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

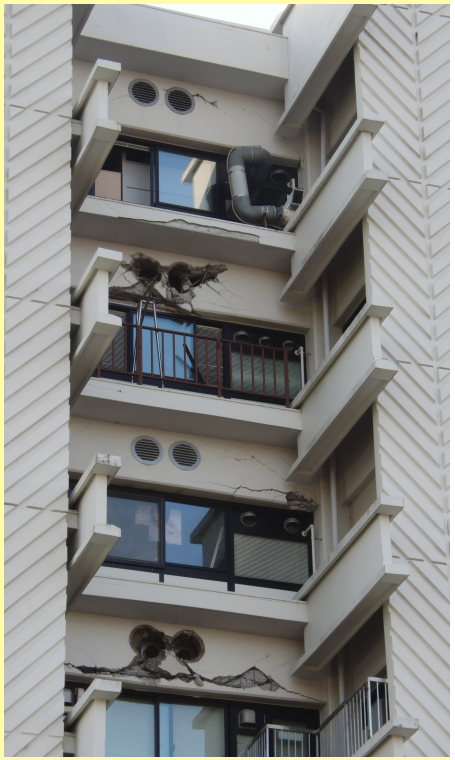
東北大学工学研究科　安藤　晃
筑波大学　市村　真

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

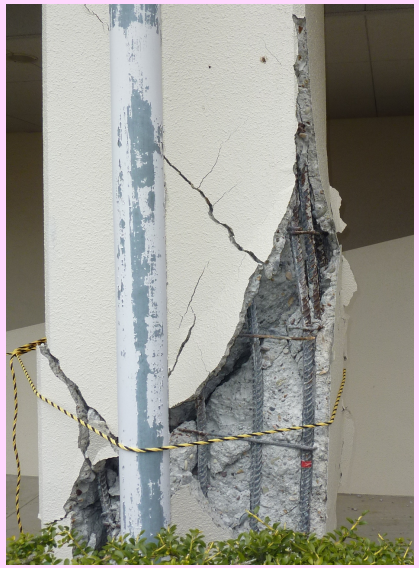


School of Engineering, Tohoku University

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

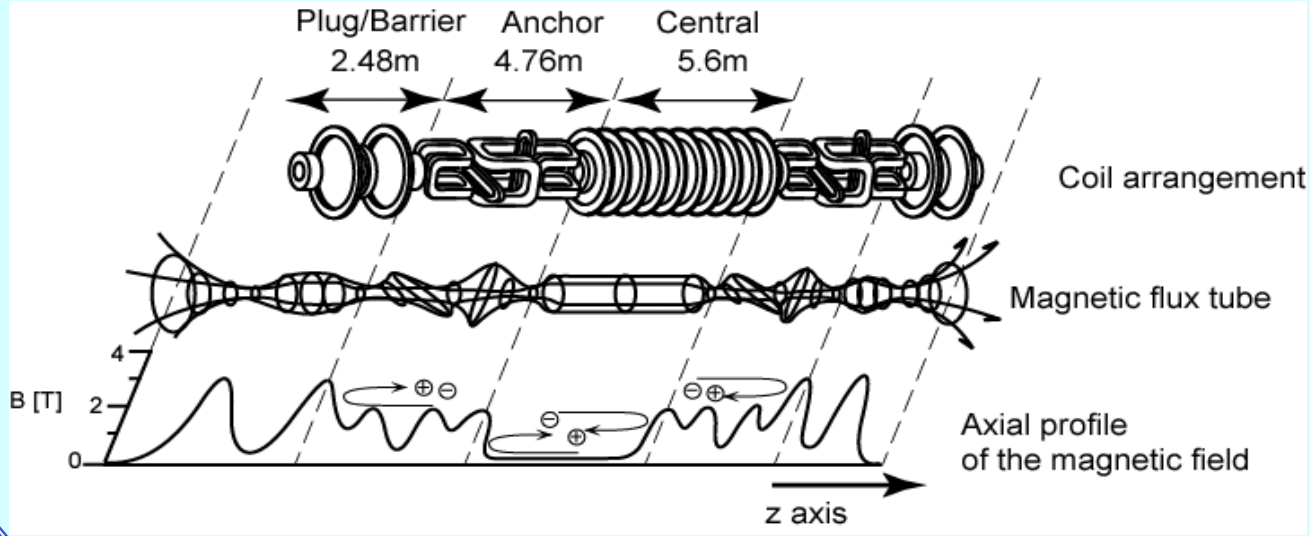
余震後



本館(1号館)と講義棟が損壊

GAMMA10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**

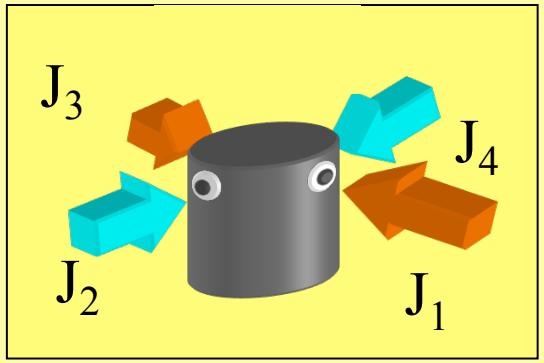
簡易な構造でマッハ数を算定可能。

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端子マッハプローブ法
～マッハ数と流れ方向の同時計測～

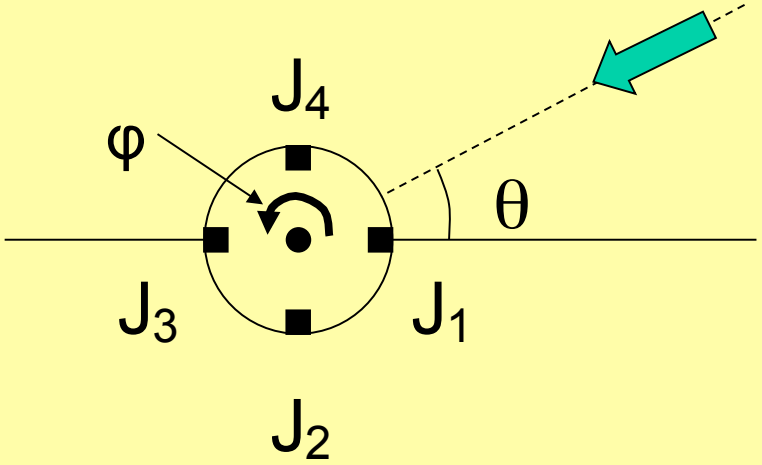


$\ln J_{is}$ は $\cos\theta$ の2次式で近似可能。

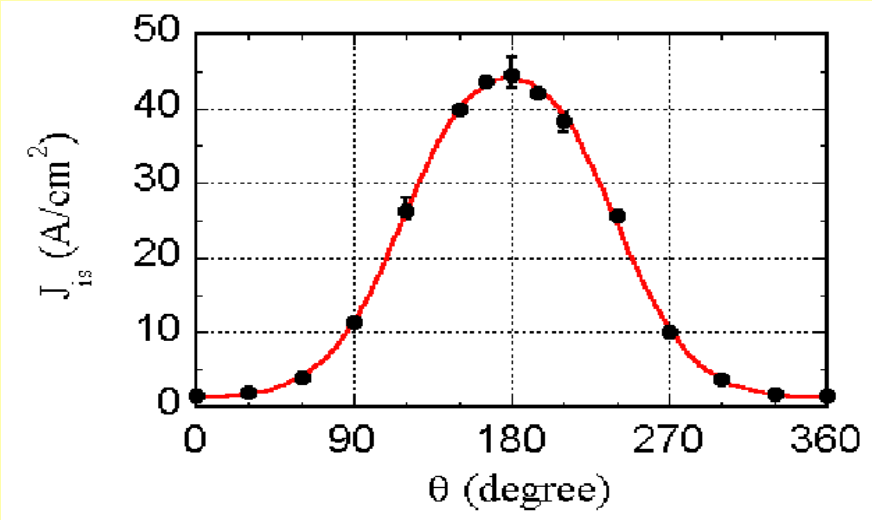
$$\ln(J_{is}) = A + B\cos\theta + C\cos^2\theta$$

J_{is} :プローブチップへ流入するイオン飽和電流

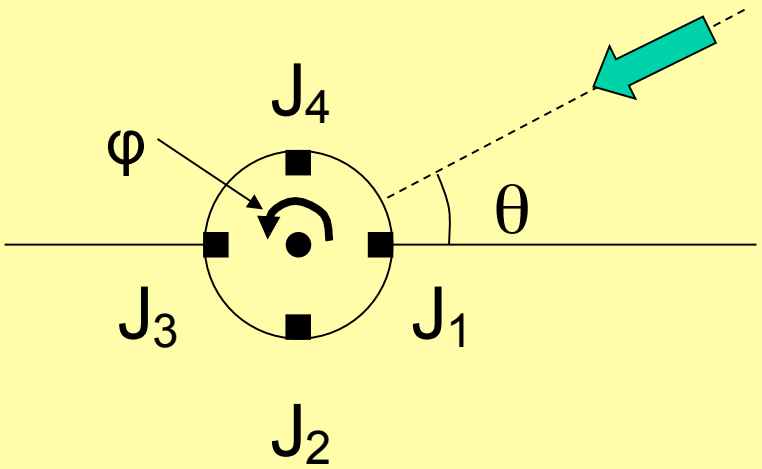
θ :流れに対しての角度



θ:プラズマ流れ方向と基準チップ(J_1)とのなす角



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



$$\ln(j_1/j_3) = \ln(j_1) - \ln(j_3)$$
$$= 2B\cos\theta = \underline{(M_i/M_c)\cos\theta}$$
$$\ln(j_4/j_2) = \ln(j_4) - \ln(j_2)$$
$$= 2B\sin\theta = \underline{(M_i/M_c)\sin\theta}$$

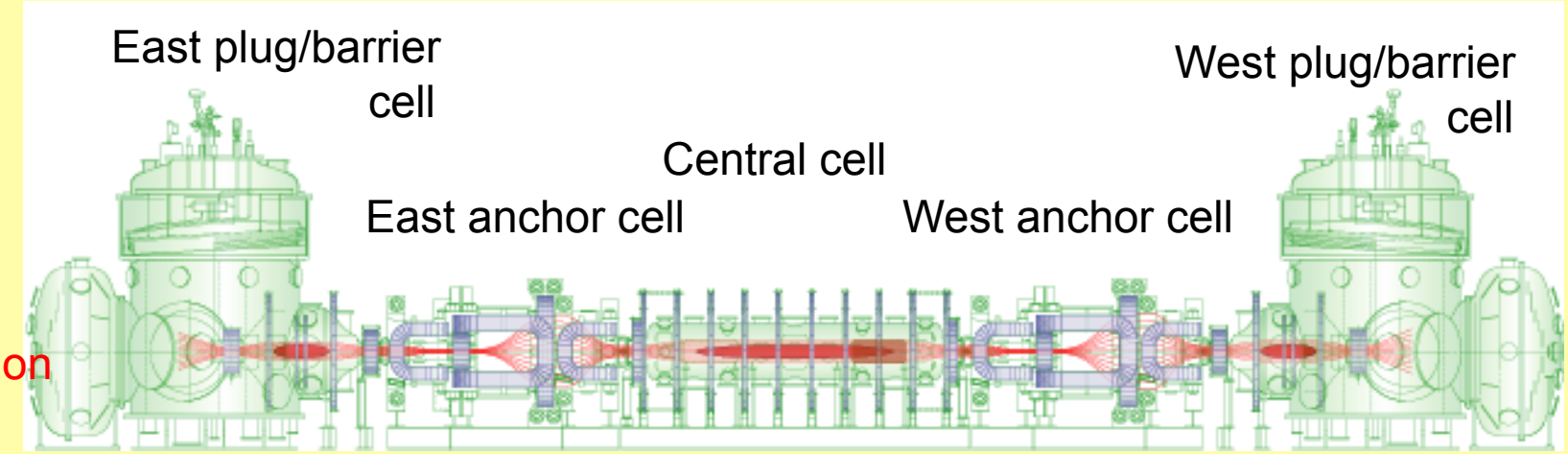
$$M_i = M_c\sqrt{(\ln(j_1/j_3))^2 + (\ln(j_4/j_2))^2}$$

