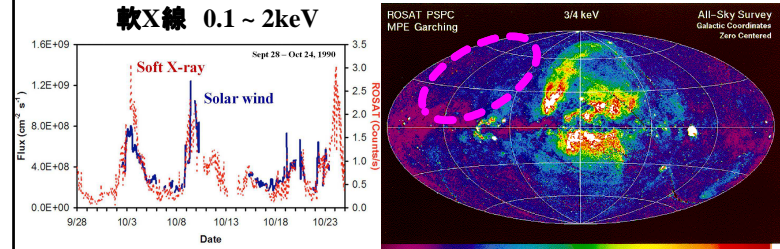


太陽風起源禁制X線遷移の実験室観測

原子物理研究室
沼舘 直樹

研究背景

強度が短期間に変動する軟X線背景放射が発見された



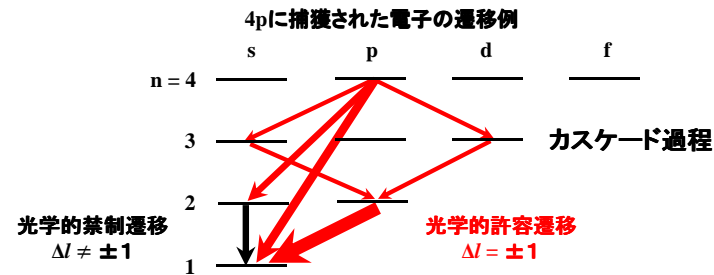
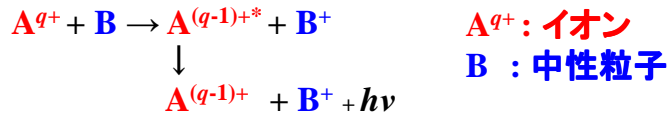
恒星からの軟X線放射観測
&
太陽活動と一致

ROSAT衛星による軟X線全天地図
(S. L. Snowden et al. 1994)

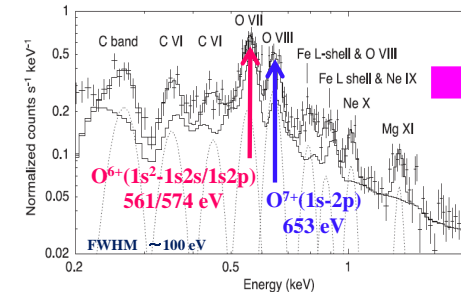
太陽風多価イオンと太陽系内中性物質との電荷交換反応
Solar Wind Charge eXchange (SWCX)

研究背景

電荷交換反応



研究背景



すざく衛星による軟X線スペクトル
(R. Fujimoto et al., 2007)

定量的な解析により
太陽系内中性粒子の
密度が得られる

※電荷移行断面積と
発光断面積の絶対値
が必要

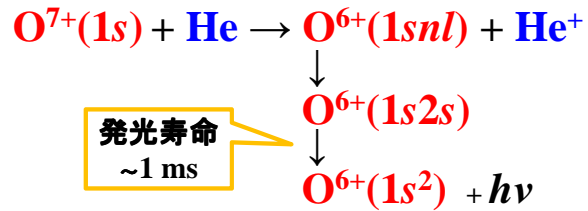
SWCXの実験室における再現

- Jet Propulsion Laboratory & Queen's University of Belfast
 - Lawrence Livermore National Laboratory
 - Oak Ridge National Laboratory
 - 首都大 原子物理実験研究室
- 断面積測定、
高分解能分光実験

