

平成 21 年 3 月 17 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007-2008

課題番号：19540475

研究課題名（和文） 惑星間空間でのダストの相互作用

研究課題名（英文） Interaction of interplanetary medium dust

研究代表者

マン イングリッド (Mann Ingrid)

近畿大学・大学院総合理工学研究科・研究員

研究者番号：60448165

研究成果の概要：

太陽系内およびデブリ円盤におけるダストの力学、衝突、生成に関して研究を行い、惑星間塵の荷電量の時空間変動を解明する基礎データを取得した。また、惑星間塵についての帯電量を数値的に求め、数ボルトから数十ボルトの正電荷が達成されることや、ダストトレイルの塵から供給されるガス・イオンが、太陽風に与える影響の小さいことを明らかにした。更に、太陽系内における大ダスト粒子同士の衝突によって生成されるナノサイズダストの軌道に関する新たな知見を得た。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	700,000	210,000	910,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,400,000	420,000	1,820,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・超高層物理学

キーワード：惑星間ダスト、ダストプラズマ、ナノ粒子

## 1. 研究開始当初の背景

近地球のナノメートルサイズのダスト粒子および、これら粒子の軌道に関するいくつかの実験的研究の結果は不確かである。

## 2. 研究の目的

惑星間塵の帯電を決める物理過程の検証を通して、帯電量の変動を正確に推定し、その変動が惑星間空間の小さな塵の力学的挙動に与える影響を解明する。

さらに、ダストトレイル塵からの物質供給の研究を通して、塵から作られた重元素成分が、太陽風の成分比に与える影響を解明することを目的とする。

また、太陽近傍においてダスト同士の衝突によって生成される小破片が太陽近傍域から放出される可能性について調査する。また、それら粒子が近地球軌道において観測可能かどうか調査を行う。

## 3. 研究の方法

ダストの電荷に関して数値計算を行う。また、太陽重力、放射圧、ローレンツ力の影響を考慮したダスト軌道に関して、解析的手法および数値的手法を用いて研究を行う。

## 4. 研究成果

### 塵帯電を決める物理過程の検証

帯電過程に重要な役割を果たす、太陽風（特に電子成分の数密度、エネルギー分布）と太陽輝度（特に紫外線域）を正確に記述するパラメータを検証し、それらの空間的・時間的変動の様子を明らかにした。これにより惑星間塵の荷電量の時間・空間変動を解明するための基礎データが集積された。

また、定型的な惑星間塵の構成物質（シリケート、グラファイト、水氷）について、帯電量を求める計算プログラムを作り、塵荷電量の空間的・時間的変動を求めた。数ボルト～数十ボルトの正電荷が一般的に達成されることが判った。

### 彗星ダストトレイル塵からの物質供給の解明

ダストトレイルにおける塵のサイズおよび数密度を求め、トレイルの空間分布を推定した。一般的に惑星間の塵においては、塵が高温となると構成分子の昇華が起こり、また、太陽風のプロトンによるスパッタリングに

よって分子・イオンが発生する。このようにして、トレイルの塵から供給されるガス・イオンが、太陽風の成分に与える効果を検証し、その影響が小さいことを明らかにした。

### ナノ粒子ダストの加速と衝突に関する研究

ナノ粒子ダストは高速度まで加速された後、大粒子に衝突することが分かった。この衝突により多量のガスとイオンが生成されることが見込まれる。

また、太陽を焦点とするケプラー軌道上を周回する大ダスト粒子の衝突によって生成される10nmサイズのダスト粒子について、その軌道の計算を行った。計算の結果、太陽からおよそ0.1-0.7AUの距離で放出されたダスト粒子は特定の条件において200から400km/sの速度にまで加速されることが分かった。

### マイクロメートル以下のサイズを持つダストへの電荷振動の影響評価

調査したパラメータの範囲において、ダストの軌道はダストのサイズおよび表面電荷に影響を受けないことが分かった。

### 加速されたマイクロメートル以下のサイズを持つダストの大粒子および惑星間媒質の他の成分への影響評価

ナノ粒子のダストは宇宙船に衝突した際に近傍にかなりの量の電荷を生み出すことが分かった。ナノ粒子のダストの高速度衝突によるものと考えられるシグナルが太陽から1AUの距離に位置するSTEREO宇宙船に搭載されているPlasma Wave Experiments観測機器によって記録された（本研究に関して、論文を提出した。現在査読中である）。

また、惑星間媒質における衝突によって生成されるガスについても研究を行い、以下のことが分かった。

### 彗星ダストトレイルにおける衝突による蒸発の割合の研究

彗星ダストトレイルにおける次の三つの衝突種を考慮した衝突割合の計算を行った。

1)ダストトレイル粒子同士による衝突（小さな蒸発量）2)惑星間ダストとの衝突（わずかに大きな蒸発量）3)星間ダストとの衝突（蒸発量の大半を占める）。蒸発量の大半は星間ダストがダストトレイル粒子へ衝突する際に生成され、その量は一立方メートル、一秒あたり10-22gとなる。これらイオンの量は、太陽風の陽子の量と比べて、少なくとも4桁少ないことが分かった。

## 放出されたダストが惑星間の場に与える影響の観測可能性評価

ダストトレイルの蒸気雲を通過した後の太陽磁場  $B$  の変動を見積もった。太陽風が  $10$  の  $7$  乗  $m$  の距離のダストトレイルを通過したと仮定した場合、磁場  $B$  に対する磁場の变化 ( $\Delta B$ ) に関して、 $\Delta B/B$  が  $10$  の  $-3$  乗以下となることを見積もられた。現在のところ、この量の磁場変化は検知が難しく、他の現象による変動との区別が困難である。

### 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 約 20 件)

Czechowski, A., and Mann, I., "Collisional vaporization of dust and production of gas in the beta-Pictoris dust disk", *Astrophys. J.* 660, 1541-1555.

