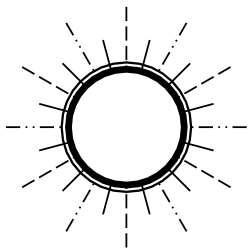




Satellite mission: *PhoENiX*

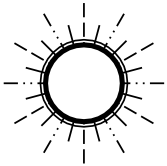
Physics of Energetic and Non-thermal plasmas
in the X- (magnetic reconnection) region



Noriyuki Narukage (NAOJ)

Mituso Oka, Yasushi Fukazawa, Keiichi Matsuzaki, Shin Watanabe,
Taro Sakao, Shin-nosuke Ishikawa, Kouichi Hagino, Ikuyuki Mitsuishi,
Tsunefumi Mizuno, Iku Shinohara, Masumi Shimojo, Shinsuke Takasao,
Hiroshi Tanabe, Munetaka Ueno, Tadayuki Takahashi, Takeshi Takashima,
Masayuki Ohta and *PhoENiX* working group members

お礼



- 「日本学術会議・学術の大型研究計画 マスタープラン2020」への意見表明、ありがとうございました。(2018年11月30日)

日本学術会議・学術の大型研究計画 マスタープラン2020
天文学・宇宙物理学の大型計画

分野別コミュニティからの大型計画の推薦

分科会では、大型計画策定の検討材料とすることを目的とし、分野別コミュニティ（宇宙電波懇談会、光学赤外線天文学連絡会、高エネルギー宇宙物理学連絡会、宇宙線研究者会議、太陽研究者連絡会、理論天文学宇宙物理学懇談会）へ計画の検討・推薦の依頼を行いました。そのうち、理論懇を除くコミュニティから推薦書の提出がありました。各コミュニティには、推薦書の公開を前提とせず、奇譚の無い議論を行っていただきましたが、公開は差し支えないとしたコミュニティからの推薦書を以下に掲載します。



分科会からの依頼内容：1計画につき半ページ程度、できれば順位を付ける、新規計画と継続の計画を区別して扱う（ただし定義は未定であるのであくまでも目安として分ける）、2018年11月末締切。

✓ 推薦書

- [宇宙電波懇談会](#)
- [高エネルギー宇宙物理学連絡会](#)
- [宇宙線研究者会議](#)
- [太陽研究者連絡会](#)

また、上記以外のコミュニティから提出された意見表明書・推薦書等を以下に掲載します。



- [地球電磁気・地球惑星圏学会 粒子加速研究分科会](#)

Particle acceleration High-energy particles (accelerated particles) have been ubiquity detected in the universe. However, “What is the origin of the high-energy particles?” is still puzzle. The magnetic reconnection is one of candidates of the particle acceleration. Actually, accelerated electrons have been observed in solar flares. But, acceleration mechanism (even acceleration site) in solar flares is unresolved.



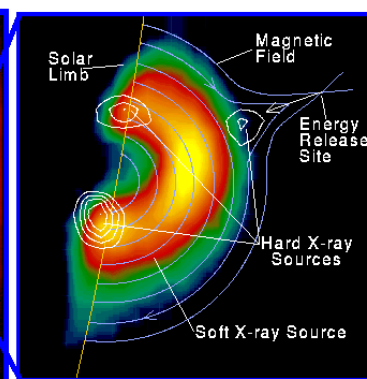
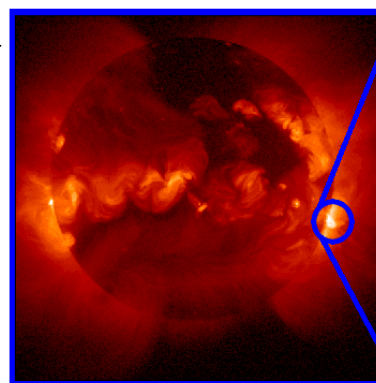
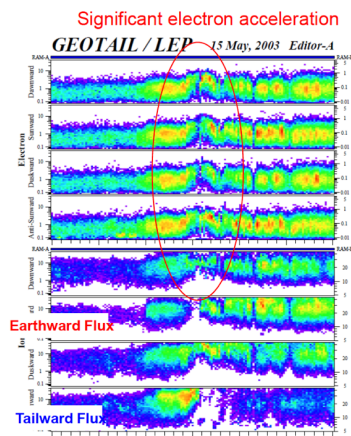
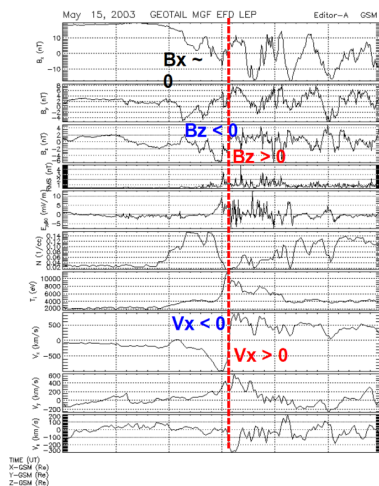
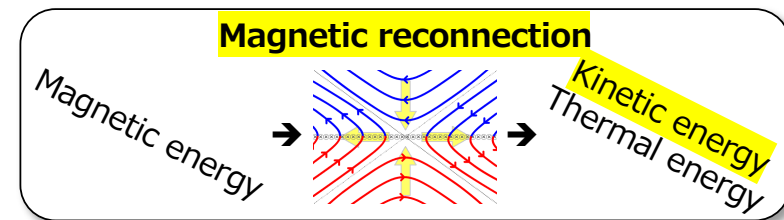
PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal Plasmas in the X-region)

