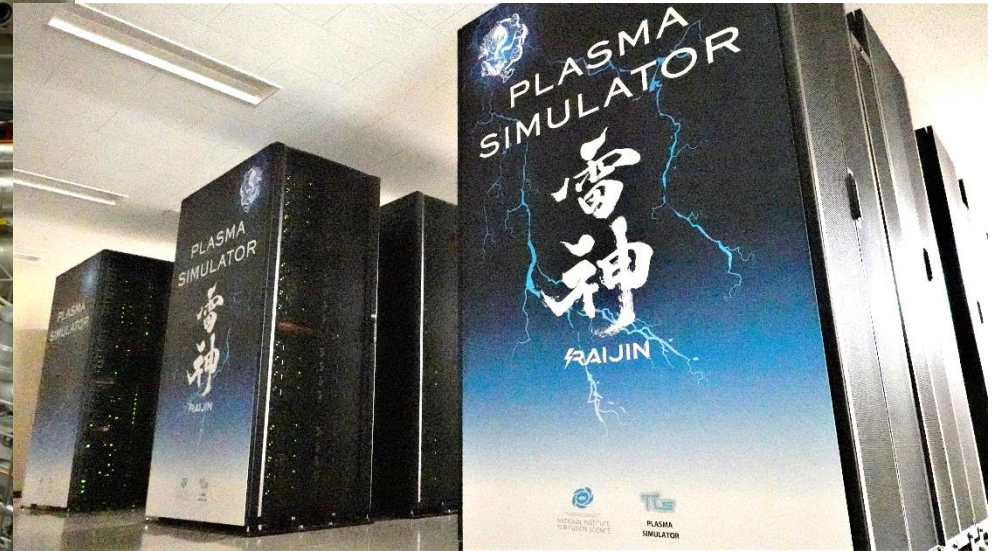
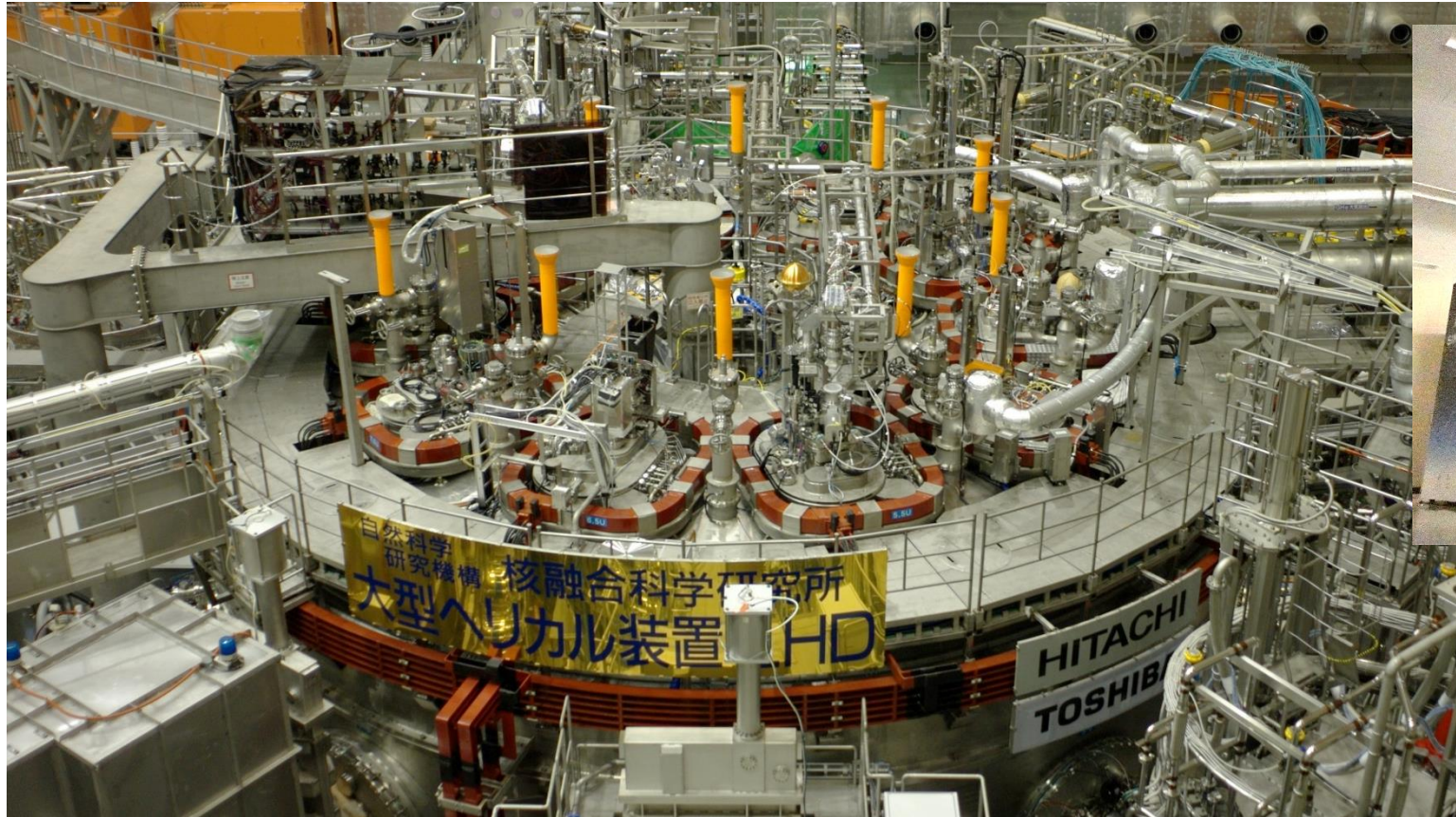


