

## VIII. プラズマ

### VIII.1 ガンマ10グループ

教授	玉野輝男、谷津潔
助教授	石井亀男、北條仁士、斉藤輝雄、長照二
講師	板倉昭慶、山口直洋、長山好夫、中嶋洋輔、平田真史
助手	立松芳典
技術主任	平田久子
技術専門職員	大川和夫
大学院生	(19名)

#### 共同研究者

助教授	間瀬 淳、際本泰士、市村 真 (以上、物理工学系)
講師	片沼伊佐夫 (物理工学系)
技術専門職員	杉山昭彦、和所保規、伊藤康彦、遠藤洋一
大学院生	(5名)

### [1] 序論

物理学系ガンマ10グループは、プラズマ研究センターにおいて、プラズマ研究センター所属の物理工学系メンバーと共同して、世界最大のタンデムミラー「ガンマ10」を中心に、実験・理論一体となった研究を行った。途中、平成6年10月から長山好夫講師が文部省核融合科学研究所助教授として転出したが、引き続き学外共同研究者として研究に参加した。

第一の研究課題は、昨年度に引き続き、高周波によるイオン磁気共鳴加熱とサーマルバリア(熱障壁)電位による電子閉じ込め改善に基づく高温イオンモードであるが、イオン温度の高周波パワーやミラー磁場への依存性が詳しく調べられた。また、重水素/水素混合プラズマにおける中性子発生が熱核融合反応に因るものであることを検証した。

第二の研究課題は、プラズマ電位生成と閉じ込めの関連である。プラグ/サーマルバリア電位の生成は、ミラーの端から漏れ出るプラズマ粒子を抑制する働きと同時に、MHD安定性や径方向損失にも影響を及ぼす。この考察はまだ完了していないが、計測や理論が充実してくるに伴い、色々な現象が明かとなってきている。

第三の研究課題は、端損失エネルギーの制御である。エネルギーの大部分は電子が運ぶので、端損失電子の制御が問題となる。この制御に関連して、エンドプレートにバイアス電位を印加する方法やサーマルダイクと呼ばれる方法で二次電子流入を防ぐ試みがなされ、磁場に添った電位形成の様子が研究された。

この他、タンデムミラーの研究に関連していくつかの計測法の開発が行われ、プラズマ計測一般への貢献があり、プラズマ関連現象研究の新しい進展に寄与した。

今年度の一つの特長は、国際原子力機関（IAEA）主催の国際会議での報告に加えて、三つの主要な国際会議において招待講演を行い、ガンマ10グループの研究成果が広範囲の研究者の間に知られ、論議されたことである。

また、コンピュータによるデータ処理機構が整備され、コンピュータ・ネットワークを利用したガンマ10共同研究参加が開始された。

以下、今年度のハイライトといくつかの研究の進行状況を報告する。

## 〔2〕高温イオンモードの研究

### （1）高温イオンモードの生成

近年のクライオポンプ／クライオパネルの整備によるガンマ10装置本体の真空度改善、及び、放電洗浄による真空容器内壁の浄化により、プラズマ放電中の中性ガス濃度が著しく改善された。また、電位閉じ込め効果による電子温度の上昇も見られ、この結果、プラズマ中心部におけるイオンエネルギーの主要損失機構が、中性ガスとの荷電交換機構でないプラズマが得られるようになった。

特に、イオン温度が電子温度よりもずっと高くなると、イオンエネルギーの主要損失機構は、イオンの電子との衝突になる。このモードを高温イオンモードと呼び、高周波によるイオン磁気共鳴加熱を用いた実験では、このモードが達成されるようになった。具体的には、高温イオンモードの条件は、次の様に表される：

$$\frac{T_i}{T_e} > \left( \frac{m_i}{m_e} \right)^{\frac{1}{3}} \approx 12.$$

ここで  $T_i$ ,  $T_e$  と  $m_i$ ,  $m_e$  は夫々イオンと電子の温度及び質量である。高周波イオン磁気共鳴加熱されたプラズマは、通常電子温度が100電子ボルト程度であり、イオン温度が数キロ電子ボルトを越えると、この条件は十分に満たされる。

また、このときのイオン・イオン散乱時間が、電子によるイオン散乱時間よりも長くなるので、ミラー中央部に補足されたイオンは、電子にエネルギーを渡して低温になるまでロスコーンに陥って損失することはない。イオンがエネルギーを電子に受け渡す時間は電子温度の3/2乗に比例するので、電子の電位閉じ込めが大切となる。ガンマ10の実験では、プラズマ中心部でのイオンエネルギー損失は、荷電交換による損失を除いた残りの82%のイオンエネルギーが、電子によって中央閉じ込め部より運び去られるという結果が得られている。

イオン温度を高周波加熱のパワーの関数として調べる実験が行われた。この場合、プラズマの密度はほとんど変わらず、電子温度は遥に低いので、イオン温度は観測されたプラズマの反磁性圧力（Diamagnetic Pressure）にほぼ比例する。図1にこの様子を示す。反磁性量はアンテナから放射された高周波パワーにほぼ比例して増大する。ミラー中央部の磁場を変えた実験結果によると、反磁性量は中央部の磁場の値によらず、大体高周

波パワーの関数として決まる。反磁性量はプラズマの圧力と磁場の大きさの比であるので、磁場が最大ときに最大のプラズマ圧、即ち、最高のイオン温度を得、10 keVを越えるイオン温度が観測された。また、プラズマベータ値(プラズマの圧力と磁気圧の比)は、磁場が最小のとき最大となり5%に及んだ。

反磁性量の最大値を決めている原因の追及が行われた。まだ全てが解明されたわけではないが、反磁性量の増大に伴って、プラズマ中心部へのイオン磁気共鳴波の伝搬が減少する傾向にあることが、マイクロ波散乱の測定から観測された。

反磁性による磁場の減少は僅か数%であるが、イオン磁気共鳴領域近傍では、波の磁場方向の波数が磁場に大変敏感であるので、波がプラズマ中央部に伝搬しにくくなる等の可能性が検討されている。

## (2) 高温イオンモードの閉じ込め

ガンマ10中央ミラー部における中心付近プラズマのエネルギー閉じ込め時間は、磁場に沿っての電位によるエネルギー閉じ込め時間とほぼ一致する。このことから、磁場を横切ったエネルギー閉じ込め時間は、磁場に沿ったエネルギー閉じ込め時間よりもかなり長いと推測される。この径方向閉じ込め時間の下限をボーム時間単位で計ると少なくとも1000乃至2000には達している。

これを色々なトカマク、ステラレータやRFPと比較した様子が図2に示されている。ガンマ10の推測値は、良い閉じ込めのトカマクと少なくとも同程度であることがわかる。ボーム時間による比較は、プラズマ揺動に起因する損失の程度を表すと考えられるが、最近のトカマクでは、閉じ込め時間がボーム則又はジャイロボーム則となる傾向があるので、この比較が大切な意味をもつ可能性が十分にある。

このように径方向の閉じ込めが良い理由として、電場によるプラズマ揺動の抑制が考えられる。プラズマ揺動を、後述のマイクロ波反射計を用いて測定し、また、エンド・プレート電位を変えることにより、プラズマの電位を変化させて、プラズマ揺動とプラズマ電位との相関を調べた。結果は図3に示されている。プラズマ揺動は、プラズマ電位の正負に関係なく、電位の絶対値が大きいために減少する。このことから、プラズ

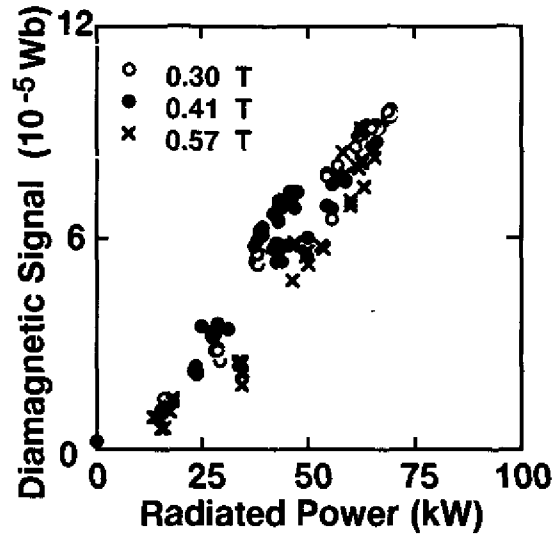


図1 反磁性量とRFアンテナからの放射パワー

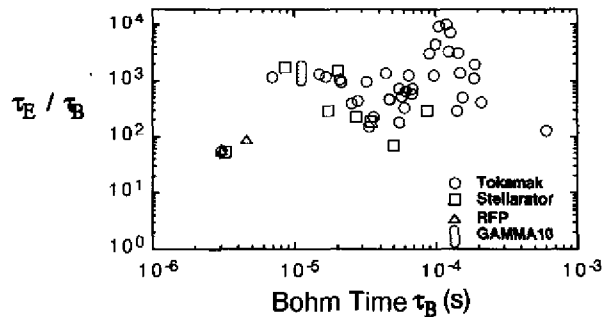


図2 各種装置の閉じ込め時間(ボーム時間単位)

マ中の径方向電場が引き起こす  $E \times B$  ドリフトのシアーによって揺動が抑制されると考えられる。これはトカマクにおける H モードに相当するが、タンデムミラーでは、磁場方向の閉じ込め電位を形成することにより、自動的に径方向電位が形成され、何時も "Hモード" の領域にあり閉じ込めが良くなる結果になっている。(図の矢印が通常のタンデムミラー動作領域を示す。)

