

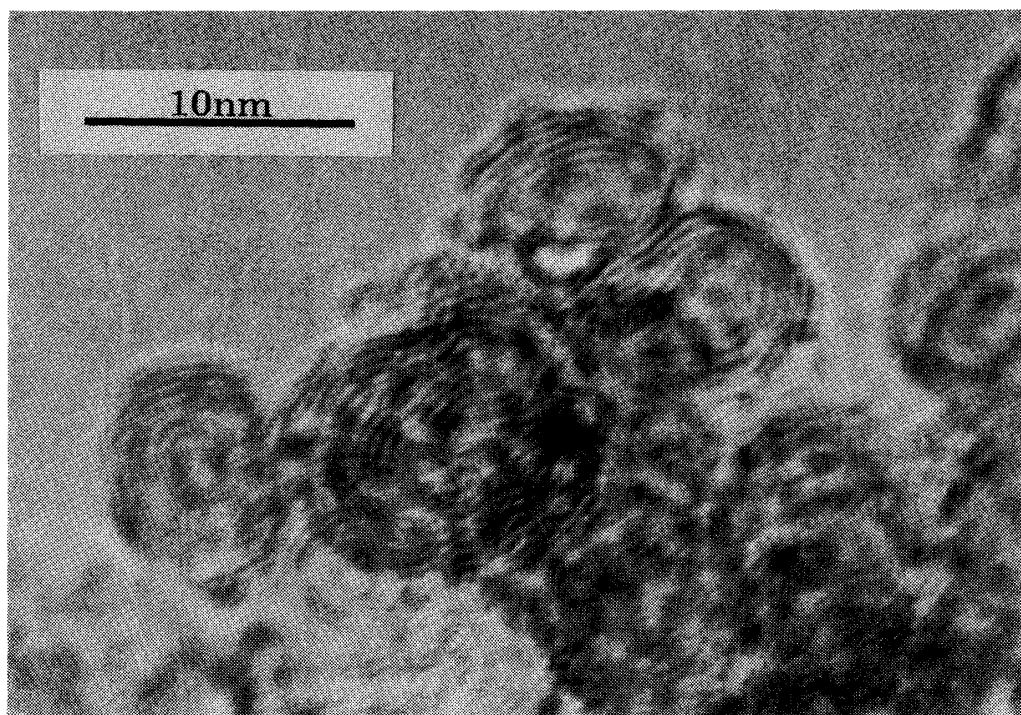
日本惑星科学会

1997 年

秋期講演会予稿集

1997 年 9 月 15 日 (月) ~ 17 日 (水)

於: 立命館大学びわこくさつキャンパス



Abstracts

1997 Fall Meeting

of

The Japanese Society for Planetary Sciences

表紙写真：Q C Cの基本構造

電通大坂田グループのQ C C物質を高分解能電顕法で観察したもの。これをもとにしてQ C Cの基本構造が解明できるものと思われる（未発表）。

日本惑星科学会 1997 年度秋期講演会

プログラム

9月15日(月)

- 10:00-10:20 受付
- 10:20-10:30 開会挨拶及び事務連絡
- 10:30-12:00 セッション1
- 12:00-13:00 昼食
- 13:00-15:30 セッション2
- 15:45-17:30 セッション3

9月16日(火)

- 9:30-11:10 セッション4 (ポスタープレゼンテーション)
- 11:15-12:30 ポスターセッション
- 12:30-14:00 昼食
- 14:00-15:00 特別講演
舞原俊憲 「星間ダストと惑星・生命の起源とのリンク」
- 15:15-17:30 特別セッション
「惑星科学の新世紀に向かったの展開」
山本哲生 惑星科学会将来計画委員会からの報告
香内 晃 実験惑星学の問題点
藤原 顯 惑星探査計画と体制
中村栄三 CASTEM(Comprehensive Analytical System
for Terrestrial and Exterrestrial
Materials):全元素総合解析の視点から
土山 明 curation 体制
小林憲正 圏外生物学を指向した惑星科学
- 17:30-18:30 総会
- 18:30-20:30 懇親会

9月17日(水)

- 9:30-12:00 セッション5
- 12:00-13:00 昼食
- 13:00-15:00 セッション6
- 15:15-16:30 セッション7

9月15日(月) 午前

10:00-10:20 受付

10:20-10:30 開会挨拶及び事務連絡
堀内千尋(立命館大・理工)

10:30-12:00 セッション1 (座長:小池千代枝)

10:30 101 X線CT法における Pallasite 隕石の3次元画像
○花本貴志, 土山明(阪大・理),15
中島善人(地質調査所)