学術情報基盤オープンフォーラム2025 SINET活用事例③

核融合研究のオープンサイエンス化とSINET利用



プラズマシミュレータ
「雷神」～2025/7

LHD実験装置～2025/12

自然科学研究機構 核融合科学研究所(NIFS) 中西秀哉

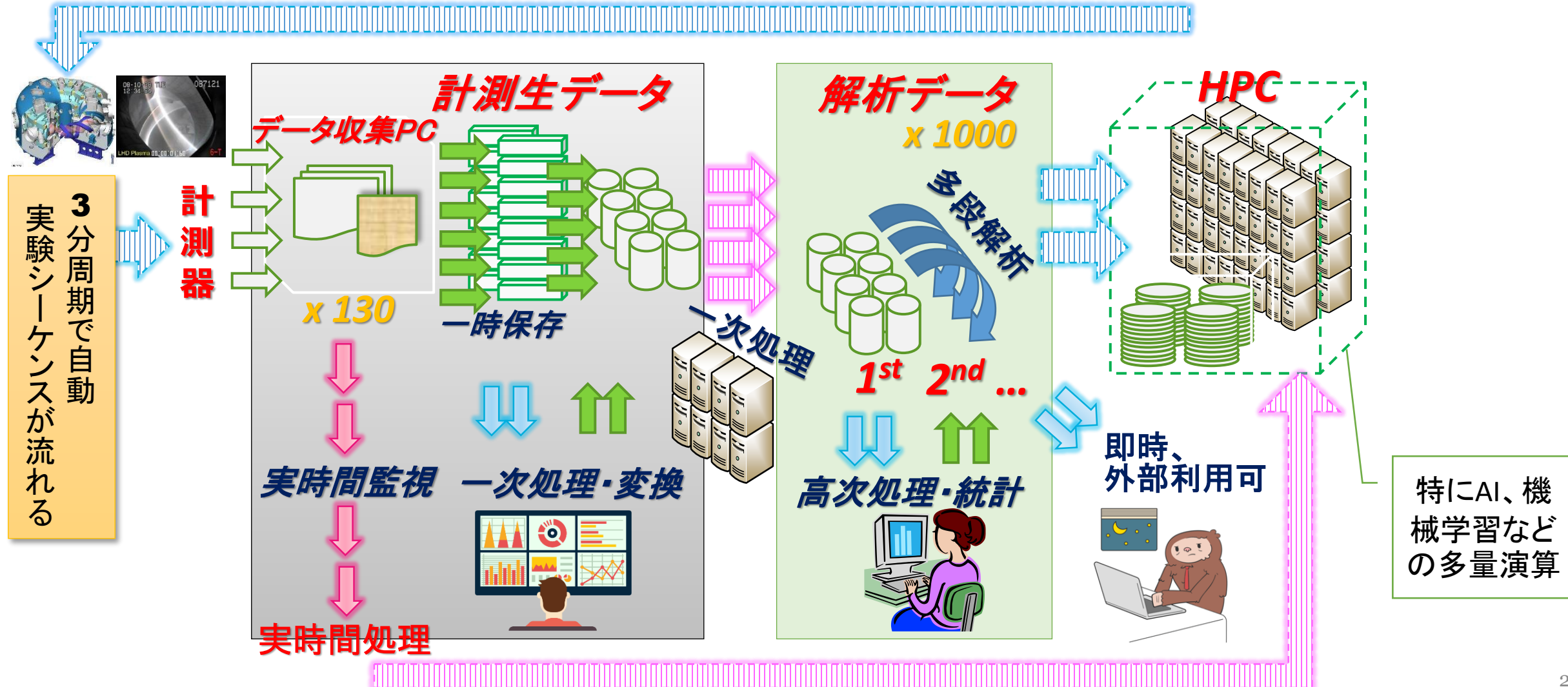
本発表で表明される見解および意見は、発表者個人のものであり、所属機関・法人の公式方針または立場を反映するものではありません。

核融合実験では、多数の計測・解析データが自動生成される

- 3分周期で、計測ノード・・・130種、解析プログラム・・・200～400個 が稼働(＝1日に約120回)

