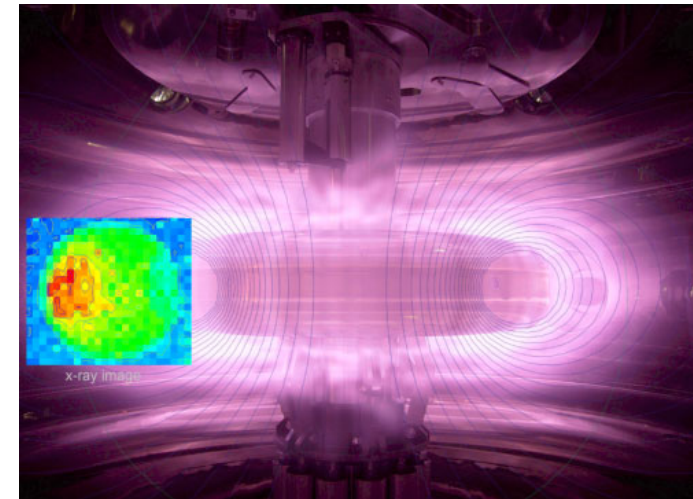
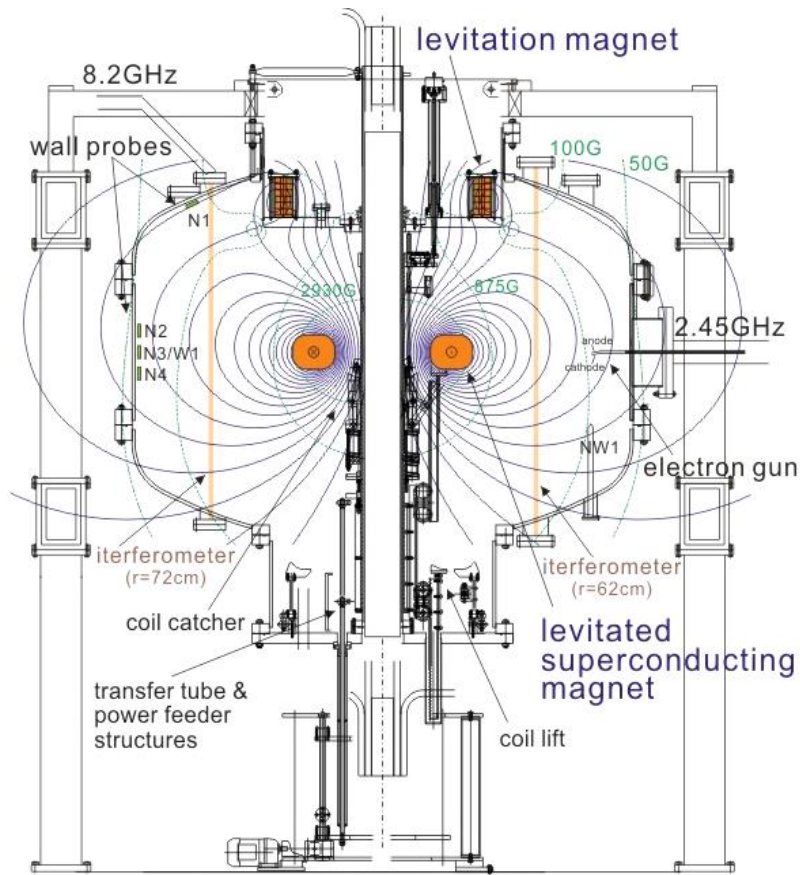