SWCX後の禁制線の実験室観測例は未だなし

研究目的

- ◆ 太陽風速度での電荷交換反応を再現 (0.2 - 4.2 keV/u)
- ◆ 電荷交換反応後の禁制遷移に伴う発光を実験室で観測

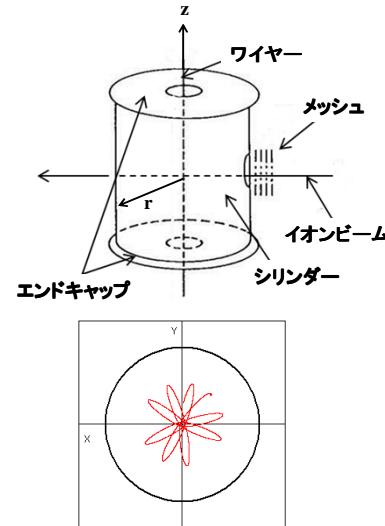


発光寿命
~1 ms

- ◆ 多価イオントラップの開発と性能評価

首都大学東京, 電気通信大, 上智大 共同研究

Kingdon trap



トラップ中のイオンの運動方程式

➢ 径方向 (r方向)

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} - \frac{m\dot{\theta}^2}{r} = -qe \frac{dV(r)}{dr}$$

→ 対数ポテンシャルV(r) による閉じ込め

➢ 軸方向 (z方向)

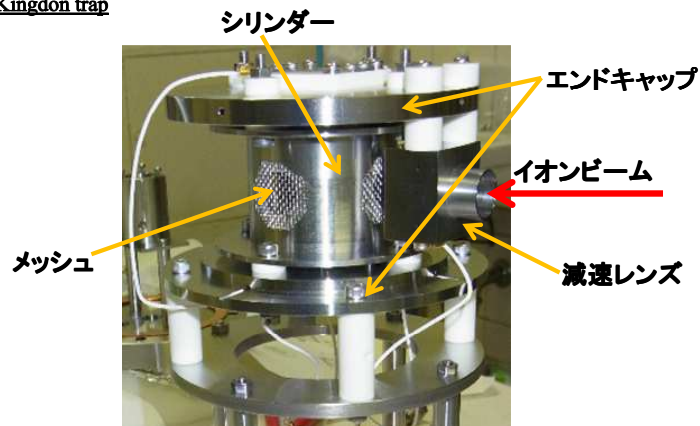
$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = -qe \frac{dV(z)}{dz}$$

→ 調和ポテンシャルV(z) による閉じ込め

➢ イオン軌道のシミュレーション例

(トラップ上部から見た図)
→ ワイヤー電極周りを旋回

Kingdon trap



シリンダー内径: 50 mm
ワイヤー直径: 100 μm
エンドキャップ間隔: 50 mm

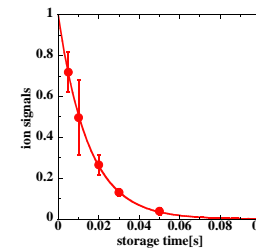
•電極: SUS304
•絶縁ガイシ: ステアタイト
•10 kVまで印加可能
※上智大学テクノセンターで製作

イオンの速度分布決定

- トラップ寿命測定結果から電荷移行断面積を求める際にイオン速度vが必要

実験データを指数関数で
フィッティング

$$I_{ion} = I_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

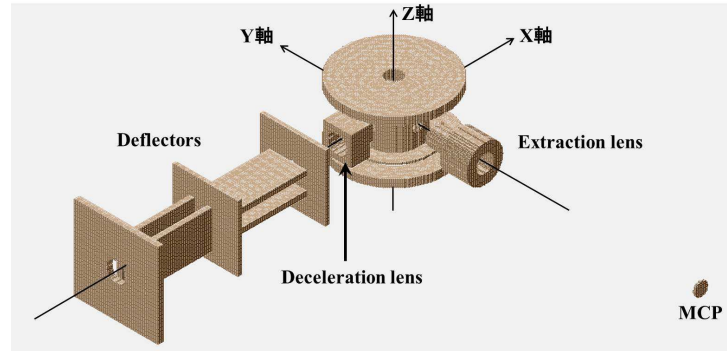


$$\sigma = \frac{1}{\tau n v}$$

τ: トラップ寿命
n: 残留ガス数密度
v: イオン速度

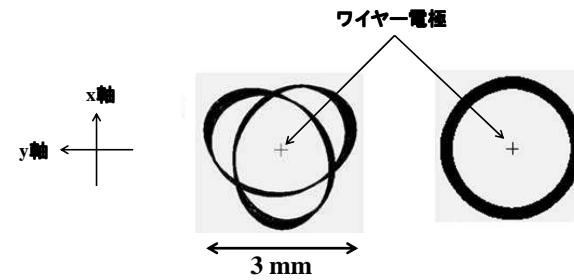
- τ: 測定値
- n: イオンゲージから決定
- v: イオン軌道シミュレーションから決定

