

機関番号：82645

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009 ～ 2010

課題番号：21840062

研究課題名（和文） 太陽フレアに伴う電離非平衡プラズマのダイナミクスに関する研究

研究課題名（英文） Non-equilibrium ionization plasma dynamics in solar flare

研究代表者

今田 晋亮（IMADA SHINSUKE）

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・宇宙航空プロジェクト研究員

研究者番号：40547965

研究成果の概要（和文）：

太陽大気中で起こる爆発現象（太陽フレア）におけるプラズマダイナミクスを、電離過程と共に、数値計算および太陽観測衛星「ひので」を用いておこなった。これまで太陽大気では電離は平衡であると考えられていたが、今回の結果によりフレア中のプラズマは電離が平衡には至っていない事が明らかになった。この結果は、電離平衡を仮定しておこなっていた、これまでの衛星データの解釈を再考察する必要がある事を示唆している。

研究成果の概要（英文）：

We have studied the effect of time-dependent ionization and recombination processes on the solar flare. We found that ion is mostly in non-equilibrium ionization in the solar flare. This result indicates that the interpretations of observations with the assumption of ionization equilibrium need some modification.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,090,000	327,000	1,417,000
2010年度	990,000	297,000	1,287,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,080,000	624,000	2,704,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：太陽物理学

1. 研究開始当初の背景

無衝突プラズマでは粒子間でのクーロン衝突による運動量交換が非常に長いタイムスケールで行われるため、熱的に非平衡状態になる。実際には無衝突プラズマでは、クーロン衝突による運動量交換よりも、電磁場による運動量交換の方が短いタイムスケールで行われ、非平衡状態を緩和していく。地球磁気圏プラズマは現象の空間スケールがク

ーロン衝突のスケールより非常に小さいために、熱的非平衡性の強いプラズマになる。一方、太陽コロナでは現象によっては空間スケールがクーロン衝突のスケールと同程度になりうる。そのため熱的に平衡・非平衡性の両者を兼ね備えたプラズマと言える。熱的非平衡プラズマは大きく分けて（1）非Maxwellian エネルギー分布関数、（2）粒子種間での温度非平衡、（3）電離非平衡、（4）

化学反応非平衡、の4つが考えられる。(1)で、(2)は地球磁気圏内の電流層の電子とイオン温度の違い^[3]など、これまでも宇宙プラズマ物理として議論されてきた。近年(3)の重要性も太陽コロナにおいて着目され、実験室プラズマとの連携の下に、活発に議論されるようになった。

2. 研究の目的

太陽フレアでは瞬時にプラズマを数十倍まで加熱するので、フレアによって生成された高速のジェットは太陽の表面に衝突するまでに電離が平衡状態に到達しない可能性がある。また、これまでの太陽フレアの観測でも、ほとんどの場合、理論的に予想されている高速のジェットが観測されず、どうして観測しにくいのかの究明が次世代の観測計画をするにあたり必要となっている。そこで、電離過程を計算するコードを開発し、それを用いて、太陽フレア中の電離非平衡プラズマからの各波長での輻射を計算することを目的とする。

3. 研究の方法

太陽コロナ中での急激な加熱現象を理解するため、電離過程の計算コードを開発する。このコードで行った計算結果をもとに、太陽フレアのような急激な加熱を受けたプラズマのダイナミクスの理解に最適な観測方法を提案し、ひので衛星(特にEIS)にて観測を行う。数値計算と観測の両面から太陽フレアダイナミクス及びコロナ加熱問題を解決する。さらに、磁気リコネクション等の基礎物理過程における電離非平衡プラズマからの輻射エネルギーロスの影響について考察するための数値計算も行う。

4. 研究成果

電離過程を計算するコードを開発し、少ない計算資源(通常のノートパソコンレベル)でプラズマの電離を計算できるコードの開発に成功した。いくつかのテストをおこない、安定して計算できる事も確認された。さらにこのコードを使用し、スタンダードな太陽フレアモデルである、ペチェック定常磁気リコネクション解中の電離非平衡プラズマからのFeXII, FeXVIII-FeXXIVの各波長での輻射を計算した。さらに、熱伝導、輻射冷却の効果も含めて考察をおこなった。熱伝導を考慮する事で、スローショックの上流にハローと呼ばれる領域が形成され、それに伴い電離が平衡に近づくのを促進させる効果がある事もわかった。しかし、熱伝導が十分に効果的であったとしても、電離の時間スケールが磁気リコネクションダイナミクスのタイムスケールと同等または長い場合、高速流からは高階電離のプラズマから十分な輻射が出ず、

通常のコロナ活動領域と同程度の電離階数からでる事が明らかになった。また輻射冷却に関しては太陽コロナ中ではダイナミクスに影響を及ぼすほどには、電離非平衡を考慮してもならない事がわかった。今後は定常解でなく時間変動まで考慮して、考察をおこなっていく。また、太陽コロナではなく太陽大気中の遷移層など他のプラズマ環境への応用もおこなっていく。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計15件)

