

LHD周辺プラズマにおける 水素原子・分子輸送機構の解明

SNETを利用したプラズマ分光装置の遠隔操作

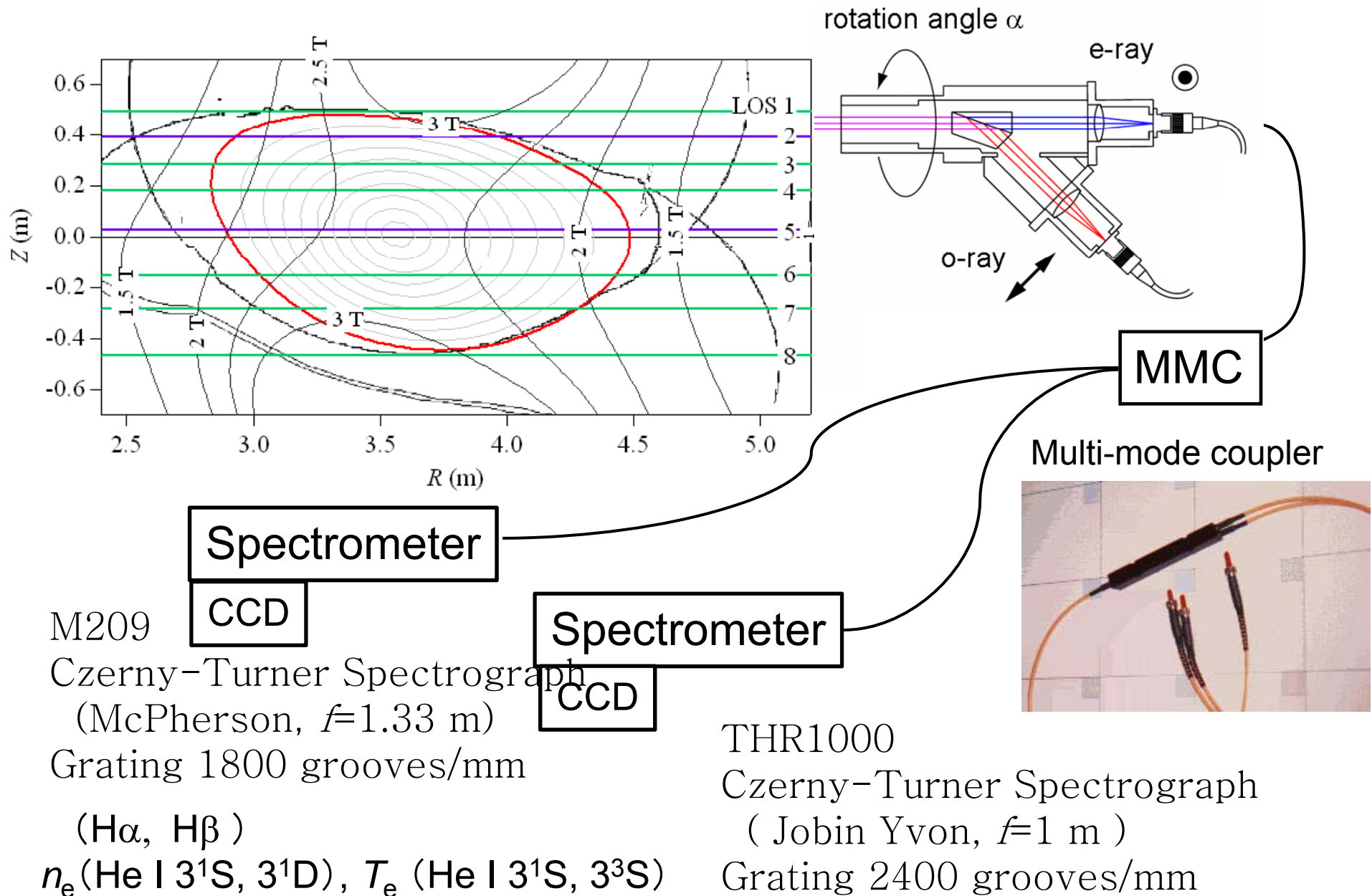
岩前 敦

京都大学工学研究科・日本原子力研究開発機構核融合科学研究所

後藤基志 (所内世話人)