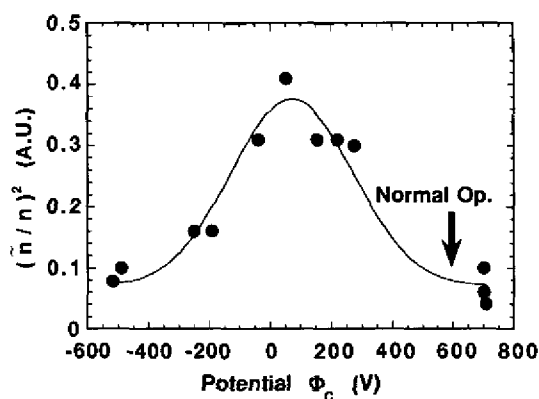


図3 相対プラズマ揺動とプラズマ電位の関係

### (3) 熱核融合反応中性子の検出

イオン温度が 10 keV に達すると、重水素 (D) を用いた場合、熱核融合反応による中性子発生の観測が期待できる。そこで、昨年度より水素 (H) に重水素を混合したプラズマの高周波加熱の実験を行い、中性子の検出に成功した。すべてを重水素にせず水素/重水素混合プラズマを用いる理由は、プラズマの MHD 安定性を確保するためで、ミラー中央部とアンカー部(極小磁場部)の双方で同時にイオン磁気共鳴加熱を行う必要があるが、不孝にして手持ちの高周波の周波数ではアンカー部で重水素磁気共鳴をおこすことが出来ないので、ミラー中央部では重水素磁気共鳴、アンカー部では水素磁気共鳴による加熱を行った。今年度は、プラズマ中の水素イオンと重水素イオンの比の分光測定、及び、検出器の詳細な校正実験を行い、実験で得られた中性子係数率の絶対的な評価が可能となった。その結果、水素/重水素混合プラズマの加熱実験で検出された中性子は D-D 熱核融合反応によって生じたものと結論できる。

中性子検出には  $\text{BF}_3$  カウンタを用いた。検出器の校正として、カリフォルニウム ( $^{252}\text{Cf}$ ) を中性子標準光源として用いた。 $^{252}\text{Cf}$  から放出される中性子のエネルギーは 2.5 MeV で、D-D 反応によって放出される中性子のエネルギーにほぼ等しい。

まず、検出器と線源の距離を変えて逆 2 乗則を確認し、得られた係数率と標準線源の中性子発生率を比較することで、検出器の効率を求めた。次に実験で用いるのと同じ条件にして、シグナルのとりこみの為のシステムに内在する中性子発生数に対する係数率の換算係数の校正を行った。

また、ガンマ 10 では、プラズマと中性子検出器の間に、磁場コイルや各種測定装置など中性子を遮蔽する可能性のある物体が存在するので、これによる係数率の減衰効果を評価する必要がある。ガンマ 10

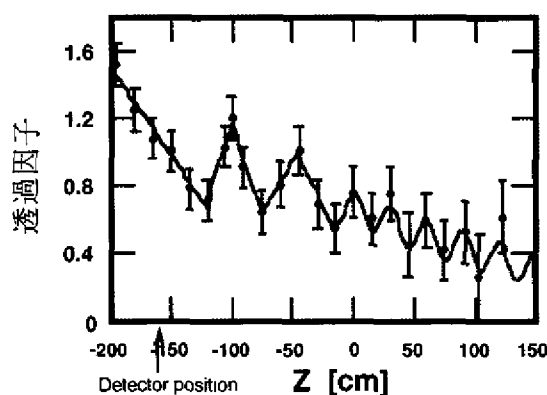


図4 線源の位置による計数率依存性

の真空容器内に標準線源を置き、軸上で位置を変えて検出器で受かる係数率を測定した。その結果を図4に示す。コイル等の遮蔽の効果は大きく、この効果を考慮して実験結果を評価する必要がある。

これらの校正実験により、実験で得られた係数率を絶対的に評価することが可能となり、実験結果が熱核反応に因るものであるかどうかを議論できる様になった。実験結果に基づいて重水素の空間分布を与え、D-D熱核反応が起こるとした時の中性子発生率を計算し、上記の校正実験による結果を用いて、プラズマ中央部の反磁性量に対して検出器で受かると予想される係数率を計算した。図5に実験と計算で得られた係数率を示す。両者は良く一致しており、実験で得られた中性子はD-Dの熱核反応に因るものと断定できる。

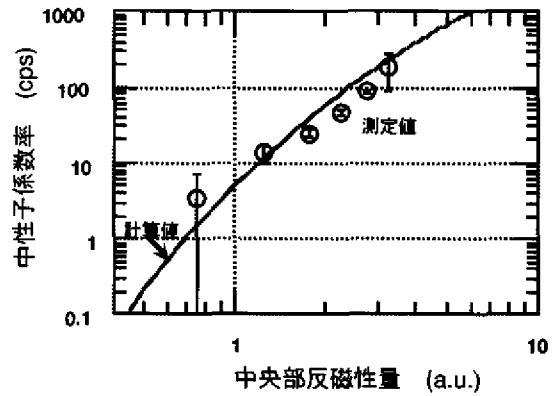


図5 中央部反磁性量に対する中性子計数率

### [3] 開放磁場中の電位形成と熱流制御

#### (1) はじめに

ガンマ10の両端部では、図6に示すように磁場強度が3 Tから0.01 Tまで減少し、磁束が大きく広がり最終的に端壁を貫く。この領域では磁場の減少に応じて急速に降下

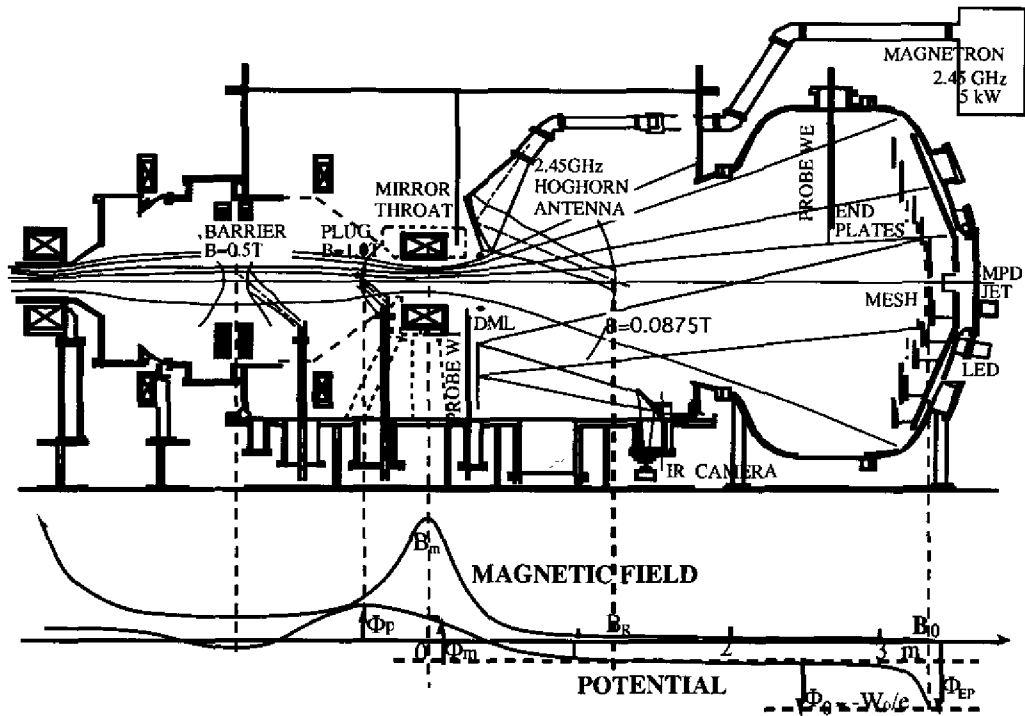


図6 ガンマ10端部の熱流実験配位と磁場及び電位の軸方向分布

する電位分布が形成され、プラズマの中性状態を維持している。これは必ずしも電子損失がイオン損失と等しいということではなく、ガンマ10端部では端損失イオン束より遥かに大量の高温電子束が観測されている。電子束の超過分は壁から放出される二次電子の還流で相殺されている。しかし、エネルギーは相殺されずに端壁に逃げる。この熱流の制御が二次電子の還流の制御を通じて行える可能性がある。冷たい電子の還流量が減ると、端壁表面の電位はそれまでより深くなり、一次電子の中で端壁に到達する前に静電的に反射される数が増える。結果として二次電子の減少分だけ一次電子の流出が減少し、電子による熱流も減少すると期待される。

プラズマ中の磁場に沿った輸送過程では、粒子輸送と電位分布の形成が密に結合している。特に、ガンマ10のような開放端磁場配位においてこの関係が明瞭に現れる。開放端部での熱流制御は、タンデムミラー全体の性能をも左右する基本的な課題でもある。

## (2) 実験配位

中央部のプラズマを維持し高温化するのは高周波加熱である。プラグ部で電子が加熱されると、中央部 ( $\Phi_C$ ) とバリア部 ( $\Phi_B$ ) の電位差が広がり、同時にエンドプレート電位 ( $\Phi_{EP}$ ) が深くなる。

ガンマ10において装置端部でプラズマに対向するのは SUS316 の円板を組み合わせたエンドプレートである。各プレートは浮遊電位にあり、1 keV 程度の一次電子と数 keV のイオンの流入により二次電子を放出する。二次電子の還流を抑制するのに二つの方法を試みた。

第一はメッシュバイアス (MB) である。エンドプレートの前面に透過率の高い金属メッシュを張り、それをエンドプレートに対して負電位にバイアスする。電位差が二次電子の温度 (数 eV) の数倍以上あれば二次電子の通過を殆ど阻止できると期待される。

