

ミリ波イメージング装置による揺動計測

1. 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ラトリ)
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)

2. スーパーSINETとの接続構成

本システムは、「ミリ波イメージング、超短パルス反射計などの先端的ミリ波プラズマ診断法の大型ヘリカル装置(LHD)への適用に関する共同研究」に使用されるものである。

スーパーSINETの九州大学ノードがある情報基盤センター(箱崎キャンパス)と、当該施設である先端科学技術共同研究センター(筑紫キャンパス)は離れており、その間はキャンパス間ネットワークを併用している。

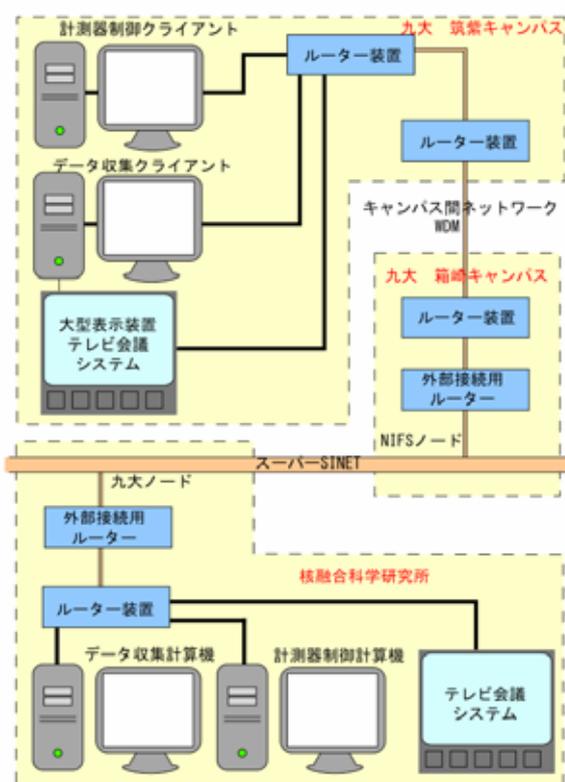


図8 システムの機器構成概要、スーパーSINETとの接続概念図、及

先端科学技術共同研究センターに設置されているシステムの写真

3. 研究目的・研究目標

LHD計画共同研究として九州大学の先端科学技術共同研究センターで開発が進められ、現在LHD装置に設置されている、ミリ波計測システム(電子サイクロトロン放射イメージング装置および超短パルス反射計装置)の遠隔操作およびデータ転送をオンラインで行うことにより、遠隔実験参加という新しい共同研究手法を確立していく。

また、テレビ会議システムの整備により、実験結果の解析および検討を迅速かつ適確に行っていく。

4．研究課題

「LHDにおけるミリ波計測遠隔実験システムの確立」

電子サイクロトロン放射イメージングおよびイメージング反射計の同時測定によるプラズマおよび揺動の可視化

5．研究内容

5．1 電子サイクロトロン放射イメージング (Electron Cyclotron Emission Imaging :ECEI)

電子サイクロトロン放射 (ECE) 計測は、受信周波数が磁場閉じ込めプラズマ中の半径方向の局所位置に対応するという、他の計測法にはない特徴を有しており、等磁気面上のプラズマを投影するイメージング装置と結合させることによりプラズマ断面の分布情報を空間分解良く得ることができる。また、多チャンネル検出器間の信号の相関測定によりインコヒーレントな雑音に埋もれる電子温度揺動の測定が可能となる。本研究は、この ECE イメージングシステムを核融合科学研究所大型ヘリカル装置 (LHD) に設置し、電子温度揺動のスペクトル及び分布情報を得ることを目的としている。

イメージング測定のための準光学結像系は、LHD 真空容器内に設置された回転楕円面鏡と平面鏡からなり、電子サイクロトロン放射光源の像を検出器アレイ上に結像する (図9参照)。 検出器アレイおよび中間周波数システムを多チャンネル化し、そのデータをオンラインで転送して LHD ショット間にデータ収集する。また、局部発振器に広帯域発振器を使用し、発振周波数を遠隔制御で電氣的に掃引することにより、半径方向の広い範囲でのデータを収集する。

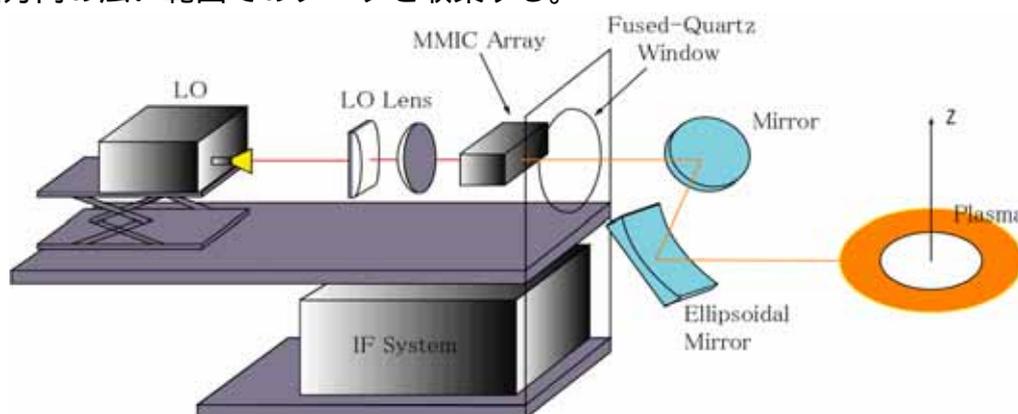


図9 LHD に設置された ECE イメージング装置概念図

5．2 超短パルス反射計 (Ultra-Short Pulse Reflectometry : USRM)

