

## 5. 奨励共同研究 目次詳細

(所属・職名は平成29年3月現在)

研究代表者	所属機関	所属部局	学年	研究課題名	頁
廣瀬 公美	京都大学	理学研究科附属天文台	博士後期課程1年	フィラメント噴出の3次元速度場とコロナ質量放出の関連についての研究	246
北原 理弘	東北大学	大学院理学研究科地球物理学専攻	博士課程後期3年	ERG衛星ミッションに向けたジオスペースにおける波動粒子相互作用の実証研究	248
高橋 直子	東北大学	大学院理学研究科地球物理学専攻	博士課程後期3年	地上 - 衛星同時多点観測による大規模擾乱時の電場の発達および伝搬過程の研究	250
平田 英隆	九州大学	理学府	博士後期課程3年	暖流域における温帯低気圧の急発達に関する正のフィードバック過程の検証	252
金田 和鷹	東北大学	大学院理学研究科	博士課程後期2年	多波長観測に基づく太陽電波放射過程の研究	254

フィラメント噴出の3次元速度場とコロナ質量放出の関連についての  
研究

Study of relations between 3-D velocity fields of filament eruptions and coronal mass ejections

廣瀬公美・京都大学理学研究科附属天文台・D1  
一本潔・京都大学理学研究科附属天文台・教授

【研究目的】

本研究の目的は噴出するフィラメントやフィラメントより小さいが高速な成分を持つプラズマ塊を3次元的に速度場解析し、その特徴を調べることである。また噴出現象とコロナ質量放出 (Coronal Mass Ejections: CMEs) とのかかわりを調査することも本研究の目的の一つである。

【研究方法】

京都大学飛騨天文台にあるThe Solar Magnetic Activity Research Telescope (SMART望遠鏡)は2005年より太陽全面を $H\alpha$ 線中心だけでなく $H\alpha$ 線中心から少し離れた波長(ウィング)でも定常観測している。さらに2016年5月からはSolar Dynamics Doppler Imager (SDDI)という新装置を搭載した。SDDIを用いることで、これまでのウィングの観測は最高 $\pm 1.2\text{\AA}$ であったが、最高 $\pm 9.00\text{\AA}$ の範囲を $0.25\text{\AA}$ 刻みで撮ることができるようになった。本研究ではSDDIでの観測期間を中心に、SMART望遠鏡で撮られたデータを使用する。

【研究結果・考察】

SDDIを用いた観測で、フィラメントの上昇だけでなく、 $H\alpha$ 線中心から $\pm 1.25\sim 2.00\text{\AA}$ のウィングの波長で小さいプラズマ塊の運動が多数見られることが分かった。大きさは $10\sim 20\text{arcsec}$ 程度で発生頻度は1時間当たり10例以上であった。この小さいプラズマ塊の運動は8割以上がblue-shiftのみ見られるものであった。この現象の寿命はblue-shiftのみのもので平均5.8分、red-shiftのみのものは平均8.1分とblue-shiftのみのものに比べ、少し長い傾向が見られた。図1は寿命のヒストグラムである。小さいプラズマ塊の運動の正体が何なのか解明すべく発生しやすい位置(経度・緯度)をさらに調査したいと考えている。また、このようなイベントについて自動検出プログラムを作成中であり、目視にて行ったイベント抽出とうまく合致するよう調整している。この自動検出プログラムは小さいプラズマ塊の運動だけでなく、フィラメントの運動の検出にも応用できる。ある程度の大きさを持ったフィラメント噴出イベントはSDDIでの観測が始まって、観測できたものは10例程度であり、CMEとの統計解析にはまだ不十分であるが、過去のSMARTの $H\alpha$ 線での太陽全面像から抽出したイベントリストをもとにCMEとの関係をより詳細に調査しているところである。SDDIで観測されたイベントも含め、SMART望遠鏡の長期間に

