

ひさき衛星 3年間の科学成果と今後の観測計画

土屋史紀[1], 山崎 敦[2], 吉岡和夫[3], 村上 豪[2], 木村智樹[4],
埜 千尋[5], 益永 圭[3], 北 元[1], 寺田直樹[1], 笠羽康正[1], 桑原正輝[3],
奈良 佑亮[2], 吉川一朗[3], ひさきサイエンスチーム

[1] 東北大学, [2] ISAS, [3] 東京大学, [4] 理研, [5] NICT

ひさき衛星

- 「太陽系惑星観測専用」極端紫外分光撮像望遠鏡
- 地球周回軌道からの長期連続観測
(木星・金星・ジオコロナ・土星・水星・火星)



- これまでにない時間連続性で惑星電離圏・外圏・磁気圏の動的特性、特に、
 - 太陽風に対する惑星磁気圏の応答
 - 惑星に固有の変動特性の存在について新しい発見をもたらした。
- 観測成果 (木星、金星)
- 今後の研究・観測計画
 - 国際研究プログラム (NASA-PSP・ISSI・JSPS sakura)
 - JUNO & 地上望遠鏡との協調観測
- 運用現状 (ミッション部・バス部)

- Launch : Sep 14, 2013,
Epsilon rocket
- Size : 1m × 1m × 4m (w.o. solar panel)
- Orbit : 950km × 1150km (LEO)
- Inclination: 31 deg
- Orbital period : 106 min

ミッション期間

- (1) 2013/9- 1年間
- (2) 2014/12-2017/3
- (3) 延長申請 : 3年間



ひさき衛星観測成果

- 木星

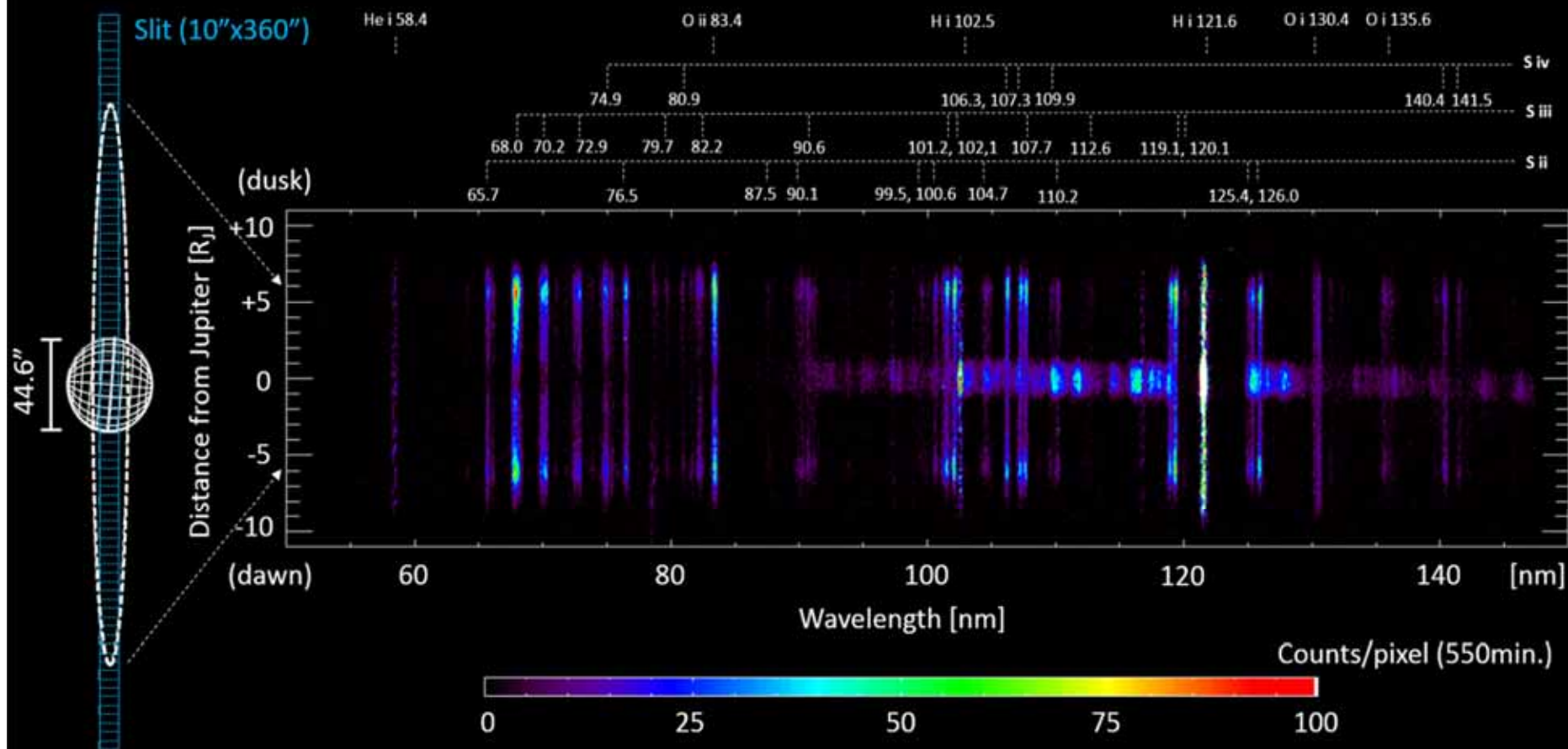
- 内因性エネルギー開放・プラズマ輸送現象 [Yoshioka et al. 2014, Kimura et al. 2015, Badman et al. 2015, Yoshikawa et al. 2016]
- 木星磁気圏の太陽風応答とプラズマ診断 (Poster P-120, 121) [Kimura et al. 2016, Tao et al. 2016a, 2016b, Kita et al. 2016, Murakami et al. 2016]
- 回転磁場と衛星との相互作用によるプラズマ加熱 [Tsuchiya et al. 2015]
- 磁気圏内部プラズマ源の変化に対する磁気圏応答 [Yoneda et al. 2015]

- 金星

- 周期的大気光の発見 (Poster P-119) [Masunaga et al. 2015, 2016]
- 電離圏の未同定分子の発見 [Nara et al. 2016]
- 散逸量上限値の決定
- 土星：衛星エンセラダスからの散逸ガスの検出
- ジオコロナ：磁気嵐応答 [Kuwabara et al. 2016]
- 水星外圏大気・彗星ガス流出
- EUV stars・星間風 (Heコーン)

主要観測ターゲットの長期連続観測による成果
望遠鏡の特徴を生かした柔軟なターゲット選択

SPATIALLY RESOLVED SPECTRUM FROM HISAKI



Yoshioka et al. Science, 2014

Radial plasma distribution around Jupiter

(Yoshioka et al. Science, 2014, Yoshioka et al., 2016)

Electron density

Core ele temp.

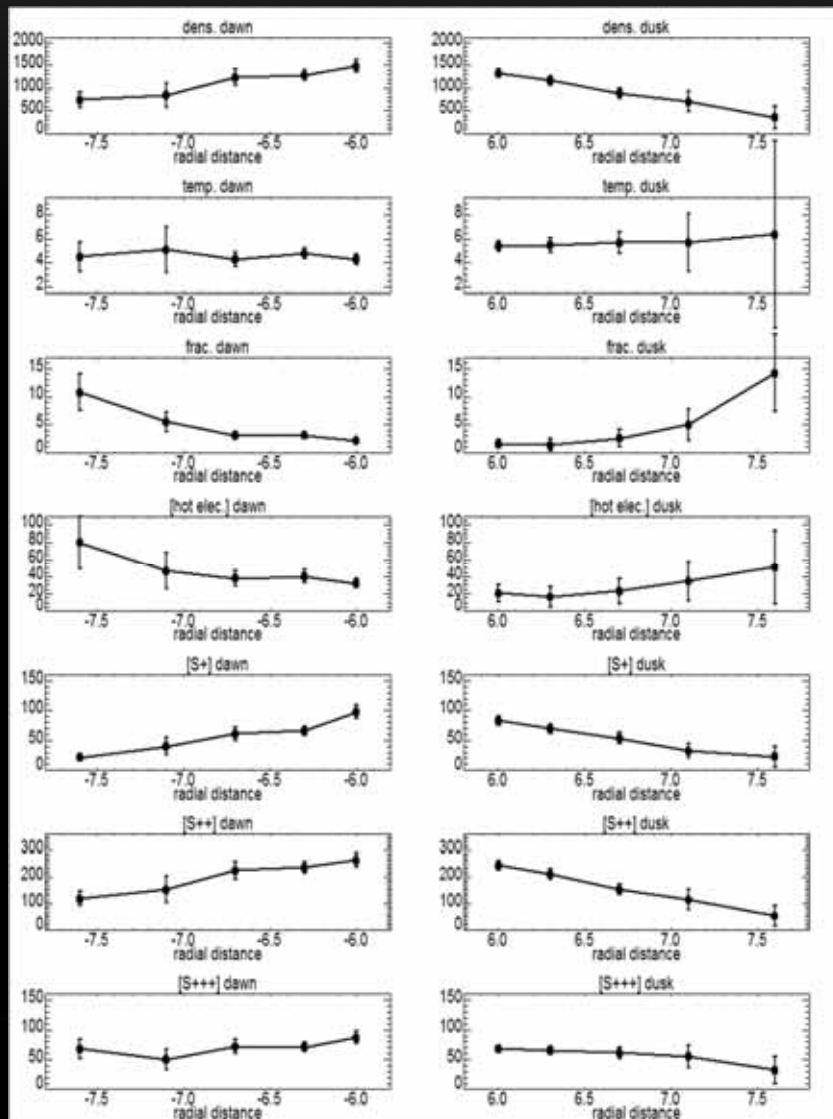
Hot ele fraction

Hot ele density

[S+]

[S++]

[S+++]

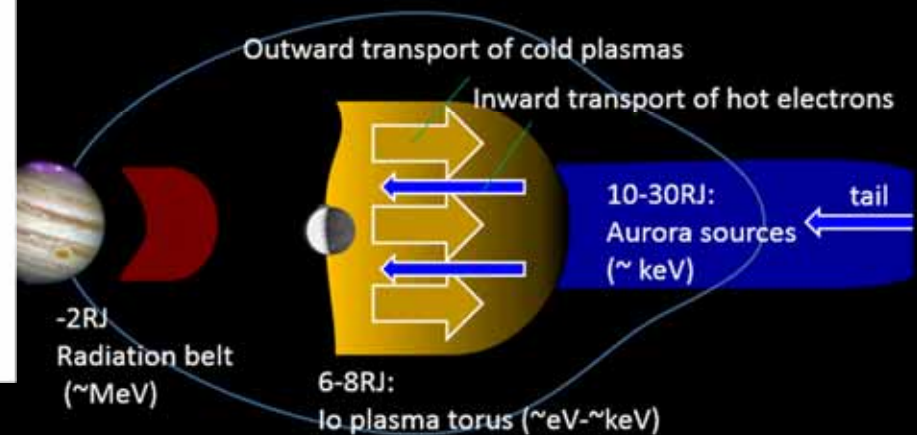


Observation

- Electron density is ~1500 /cc at 5.9RJ
- Core temperature ~5eV
- [S2+] > [S+] > [S3+] (2:4:1)
- Higher density of hot electrons at outer torus.

Physical model (mass & energy balances)

Plasma transport cased by interchange instability



Energy coupling between middle and inner magnetospheres

(Yoshikawa et al., 2016)

Pairs of brightening of plasma in inner magnetosphere and aurorae

Jan. 4, 01:10:40 UT

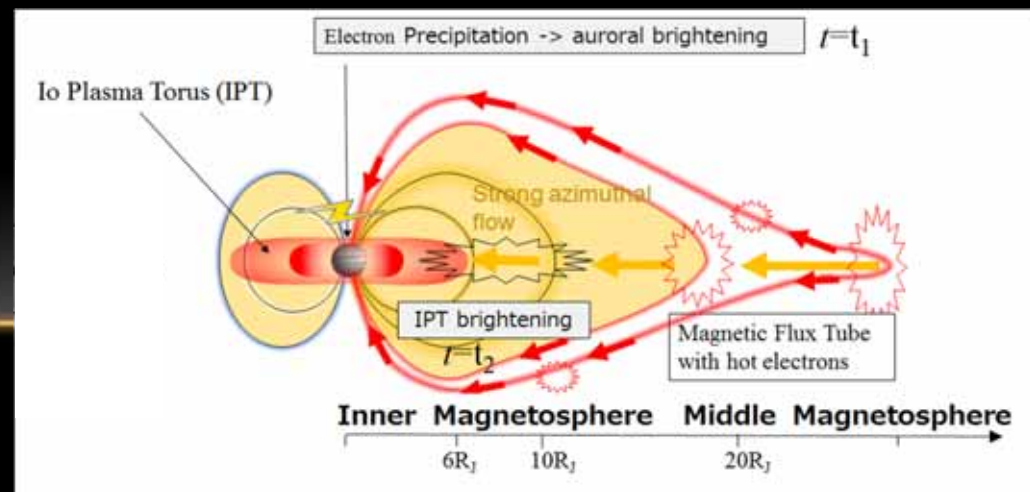
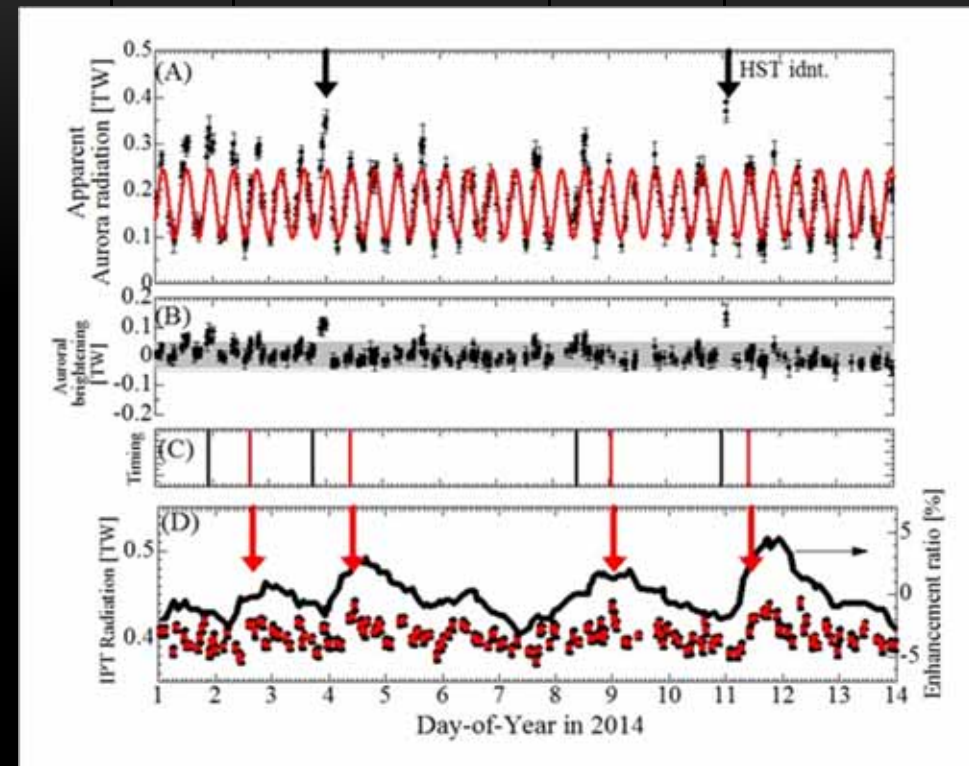


(Kimura et al. 2015)

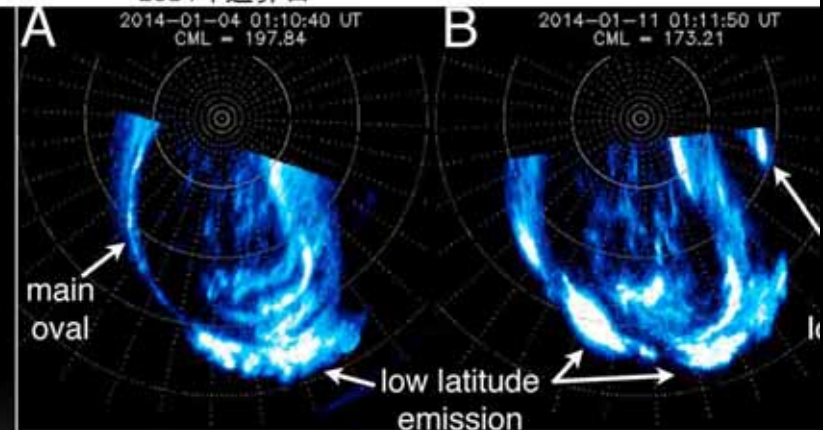
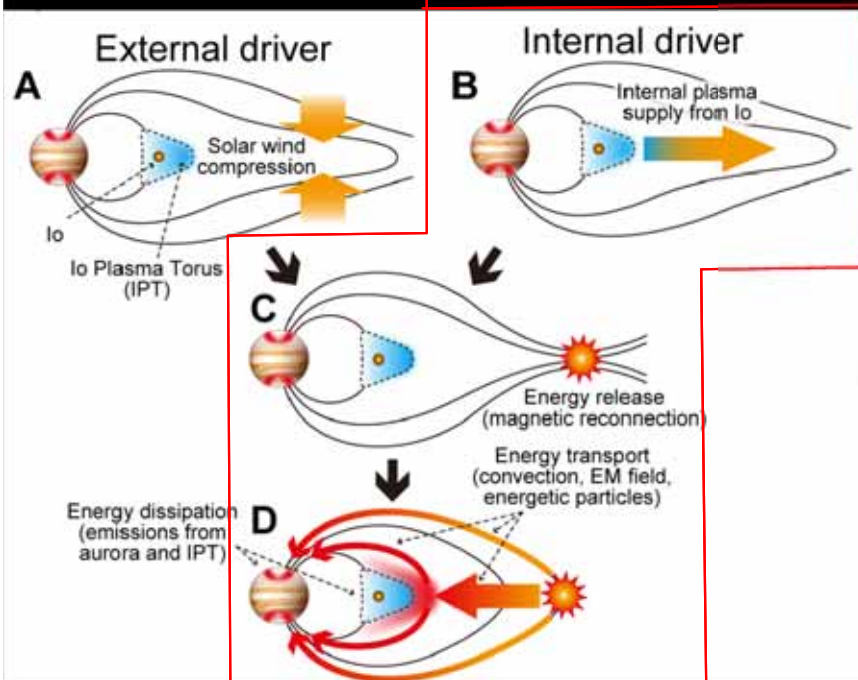
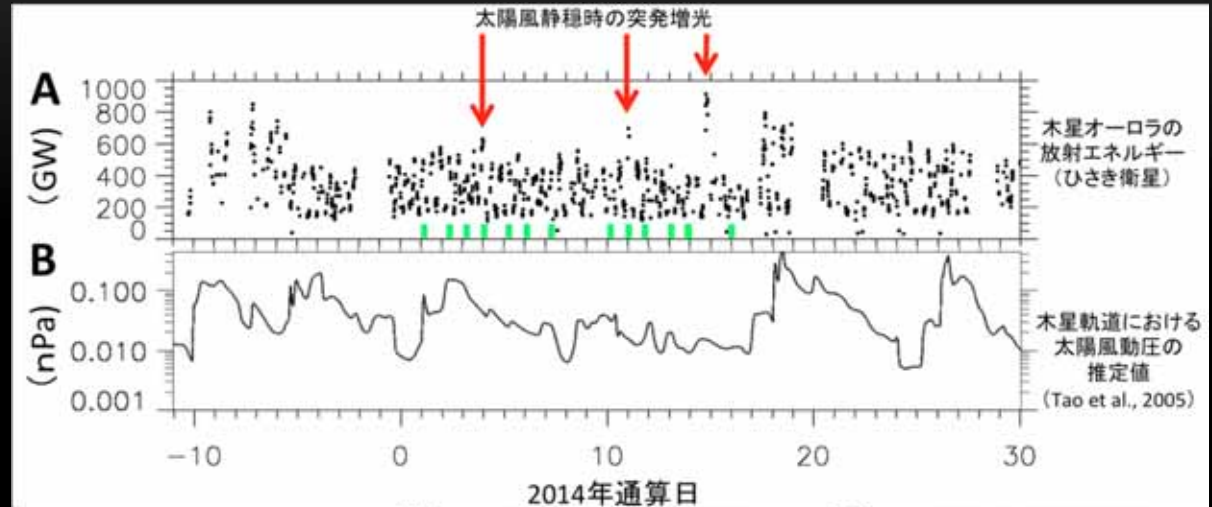
Brightening of aurora (middle magnetosphere) is earlier than that of that in the inner magnetosphere by several hours.



Evidence of fast radial transport of energy in the rotation dominant magnetosphere.



Jupiter: Discovery of internally-driven aurora & hot plasma injection



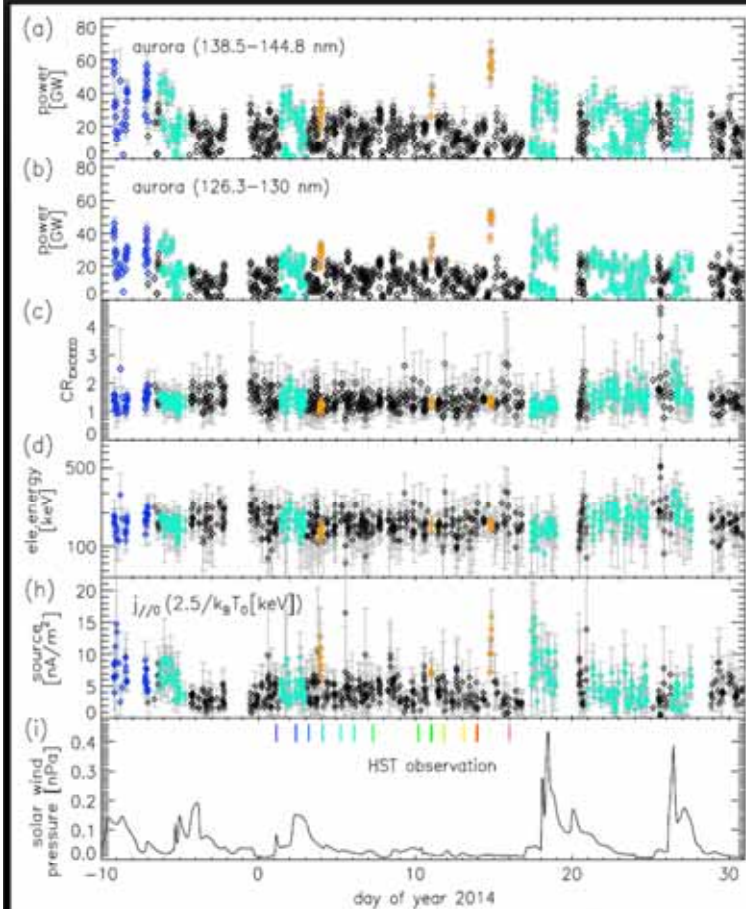
Morphology of auroral explosion(HST)

Internally-driven auroral explosions and hot plasma injection were found during the solar wind quiet period, showing global activation of magnetosphere

Jupiter aurora enhancement

(Kimura et al., GRL 2015, Tao et al., JGR, 2016a, 2016b)