LHD実験の場合、

実時間制御



核融合研究データのオープンな利活用基盤 プラズマ・核融合クラウドの推進

- AI, ML ← **HPCの近くに膨大なデータセットが必要**
- 実験データ解析 + 数値モデル計算の統合基盤

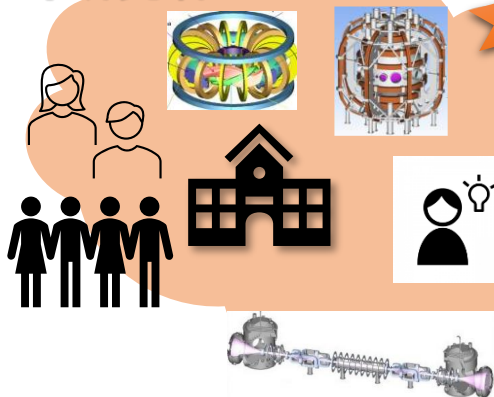
核融合データ・実験装置・計算環境の学際的利用の場

- “共創の場” データ科学など異分野や産業界・市民
- “実践教育の場” 人材・新アイデア/文化・分野拡張

ITER実験データ

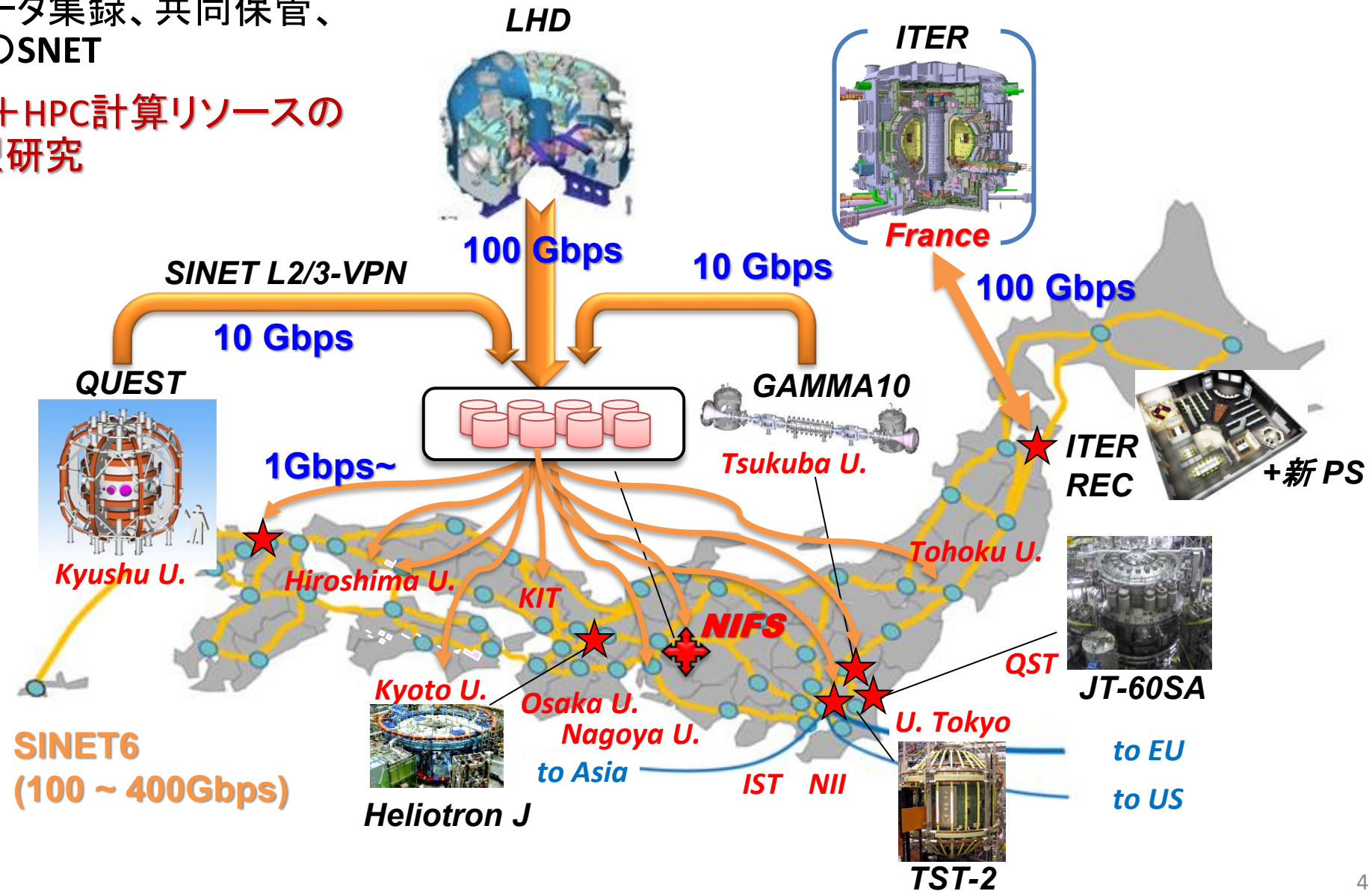


大学等研究者



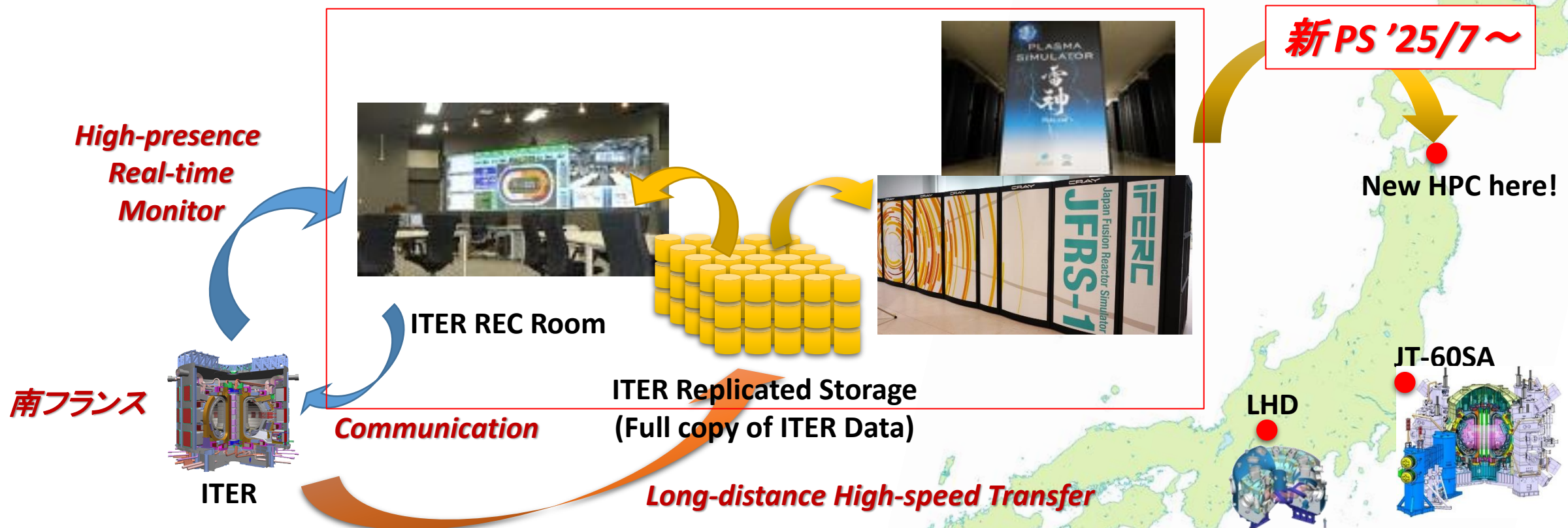
核融合共同研究を支える SINET L2/L3VPN “SNET”