1. Imada, S.; Hirai, M.; Hoshino, M.; and Mukai T., “Favorable conditions for energetic electron acceleration during magnetic reconnection in the Earth’s magnetotail”, *Journal of Geophysical Research*, accepted. 査読有

2. Lee K.-S.; Moon Y.-J.; Kim S.; Choe G. S.; Cho K.-S.; and Imada S., “Two Types of EUV Brightenings in AR 10926 Observed by Hinode/EIS”, *The Astrophysical Journal*, accepted. 査読有

3. 今田晋亮, 清水敏文, 渡辺恭子, 坂東貴政, 常田佐久, 原弘久, 「高信頼性回転駆動機構開発のためのグリース潤滑剤アウトガス評価」、宇宙航空研究開発機構研究開発報告、掲載決定。査読有

4. Wilhelm K.; Abbo L.; Auchere F.; Barbey N.; Feng L.; Gabriel A.H.; Giordano S.; Imada S.; Llebarria A.; Matthaeus W.H.; Poletto G.; Raouafi N.-E.; Suess S.T.; Teriaca L.; and Wang Y.-M., “Morphology, dynamics and plasma parameters of plumes and inter-plume regions in solar coronal holes”, *Astronomy and Astrophysics Review*, accepted. 査読有

5. Harra L.K.; Mandrini C.H.; Dasso S.; Gulisano A.M.; Steed K.; and Imada S., “The Solar Source of a Magnetic Cloud Using a Velocity Difference Technique”, Solar Physics, Volume 268, Issue 1, 213–230, 2011. 査読有

6. Imada S.; Isobe, H.; Shimizu, T., “Magnetic Reconnection in the Solar Atmosphere observed by Hinode”, The Sun, the Solar Wind, and the Heliosphere (IAGA Special Sopron Book Series), Vol 4, 63–72, 2011. 査読有

7. Balasubramaniam K.S.; Cliver E.W.; Pevtsov A.; Temmer M.; Henry T.W.; Hudson H.S.; Imada S.; Ling A.G.; Moore R.L.; Muhr N.; Neidig D.F.; Petrie G.J.D.; Veronig A.M.; Vrsnak B.; and White S.M., “On the Origin of the Solar Moreton Wave of 2006 December 6”, The Astrophysical Journal, Volume 723, Issue 1, pp. 587–601, 2010. 査読有

8. 清水敏文、今田晋亮、渡邊恭子、梶田直希、田島崇男、小川智也、平田晋吾、坂東貴政、常田 佐久、小原新吾、鈴木峰男、川島教嗣：「観測望遠鏡用の高頻度回転駆動機構の開発」、第54回宇宙 科学技術連合講演会論文集、3G02 (JSASS-2010-4482)、日本宇宙航空学会、静岡 (2010)。査読無

9. Kitagawa N.; Yokoyama T.; Imada S.; and Hara H., “Mode identification of MHD waves in an active region observed with Hinode/EIS”, The Astrophysical Journal,

Volume 721, Issue 1, pp. 744–749, 2010. 査読有

10. Gupta G.R.; Banerjee D.; Teriaca L.; Imada S.; and Solanki S., “Accelerating Waves in Polar Coronal Holes as Seen by EIS and SUMER”, The Astrophysical Journal, Volume 718, Issue 1, pp. 11–22, 2010. 査読有

11. Imada S.; Hara, H.; Watanabe, T., “Ion Temperature and Non-thermal Velocity in a Solar Active Region: Using Emission Lines of Different Atomic Species”, The Astrophysical Journal, Vol. 705, Issue 2, L208–212, 2009. 査読有

[学会発表] (計 14件)

1. Imada, S.; Hirai M.; Isobe H.; Oka M.; Watanabe K.; and Minoshima T., “Comparison of reconnection in magnetosphere and solar corona”, COSPAR 2010, Bremen, Germany, 22 July 2010.

2. Imada, S.; Hirai M.; Isobe H.; Oka M.; Watanabe K.; and Minoshima T., “Comparison study of magnetic reconnection in magnetosphere and solar corona”, International Space Plasma Symposium 2010, Tainan, Taiwan, 28 June 2010.

3. Imada, S., “Magnetic Reconnection in Solar Atmosphere observed by Hinode”, US-Japan Workshop on Magnetic Reconnection, Wisconsin, USA, 5 October 2009.

4. Imada, S., “Magnetic Reconnection in Solar Atmosphere”, IAGA 11th Scientific Assembly, Sopron, Hungary, 25 August 2009.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今田 晋亮 (IMADA SHINSUKE)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙
科学研究所・宇宙航空プロジェクト研究員

研究者番号 : 40547965

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :