

干渉計による密度揺動計測

東純史、飯尾俊二、筒井広明、嶋田隆一

岡島茂樹

田中謙治、秋山毅志、川端一男、岡村昇一

東京工業大学 原子炉工学研究所

中部大学

核融合科学研究所

磁場閉じ込め核融合装置に於いて、乱流揺動が異常輸送を引き起こし、プラズマ閉じ込めを制限する。

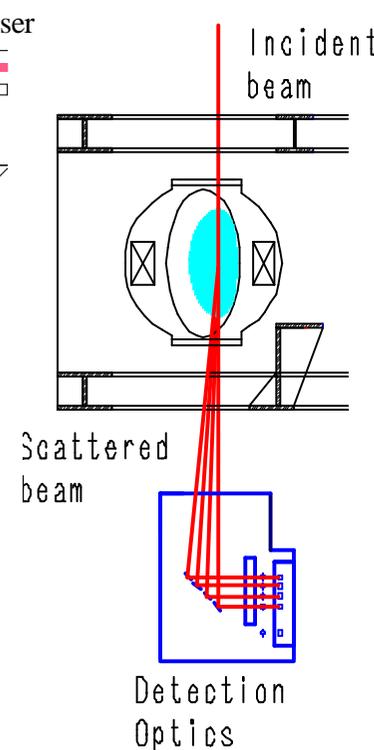
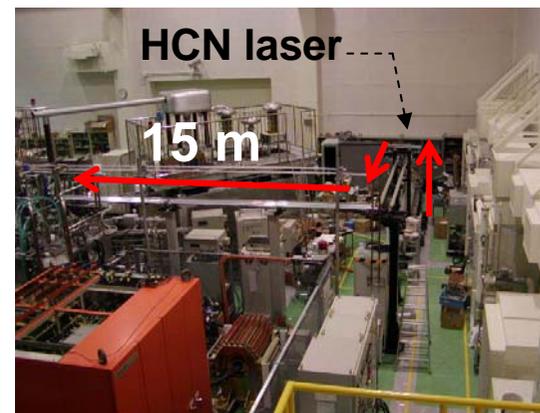
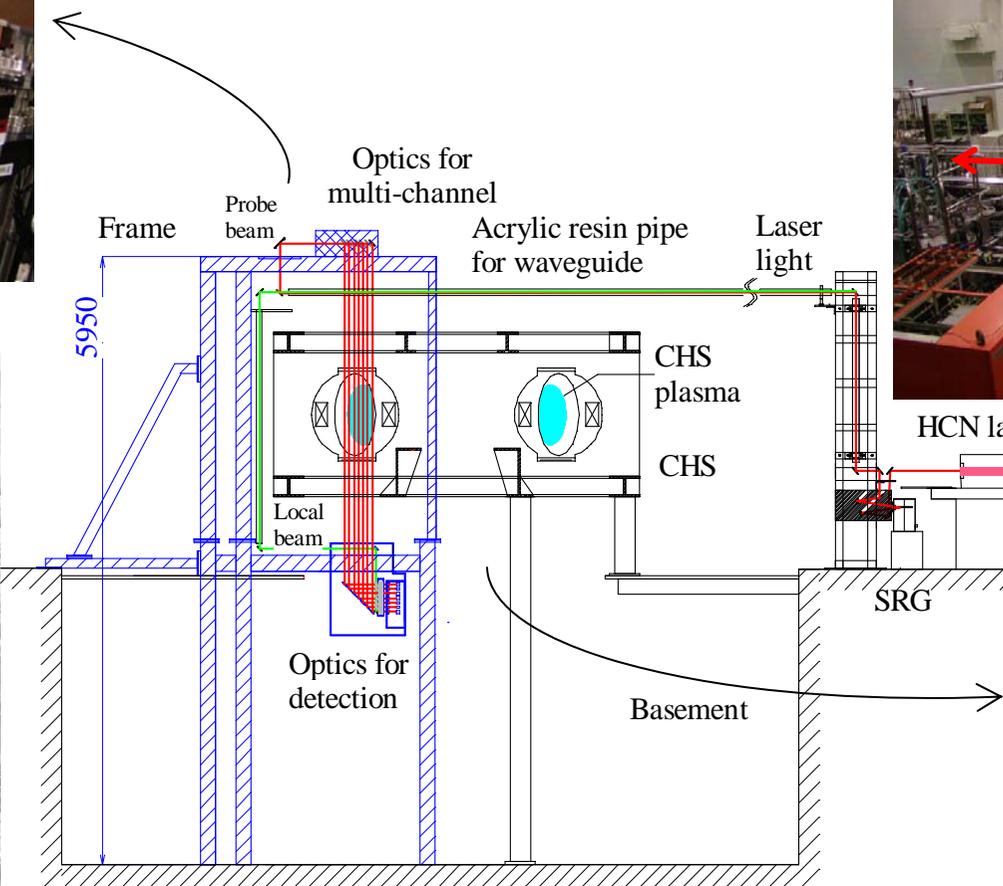
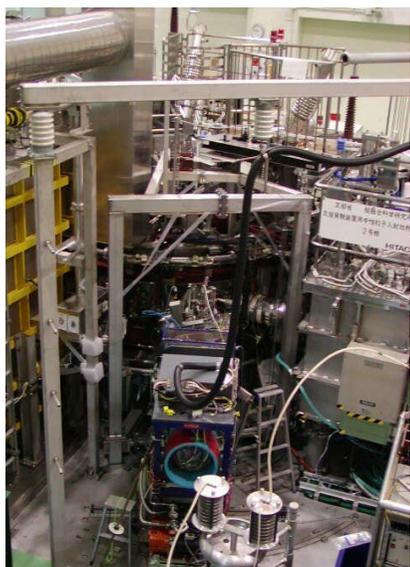
- LHD装置に設置したCO₂レーザー干渉計、及び、CHS装置のHCNレーザー・ヘテロダイン散乱計測により得られたデータをSuperSINETで東京工業大学に転送し、密度揺動解析を行う。

