

# 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

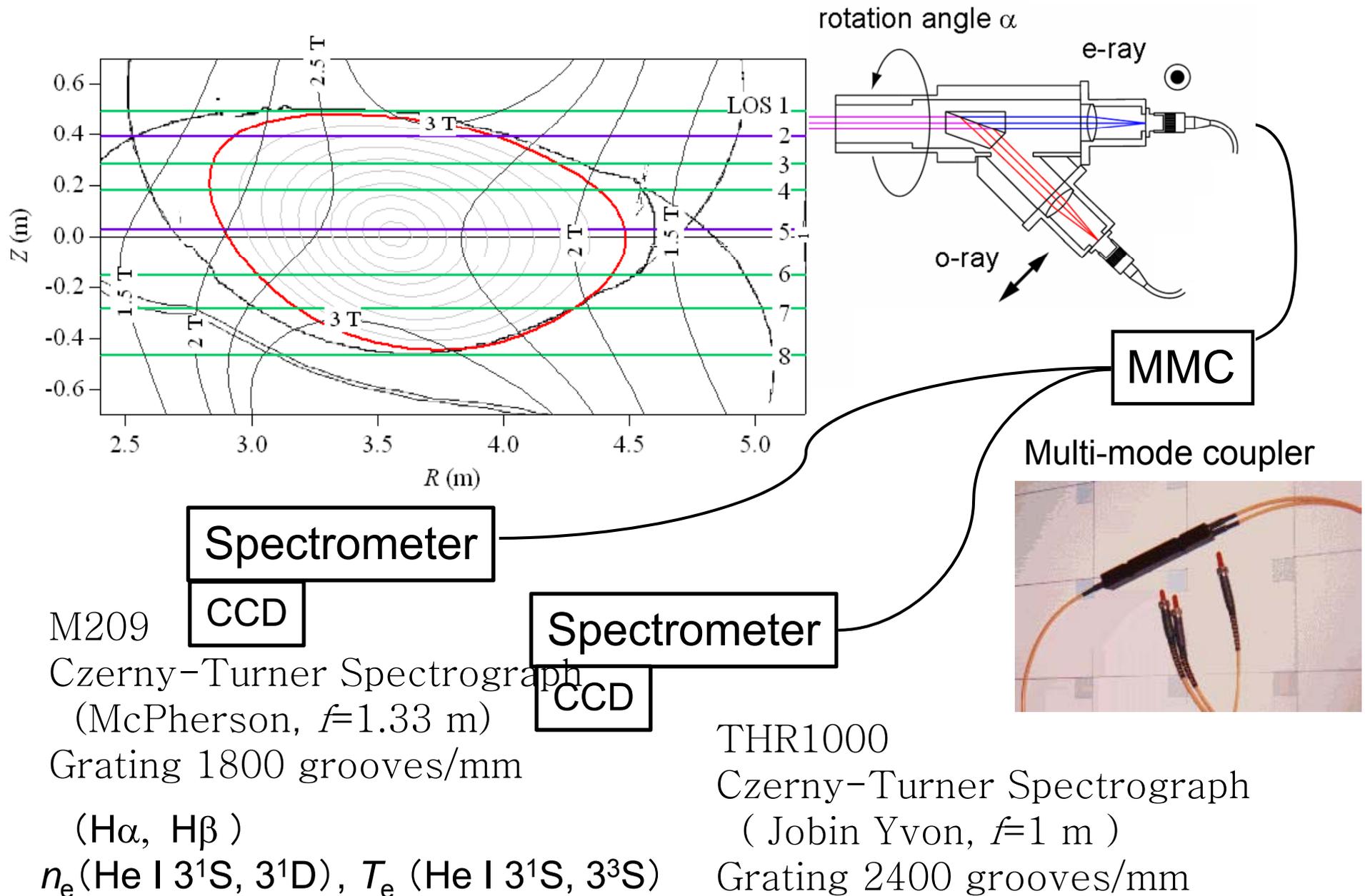
岩前 敦

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)