10:45 102 希ガスから見たエンスタタイトコンドライト
○岡崎隆司, 高岡宣雄, 中村智樹(九大・理),16
長尾敬介(東大・理)

11:00 103 Dimmitt(H3)隕石の窒素について
○清田馨, 杉浦直治(東大・理)17

11:15 104 熱変成を受けた特異なCM炭素質コンドライトの母天体
○松岡賢治, 中村智樹, 高岡宣雄(九大・理),18
長尾敬介(東大・理), 中牟田義博(九大・理)

11:30 105 火星起源 Shergottites 隕石の特長と多様性
矢内桂三(岩手大・工)19

11:45 106 炭素質コンドライト中の蛍光性炭素質物質
○村江達士(九大・理), 矢守章(宇宙研)20

12:00-13:00 昼食

9月15日(月) 午後

13:00-15:30 セッション2 (座長: 橋元明彦)

- 13:00 201 ヘール・ボップ彗星のダスト: 可視偏光撮像観測の結果から
○古荘玲子(神戸大・自然),23
鈴木文二(埼玉県立三郷工業技術高校), 山本直孝(東京理大),
河北秀世(大阪), 佐々木敏由紀, 清水康広,
倉上富夫(国立天文台)
- 13:15 202 蛍光X線観測における粒子サイズ効果(2)
○桑田良隆, 岡田達明, 水谷仁(宇宙研)24
- 13:30 203 SFU 衛星上の超高速衝突痕飛行後検査(2)
— 精密計測・較正実験・データベース —
○矢野創(宇宙研), M. J. Neish(航技研),25
S. P. Deshpande(T & Mエンジニアリング), 木部勢至朗(航技
研), 森重和正(宇宙研/神戸大・理), 前川欣之(日大・生産工)
- 13:45 204 衝撃による希ガス原始成分の始源隕石からの脱ガス
○中村智樹(九大・理), M. E. Zolensky,26
F. Horz(NASA JSC), 高岡宣雄(九大・理),
長尾敬介(東大・理)
- 14:00 205 玄武岩を用いた衝撃波の減衰に関する実験
○中澤暁, 藤波慎司, 渡辺誠一郎, 藤井直之(名大・理),27
白井慶, 比嘉道也, 飯島祐一, 加藤學(宇宙研)
- 14:15 206 K/T境界における衝突イベント —キューバの大規模“津波堆
積層”—
松井孝典, ○田近英一, 多田隆治, 大路樹生,28
高山英男(東大・理), 清川昌一(コネチカット大)
- 14:30 207 南極産非溶融マイクロメテオライトの宇宙起源の化学的証拠
○福岡孝昭(学習院大・理), 田澤雄二(京大・理),29
矢田達(九大・理), 矢野創(宇宙研)
- 14:45 208 隕石中の TiC 核 graphitic spherule の非平衡凝縮
○千貝健, 山本哲生(北大・理), 小笹隆司(神戸大・理)30

9月15日(月) 午後(続き)

15:00	209	取り消し	31
15:15	210	鉱物反射スペクトル分析装置を用いた月面の鉱物反射スペクトル地上模擬実験 ○大竹真紀子, 大嶽久志, 竹内覚(宇宙開発事業団)	32
15:30-15:45		休憩	
15:45-17:30		セッション3 (座長: 福岡孝昭)	
15:45	301	アモルファス氷中での CO 分子の拡散係数 ○山本哲生, 城野信一(北大・理)	33
16:00	302	太陽系における最初の金属/ケイ酸塩の分離機構 ○橋元明彦, 千貝健(北大・理)	34
16:15	303	地球外生命, 有機物検出の試みー顕微蛍光法による多環芳香族炭化水素の検出ー ○河崎行繁, 辻堯(三菱生命研), 川村陽子(東邦大), 石川洋二(大林組), 秋山雅彦(信州大)	35
16:30	304	Non-Water Ice の変形実験: 固体メタン α 相の非弾性的性質の測定 ○山下靖幸(名大・理), 加藤學(宇宙研)	36
16:45	305	木星磁場の進化とガリレオ衛星の熱史 ○西願寺善彦(北大・理), 倉本圭(北大・低温研), 山本哲生(北大・理)	37
17:00	306	固体撮像素子 AMI を用いた同位体顕微鏡の開発 ○国広卓也, 永島一秀(東工大・理), 小坂光二((有)東京テクノロジー), 平田岳史, 坂本尚義(東工大・理)	38
17:15	307	レーザー光による粗い表面の散乱特性実験 ○亀井秋秀(神戸大・自然), 中村昭子(宇宙研) 古我知素文(神戸大・自然), 向井正(神戸大・理)	39

