

筑波大学プラズマ研究センター
シンポジウム

平成23年7月22日（金）

筑波大学

(双方向型共同研究課題)

GAMMA 10におけるプラズマ周辺流計測

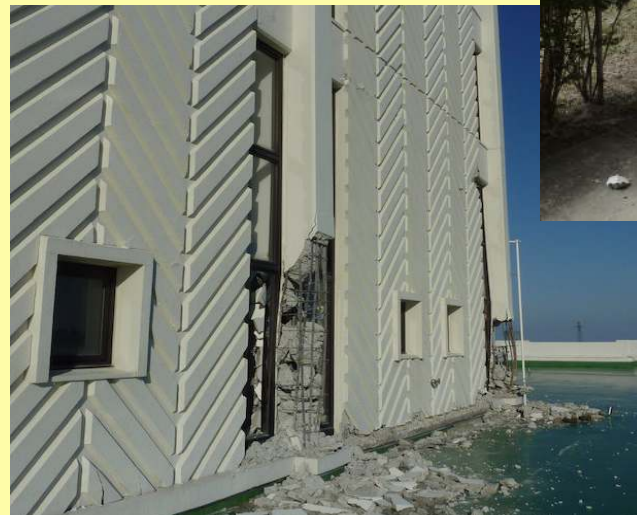
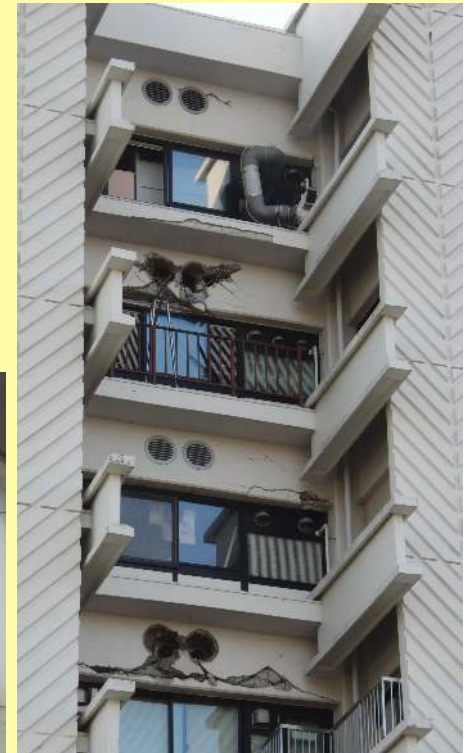
東北大学工学研究科 安藤 晃
筑波大学 市村 真