イオンの速度分布決定



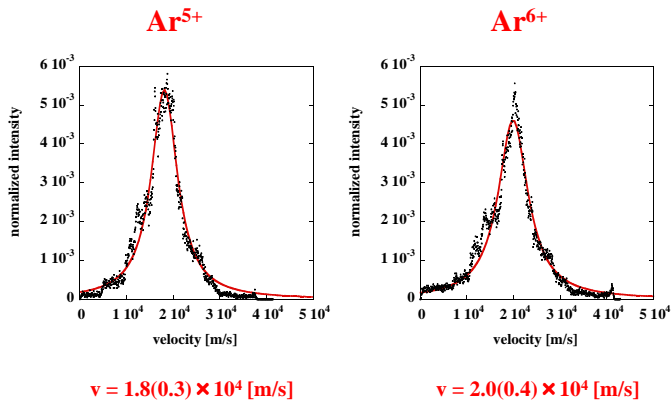
- SIMION 8.0 を用いてトラップ中のイオンの軌道をシミュレーション
- 原点から約 10^4 個イオンを入射 (± 3 mm)
- 入射イオンの初期エネルギー : 10 ~ 150 eV

イオンの速度分布決定

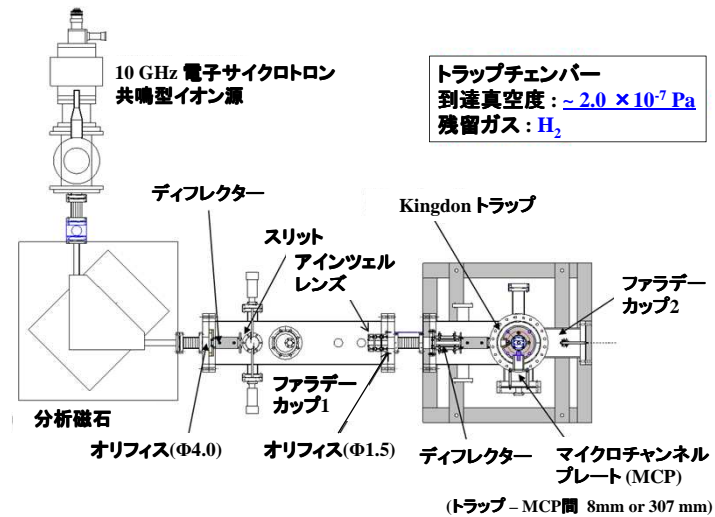


