

ASTRO-H衛星搭載X線CCDカメラ用 CCD素子の開発

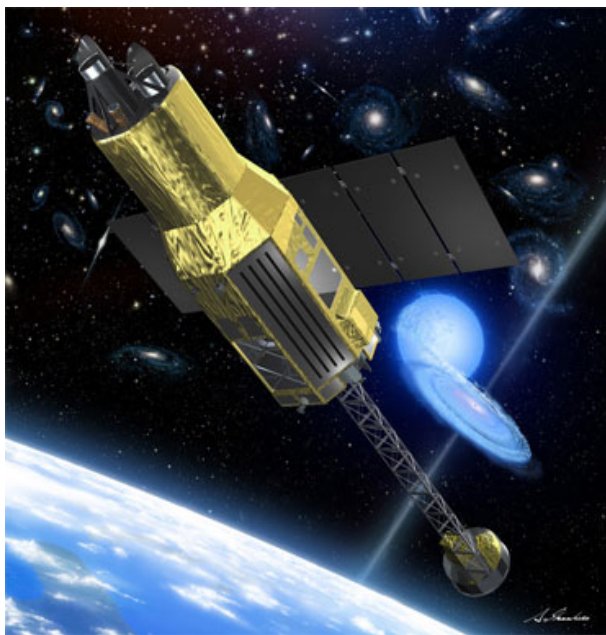
大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻

M1 菅 裕哲

@夏の学校2011/8/3

□ASTRO-H衛星

日本で6番目のX線天文衛星
(2013年度打ち上げ予定)



重量:2.6t 全長:14m

- HXI: 硬X線領域での観測
- SXS: X線カロリメーターによる観測
- SXI: 大面積CCDを用いた広視野、高感度での観測
- SGD: 世界最高感度の軟ガンマ線検出器での観測

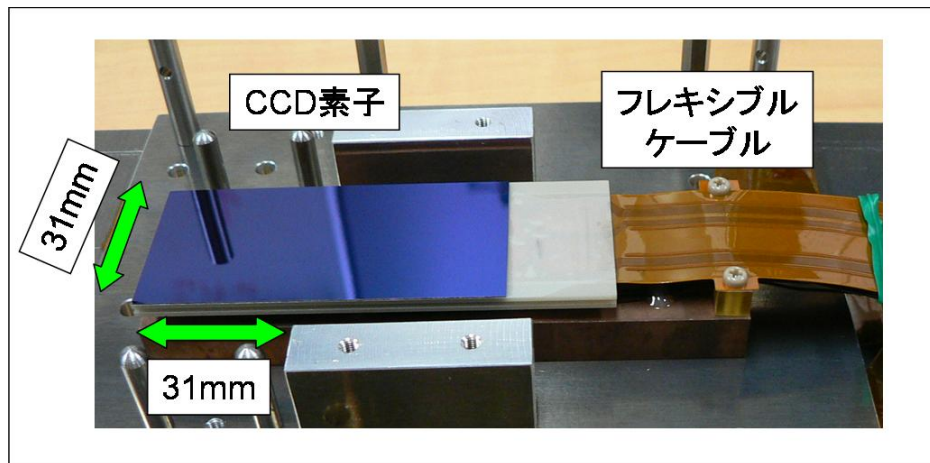


0.3~600keVに及ぶ高感度広帯域
観測が可能

http://www.jaxa.jp/projects/sat/astro_h/index_j.html

SXI(Soft X-ray Imager)