Science Goal

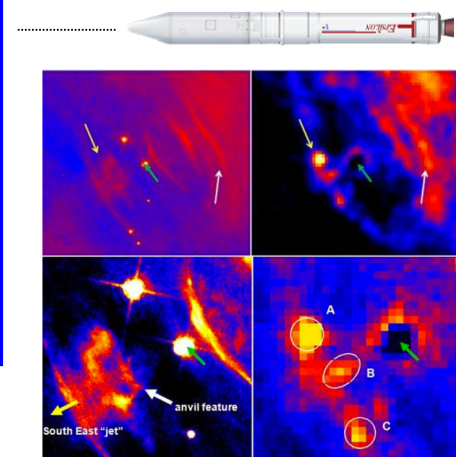
Understanding of particle acceleration during magnetic reconnection

Science Objectives

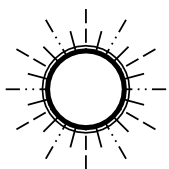
1. To identify particle acceleration sites in solar flares [where]
2. To investigate temporal evolution of particle acceleration in solar flares [when]
3. To characterize properties of accelerated particles in solar flares [how]



Solar flare



Gamma-ray flare in Crab nebula

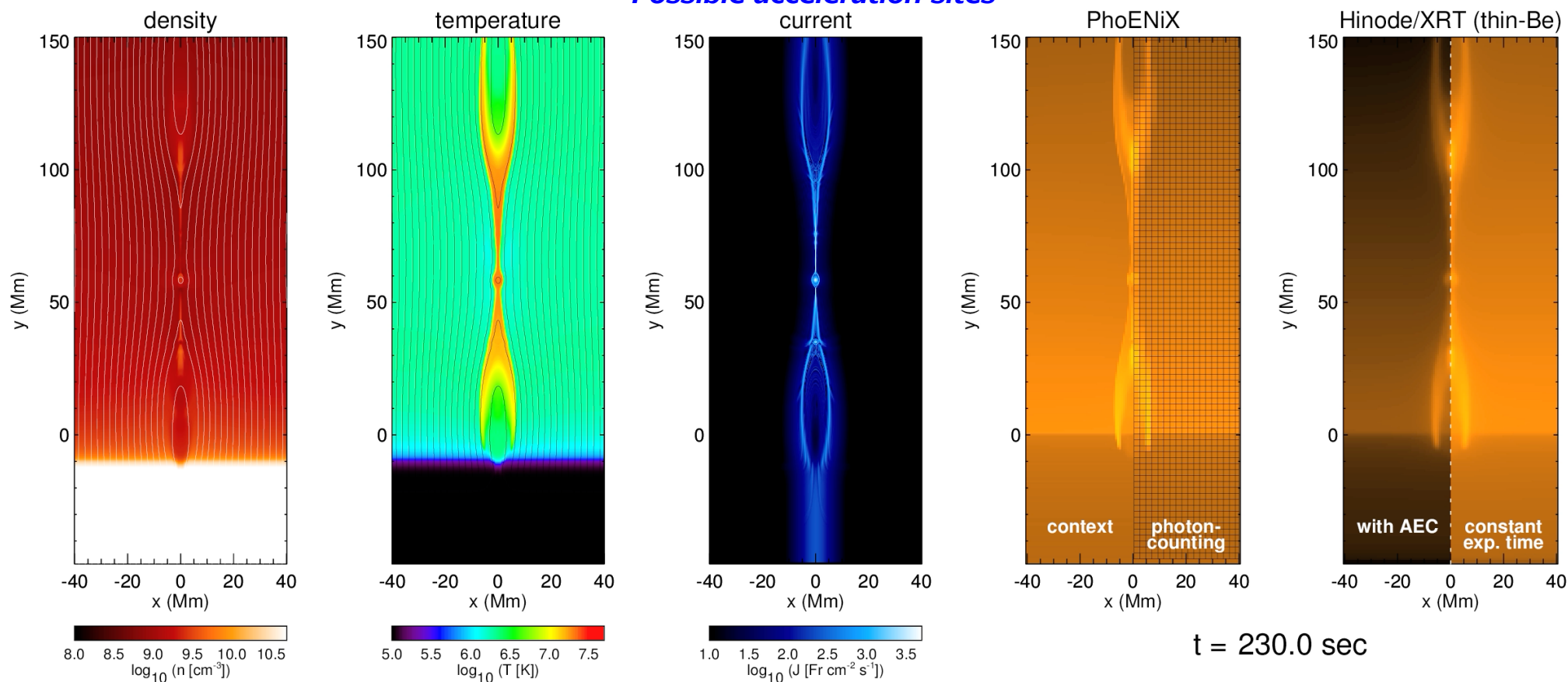


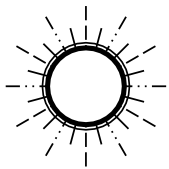
Expected PhoENiX observations in X-rays

based on MHD simulation of a solar flare (magnetic reconnection)
calculated by Kaneko



Possible acceleration sites

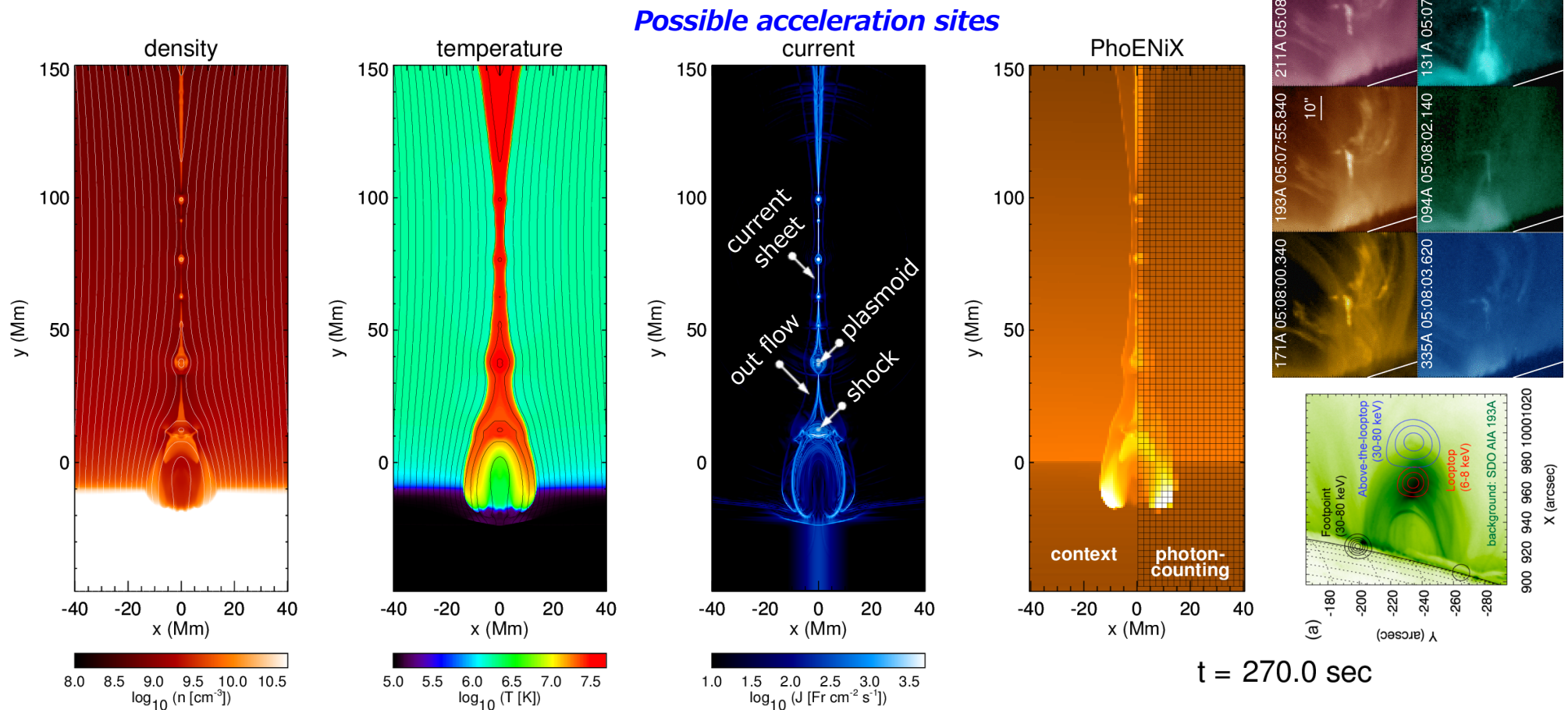




Expected PhoENiX observations in X-rays



based on MHD simulation of a solar flare (magnetic reconnection)
calculated by Kaneko