内容

1. 4方向マッハプローブ特性
2. GAMMA10での計測実験

The Tohoku-Pacific Ocean Earthquake

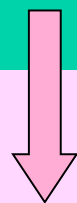
March, 11st 2011



School of Engineering, Tohoku University

平成23年4月7日M7.1の最大余震発生(宮城県沖) 北講義棟の柱部分損傷

余震前



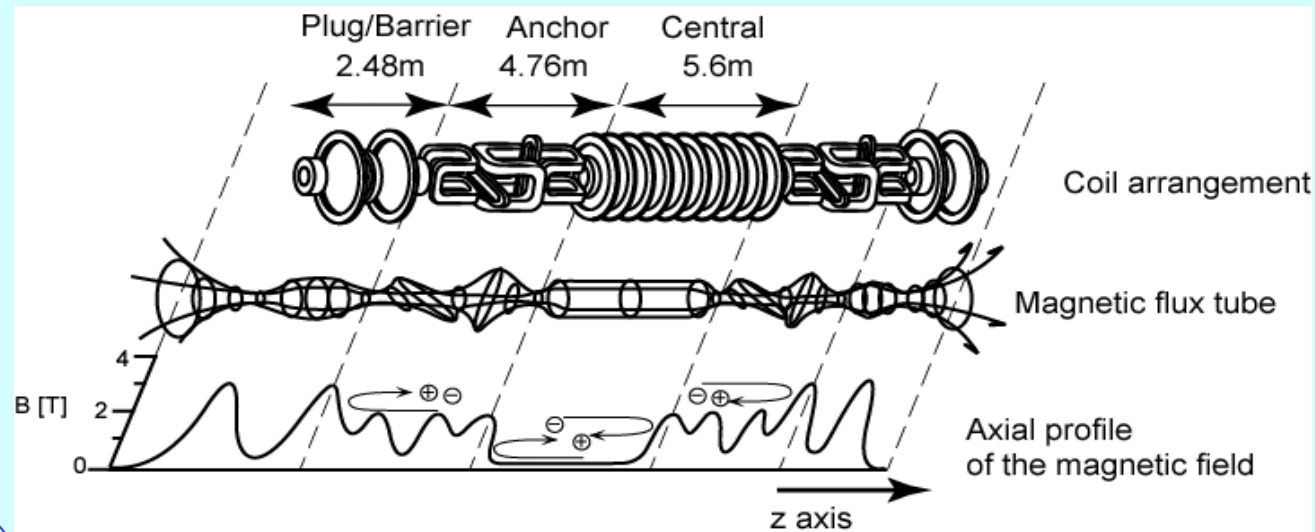
余震後



本館(1号館)と講義棟が損壊

GAMMA 10におけるプラズマ周辺流計測

直線型磁気閉じ込めプラズマでのプラズマ流の形成



- セントラル部における周方向回転
→ 速度シアによる **内部輸送障壁** の形成の可能性
- エンド領域における **プラズマ／ガス** 相互作用

軸方向および周方向
プラズマ流の計測

マッハプローブ法によるプラズマ流計測

▶利点

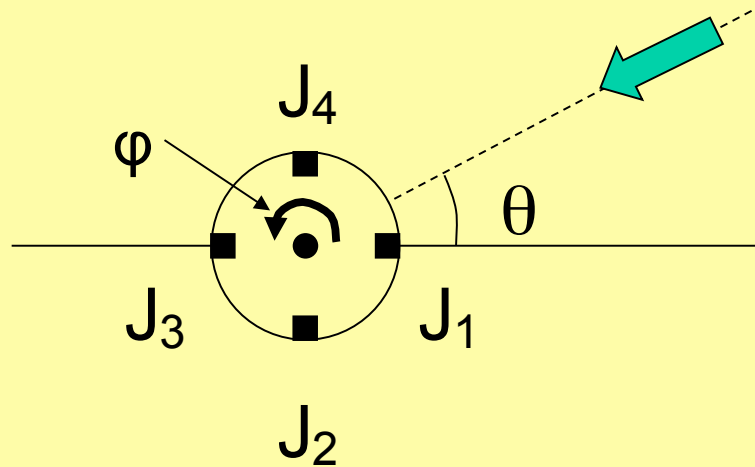
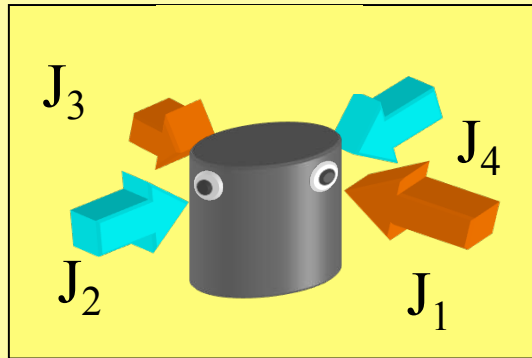
簡易な構造でマッハ数を算定可能。

4端子型マッハプローブを利用することでマッハ数と流れ方向の時間変化が計測可能。

▶問題点

プラズマ中に電極を挿入するため、周辺部の計測に限られる。

4端子マツハプローブ法 ～マツハ数と流れ方向の同時計測～



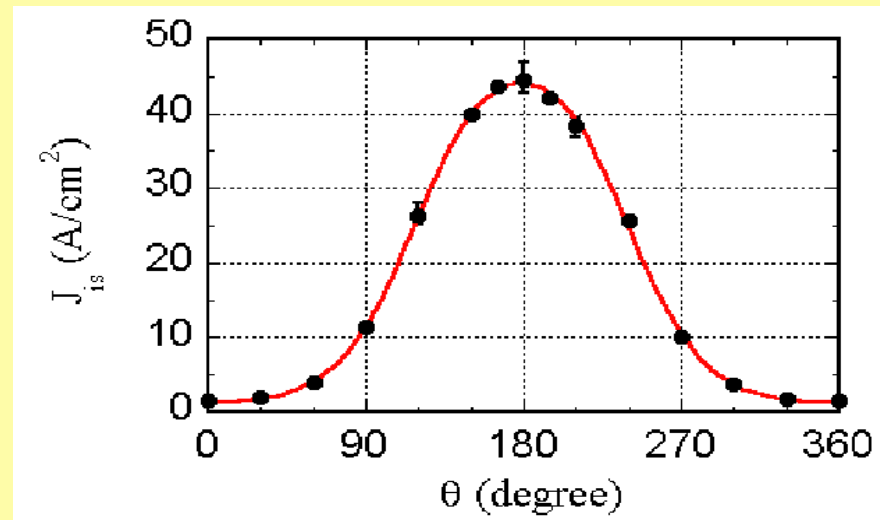
θ : プラズマ流れ方向と基準チップ(J₁)とのなす角

$\ln J_{is}$ は $\cos \theta$ の2次式で近似可能。

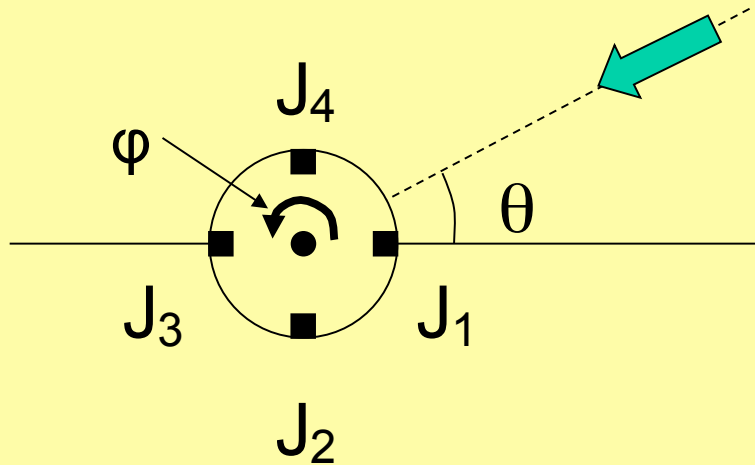
$$\ln(J_{is}) = A + B \cos \theta + C \cos^2 \theta$$

J_{is} : プローブチップへ流入するイオン飽和電流

θ : 流れに対しての角度

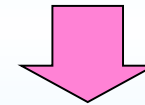


4端子マッハプローブによる マッハ数と流れ方向の同時計測



$$\begin{aligned}\ln(j_1/j_3) &= \ln(j_1) - \ln(j_3) \\ &= 2B \cos \theta = \underline{(M_i/M_c) \cos \theta}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\ln(j_4/j_2) &= \ln(j_4) - \ln(j_2) \\ &= 2B \sin \theta = \underline{(M_i/M_c) \sin \theta}\end{aligned}$$