分光・撮像に優れたX線CCDカメラ



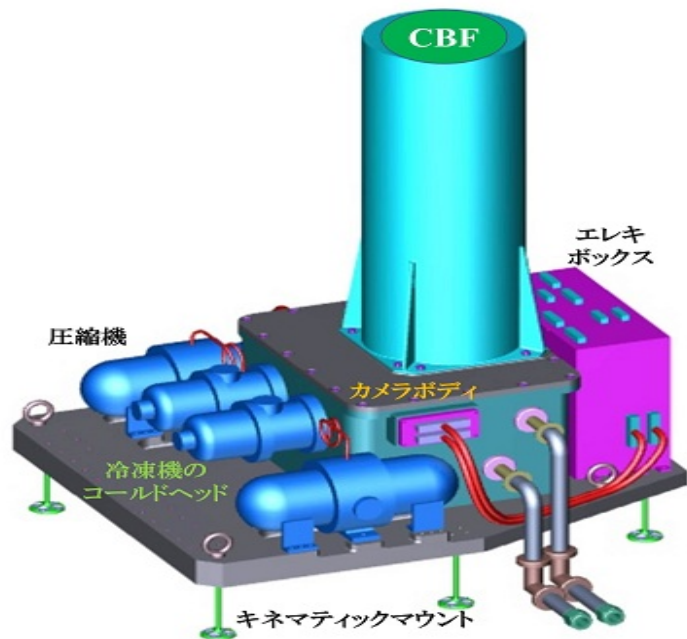
- SXI用CCD素子:Pch-2k4k
- 裏面照射型のP-channel CCD素子



- 低エネルギー側での感度が表面型よりも高い
- P-channel型(メジャーキャリアが電子)
→厚い空乏層(XISの3倍以上)が得られ、
高エネルギー側での感度が上がる。

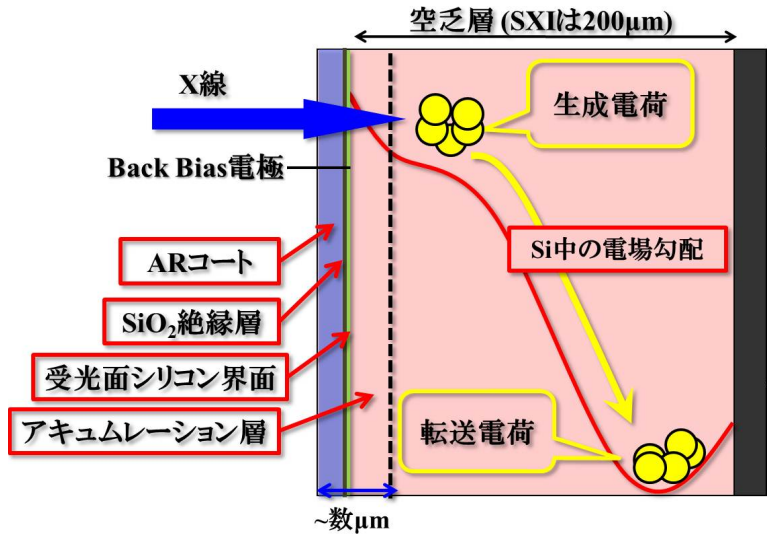


広い有効エネルギー帯域での
観測が可能(0.3~25keV)



