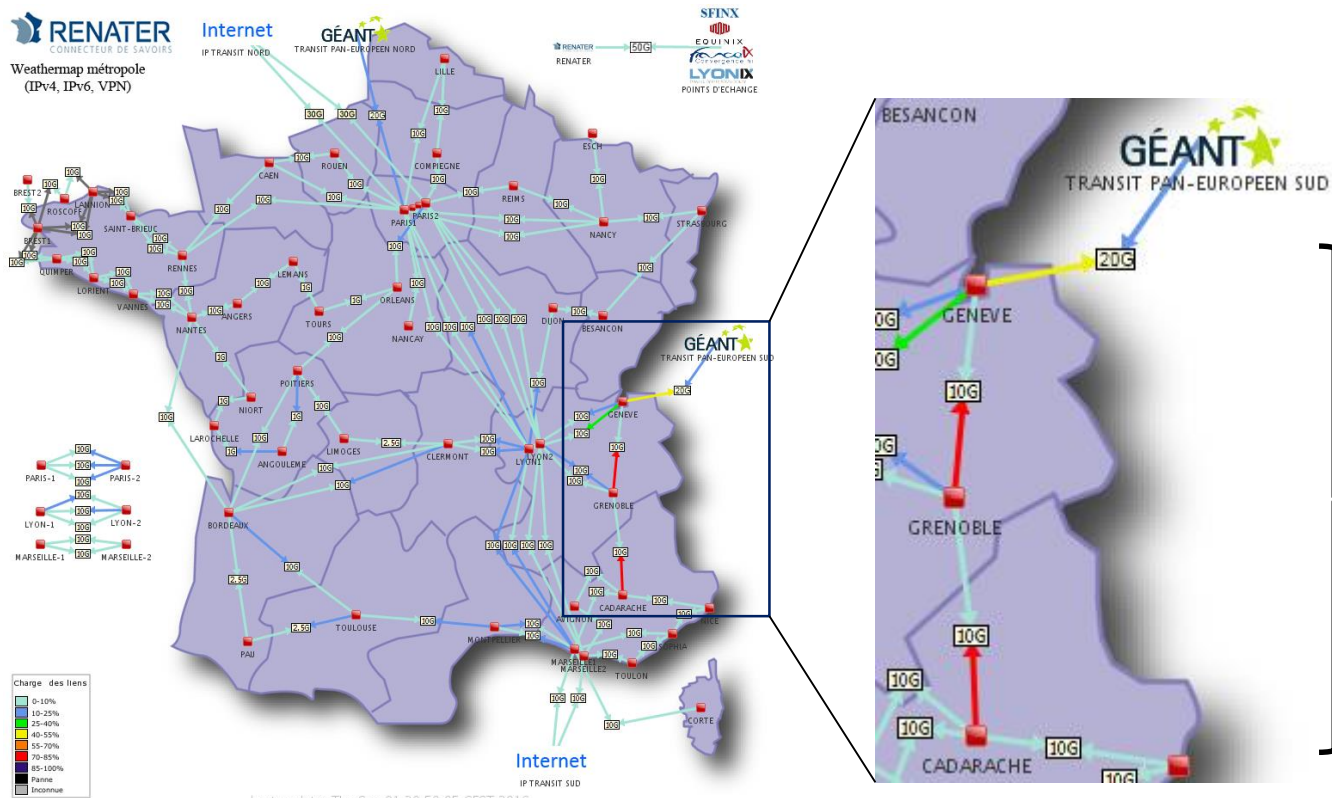


実験方法・結果 (ITER → RECデータ伝送)