わたる定常観測を活かした研究を今後も進めていきたいと考える

### 【まとめ】

SMART望遠鏡は2016年5月にSDDIを用いた観測が開始され、それ以前の観測では得られなかった波長範囲で高速な成分を持つ小さいプラズマ塊の運動が多数見られた。目視にての調査でblue-shiftのみの現象が8割以上を占めることが分かったが、現在このような現象の自動検出プログラムを作成中であり、このプログラムはフィラメントの運動の検出にも応用可能と期待される。

### 【成果発表】

日本天文学会 2016 年秋季年会「飛騨天文台 SMART 望遠鏡を用いた高速成分を伴うフィラメント活動現象の発生頻度解析」 2016 年 9 月 愛媛大 口頭発表

Hinode-10「A Statistical Study of Filament Disappearances using Ha Full Disk Images」  
2016 年 9 月 Nagoya University ポスター発表

太陽研究者連絡会 2016 年度シンポジウム「飛騨天文台 SMART 望遠鏡を用いた高速成分を持つ点状プラズマ塊の速度場解析」 2017 年 2 月 宇宙科学研究所 口頭発表

日本天文学会 2017 年春季年会「飛騨天文台 SMART 望遠鏡を用いた高速成分を持つ点状プラズマ塊の統計解析」 2017 年 3 月 九州大 口頭発表

PSTEP-2「A Statistical Study of Filament Disappearances using Ha Full Disk Images」  
2017 年 3 月 Kyoto University ポスター発表