今年度は主にCHSのデータ解析を行った。

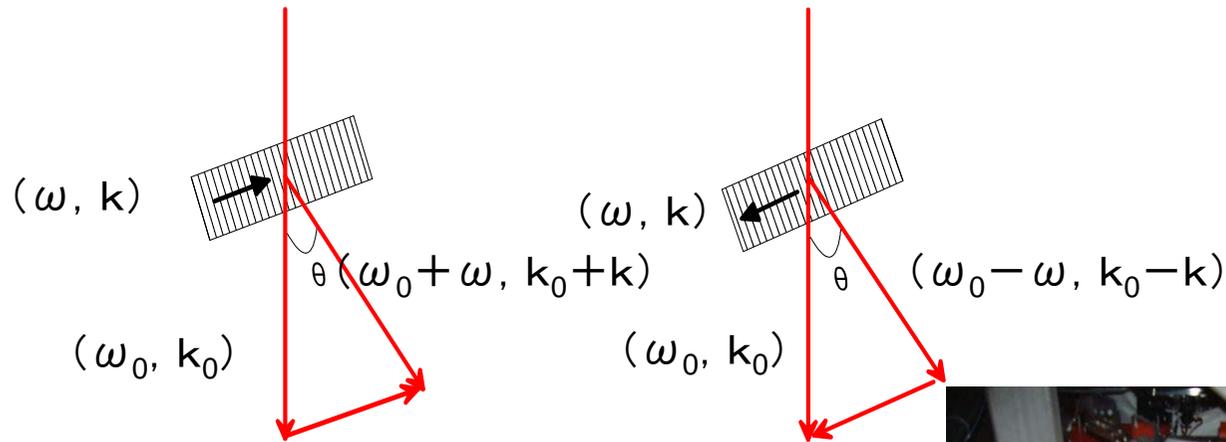
CHSのHCNレーザー干渉計のプローブビームを用いたヘテロダイン散乱計測



電子密度揺動とエネルギー閉じ込めとの相関を調べ、ヘリカル方式プラズマにおける異常輸送の物理機構を解明する。



電子密度揺動によるブラッグ散乱

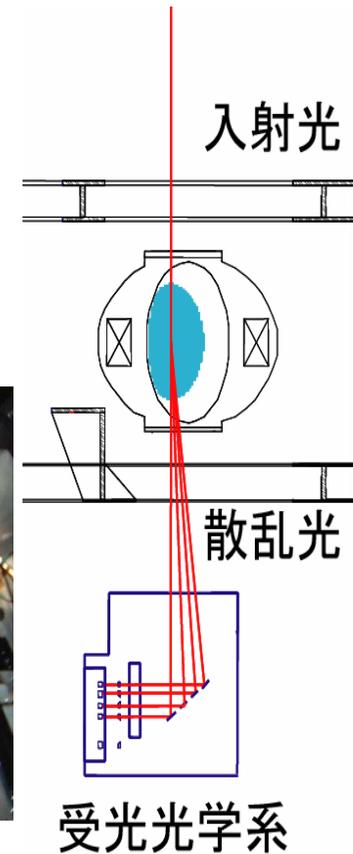
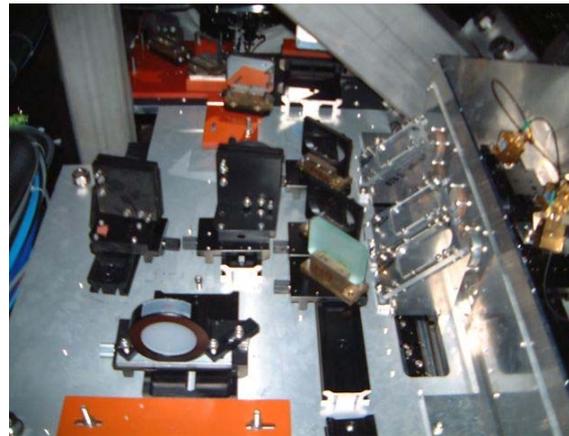