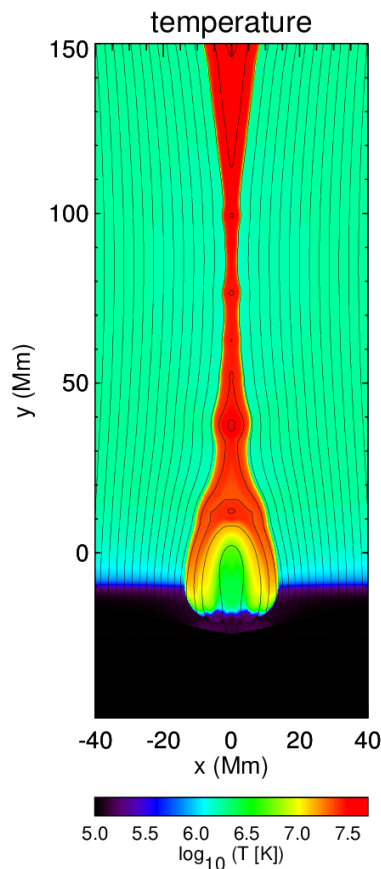
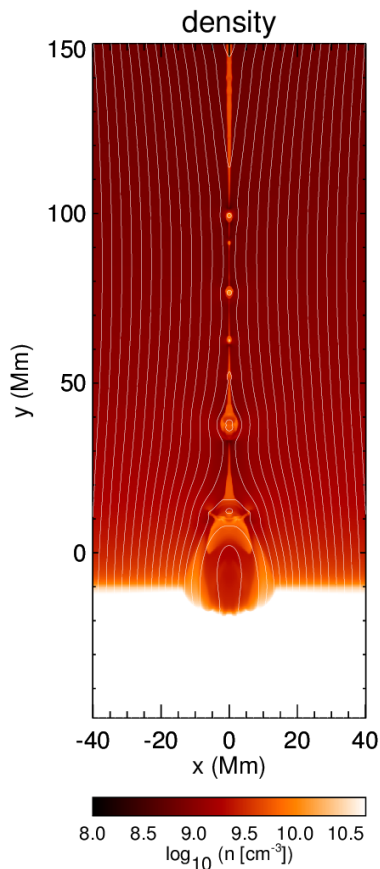
Calculated by Kaneko

candidates of accelerators : Identification method

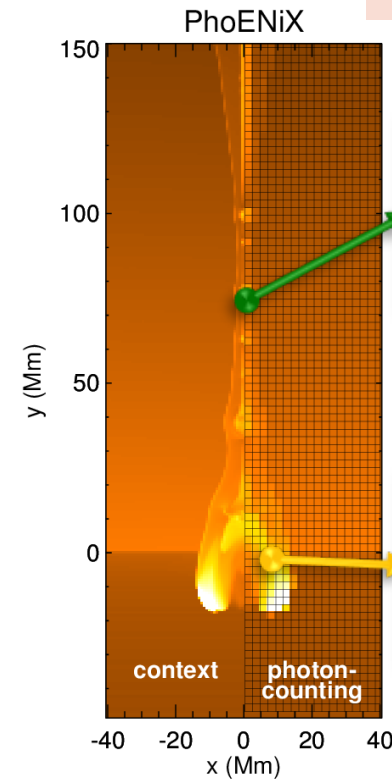
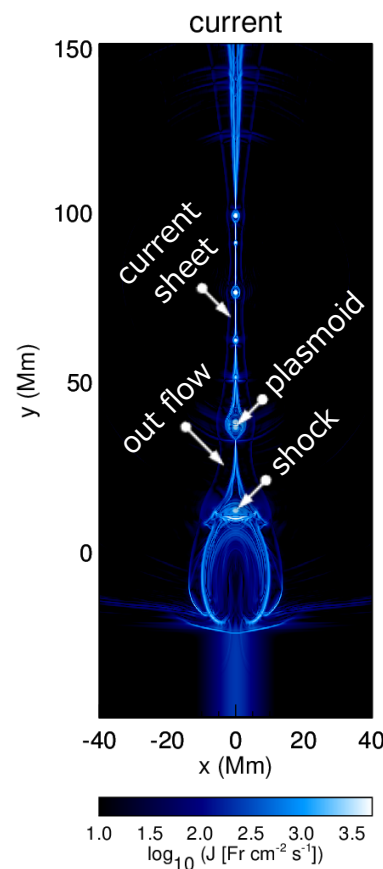
• **Accelerating electrons**

can be identified with spectral power law index in X-ray and soft gamma-ray range.