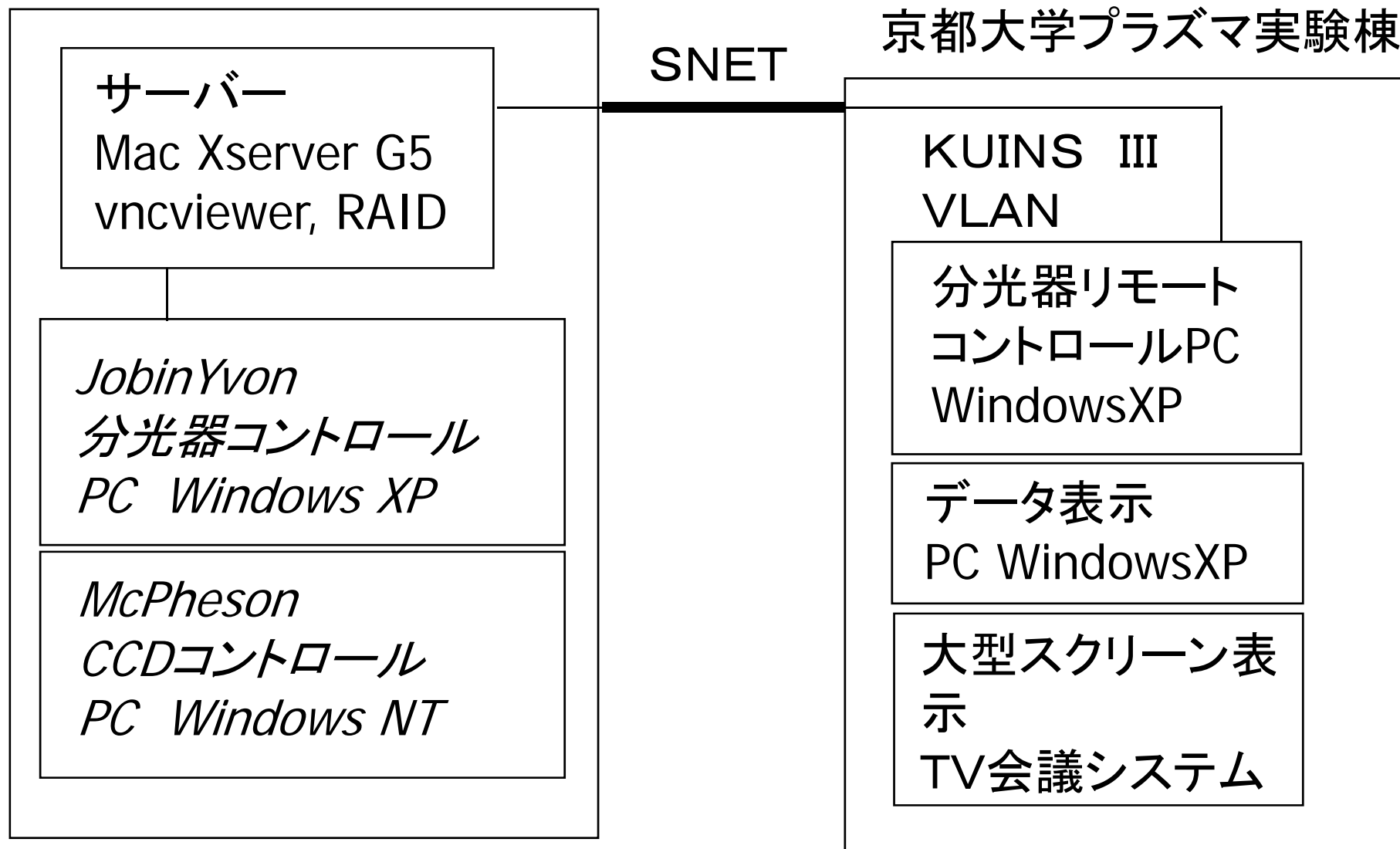
核融合科学研究所

2台の高分解能分光器による同一視線計測



SNET接続構成図

NIFS所内



H α , H β 線 2波長同時計測の観測例

SN 81113

$B = 2.750$ T

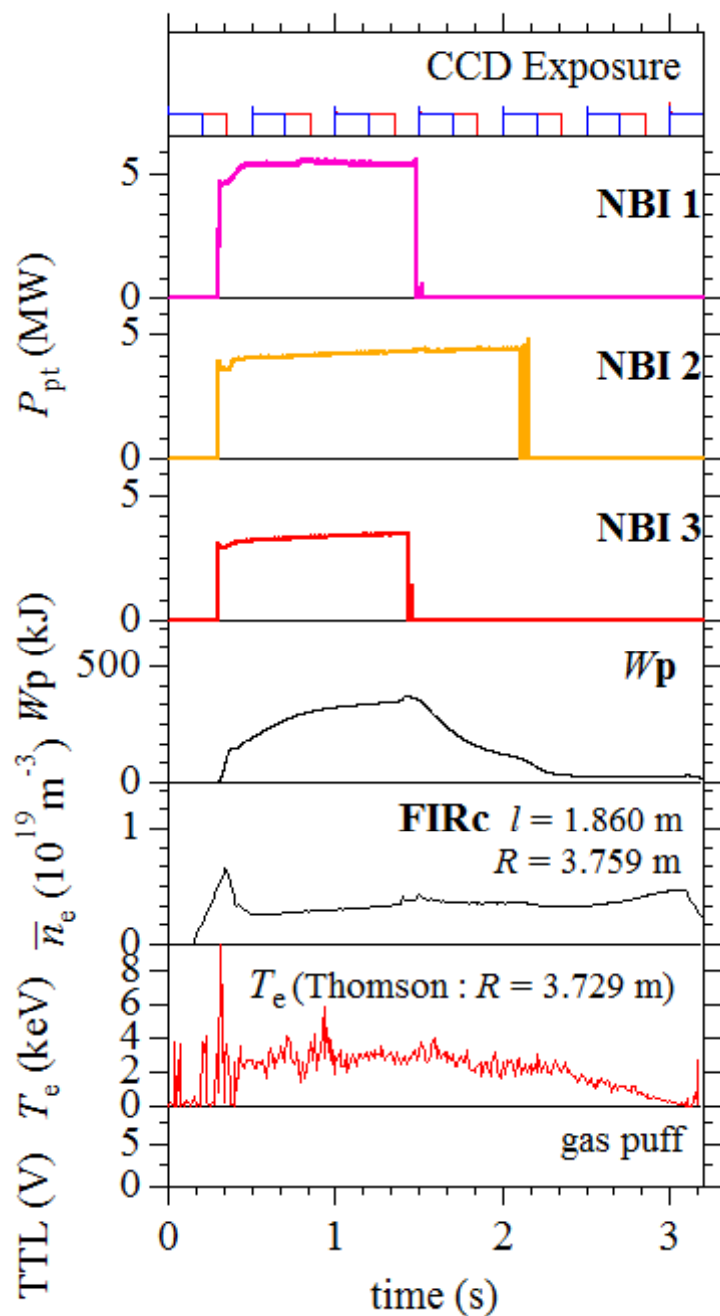
$R_{ax} = 3.60$ m

CCDカメラの露光時間.

0.5秒周期, 15フレーム撮影

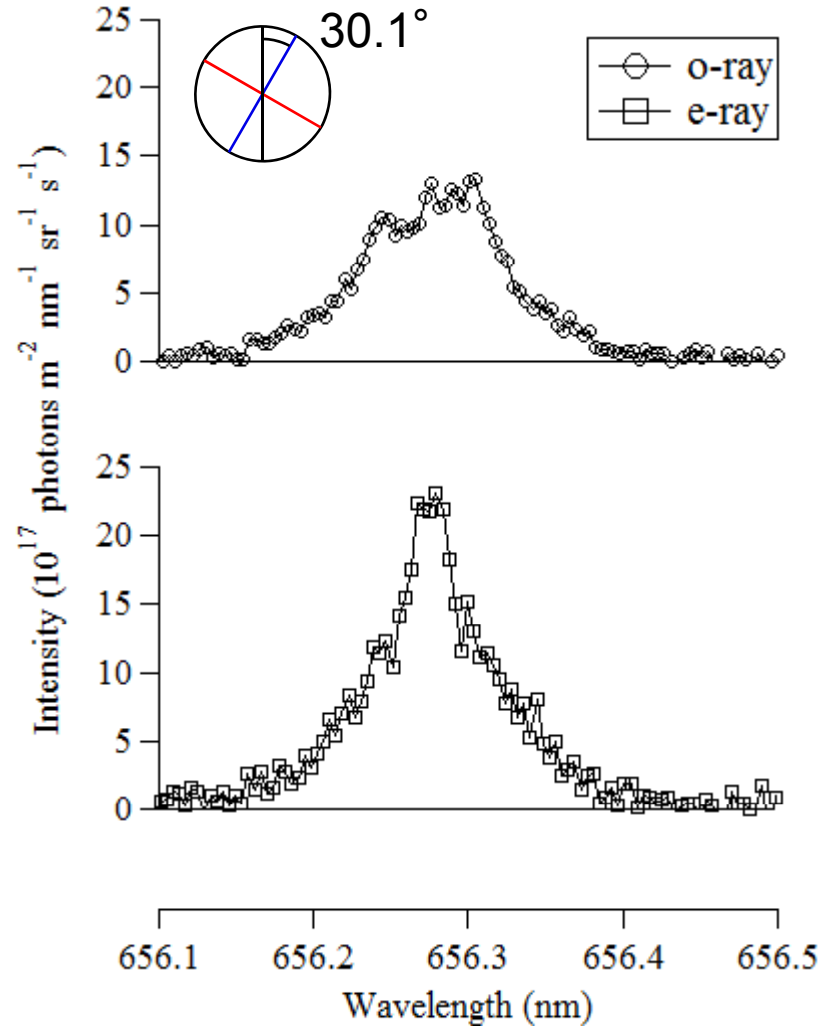
McPherson (H α)