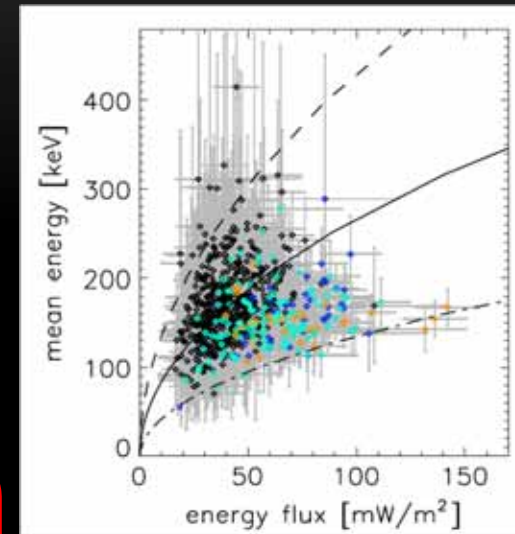
Poster P-120



長波長
発光強度
短波長
発光強度
発光
強度比

降下電子
エネルギー
磁気圏側
電流密度

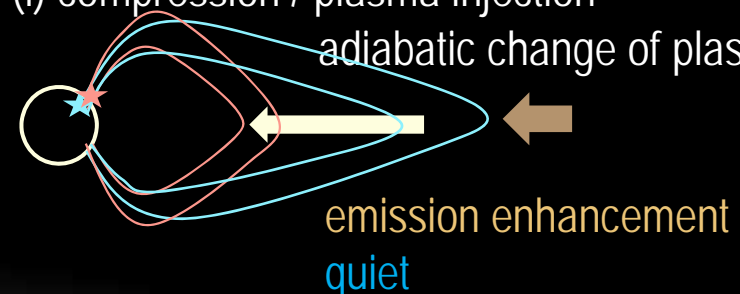
太陽風
動圧



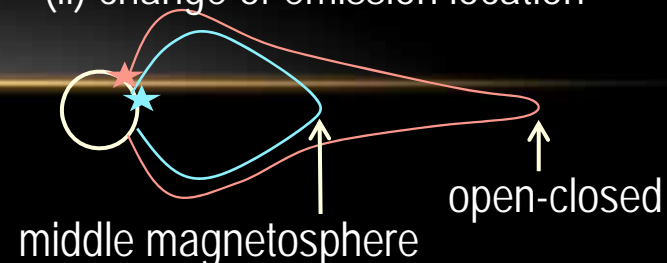
オーロラ電子
エネルギー・
フラックス関係

- Auroral electron energy and flux are derived from aurora spectra
- Aurora power enhancements are mainly due to increased electron flux, not energy, independent of drivers.

(i) compression / plasma injection
adiabatic change of plasma



(ii) change of emission location



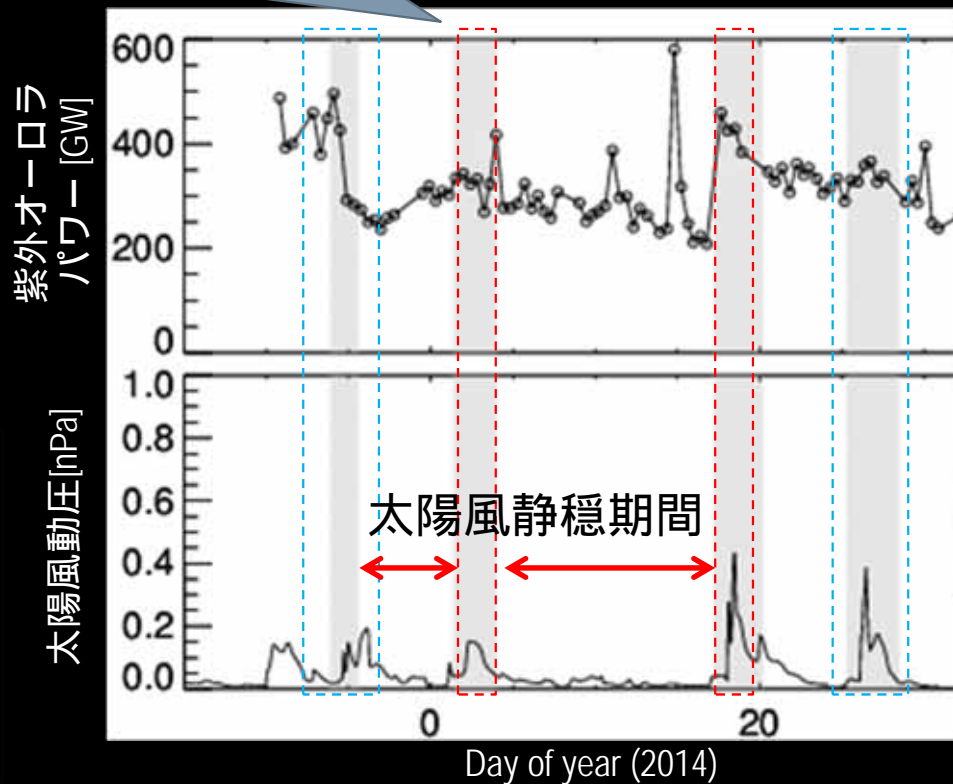
Jupiter's aurora response to the solar wind

(Kita et al., 2016)

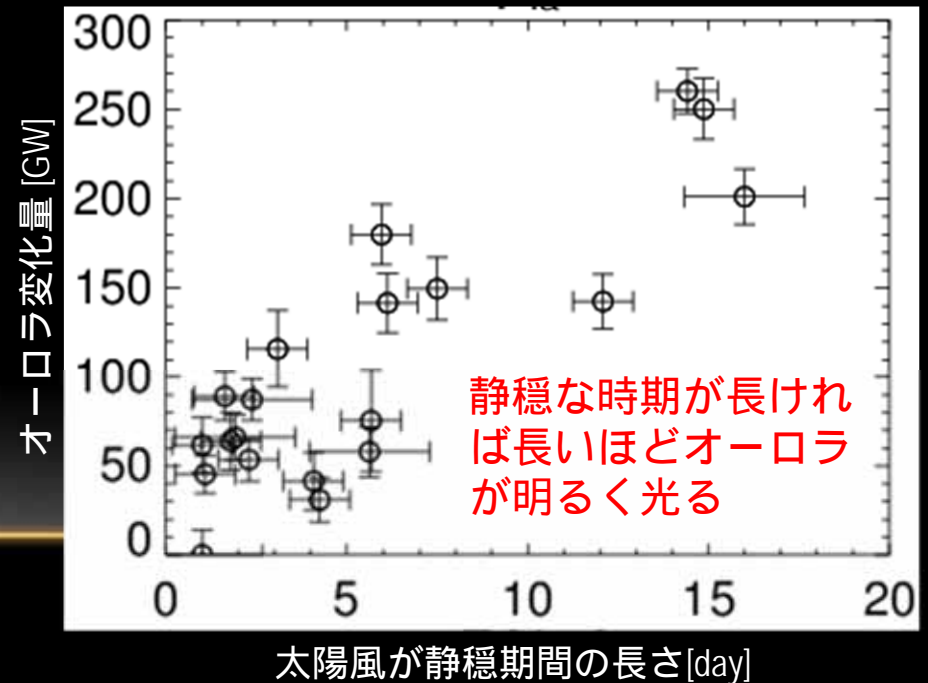
Poster P-121

- オーロラ増光のトリガ：太陽風動圧の増大
 - オーロラ増光量：動圧増大前の静穏期の長さに関連していることを発見
- ひさきの連続データを生かした新たな発見 (ハッブル宇宙望遠鏡では成し得ない)