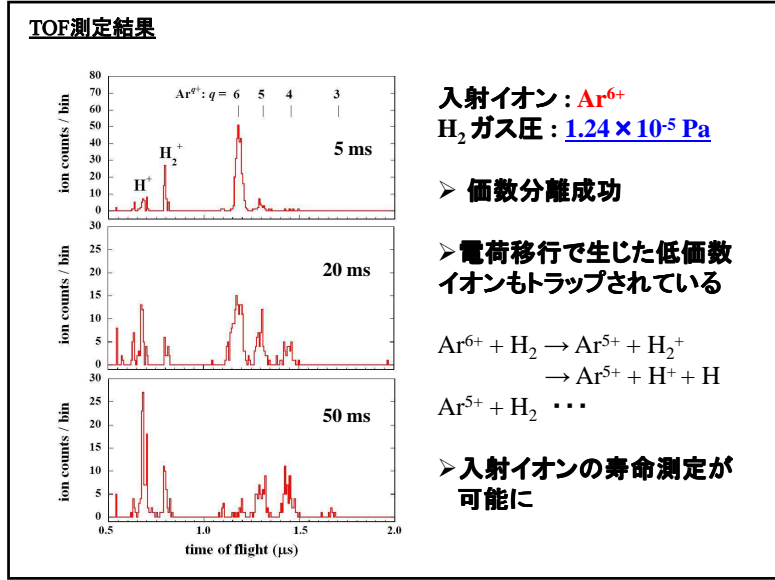
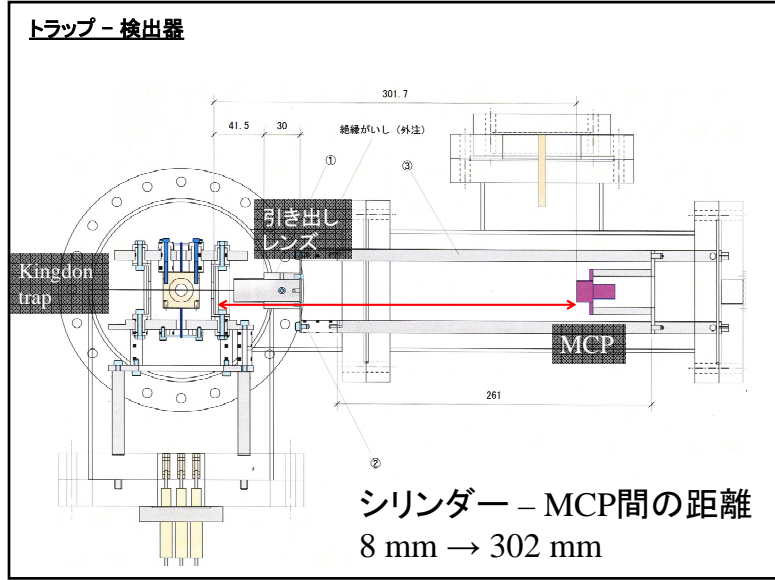
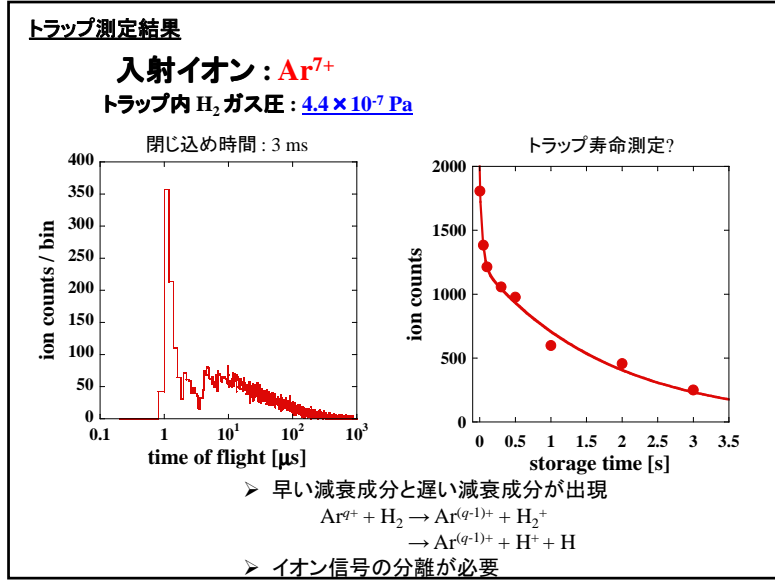
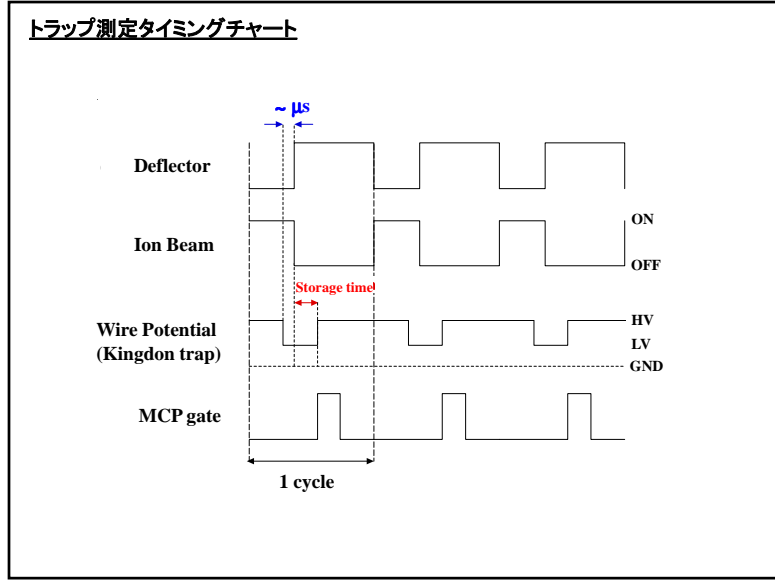
- 上図の様な閉じた軌道を安定軌道 (約 $100 / 10^4$)
- 安定軌道を運動中のイオンの v [m/s] を 100 ms まで 100 μ s 毎に記録