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

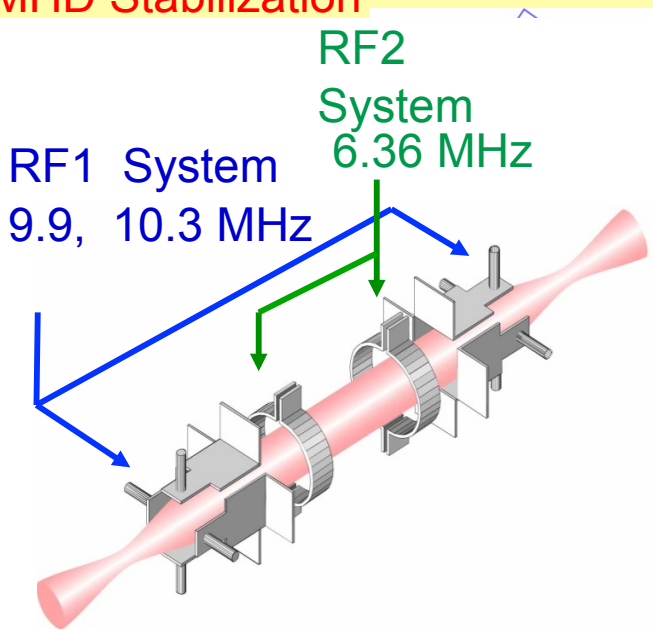
4端子型 Mach probe　による計測

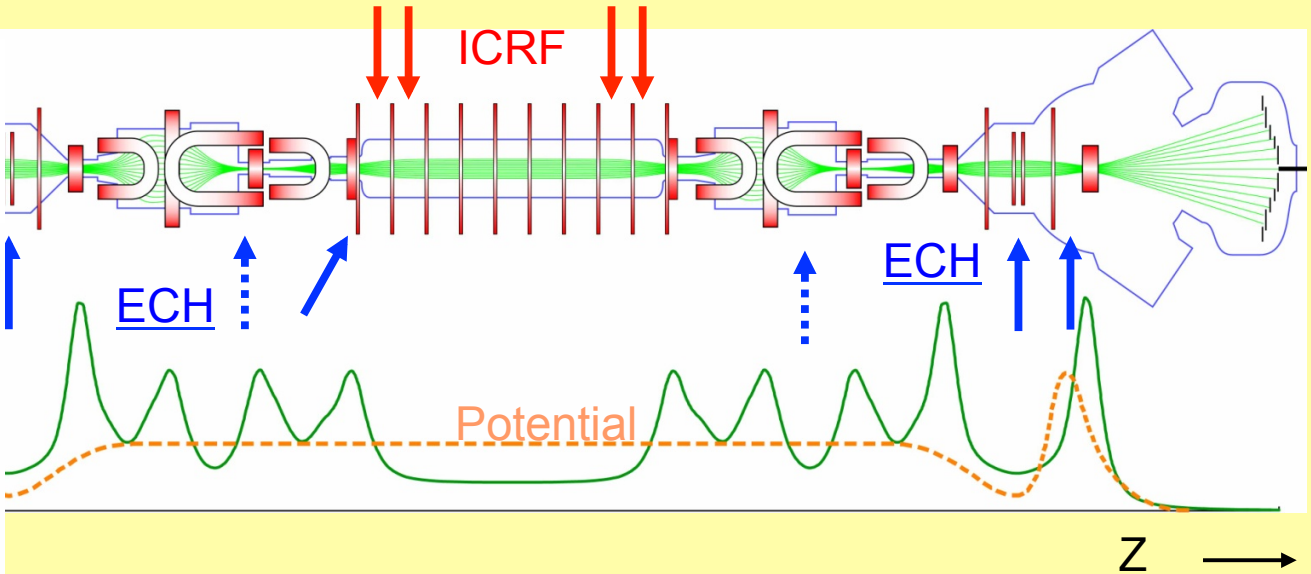
捕集面を4方向に設置することで、<u>プローブを回転させることなく</u>、
マッハ数と流れ方向の ***同時計測が可能***