$$M_i = M_c \sqrt{(\ln(j_1/j_3))^2 + (\ln(j_4/j_2))^2}$$

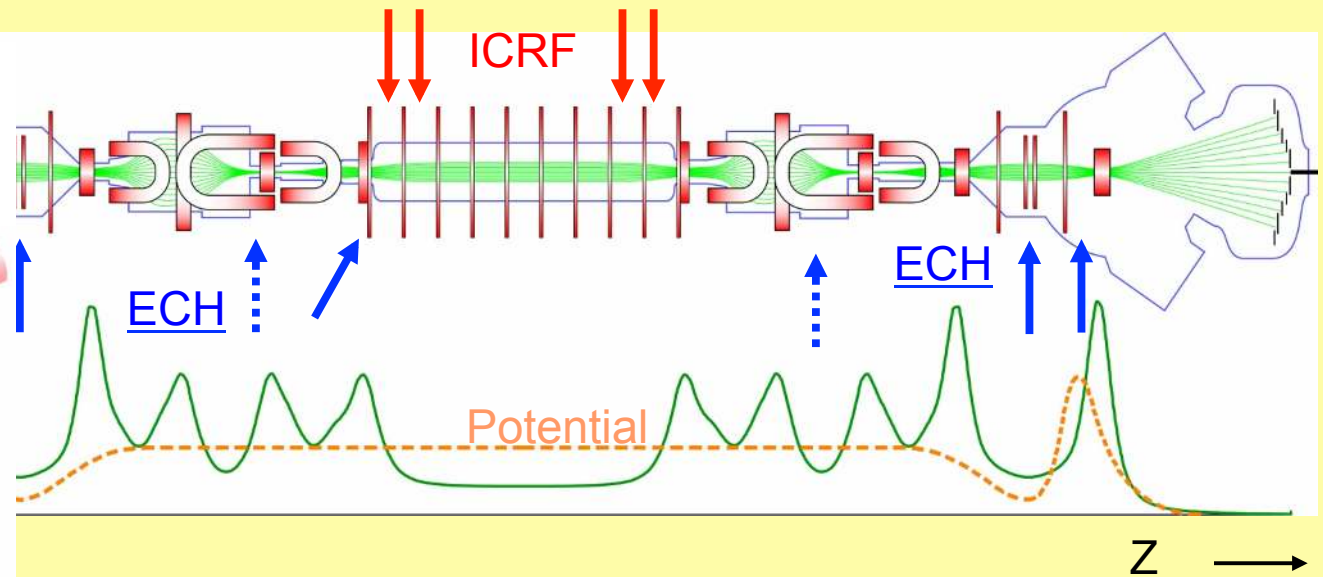
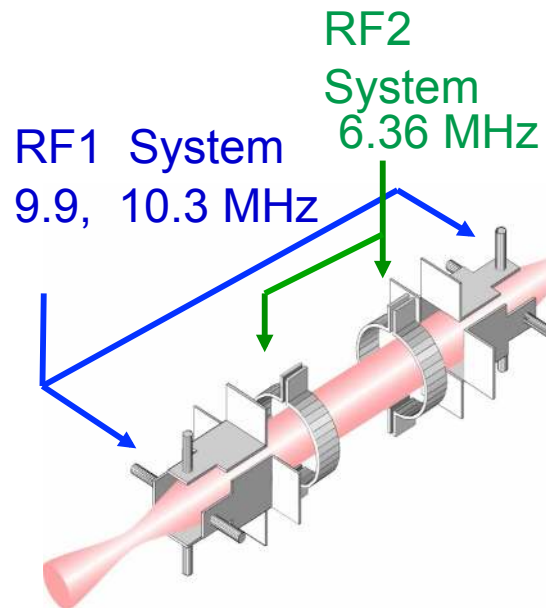
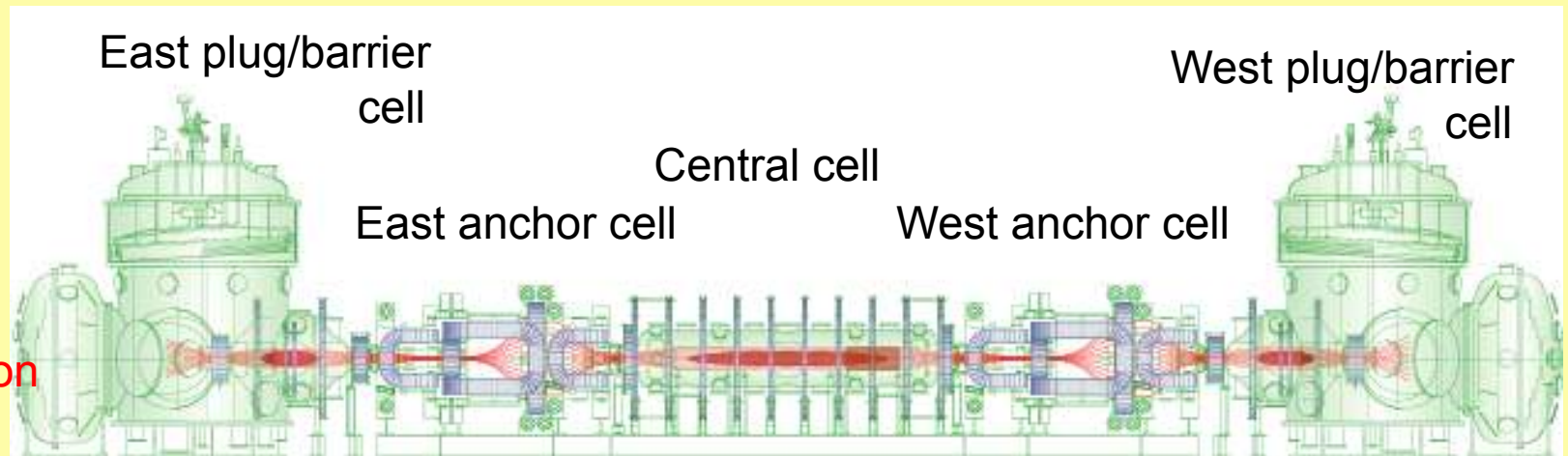
$$\theta = \arctan\left(\frac{\ln(j_4/j_2)}{\ln(j_1/j_3)}\right)$$