散乱角: $\theta_s = 2\sin^{-1}\{k/2k_0\}$

周波数: $\omega_s = \omega_0 \pm \omega$

散乱角と揺動波数kとの対応

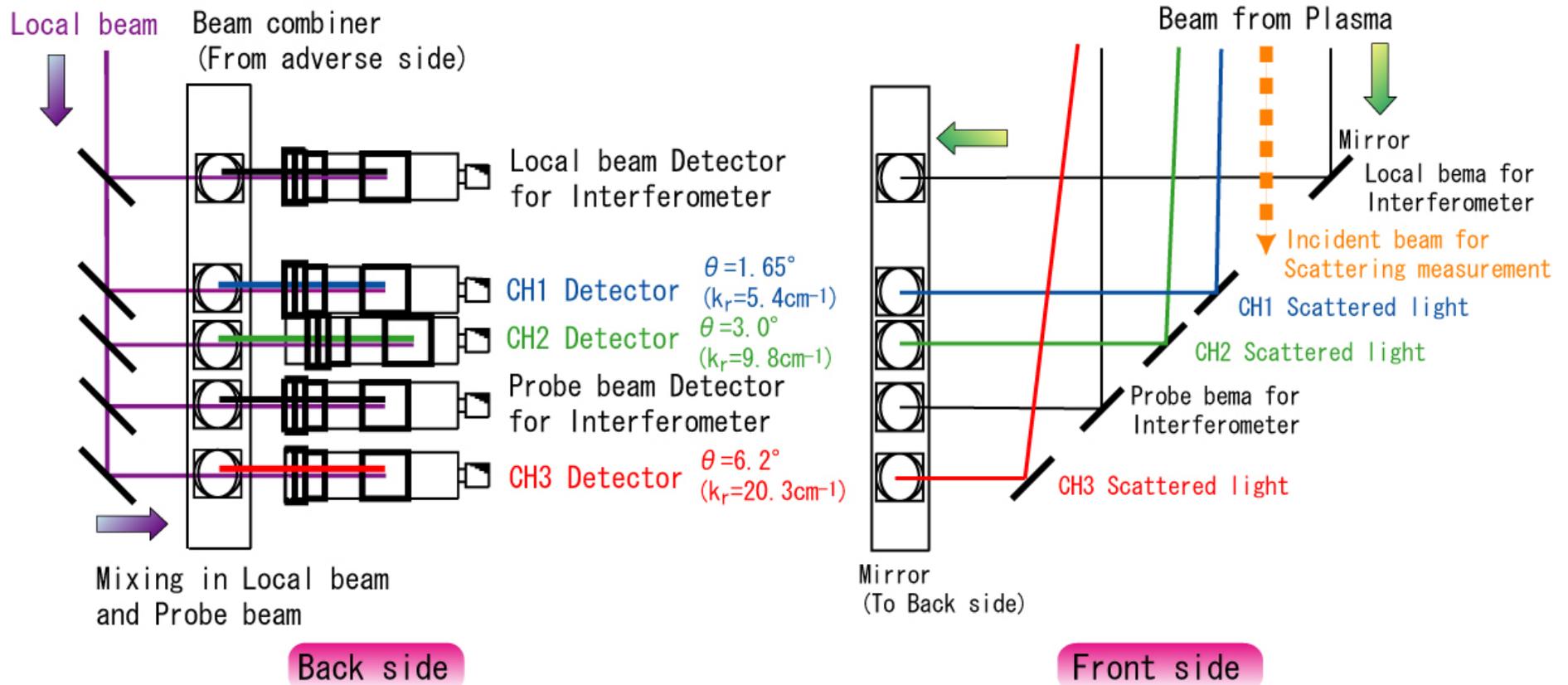
ヘテロダイン検波による揺動周波数の
符号から揺動の伝搬方向を判別



- $kr = 5.4, 9.8, 20.3 \text{ cm}^{-1}$ の3 ch計測
- 光軸方向の空間分解能: プラズマ直径~半径の半分程度
(散乱領域と散乱角に依存)

3チャンネル計測

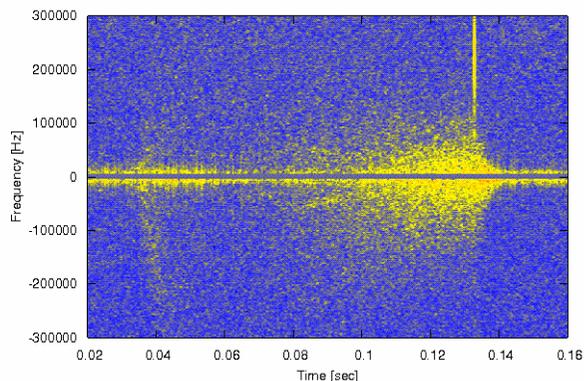
3つの散乱角の散乱光を同時に取得することによる
 3つの波数の揺動スペクトルの同時取得