GAMMA10におけるICRF＋ECRH加熱

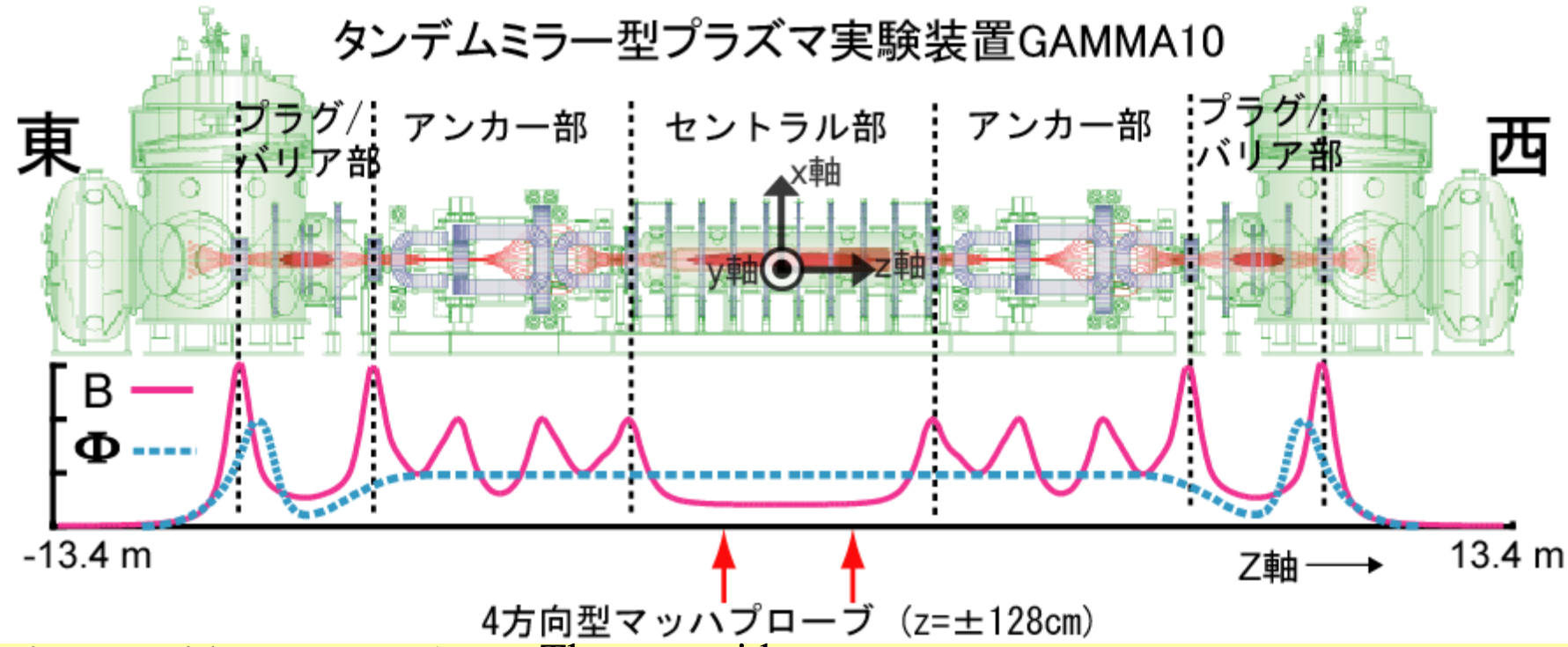


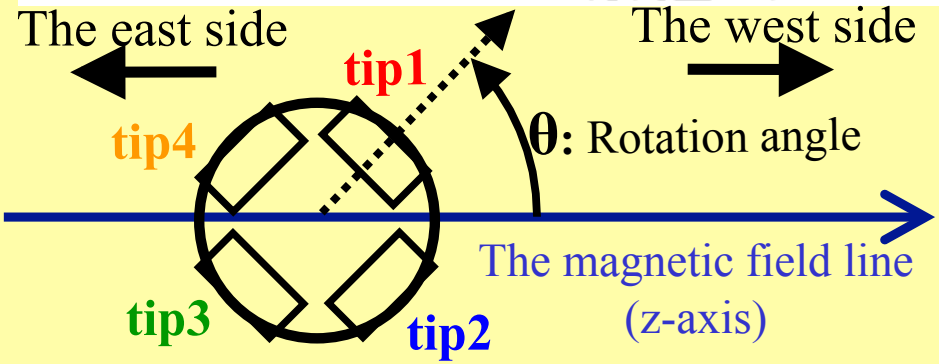
ICRF:
Plasma Production
Ion Heating
MHD Stabilization