4端子型 Mach probe による計測

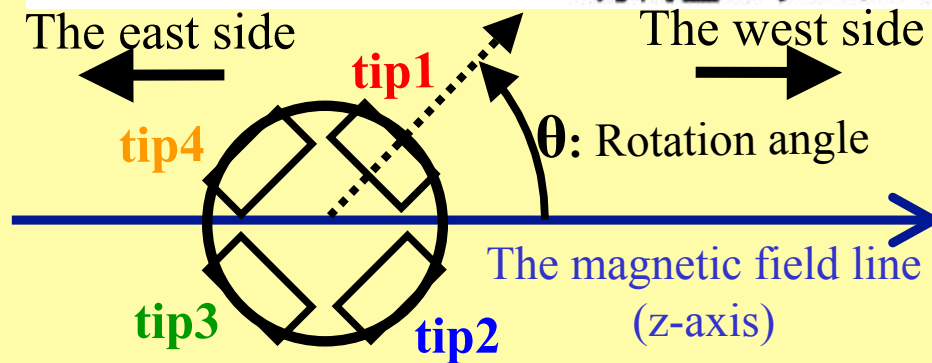
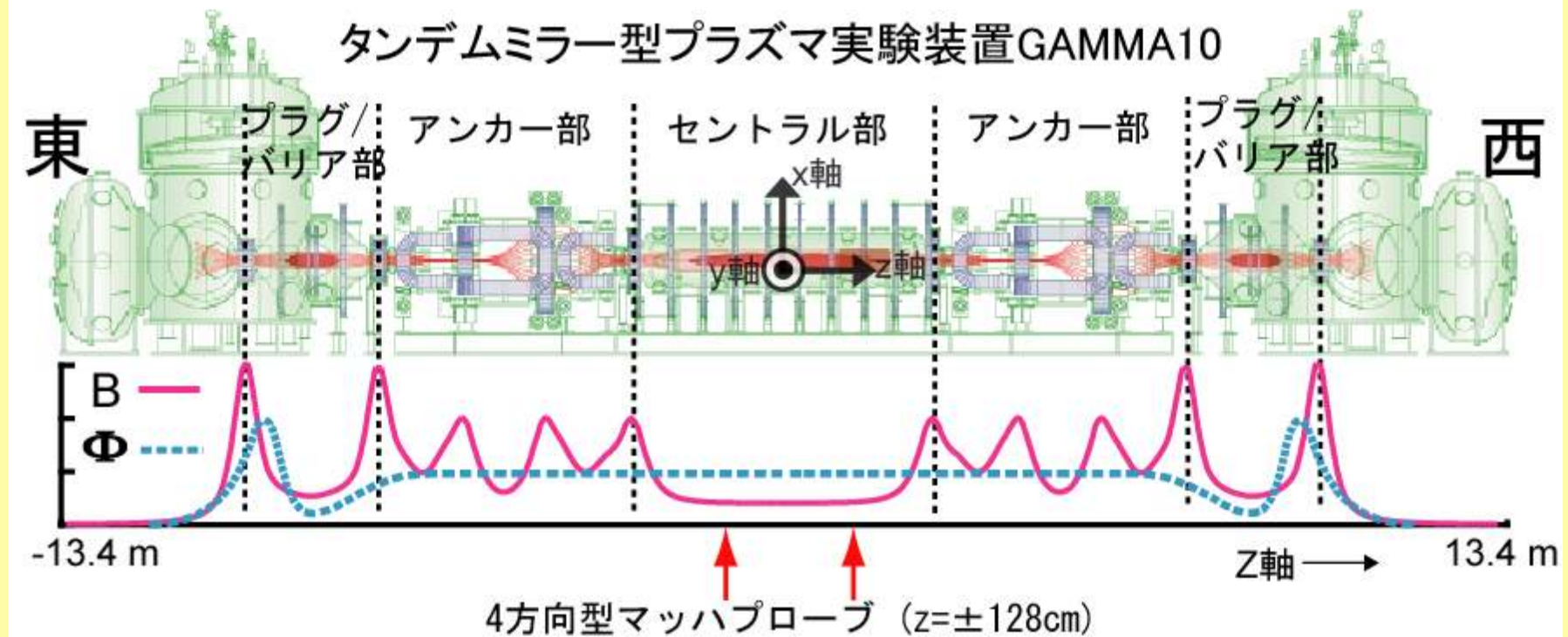
捕集面を4方向に設置することで、プローブを回転させることなく、
マッハ数と流れ方向の **同時計測が可能**