太陽風に対する反応が
明瞭な場合と鈍い場合がある

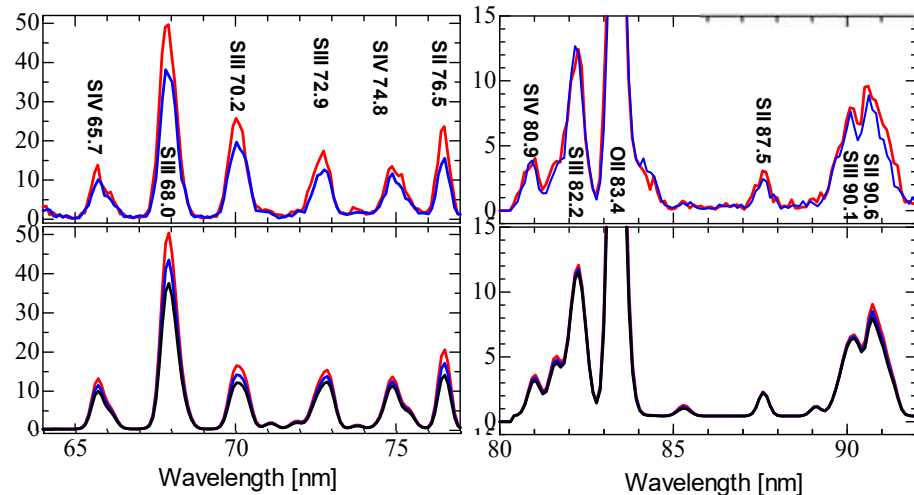
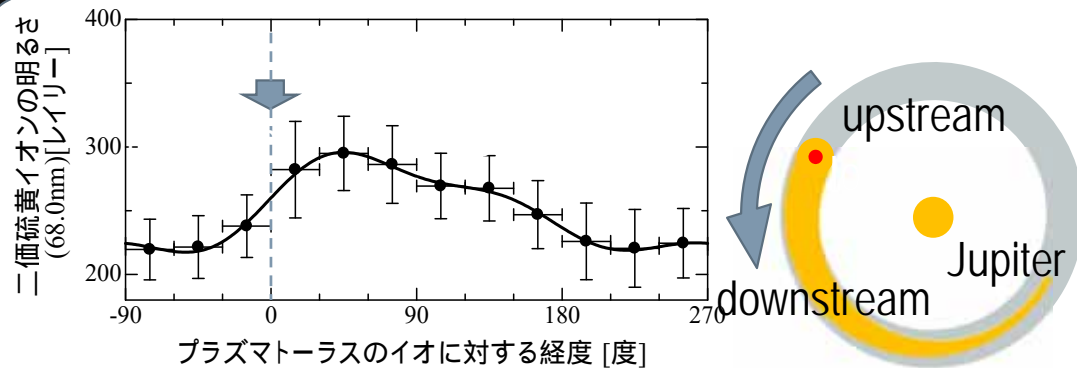


オーロラ強度変化の統計的特徴



Electro-magnetic coupling between planet & satellite

(Tsuchiya et al. , JGR, 2015)

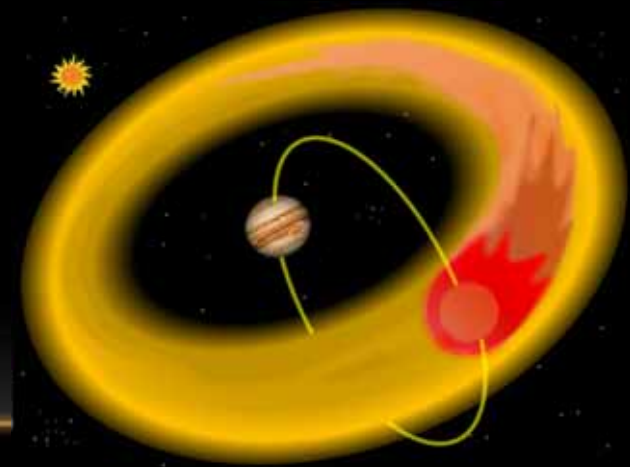


- Brightness enhancement downstream of Io
- Spectrum analysis
Electron heating



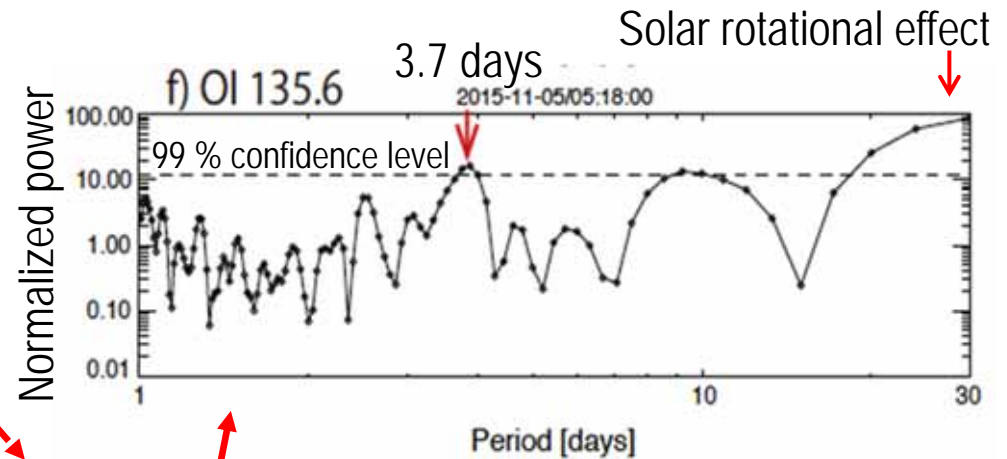
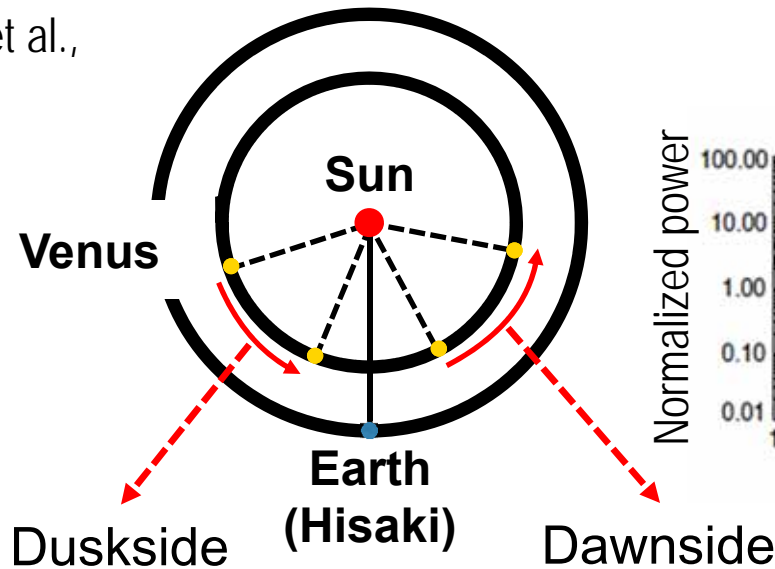
Efficient heating mechanism

- Energy extracted at Io : 1TW
- Electron heating : 140GW

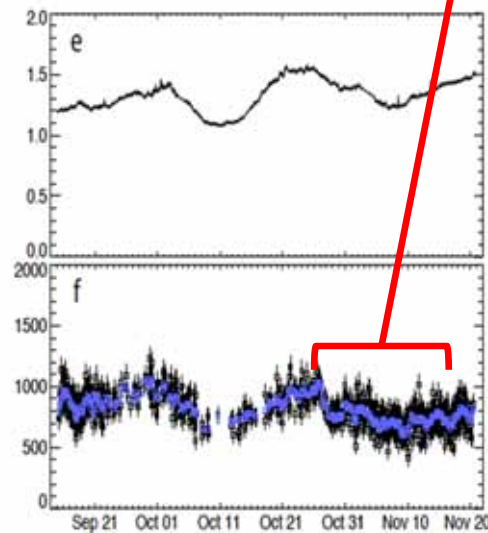
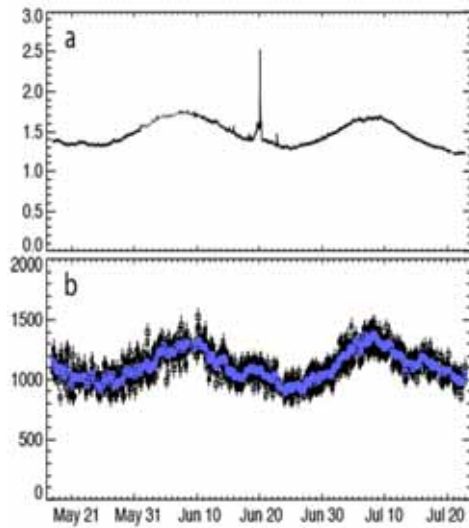