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

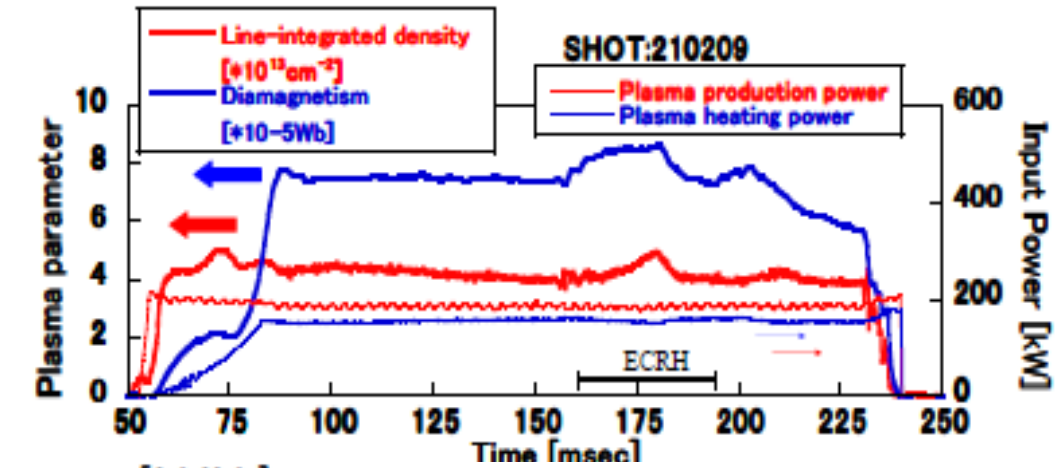
研究課題と目的

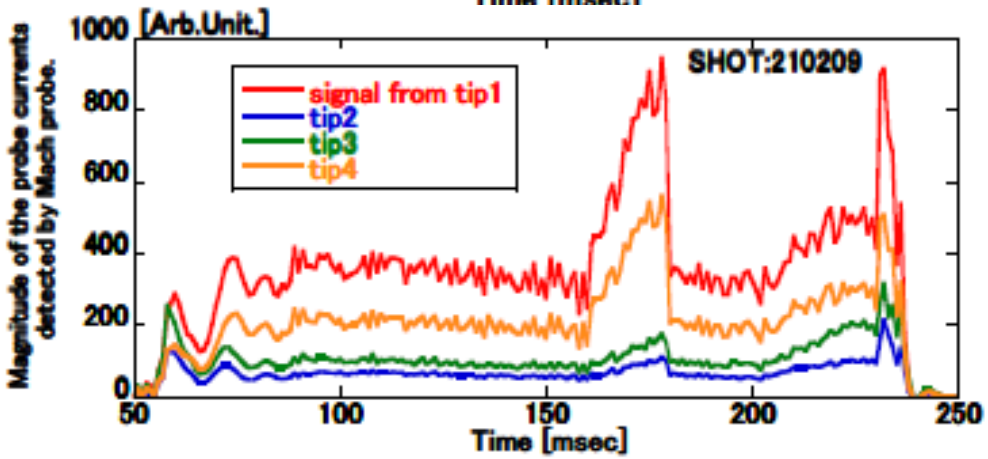
周辺領域(リミター近傍)での流れ場の計測

- 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

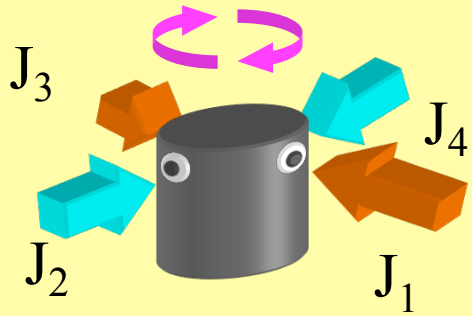
GAMMA10における4端子マッハプローブ計測

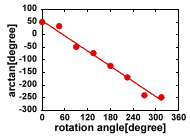
ICRF＋ECH(plug/barrier)時の放電波形





プローブを回転させて
流れ方向を計測



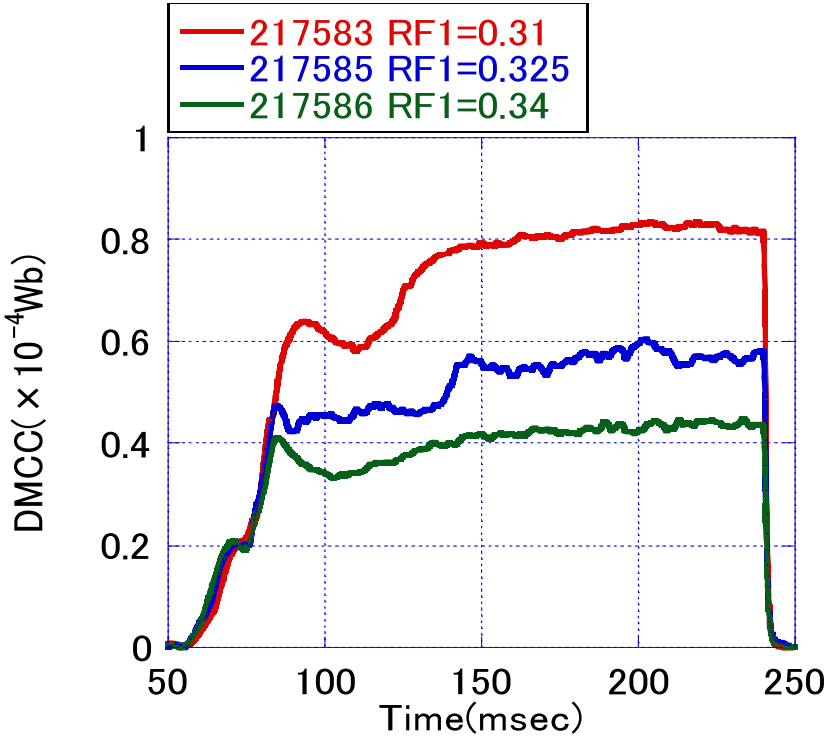