磁気圏型配位RT-1でコイル着地運転時に 観測される磁場揺動の特性

東大新領域, 核融合研^A 齋藤晴彦, 西浦正樹^A, 森敬洋, 上田研二, 仲川涼介

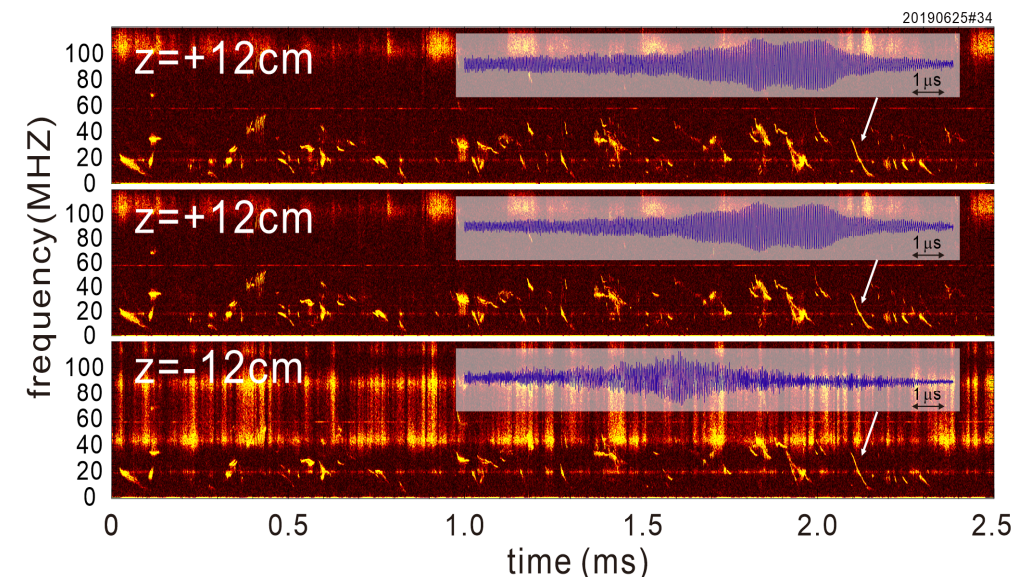
1. はじめに: RT-1で観測される高周波揺動
2. 超伝導コイルの着地運転で出現する新しい種類の揺動
3. 揺動の伝搬方向等のパラメータと以前の他の揺動との関係
4. プラズマ中の高温電子成分計測の初期結果
5. まとめと今後の課題

背景: RT-1の高温電子プラズマでは, 内向き輸送を駆動する低周波揺動以外にも, 電子サイクロtron周波数付近の揺動が観測される



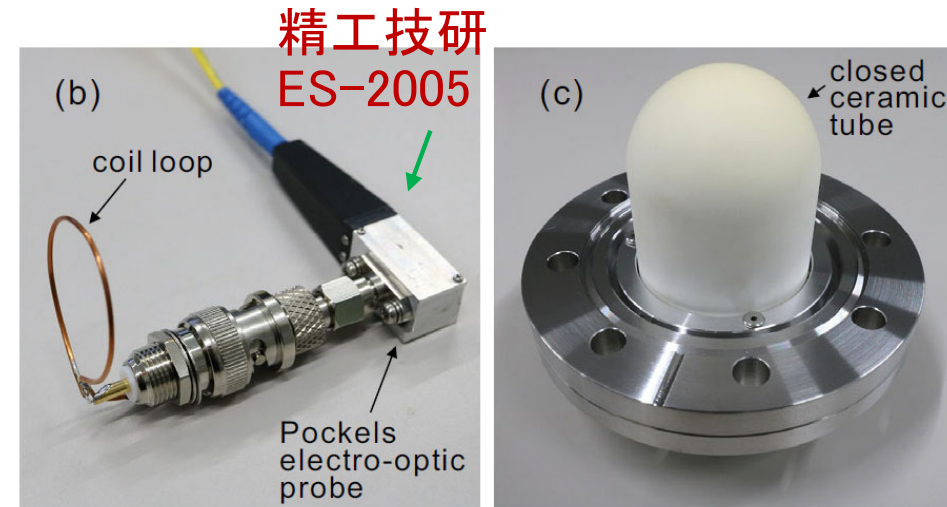
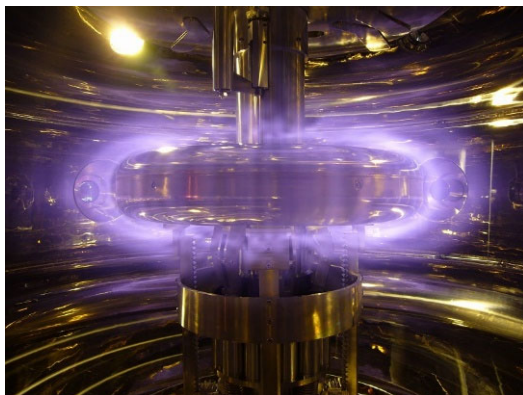
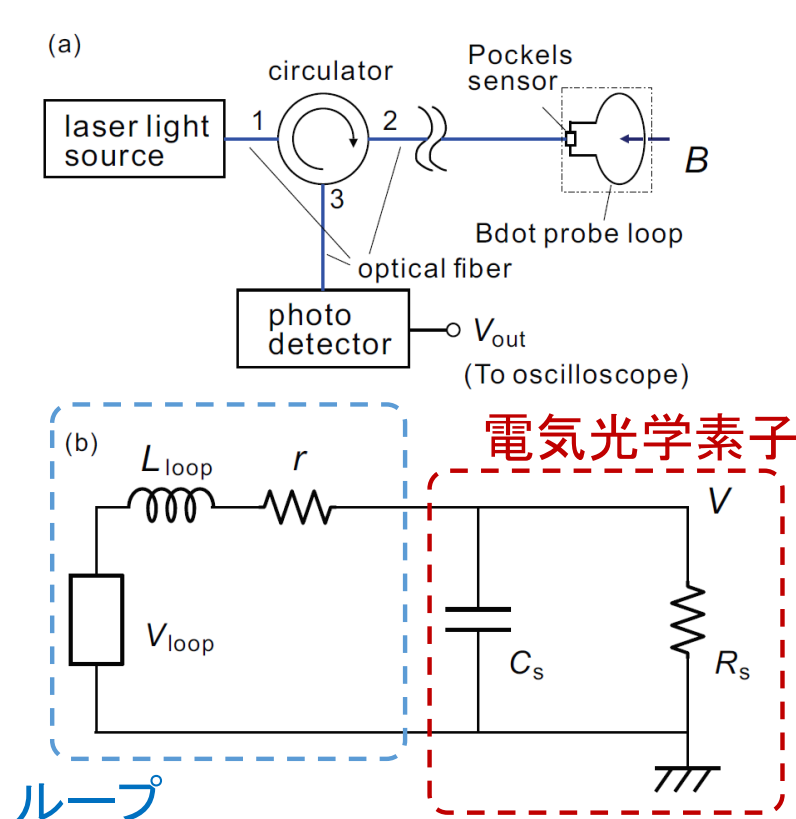
高温電子(10keV以上)による高 β 状態