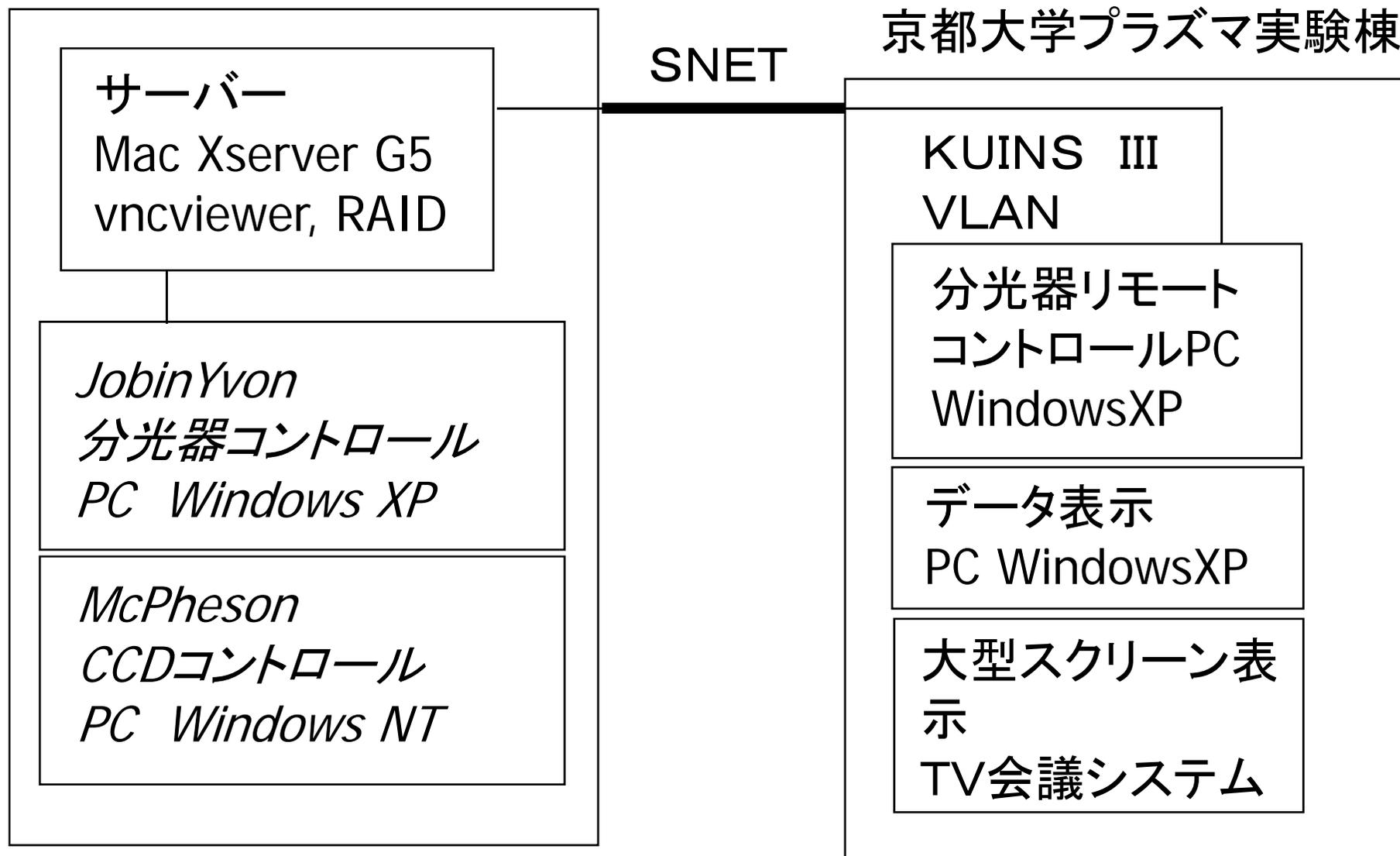
核融合科学研究所

# 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 $\alpha$ , H $\beta$ 線 2波長同時計測の観測例

SN 81113

$B = 2.750$  T