第二の方法はサーマルダイク (TD) である。サイクロトロン共鳴加熱 (ECRH) により低温電子のピッチ角を増やして閉じ込め領域の手前にある強磁場によるミラー反射を増加させる。加熱源は 2.45 GHz, 5 kW のマグネトロンである。サーマルダイクでは共鳴域を1回通過する毎の速度分布の変化を問題とする。このような加熱に対しては通常の準線形理論は適用できない。そこで数値計算による粒子の速度変化を帰納的に解析して、加熱前後の速度分布関数がある応答関数で結合されることを見いだした。さらに電位効果を考慮すると、エンドプレートと最大磁場部 (ミラースロート) の電位差  $\Delta\Phi$  と一次電子の温度  $T_{ew}$  の比及び最大磁場  $B_m$  と共鳴磁場  $B_r$  のミラー比で決まる無次元パラメタ  $a = e\Delta\Phi / 2T_{ew} (B_m / B_r - 1)^{-1}$  が小さいほど、また、二次電子放出率  $g$  が大きいほど、TDによる熱流抑制のパワー利得が大きいと期待される。ガンマ10における  $a$  の代表値は 0.1 であり、サーマルダイクの効果が出やすい利点がある。

## (3) 実験結果

メッシュバイアスにより二次電子の逆流を静電的に抑制した時の、真空容器を基準としたガンマ10各位置における電位を図7に示す。バイアス電圧に伴いエンドプレート

電位が深くなる。バイアスが20 Vを越えると変化が殆ど飽和するのは、二次電子放出時の初期エネルギーが数 eV であって、20 Vを越えるバイアスでは二次電子が殆ど抑制されたことを意味しており、電位モデルの予想に合う傾向となっている。エンドプレート電位の深化に対して電子とイオンの粒子束の変化を図8に示す。当初期待されたように電子束はエンドプレート電位の深化と共に減少する。しかし二次電子が完全に抑制されればこの電子束は数%以下に減少し、イオン束と等しくなるはずであるが、期待値に至る前に減少が飽和している。この状態でエンドプレートにおける電流バランスを解明することは新たな研究課題である。

ミラースロートからエンドプレートの間のプラズマ電位を静電プローブを用いて計測した結果を図9に示す。各計測位置は同一の磁力線上にある。エンドプレート電位はメッシュバイアスによって大幅に深くなる。WI probe はミラースロートのすぐ外側の磁場勾配域にあり、メッシュバイアスによっては殆ど変化しない。WE probe はエンドプレート前面のシース領域よりは若干プラズマ域にあり、図10では電位の平坦域に相当する。ここのプラズマ電位はメッシュバイアスによる変化よりもサーマルダイクによる下降が明瞭である。サーマルダイク時のプラズマ領域の電位降下はエンドプレートの電位降下にはほぼ等しく、シース電位差は増加することなく、一次電子に対する減速電位が増加している。これは片側は磁場で他方は電位で捕捉されたユシマノフ

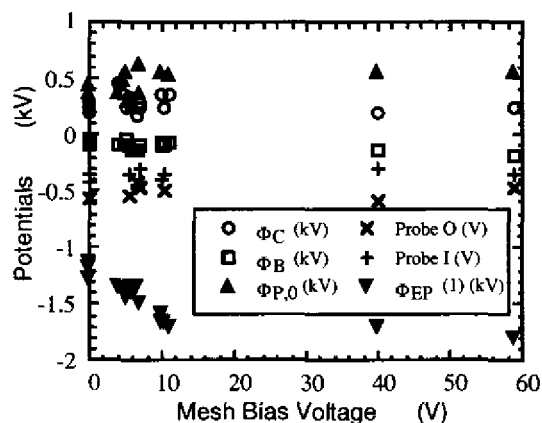


図7 軸方向各位置の電位のメッシュバイアス依存性

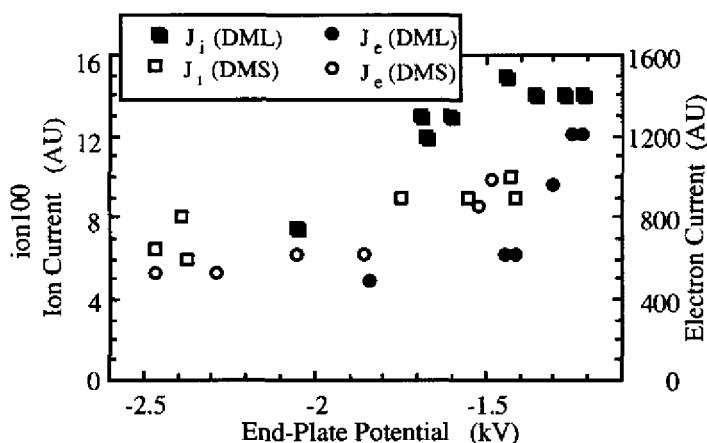


図8 エンドプレート電位の深化に伴う電子とイオンの端損失量の変化

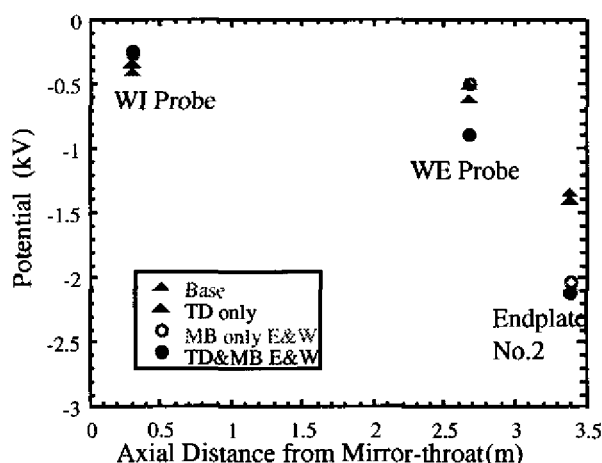


図9 メッシュバイアスとサーマルダイクによるエンド部の電位変化

電子の寄与によると考えられる。メッシュバイアスではユシマノフ電子は生成されないが、サーマルダイク-ECRHの結果としてユシマノフ電子が生成された可能性が高い。

熱流の増減を直接検出するために、熱電対アレイと赤外線カメラを用いて、エンドプレートの温度変化も測定した。これによると、メッシュバイアスでは一次電子の減少に対応して、熱流もはじめの60%程度に減少する。しかし、サーマルダイクでは、減少傾向は見られるものの、今の所明確ではない。この原因の解明と解決策を見いだすことは今後の課題である。

サーマルダイク実験は多くの検討課題を提供した。サーマルダイクではエンドプレート電位は全体としては深くなる傾向があるが、その効果はメッシュバイアスより弱い。これは二次電子の抑制効果の違いを表していると考えられる。初めからエンドプレート電位が1kVを越えており、二次電子のシース加速が大きいいため、現在の磁場分布の中では発振器の最大出力においても十分な加熱が行われないことも理由と考えられる。

#### (4) 検討とまとめ

サーマルダイクによる熱流制御を効率良く行うためには、二次電子に対する加熱効率を高くし同時に、一次電子が端壁前面で反射して戻る途中で加熱されてミラー反射されるのを防ぐことが重要となる。ガンマ10の実験条件では二次電子に吸収されるパワー  $P_{se}$  と一次電子に吸収されるパワー  $P_{pe}$  の比は  $P_{pe}$  の方が  $P_{se}$  の5倍程度大きい。ここでパワーを吸収する一次電子は、反射後初めてTD-ECRHにより加熱を受ける粒子である。加熱を受けてユシマノフ粒子になると、数度に渡り共鳴層を通過する度に加熱を受けることになる。これが端壁に逃れるとエネルギー損失を増加させる原因となる。

そこでユシマノフ粒子の速度分布が定常状態でどのようなようになるかを解析した。弱磁場側で電位により反射された一次電子の加熱は応答関数を用いて記述できる。各加熱の後にユシマノフ電子の速度分布が次の加熱でどう変形するかを追跡する。この計算を繰り返し、定常状態のユシマノフ粒子の速度分布と、それに対応して両側に逃れる電子の速

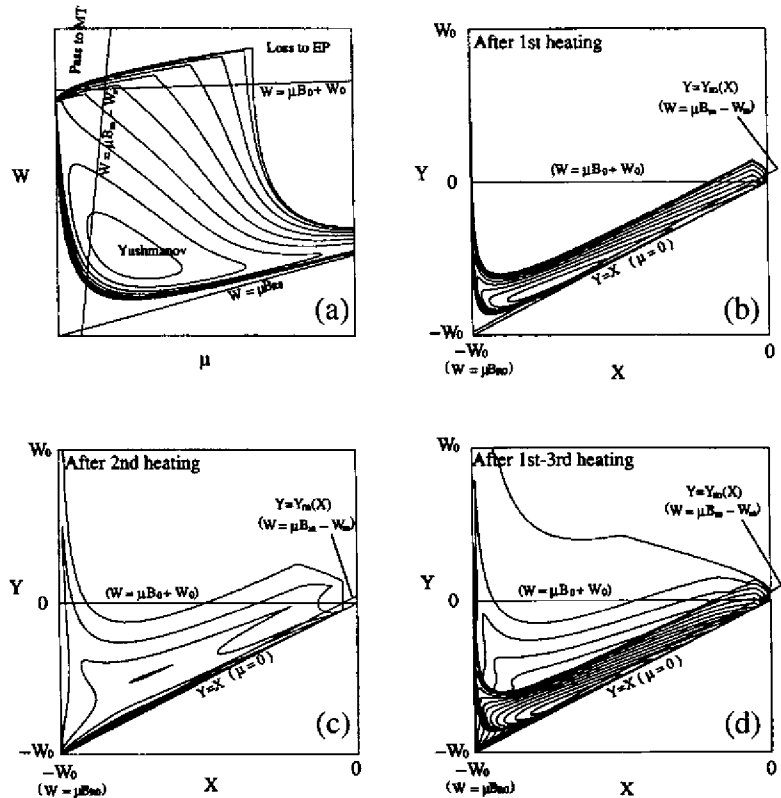


図10 TD-ECRHにより生成されたユシマノフ電子の多重加熱による速度分布の変化



度分布を得た。図 10 (d)に3回目までの加熱を受けたユシマノフ電子の速度分布を示す。この中で  $Y > 0$  の領域がユシマノフ捕捉を経由して端壁を叩く電子を表す。この計算結果と電位モデルとを組み合わせると、現在のガンマ 10 の磁場配位にサーマルダイクを適用すると、加熱域において全電子密度中ユシマノフ電子の占める割合は数十パーセントにまで上がることが予想される。この結果電位分布はかなり変形を受けるものと考えられる。これは図 10 の結果と対応している。このように多重加熱の後、端壁を叩く電子による損失は無視できない量となり、サーマルダイクによる二次電子の抑制に伴う端損失の減少分を殆ど相殺することも予想される。サーマルダイクによる熱流の低減効果が小さいのはこの過程によるものと考えられる。