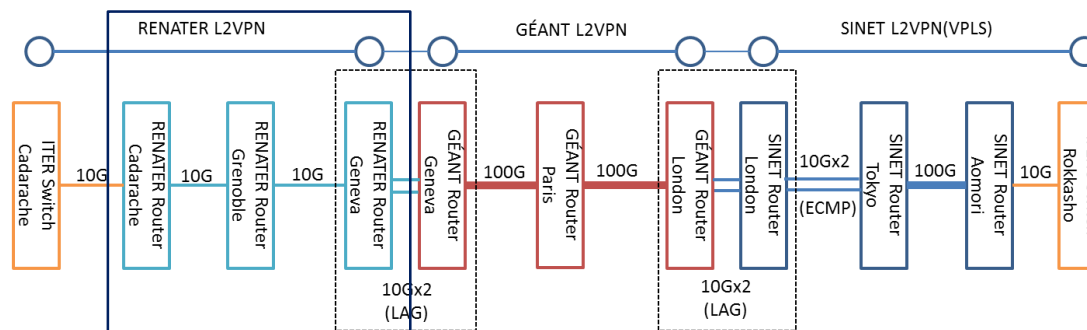
- ✓ Achieved transfer speed: **max. 7.97** / min. 5.48 / **ave. 7.17** Gbps
- ✓ 最大所要時間 = 25分43秒 < 30分以内に全て転送完了

テスト中の RENATER トラフィック状況



in 16-hour test

**70–85 % of 10G line,
40–55 % of 20G line
were used.**



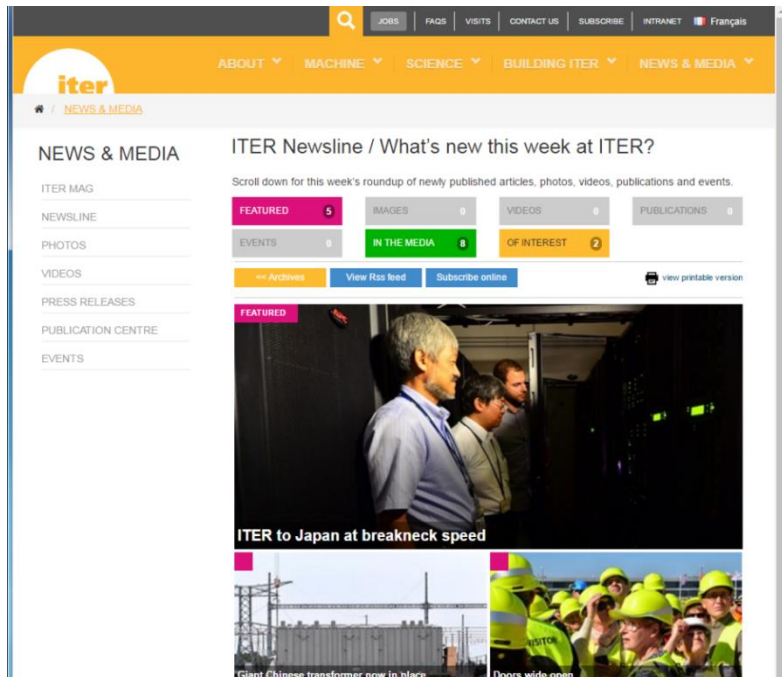
ITER-RECデータ複製実験の成果

東奥日報(1面トップ)

- ITERサイトと同等のデータアクセス環境を、遠隔サイトの実験参加者に提供できる技術的な見通しを得た
- MMCFTP with L2VPN により、距離に関係なく高速データ伝送を実現
- 大陸を跨った実時間フルアーカイブがITER～REC間で可能



ITER Newsline



Ambitious goals require ambitious technologies. The ITER ("Way" in Latin) is one of today's most ambitious global energy projects and has the potential to change the methods and economic models of energy production and consumption. The ITER project, headquartered in southern France, is a collaboration between 35 nations to build the world's largest tokamak, a magnetic fusion device designed to prove the feasibility of fusion as a large-scale and carbon-free source of energy based on the same principle that powers the sun and the stars. This work