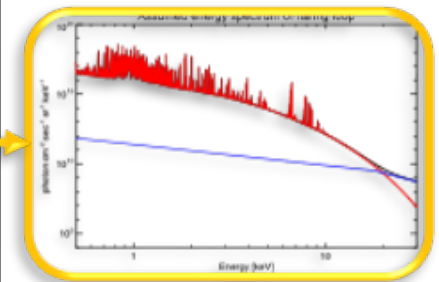
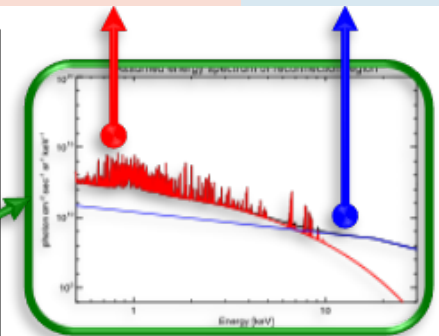
- **Shock** : Jump of temperature and density
- **Plasmoid** : density
- **Out (down) flow** : motion of X-ray intensity [PhoENiX cannot measure doppler velocity]
- **Current sheet** : Shape and temperature (joule heating) [PhoENiX cannot measure current]



Possible acceleration sites



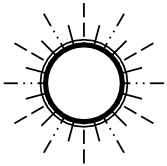
Temperature & density **Power low index**



t = 270.0 sec

Calculated by Kaneko

FOXSI-3 (the 3rd flight of Focusing Optics X-ray Solar Imager)



- US-Japan collaborative sounding rocket experiment.
→ **FOXSI-3 was successfully launched on September 7th, 2018.**
- Objectives:
 1. Study small scale energy release in the solar corona
 2. Demonstrate the new technology for X-ray imaging spectroscopy
- Method:
 1. Hard X-ray imaging spectroscopy
 2. **Soft X-ray imaging spectroscopy (for the first time in the world) with a high-speed X-ray camera**