以上のような新たな検討課題も含めてこれまでの結果をまとめると、

- (i) メッシュバイアスによる二次電子抑制効果が実験により明瞭に確認された。
- (ii) その効果は端壁前面のシース電位の大幅な深まりとして現れる。この観測は我々の発展させてきた電位モデルとよく一致する。
- (iii) これに伴い端損失する一次電子の流入量はほぼ半減し熱流も減少する。しかし端損失電子量は二次電子の抑制から期待されるほどには減少しない。熱流の減少量は粒子束に比べて更に小幅である。これは今後更に検討を要する事項である。
- (iv) サーマルダイクにより端壁の電位及び端壁前面のプラズマ電位の深まりが観測された。これは理論的に予測されていたユシマノフ電子が ECRH により発生したと解釈される。この効果の顕在化は実験的に初めて見いだされた。
- (v) サーマルダイクによる熱流の変化は減少の方向であるが、その変化分は小さく、逆に増加する場合もある。この原因は、現在の実験条件では、一次電子に由来するユシマノフ電子が多重加熱を受けた後に端損失電子となることにありと考えられる。
- (vi) これを避けて効率の良いサーマルダイクを作るためには、共鳴磁場の空間分布を整形すれば良いことは検討済みである。

メッシュバイアスとサーマルダイクにより開放磁場部の熱流を能動的に制御し、その応答を見た。実験結果は必ずしも単純に最初の予想通りでは無く、今後さらに検討すべき重要な物理過程を含むものであることも分かった。

## [4] 計測法の開発と応用

### (1) 半導体 X 線計測器の新感度理論とその応用

半導体検出器は、プラズマ X 線計測はもとより、原子核・素粒子の研究、天体プラズマ計測、ロケットの姿勢制御や産業用のフォトダイオード検出器として、或いは、これらを応用したビデオカメラ等の民生機器へと、その基礎及び応用分野での活用はきわめて広い。

これに対して昨年度に引き続き、以下のような研究が体系的に行われた。即ち、半導体 X 線検出器の X 線感度新理論の導出とそのプラズマ電子計測への適用、更に高 S/N 比を持ち高エネルギー域に高感度をもつ X 線検出器、並びに新型 X 線検出器の製作への応

用、加えて本理論に基づく国際研究協力、ならびに本国際研究協力の端緒をもつ、生成電荷拡散長  $L$  の計測法の新提案（産業界への波及効果）、シンクロトン放射光の  $I_0$  モニター検出器への本研究成果の利用（本研究の他分野への波及効果）等の観点も併せ、体系的・総合的な研究を行った。

本研究内容の詳細は、以下の様に整理できる。

(i) 半導体 X 線検出器のエネルギー感度に対し、今までプラズマからの X 線解析に用いられてきた、教科書等示されている従来からの定説、並びに MIT グループの仮説では、シンクロトン放射光を用いた詳細な X 線感度データが説明できない事を明らかにした。

(ii) これに対して、半導体の無電場基板領域に、X 線吸収に基づき生成された電荷の三次元拡散と、その再結合過程を考慮すると、感度データが説明できる事を明らかにし、これを定式化した。

(iii) 本感度理論と、従来から広く用いられてきた定説による検出器感度を各々使った、高温プラズマ電子温度の解析結果を比べると、両者に著しい差異がある事が明らかになった。

(iv) 更に、この理論を拡張して、プラズマ X 線トモグラフィ計測用多チャンネル検出器アレイや、CCD 検出器等の出力に対する、準定常 ( $>10\text{ms}$ ) 入射 X 線エネルギー特性を定式化した。特に検出器出力に対する、三次元電荷拡散効果による、画像データのクロストークについて、その X 線エネルギー依存性を示し、その補正法を明らかにした。

(v) 上述の効果は、世界のプラズマ研究でも最先端に位置する、DIII-D、Alcator C-Mod、JET トカマク装置等で用いられようとしている半導体検出器アレイの低バイアス印加モード運転時に著しい事が分かり、国際研究協力の下に、その定量化を行なった。

(vi) 以上の理論研究の結果を応用して、プラズマの X 線計測に広く用いられている SSB 検出器よりも、高 X 線エネルギー領域でより大きな感度をもつ半導体検出器を設計・製作した。本感度理論とよく一致する特性を実証すると共に、本理論の実用性を示した。

(vii) 本理論から着想を得て、新型の広エネルギー帯域に感度をもつ半導体検出器を設計・製作した。従来型に比し、著しく感度特性の向上した検出器特性が実際に得られた。

(viii) この新型半導体 X 線検出器のアレー化により、1 ショットで、プラズマの電子温度の時間・空間分析ができる新しい計測方法を考案し、その基礎データを示した。

(ix) 本理論に基づき設計した半導体検出器を、実際に GAMMA10 の特徴である、サーマルバリア部の相対論的高温電子 ( $\sim 60\text{keV}$ ) 計測に適用し、別の検出物理機構をもつ計測器 [NaI(Tl)] により求めた電子温度と同一の値を得た。

## (2) マイクロ波反射計による ICRF 波動の測定

はじめに：ガンマ10セントラル部において、反射計を用いイオンサイクロトン周波数領域 (ICRF: 5-10 MHz) の波動測定を行なった。アルフレン・イオン・サイクロトン (

AIC) モードなどの不安定波動分布の時間的振る舞いと同時に、加熱高周波成分の測定を定常的に行い、効率の良い加熱の実現に寄与することを目的としている。

**実験装置：**反射計の光源には、周波数 7 - 18 GHz および 18 - 26 GHz、出力 100 - 150 mW の YIG 発振器を使用している。送信ホーンにはピラミッド型およびフォグホーン型アンテナを用いた。反射波は同一ホーンで受信された後、サーキュレータにより入射波と分離され、方向性結合器からの局部発振波と混合され中間周波数出力を得る。測定は、セントラル部中心 ( $z=0$  cm)、ICRF 加熱共鳴層付近 ( $z=60$  cm)、および RF アンテナ近傍 ( $z=180$  cm) の三カ所において行い、それぞれホーンの偏波面を変えることにより X 及び O 両モードでの測定が可能である。また、今回より波動分布の時間変化を連続的に測定するため、高速大容量 A/D 変換器 (20 ns, 1-4 MB) を用い、各時間でフーリエ変換を実施し波動の強度変化を求めた。また、フィルターと検波器を用いた方法も計画している。

**実験結果：**ガンマ10では、プラズマ生成維持およびイオン加熱を目的として二種類の周波数の高周波電力を入射、その後閉じ込め電位形成のためマイクロ波電力 (ECRH) を印加している。図 1 1 (a) にプラズマの反磁性ループ信号の例を示す。ECRH は  $t=50$  ms より印加され、反磁性ループ信号の増加率の上昇が見られる。これは閉じ込め電位の形成あるいは電子加熱による電子ドラッグの減少が寄与していると考えられている。反射計測定は、反磁性信号の増加および飽和時間帯に着目して行なった。

YIG 発振器周波数を掃引することにより得られた、O モード反射波振幅分布の時間変化を (b) - (d) に示す。図は RF 加熱周波数に対応するスペクトルのピーク値をプロットしたもので、O モード伝搬の場合、密度揺動すなわち RF 電場に比例する信号とみなされる。反磁性信号増加の初期 (b) ではプラズマ中心領域で揺動成分が大きく時間とともに増加する。一方、飽和時間帯以後 (c) - (d) では周辺部に強く分布するようになり、RF 加熱電力の効率の良い吸収の妨げになっていることが分かった。