Jobin Yvon (H β)

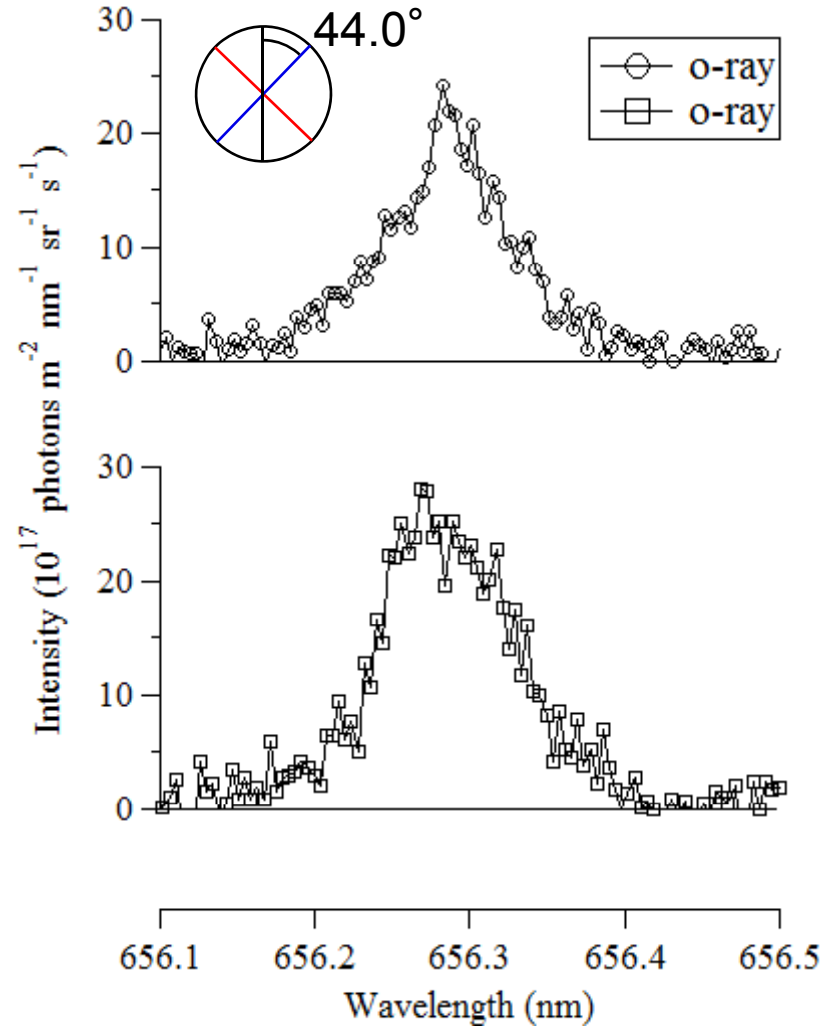


H α 偏光分離スペクトル 視線25

LOS 2 Z = 0.391 m



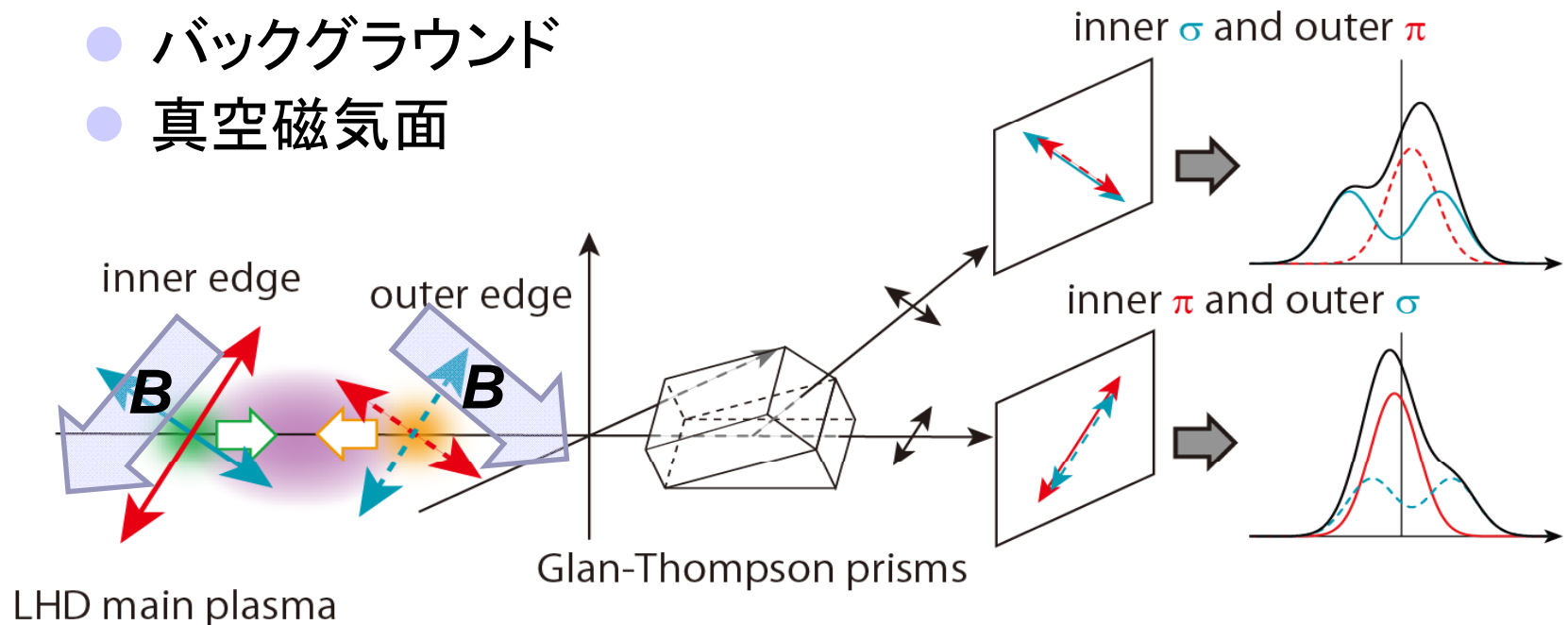
LOS 5 Z = 0.026m



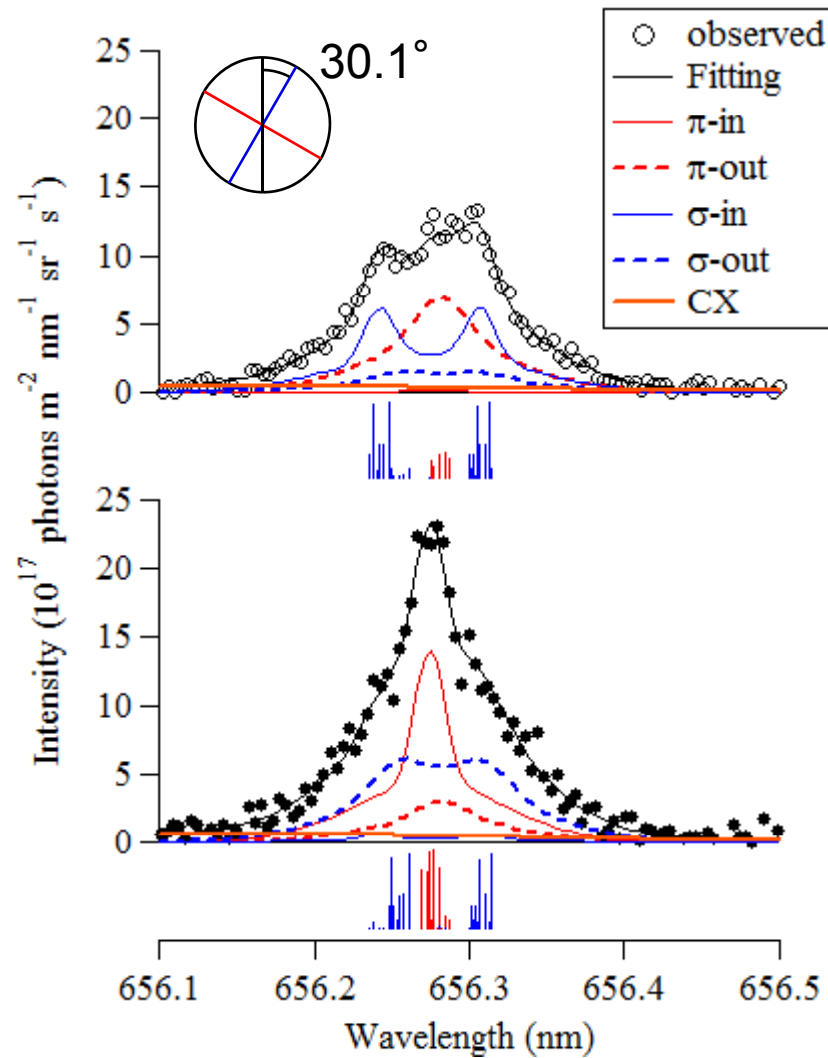