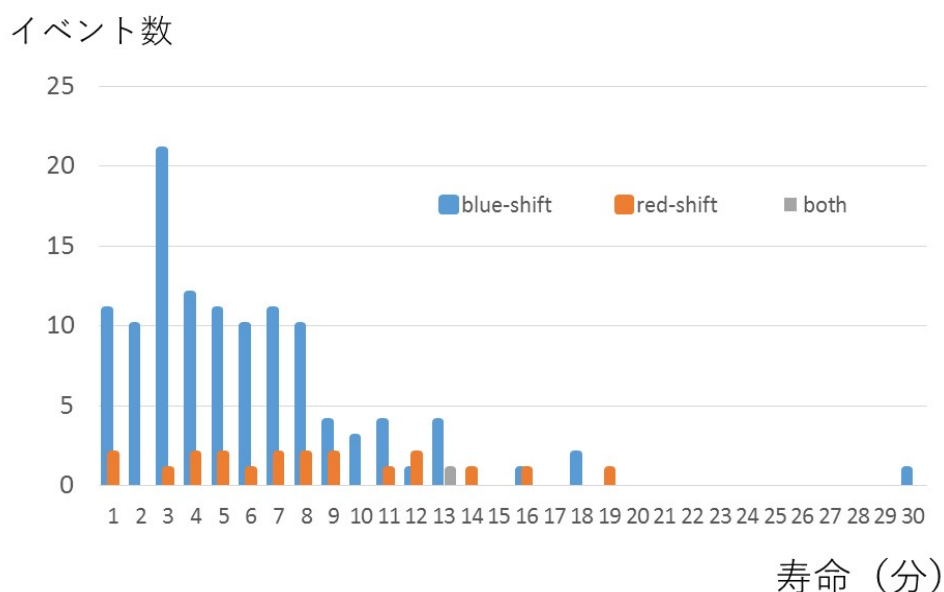


図 1：小さいプラズマ塊の運動の寿命

## ERG衛星ミッションに向けたジオスペースにおける 波動粒子相互作用の実証研究

### Experimental Study of Wave-Particle Interaction in Geospace for the ERG Mission

北原 理 弘（東北大学 大学院 理学研究科・博士3年）  
加藤 雄 人（東北大学 大学院 理学研究科・准教授）

#### 【研究の背景および目的】

2016年12月20日にJAXAより打ち上げられたERG衛星には、波動粒子相互作用解析装置(WPIA) [Fukuhara et al., 2009; Miyoshi et al., 2012]が世界で初めて搭載された。WPIAは、衛星に搭載された波動計測器と粒子計測器のそれぞれで得られたデータを、観測されるプラズマ波動の周期および粒子のサイクロトロン運動を十分分解できる時間スケールで同時時刻付けし、様々な演算を行うソフトウェア型の観測装置である。WPIAは粒子と波動の位相情報を活用する手法であるため、宇宙空間におけるエネルギー粒子とプラズマ波動の相互作用を直接的かつ定量的に観測することができると期待されている。本研究は、WPIAによって粒子のピッチ角散乱を検出するための解析手法を確立させることを目的とする。現在我々が提案している解析手法を、実際の衛星観測によって得られたデータおよびシミュレーション結果に適用し解析することにより、その手法の有用性を検証した。また、ERG衛星搭載WPIAの観測対象となるコーラス放射と電子の間での相互作用にどのような物理的特徴があるかを、テスト粒子計算によって明らかにした。

#### 【研究結果】

我々の提案する解析手法(研究成果1)が、よEMIC波動とイオンの相互作用に対して適用できうることを示すため、THEMIS衛星で2010年9月9日に観測されたEMIC波動イベントの解析を行い、磁気赤道付近で励起したEMIC波動がイオンのピッチ角散乱を引き起こしていることを直接的に示すことに成功した。THEMIS A, D, Eの3機の衛星それぞれが同じEMIC波動を同時に観測していたが、どの衛星においてもイオンのピッチ角散乱が生じていることが明らかとなった。また所内研究員の小路真史博士の実施されたEMIC波動の励起シミュレーション[Shoji and Omura, 2013]の解析結果と比較することにより、観測されたイオンピッチ角散乱の特性がシミュレーション結果と一致することも確認した。これらの結果は研究成果3において発表した。

さらに、解析対象となるピッチ角散乱そのものの物理素過程を明らかにすることを目的としてテスト粒子シミュレーションを行い、もともとピッチ角の小さい電子はホイッスラーモード波動によってピッチ角が大きくなる方向へ散乱され、大気へ降り込みにくい傾向にあることを示した。この特異なピッチ角散乱のパラメータ依存性について研究成果2において発表した。また、大量粒子計算によっ

て粒子のピッチ角分布がホイッスラーモード波動によってどのように変形されるかについて調べ、振幅が強い場合にはピッチ角分布上に突起が生じ、弱い振幅の場合は拡散的な散乱が生じることが明らかとなった。これらの結果は研究成果4-7において報告した。これらの特異なピッチ角散乱は、イオン-EMIC 波動間の相互作用においても生じる可能性があり、また EMIC 波動の振幅は背景磁場の数%まで達することもあるため、効果的に生じる可能性がある。今後 ERG 衛星の WPIA 観測によってこれらが直接観測され、実証されることが期待される。

## 【研究成果】

2016 年度には国内外の学会・研究集会において 7 件の発表を実施し、1 編の論文を出版した。  
《投稿論文による成果発表》

[1] Kitahara, M., and Y. Katoh (2016), Method for direct detection of pitch angle scattering of energetic electrons caused by whistler mode chorus emissions, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, doi:10.1002/2015JA021902.

《学会・研究集会における成果発表》

[2] oM. Kitahara and Y. Katoh, Nonlinear effect in the pitch angle scattering of energetic electrons by coherent whistler-mode waves, JpGU Meeting (International session), PEM08-12, Oral, Makuhari Messe, Japan, 2016.

[3] o北原理弘, 加藤雄人, 小路真史, 三好由純, EMIC ライジングトーンとの相互作用によるプロトンのピッチ角散乱の直接検出, 第 140 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, R006-P20, 九州大学, 2016 年, ポスター発表

[4] o北原理弘, 加藤雄人, ホイッスラーモード・コーラス放射による低ピッチ角電子の非線形ピッチ角散乱, 第 140 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, R008-11, 九州大学, 2016 年, 口頭発表

[5] o北原理弘, 加藤雄人, ホイッスラーモードコーラス放射による電子ピッチ角散乱の非線形効果, 第 332 回生存圏シンポジウム「宇宙プラズマ波動研究会」, 京都大学, 2016 年 12 月 2 日 - 3 日

[6] oM. Kitahara and Y. Katoh, Nonlinear pitch angle scattering of energetic electrons near the loss cone by whistler mode chorus emissions, AGU Fall meeting 2016, SM31A-2463, Poster, San Francisco, California, USA, 2016.

