

高エネルギー・核融合科学研究部会
核融合研究班

－研究報告・計画－

第5回スーパーSINET推進協議会
平成15年11月18日

核融合科学研究所
計算機センター
上村鉄雄

核融合研究班 構成員 (平成15年度)

統括:上村 鉄雄

(核融合科学研究所)

小川 雄一、森川 惇二、大國 浩太郎 (東大高温プラズマ研究センター)
高村 秀一、大野 哲靖、上杉喜彦 (名大工学部)
佐野 史道、岡田 浩之 (京大エネルギー理工学研究所)
飯尾 俊二、筒井 広明 (東工大原子炉工学研究所)
間瀬 淳、近木祐一郎 (九大先端科学技術共同研究センター)
笹尾真実子、北島澄男 (東北大工学研究科)
西野 信博、草野 完也 (広大工学部) (広大先端物理科学研究所)
西原 功修、福田優子 (阪大レーザー核融合研究センター)

須藤 滋、小森彰夫、松岡 啓介、三戸 利行、田村 仁、柳 長門、増崎 貴、渡辺 清政、
森下 一男、長山好夫、田中 謙治、森崎 友宏、西浦正樹、磯部光孝、江本 雅彦、
津田 健三 (核融合科学研究所)

平成15年度 核融合研究班 研究会

第1回 : 平成15年6月25日 開催

第2回 : 平成15年8月28日 開催

スーパーSINETを活用する 核融合研究プロジェクト

LHD遠隔実験 (平成14年度～)

核融合科学研究所の大型ヘリカル装置実験データのリアルタイム
伝送による大学研究者の遠隔実験参画

超伝導実験遠隔制御システム(平成13年度～)

東京大学高温プラズマ研究センターの超伝導コイルを用いた
プラズマ実験装置の遠隔制御システムの開発

大規模プラズマシミュレーション研究 (平成16年度～)

核融合科学研究所のスーパーコンピュータをスーパーSINET経由で
遠隔利用し、大規模シミュレーション研究を遂行

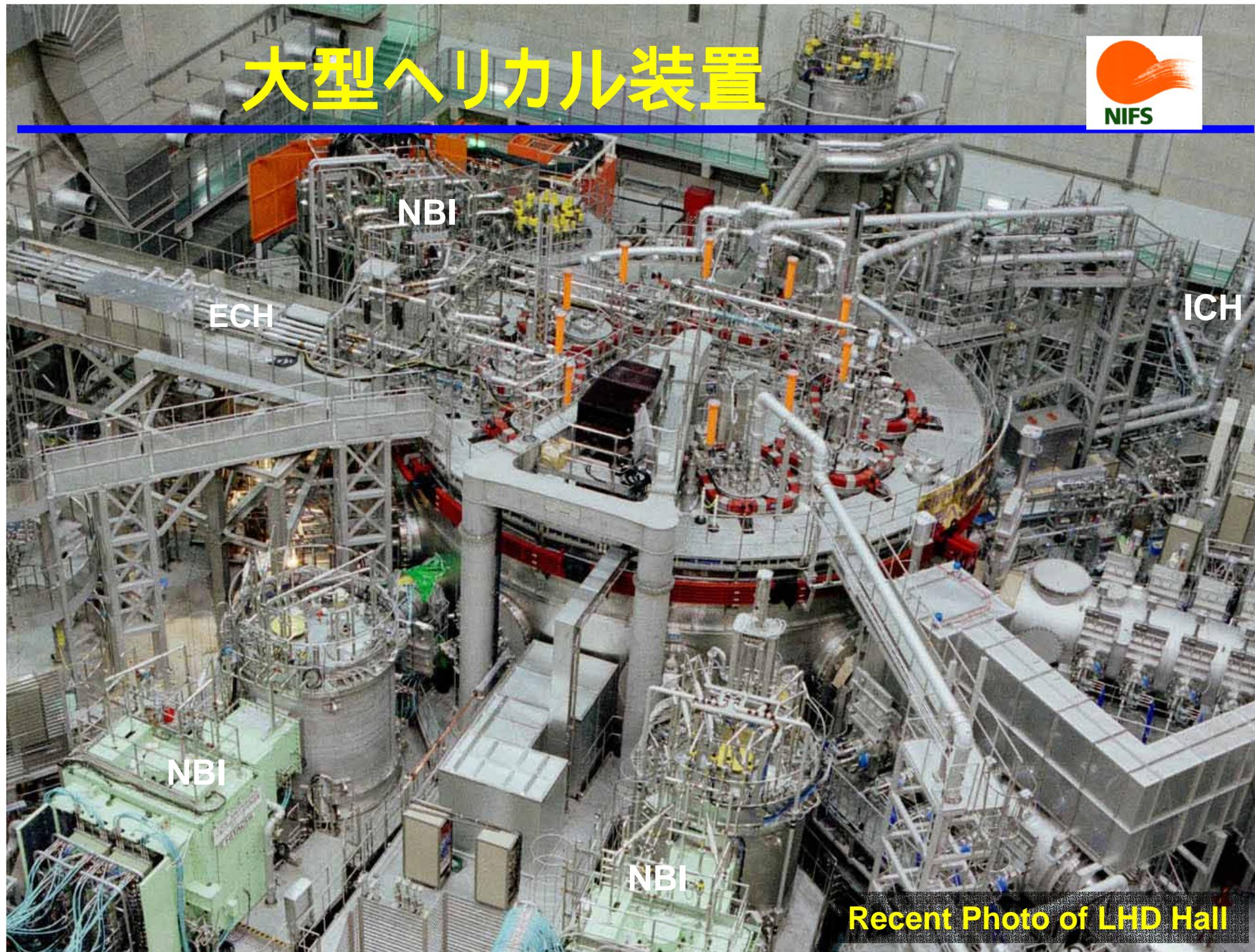
核融合研究班・遠隔ステーション



ネットワーク接続の概念図 (平成15年度現在)