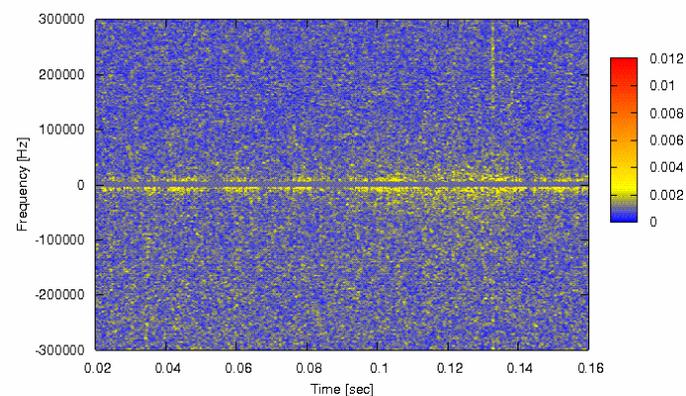
3チャンネル計測2

CH2、CH3では強度が弱く、揺動スペクトルを得るにはノイズの軽減が必要

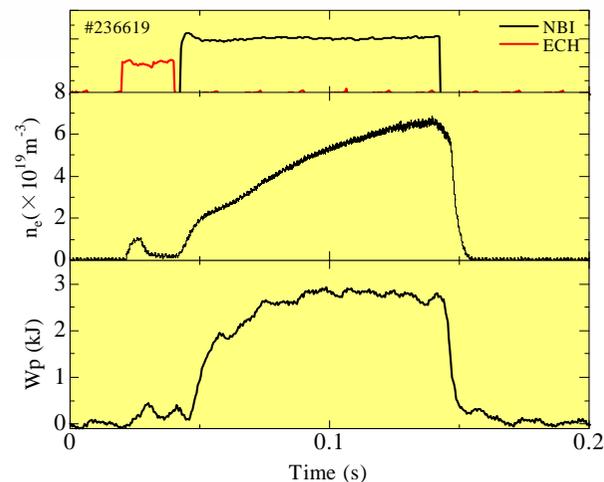
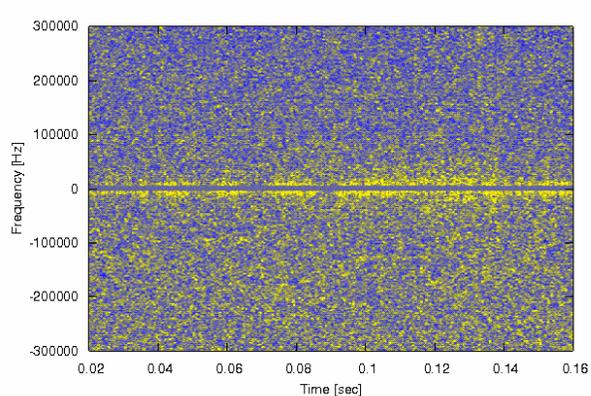
CH1 : $Kr=5.4 \text{ cm}^{-1}$