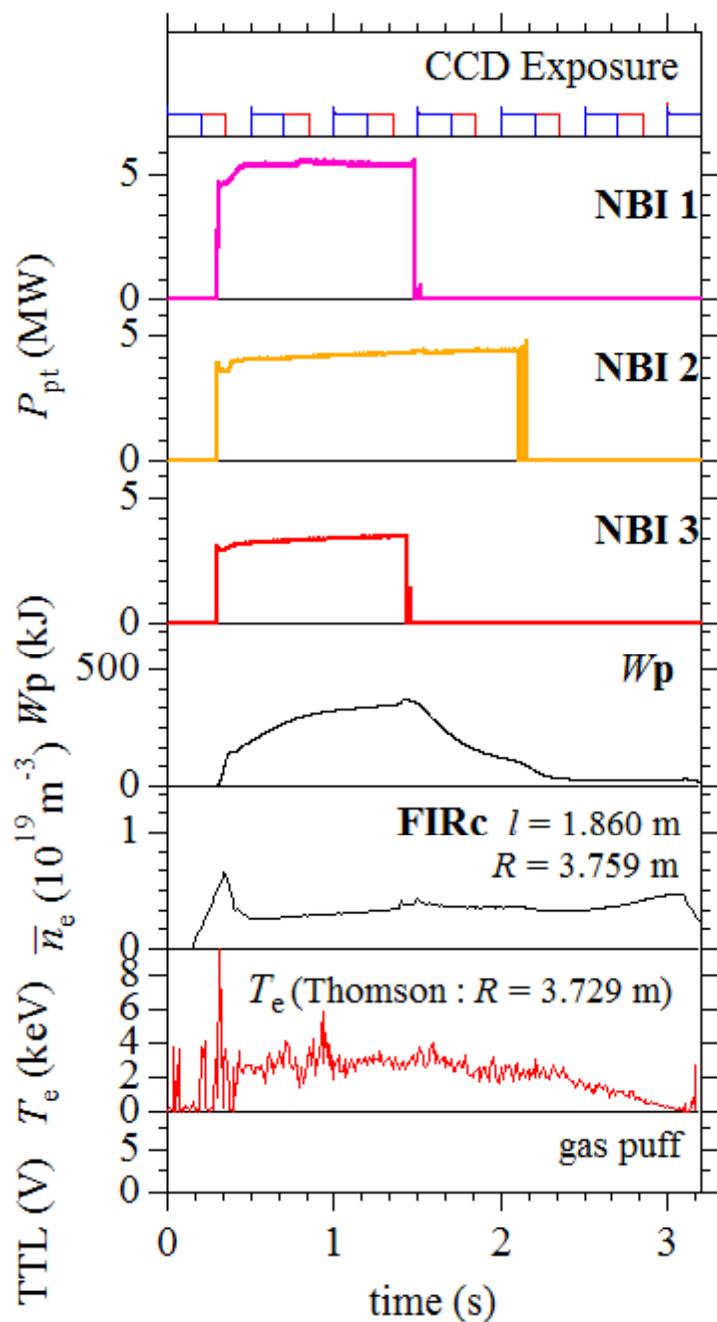
$R_{ax} = 3.60$  m

CCDカメラの露光時間.

0.5秒周期, 15フレーム撮影

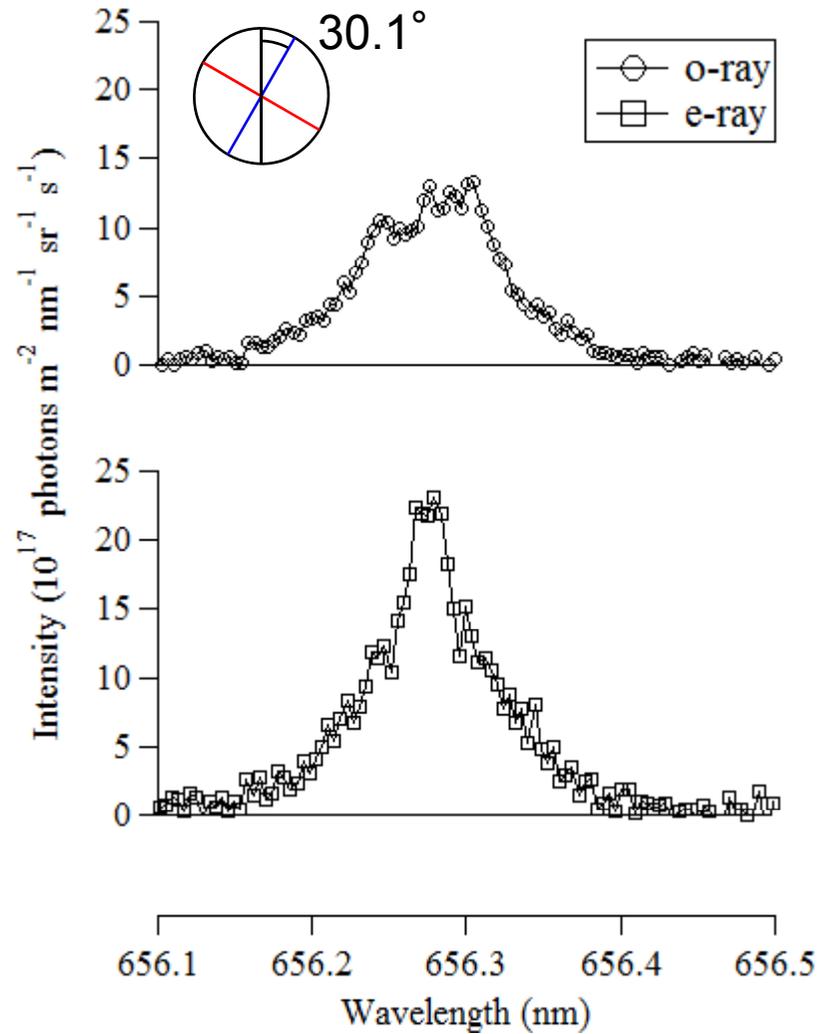
McPherson (H $\alpha$ )