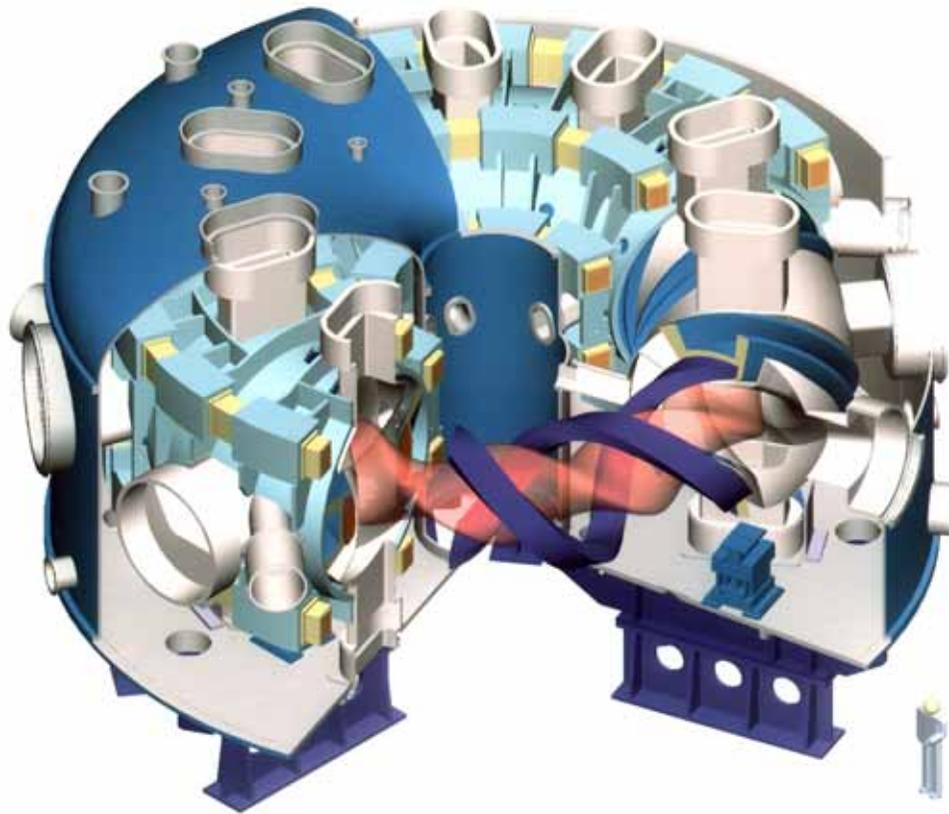


大型ヘリカル装置



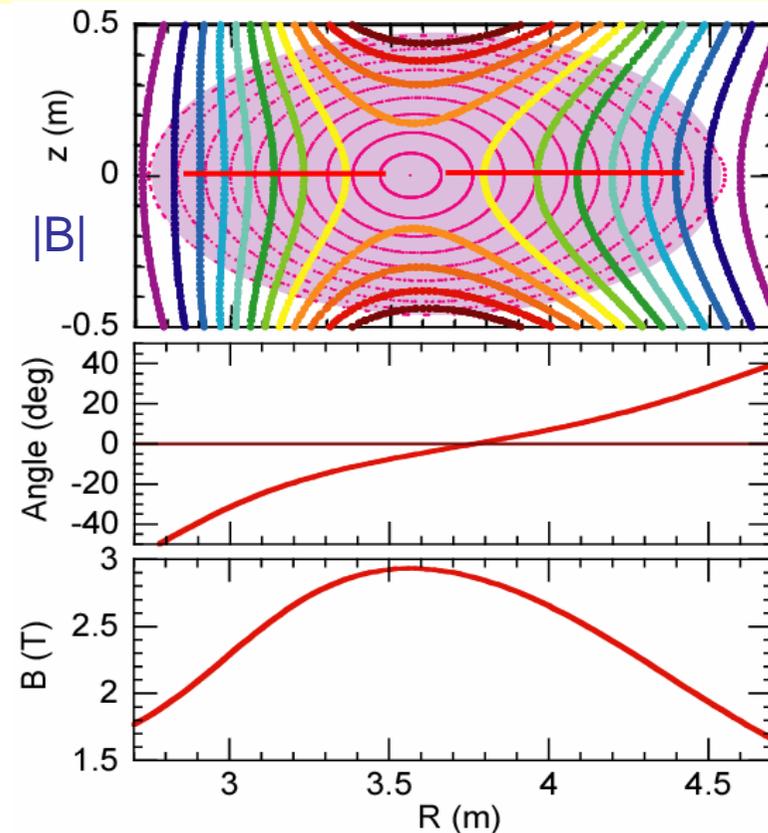
Recent Photo of LHD Hall

Large Helical Device (LHD)



All Helical and Poloidal Coils are superconducting.