1. 大学等実験の遠隔データ集録、共同保管、共有再配信・・・従来のSNET
2. 実験データアーカイブ＋HPC計算リソースの統合・・・データ駆動型研究



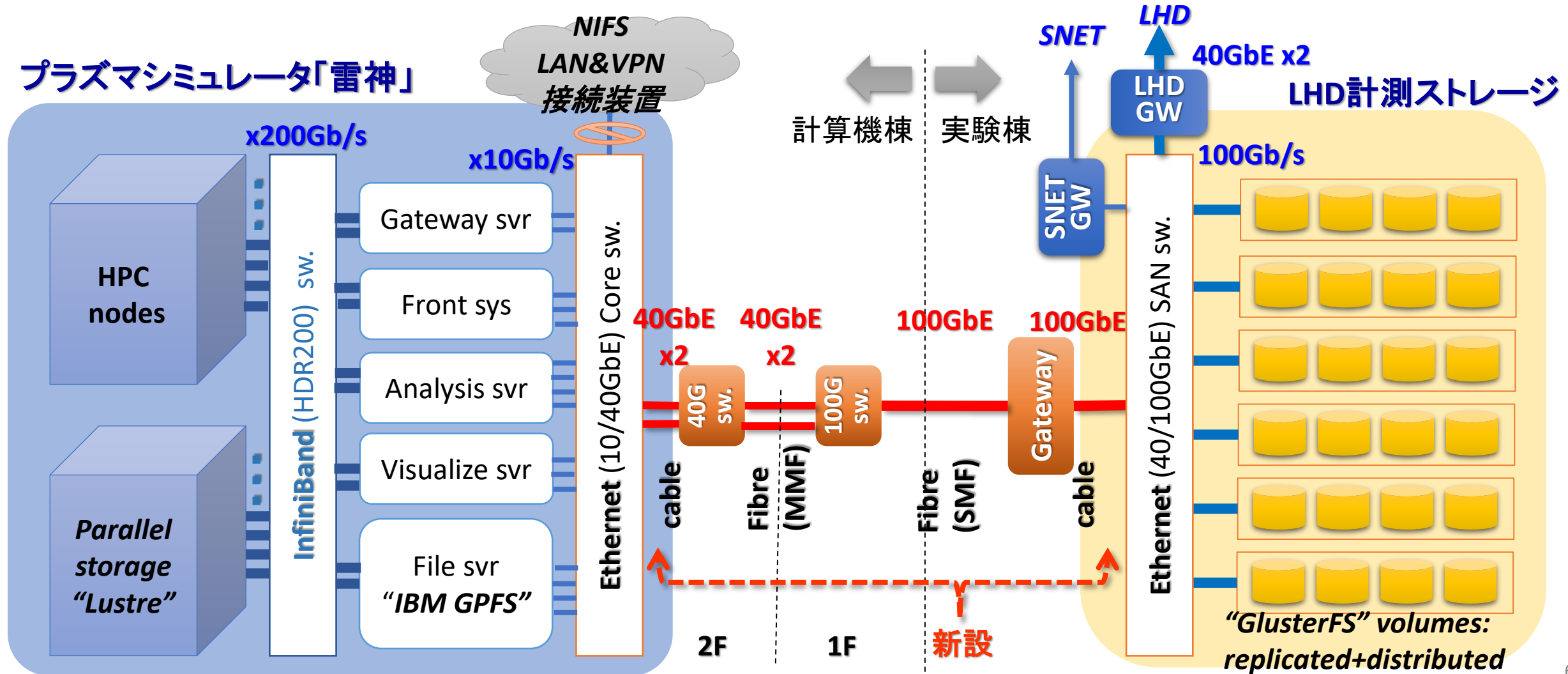
大規模データ解析の場として新 HPC を青森県六ヶ所に

- 核融合研(NIFS)、量研機構(QST)が次期HPCを六ヶ所に共同調達. 2025/7～稼働
 - ITER 遠隔実験センター(REC)・・・ITERの遠隔制御室を実現
 - ITER 実験の全物理データを準リアルタイム転送 → 複製ストレージ
 - 全複製データ+HPCを **ITER** のみならず、**LHD**、**JT-60SA** 等の国内実験とも共用