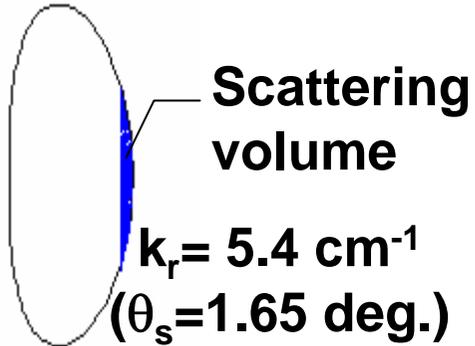


CH2 : $Kr=9.8 \text{ cm}^{-1}$



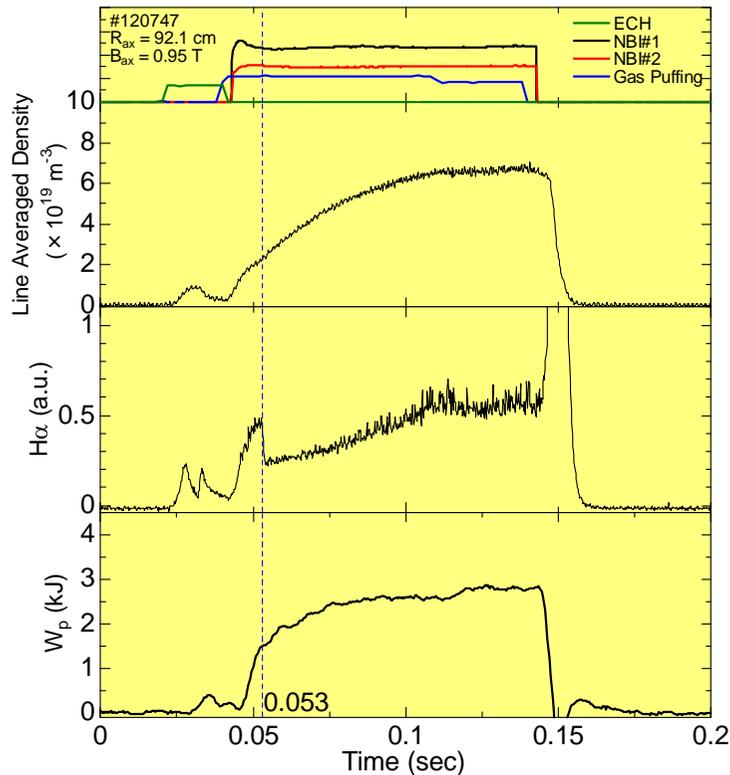
CH3 : $Kr=20.3 \text{ cm}^{-1}$



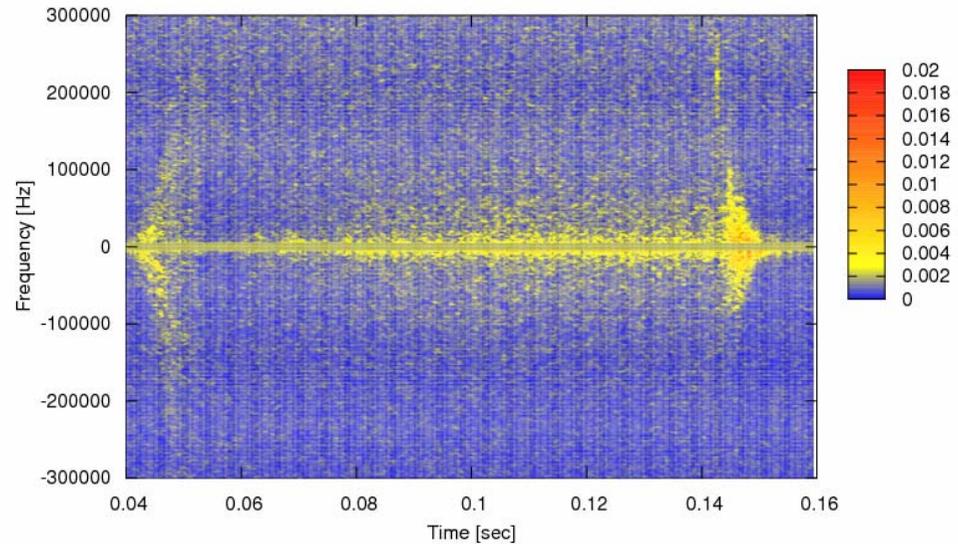


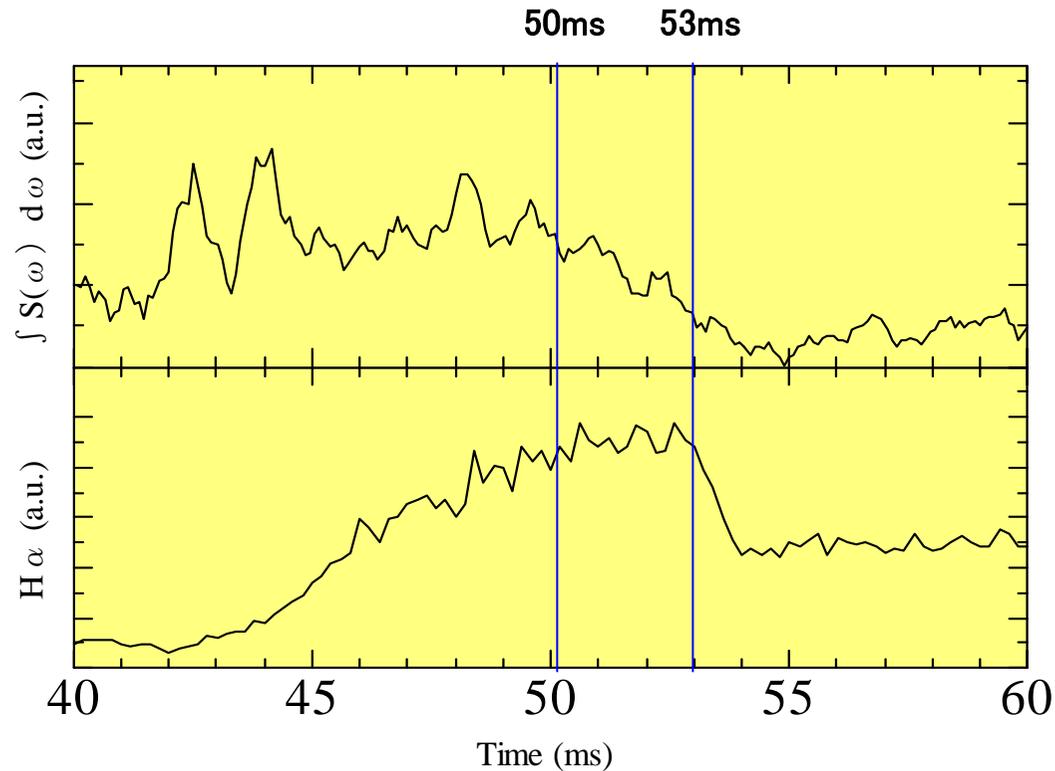
ETB(周辺部輸送障壁)は粒子の閉じ込めを改善する。