偏光分離H α スペクトルの解釈

最小自乗あてはめにおける仮定

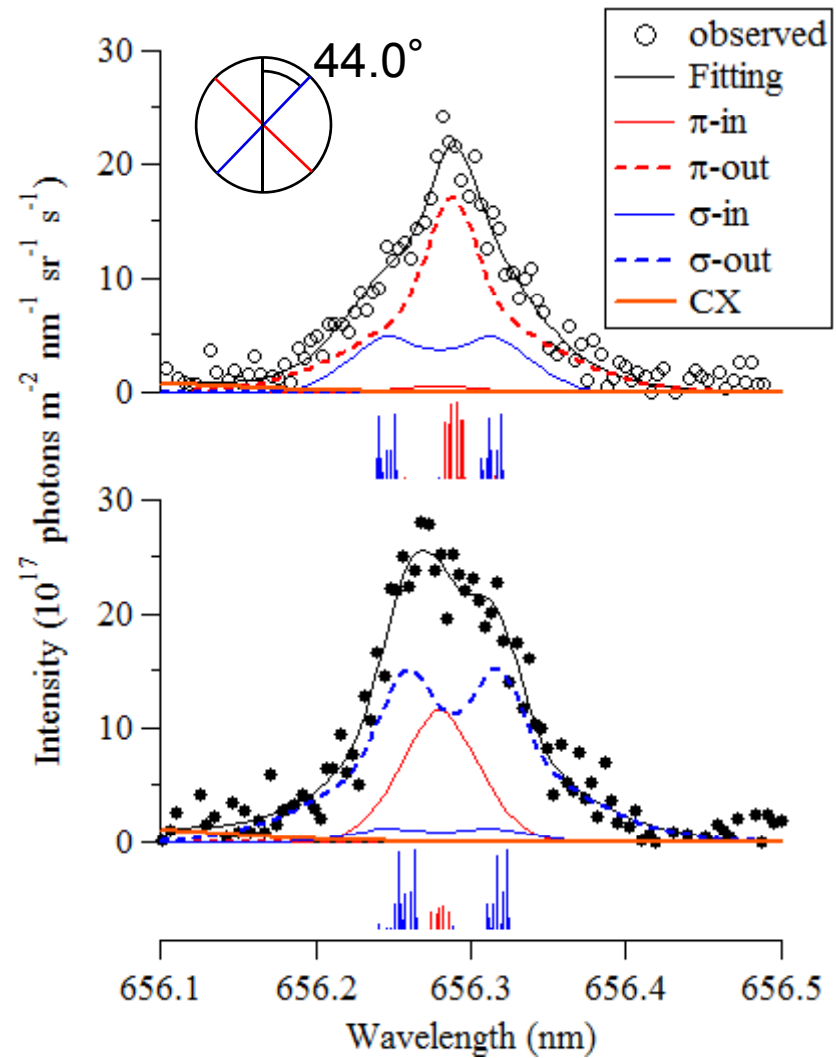
- 視線上の2ヶ所(内側・外側)での発光
- 内側・外側それぞれ異なる視線方向速度成分をもつ
- 内側・外側それぞれの発光位置における原子は2つの温度成分(低温・中温)による速度分布をもつ
- 高温成分が存在する
- バックグラウンド
- 真空磁気面