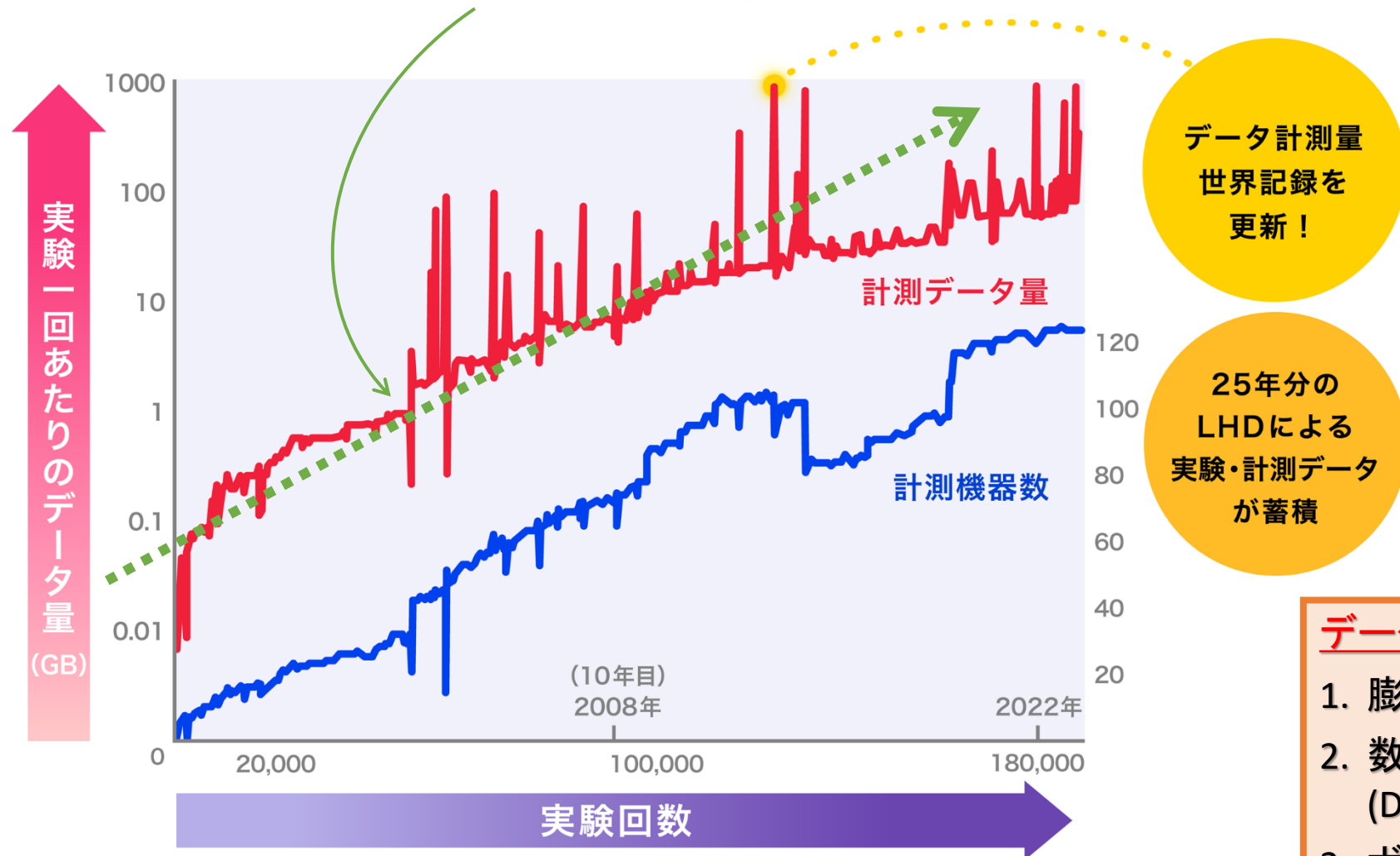
スパコン「雷神」～LHD実験ストレージ直結実験、性能評価

- 実験データアクセス on HPC の実効性能を評価 → 多並列化により HPC向けRead性能改善
- ITER向け統合データ解析・モデル計算スイート IMAS on HPC の検証も



過去27年余のLHD実験データの伸び

- 10年で約100倍・・・ムーアの法則に沿った、きれいな「データ爆発」を観測



データ利活用に向けた課題

1. 膨大な計測データの解析環境
2. 数千万件に及ぶ多数データ (DOI付与、引用方法、...)
3. ボーンデジタルな非可読データ (研究の文脈が理解しづらい)

- 2024年、計測生データ収集量が実験1回あたり約 77 GB に

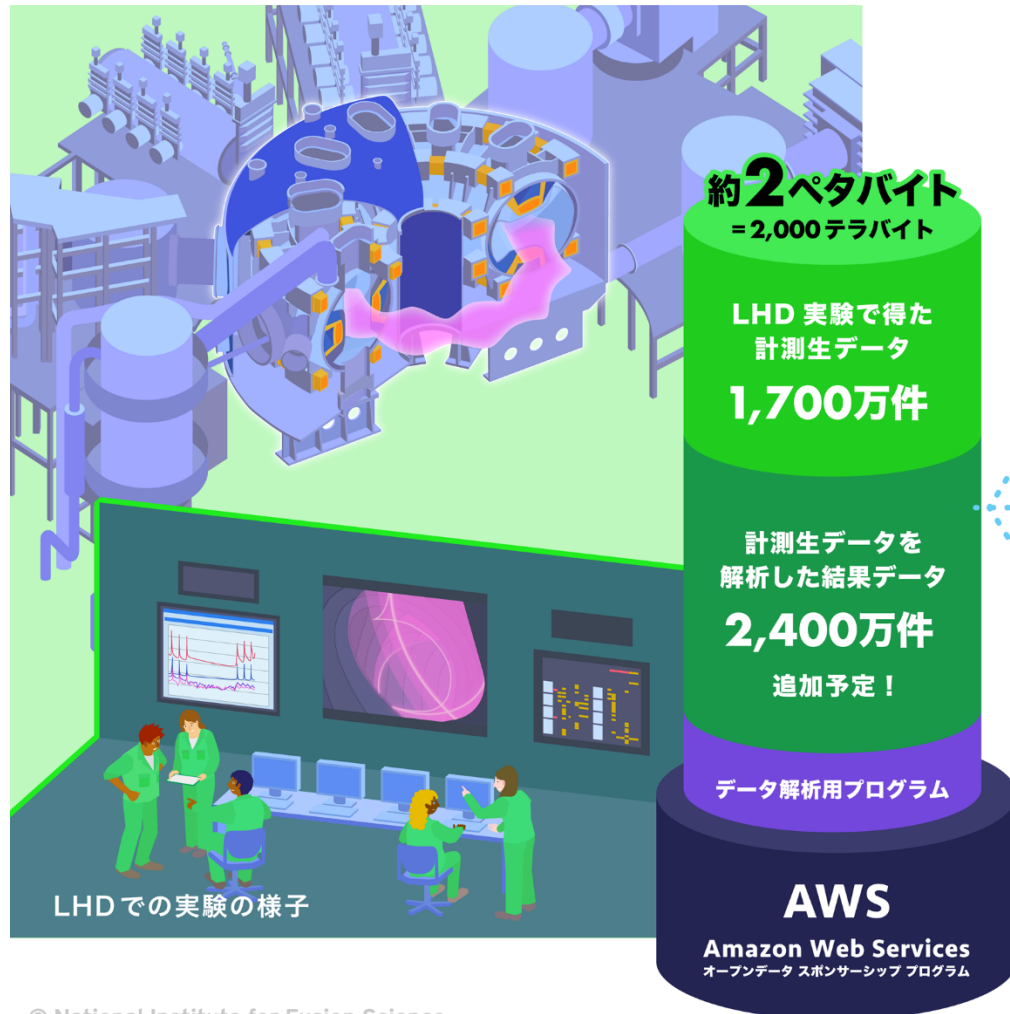
© National Institute for Fusion Science

商用クラウドサービスによる全計測データ公開 (2024.6.14 に発表)