BREAKING RECORDS IN THE LAND OF THE RISING SUN

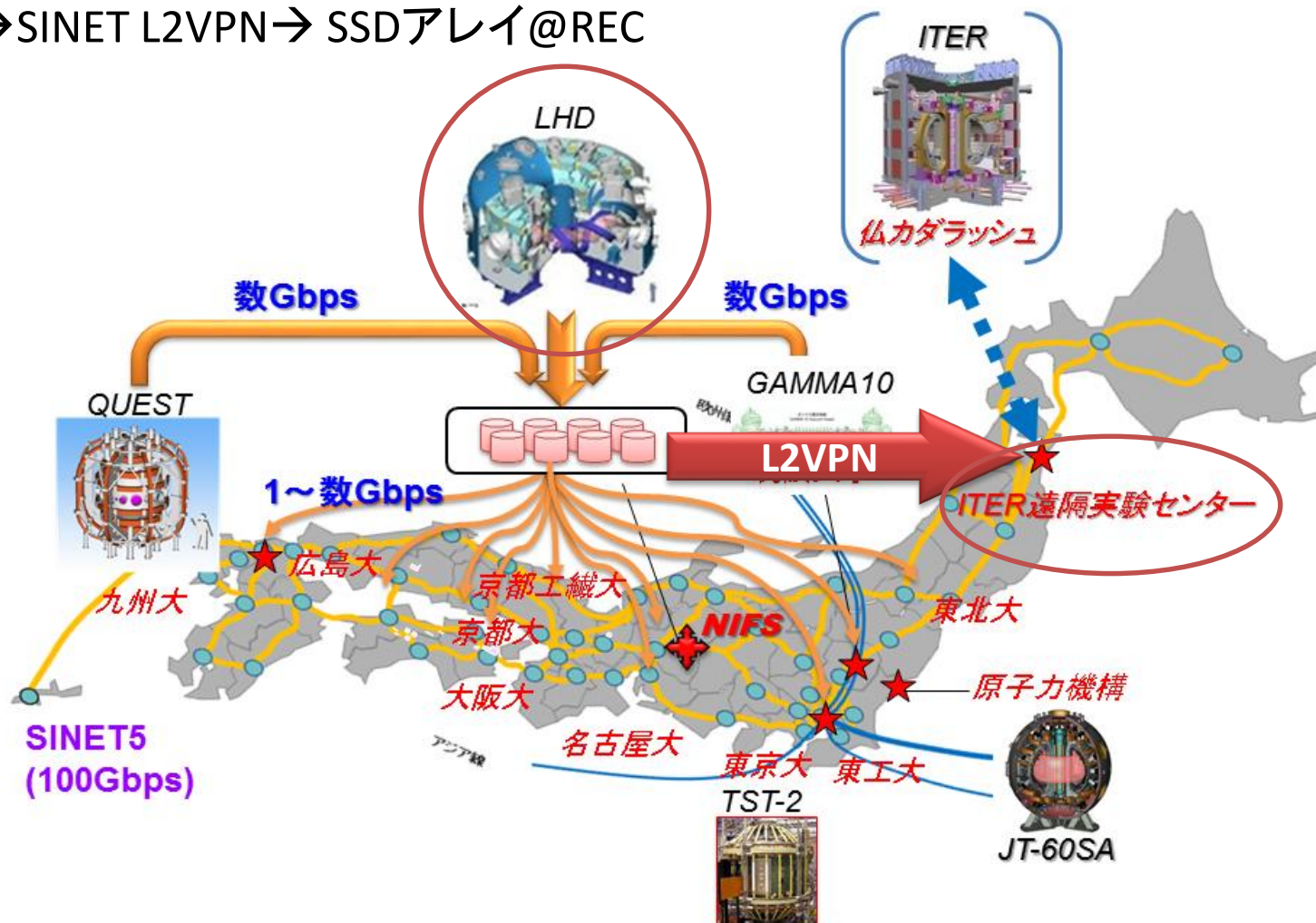
Each of ITER's early, non-nuclear plasmas will generate an estimated 1 terabyte of experimental data—the equivalent of a full commercial hard disk. When ITER goes nuclear, some ten years after entering operation, this volume might be multiplied by fifty. The project's Remote Experimentation Centre (REC) in Rokkasho, Japan, a

The capacity to transfer this data to Japan at a pace compatible with that of the tokamak's experiments—approximately one pulse every 30 to 60 minutes—was demonstrated in early September by information technology specialists from ITER and their counterparts at three Japanese institutes: the National Institute for Quantum and Radiological Science and Technology (QST), the National Institute for Fusion Science (NIFS) and the National Institute of Informatics (NII) in cooperation with the European agency for ITER.