H α 最小自乗あてはめの結果

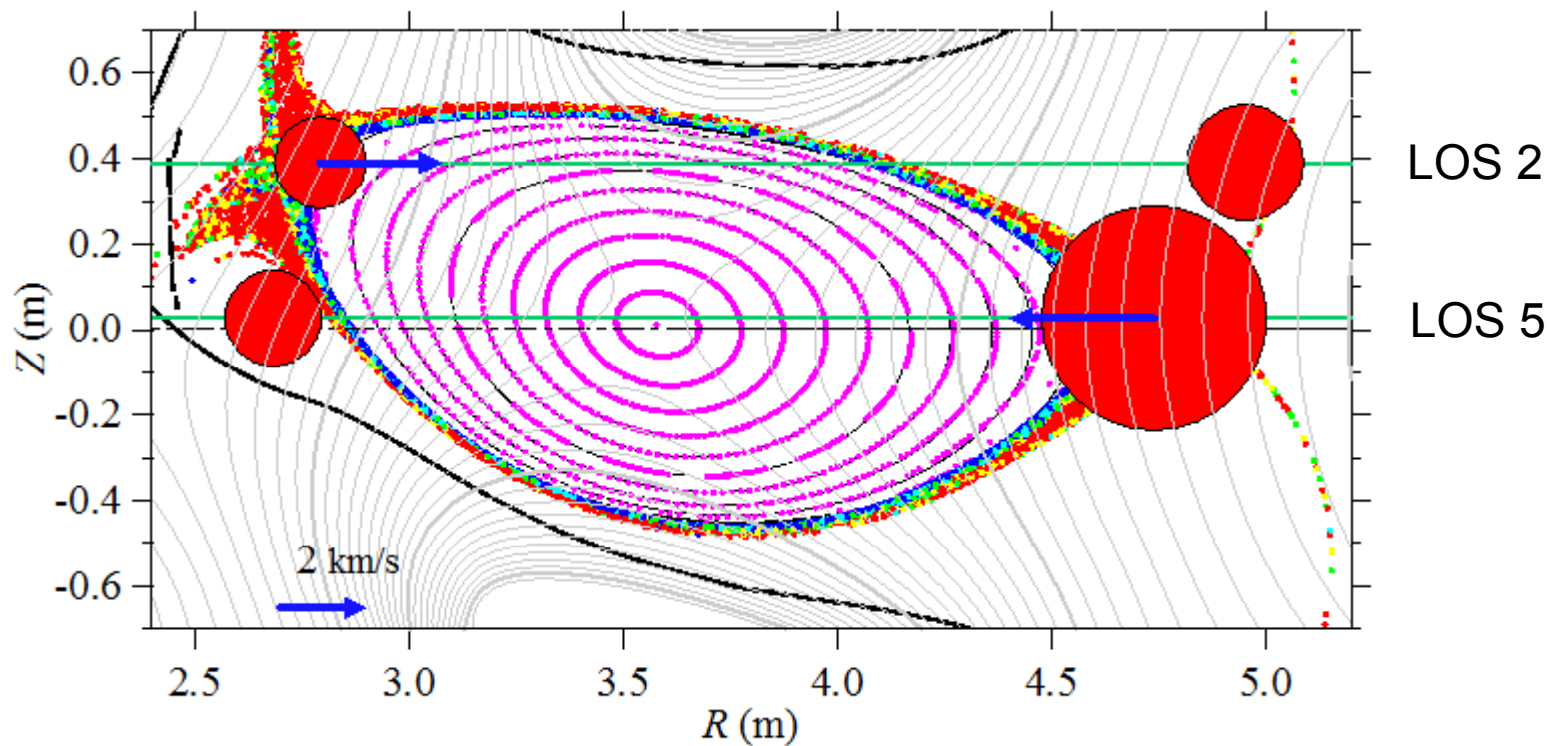


LOS 2 Z = 0.391 m



LOS 5 Z = 0.026m

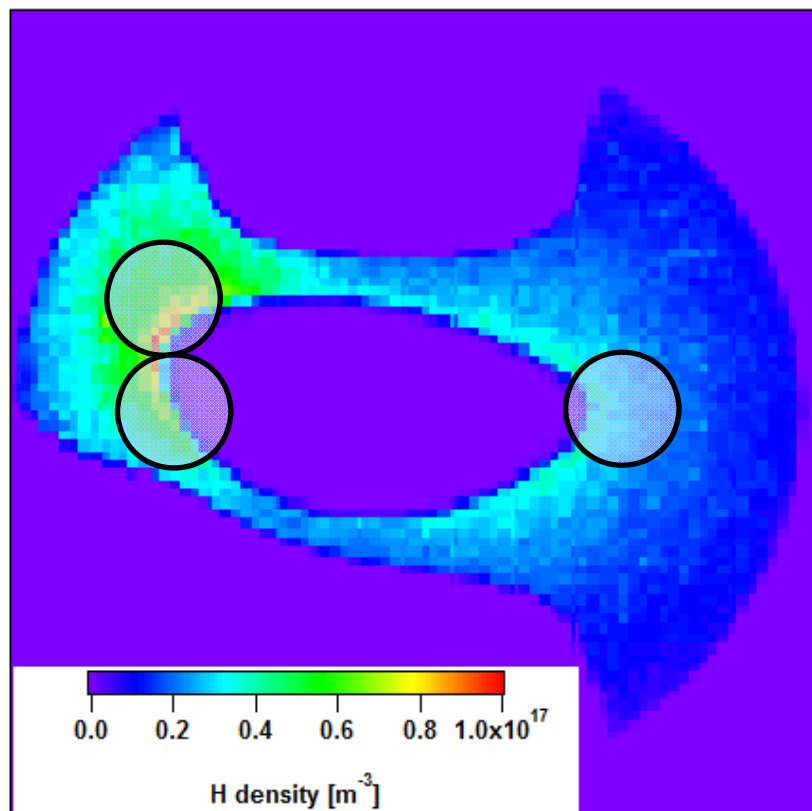
H α 発光位置 発光強度(低温中温成分) 視線方向速度成分



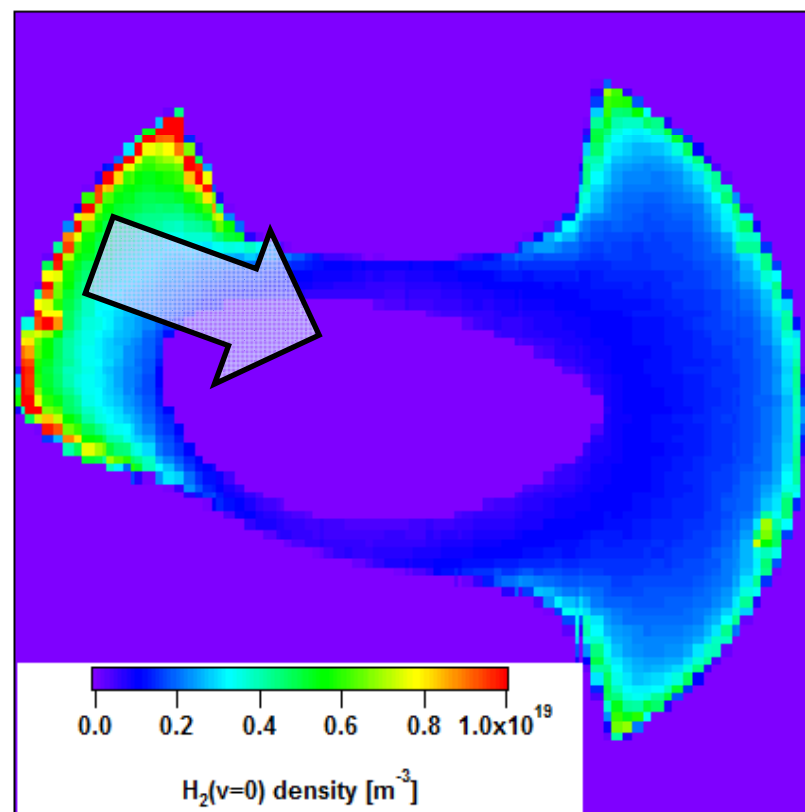
モンテカルロシミュレーション(信州大澤田)