CCD内部構造

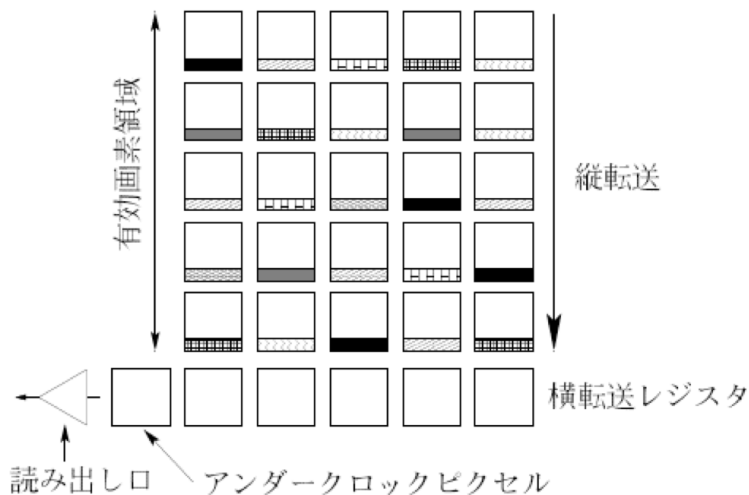
裏面照射型



• CCD (Charge Coupled Device)
(金属/酸化膜-半導体) 接合構造

- X線が入射することにより CCD 内部で光電吸収が起こり、電荷が生じる
- 転送電極により電荷を蓄積/転送する


ポテンシャル



← CCD電荷転送のイメージ

各ピクセルに取り付けられている電極により縦転送、横転送を行い、信号電荷を読み出し口まで転送する

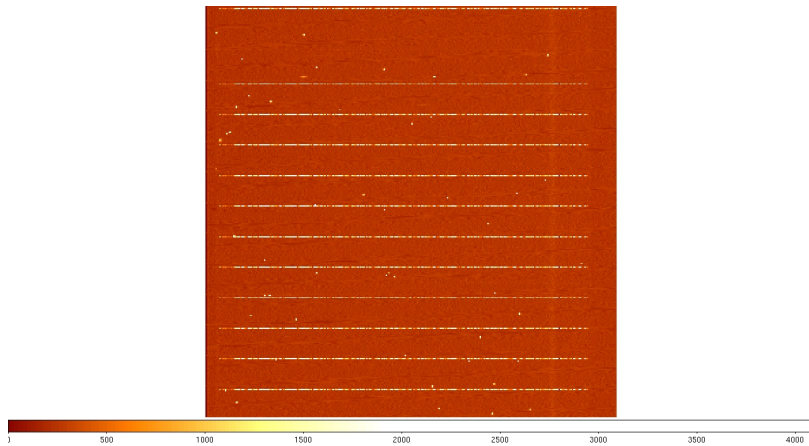
CCDの研究(電荷注入試験)

- 宇宙空間でCCDは放射線をあびる事により、損傷する。
 - バルク損傷:荷電粒子により、シリコン結晶中に格子欠陥が生じ、信号電荷を捕獲する
- 
- 電荷転送効率が悪くなる(分解能が悪くなる)
 - 電荷注入を行い、改善する

電荷注入とは

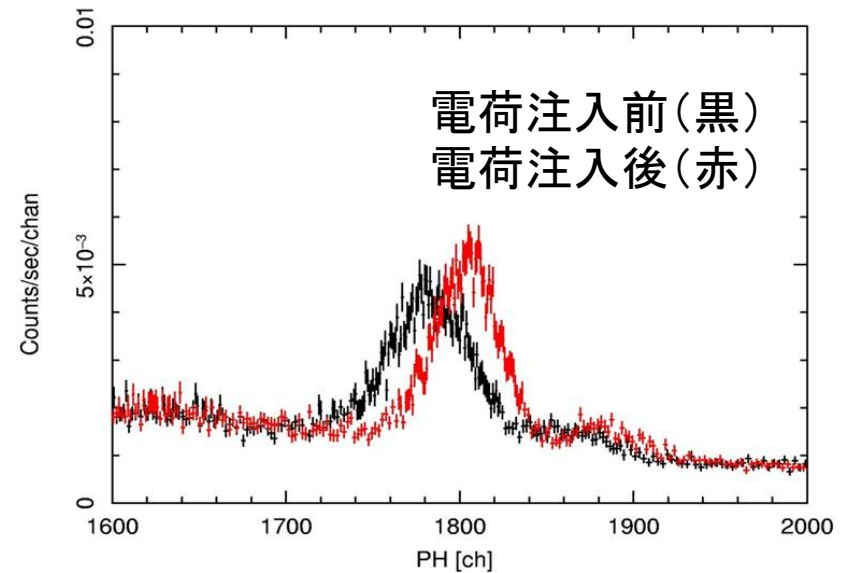
各ピクセルに人工的に電荷を注入し、その電荷で損傷によるトラップを埋める

→ X線イベントで生成された電荷を逃す事なく測定



PE法で電荷を26ライン毎に注入した時のイメージ(電荷注入をすることによってラインの波高値が高くなっている)

Suzaku/XISで観測したPerseus ClusterのHe like Fe-Kの輝線 (uchiyama,H.et al.)