GAMMA 10におけるICRF+ECRH加熱

ICRF:
Plasma Production
Ion Heating
MHD Stabilization



GAMMA10における4端子マッハプローブ計測



各チップ番号と流れ方向角度

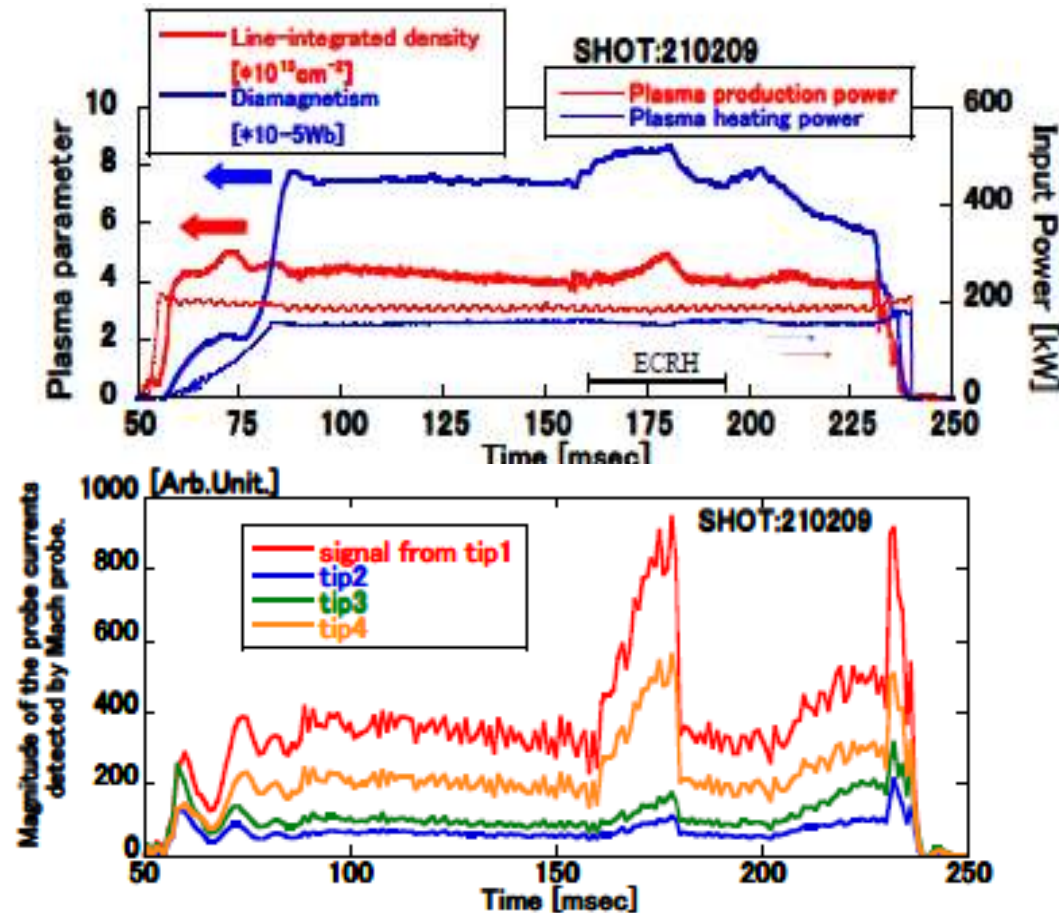
研究課題と目的

周辺領域(リミター近傍)での流れ場の計測

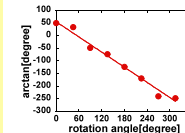
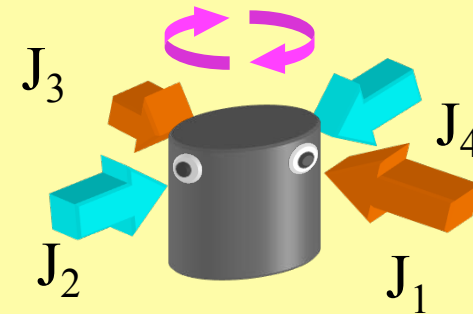
- ・軸方向流(西→東)の存在
- ・ICRF+ECH時での流れ場変化
- ・揺動現象との相関

GAMMA 10における4端子マッハプローブ計測

ICRF + ECH(plug/barrier)時の放電波形



プローブを回転させて
流れ方向を計測

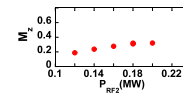
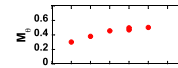
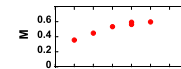
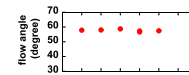
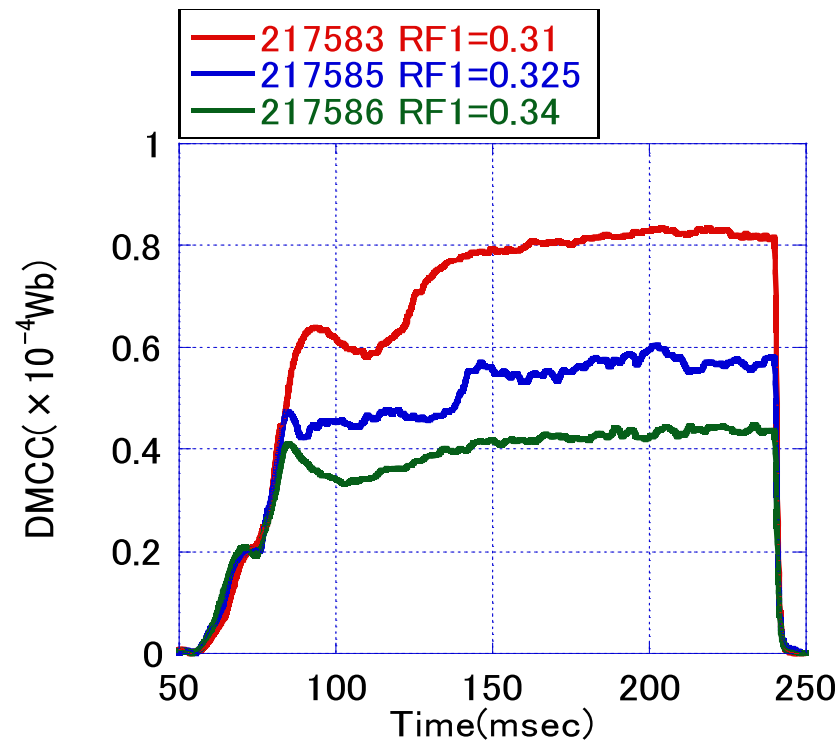


プローブ回転角
+ 計測角度
= 60 deg

装置軸に対して約60度
の方向にプラズマ流

ICRFパワー依存

ICRF (RF2-power dep.)



RF電力増加とともに
軸方向流、周方向流ともに増加
(流れ角度はほぼ一定)

ICRF + ECH(plug/barrier)時におけるマッハ数、流れ角変化

ICRF + ECH(plug/barrier)



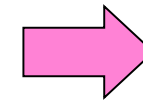
ECH



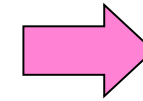
$r=18\text{cm}$

ICRF + ECH(plug/barrier)

ECH印加により



マッハ数が上昇
流れ方向角も増加



周方向回転流上昇
軸方向流減少



揺動抑制、径方向粒子束の抑制、径方向電場との相関を検討

ICRF + ECH(plug/barrier)時におけるマッハ数、流れ角変化

ICRF + ECH(plug/barrier)