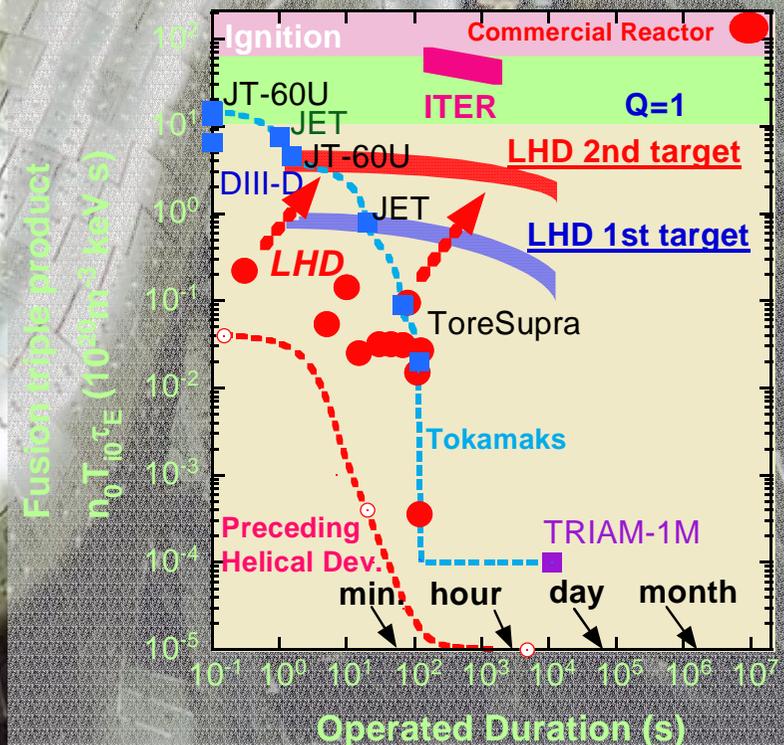
Heliotron configuration with $l=2/m=10$ field period
Major radius = 3.42 - 4.1 m
Plasma radius = 0.6 m
Plasma volume = 30 m³
Toroidal field = 2.9 T



高温プラズマの定常維持



- Clarify physics of fusion relevant plasma in steady state.
- Superconducting magnet, High power heating, Divertor, and Appropriate Diagnostics.