H α の急激な減少(ETB形成)時に揺動の減少が確認された。



電子密度揺動スペクトルの時間変化



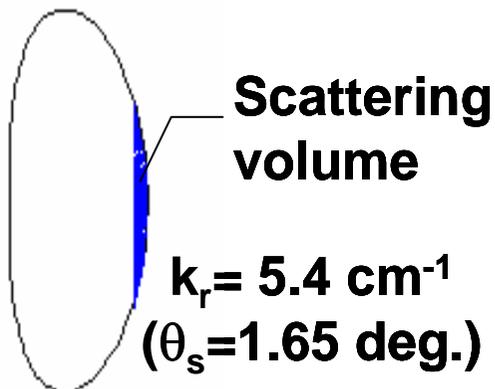


揺動スペクトルの周波数
積分値を計算



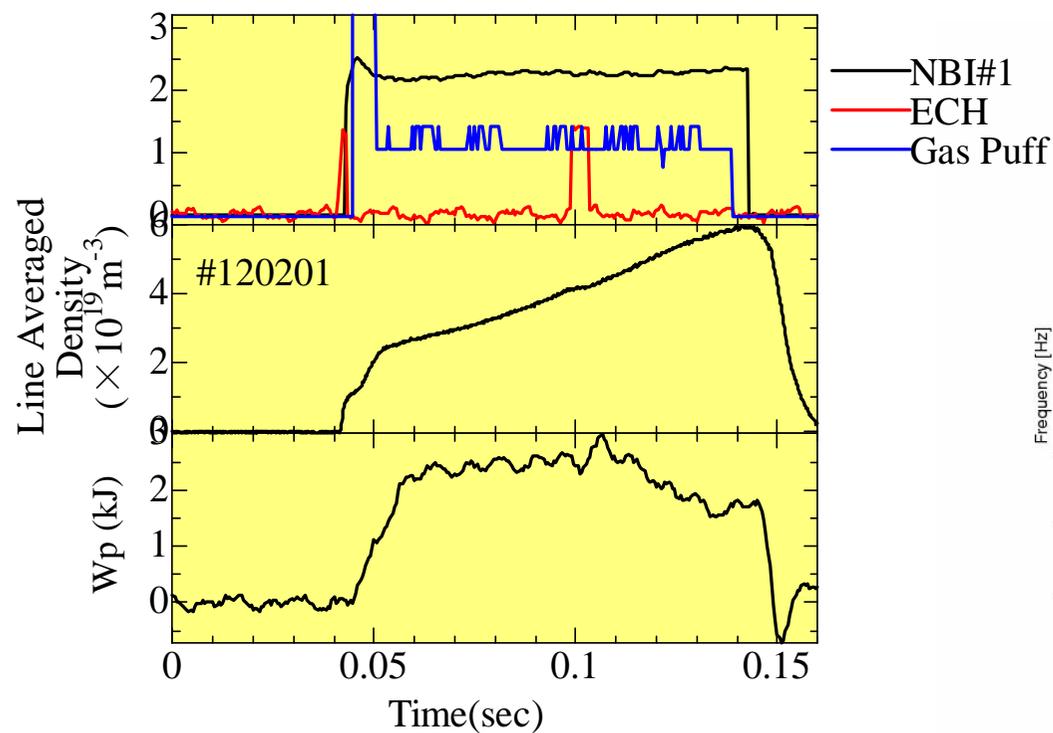
H α の減少より揺動
の減少のほうが3ms
早く起こる結果が得
られた

高調波が現れた電子密度揺動

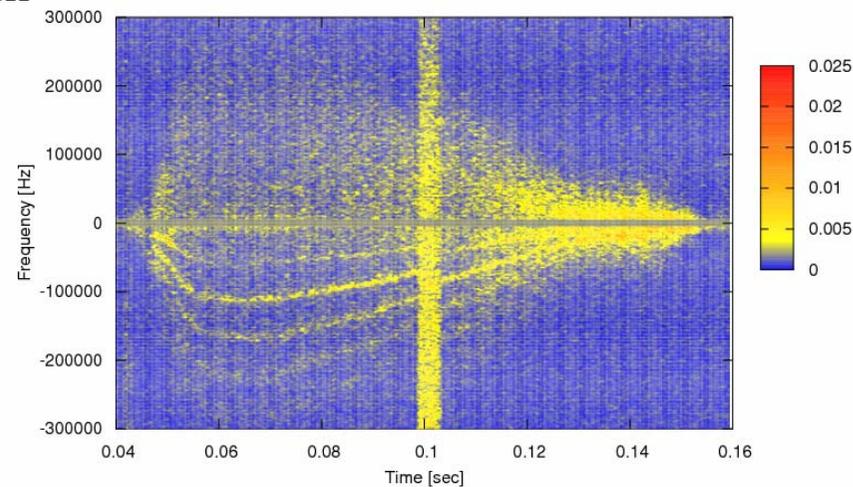


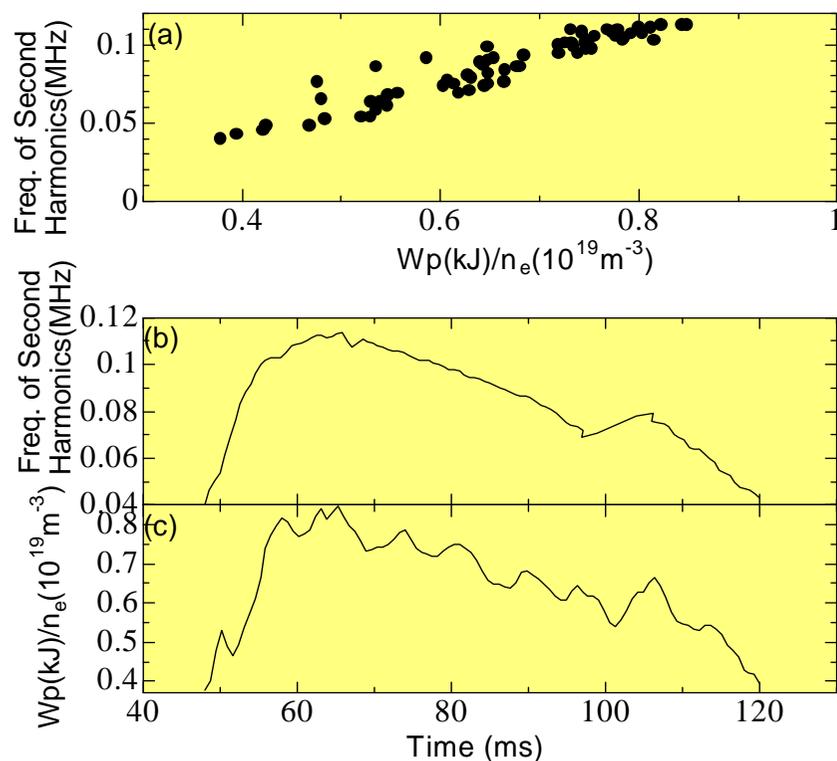