Jobin Yvon (H $\beta$ )

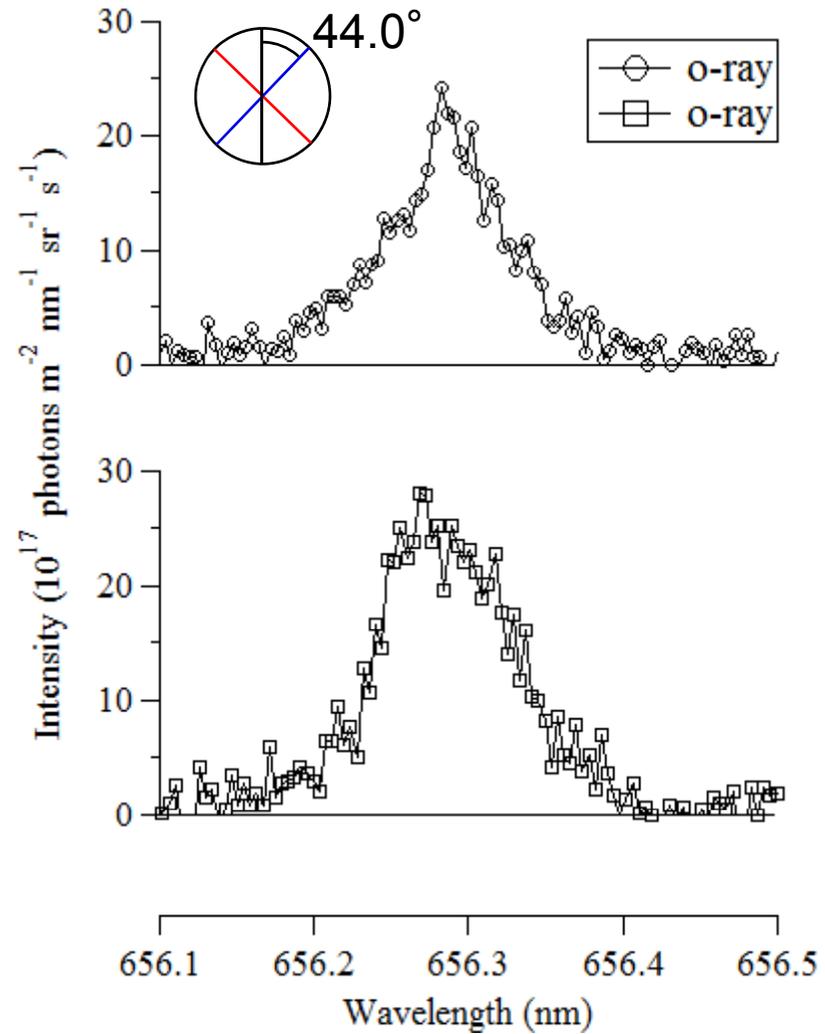


# H $\alpha$ 偏光分離スペクトル 視線25

LOS 2 Z = 0.391 m



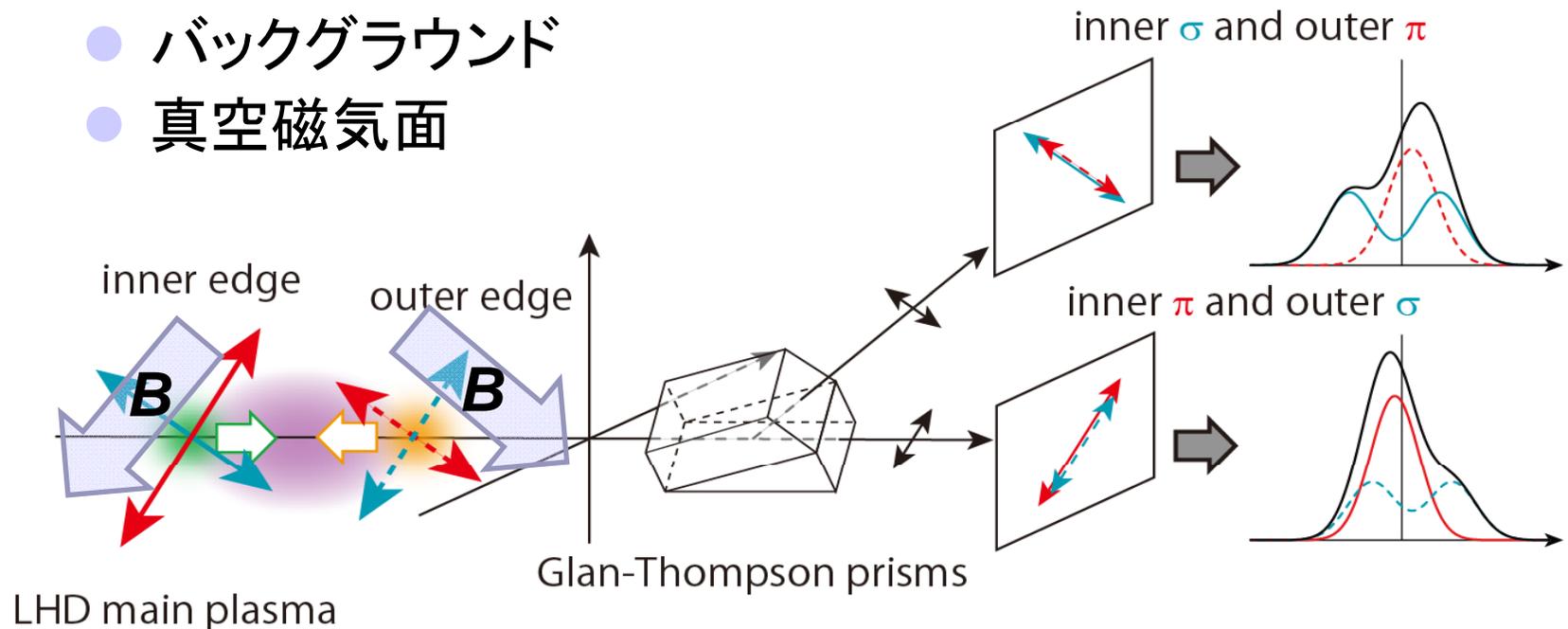
LOS 5 Z = 0.026 m



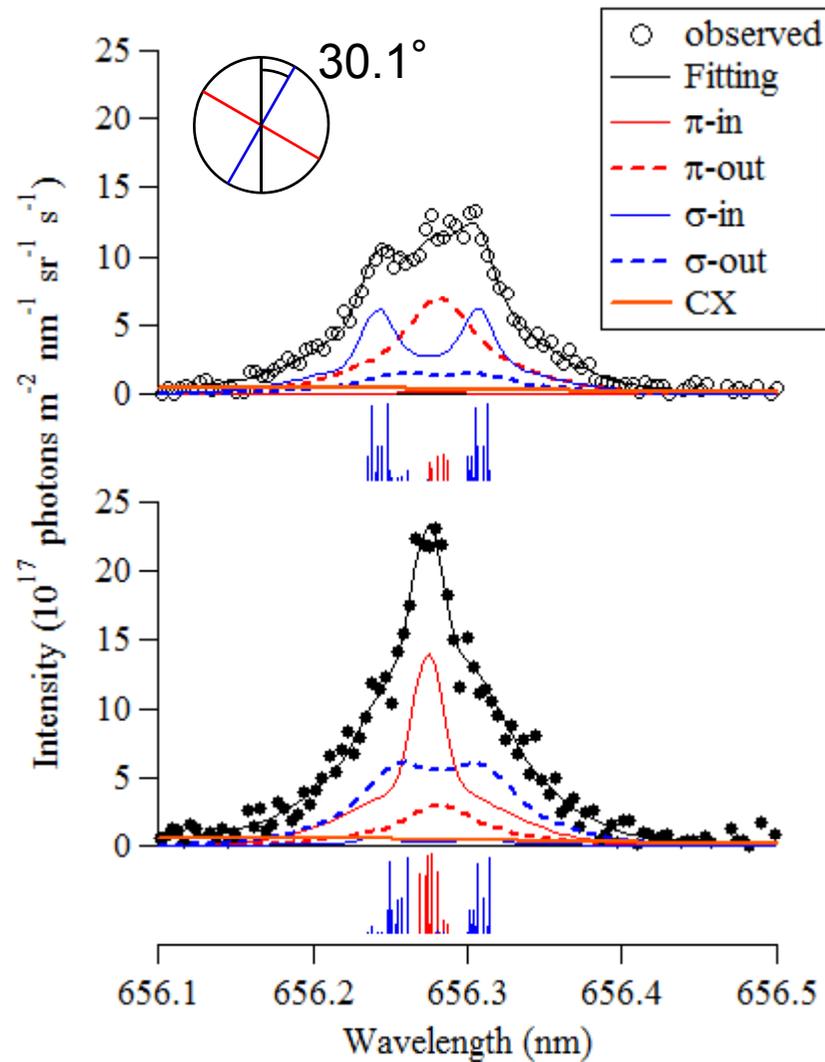