水素原子・分子密度分布

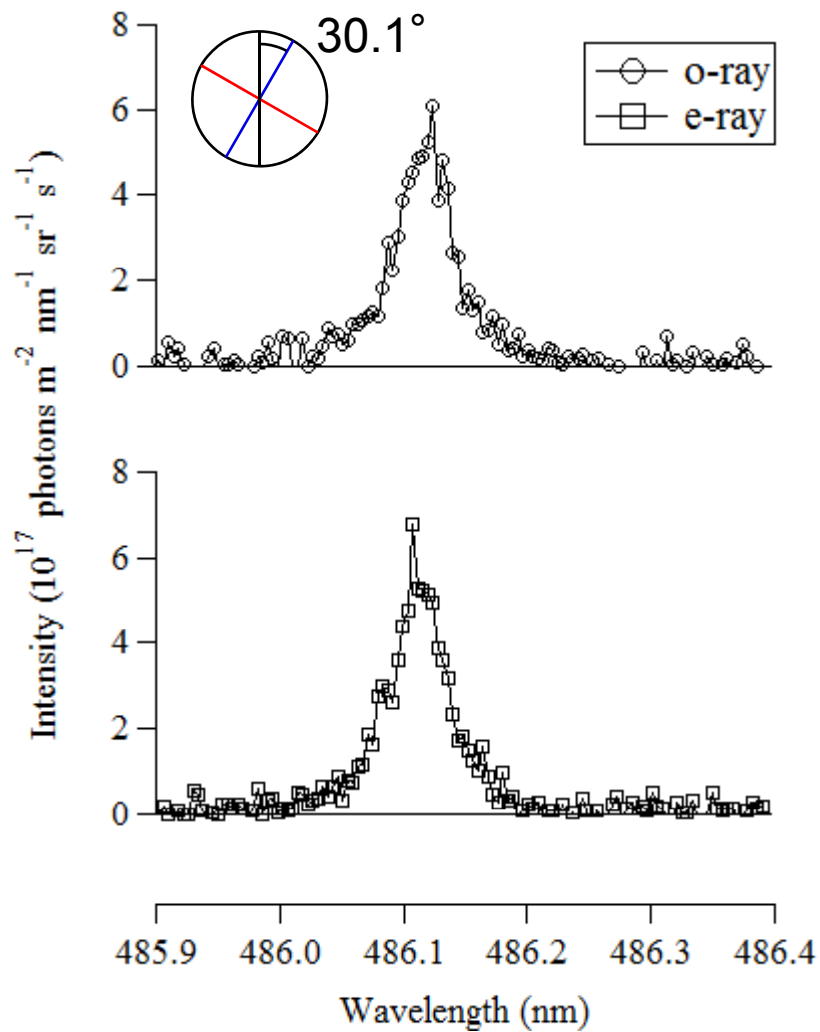
水素原子



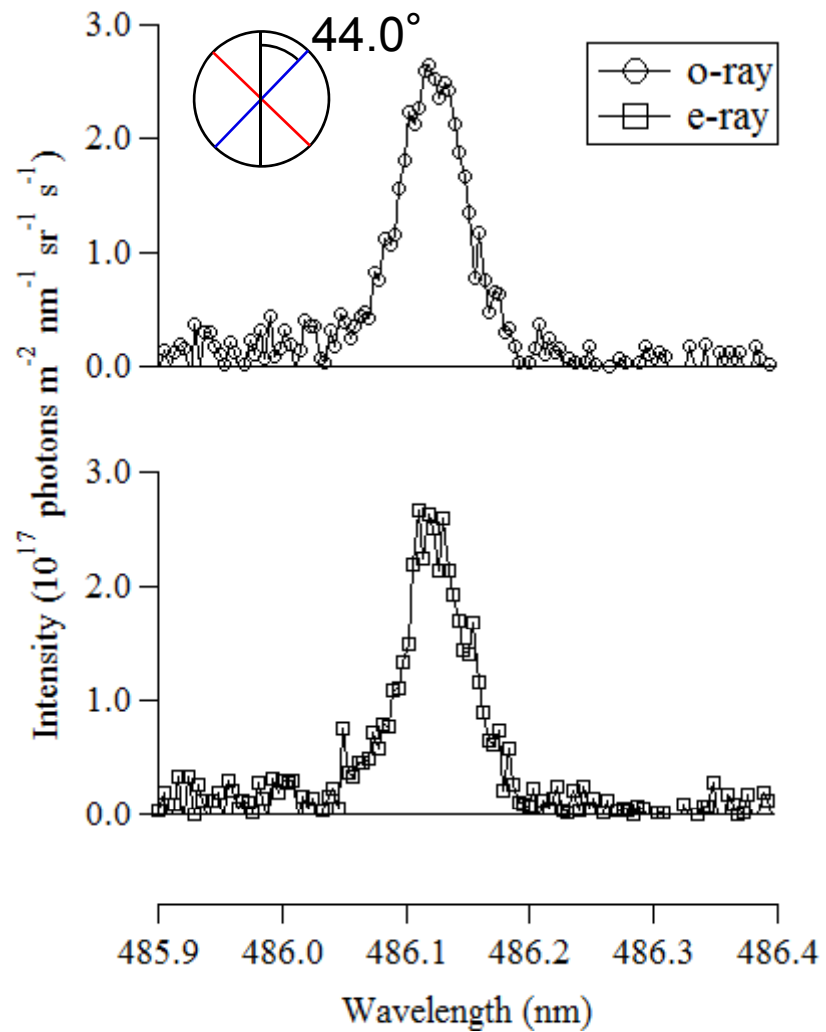
水素分子



H β の実験スペクトル



LOS 2 $Z = 0.391$ m



LOS 5 $Z = 0.026$ m

H β スペクトル 最小自乗あてはめ

ゼーマン効果によるスペクトルの分離幅が小さいため、独立にH β の最小自乗あてはめは収束しなかった。

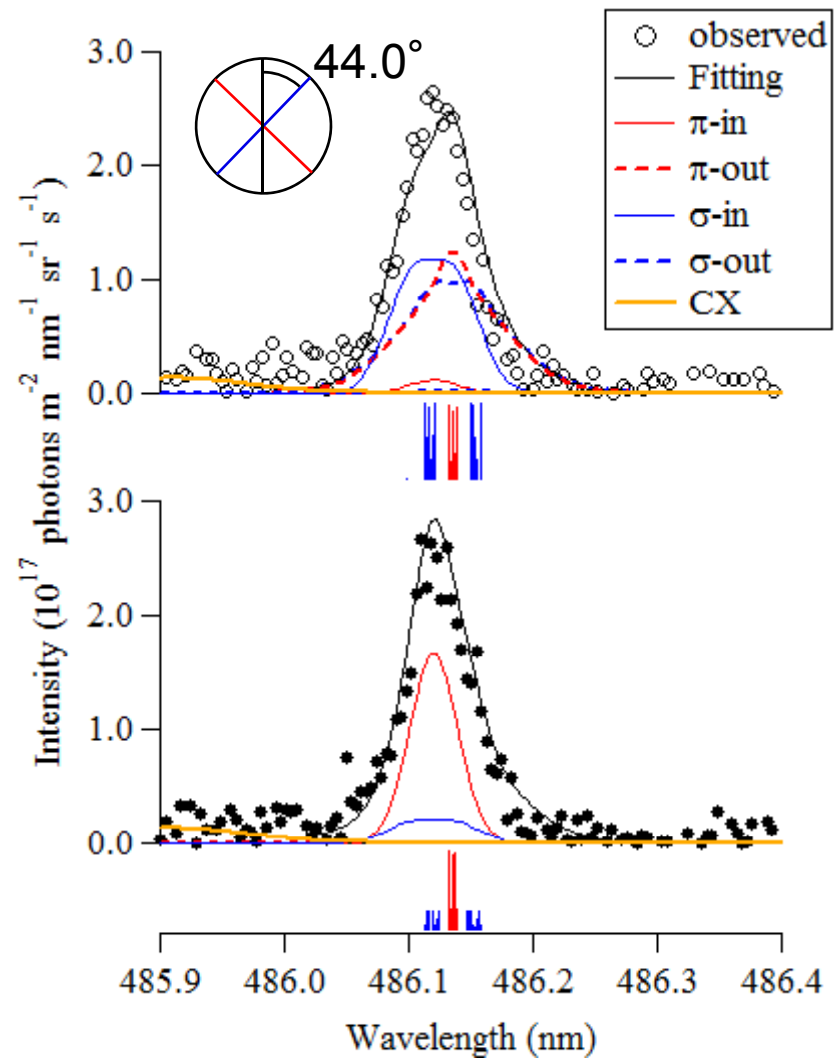