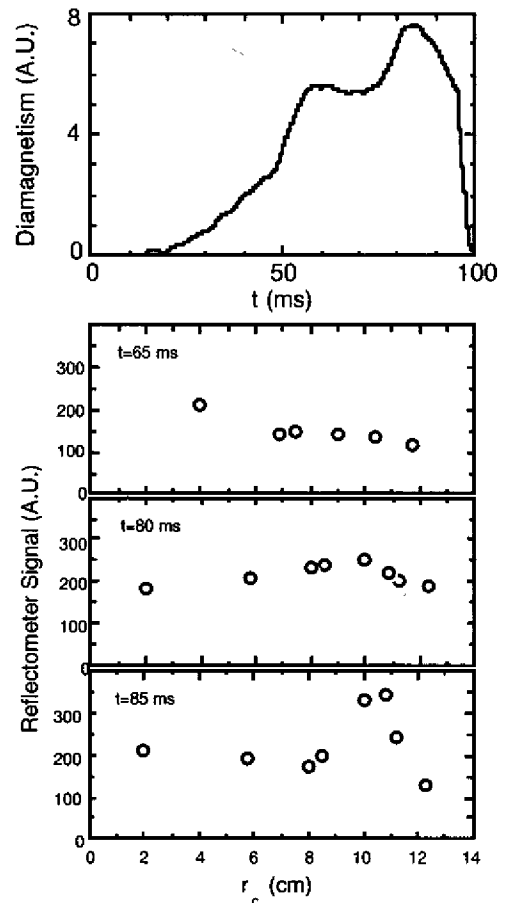


図 1 1  
(a) 反磁性量の時間変化  
(b), (c), (d) 各時間における密度揺動の分布

## [5] コンピュータ・ネットワークを通じた共同研究の推進

従来 GAMMA 10 で収集されたデータは磁気テープによる保存が中心で、計算機室へ出向かないと過去のデータに触れることは出来なかった。

現在は、ジュークボックス型の自動交換機を備えた光磁気ディスクライブラリが稼働しており、センター内ネットワーク (GAMMAnet) を通して各自の手元の端末から最新のデータばかりでなく過去のデータをも見る事が出来るようになった。このネットワークは学内基幹ネットワークを通して学外のネットワークにも接続されている。これにより、京大、核融合科学研究所、東北大、UCLA等学外の研究者が自分の研究室から直接 GAMMA 10 のデータに触れられるようになり、新しい形の共同研究が開始された。

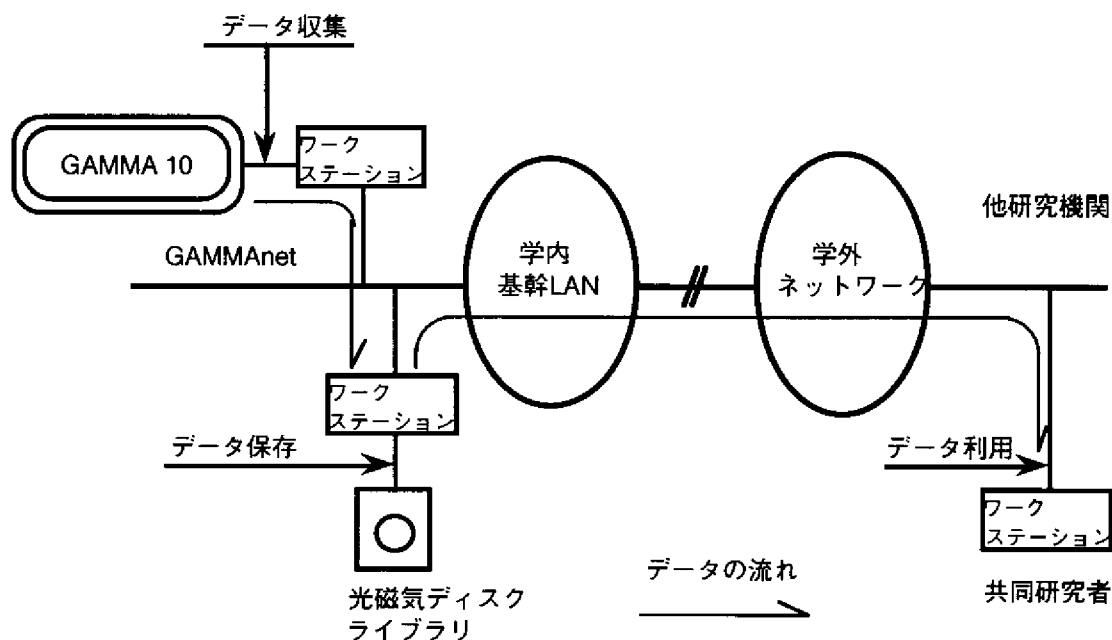


図 1 2 GAMMA 10 共同研究ネットワーク

<論文>

- 1 Overview of Experimental Results on the GAMMA 10,  
T.Tamano, T.Cho, M.Hirata, M.Ichimura, M.Inutake, K.Ishii, A.Itakura, I.Katanuma,  
Y.Kiwamoto, A.Mase, Y.Nagayama, Y.Nakashima, T.Saito, Y.Tatematsu, N.Yamaguchi  
and K.Yatsu,  
“International Conference on Open Plasma Confinement Systems for Fusion” edited  
by A.A.Kabantsev, World Scientific, (London, 1994) p.1-22.
- 2 Potential Profile Control and MHD Stability of GAMMA 10 ICRF-Heated Plasmas,  
M.Inutake, A.Ishihara, R.Katsumata, M.Ichimura, A.Mase, K.Ishii, Y.Nakashima,  
Y.Nagayama, N.Yamaguchi, H.Hojo, I.Katanuma and T.Tamano,  
“International Conference on Open Plasma Confinement Systems for Fusion” edited  
by A.A.Kabantsev, World Scientific, (London, 1994) p.51-68.
- 3 Relation Between Electron-Velocity Distribution Functions and Potential Formation,  
T.Cho, M.Hirata, E.Takahashi, J.Kohagura, T.Teraji, A.Takeuchi, Y.Sakamoto, K.Yatsu  
and T.Tamano,  
“International Conference on Open Plasma Confinement Systems for Fusion” edited  
by A.A.Kabantsev, World Scientific, (London, 1994) p.79-96.
- 4 Energy and Particle Confinement in the GAMMA 10,  
T.Tamano, T.Cho, M.Hirata, M.Ichimura, M.Inutake, K.Ishii, A.Itakura, I.Katanuma,  
Y.Kiwamoto, A.Mase, Y.Nagayama, Y.Nakashima, T.Saito, Y.Tatematsu, N.Yamaguchi  
and K.Yatsu,  
“International Conference on Open Plasma Confinement Systems for Fusion” edited  
by A.A.Kabantsev, World Scientific, (London, 1994) p.97-104.
- 5 Electron Heating and Potential Formation in the GAMMA 10 Tandem Mirror,  
T.Saito, Y.Kiwamoto, Y.Tatematsu, Y.Yoshimura, T.Cho, M.Inutake, K.Ishii,  
I.Katanuma, T.Tamano, N.Yamaguchi, K.Yatsu,  
“International Conference on Open Plasma Confinement Systems for Fusion” edited  
by A.A.Kabantsev, World Scientific, (London, 1994) p.121-136.
- 6 Microwave Scattering near the Cut-off Layer by Density and Magnetic Field Fluctuations,  
L.G.Bruskin, A.Mase, and T.Tamano,  
Plasma Physics and Controlled Fusion **36**, No.4 (1994, Apr.) p.681-693.
- 7 Electron Cyclotron Resonance Heating by Strong Monochromatic Wave in Nonuniform  
Magnetic Field,  
Y.Kiwamoto, T.Saito, Y.Tatematsu, I.Katanuma, Y.Yoshimura, and T.Tamano,  
Physics of Plasmas **1**, No.4 (1994, Apr.) p.834-841.
- 8 A New End-Loss-Ion Energy Analyzer with Obliquely Placed Multigrids for Open-Ended  
Plasma Diagnostics,  
T.Kuwabara, T.Cho, Y.Sakamoto, E.Takahashi, Y.Nakashima, M.Hirata, K.Yatsu,  
T.Tamano and S.Miyoshi,

Review of Scientific Instruments **65**, No.4 (1994, Apr.) p.936-942.

- 9 Study of Low-Frequency Waves during GAMMA 10 End-Plate Biasing using Microwave Reflectometry,  
T.Tokuzawa, A.Mase, A.Itakura, M.Inutake, K.Ishii, and T.Tamano,  
Japanese Journal of Applied Physics **33**, No.6A (1994, Jun.) p.L807-L809.
- 10 Application of a Gold Neutral Beam Probe and an End-Loss Energy Component Analyzer to Space Potential Measurements in a Tandem Mirror,  
K.Ishii,  
IEEE Transactions on Plasma Science **22**, No.4 (1994, Aug.) p.332-340.
- 11 Selective Ion and Electron Heating and Potential Formation Using Mode Conversion of ICRF Waves in HIEI,  
Y.Yasaka, O.Sakai, H.Takeno and H.Hojo,  
Nuclear Fusion **34**, No.9 (1994, Sep.) p.1263-1269.
- 12 New Findings of X-ray Energy Responses of Silicon Surface Barrier Detectors and Their Generalized Theoretical Extension to X-ray Responses of Position Sensitive Detectors,  
T.Cho, M.Hirata, J.Kohagura, K.Yatsu, T.Tamano, S.Miyoshi, T.Kondoh, Y.Tanabe, Y.Saitoh, T.Akamine, S.Miyahara and S.Tanaka,  
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **348**, Nos.2-3 (1994, Sep.) p.475-478.
- 13 New Type of End-Loss Energy Component Analyzer and Velocity Distribution Function of End-Loss Ions in Tandem Mirror,  
K.Ishii, T.Tanaka, T.Nakada, T.Katori, A.Abe, T.Takahashi, I.Katanuma, A.Itakura, K.Yatsu and T.Tamano,  
Japanese Journal of Applied Physics **33**, No.10 (1994, Oct.) p.5971-5978.
- 14 Review on GAMMA 10 Experiment,  
T.Tamano, T.Cho, M.Hirata, H.Hojo, M.Ichimura, M.Inutake, K.Ishii, A.Itakura, I.Katanuma, R.Katsumata, Y.Kiwamoto, A.Mase, Y.Nagayama, Y.Nakashima, T.Saito, M.Shoji, E.Takahashi, Y.Tatematsu, K.Tsuchiya, N.Yamaguchi, K.Yatsu,  
*Invited*; 1994 International Conference on Plasma Physics, Brazil, (1994, Oct. 31-Nov. 4).
- 15 Space-Resolving Flat-Field Vacuum Ultraviolet Spectrograph for Plasma Diagnostics,  
N.Yamaguchi, J.Katoh, Y.Sato, T.Aota, A.Mase and T.Tamano,  
Review of Scientific Instruments **65**, No.11 (1994, Nov.) p.3408-3414.
- 16 Tomography on Tokamak Fusion Test Reactor,  
Y.Nagayama,  
Review of Scientific Instruments **65**, No.11 (1994, Nov.) p.3415-3422.
- 17 Tandem Mirror Experiments in GAMMA 10,  
T.Tamano,  
*Invited*: Bulletin of the American Physical Society, the 36th Annual Meeting of the