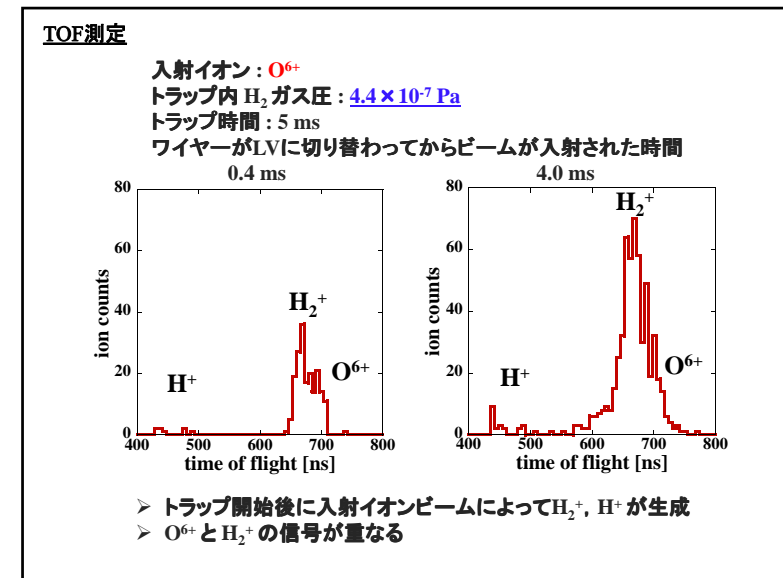
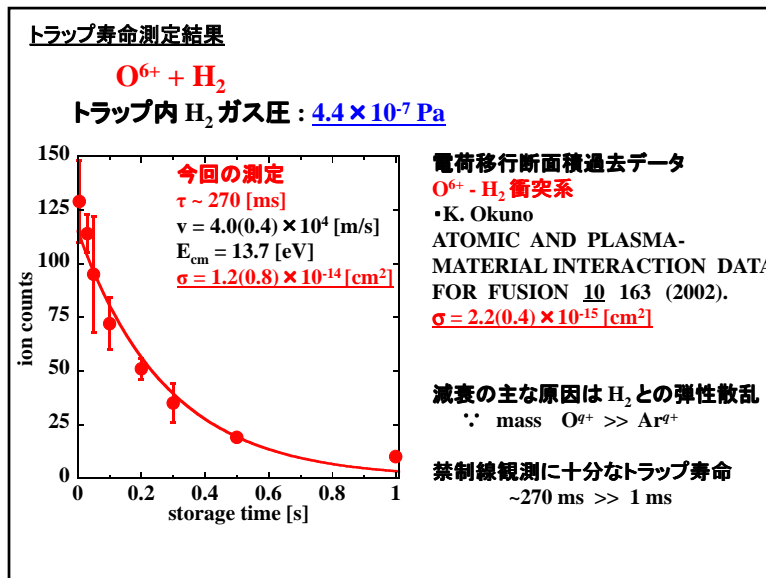
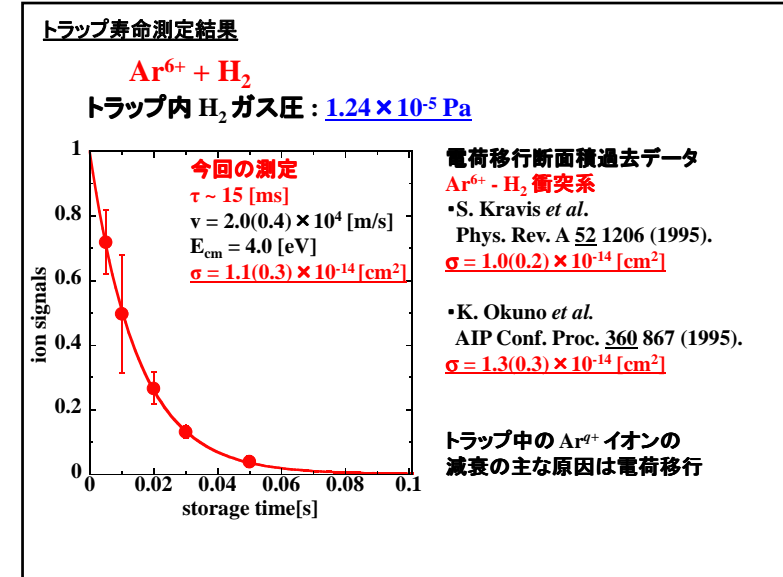
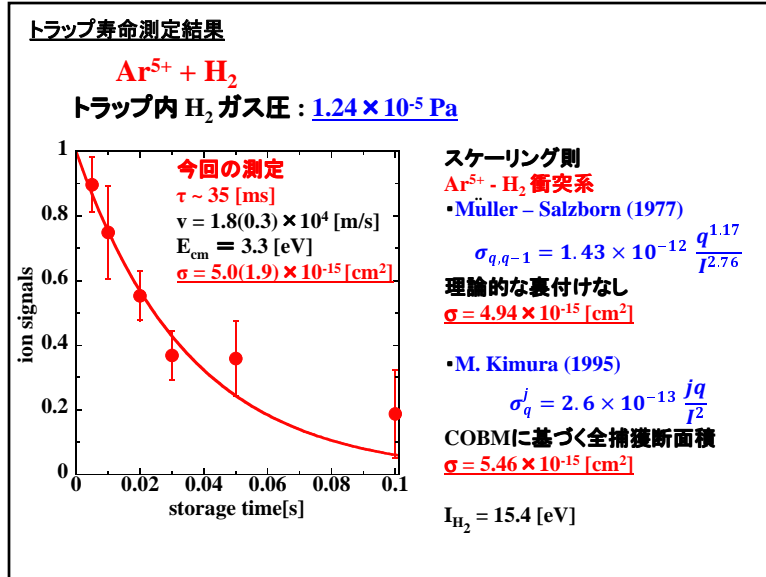
イオンの速度分布決定



装置全体図







まとめ

- 禁制線観測のための多価イオントラップを開発した
- 飛行時間法を用いてトラップ寿命測定を行った
- O^{6+} の禁制遷移観測に十分なトラップ寿命 ($\sim 270 \text{ ms} \gg 1 \text{ ms}$)
 $P = 2.0 \times 10^{-7} \text{ Pa}$, 残留ガス: H_2
- Kingdon trapの首都大移設、トラップ確認は完了

今後

- 正確な O^{6+} のトラップ寿命測定
- 禁制線観測時の真空度における O^{6+} のトラップ寿命測定
 $P = 1.0 \times 10^{-6} \text{ Pa}$, 残留ガス: H_2O
- 禁制線 ($O^{6+} : {}^3S \rightarrow {}^1S$)の観測(年度内?)