# 偏光分離H $\alpha$ スペクトルの解釈

## 最小自乗あてはめにおける仮定

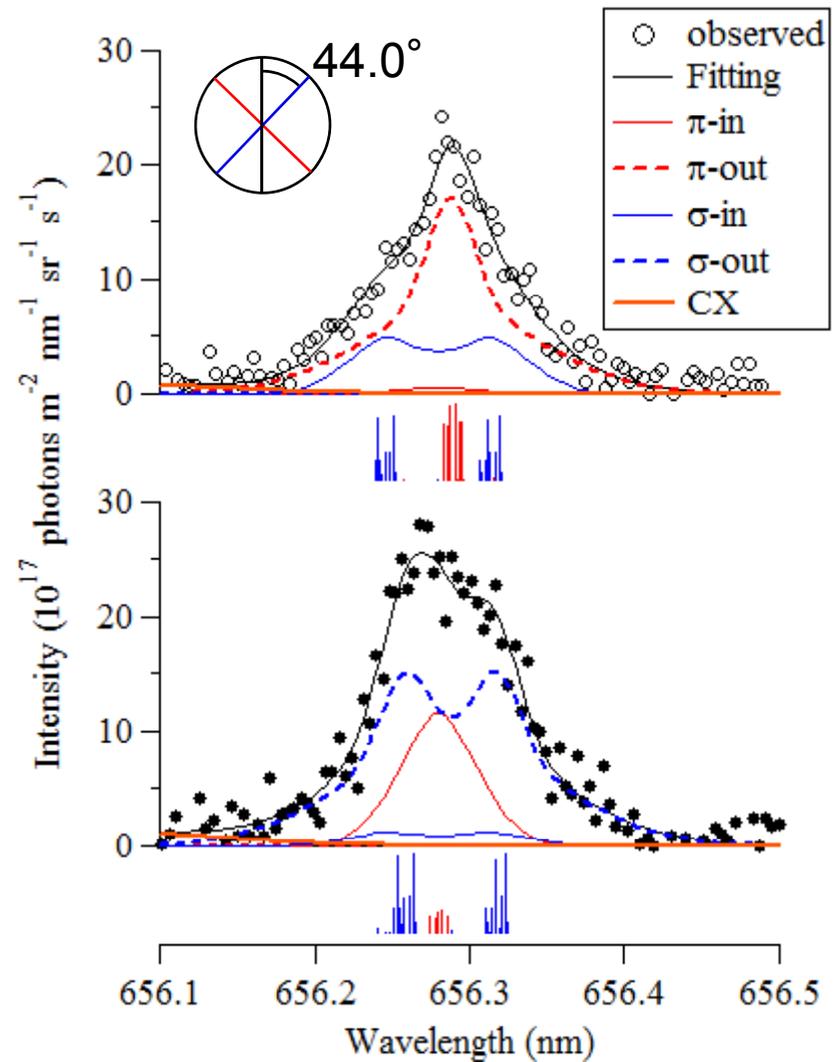
- 視線上の2ヶ所(内側・外側)での発光
- 内側・外側それぞれ異なる視線方向速度成分をもつ
- 内側・外側それぞれの発光位置における原子は2つの温度成分(低温・中温)による速度分布をもつ
- 高温成分が存在する
- バックグラウンド
- 真空磁気面