- Division of Plasma Physics, Minneapolis, Minnesota, (1994, Nov. 7-11), 2IB 3 p.1545.
- 18 Present Status of Tandem Mirrors and Their Prospects,  
T.Tamano,  
*Invited: Sixth International Toki Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion*, Toki, (Japan, 1994, Nov. 29-Dec. 2), I4-04 p.16.
  - 19 Theoretical Analysis of Thermal Dike Supported by Electron Cyclotron Resonance Heating,  
Y.Kiwamoto, Y.Tatematsu, T.Saito, I.Katanuma, Y.Yoshimura, and T.Tamano,  
*Physics of Plasmas* **1**, No.12 (1994, Dec.) p.3986-3955.
  - 20 X-ray Diagnostic Systems in the GAMMA 10 Tandem Mirror and New X-ray Semiconductor-Detector Responses in the DIII-D Tokamak,  
T.Cho, M.Hirata, J.Kohagura, K.Yatsu, T.Tamano and R.T.Snider,  
*Review of Scientific Instruments* **66**, No.1 (1995, Jan.) p.540-542.
  - 21 Development and Characterization of Silicon Semiconductor X-ray Detectors for Plasma Diagnostics,  
T.Cho, M.Hirata, J.Kohagura, E.Takahashi, Y.Sakamoto, K.Yatsu, T.Tamano, S.Miyoshi, K.Hirano, A.Yagishita, H.Maezawa, Y.Saitoh, T.Akamine, K.Sato, M.Inoue, S.Miyahara, T.Kondoh and S.Tanaka,  
*Review of Scientific Instruments* **66**, No.1 (1995, Jan.) p.543-545.
  - 22 Photoelectron Spectroscopy for Plasma X-ray Measurements,  
E.Takahashi, T.Cho, M.Hirata, J.Kohagura, Y.Sakamoto, N.Yamaguchi, T.Tamano, A.Yagishita and H.Maezawa,  
*Review of Scientific Instruments* **66**, No.1 (1995, Jan.) p.543-545.
  - 23 Measurements of ICRF Waves in the GAMMA 10 Tandem Mirror Using Reflectometers,  
A.Mase, T.Tokuzawa, N.Ohyama, Y.Ito, A.Itakura, M.Ichimura, M.Inutake, and T.Tamano,  
*Review of Scientific Instruments* **66**, No.1 (1995, Jan.) p.821-823.
  - 24 Ultrafast Microwave Reflectometer for Density Profile Measurements on GAMMA 10,  
T.Tokuzawa, A.Mase, N.Oyama, Y.Ito, A.Itakura, and T.Tamano,  
*Japanese Journal of Applied Physics* **34**, No.1A (1995, Jan.) p.L76-L78.
  - 25 Experimental Verification and Extension of a Theory on the X-ray-Energy Response of Semiconductor X-ray Detectors along with Its Applications for Upgraded Detector Fabrications and Observations of Plasma-Electron Temperatures,  
T.Cho, M.Hirata, J.Kohagura, Y.Sakamoto, E.Takahashi, N.Yamaguchi, K.Yatsu, T.Tamano, S.Miyoshi, T.Kondoh and H.Maezawa,  
*Journal of Plasma and Fusion Research* **71**, No.1 (1995, Jan.) p.62-85.
  - 26 Suppression of Secondary Electrons from an Endplate of a Tandem Mirror by Use of a Biased Mesh,  
T.Saito, Y.Kiwamoto, Y.Tatematsu, Y.Yoshimura, T.Takahashi, M.Inutake and

- T.Tamano,  
 Physics of Plasmas **2**, No.2 (1995, Feb.) p.352-354.
- 27 ECRH Experiments in the GAMMA 10 Tandem mirror,  
 T.Saito, Y.Kiwamoto, Y.Tatematsu, Y.Yoshimura, T.Takahashi, A.Kasugai, F.Kira,  
 I.Katanuma, N.Yamaguchi, T.Tamano,  
 Fusion Engineering and Design **26**, (1995) p.241-250.
- 28 Stability of ICRF-heated plasmas in the GAMMA 10 tandem mirror,  
 M.Ichimura, M.Inutake, R.Katsumata, A.Ishihara, A.Mase, H.Hojo, K.Ishii,  
 Y.Nakashima, I.Katanuma, and T.Tamano,  
 Fusion Engineering and Design **26**, (1995) p.251-258.
- 29 Experimental Verification of the Three-Dimensional Diffusion Effect of X-ray-Produced  
 Charges in Semiconductor X-ray Detectors on the Quantum-Efficiency Enhancement,  
 T.Cho, J.Kohagura, M.Hirata, Y.Sakamoto, K.Yatsu, T.Tamano, S.Miyoshi, K.Hirano,  
 T.Sekitani, A.Yagishita, H.Maezawa, Y.Saitoh, K.Sato, S.Miyahara, T.Kondoh,  
 S.Tanaka and R.T.Snider,  
 Review of Scientific Instruments **66**, No.2 (1995, Feb.) p.2300-2302.
- 30 A Newly Developed Multilayer Semiconductor X-ray Detector for the Observations of Wide  
 Energy-Range X Rays,  
 M.Hirata, T.Cho, J.Kohagura, K.Yatsu, T.Tamano, T.Kondoh, S.Miyoshi, Y.Saitoh,  
 K.Sato, S.Miyahara, K.Hirano and H.Maezawa,  
 Review of Scientific Instruments **66**, No.2 (1995, Feb.) p.2311-2313.
- 31 Detection Characteristics of an Ultralow-Energy Measurable Pure-Germanium Detector in the  
 Hundreds-eV Photon-Energy Region,  
 J.Kohagura, T.Cho, M.Hirata, K.Yatsu, T.Tamano, T.Ogasawara, A.Yagishita,  
 T.Sekitani and H.Maezawa,  
 Review of Scientific Instruments **66**, No.2 (1995, Feb.) p.2317-2319.
- 32 Two-Dimensional Microwave Scattering by Fluctuation of Plasma Density and Magnetic Field,  
 L.G.Bruskin, A.Mase, and T.Tamano,  
 Plasma Physics and Controlled Fusion **37**, No.3 (1995, Mar.) p.255-269.
- 33 Erosion of a Surface Interacting with Magnetized Plasma,  
 L.G.Bruskin, and T.Tamano,  
 Journal of the Physical Society of Japan **64**, No.3 (1995, Mar.) p.690-694.
- 34 Experimental Study of Alfvén-Ion-Cyclotron Mode in the GAMMA 10 Tandem Mirror,  
 M.Ichimura, R.Katsumata, M.Inutake, A.Ishihara, H.Hojo, I.Sasaki, K.Ishii, A.Mase,  
 Y.Nakashima and T.Tamano,  
 “International Conference on Open Plasma Confinement Systems for Fusion” edited  
 by A.A.Kabantsev, World Scientific, (London, 1994) p.69-78.
- 35 Gas Recycling in GAMMA 10,  
 K.Yatsu, Y.Nakashima, K.Tsuchiya, M.Syoji and T.Tamano,



- “International Conference on Open Plasma Confinement Systems for Fusion” edited by A.A.Kabantsev, World Scientific, (London, 1994) p.147-155.
- 36 Microinstabilities in the Central Cell Plasma of GAMMA 10,  
A.Mase, A.Itakura, T.Tokuzawa, Y.Ito, H.Satake, H.Hojo, M.Ichimura, M.Inutake,  
K.Ishii, R.Katsumata and T.Tamano,  
“International Conference on Open Plasma Confinement Systems for Fusion” edited by A.A.Kabantsev, World Scientific, (London, 1994) p.211-220.
- 37 Impurity Studies on the GAMMA 10 using Extreme Ultraviolet/Soft X-ray Spectroscopy,  
N.Yamaguchi, J.Katoh, Y.Sato, T.Aota, A.Mase, Y.Nakashima and T.Tamano,  
“International Conference on Open Plasma Confinement Systems for Fusion” edited by A.A.Kabantsev, World Scientific, (London, 1994) p.221-229.
- 38 Detection Characteristics of Microchannel Plates in the VUV Region,  
N.Yamaguchi, Y.Sato, J.Katoh, T.Aota, T.Cho, S.Aoki, H.Maezawa and K.Tanaka,  
Photon Factory Activity Report 1993 **11**, (National Laboratory for High Energy Physics, 1994) p.286 (No.91-264).
- 39 A New Theory on X-ray Signals from Semiconductor Detectors and Its Extension to Those from Multichannel Detector Arrays,  
T.Cho, M.Hirata, J.Kohagura, E.Takahashi, T.Kondoh, N.Yamaguchi, K.Yatsu,  
T.Tamano, S.Miyoshi, K.Hirano, H.Maezawa,  
Photon Factory Activity Report 1993 **11**, (National Laboratory for High Energy Physics, 1994) p.363 (No.91-264).
- 40 Scientific Computing Using Personal Computers,  
H.Hojo and N.Katsuragawa,  
Journal of Plasma and Fusion Research **71**, No.2 (1995, Feb.) p.138-143.