特徴

- ・2倍高調波の強度が一番強い。
- ・ピークは半径方向外側へと進行する揺動のみに現れている。(周波数が負の揺動)

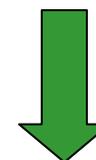


電子密度揺動スペクトルの時間変化





一番強度の強い2倍高調波周波数のプラズマパラメーターによる依存性を調べた。



蓄積エネルギーを密度で割った値(温度に相当)が増加すると、周波数も増加するという相関があることが分かった。

まとめ (CHS)

- CHSにおいてHCNレーザー干渉計の光学系を用いてヘテロダイン散乱計測をチャンネル数を1から3へと増やして実施。
- 3チャンネルの計測においては揺動波数が大きくなると信号強度が弱くなり、 9.8 cm^{-1} 、 20.3 cm^{-1} での測定ではノイズの軽減が必要である。
- ETB形成時の揺動レベルの急激な減少を観測。ETB形成時と考えられる $H\alpha$ 強度の急激な減少よりも揺動の減少の方が3msほど早く起こる結果が得られた。
- 乱流揺動とは異なるが、 k_{\perp} 計測で5倍までの高調波が現れた興味深い揺動スペクトルを観測した。揺動の周波数は蓄積エネルギーを密度で割った値(温度に相当)と相関がある。