Venus : Periodic EUV dayglow variations

Masunaga et al.,
2015, 2016



Hisaki OI 1356 SOHO Solar EUV
Brightness [R]
flux [cm⁻²s⁻¹]

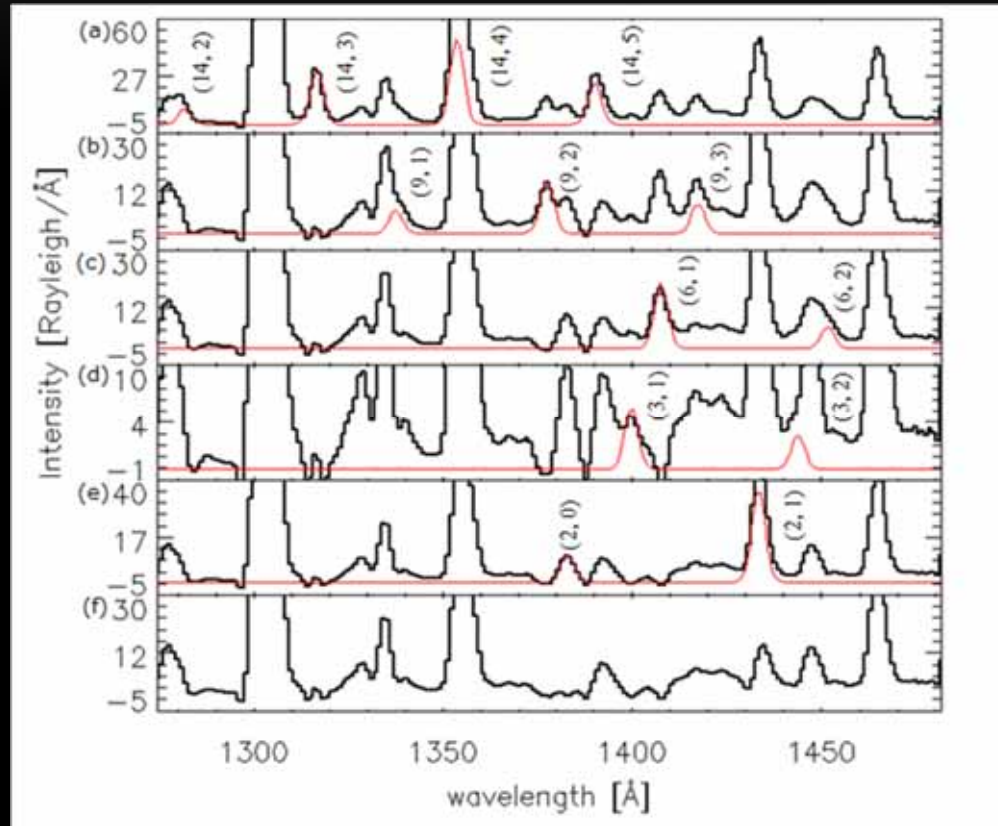


- ~4 day periodic dayglow variations on the dawnside of Venus
- Coupling between the upper and middle atmospheres via atmospheric waves?

Detection of N₂ LBH bands in the Venus atmosphere

(Nara et al., ICARUS, 2016)

- Due to long exposure time, a lot of emissions are newly identified in the Venusian spectrum.
- By using the information about relative intensities of molecular bands, blended emissions are resolved.
- N₂ a-X Lyman-Birge-Hopfield (LBH) bands are detected for the first time.

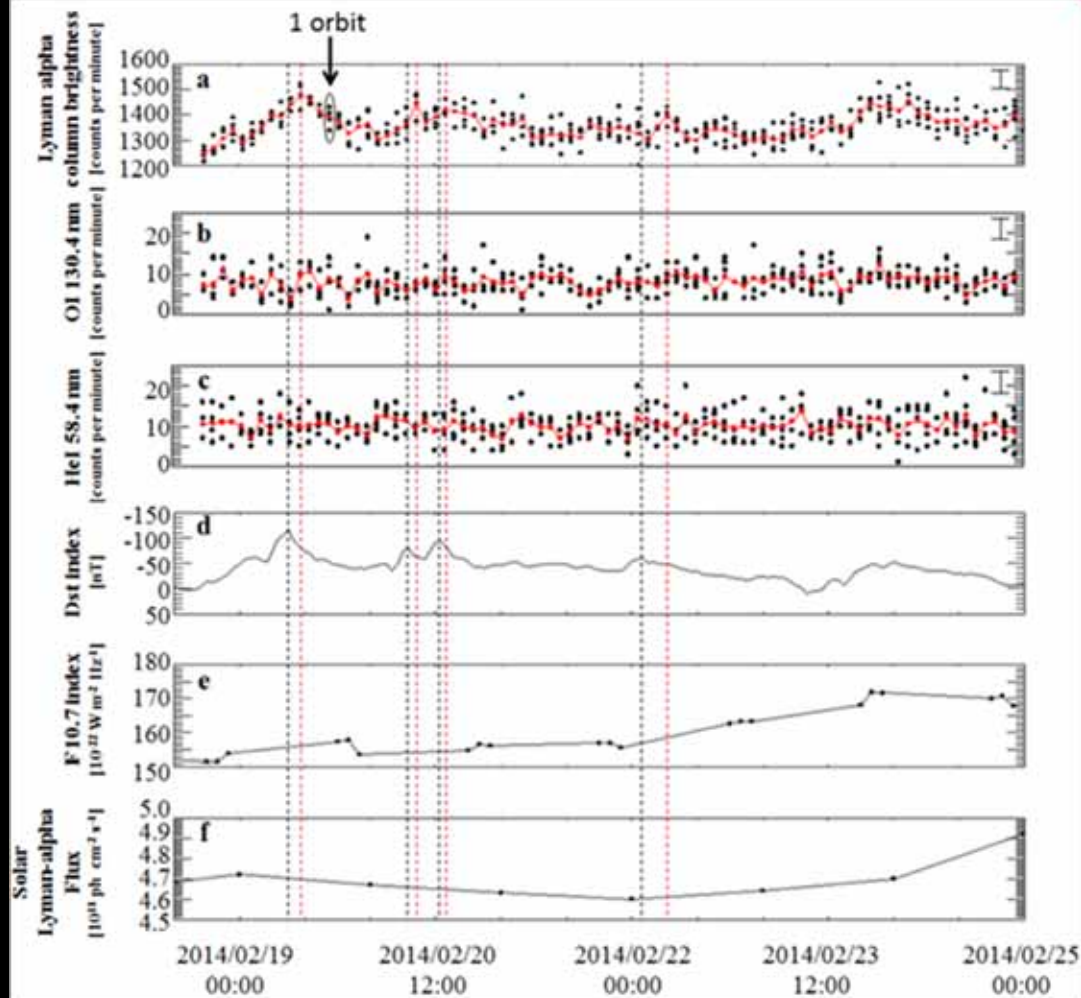


- synthetic CO A-X bands
- Venusian spectrum
- synthetic CO A-X bands
- residual spectrum
- synthetic CO A-X bands
- residual spectrum
- synthetic N₂ a-X bands
- residual spectrum
- synthetic N₂ a-X bands
- residual spectrum

Repeatedly, the fitted synthetic spectra are subtracted from the Venusian spectrum.