ECH



r=18cm



with ECH

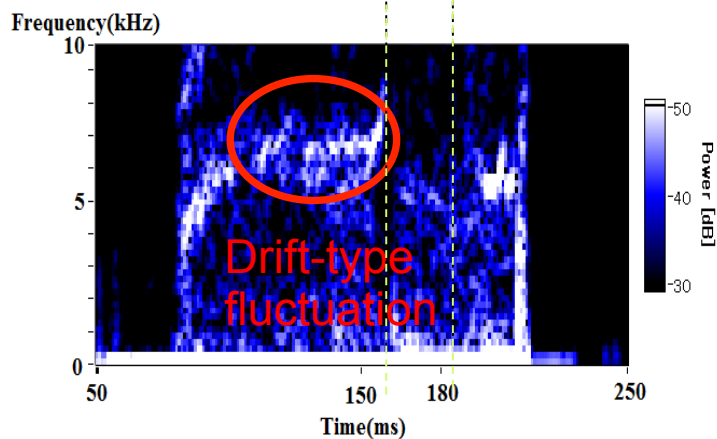
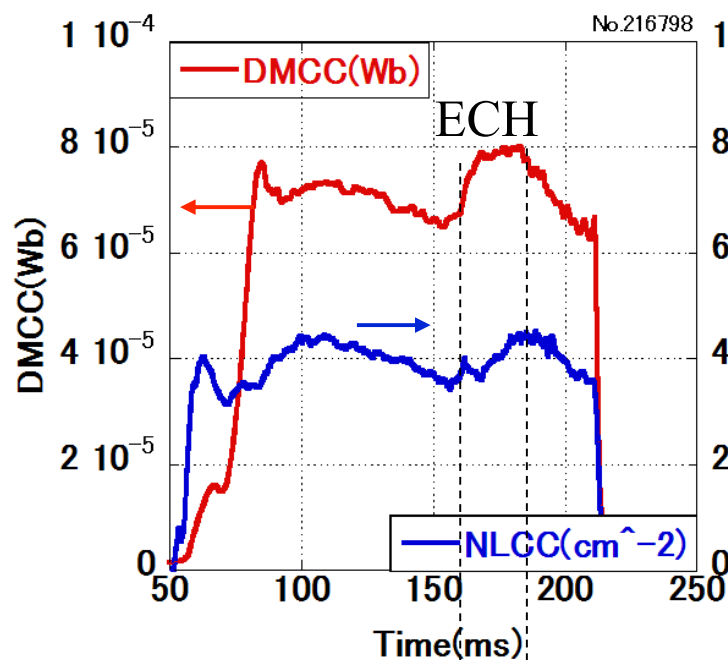
w/o ECH

ECH印加により回転角は増加。

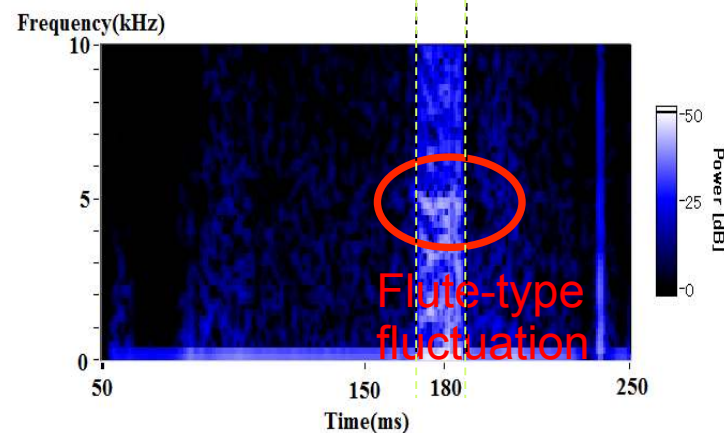
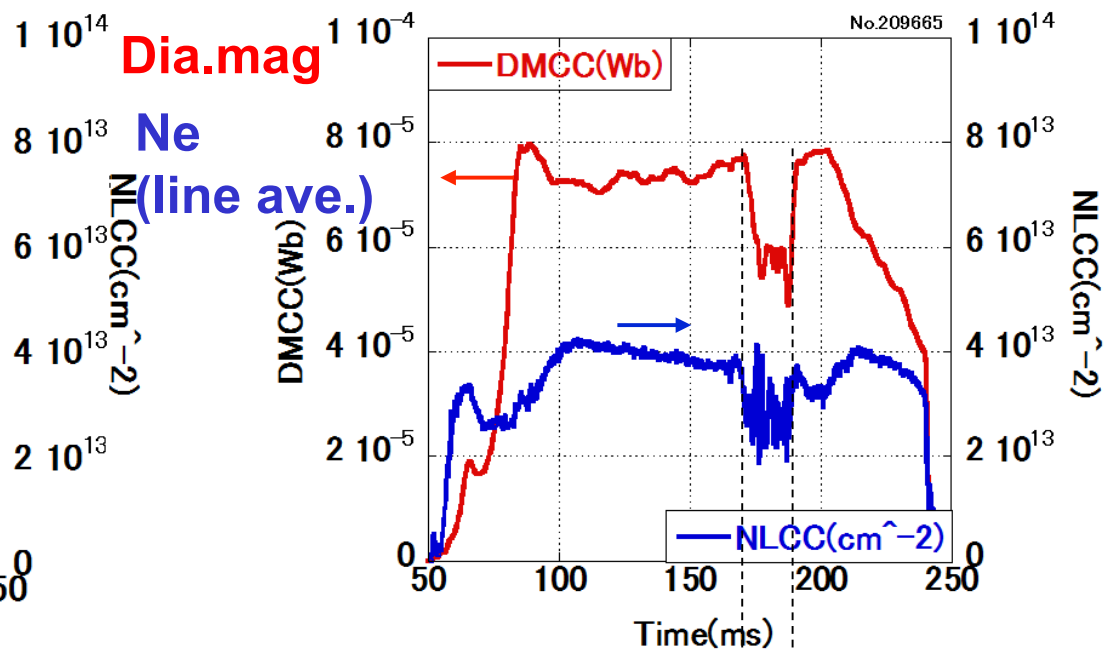
RF電力増加とともにECH印加時のマッハ数は減少——>イオン温度上昇？

ICRF + ECH(plug/barrier)