#### <著書>

- 1 ミラー型核融合装置,  
三好昭一 編著,  
株式会社アイピーシー, (1995年 2月).

#### <学位論文>

博士論文

庄司 主

Ion Energy Containment of ICRF-Heated Plasmas in the GAMMA10 Central Cell

修士論文

桂川 直己

アルベンイオンサイクロトロン不安定性のシミュレーション研究

小波蔵 純子

半導体X線検出器の開発とX線計測によるプラグ部電子閉じ込め電位の研究

坂本 宜照

新型端損失イオン計測器の開発とこれを用いたイオン閉じ込め電位の研究  
高橋 俊哉

極小ミラー磁場における高温電子分布の解析

<講演>

- 1 Recent Results of Tandem Mirror Experiments in GAMMA 10 and HIEI,  
T.Tamano, T.Cho, M.Hirata, H.Hojo, M.Ichimura, M.Inutake, K.Ishii, A.Itakura,  
I.Katanuma, R.Katsumata, Y.Kiwamoto, A.Mase, Y.Nagayama, Y.Nakashima, T.Saito,  
M.Shoji, E.Takahashi, Y.Tatematsu, K.Tsuchiya, N.Yamaguchi, K.Yatsu, Y.Yasaka,  
O.Sakai, K.Iwami, Y.Ohe,  
Proc. 15th International Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion  
Research, Seville, (1994, Sep. 26-Oct. 1).
- 2 Control of Plasma Transport by Active Tailoring of Potential Profile along Open Magnetic  
Fields,  
Y.Tatematsu, Y.Kiwamoto, T.Saito, Y.Yoshimura, T.Takahashi, I.Katanuma, M.Inutake  
and T.Tamano,  
11th Int. Conf. on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices, Mito,  
(Japan, 1994, May 23-27) PB8 p.102.
- 3 Studies of Fueling, Particle Transport and Impurity Behavior in the GAMMA 10 Tandem  
Mirror,  
Y.Nakashima, N.Yamaguchi, K.Yatsu, K.Tsuchiya, M.Shoji, Y.Sato, T.Aota,  
M.Ichimura, T.Cho, A.Mase and T.Tamano,  
11th Int. Conf. on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices, Mito,  
(Japan, 1994, May 23-27) PB9 p.103.
- 4 Control of Secondary Electron Emission from End Plates of the GAMMA 10 Tandem Mirror,  
T.Saito, Y.Kiwamoto, Y.Tatematsu, Y.Yoshimura, T.Takahashi, M.Kurata, T.Cho,  
M.Ichimura, M.Inutake, K.Ishii, T.Tamano,  
Proceedings of 21th European Conf. on Controlled Fusion and Plasma Physics,  
Montpellier, (France, 1994, Jun. 21-July 17) Vol.2 p.922-925.
- 5 Observation of X-ray Energy Responses of Silicon Semiconductor Detectors and Their New  
Three-Dimensional Theoretical Model,  
T.Cho, M.Hirata, J.Kohagura, Y.Sakamoto, K.Yatsu, T.Tamano, T.Kondoh and  
S.Tanaka,  
Proc. 6th International Symposium on Radiation Physics, Rabat, (Morocco, 1994,  
Jul. 18-22) p.70.
- 6 Plasma Electron Diagnostics Using Semiconductor X-ray Detectors Designed by a New Theory  
on the X-ray Responses,  
M.Hirata, T.Cho, J.Kohagura, T.Kondoh, K.Yatsu, T.Tamano and S.Miyoshi,

- Proc. 6th International Symposium on Radiation Physics, Rabat, (Morocco, 1994, Jul. 18-22) p.114.
- 7 Verification of a New Three-Dimensional Charge Diffusion Effect on the X-ray Responses of Multichannel Semiconductor-Detector Arrays,  
J.Kohagura, T.Cho, M.Hirata, K.Yatsu, T.Tamano and S.Tanaka,  
Proc. 6th International Symposium on Radiation Physics, Rabat, (Morocco, 1994, Jul. 18-22) p.134.
  - 8 Observation of Distribution Functions of End-Loss Ions and Potential Formation in a Tandem Mirror,  
K.Ishii, T.Tanaka, T.Nakada, A.Abe, T.Katori, T.Takahashi, I.Katanuma, A.Itakura, M.Ichimura, Y.Kiwamoto, K.Yatsu and T.Tamano,  
1994 International Conference on Plasma Physics 1, Brazil, (1994, Oct. 31-Nov. 4) p.173-176.
  - 9 Microwave Scattering by 2D Plasma Density and Magnetic Field Fluctuations,  
L.Bruskin, A.Mase, and T.Tamano,  
Digest of 19th International Conference on Infrared and Millimeter-Waves, Sendai, (Japan, 1994, Nov.) p.305-306.
  - 10 A Fast-Swept Microwave Reflectometer for Density Profile Measurement on GAMMA 10,  
T.Tokuzawa, A.Mase, Y.Ito, N.Oyama, A.Itakura, and T.Tamano,  
Digest of 19th International Conference on Infrared and Millimeter-Waves, Sendai, (Japan, 1994, Nov.) p.307-308.
  - 11 MHD Stability of a Hot-Ion-Mode Plasma in the GAMMA10 Tandem Mirror,  
M.Inutake, S.Furukawa, S.Tanaka, R.Katsumata, A.Ishihara, M.Ichimura, A.Kumagai, K.Hattori, H.Hojo, A.Mase, Y.Nakashima, Y.Nagayama, M.Shoji, N.Yamaguchi, I.Katanuma, D.D.Ryutov, and T.Tamano,  
Sixth International Toki Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion, Toki, (Japan, 1994, Nov. 29-Dec. 2), P2-D03 p.109.
  - 12 Temporal Observation of Potential Structure by Direct Measurement of Loss-Cone Boundaries in the Tandem Mirror GAMMA 10,  
K.Ishii, T.Takahashi, A.Abe, I.Katanuma, A.Itakura, M.Ichimura, Y.Kiwamoto, K.Yatsu and T.Tamano,  
Sixth International Toki Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion, Toki, (Japan, 1994, Nov. 29-Dec. 2), P2-D04 p.110.
  - 13 RF-Induced Control of Mirror-Confined Plasmas,  
H. Hojo,  
US-Japan Workshop on Intense Electromagnetic Wave Interaction with Plasmas, (University of Maryland, USA, 1994, August).
  - 14 Application of ECRH to Thermal Diode,  
Y.Kiwamoto, T.Saito, Y.Tatematsu, Y.Yoshimura, and T.Tamano,

- 15 DIII-Dトカマクプラズマの日米研究協力に基づくX線計測,  
長 照二, 平田真史, 小波蔵純子, R. T. Snider, 坂本宜照, 菅家 伸,  
高橋恒志, 谷津 潔, 玉野輝男,  
日本物理学会1994年秋の分科会(1994年9月, 静岡大学) p.136.
- 16 DIII-Dトカマクプラズマ及びガンマ10プラズマ計測に用いる新型半導体X線検出器  
の開発,  
平田真史, 長 照二, 小波蔵純子, R. T. Snider, 坂本宜照, 菅家 伸,  
高橋恒志, 谷津 潔, 玉野輝男,  
日本物理学会1994年秋の分科会(1994年9月, 静岡大学) p.136.
- 17 半導体X線検出器新感度理論におけるX線生成電荷の三次元拡散効果の実証,  
小波蔵純子, 長 照二, 平田真史, 坂本宜照, 谷津 潔, 玉野輝男,  
日本物理学会1994年秋の分科会(1994年9月, 静岡大学) p.137.
- 18 新型斜入射端損失イオン計測器によるプラズマ計測,  
坂本宜照, 長 照二, 平田真史, 吉村岳雄, 牧野貴一, 中嶋洋輔, 谷津 潔,  
玉野輝男,  
日本物理学会1994年秋の分科会(1994年9月, 静岡大学) p.137.
- 19 タンデムミラー電位形成におけるL-Hモード転移,  
北條仁士,  
日本物理学会1994年秋の分科会(1994年9月, 静岡大学) p.197.
- 20 ミリ波位相イメージ法への二次元検出器の適用,  
大山直幸, 間瀬 淳, 伊藤康彦, 徳沢季彦, 小林正史, 三谷碩亨, 板倉昭慶,  
玉野輝男,  
プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会(1994年10月, 宇都宮大学) p.172.
- 21 ガンマ10セントラル部における荷電交換中性粒子測定I,  
庄司 主, 中嶋洋輔, 谷津 潔, 福地祐介, 梅原 剛, 宮田浩一, 森脇武之,  
犬竹正明, 市村 真, 間瀬 淳, 長 照二, 玉野輝男,  
プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会(1994年10月, 宇都宮大学) p.202.
- 22 タンデムミラーにおける端損失イオンエネルギー Spektral の検討III,  
高橋俊樹, 石井亀男, 安倍 章, 後藤哲也, 香月勇三, 片沼伊佐夫, 板倉昭慶,  
市村 真, 山口直洋, 際本泰士, 谷津 潔, 玉野輝男,  
プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会(1994年10月, 宇都宮大学) p.203.
- 23 ガンマ10における高周波イオン加熱と周辺プラズマの低周波揺動,  
田中 覚, 古川静枝, 熊谷 晃, 金澤清光, 犬竹正明, 市村 真, 石原 篤,  
北條仁士, 間瀬 淳, 石井亀男, 玉野輝男,  
プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会(1994年10月, 宇都宮大学) p.204.
- 24 ガンマ10における低温プラズマの圧力測定と巨視的安定性を与える影響,  
古川静枝, 田中 覚, 熊谷 晃, 金澤清光, 犬竹正明, 市村 真, 勝又竜太,