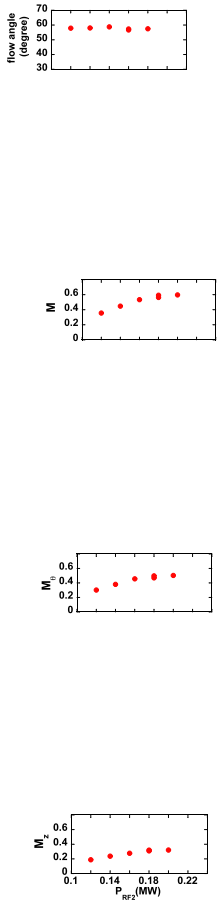
プローブ回転角
＋計測角度
= 60 deg

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=18cm

ICRF＋ECH(plug/barrier)

ECH印加により

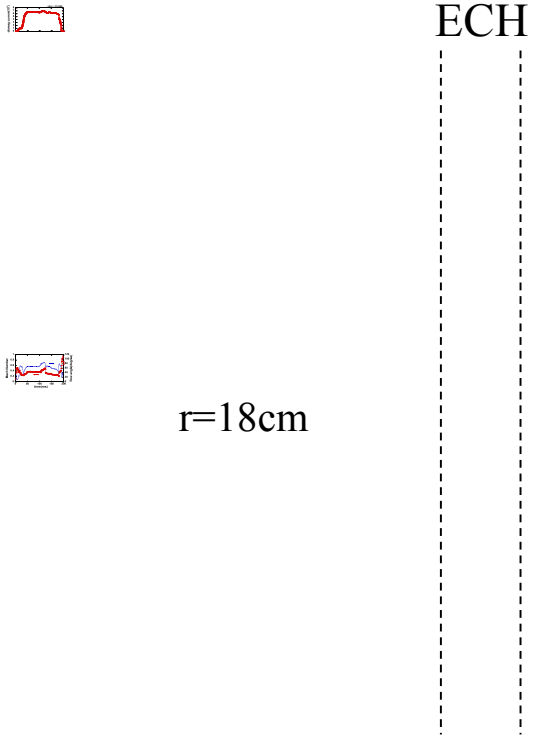
マッハ数が上昇
流れ方向角も増加

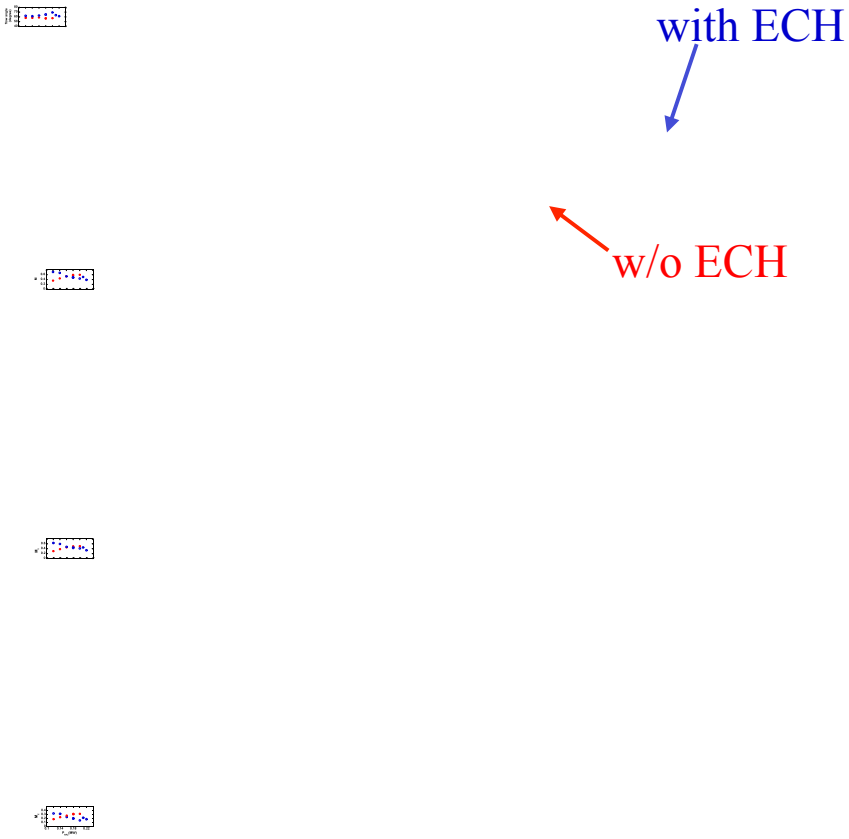
周方向回転流上昇
軸方向流減少

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)



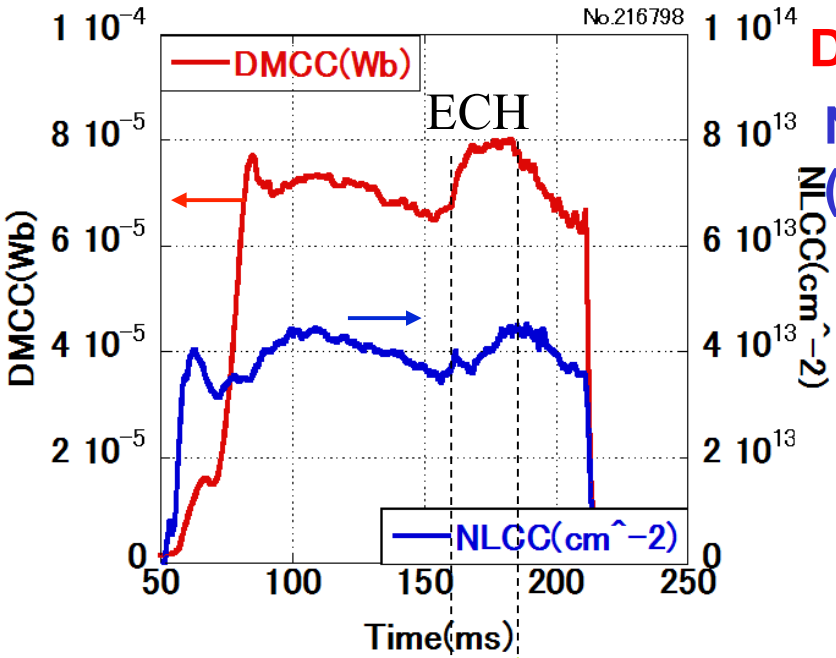


ECH印加により回転角は増加。

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)