- 「惑星磁気圏型」ダイポール磁場配位
- 高温超伝導コイルの磁気浮上
- Local $\beta \sim 100\%$, $n_e \sim 10^{17} \text{ m}^{-3}$
- 揺動現象(低周波, 高周波)

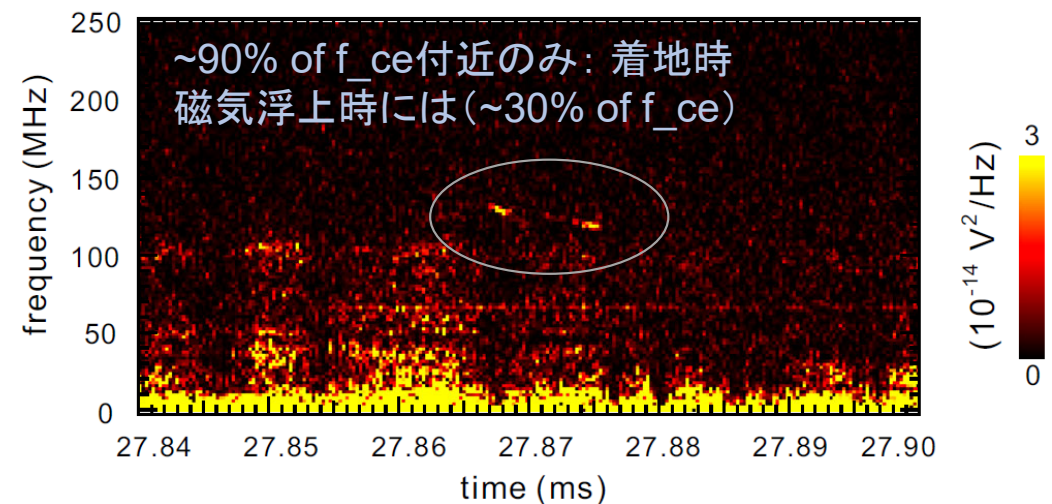


ホイッスラー波の自発励起($f_{ce} \sim 140 \text{ MHz}$)
これまで主に磁気浮上時のプラズマで観測

コイル着地運転時, より高い周波数帯に稀に発生する揺動が存在 (ポッケルスセンサを用いた磁気プローブ計測による)