03 LHDの目標パラメータと現状

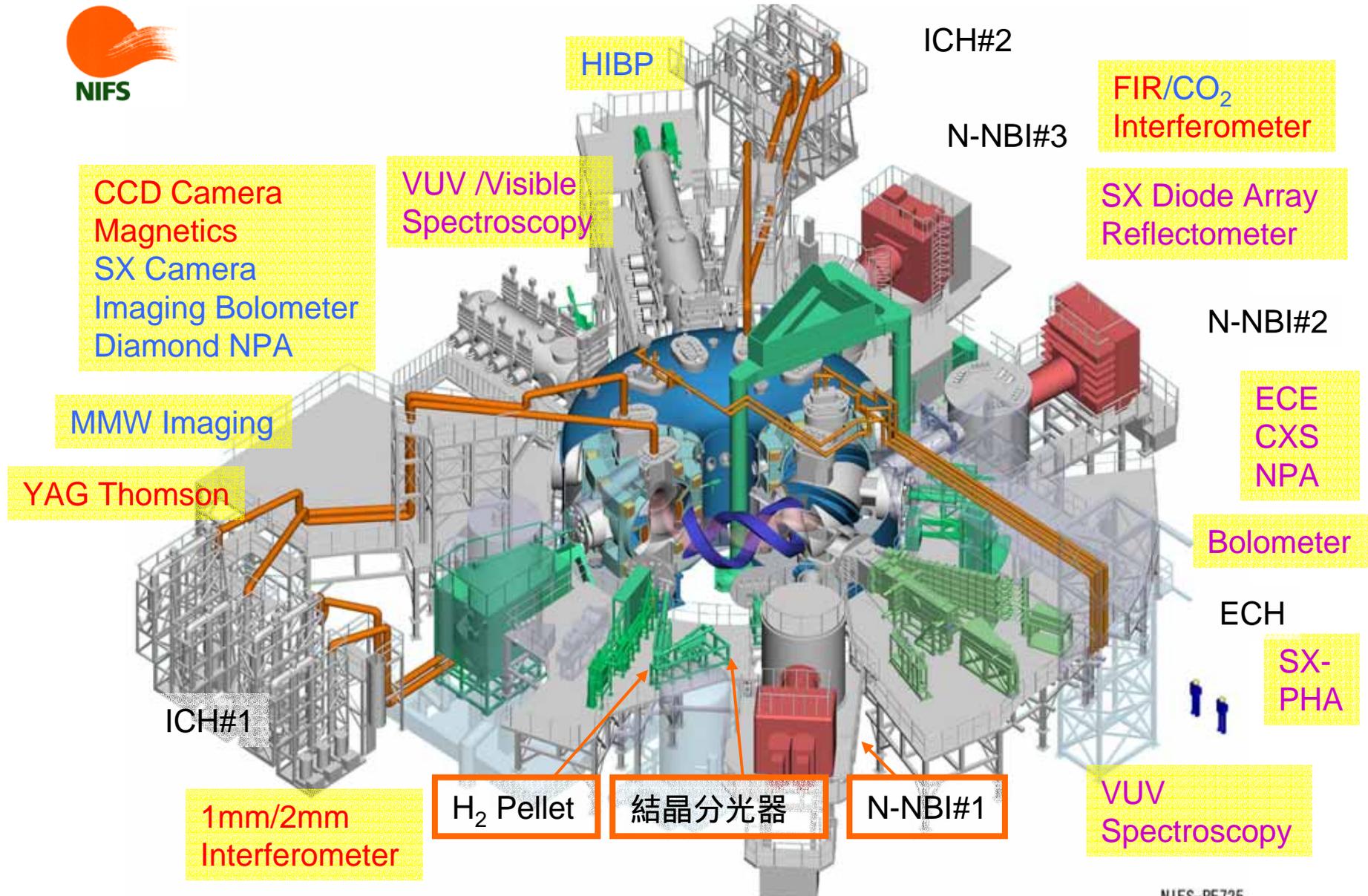


12:14:50

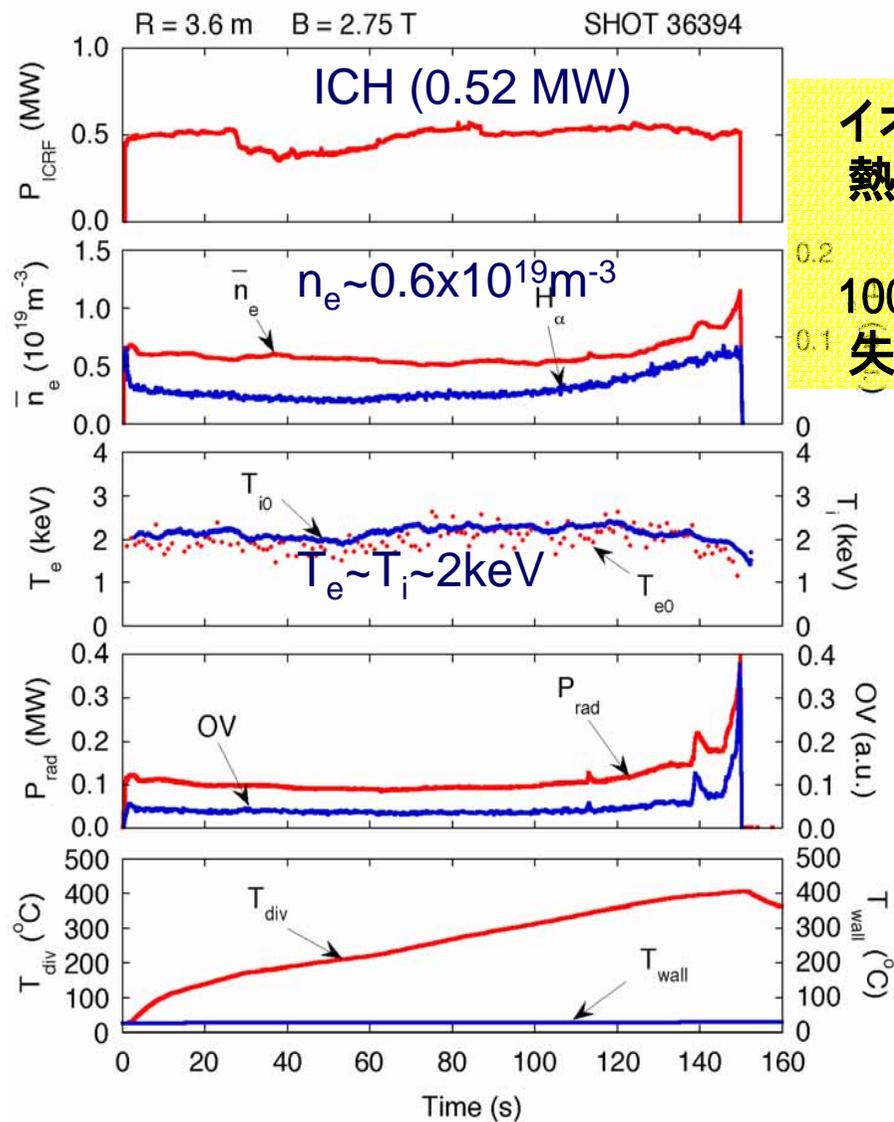
- Target temperatures have been achieved.
- High β and long pulse are next targets.

	Target	Achieved
Te	10 keV	10 keV
Ti	7 keV	7 keV
W _p	3 MJ	1.2 MJ
Beta	5 %	3.2 %
Duration	3600 s	150 s
NBI	17 MW	10.3 MW
ECH	3 MW	2.1 MW
ICH	5 MW	2.7 MW

LHDの加熱、計測技術は世界の最先端



定常運転



イオンサイクロトロン波加熱により150秒運転成功

100秒後に密度、放射損失の上昇が見られる



ICH Antenna



LHD遠隔実験

代表責任者：須藤 滋
(核融合科学研究所)

研究課題と分担責任者

LHD周辺プラズマ揺動計測 (平成14年度～)

高村秀一(名大工学部)

増崎 貴(核融合科学研究所)

LHDプラズマの閉じ込め特性 (平成14年度～)

佐野史道(京大エネルギー理工学研究所)

渡辺清政(核融合科学研究所)

ミリ波イメージング装置による揺動計測 (平成14年度後半～)

間瀬 淳(九大先端科学技術共同研究センター)

川端一男(核融合科学研究所)



LHD遠隔実験 (続き)

研究課題と分担責任者

LHD高エネルギー粒子計測 (平成15年度～)

笹尾真美子(東北大工学研究科)

西浦正樹 (核融合科学研究所)

レーザー散乱計測による乱流密度揺動計測 (平成15年度～)