[7] o北原理弘, 加藤雄人, 内部磁気圏におけるホイッスラーモードコーラス放射による高エネルギー電子の非線形ピッチ角散乱について, PSTEP 研究集会「太陽地球圏環境予測のためのモデル研究の展望」, 名古屋大学, 2017 年 1 月 26 日 - 27 日

[8] o北原理弘, 加藤雄人, コーラス放射によるロスコーン角近傍電子のピッチ角散乱特性について, 脈動オーロラ研究集会, 名古屋大学, 2017 年 3 月 15 日 - 16 日

地上 - 衛星同時多点観測による大規模擾乱時の電場の発達および伝搬過程の研究

Global evolution and propagation of electric fields during magnetospheric disturbances based on ground-based and spacecraft observations

代表者：高橋直子（東北大学理学研究科 博士課程後期3年）  
指導教員：笠羽康正（東北大学理学研究科 教授）

## 1. 研究目的

太陽風や磁気圏尾部からのインプットにより引き起こされる磁気圏の大規模構造変動と擾乱現象は、大規模な電場の急激な発達と伝搬による粒子・電磁場変動を引き起こす。この電場発達はまた、太陽風や磁気圏尾部から地球へと向かうエネルギー輸送、巨視的な対流、および電離圏 - 磁気圏結合系の電流の発達をもたらす。このとき、赤道面上ではfast mode波による伝搬があることが知られている。また、この電場発達に伴い、ポインティングフラックスによる磁気圏-電離圏間の電磁エネルギー輸送があることが指摘されている。

太陽風擾乱にともなうエネルギー伝搬過程の研究は古くから行われており、磁場データをもとに観測時刻差からの伝搬速度の推定が行われてきた[e.g., Wilken et al., 1982]。しかしながら、磁場だけでなくその場の電場観測が必須となる「ローカルな伝搬方向とその量」の観測的な検証は難しかった。90年代以降に打ち上げられたあけぼの衛星[Shinbori et al., 2004]やCluster衛星[Nishimura et al., 2010]の電場観測データ解析により、上記の検証は進められたものの、これらの衛星は極軌道衛星のため、特に赤道面上の電場伝搬方向を求める際には磁力線にそったmappingといった仮定が含まれている。

近年、THEMIS衛星やRBSP衛星といった赤道面上を周回する衛星が数多く打ち上げられており、上記の問題を排除して解析ができるまたとない機会が訪れている。そこで申請者らは、「大規模入力に伴う磁気圏応答」を追跡できる純粋な現象の1つである「磁気急始 (SC)」時における電場の発達および伝搬過程の解明を試みる。また、この電場応答過程がPi 2のような夜側磁気圏から伝搬しサブストーム発達につながる複雑な「磁気圏内擾乱」に対する応答の研究に援用することが可能であるかどうかとも検証する。

## 2. 研究結果・考察

まず申請者らは、複数点観測による電場直接計測データを統計的に解析し、SCにともなう電場の伝搬方向およびその速度を求めた。図1にSCにともなう電場応答の統計解析結果を示す。地上磁場の変動開始時刻（図1-(c)）頃から朝側方向の電場が昼間側から夜側へと伝搬する様子が見られる。イベント解析および応答時刻の統計解析結果から、この朝側方向の電場はfast mode波でもって伝搬されることがわかった。また、地上磁場変動開始時刻から120秒後頃（図1-(e)）から夕方方向の電場が伝搬しており、その後数分間ローカルタイムに関係なく卓越する様子が見られる。これはSCにともなう磁気圏対流の増大が影響していると考えられる。このような赤道面上での電場伝搬の様相を直接観測でもって検証したのは本研究が初であり、結果をまとめた論文をJournal of Geophysics誌に投稿した。