エネルギー分解能(FWHM)

電荷注入
開始前

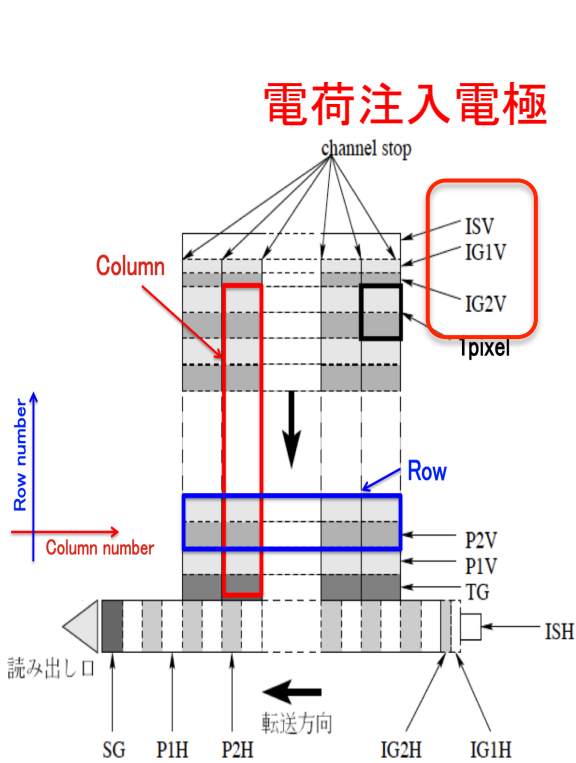
205±6eV

電荷注入
開始後

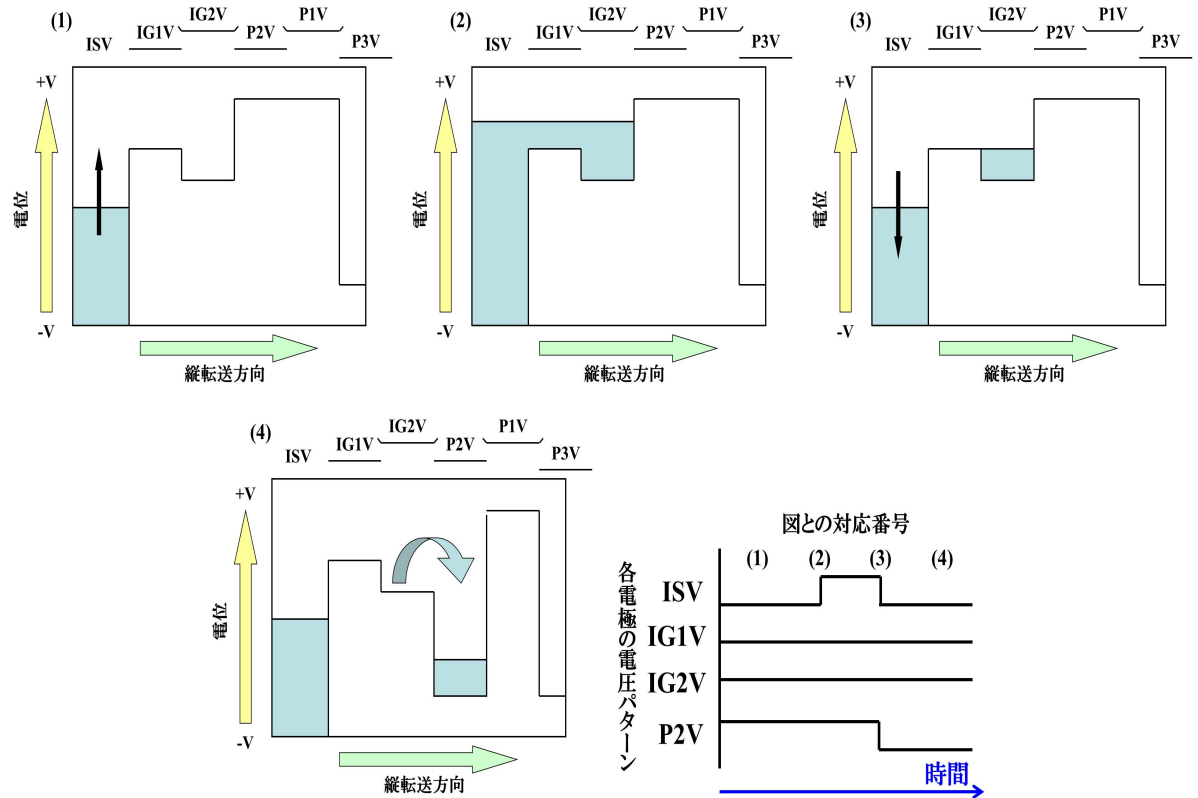
157±4eV

→エネルギー分解能が改善されている

電荷注入法 (Potential Equilibration法)