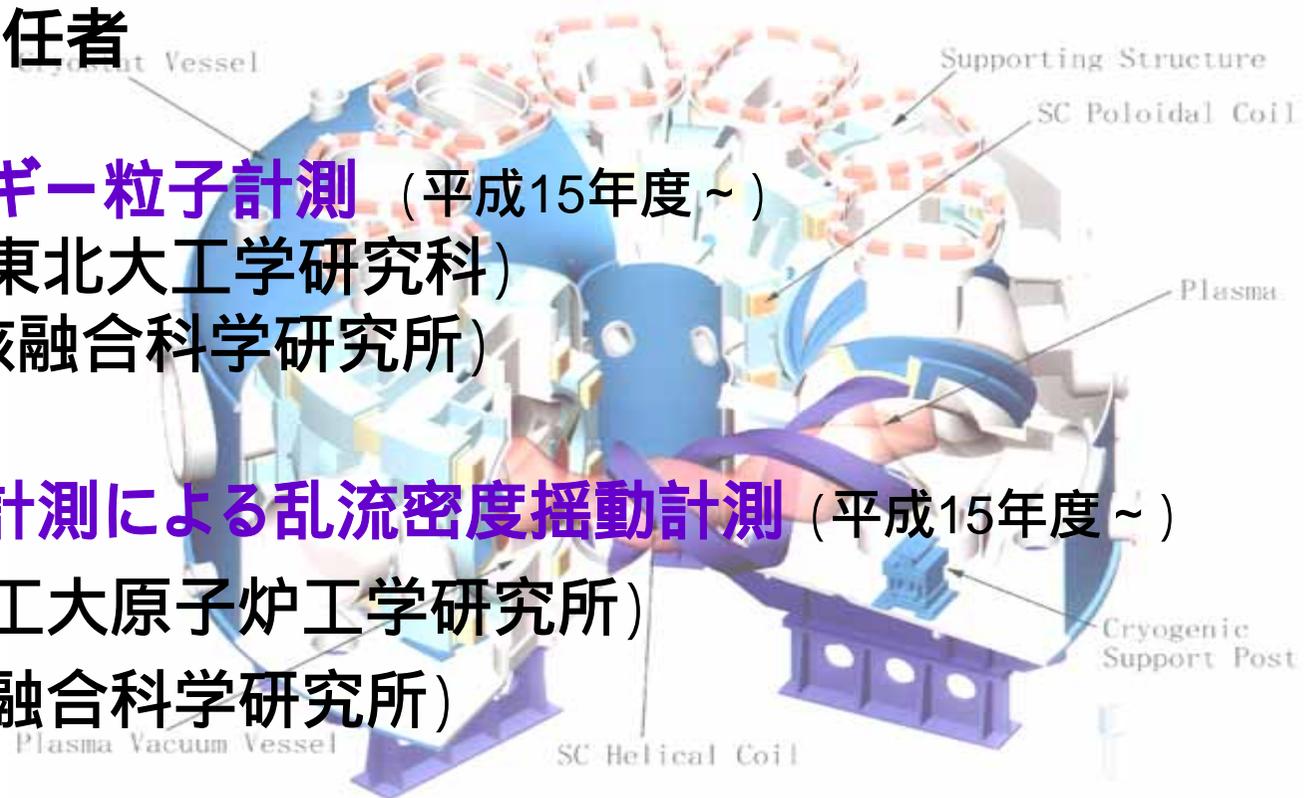
飯尾俊二(東工大原子炉工学研究所)

田中謙治(核融合科学研究所)

高速カメラを使ったプラズマ計測 (平成15年度～)

西野信博(広大工学部)

森崎友宏(核融合科学研究所)



LHD周辺プラズマ揺動計測

参加研究者構成：

分担責任者：高村秀一（名古屋大学工学部）

参加研究者：大野哲靖、三好秀暁、上杉喜彦、辻 義之
高木 誠（名古屋大学工学部）
V.BUDAEV（クルチャトフ研究所）
小森彰夫、増崎 貴、森崎友宏、上村鉄雄
津田健三（核融合科学研究所）

目的：

LHD周辺プラズマ中の密度揺動をダイバータプローブ群を用いて遠隔地より計測し、フーリエ解析、Wavelet解析、確率分布関数(PDF)をベースとした統計的解析を行い、その特性を明らかにする。さらに、周辺プラズマの輸送現象を解明する。