- アマゾン(AWS)オープンデータ・スポンサーシップ・プログラム (Open Data Sponsorship Program) によるLHD実験データ全公開の支援 → 誰でも無償で自由にインターネットからアクセス可能

・・・ NII RDC/G-RDM にも対応

※ <https://registry.opendata.aws/nifs-lhd/>



核融合研究データで世界初！



どなたでも無料で利用可能



異分野の研究活動に



企業での商品開発に

Registry of Open Data on AWS

NIFS Large Helical Device (LHD) Experiment

analytics anomaly detection archives computed tomography datacenter digital assets electricity energy fluid dynamics image processing physics
post-processing radiation signal processing source code turbulence video x-ray x-ray tomography

Description

The Large Helical Device (LHD), owned and operated by the National Institute for Fusion Science (NIFS), is one of the world's largest plasma confinement device which employs a heliotron magnetic configuration generated by the superconducting coils. The objectives are to conduct academic research on the confinement of steady-state, high-temperature, high-density plasmas, core plasma physics, and fusion reactor engineering, which are necessary to develop future fusion reactors. All the archived data of the LHD plasma diagnostics are available since the beginning of the LHD experiment, started on 31st of March, 1998.

Update Frequency

Archived data files are updated nightly when new or revised data are generated in LHD experiment.

License

This data is available for anyone to use under the "Rights and Terms"

Documentation

https://www-lhd.nifs.ac.jp/pub/Repository_en.html

Managed By

NIFS

See all datasets managed by NIFS.

Contact

For any questions regarding data delivery or any general questions regarding the LHD Experiment data repository, please send email to the Data Acquisition and Analysis group at Comp_DAE@nifs.ac.jp.

How to Cite

NIFS Large Helical Device (LHD) Experiment was accessed on DATE

Resources on AWS

Description
LHD Diagnostic data

Resource type
S3 Bucket

Amazon Resource Name (ARN)
`arn:aws:s3:::nifs-lhd`

AWS Region
`ap-northeast-1`

AWS CLI Access (No AWS account required)
`aws s3 ls --no-sign-request s3://nifs-lhd/`

Explore
[Browse Bucket](#)

→ 利用者を問わない
Accessibility の向上

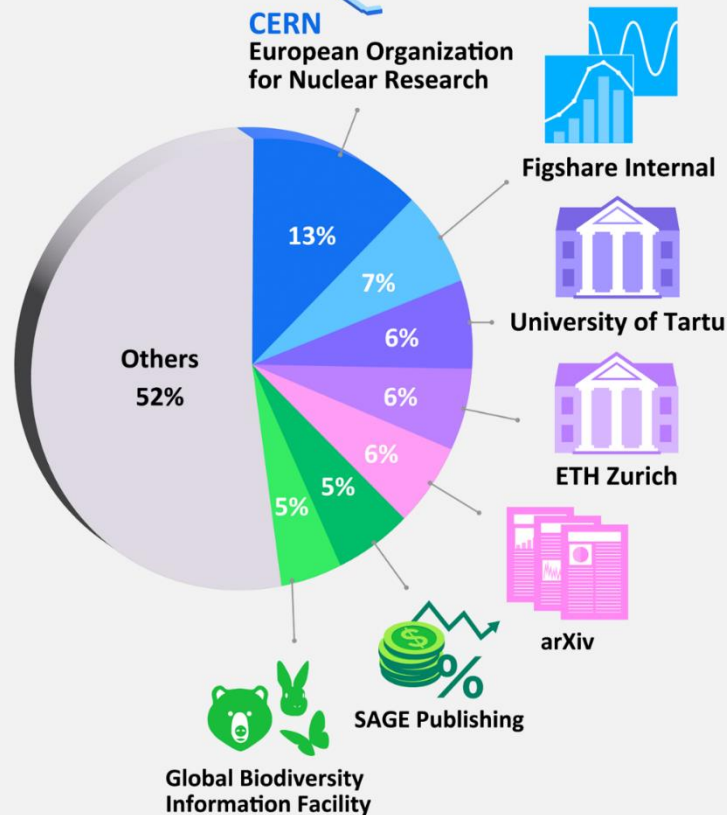
核融合実験データにDOIをつけて Findable に (2025.2.7 に発表)

- 2020年頃より欧州が強力にオープンサイエンス推進・・・Horizon2020 計画
- 加速器素粒子物理・バイオ分野が先行。2023年より、地球科学(豪・米)が急迫
- 2024年12月、**NIFSのフュージョン実験データが世界初1千万件の大台を突破！**

世界の DOI 登録件数

2022 年 (12月)