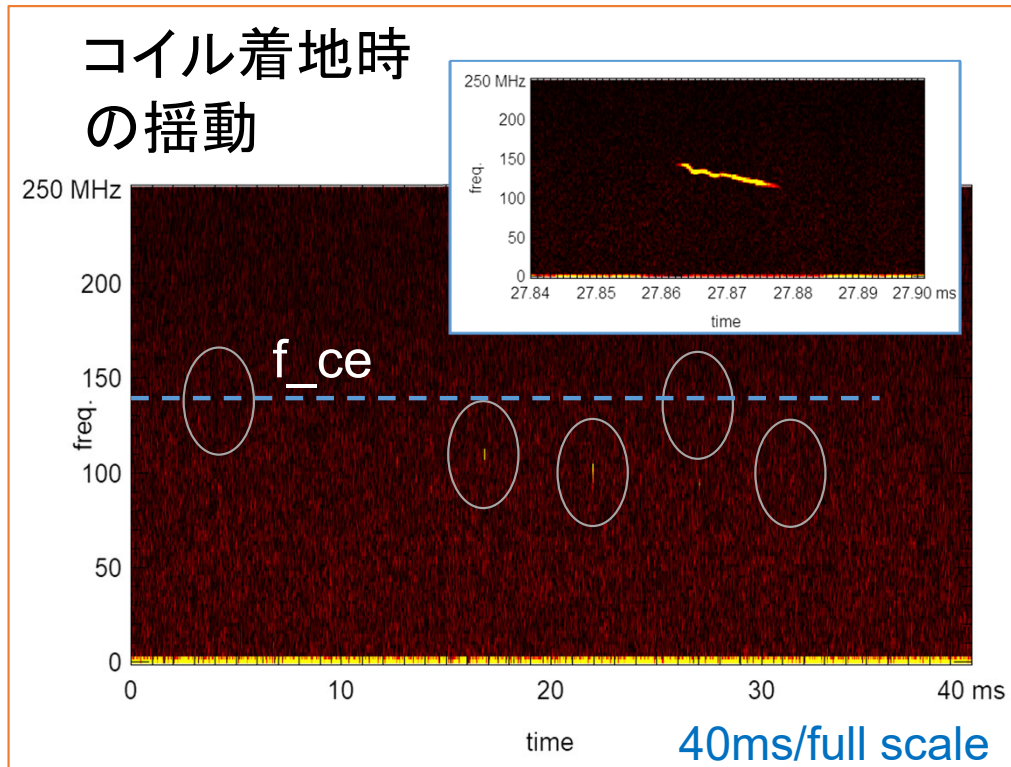
同軸構造による静電シールドを持つ磁気プローブの構造と, セラミック保護管内部に配置したプローブの外観.



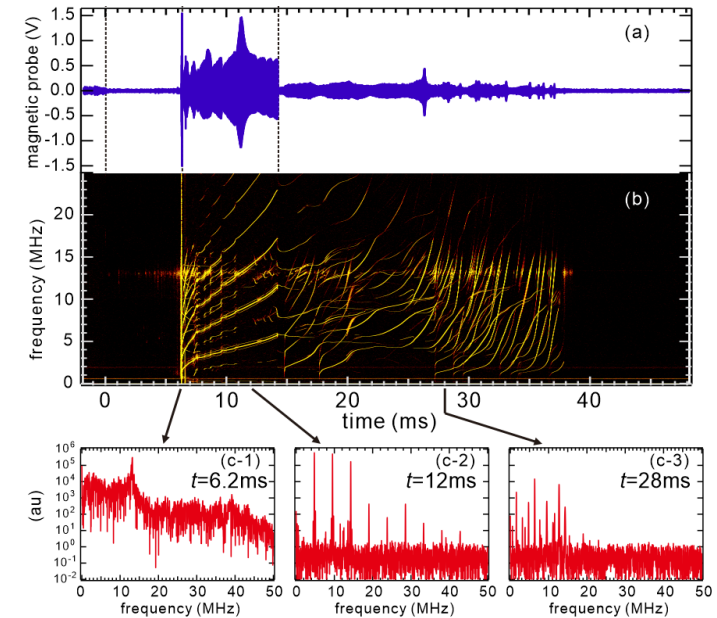
電気光学センサを利用した磁場計測:
通常のコーラスより高い130MHz付近に揺動