周辺プラズマ領域の揺動による粒子・熱輸送

プラズマ中の揺動による磁力線を横切る方向のプラズマ輸送の増大

核融合装置の閉じ込め性能の劣化！



揺動の性質の理解



揺動の制御

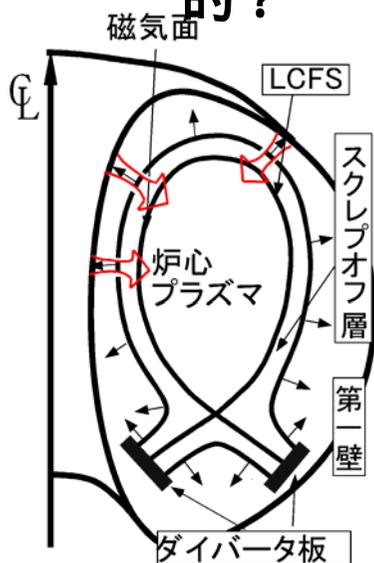


閉じ込め性能の改善！

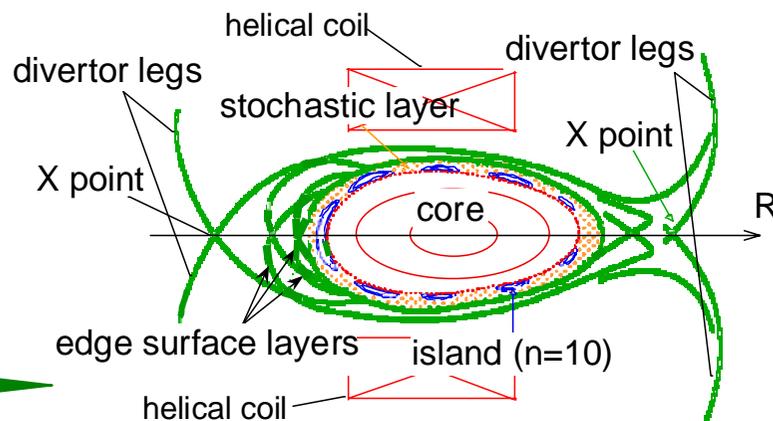
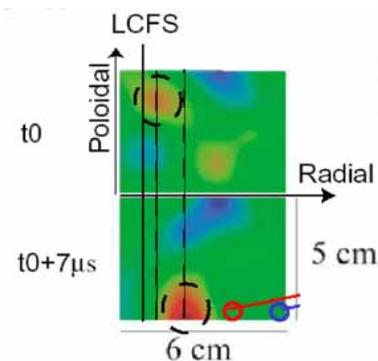
拡散的？
非拡散的？

トカマクでの非拡散的なプラズマ塊輸送

大型ヘリカル装置の磁場構造 (複雑)

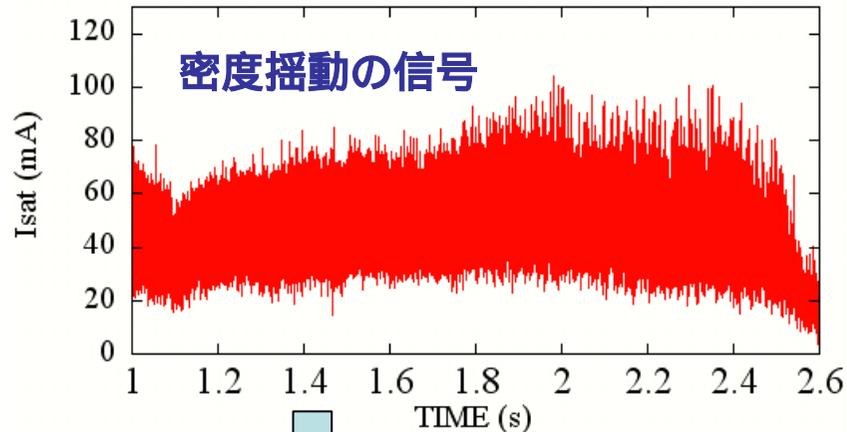


トカマク装置の磁場構造 (単純)

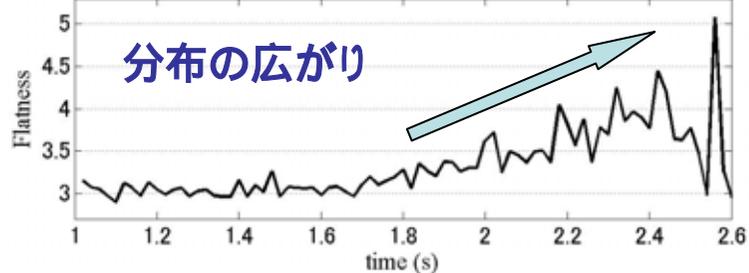
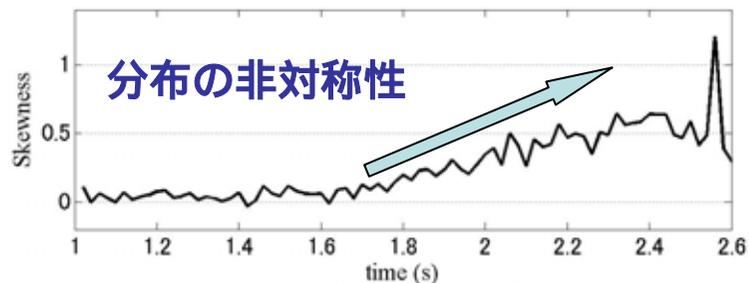


複雑な周辺磁場構造を有する大型ヘリカル装置の揺動特性は？
プラズマ輸送への影響は？

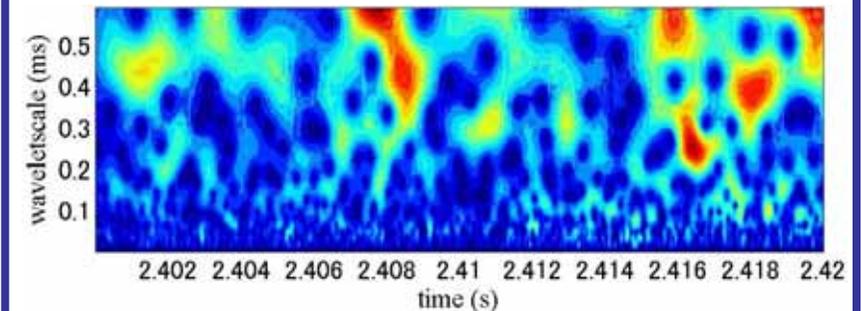
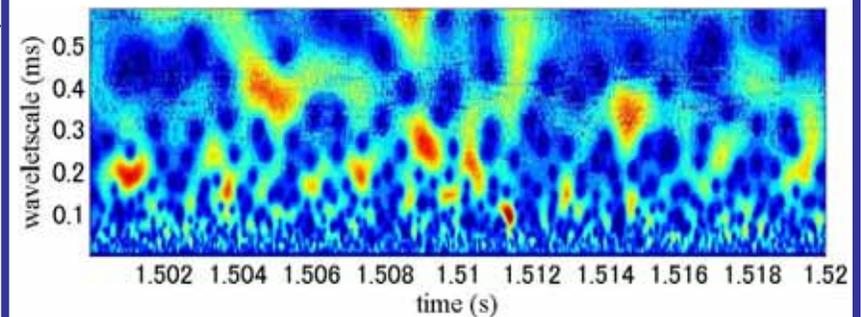
プラズマ密度上昇実験での周辺揺動