- 北條仁士, 間瀬 淳, 片沼伊佐夫, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.205.
- 25 タンデムミラープラズマの回転測定 IV,  
 池田勝則, 長山好夫, 山口直洋, 青田達也, 石島達夫, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.206.
- 26 タンデムミラープラズマの回転測定 V,  
 長山好夫, 池田勝則, 山口直洋, 青田達也, 石島達夫, 市村 真, 犬竹正明,  
 石井亀男, 伊藤康彦, 間瀬 淳, 三谷碩亨, 田中 寛, 徳沢季彦,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.207.
- 27 高速掃引型反射計によるGAMMA10密度分布計測,  
 徳沢季彦, 間瀬 淳, 大山直幸, 伊藤康彦, 小林正史, 三谷碩亨, 板倉昭慶,  
 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.208.
- 28 反射計によるICRF波動の測定II,  
 間瀬 淳, 小林正史, 大山直幸, 徳沢季彦, 伊藤康彦, 市村 真, 三谷碩亨,  
 板倉昭慶, 北条仁士, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.209.
- 29 カットオフ層近傍における密度及び磁場揺動によるマイクロ波散乱,  
 BRUSKIN Leonid, 間瀬 淳, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.210.
- 30 ガンマ10重水素プラズマ実験における中性子発生,  
 立松芳典, 際本泰士, 斉藤輝雄, 阿部 拓, 市村 真, 犬竹正明, 石井亀男,  
 板倉昭慶, 片沼伊佐夫, 玉野輝男, 長 照二, 中嶋洋輔, 長山好夫, 平田真史,  
 北條仁士, 間瀬 淳, 谷津 潔, 山口直洋,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.211.
- 31 ガンマ10重水素混合プラズマ実験における分光,  
 山口直洋, 長山好夫, 青田達也, 池田勝則, 石島達夫, 石井亀男, 板倉昭慶,  
 市村 真, 犬竹正明, 片沼伊佐夫, 際本泰士, 斉藤輝雄, 立松芳典, 玉野輝男,  
 長 照二, 中嶋洋輔, 平田真史, 北条仁士, 間瀬 淳, 谷津 潔,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.212.
- 32 ガンマ10端部におけるサーマルダイク基礎実験,  
 際本泰士, 斉藤輝雄, 立松芳典, 倉田将史, 吉村泰夫, 高橋俊哉, 梶原 健,  
 榊原昌彦, 玉野輝男, 犬竹正明, 八坂保能,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.213.
- 33 ガンマ10エンドプレートへのメッシュバイアス実験,  
 吉村泰夫, 斉藤輝雄, 際本泰士, 立松芳典, 高橋俊哉, 梶原 健, 倉田将史,  
 榊原昌彦, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.214.
- 34 非軸対称磁場中プラズマの3次元MHD平衡および安定性に関する計算 (III),

- 片沼伊佐夫, 立松芳典, 際本泰士, 斉藤輝雄, 石井亀男, 谷津 潔, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第11回秋季講演会 (1994年10月, 宇都宮大学) p.215.
- 35 プラズマ計測用軟X線分光器の較正,  
 山口直洋, 青田達也, 佐藤裕希子, 池田勝則,  
 第8回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (1995年1月,  
 高エネルギー物理学研究所) p.249.
- 36 ガンマ10セントラル部における荷電交換中性粒子測定,  
 福地祐介, 中嶋洋輔, 谷津 潔, 庄司 主, 梅原 剛, 宮田浩一, 森脇武之,  
 市村 真, 山口直洋, 間瀬 淳, 長 照二, 犬竹正明, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第12回年会 (1995年3月, 福岡工業大学) 22pC2.
- 37 アルベンイオンサイクロトロン不安定性の粒子シミュレーション,  
 桂川直己, 北條仁士,  
 プラズマ・核融合学会第12回年会 (1995年3月, 福岡工業大学) 22pC3.
- 38 タンデムミラープラズマの回転測定 VI,  
 池田勝則, 長山好夫, 山口直洋, 青田達也, 石島達夫, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第12回年会 (1995年3月, 福岡工業大学) 22pC4.
- 39 ガンマ10セントラル部における中性粒子輸送のモンテカルロシミュレーション[,  
 中嶋洋輔, 庄司 主, 山口直洋, 青田達也, 土屋勝彦, 福地祐介, 梅原 剛,  
 宮田浩一, 森脇武之, 谷津 潔, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第12回年会 (1995年3月, 福岡工業大学) 23aC1.
- 40 タンデムミラーにおける非軸対称ミラー磁場領域の磁力管断面の電位構造と輸送に  
 ついて,  
 片沼伊佐夫, 谷津 潔, 際本泰士, 石井亀男, 立松芳典, 斉藤輝雄, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第12回年会 (1995年3月, 福岡工業大学) 23aC2.
- 41 サーマルダイクにおける捕捉電子の生成とその熱輸送への影響,  
 立松芳典, 際本泰士, 斉藤輝雄, 吉村泰夫, 倉田将史, 高橋俊哉, 梶原 健,  
 榊原昌彦, 片沼伊佐夫, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第12回年会 (1995年3月, 福岡工業大学) 23aC3.
- 42 ガンマ10エンド部の電位分布の研究,  
 吉村泰夫, 斉藤輝雄, 際本泰士, 立松芳典, 高橋俊哉, 梶原 健, 倉田将史,  
 榊原昌彦, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第12回年会 (1995年3月, 福岡工業大学) 23aC4.
- 43 ガンマ10エンドプレートの電流バランス,  
 斉藤輝雄, 際本泰士, 立松芳典, 吉村泰夫, 高橋俊哉, 梶原 健, 榊原昌彦,  
 倉田将史, 玉野輝男,  
 プラズマ・核融合学会第12回年会 (1995年3月, 福岡工業大学) 23aC5.
- 44 ガンマ10における巨視的安定領域の磁場依存性,  
 古川静枝, 田中 覚, 熊谷 晃, 金澤清光, 犬竹正明, 市村 真, 勝又竜太,  
 北條仁士, 間瀬 淳, 片沼伊佐夫, 玉野輝男,

- プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23aC6.
- 45 ガンマ10における高周波加熱と高イオン温度モード，  
熊谷 晃，市村 真，田中 覚，古川静枝，金澤清光，犬竹正明，中嶋洋輔，  
庄司 主，北條仁士，間瀬 淳，板倉昭慶，玉野輝男，  
プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23aC7.
- 46 新斜入射タイプイオン計測器の製作・較正と開放端磁場損失プラズマの計測，  
坂本宜照，長 照二，平田真史，吉村岳雄，牧野貴一，中嶋洋輔，谷津 潔，  
玉野輝男，  
プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23pC1.
- 47 四重極ミラー磁場中の高温電子の空間分布，  
高橋俊哉，際本泰士，斉藤輝雄，立松芳典，吉村泰夫，梶原 健，倉田将史，  
榊原昌彦，山口直洋，片沼伊佐夫，玉野輝男，  
プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23pC2.
- 48 タンデムミラーバリア部の揺動計測，  
安倍 章，石井亀男，高橋俊樹，香月勇三，後藤哲也，菊野長興，片沼伊佐夫，  
板倉昭慶，間瀬 淳，際本泰士，市村 真，谷津 潔，玉野輝男，  
プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23pC3.
- 49 ガンマ10における周辺プラズマの低周波揺動II，  
田中 覚，古川静枝，熊谷 晃，金澤清光，犬竹正明，市村 真，北條仁士，  
間瀬 淳，石井亀男，玉野輝男，  
プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23pC4.
- 50 高速掃引型反射計によるGAMMA10密度分布計測II，  
徳沢季彦，間瀬 淳，大山直幸，伊藤康彦，小林正史，三谷碩亨，板倉昭慶，  
玉野輝男，  
プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23pC5.
- 51 反射計を用いたAIC波動の時間的振る舞いの測定，  
小林正史，間瀬 淳，大山直幸，徳沢季彦，伊藤康彦，三谷碩亨，板倉昭慶，  
北条仁士，市村 真，玉野輝男，  
プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23pC6.
- 52 二次元イメージングアレイによるガンマ10プラグ部計測，  
大山直幸，間瀬 淳，伊藤康彦，徳沢季彦，小林正史，三谷碩亨，板倉昭慶，  
玉野輝男，  
プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23pC7.
- 53 新感度理論に基づくGAMMA10, DIII-D, JET用半導体X線計測器の製作と評価，  
長 照二，平田真史，小波蔵純子，坂本宜照，菅家 伸，高橋恒志，吉村岳雄，  
牧野貴一，谷津 潔，玉野輝男，  
プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23pD1.
- 54 半導体X線計測器新感度理論の基礎過程の実証，  
小波蔵純子，長 照二，平田真史，菅家 伸，高橋恒志，谷津 潔，玉野輝男，

- プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23pD2.
- 55 プラズマ計測用2次元軟X線分光器の開発 3，  
青田達也，山口直洋，池田勝則，石島達夫，間瀬 淳，玉野輝男，  
プラズマ・核融合学会第12回年会（1995年3月，福岡工業大学）23pD3.
- 56 非等方プラズマのICRF波動加熱，  
北條仁士，桂川直己，市村 真，間瀬 淳，  
日本物理学会第50回年会（1995年3月，神奈川大学）29pYW1.