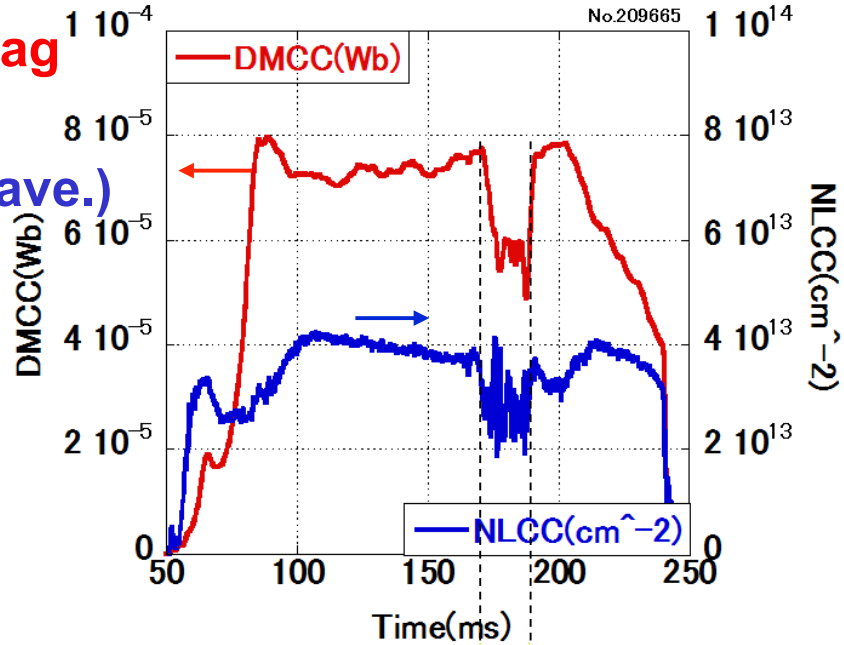
揺動計測との比較

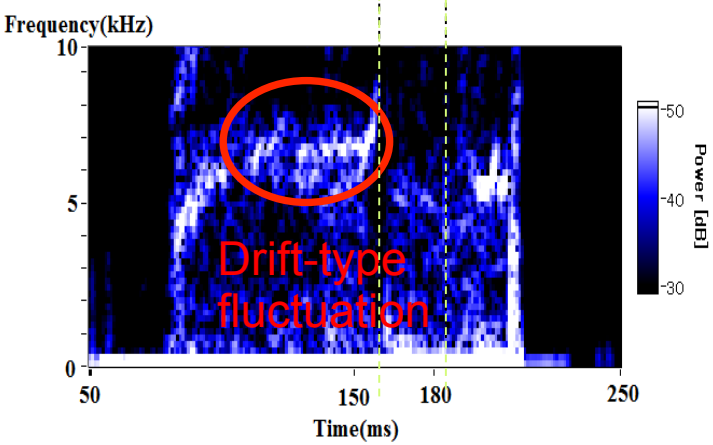


Dia.mag

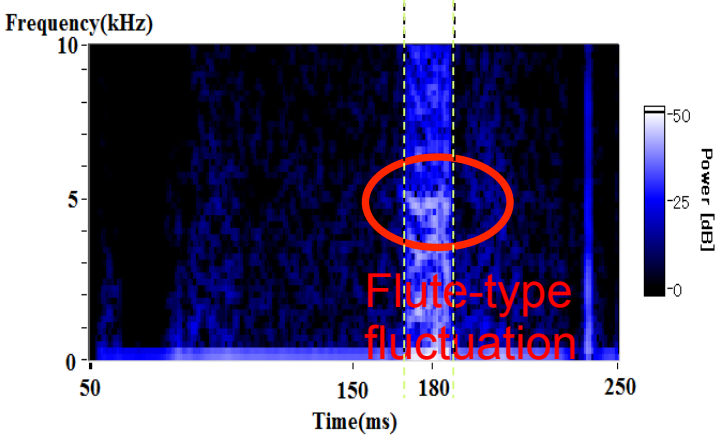
Ne

(line ave.)