9月16日(火) 午前

- 9:30-11:10 **セッション4** (ポスタープレゼンテーション) (座長：塙内千尋)
- 9:30 P401 α - Al_2O_3 粒子の形態と吸収の相関
○高野伸一, 木村誠二, 塙内千尋 (立命館大・理工),43
齊藤 嘉夫 (京都工繊大), 小池千代枝 (京都薬大)
- 9:35 P402 SFU 衛星上の超高速痕の3次元形状分析
○森重和正 (宇宙研/神戸大・理), 矢野創 (宇宙研),44
木部勢至朗, M. J. Neish (航技研), S. P. Deshpande (T & M エンジニアリング), 前川欣之 (日大・生産工)
- 9:40 P403 月面永久影領域の反射アルベドのモデル計算
○田中 充孝, 石元 裕史 (神戸大・自然),45
中村良介 (神戸大・情報処理センター), 向井正 (神戸大・自然)
- 9:45 P404 イオンプローブによるアエнде隕石 CAI 中の酸素同位体分析
比屋根肇 (東大・理)46
- 9:50 P405 アモルファスアイス・クラスターの衝突付着シミュレーション
○平田和久, 増田耕一 (神戸大・自然), 向井正 (神戸大・理) ...47
- 9:55 P406 境界の形状が対流パターンに与える影響
○並木 敦子, 栗田 敬 (東大・理)48
- 10:00 P407 Clementine 探査機の画像データによる月基地候補地点調査の試み
○齋藤 潤, 秋山演亮, 十亀昭人 (西松建設技術研究所)49
- 10:05 P408 土星リングにおけるクラスター構造の形成
台坂博 (東工大・理)50
- 10:10 P409 小惑星疑似表面を用いた室内偏光測定
○古我知素文, 亀井秋秀 (神戸大・自然),51
向井正 (神戸大・理)
- 10:15 P410 過去の月潮汐加熱について
荒木博志 (国立天文台)52

9月16日(火) 午前(続き)

- 10:20 P411 衝突破片のサイズ分布, 再考
○高木靖彦(東邦学園短期大学), 中村昭子, 藤原顯(宇宙研)53
- 10:25 P412 鉄隕石(ⅢE)中C, N分布、量、同位体比測定
○池田泰文, 杉浦直治(東大・理)54
- 10:30 P413 月探査周回衛星による月面撮像/分光機器観測
○春山純一, 大嶽久志(宇宙開発事業団),55
松永恒雄(地質調査所), LISM検討グループ
- 10:35 P414 石膏の高速斜め衝突における低速度破片の動向
○小野瀬直美, 高木周, 中村昭子, 藤原顯(宇宙研)56
- 10:40 P415 原始太陽系星雲における物質進化: 質量降着によるC/O比の
分別
倉本圭(北大・低温研)57
- 10:45 P416 アモルファス氷の物理・化学特性
○増田耕一(神戸大・自然), 高橋順子(基礎化学研)58
- 10:50 P417 氷粒子スパッタリングのMDモデル
○大垣内るみ, 増田耕一, 向井正(神戸大・自然)59
- 10:55 P418 回転球殻内の有限振幅対流と引き起こされる平均帯状流
○竹広真一(九大・理), 石渡正樹(北大・地球環境),60
中島健介(九大・理), 林祥介(東大・数理科学)
- 11:00 P419 原始太陽系星雲中でのフラクタル形状をしたダストの沈澱と
付着成長
○日高由布子(神戸大・自然), 中川義次(神戸大・理)61
- 11:05 P420 MICでの朝霧・夕霧の観測計画
○稻田愛, 向井正(神戸大・自然)62
- 11:15-12:30 ポスターセッション
- 12:30-14:00 昼食

9月16日(火) 午後

14:00-15:00 **特別講演** (座長：山本哲生)

「星間ダストと惑星・生命の起源とのリンク」

舞原俊憲 (京大・理)

15:00-15:15 休憩

15:15-17:30 **特別セッション** (座長：向井正，村江達士)

「惑星科学の新世紀に向かったの展開」

山本哲生 惑星科学会将来計画委員会からの報告

香内 晃 実験惑星学の問題点

藤原 顯 惑星探査計画と体制

中村栄三 CASTEM (Comprehensive Analytical
System for Terrestrial and Exterrestrial
Materials) : 全元素総合解析の視点から

土山 明 curation体制

小林憲正 圏外生物学を指向した惑星科学65

17:30-18:30 **総会**

18:30-20:30 **懇親会**

9月17日(水) 午前

9:30-12:00 セッション5 (座長: 渡邊誠一郎)