LHD→REC 実験同期データ・アーカイブ実験 2017



- LHD 分散GlusterFSストレージ(10GbE IP-SAN)
→SINET L2VPN→ SSDアレイ@REC



LHD→REC 実験同期データ・アーカイブ実験

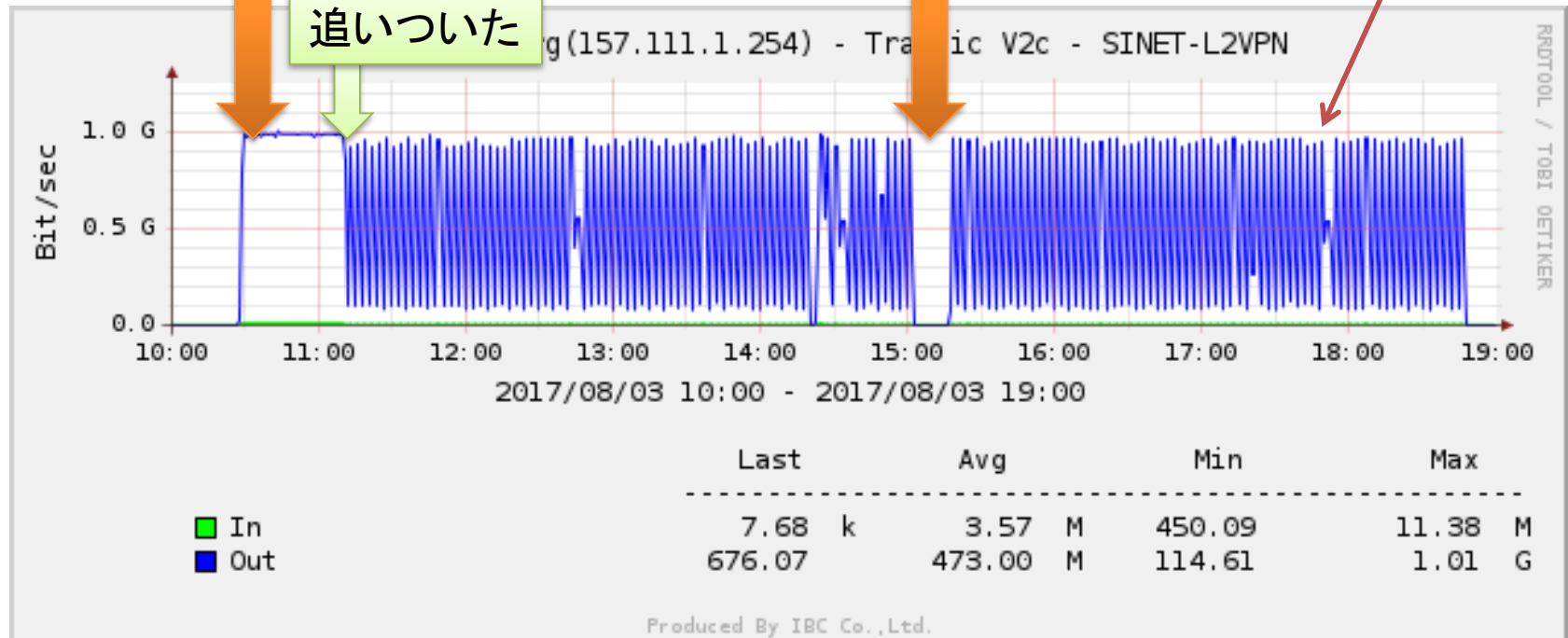
- 実験シーケンス(3分周期)に同期で、終日データ複製 → 2分以内に完了
(10G-SR/MMF 問題 → その後、10G-LR/SMF に切り替え解消)
- 今後、旧Helios **テープライブラリ(0.5PB)**に過去データ全複製を計画

1 Gb/sで頭打ち: 構内10G-SR/MMF線が距離超過で1Gb/sデグレード

設定ミスで転送開始が遅れ、後追い転送に

実験モード切替のためシーケンスが一時休止

追いついた



Thank you!

核融合実験データを用いて、リアルタイムに遠隔アーカイブ・サイトへデータ転送・保管が可能であることを実証した。