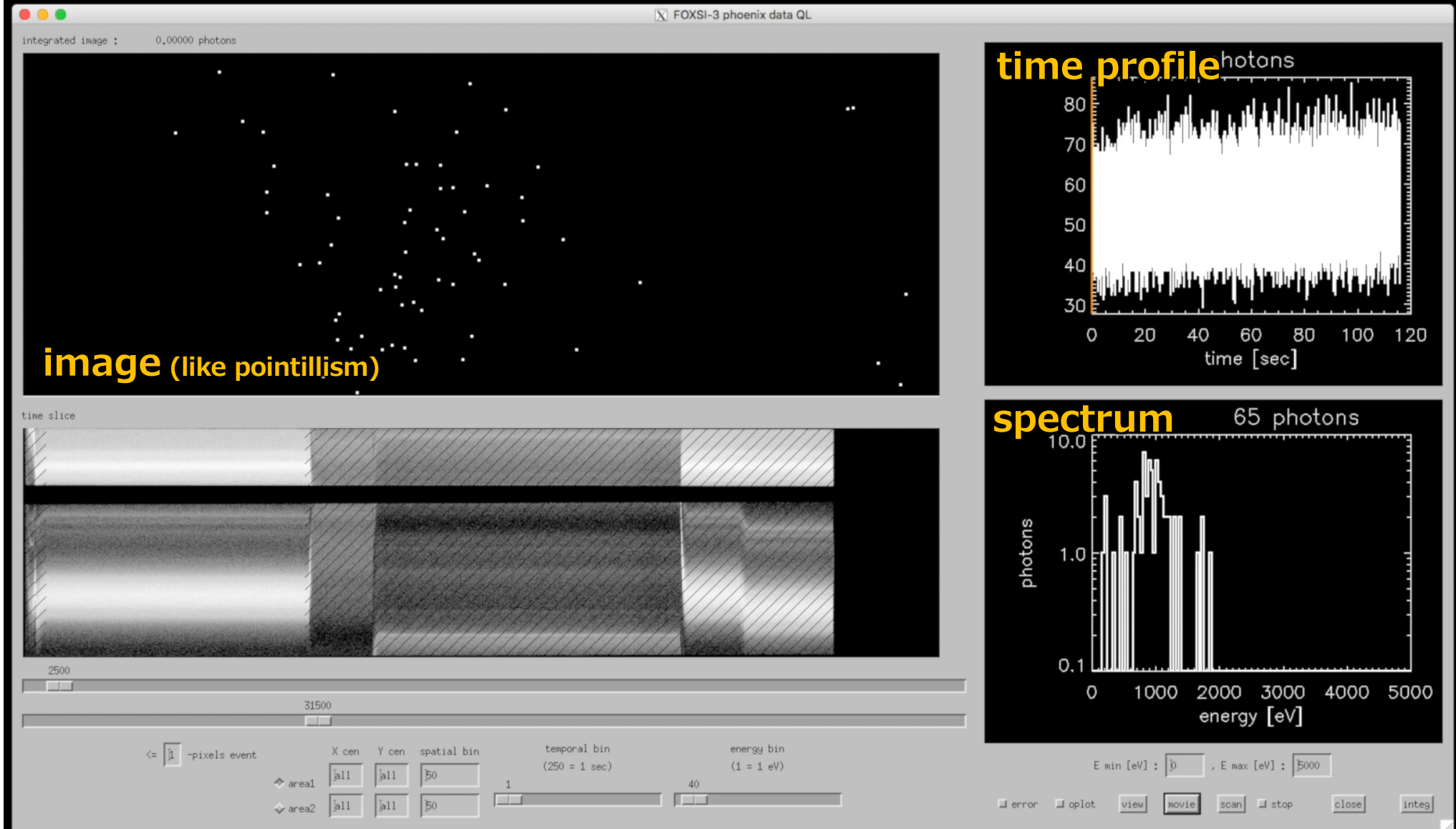


See
<http://foxsi.umn.edu/>
and
<https://hinode.nao.ac.jp/en/news/topics/foxsi-3-180907/>

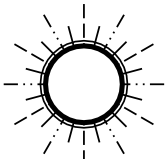


FOXSI-3 Soft X-ray data

250 FPS data (4 ms continuous exposure)

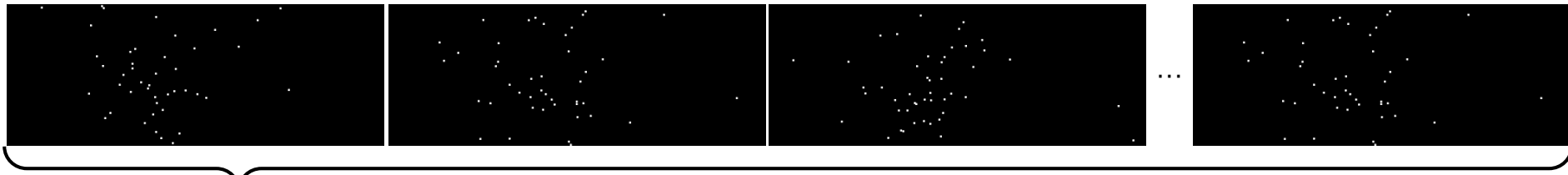


FOXSI-3 (the 3rd flight of Focusing Optics X-ray Solar Imager)

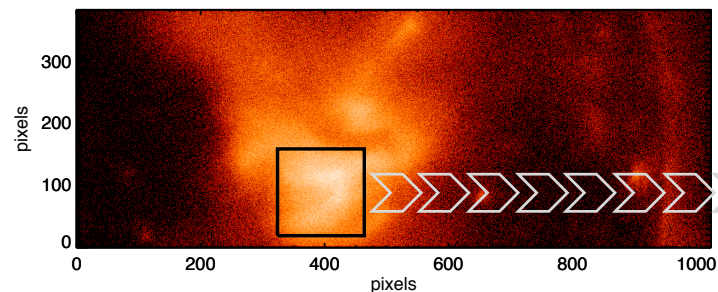


(a) Observational data

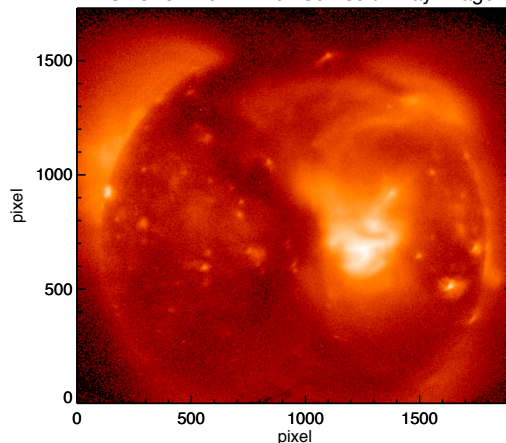
Flow of time (high-speed continuous exposure with 250 frames per second)



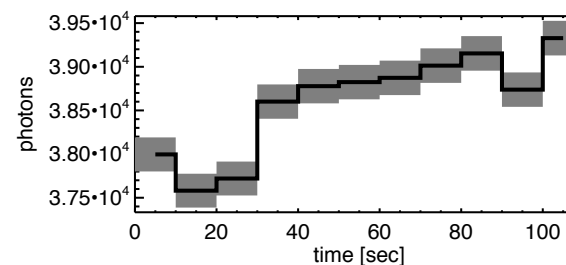
(b) Solar Image with integrated X-ray photons