Mann, I., "Interplanetary Medium Dust: a Dusty Plasma?", *Adv. Space. Res.*, 41, 160-167, 2008, 査読有り

Mann, I., "Nano dust in cosmic plasma environments", (T.Mendonza ら 編) "Multifacets of Dusty Plasma", AIP Conference Proceedings, 1041, 105-108, 2008, 査読有り

I.Sano, Y.Okada, M.Mukai, and S.Mukai, Retrieval Algorithm Based on Combined Use of POLDER and GLI for Biomass Aerosols, *J. Remote Sensing Society of Japan*, 29(1), 54-59 (2009) 査読有り.

Y.Okada, I.Mann, I.Sano, S.Mukai, Acceleration of the iterative solver in the discrete dipole approximation: Application to the orientation variation of irregularly shaped particles, *JQSRT*, 109, 1461-1473(2008) 査読有り.

向井苑生, 向井真木子, 佐野到, 井口信和, 大気エアロゾルの光学特性と浮遊粒子状物質の相関解析, *エアロゾル研究*, 23(2), pp.114-119 (2008) 査読有り.

岡田靖彦, 佐野到, 向井苑生, 非球形粒子の偏光散乱数値シミュレーション, *日本リモートセンシング学会誌*, 28(4), 375-379, (2008) 査読有り.

Y.Okada, I.Mann, I.Sano, S.Mukai, Acceleration of the iterative solver in the discrete dipole approximation: Application to the orientation variation of irregularly shaped particles, *JQSRT*, 109, 1461-1473, (2008) 査読有り.

向井真木子, 向井苑生, 東アジアにおける大気汚染エアロゾルの増加と気候への影響, *混相流*, 22(1), 381-387, (2008) 査読有り.

I.Sano, Y.Okada, M.Mukai, and S.Mukai, Aerosol retrieval based on combined use of POLDER and GLI data, *J. Remote Sens. Soc. Jpn.*, 29(1), (2009), 査読有り.

S.Mukai, M.Nishina, I.Sano, M.Mukai, N.Iguchi and S.Mizobuchi, Suspended Particulate Matter sampling at an urban AERONET site in Japan, part 1. Clustering analysis of aerosols, *J. Appl. Remote Sensing*, 1, 013518, (2007) 査読有り.

S.Mukai, I.Sano, A.Nishimori, M.Sato, Y.Okada, B.N.Holben, A comparison of aerosol properties with air pollutants, *Adv. Space Res.*, 39, 32-35, doi:10.1016/j.asr.2006.02.033, (2007) 査読有り.

向井苑生, 佐野到, 保本正芳, 大気エアロゾルと SPM の同規測定が捉えた 2006 年春の黄砂, *日本リモートセンシング学会誌*, 27(1), 33-38, (2007) 査読有り.

他

[学会発表](計 約 30 件)

Mann, I., "Charged dust dynamics", Workshop on "Dust-plasma interactions in cosmic environments", 2008 年 3 月 11 日, International Space Science Institute, Bern, スイス.

Mann, I., "Nano-dust in cosmic plasma environments", the 5th International Conference on the Physics of Dusty Plasma 招待講演, 2008 年 5 月 22 日, Ponta Delgada, ポルトガル

Mann, I., "Optical properties of cometary coma and trail particles", AOGS 第 5 回公演会, 2008 年 6 月 18 日, Busan, 韓国

Mann, I., "Nano-particles in the interstellar medium and in the solar system", the Workshop on Secondary Ion Mass Spectrometry, 2008年8月5日, 北海道大学, 札幌

S.Mukai, I.Sano, M.Yasumoto and T.Izuka, Complicated feature of atmospheric aerosols shown in the yellow sand events in Japan, 37th COSPAR, 2008年7月, カナダ

S.Mukai, I.Sano, K.Ishii, M.Yasumoto, and T.Sugimura, Atmospheric correction for land observing sensor AVNIR-2, SPIE Asia Pacific Remote Sensing Symposium, 2008年11月, ニューカレドニア

他

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

マン イングリッド (Mann Ingrid)  
近畿大学・大学院総合理工学研究科・シニア  
研究員  
研究者番号：60448165

### (2)研究分担者

向井 正 (Mukai Tadashi)  
神戸大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号：10097412  
(2008年度は連携研究者として)

向井 苑生 (Mukai Sonoyo)  
近畿大学・理工学部・教授  
研究者番号：00097411

### (3)連携研究者

### (4) 研究協力者

Czechowski, Andrzej  
Polish Space Research Institute in Warsaw

石黒 正晃, Seoul National University  
(2007年時)  
研究者番号：なし