➡ コイル着地時に限る出現する100MHz付近の揺動の種類, 特性を明らかに

コイル着地状態に出現する揺動の特徴と, これまでRT-1で観測されている他の種類の高周波の揺動モードとの比較

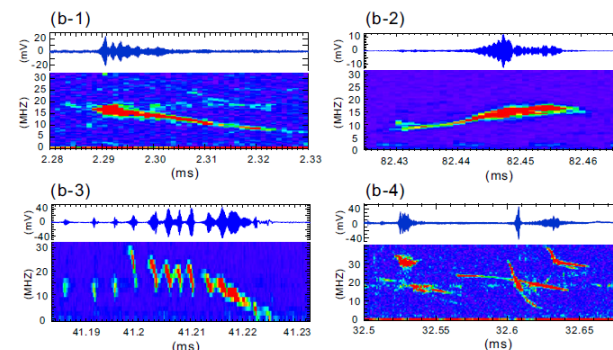
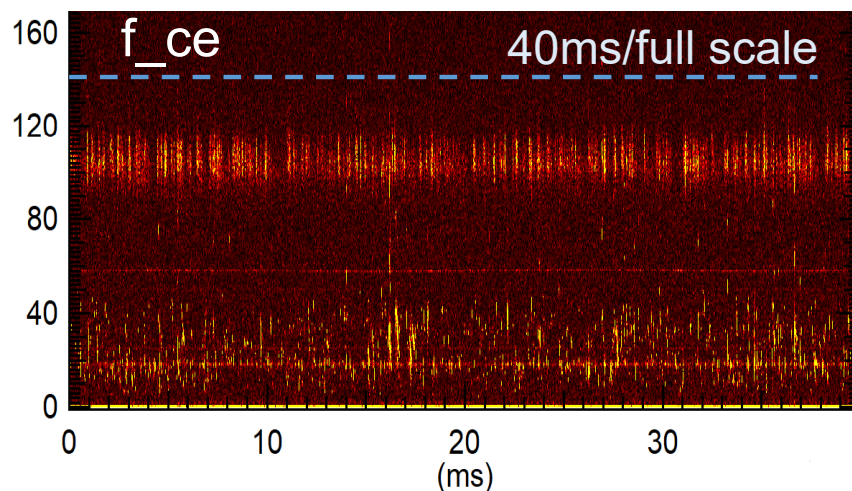


Hot electron interchange mode



トロイダル方向に伝搬, フルート状構造

・ホイッスラー(コイル浮上)



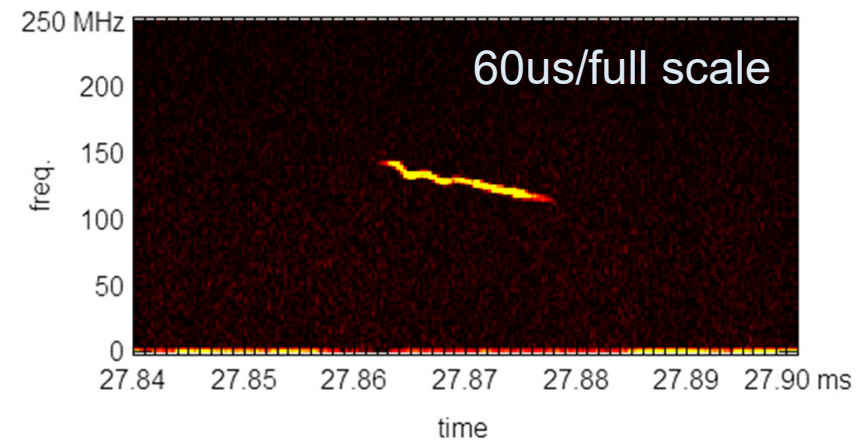
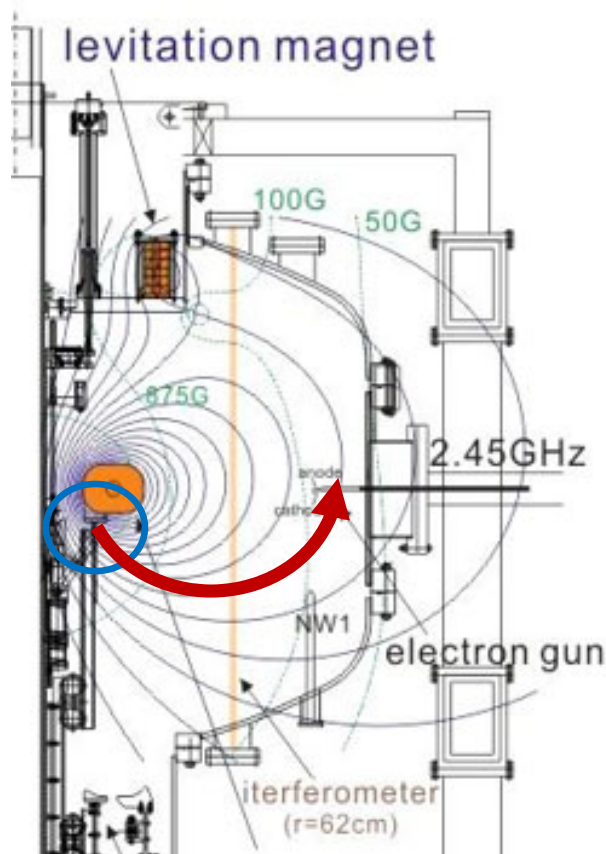
磁力線に沿って伝搬, 複雑なチャープを示す

周波数変調は、分散による遅れではなく非線形成長であること

- 出現周波数帯が異なるコイル着地状態の波は、既存の交換型やホイッスラーの一種か、あるいは新しい波か、を明らかにすることが必要.