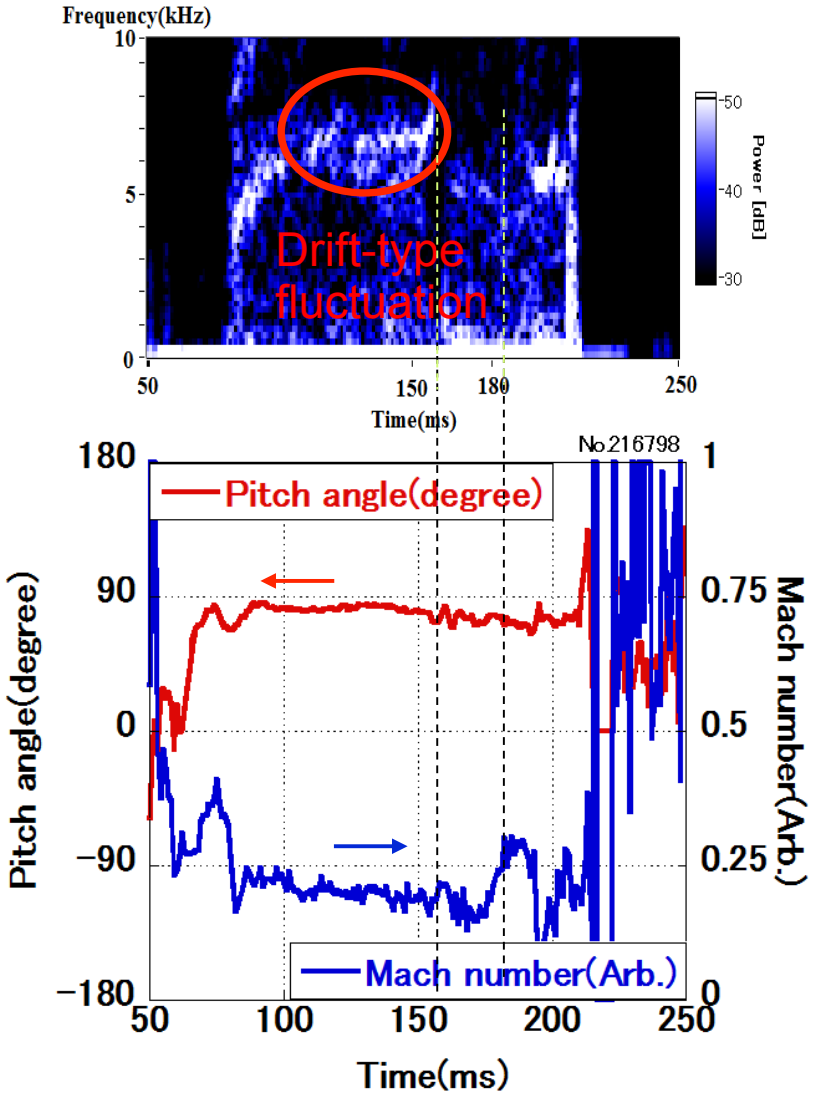
Drift-type fluctuation



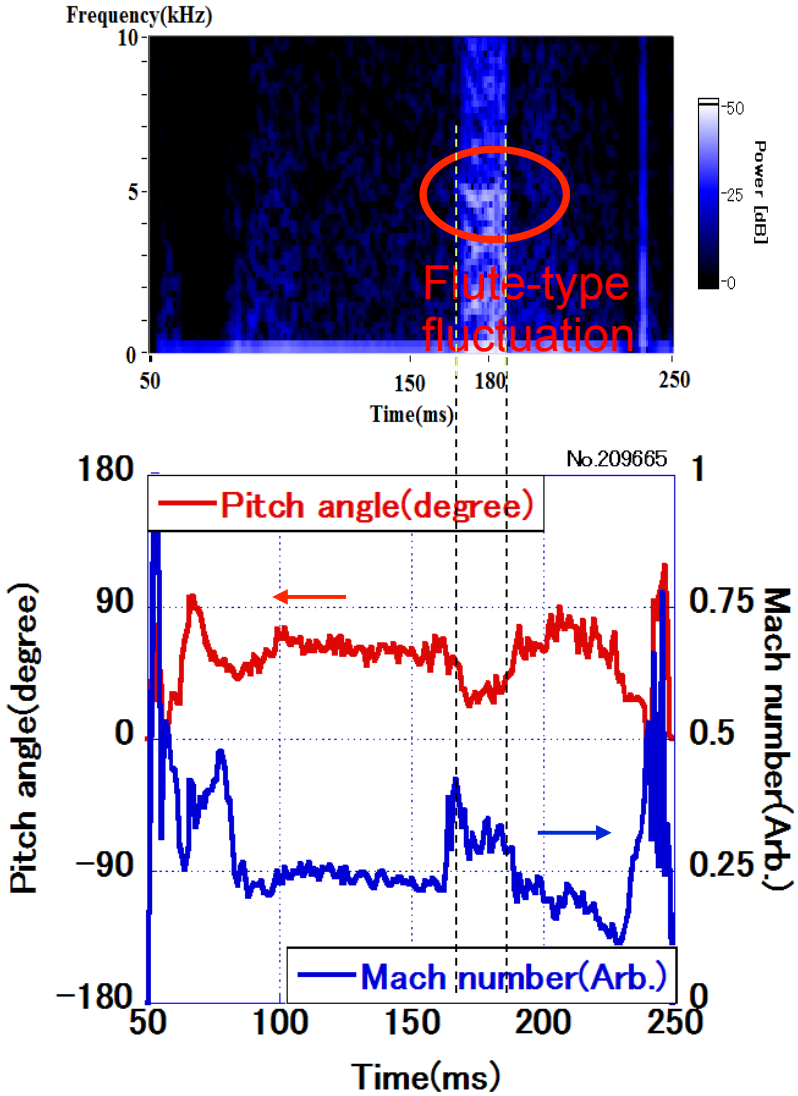
Flute-type fluctuation

揺動計測との比較

ICRF＋ECH(plug/barrier)