# H $\alpha$ 最小自乗あてはめの結果

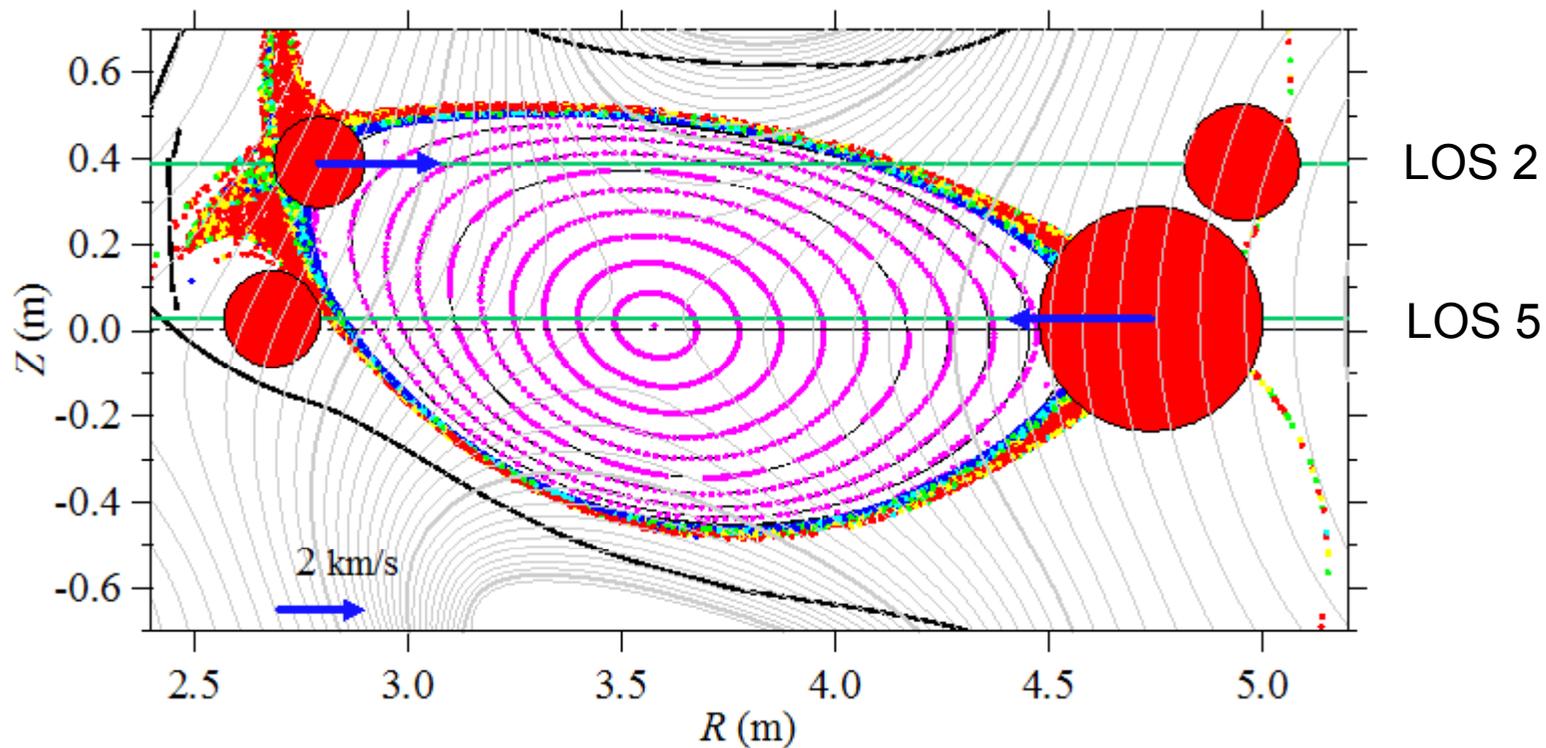


LOS 2 Z = 0.391 m



LOS 5 Z = 0.026m

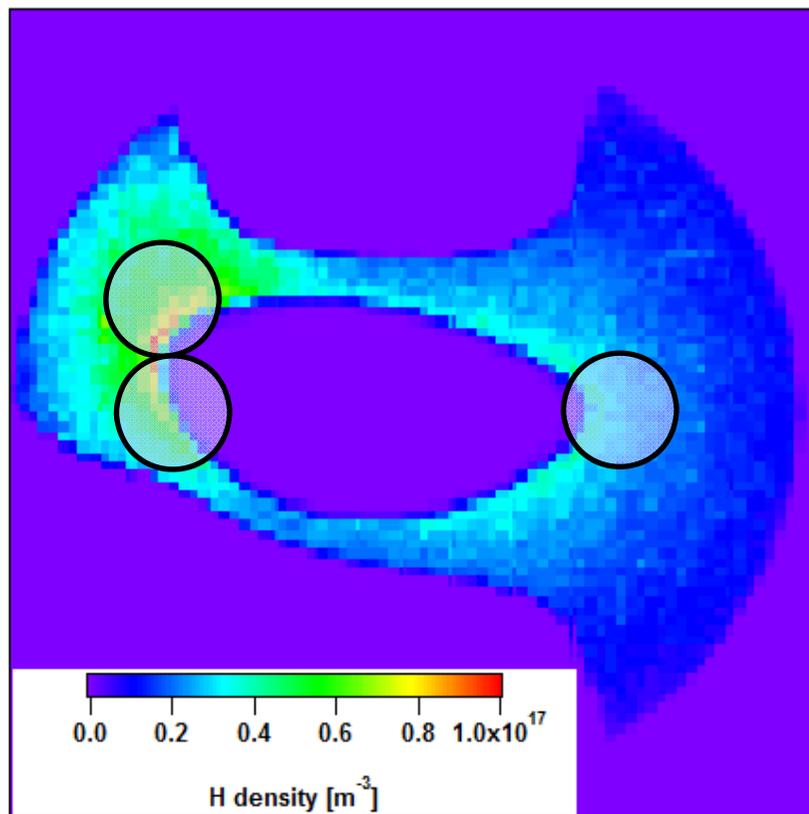
# H $\alpha$ 発光位置 発光強度(低温中温成分) 視線方向速度成分



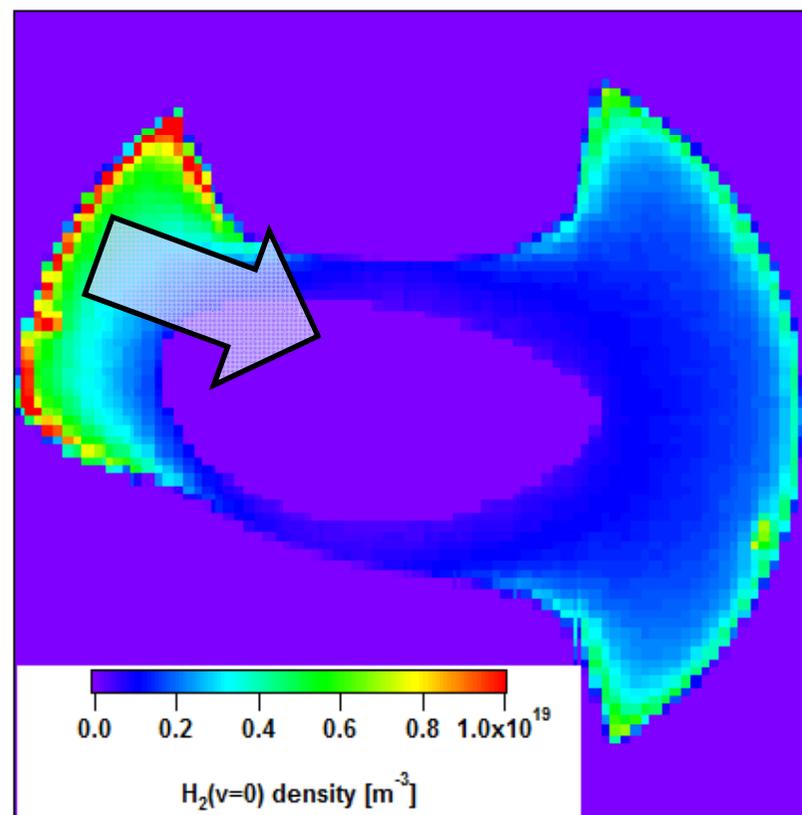
# モンテカルロシミュレーション(信州大澤田)