出現頻度は低いが揺動振幅は大きい、高温電子計測の可能性(着地状態)

- 装置自体の境界条件(プラズマ内部のコイル支持構造により発生した擾乱が分散によりチャープを起こすなど)による挙動ではないこと



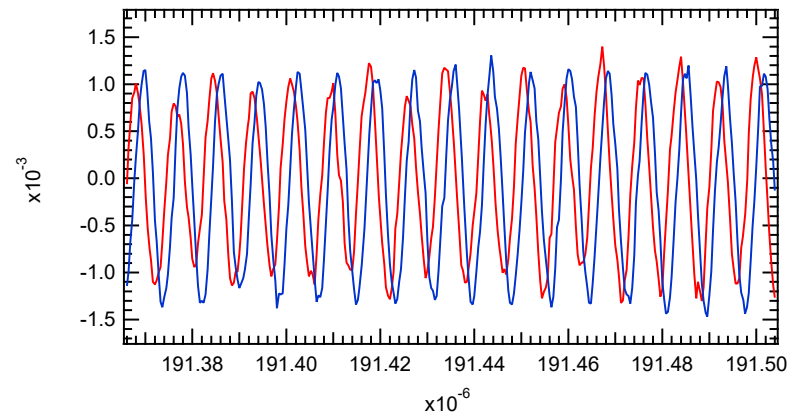
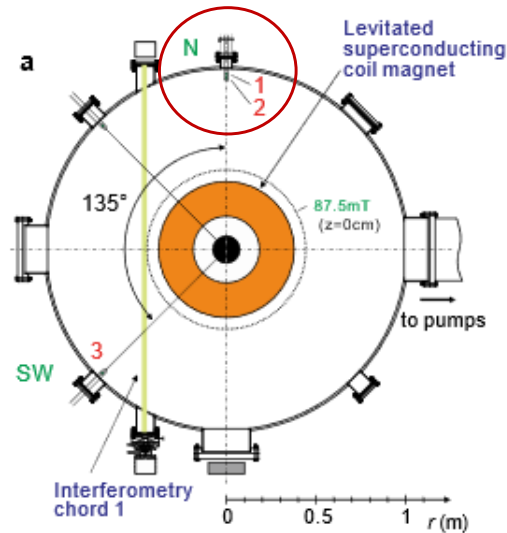
Eckersley-law

- 分散による遅れスケールは $\sim 0.01\mu\text{s} \ll 10\mu\text{s}$
- コイル支持構造位置の影響は明確に見えない

➡ 分散ではなく、揺動自体の非線形成長による

位相差がホイッスラーの傾向と一致することと電子温度の非等方性について

- 磁力線方向に位相速度を持ち，分散関係はR波と矛盾しない傾向



コイル着地時の波はホイッスラーであり，
状態の違いにより現れる周波数領域が異なる

- コイル着地時と浮上時の温度非等方性について

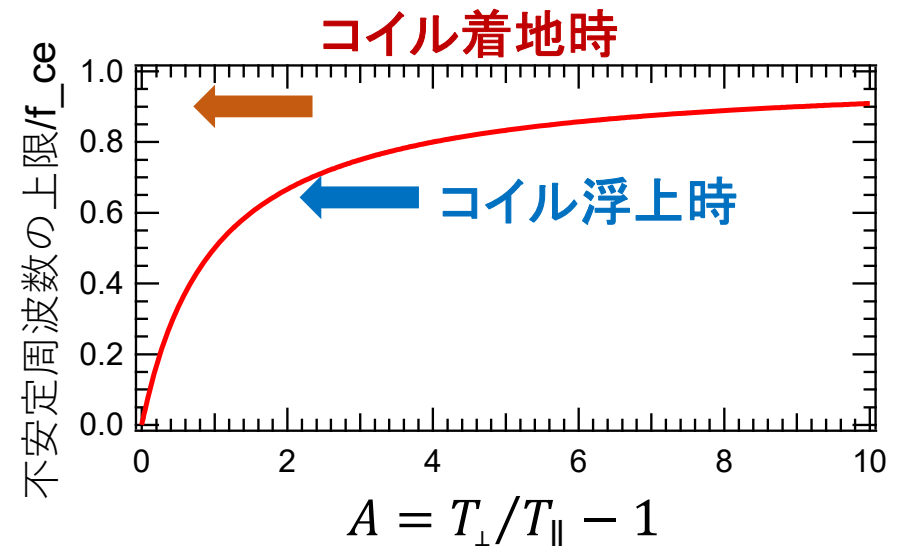
ホイッスラーの分散関係(線形の範囲)

$$\omega_r \simeq k^2 c^2 \frac{\Omega_p}{\omega_p^2} \left[1 + \left(\frac{T_{\perp e}}{T_{\parallel e}} - 1 \right) \frac{\beta_e}{2} \right] \quad 1966 \text{ Kennel Petschek}$$