申請者らは次に、磁気嵐・サブストームなどといったより複雑な磁気圏擾乱現象でも上記の電場伝搬過程が適応しうるかどうかを検証した。図2に、2014年11月12日に観測されたPi2脈動にともなうポインティングフラックス観測結果を示す。10地球半径 (RE) 離れた衛星ではfast modeで規定されるような一方方向のエネルギー輸送がある(図2-(a))のに対して、プラズマ圏と呼ばれる高電子密度領域では磁力線方向の共鳴が起きているような様子(図2-(b),(c))が見られる。これらの結果から、SCにともなう電場伝搬過程がサブストーム現象においても適応しうることを予想される。ここからさらに、統計解析によってこの予想が確かであることを検証するとともに、磁力線方向および赤道面上のエネルギー輸送の分配比の推定を行う予定である。

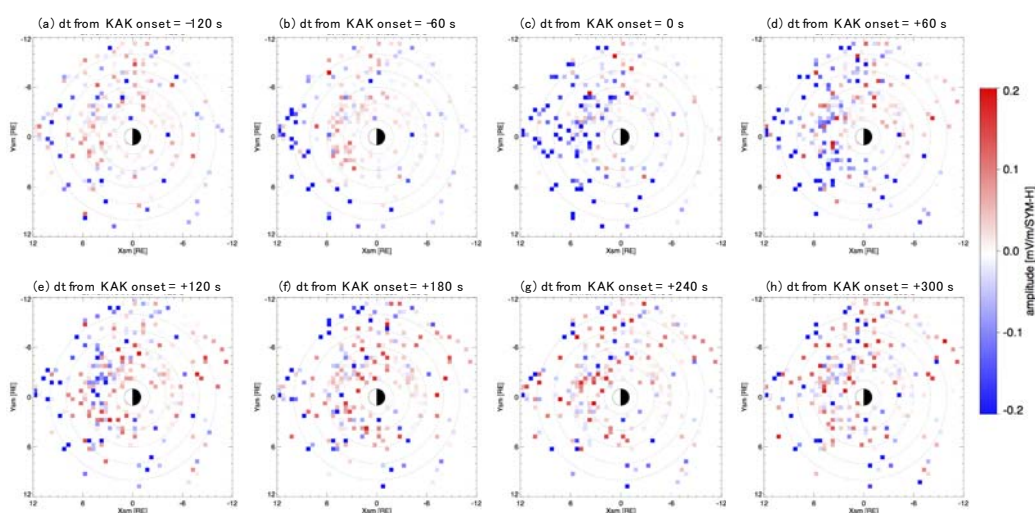


図1 SCにともなう朝夕方向の電場 (赤：夕方方向) の応答過程。

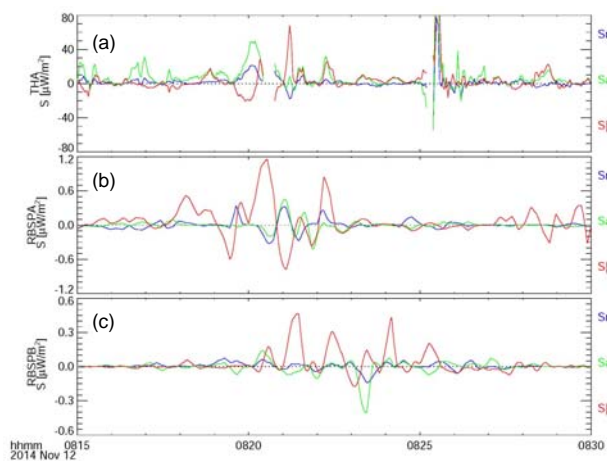


図2 THEMIS衛星(a)およびRBSP衛星(b: probe-a, c: probe-b)によるPi2脈動にともなうポインティングフラックス (青：動径方向, 緑：方位角方向, 赤：磁力線方向)。

#### 4. 成果発表

Takahashi, N., et al. (2017), Propagation and evolution of electric fields associated with solar wind pressure pulses based on spacecraft and ground-based observations, J. Geophys. Res. Space Physics, submitted.