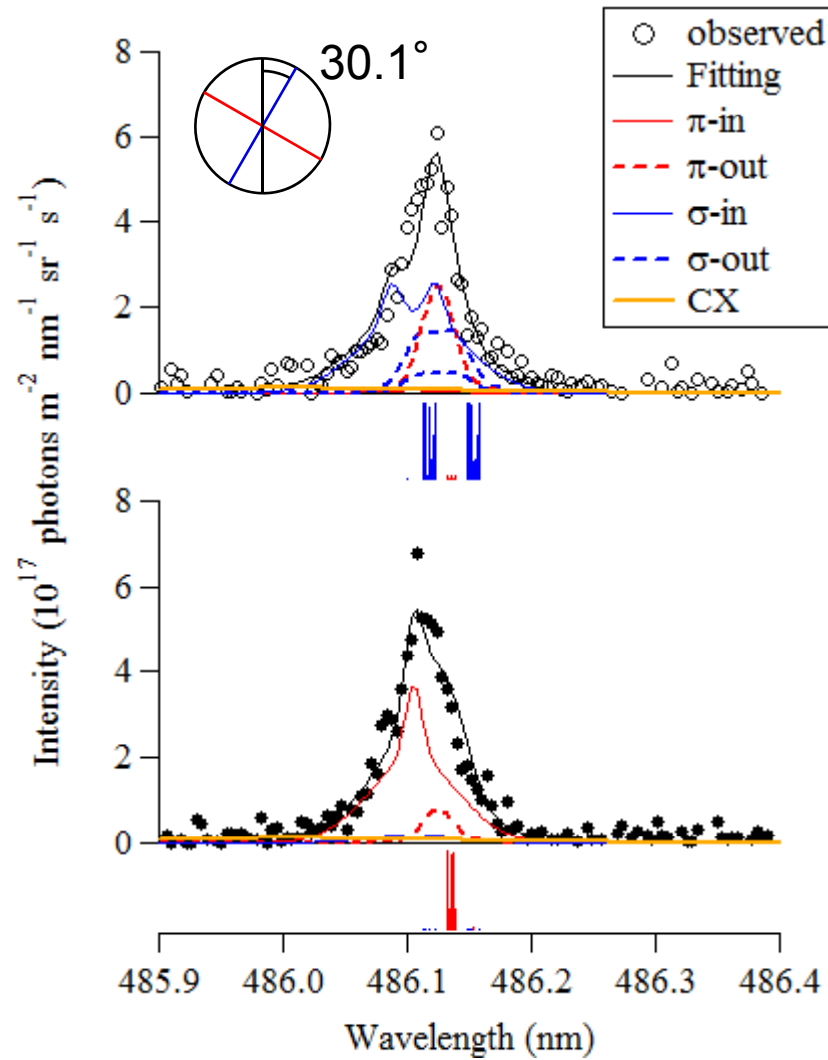
以下の仮定をし

- 発光位置はH α と同じ(磁場強度・方向は同じ)
- 内側・外側それぞれH α と同じ速度成分をもつ
- H α と同様に内側・外側の発光位置における原子は2つの温度成分(低温・中温)で表される速度分布をもつ
- 高温成分が存在する(H α と同じ温度)

独立なパラメータは5つ発光強度のみとした。

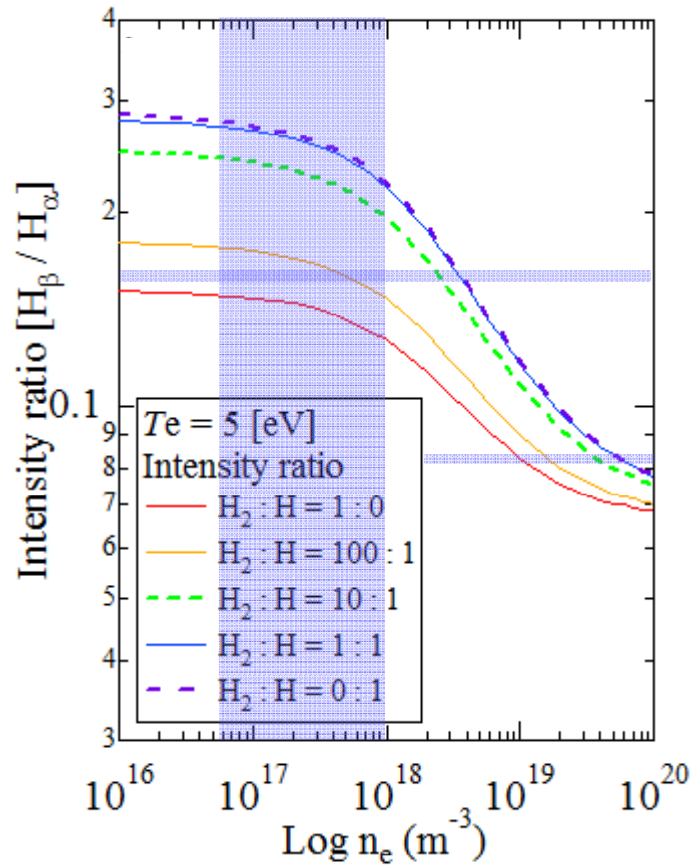
- 1 内側低温成分の発光強度
- 2 内側中温成分の発光強度
- 3 外側低温成分の発光強度
- 4 外側中温成分の発光強度
- 5 高温成分の発光強度