Drift-type fluctuation



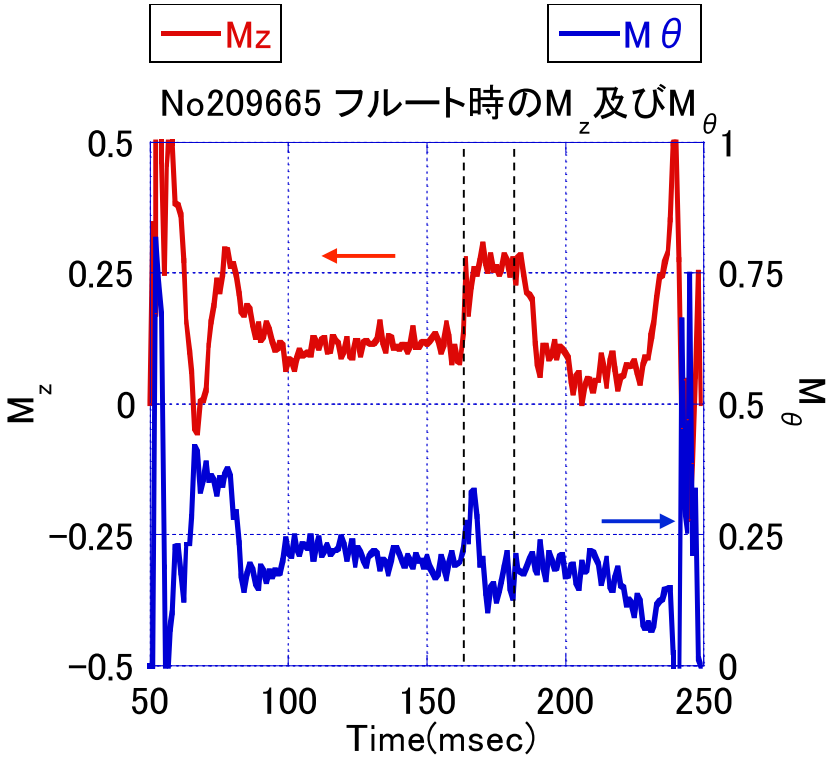
Flute-type fluctuation

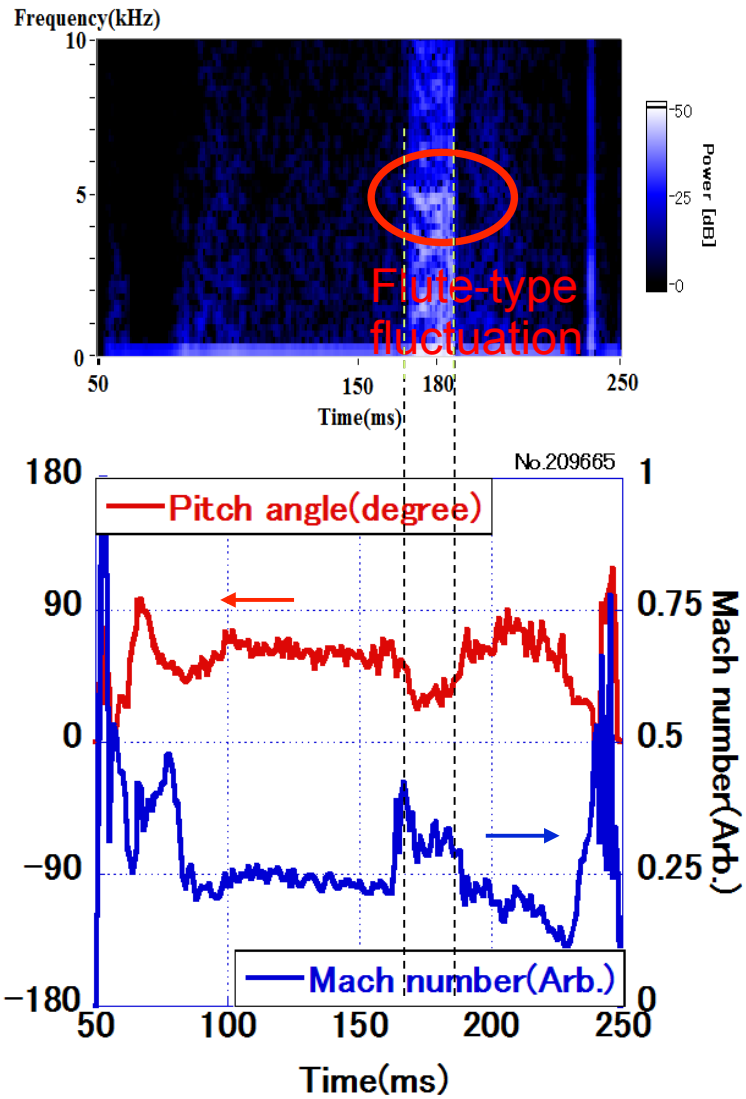
フルート型不安定時の周辺流変化

ICRF＋ECH(plug/barrier)

Flute-type fluctuation

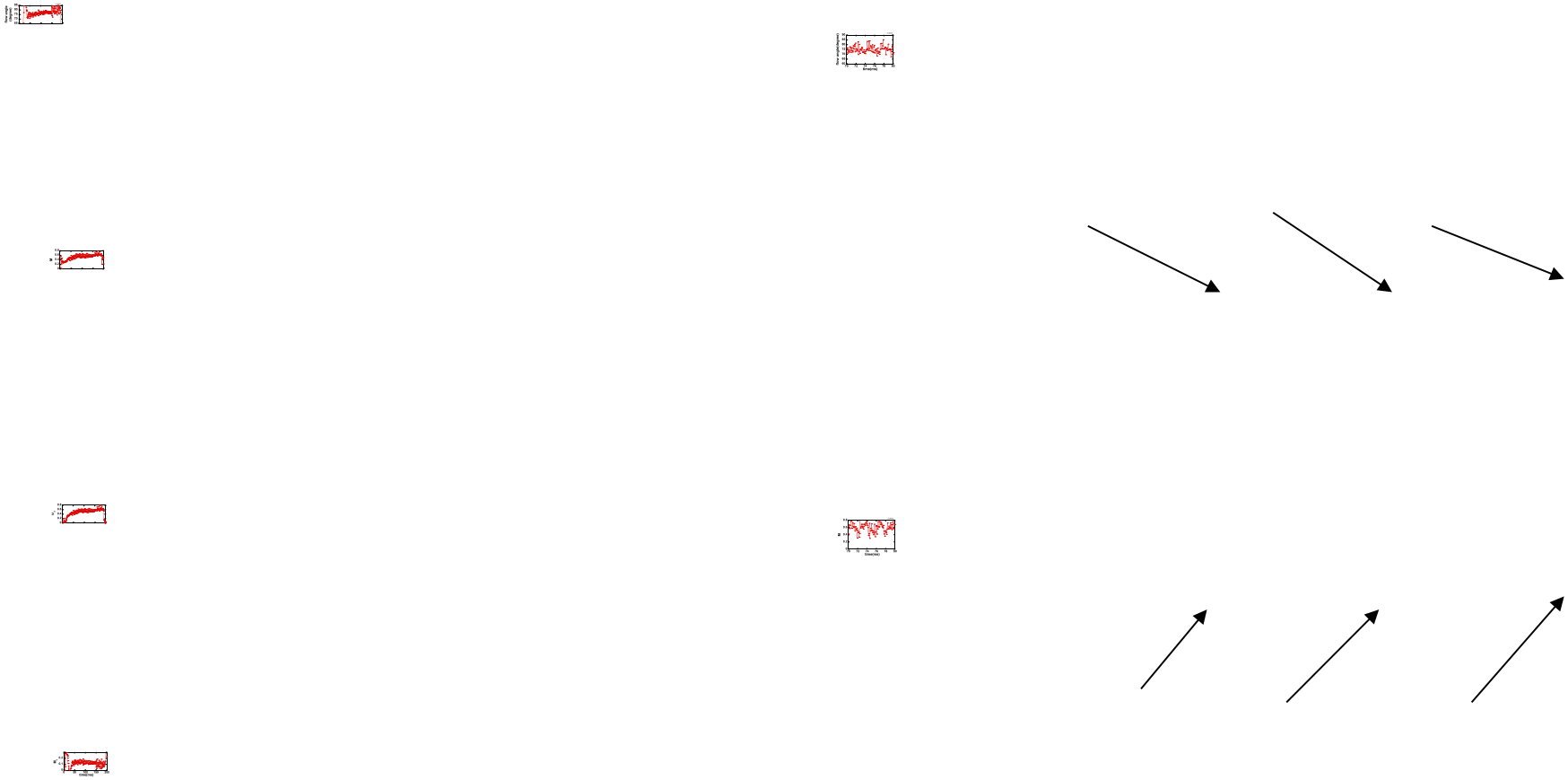
軸方向流の増加





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（ExB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。

ーー＞周辺部の揺動計測、分光計測との比較が必要