確率密度関数を用いた解析



Wavelet変換による時間 - 周波数解析



密度増加に伴う
揺動周波数の減少

揺動特性の正規分布からのずれ
非拡散的な輸送現象

ミリ波イメージング装置による揺動計測

参加研究者構成：

分担責任者 間瀬 淳 (九大先端科学技術共同研究センター)

参加研究者 近木祐一郎 (九州大学ベンチャービジネスラボ)

川端一男、長山好夫、田中謙治、徳沢季彦、稲垣 滋
(核融合科学研究所)

目的：

ミリ波帯におけるイメージング装置により多点間の相互相関スペクトルおよび位相解析を行ない、電子温度揺動、密度揺動の周波数・

波数スペクトルを得る。さらに、それらとプラズマ閉じ込め特性の相関を解明する

LHDミリ波計測遠隔実験システム

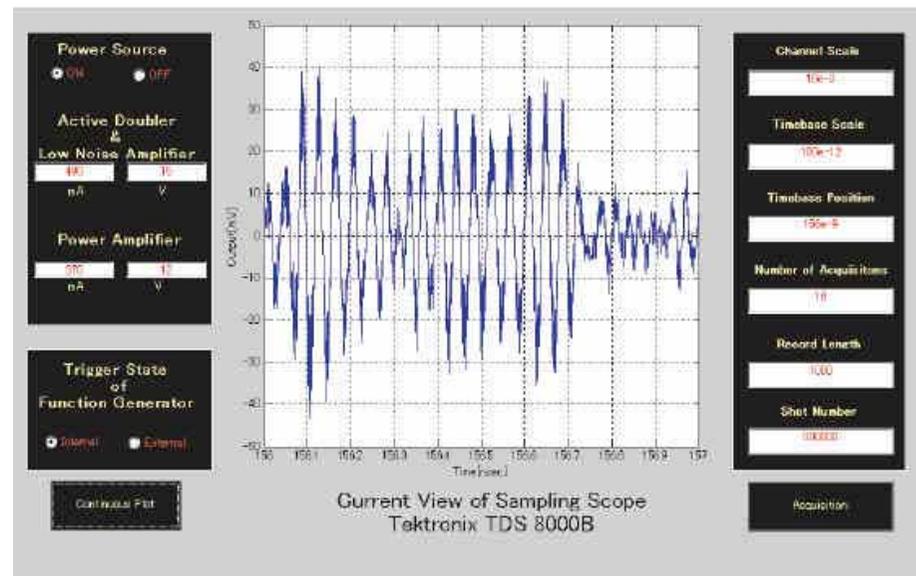
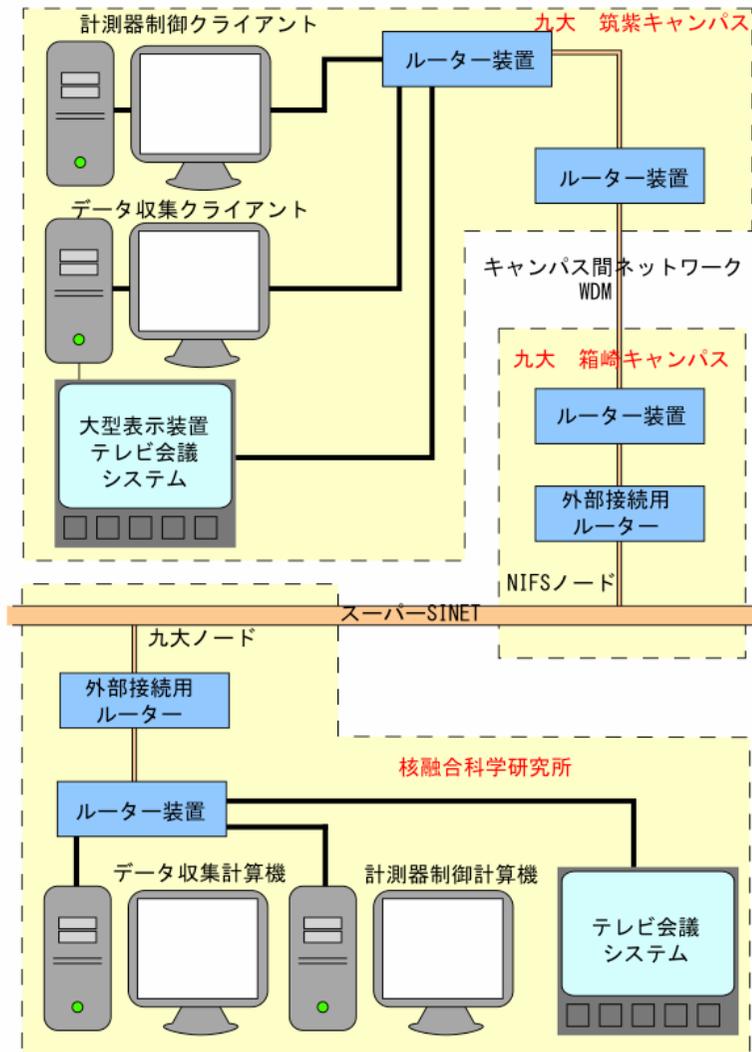
超短パルス反射計(USRM)装置 (密度分布計測)