# 暖流域における温帯低気圧の急発達に関する正のフィードバック過程の検証

## Verification of a positive feedback process with respect to the rapid development of extratropical cyclones over warm currents

平田英隆、九州大学・理学府・博士後期課程3年  
川村隆一、九州大学・理学研究院・教授

### ・目的

急速に発達する温帯低気圧（爆弾低気圧）は発生地域周辺に気象災害をもたらすため、その発達プロセスの適切な理解が求められている。これまでに申請者らは、黒潮/黒潮続流域からの水蒸気供給が低気圧発達へ与える影響について調査し、低気圧強化過程における寒冷コンベヤベルト（Cold Conveyor Belt: CCB）の積極的な役割を明らかにした（Hirata et al. 2015）。CCBとは低気圧に伴う温暖前線面の下を流れる寒冷かつ乾燥した東寄りの気流である。CCBに伴う乾燥空気が暖流に重なると暖流域からCCBへの水蒸気供給が活発化し、さらに、この蒸発した水蒸気はCCBによって低気圧中心近傍へ輸送される。この水蒸気は最終的に後屈前線付近で収束・上昇し、潜熱を解放する。潜熱加熱は低気圧の成長を促進するのでCCBはさらに発達する。我々はこのようなCCBを介した潜熱加熱の正のフィードバックプロセス（便宜的に、“CCB—潜熱加熱フィードバック過程”と呼ぶ）が暖流域における爆弾低気圧の急発達において重要な役割を果たすことを提案した。

以上のように、これまでの申請者らの研究によって暖流からの水蒸気供給と低気圧発達を結ぶフィードバック仮説を構築することができたが、この仮説の検証や定量的評価は残された課題である。また、低気圧発達期には、暖流域から顕熱供給も生じる。顕熱供給は大気境界層内の安定度の低下や飽和水蒸気量の変化を介してCCB—潜熱加熱フィードバック過程において追加の働きをする可能性がある。このようなことから、本研究の目的は（1）Hirata et al. (2015)が提案したCCB—潜熱加熱フィードバック過程の検証、および（2）CCB—潜熱加熱フィードバック過程における暖流域からの顕熱供給の働きについて明らかにすることとする。

### ・手法

上記課題に取り組むために、2013年1月中旬に日本列島南岸で発生した爆弾低気圧の数値実験を実施した。数値モデルには、名古屋大学宇宙地球環境研究所が開発を進めている領域雲解像モデル Cloud Resolving Storm Simulator (CReSS) (Tsuboki 2008) を利用した。CReSSの基本的な設定は、Hirata et al. (2016)と同様である。ただし、積分期間は2013年1月13日0600UTC～15日0000UTCとした。まず初めに、コントロール実験（CNTLラン）を実施し、低気圧発達期において暖流からの海面潜熱・顕熱フラックスが強まる様子を確認した。次に、暖流からの水蒸気および顕熱供給が低気圧発達へ及ぼす影響を定量的に評価するために、CNTLランにおいて潜熱・顕熱供給が卓越する海域からの顕熱フラックス（NSHラン）、潜熱フラックス（NLHラン）、顕熱/潜熱フラックス（NSLHラン）を除く感度実験を実施した。

### ・結果と考察

CNTLランと比べてNLHランでは、低気圧中心気圧の低下が最大で約15 hPa抑制された。低気圧中心付



近の地表風分布の比較から、NLH ランにおいては CCB の発達が顕著に阻害されることがわかった。さらに、CNTL ランに対して NLH ランでは、後屈前線付近の潜熱加熱が抑制されることが確認された。これらの 2 つの実験の差は、CCB—潜熱加熱フィードバック過程を支持する結果である。