Coupling effect between exosphere & plasmasphere

(Kuwabara et al. 2016)



Observational results

- Lyman-alpha column brightness increase during geomagnetic storms
- Changes in the Lyman-alpha brightness lagged behind geomagnetic storms by several hours

Mechanism

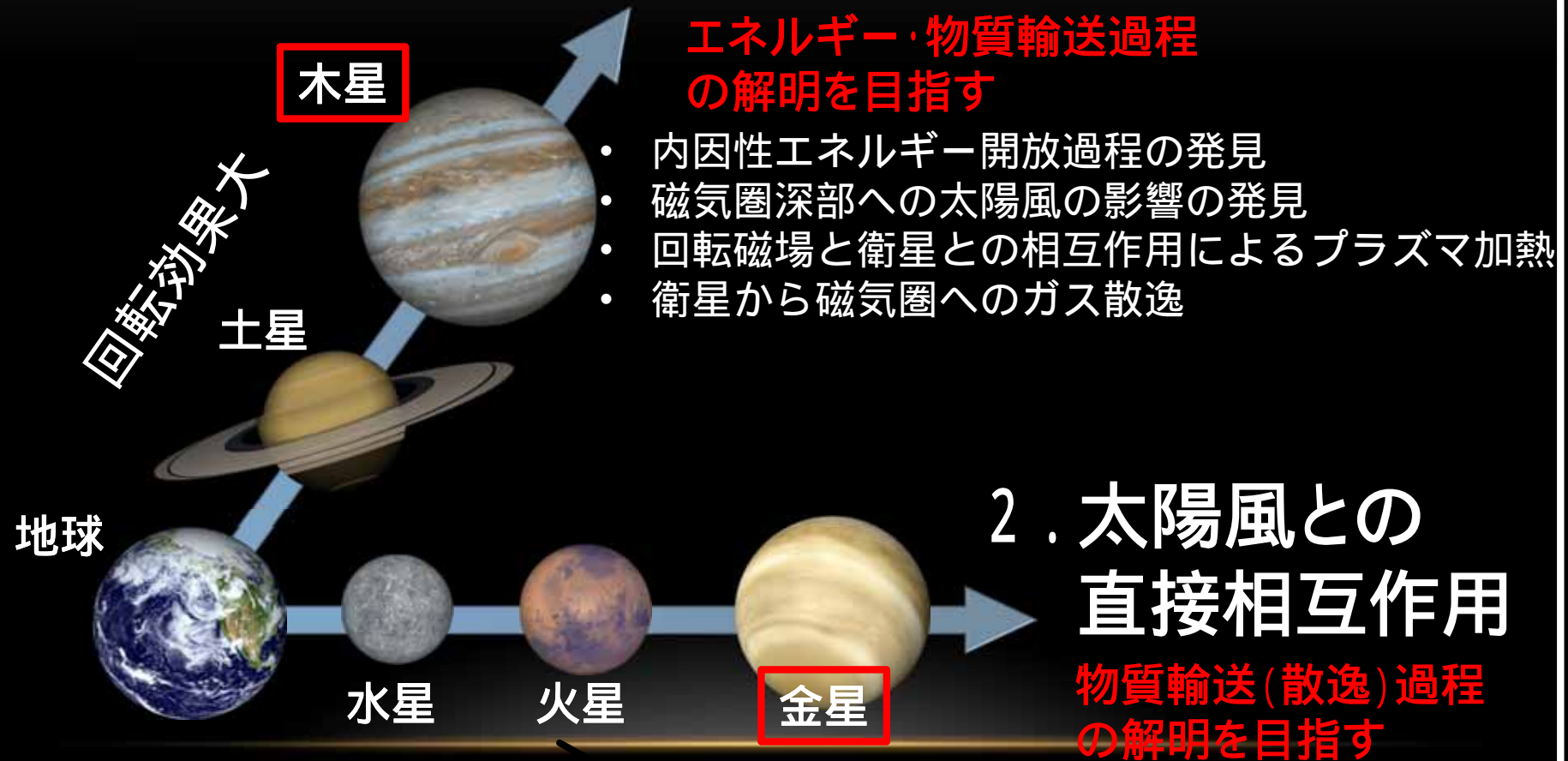
Charge exchange ($\mathbf{H} + \mathbf{H}^+ \rightarrow \mathbf{H}^+ + \mathbf{H}$)
-> provides a hot hydrogen and contributes dominantly to the loss of neutral atom

1. Plasmapause location moves inward during increasing magnetic disturbance
2. Collisional region along the LoS decreases
3. Charge exchange is suppressed
4. Column density of neutral hydrogen increases due to a decrease in the loss

ひさき衛星の成果

当初の科学目標の達成
新しい研究方向性の開拓

1. 回転支配磁気圏



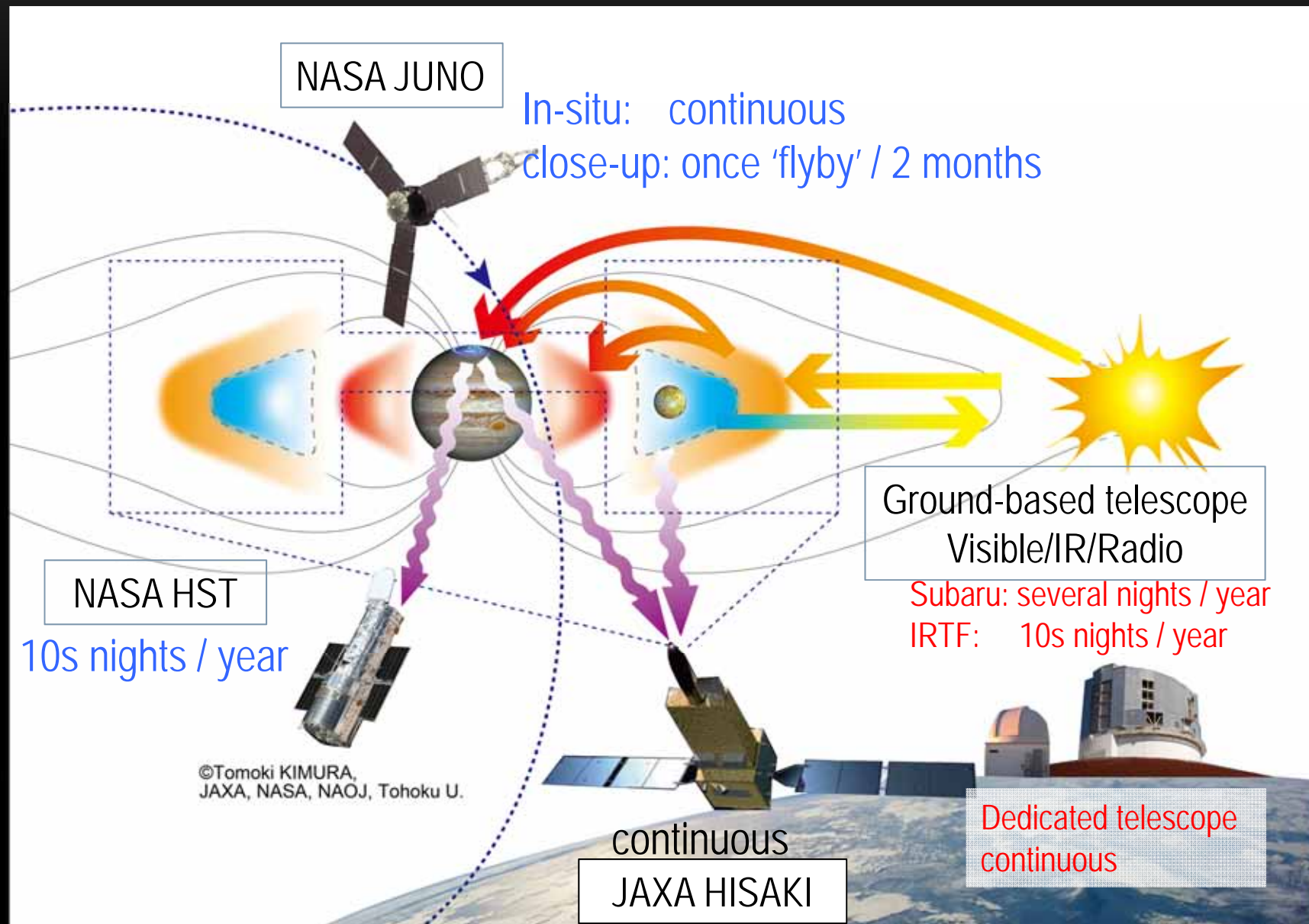
- ・ 内因性エネルギー開放過程の発見
- ・ 磁気圏深部への太陽風の影響の発見
- ・ 回転磁場と衛星との相互作用によるプラズマ加熱
- ・ 衛星から磁気圏へのガス散逸