H β 最小二乗当てはめ結果



水素CRモデルとの比較

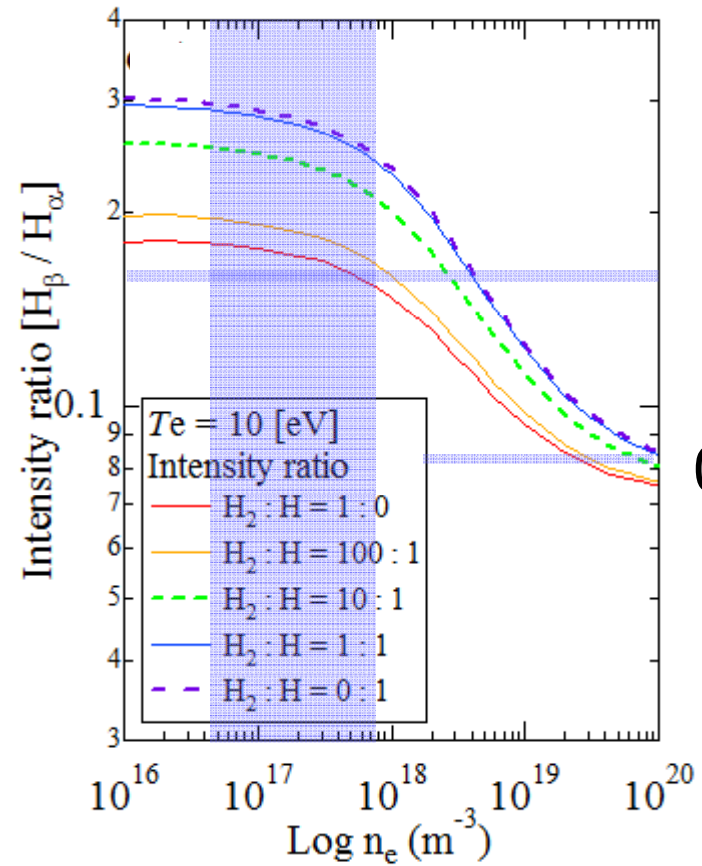
$T_e = 5 \text{ eV}$



0.18

0.08

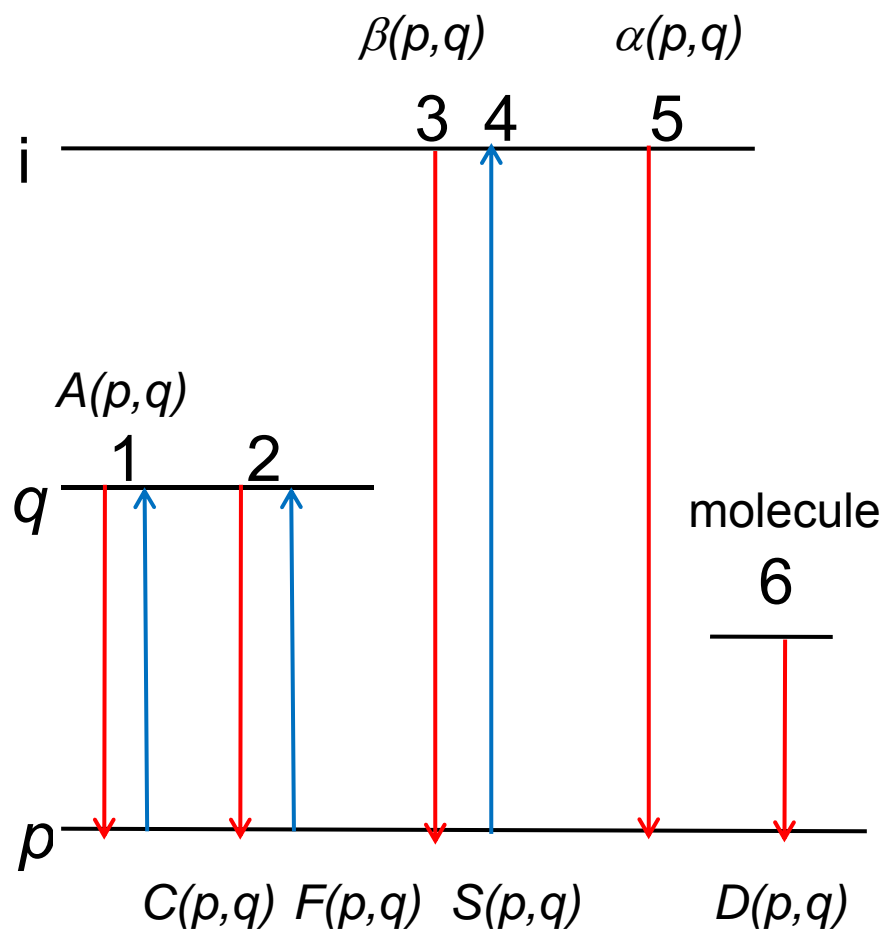
$T_e = 10 \text{ eV}$



0.08

CRモデル

Collisional Radiative(衝突輻射)モデル



準位 p が生成される原子過程

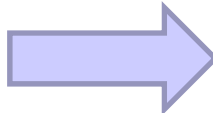
- 1: 自然放出
- 2: 電子衝突励起と逆過程
- 3: 輻射再結合
- 4: 電子衝突によるイオン化
- 5: 三体再結合
- 6: 分子の解離性脱励起etc.

$$\frac{dn(p)}{dt} = \Gamma_{in} - \Gamma_{out}$$

CRモデルによる発光強度比

急激に変化しないプラズマが対象

$$\frac{dn(p)}{dt} = \Gamma_{in} - \Gamma_{out}$$

準定常近似  $\frac{dn(p)}{dt} = 0$

$$\begin{aligned} \Gamma_{in} = & \Sigma A(q,p)n(q) \\ & + \Sigma C(q,p)n_e n(q) \\ & + \Sigma F(q,p)n_e n(q) \\ & + \beta(p) n_e n_i \\ & + D(p) n_{H_2} + \dots \end{aligned}$$

イオン化プラズマ

$$n(p) = R_1(p)n_H n_e + R_2(p)n_{H_2} n_e$$

$$\begin{aligned} \Gamma_{out} = & \Sigma A(q,p)n(p) \\ & + \Sigma C(p,q)n_e n(p) \\ & + \Sigma F(p,q)n_e n(p) \\ & + S(p) n_e n(p) \end{aligned}$$

発光強度比

$$\frac{I(H_\beta)}{I(H_\alpha)} = \frac{A_{4,2} \nu_{4,2} (R_1(4)n_H + R_2(4)n_{H_2})}{A_{3,2} \nu_{3,2} (R_1(3)n_H + R_2(3)n_{H_2})}$$

R_1, R_2 : 電子温度・密度の関数

まとめと課題

- 発光強度から $H\alpha$, $H\beta$ 発光線の上準位密度を求めた
- 1視線上のポロイダル断面トーラス内側・外側の発光強度を最小自乗あてはめにより評価した
- 発光領域における, 電子温度・密度の計測が今後必要
→ He I の線強度比法を用いる
- 内側の $H\alpha/H\beta$ 発光強度比は、 $T_e=5$ eV としたCRモデルによる値により再現可能
- 外側の $H\alpha/H\beta$ 発光強度比は下回った.

- CRモデルには再結合成分を含んでいない
- Ly系列の自己再吸収の影響を検討
- 最小自乗あてはめの誤差の評価