揺動計測との比較



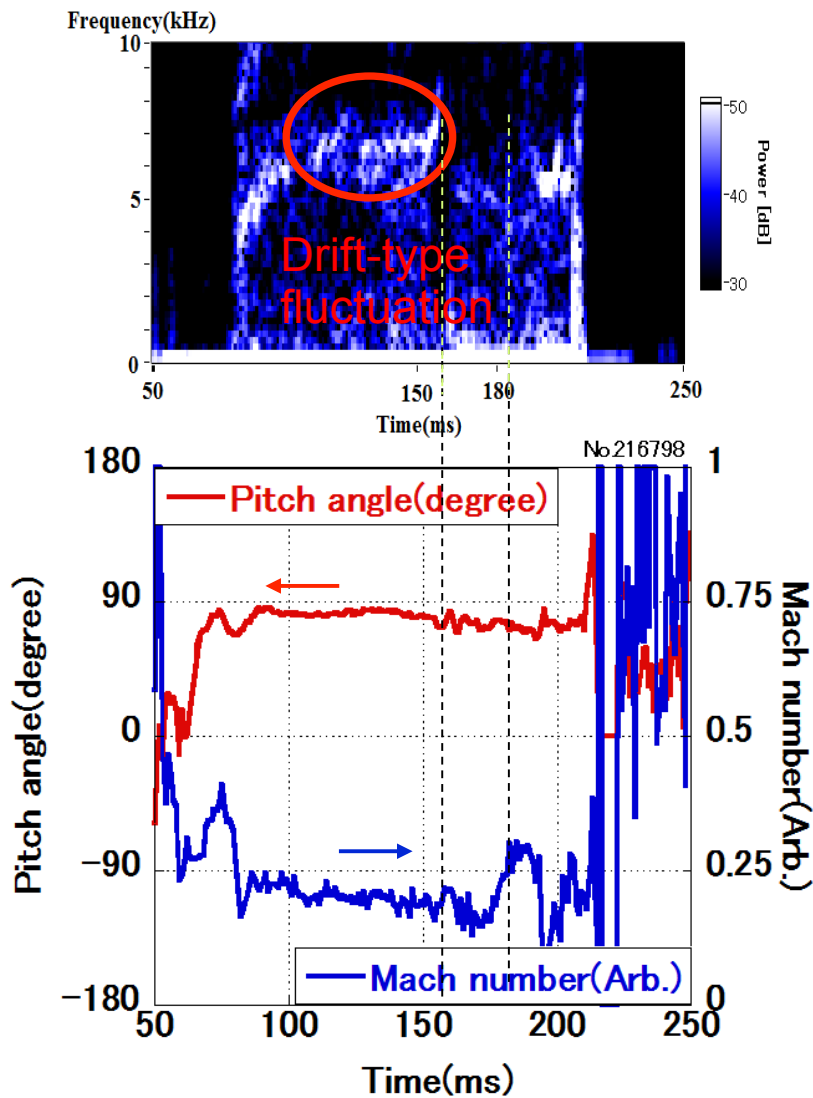
Drift-type fluctuation



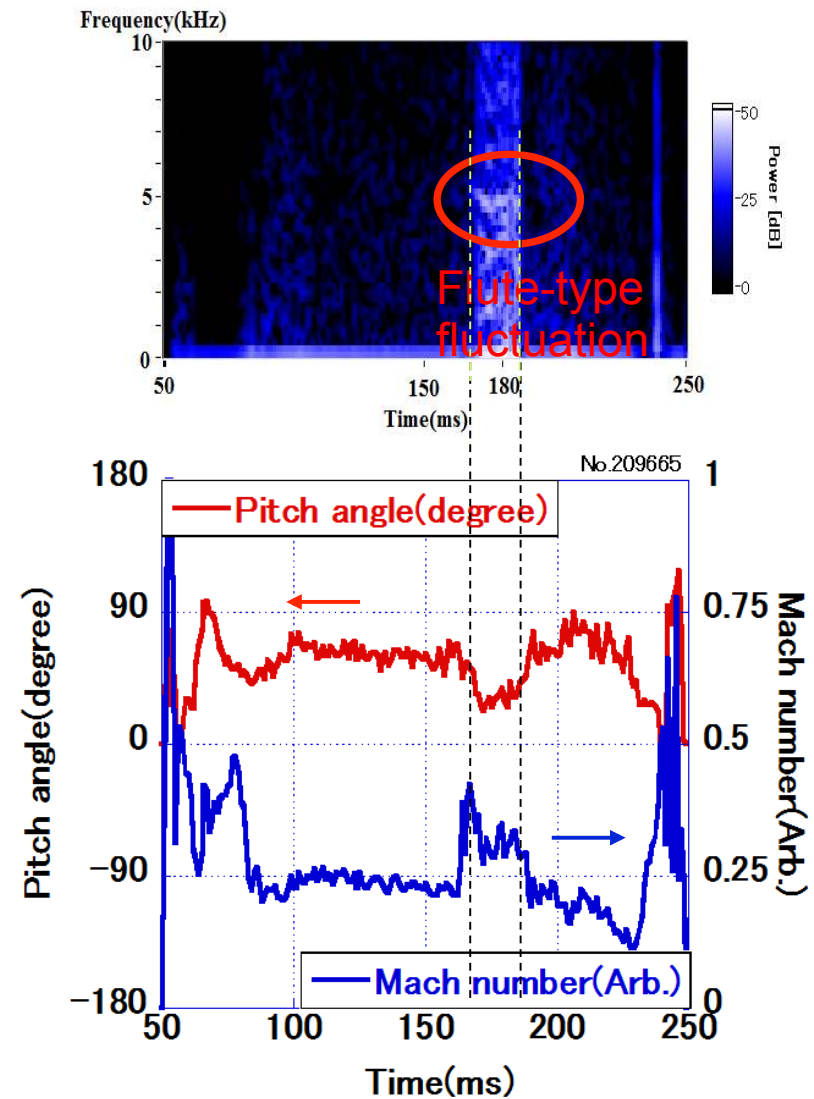
Flute-type fluctuation

揺動計測との比較

ICRF + ECH(plug/barrier)