固有磁場小

- ・ 散逸量上限値の決定
- ・ 周期的大気光の発見・中層大気との相互作用
- ・ 電離圏の未同定分子の発見

今後の観測計画

- 木星：JUNO/地上光学・電波望遠鏡との協調観測
- 金星：あかつきとの協調観測



ひさきが核となる国際研究プログラム (2016-2017)

- NASA-PSP

- Hisaki Participating scientist program
Modeling 連携
NASA/JUNO-HISAKI協調観測

- **メンバー**: US:9, Japan:18
Three meetings in 2016

- ISSI (<http://www.issibern.ch/teams/iojupitermagnet/>)

- The influence of Io on Jupiter's Magnetosphere
- **メンバー**: UK:3, US:2, Belgium:1, France:1, Japan:7
First meeting on Sep. 2016

- JSPS SAKURA program (<http://c.gp.tohoku.ac.jp/sakura/>)

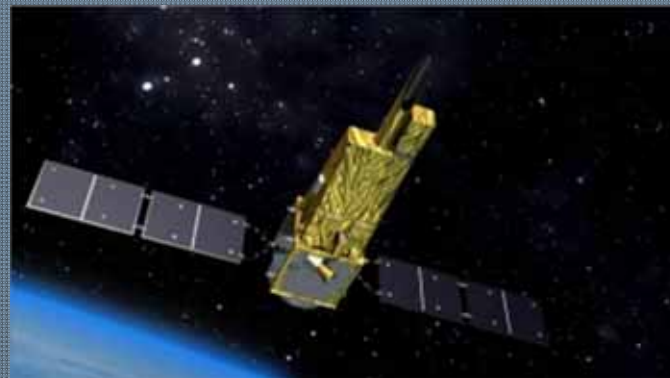
- Coordinated observational and theoretical researches for Jovian and Kronian auroral radio emissions
- **メンバー**: France:9, Japan:14
Three meetings in 2016



数値シミュレーションとの連携研究

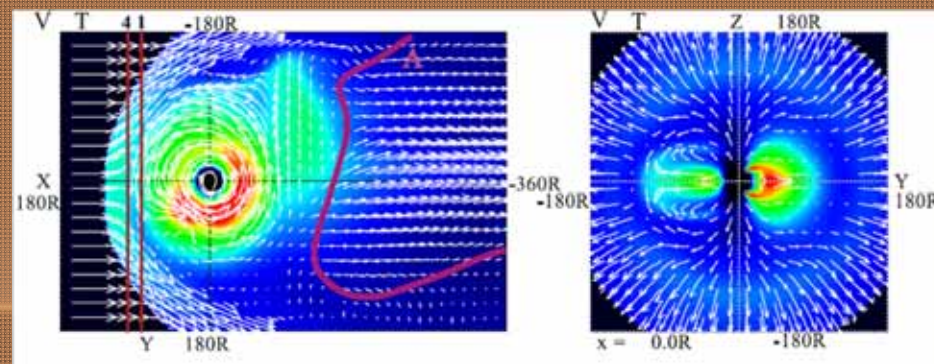
ひさき観測

- 木星磁気圏におけるエネルギー開放現象（リコネクション）の再帰的発生過程
- 回転支配型磁気圏の内部磁気圏へのエネルギー（高温プラズマ）注入
- 木星磁気圏と太陽風との相互作用：オーロラの応答特性とグローバルな電場配位
- 衛星起源ガス分布・時間変動



ひさき観測結果を裏付ける物理過程の検証

- 木星磁気圏-太陽風グローバルMHDシミュレーションモデル
Fukazawa et al. (2006)
- 木星磁気圏の物質・エネルギー収支モデル (NASA-PSP)
Delamere et al. (2004, 2005)
- 衛星大気散逸モデル (NASA-PSP・ISSI)
Smith, T. .



Fukazawa et al. (2006)

DATA 公開

<https://www.darts.isas.jaxa.jp/stp/hisaki/>

DARTS Solar-Terrestrial Physics

Hisaki Reimei Geotail Akebono THEMIS CEF C3

▶ Data
- HTTP
▶ Publications (Project Site)
▶ Contacts
▶ Related Sites

Welcome to DARTS/Hisaki

We are happy to provide you with the extreme ultraviolet spectra obtained by the exceed onboard the Hisaki satellite. We hope our database will be very useful for your research on planetary magnetospheric and ionospheric physics. Please enjoy!

▶ Rules of the Road

- The Hisaki EXCEED science team member and associate is authenticated by the team leader for general users.
- Before the general users and associates use the data, they must obtain the permission from the team leader.
- The core team has overall responsibility for the data and publication of their data.

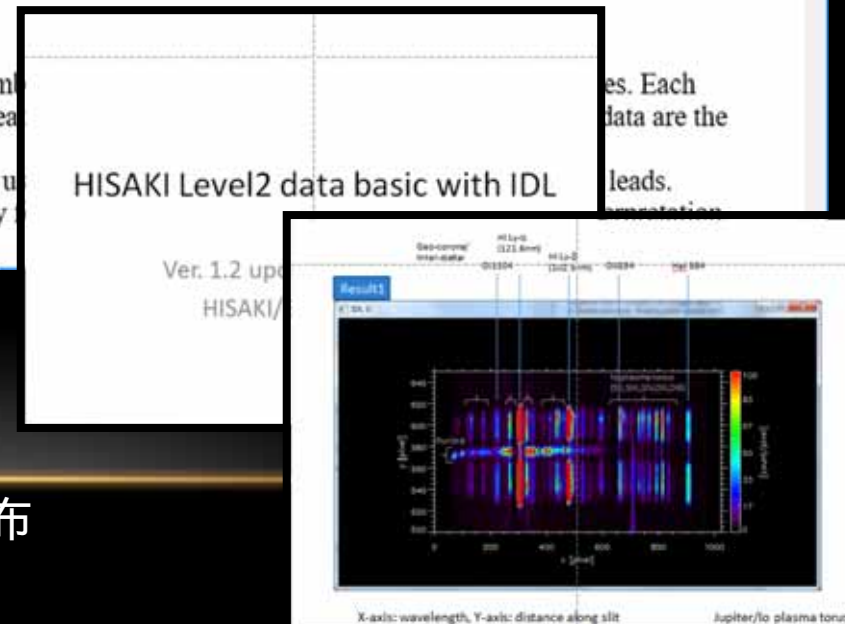
es. Each data are the leads.

HISAKI Level2 data basic with IDL

Ver. 1.2 up HISAKI/

Level-2データ

1年目の木星・金星データを公開済み
2年目以降のデータも順次公開予定
データ解析資料・解析ツールの整備と配布



運用現状

ミッション部の状況

- 極端紫外線分光器：感度劣化下げ止まり
- ガイドカメラ
 - 2016/9下旬より機能停止（放射線劣化）
 - 3年間のSTTとガイドカメラデータ
バス部-ミッション部間の熱ひずみ量評価
 - EUV波長域で暗い天体：観測困難
 - EUV波長域で明るい天体：継続観測可能
木星・金星：ダウンリンク後に補正処理

バス部の状況

- 不具合の兆候：なし
- STT CCD：放射線劣化
 - 当初予測の7割程度（詳細はデータ解析中）

# Date	Relative effective area					
	1350-1450Å	1250-1350Å	1050-1150Å	950-1050Å	700-800Å	600-700Å
2013/12/9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2014/4/3	0.91	0.86	0.87	0.88	0.82	0.83
2014/11/1	0.84	0.78	0.78	0.80	0.81	0.81
2015/7/23	0.80	0.74	0.70	0.71	0.72	0.72
2015/11/20	0.80	0.74	0.69	0.70	0.71	0.73
2016/7/29	0.82	0.77	0.71	0.71	0.70	0.72

極端紫外線分光器の感度変化

ひさき衛星：サマリ

- 3年間の観測が完了・衛星の健全性確認
 - 当初の科学目標を達成・新しい研究方向性の開拓
- 3年間の運用延長を申請(2017/4-)
 - NASA-JUNO探査機・地上望遠鏡群との木星協調観測の中核を担う
 - あかつきとの協調観測
 - 国際研究プログラムを通じたJUNO/HST/地上望遠鏡協調観測・数値モデル研究との連携強化