- ・本年2月より LHDに装置を設置し実験を開始
- ・現在、プラズマからの反射波を確認する実験を遂行中

ECEイメージング(ECEI)装置 (電子温度分布・揺動計測)

- ・雑音成分と同程度の温度揺動信号の観測のため、多チャンネル計測による相関解析が不可欠であり、データが大容量化する
- ・本システムによりデータのハンドリング向上が期待される

スーパーSINETの運用の現状



USRMシステム制御画面

超伝導実験遠隔制御システム

参加研究者構成：

分担責任者 小川雄一（東大高温プラズマ研究センター）

参加研究者 森川惇二、大國浩太郎（ 同上 ）

三戸利行、柳 長門、田村 仁（核融合科学研究所）

目的：

超伝導コイルを用いたプラズマ実験装置の遠隔制御 システムの開発

研究内容：

- ・東大高温プラズマ研究センターMini-RT装置における超伝導コイルの冷却・励磁運転に対して東大、NIFSで同時にデータを監視し、制御を行なう
- ・小型磁気浮上試験装置によるデジタル浮上制御技術に関する研究開発

将来計画：

- ・研究センターの柏新キャンパス移転後も、スーパーSINETを活用し、超伝導コイルを用いたプラズマ実験装置での研究の発展を図る。

Mini-RT 超伝導コイルの冷却・励磁監視システム

- コイル各部の温度や電流値などの情報を、核融合研側のコンピュータからもリアルタイムに参照することができ、実験遂行のために必要な判断を行うことができる。

Mini-RT 超伝導コイルの冷却・励磁試験

- 東大高温プラズマ研究センターにおいて、高温超伝導コイルの冷却・励磁試験を行ってきた。
- 現在は定格電流の励磁に成功し、プラズマ実験を開始した。

磁気浮上制御方式の最適化

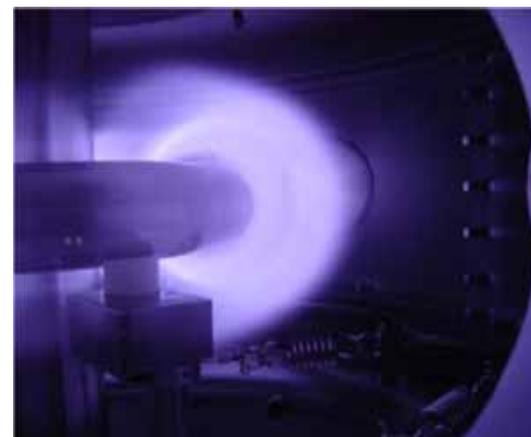
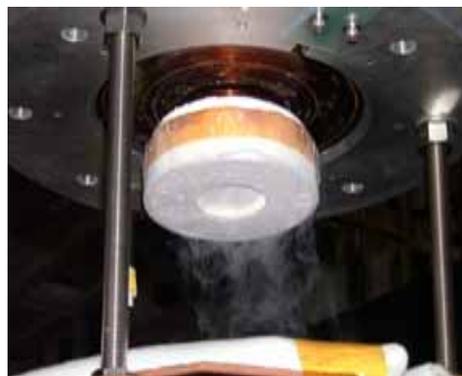
- 磁気浮上制御方式について、最適化を図るため、核融合研側に設置した小型装置を用いて実験を遂行
- 浮上コイルの画像情報はリアルタイムで転送され、東大側から浮上位置の設定や制御定数の変更が可能。

高校生を対象とした遠隔実験

サイエンス・パートナーシップ・プログラム (SPP)



NIFS
スーパー
SINET



- プラズマ・核融合学会の活動の一環として**高校生を対象としたプログラムを導入。**
- 東大に見学に来た高校生が、核融合研に設置された磁気浮上装置を遠隔操作で制御
- 最新の技術を用いた遠隔操作 / 制御システムに参加することで、**科学技術への興味を喚起する。**

まとめ

「LHD遠隔実験」研究プロジェクトに関して、平成14年度に、名大、京大、及び九大の三つの研究室をスーパーSINET接続し、遠隔実験参画を実現した。平成15年度も引続き、第7サイクルLHD実験(平成15年9月～平成16年1月)に遠隔参画している。

平成15年度末には、東北大、東工大、広島大の三つの研究室が新たにスーパーSINET接続され、当該研究プロジェクトに参画する。

平成16年度は、遠隔参画を希望している東大の二つ研究室及び原研をスーパーSINETに追加接続する計画。

「超伝導実験遠隔制御システム」研究プロジェクトに関しては、平成14年度に引き続き、平成15年度も核融合科学研究所と東大高温プラズマ研究センター間で、双方向的な遠隔共同実験を進めている。

スーパーSINETを使った、この双方向型共同実験は、共同研究の新しい展開として注目されている。

まとめ (続)

スーパーSINETを利用して、大学共同利用機関に設置された大型核融合装置実験に大学の個々の研究室から直接参画が出来ることの波及効果は大きい。

特に、指導教官から大学院学生に対する教育効果を指摘する声が出ている。当該分野の研究を志望する若い研究者の増加に繋がることも期待できる。

核融合科学研究所のスーパー・コンピュータを使用する「大規模プラズマシミュレーション研究」は、阪大レーザー核融合研究センター及び広大から2件の研究計画が提案されているが、スーパーコンピュータとネットワークとの接続環境の不調整により、平成15年度中の実現は困難な見込み。次年度には進展を図る予定。