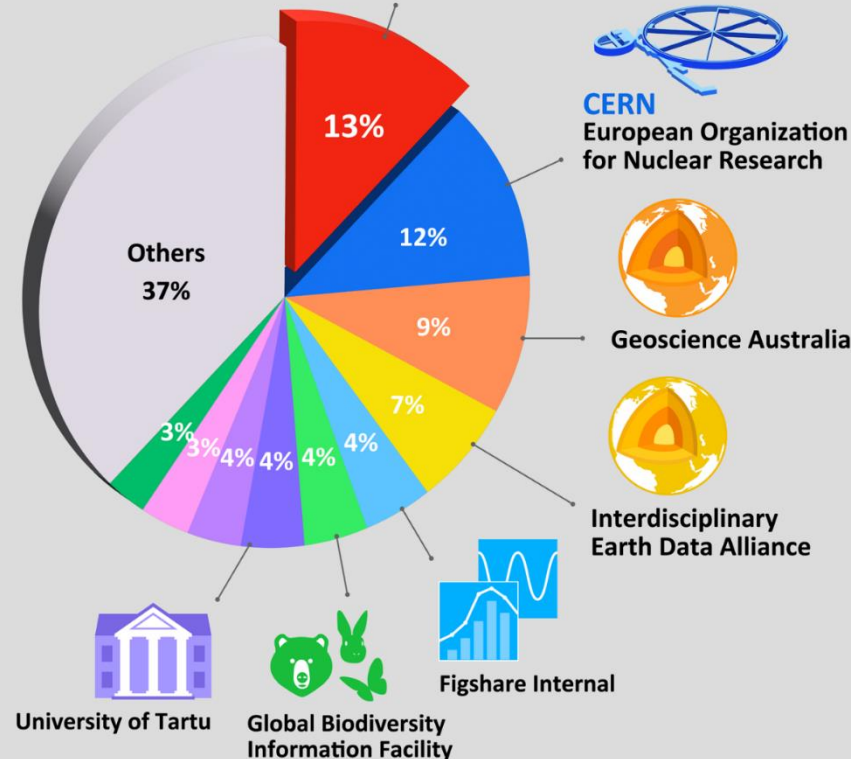
計:37,989,719 件



2024 年 (12月)

計:78,309,037 件

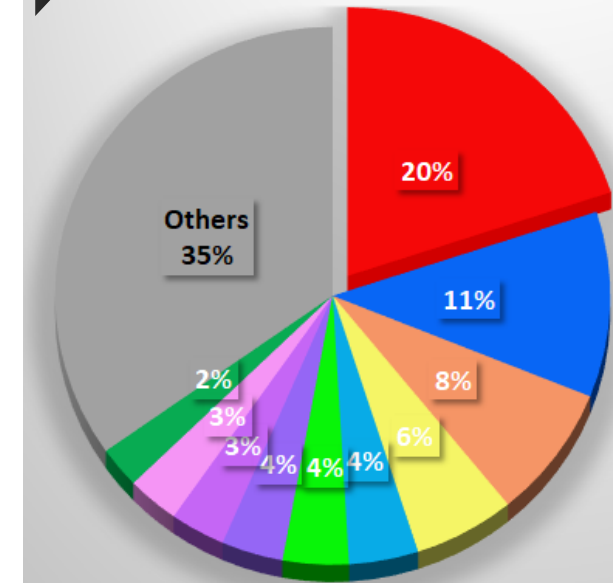
約 2 倍に増加



核融合データの DOI 登録件数が
1000 万件を突破！(世界初)

➔ **2025年6月現在 1972万件余**

APR. 15, 2025
Total 89,335,262



- ✓ DataCiteと登録上限 Upを合意
- ✓ 共同ブログ・リリース準備中

【今後】 上流から下流までメタ情報を Findableに → Reusability 改善

・ LHD実験では、提案書、予定表、運転指示値、実験概要... などが個別アーカイブされている

- 理由... 各メタデータ作成のタイミングが異なる. 一意な対応付けが困難.
- 関連性の高い物同士は、課題番号、日付、実験番号などにより「タグ」付けされているが、...
- 外部から研究の文脈が理解しづらい. 関連情報が見つけれづら

・ 研究データが、**研究のコンテキスト(文脈)**と前後でつながって、**Findable、Reusable** な状況をめざす

装置設計図



デジタル・プラットフォーム

→ アーカイブデータの利活用を活性化

実験提案書

実験予定表(年間, 週間, 日間)

運転指示値(磁場, ガス種, 加熱, 計測)
+ 運転日誌

実験概要
実験結果報告

実験データ

Research Proposal for 25th Experiment Campaign(2024) on LHD

proposal_25_002741

Proposer(Institution): Saitoh Yuji (Mitsubishi Heavy Industries Ltd.)
Email: yuji.saitoh@mhv.co.jp Date: 2024-11-30 Time zone: Japan

Proposer(Institution): Saitoh Yuji (Mitsubishi Heavy Industries Ltd.)
Email: yuji.saitoh@mhv.co.jp Date: 2024-11-30 Time zone: Japan

Title of Proposal: Demonstration of real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI

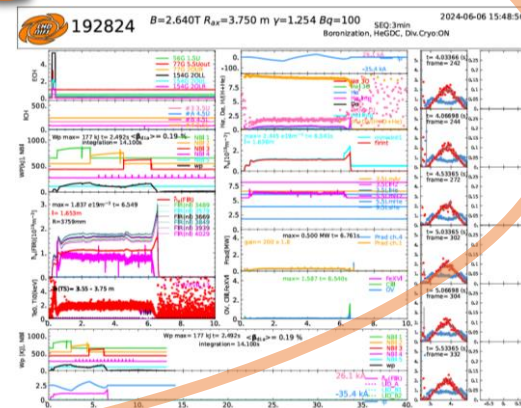
Abstract: We are developing a data assimilation system, ASTI, to realize a numerical system that can predict and control the behavior of future fusion plasmas with high accuracy. In the last campaign, we tried the real-time predictive control of ECH plasmas and succeeded in controlling the central electron temperature by the ASTI system. The obtained initial results were presented at the last IAEA-FEC 2023 conference and submitted to the journal "Scientific Reports", which will be soon accepted. As a second trial of the ASTI system, we will conduct further experiments to demonstrate the real-time control of both temperature and density for ECH long-discharge plasmas. Also, we will try the electron temperature profile control.