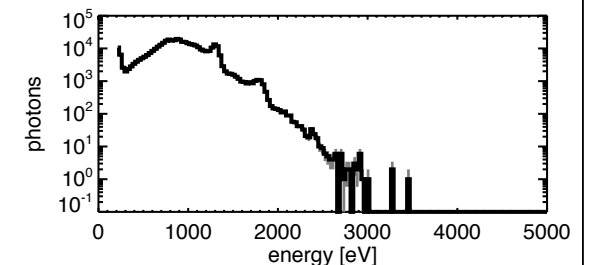
FOXSI-3 PhoEnIX full Sun soft X-ray image



(c) Time variation of X-ray photon number in an active region



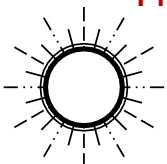
(d) X-ray spectrum of an active region



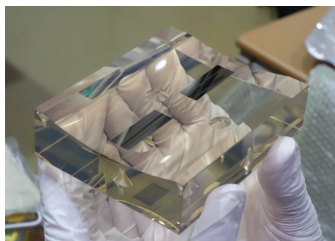
- **FOXSI-3 successfully performed the focusing imaging spectroscopic observation of the solar corona in soft X-rays (from 0.5 keV) for the first time in the world!!**

Key technologies for PhoENiX

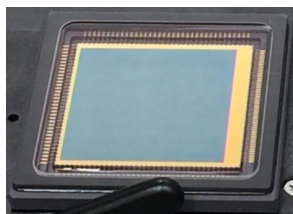
The basic developments of these technologies have been completed.



SXIS (0.5 keV ~ 10 keV)



High-precision X-ray mirror
Resolution: < 1 arcsec
Low scatter: 10^{-4} @ 20 arcsec

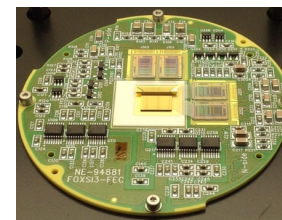


High-speed soft X-ray camera
Back-illuminated CMOS sensor
(The performance of this camera was demonstrated by FOXSI-3 sounding rocket)

HXIS (5 keV ~ 30 keV)



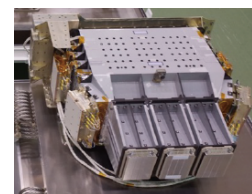
Large effective area X-ray mirror
Resolution: ~ 8 arcsec (FWHM)
(This is the same design of FOXSI-3)



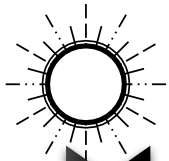
High-sensitivity hard X-ray camera
Fine-pitch CdTe detector
(This is the same design of FOXSI-3)

SGSP
(20 keV ~ 600 keV)

Si/CdTe Compton camera
Polarization measurement: > 60 keV
(This is the same design of Hitomi/SGD)



PhoENiX activities



2017

- **Jun 26, 2017: Submitted a proposal to establish PhoENiX working group to ISAS/JAXA.**
- Sep 4, 2017: PhoENiX WG was approved by ISAS/JAXA.
- Sep 10, 2017: AO of Japanese middle size satellite mission was issued by ISAS/JAXA.
- Oct 10, 2017: Submitted Letter of Intent to ISAS/JAXA.

2018

- **Jan 29, 2018: Submitted the PhoENiX proposal to ISAS/JAXA.**
- Feb 19, 2018: 1st hearing (> 5 competitors)
- Feb 23, 2018: Passed the 1st selection (toward 2nd hearing).
- May 16, 2018: 2nd hearing (< 5 competitors)
- July 2018: PhoENiX is not selected. (Solar-C_EUVST was selected.)
- **Sep 7, 2018: FOXSI-3 was successfully launched!!**

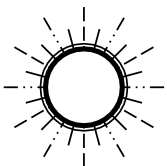
2019

- **Current: We are examining science, instruments and satellite system.**
- **Fall (?): AO of Japanese middle size satellite mission will be issued by ISAS/JAXA.**