## 水素原子・分子密度分布

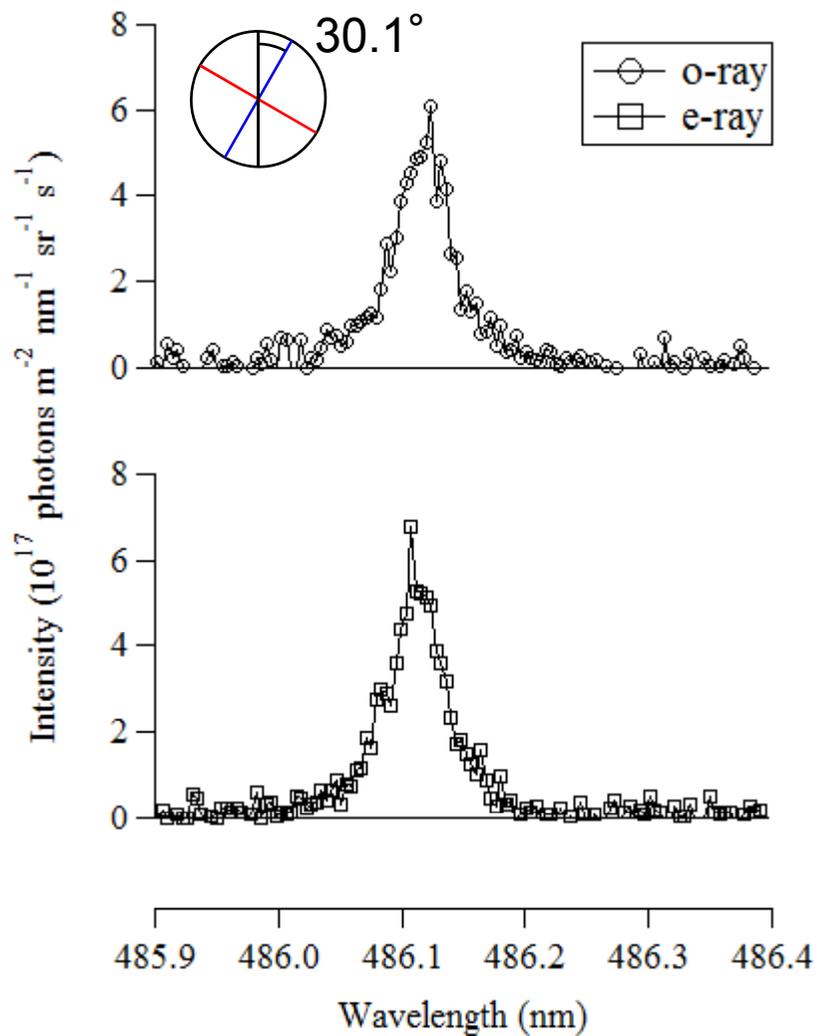
水素原子



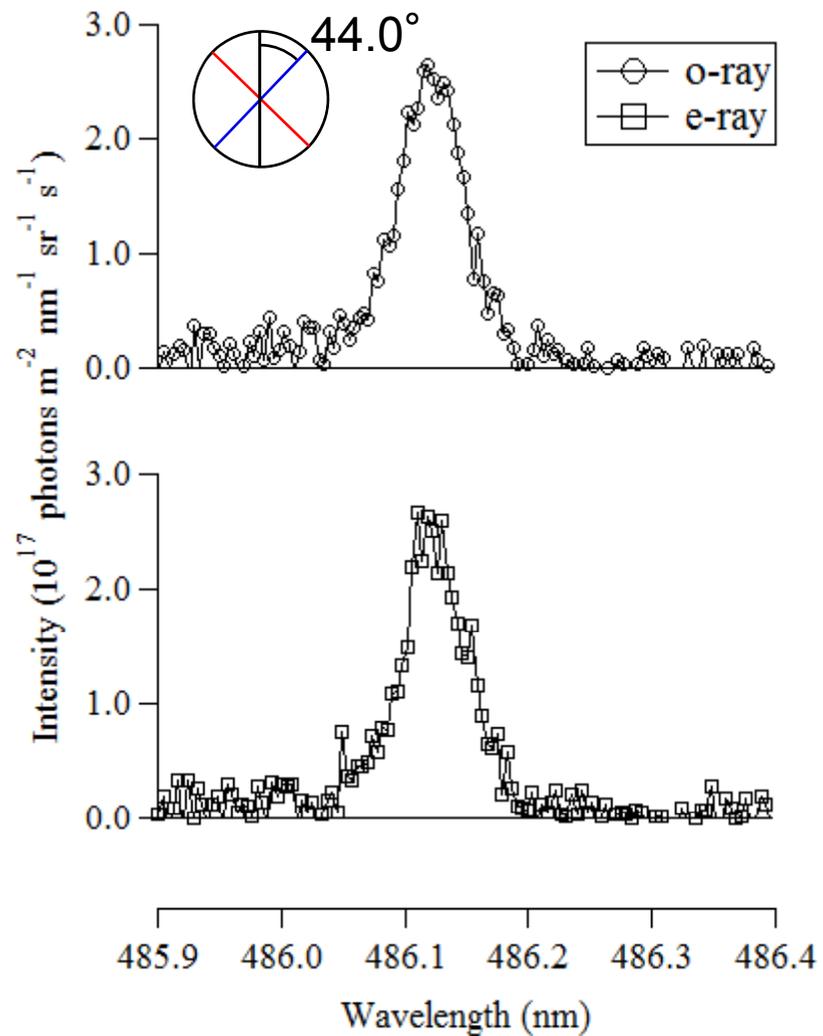
水素分子



# H $\beta$ の実験スペクトル



LOS 2  $Z = 0.391$  m



LOS 5  $Z = 0.026$  m

# H $\beta$ 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 $\beta$ の最小自乗あてはめは収束しなかった。

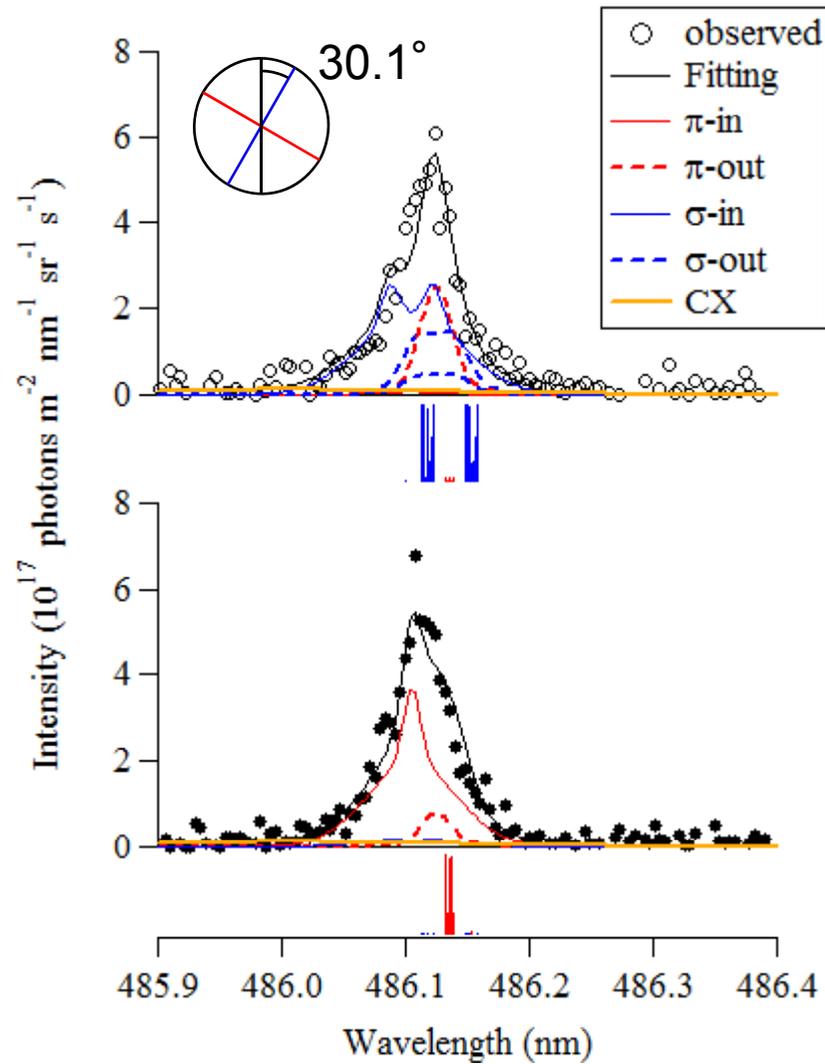
以下の仮定をし

- 発光位置はH $\alpha$ と同じ(磁場強度・方向は同じ)
- 内側・外側それぞれH $\alpha$ と同じ速度成分をもつ
- H $\alpha$ 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 $\alpha$ と同じ温度)