遠隔制御システムを用いた超短パルス反射計は以下で構成されている。超短パルス発振器からの出力を導波管を用いてチャープ化し、アクティブダブラーにより LHD プ

ラズマの密度に対応した周波数に入射周波数を変換後、増幅器，円錐ホーンを通してプラズマに入射する。プラズマからの反射波信号は，もう一方の円錐ホーンにより受信後、低雑音アンプを用いて増幅され、サンプリングスコープを用いて直接観測される(図10参照)。増幅器、アクティブダブラーへの電源、サンプリングスコープ、超短パルス発振器等の装置は制御室に設置された計測器制御サーバーにより GPIB を用いて制御されており、装置の立ち上げから、計測装置の運転条件変更、データ収集まで可能となっている。さらに、計測器制御サーバーは九州大学よりスーパーSINETを通して制御できることから、九州大学からの遠隔実験システムを実現することができた。

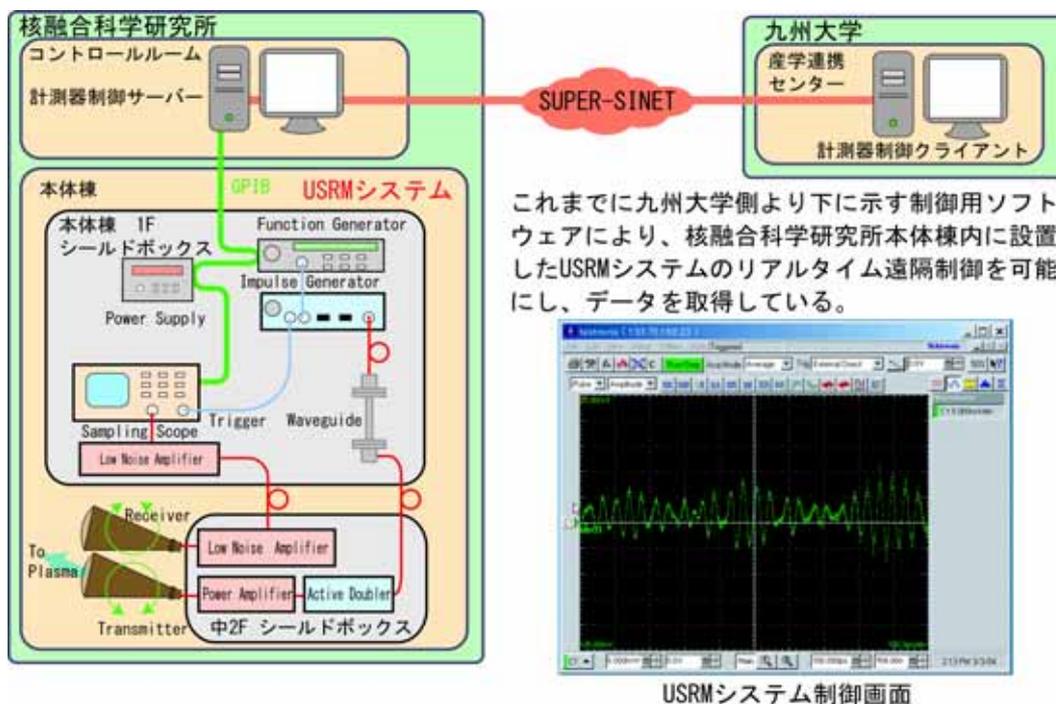


図10 スーパーSINETを用いたLHD遠隔実験参加・USRMシステム

6. 研究成果

ECEI 装置のLHDにおける実機適用は、平成13年度後半から始まり、平成14年2月に初めて多チャンネル測定および検出器間の相互相関関数の導出に成功した。平成14年度は平成15年2月に実験およびデータ収集を行なった。一方、超短パルス反射計は平成14年12月にLHDに設置され、同15年2月初期実験が実現し、プラズマからの反射波信号を得ることに成功している。超短パルス反射計は本格稼働が始まったばかりの装置であることから、システムの運転条件を変更する必要が多く、スーパーSINETを用いた計測器のリアルタイム遠隔制御は欠く事のできないものである。九州

大学 核融合科学研究所間のスーパーSINET 開通により、LHD に設置された超短パルス反射計を構成する各部品を遠隔制御可能なものへと変更した。

上記システムを第7サイクル（平成15年9月～平成16年1月）LHD 実験に適用した結果、プラズマがある時ノイズの強度が大きくなる現象が見られたものの、プラズマからの反射波と思われるパルスを観測することに成功した。

今後、この反射波信号を用いて密度分布の再構成を行うと共に、フィルタ等を用いたノイズ処理を行うことで、より信頼性の高い計測システムへと発展させる予定である。

また、本遠隔実験システムとは別に制御室前の大型モニター画面の九州大学への転送やテレビ会議システム、実験情報の取得などにもスーパーSINET が活用されている。