Approach and Methodology: We propose a real-time plasma control experiment using the ASTI data assimilation system, assuming an electron cyclotron heating (ECH) long pulse discharge plasma. We run ASTI in parallel with the experimental plasmas. The measured electron temperature and density data are transferred to ASTI at the measurement timing. Then, data assimilation is performed to obtain predicted plasma temperature and density values, while control values of heating power and gas puff. When the control parameters are acquired, we adjust the heating power and gas puff. When the control parameters are acquired, we adjust the heating power and gas puff. When the control parameters are acquired, we adjust the heating power and gas puff.

Additional remarks: Our experiments can be considered stand-alone and joint experiments with other projects. We require two or three separate experiment days to check the working of the ASTI system.

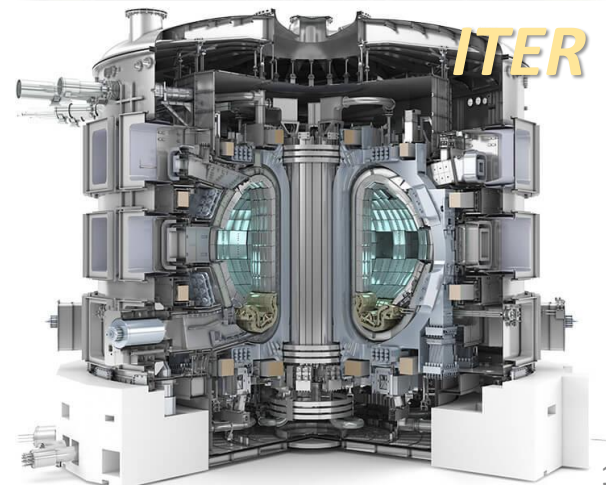
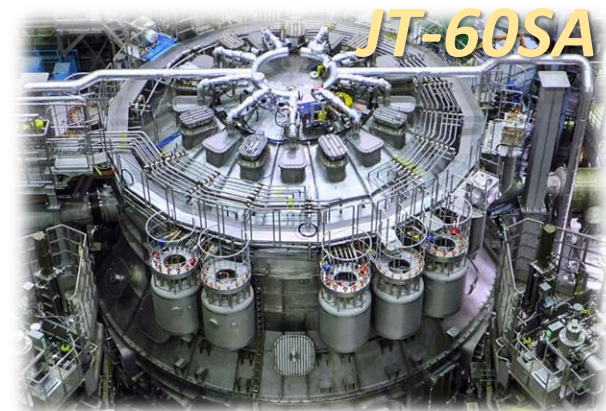
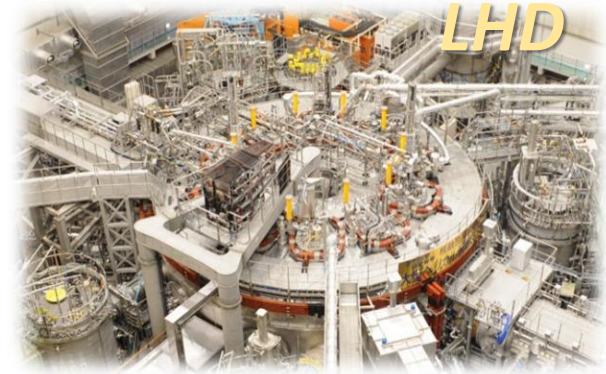
実験予定表 - 概要一覧 Japanese English

実験日	実験時間	実験内容	実験条件	実験結果
2024/03/18 (Wed)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/19 (Thu)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/20 (Fri)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/21 (Sat)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/22 (Sun)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/23 (Mon)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/24 (Tue)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/25 (Wed)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/26 (Thu)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/27 (Fri)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/28 (Sat)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/29 (Sun)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/30 (Mon)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/03/31 (Tue)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/01 (Wed)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/02 (Thu)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/03 (Fri)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/04 (Sat)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/05 (Sun)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/06 (Mon)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/07 (Tue)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/08 (Wed)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/09 (Thu)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/10 (Fri)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/11 (Sat)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success
2024/04/12 (Sun)	13:00 - 14:00	Real-time ECH plasma control by the data assimilation system ASTI	2.5, 2.5, 2.5, 4.5, 4.5	Success



核融合研究のネットワーク化とSINET利用(まとめ)

1. 核融合研では、**大型ヘリカル装置(LHD)**過去27年分の実験データ(4千万件強)を**2023年より完全オープン化**
 - ✓ NII RDC対応の**商用クラウドからインターネット向け一般公開**【2024.6 プレス発表】
 - ✓ 同研究データにDOIを附与、2024年12月に**研究データDOI登録で世界初の1千万件の大台を突破**【2025.2 プレス発表】
2. 次世代の国際熱核融合実験炉ITERに向けて、
 - ✓ 日欧間の全データ複製転送の実証実験・・・2016年(10 Gbps) → **2025年(100 Gbps) 第2回**
by **NII、ITER機構、GÉANT、QST、NIFS**
 - ✓ 統合データ解析・モデル計算ソフトウェア基盤 **IMAS** の開発検証にも参加
3. **SINET**ベースの核融合データ利活用場「**プラズマ・核融合クラウド**」
 - ✓ **国際原子力機関(IAEA) Fusion Data Lake** 構想に協力、世界規模の研究データ流通加速化に取り組む
 - ✓ 青森県六ヶ所で、国内外の**核融合実験データストレージ+解析HPC**を統合・・・研究DX
4. 研究コンテキストを説明する関連メタデータ・文書類も **Findable、Reusable** に！
 - ✓ **実験装置(有体物)の3Dスキャン&デジタルアーカイブ化**を開始



Thank you !