Drift-type fluctuation



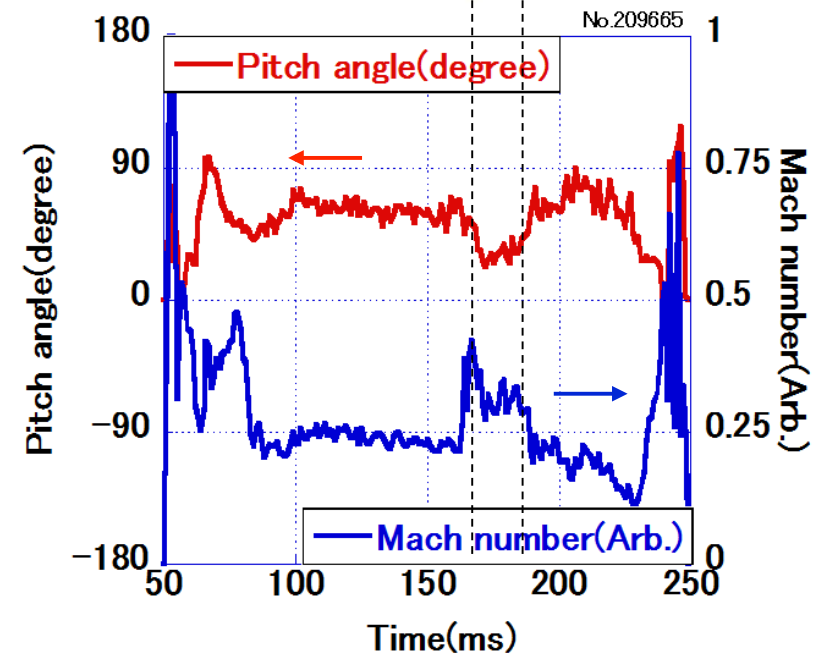
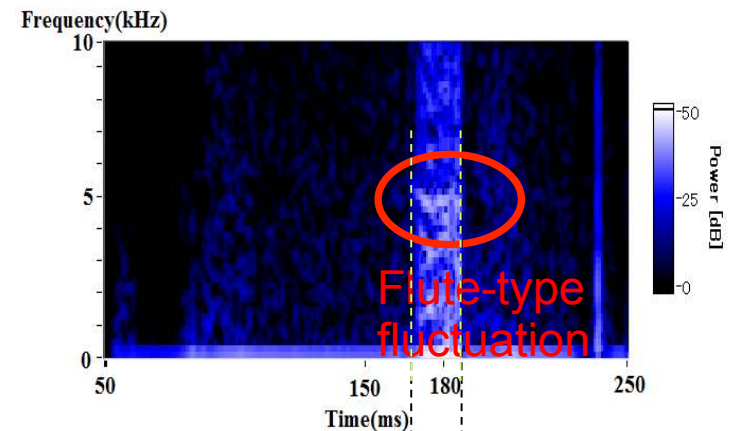
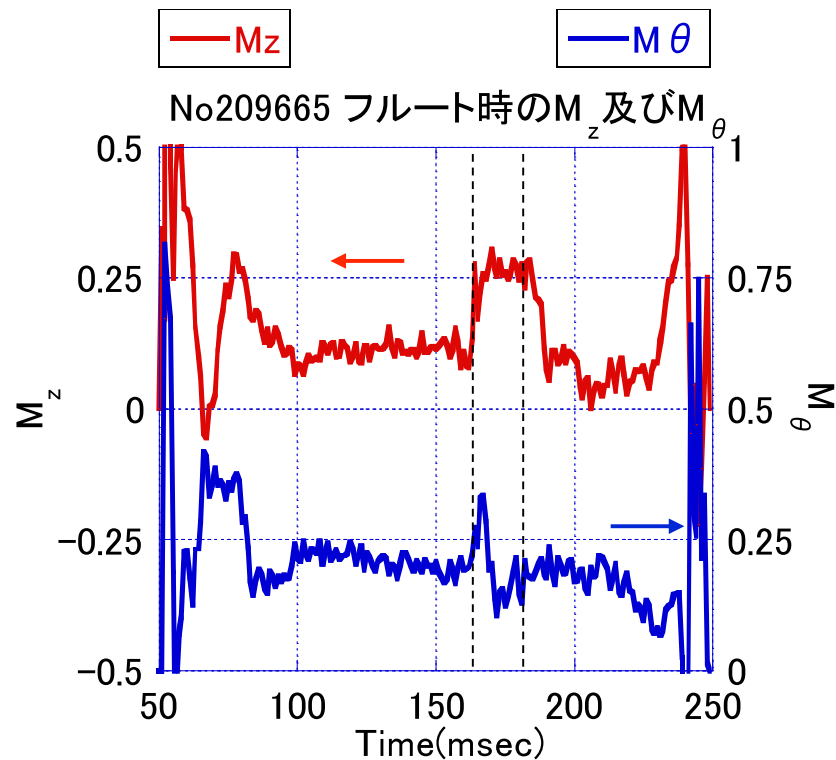
Flute-type fluctuation

フルート型不安定時の周辺流変化

ICRF + ECH(plug/barrier)

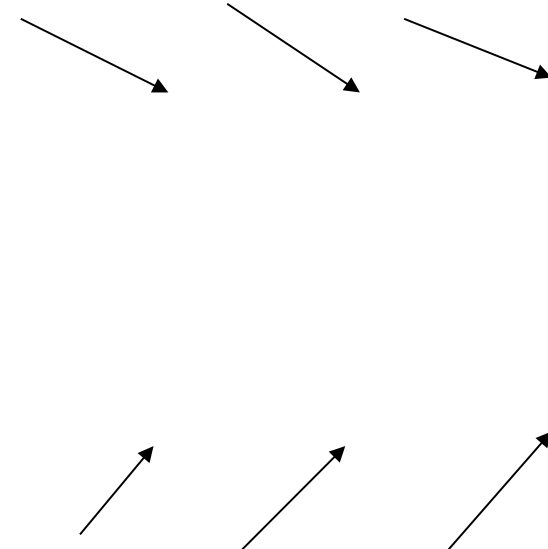
Flute-type fluctuation

軸方向流の増加



周辺部プラズマ流の挙動観測装置として有用

マッハプローブによる流れ場計測



周辺部での揺動計測との相関を検討

まとめ

1. GAMMA10装置において、セントラル部周辺位置に4端子型マッハプローブを設置。

➡ プラズマ流のマッハ数と流れ方向の同時計測を行う。

2. プラズマ流は、装置軸から60ー80度傾斜した方向に、マッハ数で0.4から0.6の値で流れている。

➡ 周方向と軸方向流れの確認。

(周方向流れはイオンディアマグ方向($E \times B$ 方向)と一致)

3. Plug/Barrier部ECRH印加によりマッハ数の増加、回転角の変化を観測。マッハ数、回転角の時間変化と揺動計測結果との比較を行う。

——> 周辺部の揺動計測、分光計測との比較が必要