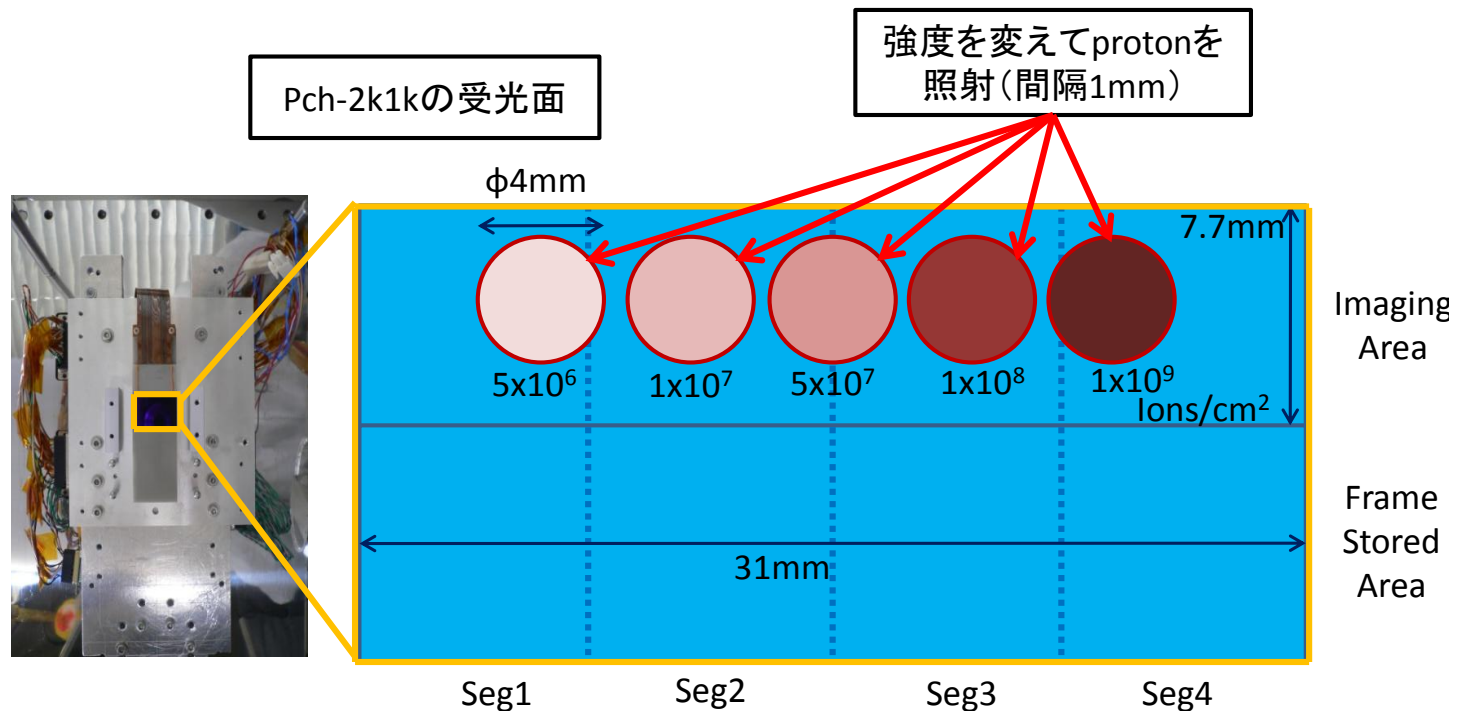
CCD電極配置図



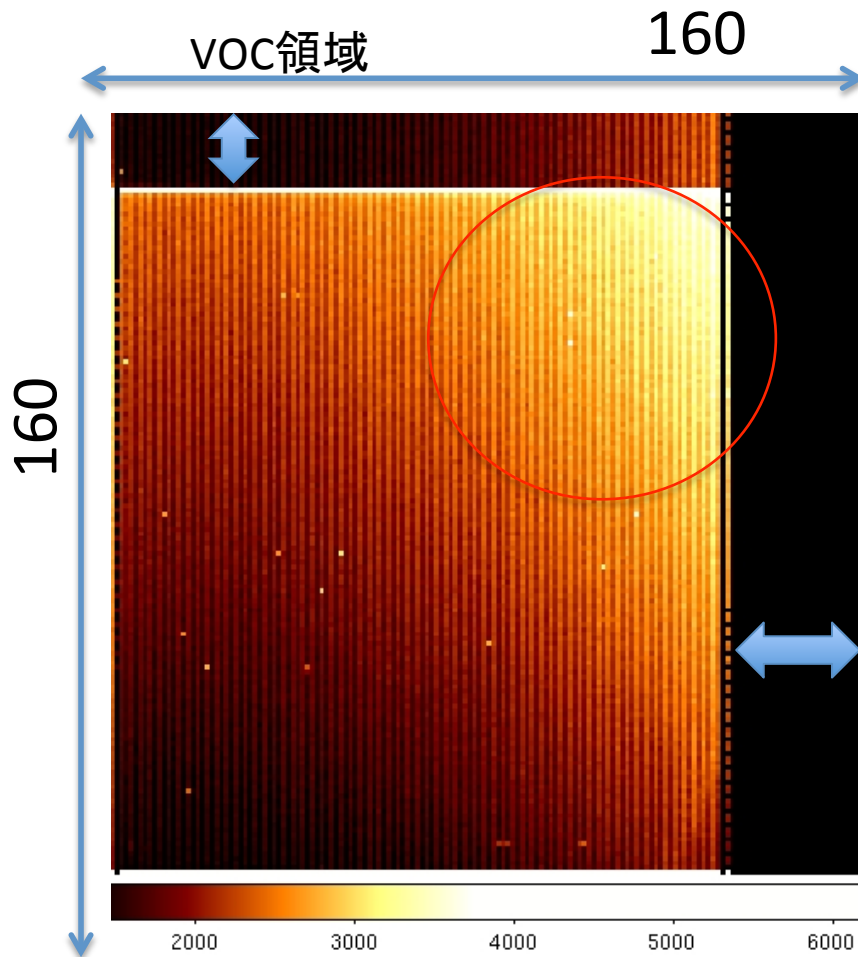
ISV電極 → クロック電圧
IG1V, IG2V → 定電圧

電荷注入の研究

- 地上で人工的に放射線(陽子)を照射し、電荷注入による補償効果を検証する。



陽子照射後のCCDイメージ (Seg1)



CCD温度 -115度

HOC領域: 縦転送ノイズ測定領域

VOC領域: 横転送ノイズ測定領域

右上部分は陽子を照射する事により
波高値が高くなっている

□まとめ

- ASTRO-H衛星

- X線からガンマ線に及ぶ波長域をこれまで以上の高感度での観測により高エネルギー天体現象を観測 (2013年打ち上げ予定)

- SXI (CCDカメラ)

- 軟X線領域の撮像分光を行う検出器

- 電荷注入法により、軌道上での放射線損傷での劣化を改善できる  地上実験で検証中

- 参考文献: 上田周太郎「次期X線天文衛星 ASTRO-H 搭載軟X線CCDカメラ (SXI)に向けたCCD素子の開発」大阪大学修士論文

-