$f < f_{ce} A / (A + 1)$: 不安定な周波数領域

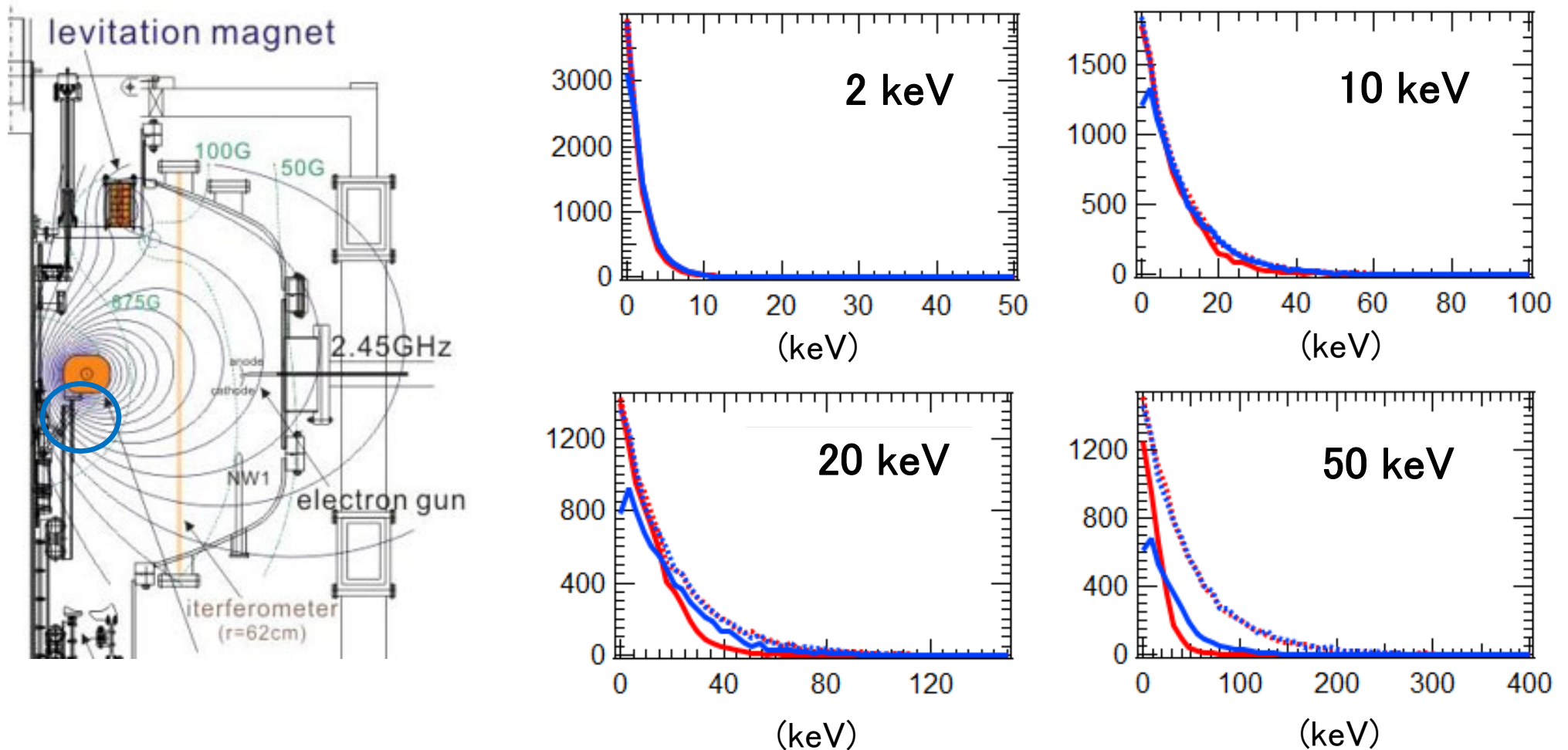
$$A = T_{\perp} / T_{\parallel} - 1$$

出現する周波数領域の差異は，コイル着地時には
浮上状態より温度非等方性が強いことを示している



出現する周波数領域から予測される電子温度非等方性について

- コイル磁気浮上の場合と着地の場合にRT-1で閉じ込め可能な粒子のエネルギー分布



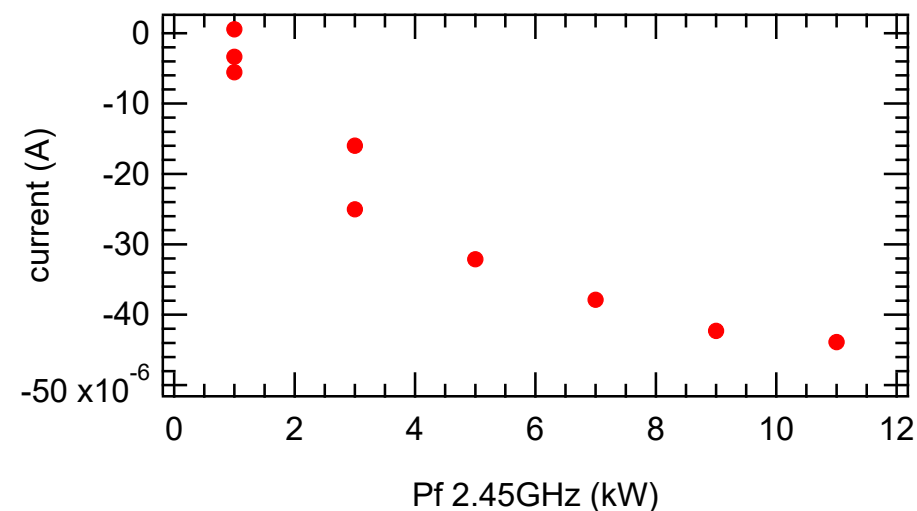
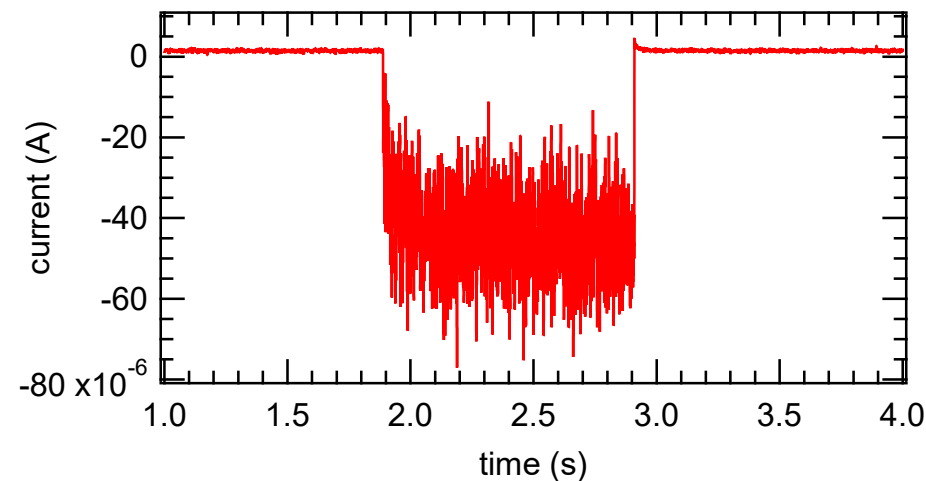
コイル着地時には平行方向に大きなエネルギーを持つ電子が選択的に失われ、
温度非等方性 $A = T_{\perp}/T_{\parallel} - 1$ が強まる傾向が見られる

- 電子温度の磁場平行/垂直成分の計測

背景磁場中で2keV程度以上の電子のみ
が電極に到達可能な構造を持つ
Faraday cupを導入



過度の赤熱や、レーザー位置センサ
の誤動作は発生しないことを確認



電子側の電流信号(ECHパワーに
対する依存性を示す)を検出

まとめと今後の課題

- RT-1でコイル着地時に出現される高周波(f_{ce} 程度)の揺動の計測.
- ホイッスラーが浮上状態とは異なる周波数領域で励起されている.
- 出現する周波数帯はコイル磁気浮上時よりも高く, 高温電子の持つ温度非等方性が, コイル着地時の方が大きいことを示している.
- 粒子軌道追跡によれば, コイル着地による支持構造がプラズマ内にある場合, 磁場と平行方向に高いエネルギーを持つ粒子が選択的に失われ, 非等方性が高まる傾向があり, 実験結果と矛盾しない.
- 背景磁場を利用した電子のエネルギー分析について,
 - 浮上運転に影響を与えることなく導入可能であること
 - 高エネルギー電子を分離して計測した.
- 垂直/平行方向の電子温度計測が今後の課題.