また、CNTL ランと比較して NSH ランにおいても低気圧中心気圧の低下および CCB の発達が抑えられた。後屈前線付近の上昇流や潜熱加熱についても NSH ランでは、CNTL ランよりも弱化した。このような差は、NSLH ランと NLH ランとの間でも明瞭であった。これらの実験間の差異は、CCB—潜熱加熱フィードバック過程において顕熱供給が追加の働きをすることを示唆している。

4 つの数値実験の比較は、暖流からの顕熱供給が CCB 周辺の地表付近の相当温位の上昇へ関与し、CCB に沿った大気境界層内の対流不安定な状態の形成へ大きく寄与することを示した。この顕熱供給に起因する対流不安定の強化は、後屈前線付近の上昇流およびこれに伴う潜熱解放の活発化を導くと考えられる。加えて、CNTL ランと NSH ランの比較から、暖流による顕熱加熱による CCB に沿う地表近くの気温上昇が飽和水蒸気混合比の増加を引き起こすことが明らかとなった。この飽和水蒸気混合比の増加は、CCB 周辺の水蒸気量の増加をもたらす。この水蒸気量の増加は、CCB を介した後屈前線付近への水蒸気流入量の増大を通じて、後屈前線近傍の潜熱加熱を促進することが期待される。これらの 2 つの顕熱供給の効果は CCB—潜熱加熱フィードバック過程において付加的な働きをされると考えられる。

## ・まとめ

本研究は、雲解像モデル CReSS を用いて黒潮/黒潮続流域からの水蒸気および顕熱供給に関する感度実験を実施し、CCB—潜熱加熱フィードバック過程の検証およびこのフィードバック過程における顕熱供給の働きについて調査した。数値実験から得られた結果は、CCB—潜熱加熱フィードバック過程の妥当性を示した。また、コントロール実験と感度実験の比較から、暖流域からの顕熱供給が CCB に沿った大気境界層内の対流不安定の強化や水蒸気量の増加を介して CCB—潜熱加熱のフィードバック過程において重要な働きをすることが示唆された。

本研究から得られた知見をまとめて作成した原著論文は、すでにアメリカ気象学会の学会誌“*Monthly Weather Review*”へ投稿している。現在、この論文は査読中である。また、この研究の成果について気象学会春季大会をはじめとする 6 つの学会等において研究発表を行った。2 月 22 日～24 日には、名古屋大学宇宙地球環境研究所に滞在し、本研究課題に関するセミナー（タイトル：暖流域における温帯低気圧の急発達に関する正のフィードバックプロセス）および宇宙地球環境研究所の篠田太郎准教授、加藤雅也研究員と本研究の手法や研究結果に関する議論を行った。

## ・参考文献

- Hirata, H., R. Kawamura, M. Kato, and T. Shinoda, 2015: Influential role of moisture supply from the Kuroshio/Kuroshio Extension in the rapid development of an extratropical cyclone. *Mon. Wea. Rev.*, **143**, 4126–4144.
- Hirata, H., R. Kawamura, M. Kato, and T. Shinoda, 2016: Response of rapidly developing extratropical cyclones to sea surface temperature variations over the western Kuroshio-Oyashio confluence region. *J. Geophys. Res.*, **121**, 3843–3858, doi:10.1002/2015JD024391.
- Tsuboki, K., 2008: High-resolution simulations of high-impact weather systems using the cloud-resolving model on the Earth Simulator. *High Resolution Numerical Modeling of the Atmosphere and Ocean*, K. Hamilton and W. Ohfuchi, Eds., Springer, 141–156.