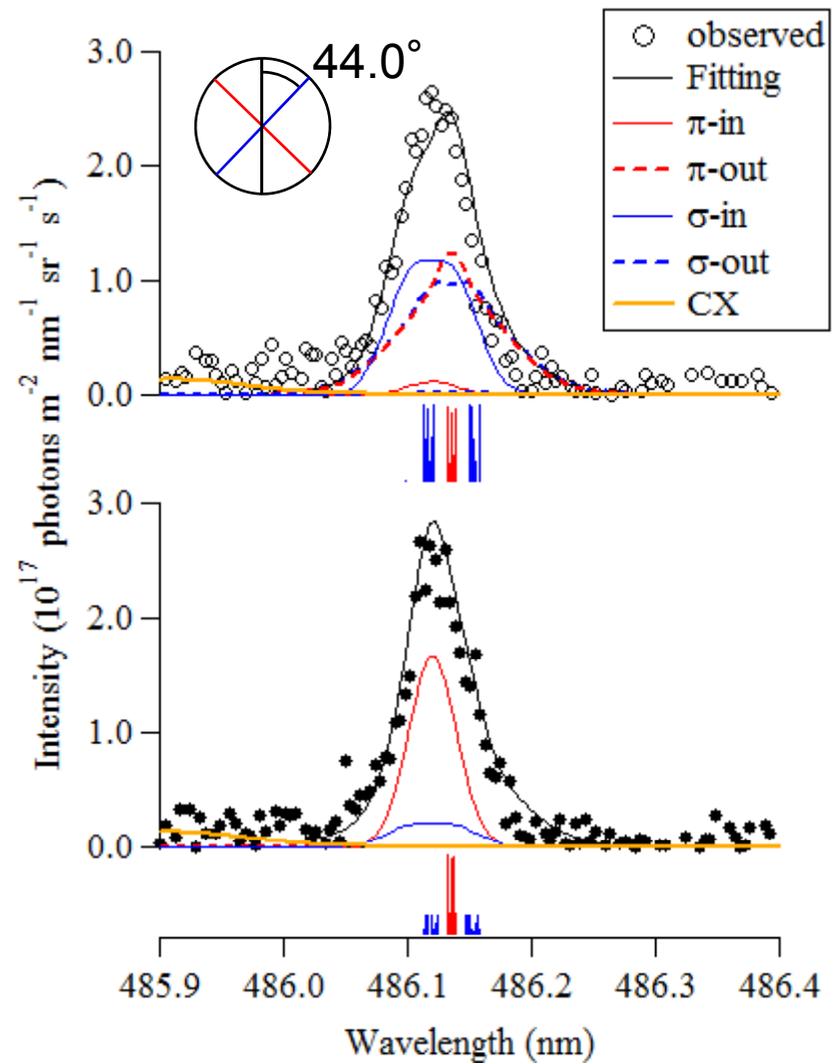
独立なパラメータは5つ発光強度のみとした。

- 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 $\beta$ 最小二乗当てはめ結果



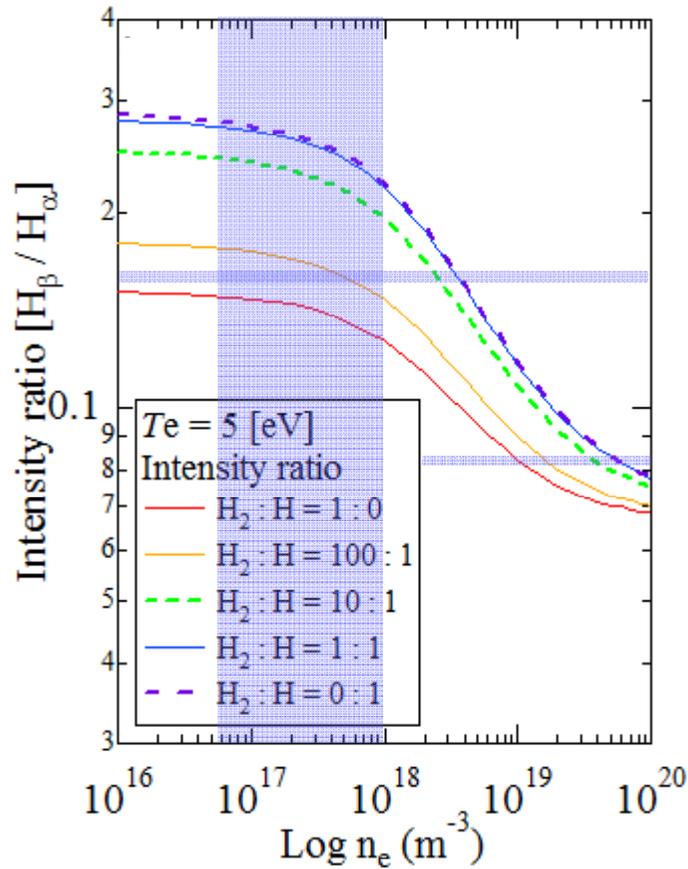
LOS 2  $Z = 0.391$  m



LOS 5  $Z = 0.026$  m

# 水素CRモデルとの比較

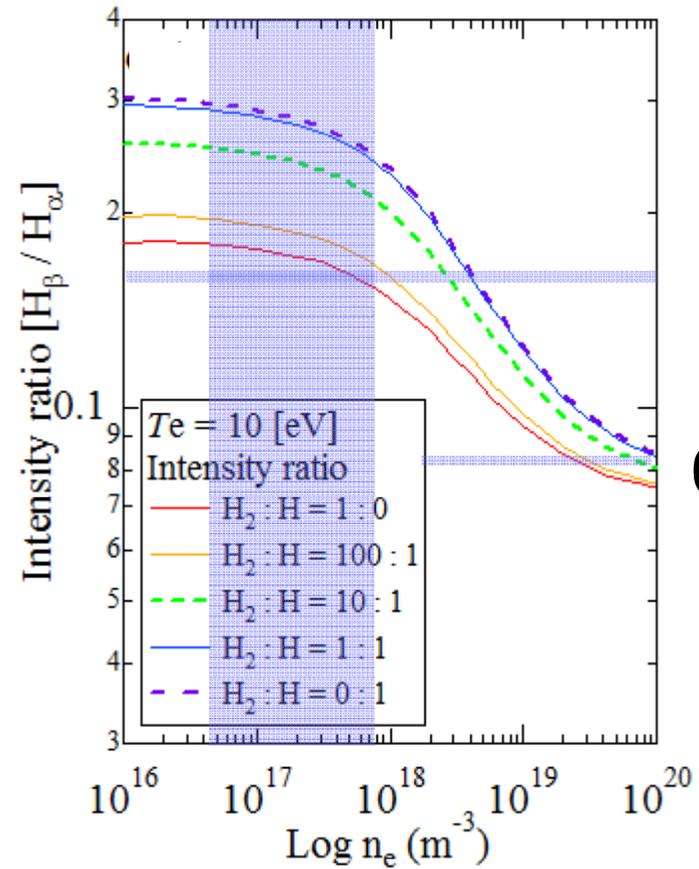
$T_e = 5 \text{ eV}$



0.18

0.08

$T_e = 10 \text{ eV}$



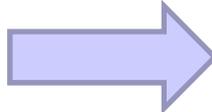
0.08



# 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