2025

- **Around next solar max (~ 2025): PhoENiX will be launched!! (we hope)**

PhoENiX の実施体制： 分野間連携コミュニティとして計画推進中



PI:
成影（太陽）

科学検討チーム

Project scientist :
岡（地球・惑星磁気圏）

Project scientist :
深沢（高エネルギー天体）

科学検討チーム

**実験室プラズマ、地球・惑星磁気圏、
太陽、高エネルギー天体**
の各分野の科学者が参加し
定例で議論・検討を行っている

→ 半年に1回のペースで
定例研究会も開催

ミッション検討チーム

ミッション・システム検討とりまとめ：
松崎（太陽、工学）

ミッション・システム検討とりまとめ：
渡辺（高エネルギー天体）

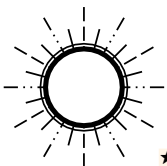
軟X線撮像分光装置：
坂尾、石川（太陽）

硬X線撮像分光装置：
萩野、渡辺（高エネルギー天体）

軟ガンマ線偏光分光装置：
水野、深沢（高エネルギー天体）

PhoENiX WGメンバー (60名)

2017年9月11日 時点



太陽 (19)

★ 成影 典之 (国立天文台)

坂尾 太郎 (ISAS/JAXA)

松崎 恵一 (ISAS/JAXA)

石川 真之介 (ISAS/JAXA)

川手 朋子 (ISAS/JAXA)

末松 芳法 (国立天文台)

柴田 一成 (京都大学)

下条 圭美 (国立天文台)

増田 智 (名古屋大学)

松本 琢磨 (名古屋大学)

高棹 真介 (名古屋大学)

飯島 陽久 (名古屋大学)

柴山 拓也 (名古屋大学)

猿島 敬 (海洋研究開発機構)

Lindsay Glesener (米国・ミネソタ大学)

Sâm Krucker (米国・カリフォルニア大学バークレー校、スイス・北西スイス応用科学大学)

Steven Christe (米国・NASAゴダード)

Amir Caspi (米国・Southwest Research Institute)

Iain Hannah (英国・University of Glasgow)



高エネルギー天体 (24)

深沢 泰司 (広島大学)

水野 恒史 (広島大学)

高橋 弘充 (広島大学)

大野 雅功 (広島大学)

北口 貴雄 (理化学研究所)

田島 宏康 (名古屋大学)

山岡 和貴 (名古屋大学)

齊藤 新也 (立教大学)

馬場 彩 (東京大学)

中澤 知洋 (東京大学)

高橋 忠幸 (ISAS/JAXA)

渡辺 伸 (ISAS/JAXA)

武田 伸一郎 (沖縄科学技術大学院大学)

萩野 浩一 (東京理科大学)

内山 泰伸 (立教大学)

榎戸 輝揚 (京都大学)

Herman Lee (京都大学)

井上 芳幸 (ISAS/JAXA)

田中 康之 (広島大学)

坪井 陽子 (中央大学)

菅原 泰晴 (ISAS/JAXA)

山崎 了 (青山学院大学)

大平 豊 (青山学院大学)

政井 邦昭 (首都大学東京)



地球・惑星磁気圏プラズマ (11)

高島 健 (ISAS/JAXA)

齋藤 義文 (ISAS/JAXA)

篠原 育 (ISAS/JAXA)

岡 光夫 (米国・カリフォルニア大学バークレー校)

三好 由純 (名古屋大学)

今田 晋亮 (名古屋大学)

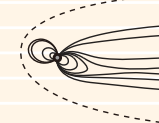
銭谷 誠司 (京都大学)

星野 真弘 (東京大学)

笠原 慧 (東京大学)

木村 智樹 (理化学研究所)

寺澤 敏夫 (理化学研究所)

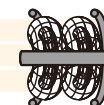


実験室プラズマ (3)

小野 靖 (東京大学)

田辺 博士 (東京大学)

山田 雅章 (米国・プリンストン大学・プラズマ研究所)



工学 (3)

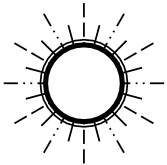
山内 和人 (大阪大学)

松山 智至 (大阪大学)

小畑 俊裕 (東京大学)

ワーキンググループの設立を、
宇宙科学研究所・理学委員会に申請し、
2017年9月4日の理学委員会で承認された。

研究会・ミッション検討への参加のお誘い



【研究会・WS】

- 粒子加速研究会（半期に一度開催）
 - 2019年度前期分は、8月の開催で調整中。テーマは「X線スペクトル」。
 - 2019年度後期分は、国際研究会として開催予定。「粒子加速」がテーマ。
- データ解析WS
 - 9月以降の開催で調整中。観測ロケット実験「FOXSI-3」や米国のCubeSat「MinXSS」が取得した最新の太陽X線スペクトルデータを解析し、論文へと仕上げるためのWS。

【将来計画】

- 2023年ごろ：太陽フレアを観測する観測ロケット実験「FOXSI-4」の打ち上げ（2019年に提案書を提出予定）
- 2025年ごろ：「PhoENiX」衛星の打ち上げ

<https://www.phoenix-project.science/> or “**phoenix 粒子加速**” で検索