多波長観測に基づく太陽電波放射過程の研究  
Study of the radiative processes of solar radio bursts  
based on multiwavelength observations

金田 和鷹 東北大学大学院・理学研究科・後期博士課程2年  
三澤 浩昭 東北大学大学院・理学研究科・准教授

【研究目的】

太陽の大気「コロナ」では、100万度を超える高温プラズマと磁場との相互作用により、様々な爆発現象が発生する。コロナでの爆発により加速されたプラズマ粒子は、周囲のプラズマ振動を引き起こし、強力な電波（電波バースト）を放射する。太陽フレアに伴って放射される電波バーストには、特異な時間・周波数変動を示す微細なスペクトル構造が多数存在することが知られている。これらの微細構造は電波放射過程におけるミクロスケールのプラズマ素過程を反映していると考えられており、フレア発生領域のプラズマ環境を理解するうえで強力なリモートセンシングのツールとなり得るものである。しかし、その放射過程に関しては未解明の問題が多く存在する。特にIV型バースト中に見られるゼブラパターン（ZP）と呼ばれる微細構造については、数多くの放射モデルが提案されているが、結論は出ていない。このZPの放射過程を解明することが本研究の目的である。上記の目的達成のため、今年度は、ZPの偏波特性の解析とIV型バーストを伴うフレア特性の解析を行った。

【研究結果】

A) ZPの偏波特性の解析

偏波特性は電波の放射機構により決定される。しかし、伝搬過程において、その性質は大きく変化することが知られている。本研究では、伝搬過程における偏波特性の変調要因を明らかにするため、ZPの偏波特性に関する統計的な解析を行った。解析には、2010年7月以降に、東北大学の所有する太陽電波観測装置 AMATERAS によって観測された21例のZPイベントを用いた。解析の結果、円偏波率と左右円偏波成分間の到達時間差には、正の相関関係 ( $r=0.62$ ) があることがわかった。また、偏波特性の変調要因として、急峻な密度勾配における反射の可能性について、数値計算によって検討した。数値計算では、反射による偏波特性の変調と伝搬中の群速度差により生じる時間差を考慮した。計算の結果より、円偏波率と遅延時間差の関係は反射の回数によって決まっている可能性を示した。以上の結果は、*The Astrophysical Journal*に投稿済みであり、現在査読中である（成果 1, 2, 3）。

B) IV型バーストを伴うフレア特性の解析

ZPは、IV型の広帯域放射を背景に観測される現象であるが、全てのIV型中に存在するわけではない。また、観測される時間・周波数範囲も限定的である。このことから、ZPの放射には、放射源のプラズマ環境が満たすべき何らかの条件があると考えられる。ZPの発生条件を明らかにするため、ZPを伴うIV型バーストとZPを伴わないIV型バーストの双方について、スペクトル特性および関連するフレアに関する

解析を行った。AMATERASの観測データを調査したところ、IV型バーストを伴うフレアは55例、そのうち18例でZPが発生していることがわかった。また、観測されたZPとフレアの関係として、(1) ZP 発生タイミングがフレアのピーク付近に集中していること、(2) フレアの発生場所に顕著な偏りはないこと、(3) スペクトル特性とフレア特性（規模、継続時間等）に相関は見られないことがわかった。ZPの有無によるフレア特性の違いがみられない理由として、ZPの多様性が考えられる。同じような縞模様構造をもつ構造であっても、放射機構はいくつかの異なる種類がある可能性がある。

今後は、ZPのスペクトル構造、特に縞の周波数間隔について、多波長観測データも加えて、より詳細な解析を行い、ZPの多様性を検討していく予定である。

## 【成果発表】

(論文発表)

1. K. Kaneda, H. Misawa, K. Iwai, F. Tsuchiya, T. Obara, Y. Katoh, and S. Masuda, POLARIZATION CHARACTERISTICS OF ZEBRA PATTERN IN TYPE IV SOLAR RADIO BURSTS, *The Astrophysical Journal*, 2016, 投稿中.

(口頭発表)

2. 金田和鷹、三澤浩昭、岩井一正、土屋史紀、小原隆博、太陽電波ゼブラパターンの統計的偏波特性-II、日本天文学会2016年秋季年会、M36a、愛媛、2016年9月16日
3. 金田和鷹、三澤浩昭、岩井一正、土屋史紀、小原隆博、太陽電波バースト中のゼブラパターンの偏波とそのスペクトル特性の比較、日本地球惑星科学連合2016年大会、PEM19-04、幕張、2016年5月25日