- 9:30 501 1996年11月18日の月面の発光が静止衛星であった可能性
柳澤正久(電通大)69
- 9:45 502 月の海における地域別のクレーターサイズ分布の比較
○本田親寿, 並木則行(九大・理)70
- 10:00 503 ペネトレータのダイナミクスと月レゴリスの物性との関係
白石浩章(宇宙研)71
- 10:15 504 エイトケンクレーター内部の地質: 海の玄武岩の分布
高田淑子(東大・地質)72
- 10:30 505 地球近傍小惑星 4179 Toutatis の偏光観測
○中山裕之, 石黒正晃, 古我知素文(神戸大・自然),73
中村良介(神戸大・情報処理センター), 岡崎彰(群馬大・教育)
平田龍幸(京大・宇宙物理), 向井正(神戸大・理)
- 10:45 506 月の紫外・可視・近赤外反射光強度の地形・位相角依存性
○横田康弘, 飯島祐一, 岡田達明(宇宙研),74
本田理恵(高知大・情報), 水谷仁(宇宙研)
- 11:00 507 カイパーベルト天体からのダスト供給率
山本哲生, ○大島孝文(北大・理)75
- 11:15 508 粉体衝突のシミュレーション
○万代英俊, 城野信一, 山本哲生(北大・理),76
渡邊誠一郎(名大・理)
- 11:30 509 氷微惑星の高速衝突後の爆発的膨張流
○本山龍也, 関谷実(九大・理)77
- 11:45 510 カイパーベルト天体の軌道分布と海王星の移動
○井田茂, 田中秀和(東工大・理),78
G. Bryden, D. N. C. Lin(リック天文台)

9月17日(水) 午後

12:00-13:00 昼食

13:00-15:00 セッション6 (座長: 柳澤正久)

- 13:00 601 弾塑性モデルを用いた衝突破壊のスケーリング則
○三谷典子(東工大・理/東大・理),81
渡邊誠一郎(名大・理)
- 13:15 602 原始太陽系星雲中での惑星集積
○小久保英一郎(東大・教養), 井田茂(東工大・理)82
- 13:30 603 3次元大気の暴走限界: 日射分布と回転の効果
○石渡正樹(北大・地球環境),83
中島健介, 竹広真一(九大・理), 林祥介(東大・数理科学)
- 13:45 604 mixing を考慮した超新星爆発時における軽元素合成
— He 層とH層との mixing (II)
○吉田敬, 榎森啓元, 中澤清(東工大・理)84
- 14:00 605 惑星衛星系の共成長
○森島龍司, 渡邊誠一郎(名大・理)85
- 14:15 606 火星下層大気における対流の数値計算
○小高正嗣(東大・数理科学), 中島健介,86
竹広真一(九大・理), 石渡正樹(北大・地球環境),
林祥介(東大・数理科学)
- 14:30 607 含水マグマオーシャン中での金属鉄の融点
奥地拓生(東工大・理)87
- 14:45 608 GCP を用いた小惑星自転軸方向の決定
○秋山演亮, 齋藤潤, 十亀昭人(西松建設)88
- 15:00-15:15 休憩

9月17日(水) 午後(続き)

15:15-16:30 セッション7 (座長: 関谷実)

- 15:15 701 大気励起起源の常時惑星自由振動
○小林直樹, 西田究(東工大・理)89
- 15:30 702 グレインアグリゲイトの成長
城野信一(北大・理)90
- 15:45 703 起源を考慮した惑星間塵サイズ分布のモデル計算
石元裕史(神戸大・自然)91
- 16:00 704 原始惑星の軌道進化と系外惑星の離心率
竹内拓(東工大・地球惑星)92
- 16:15 705 木星大気の湿潤対流の数値計算
○中島健介, 竹広真一(九大・理),93
石渡正樹(北大・地球環境), 林祥介(東大・数理科学)

日本惑星科学会

秋期講演会アブストラクト

セッション 1

9月15日(月)午前

No. 101-106

X線CT法におけるPallasite隕石の3次元画像

A 3D image of pallasites using an X-ray CT scanner

花本貴志（阪大・理）

Takashi Hanamoto (Dept. of Earth and Space Sci., Osaka Univ.)

土山 明（阪大・理）

Akira Tsuchiyama (Dept. of Earth and Space Sci., Osaka Univ.)

中島善人（地質調査所）

Yoshito Nakashima (Geological Survey of Japan)

Abstract

X-ray CT images of a pallasite (Imilac) were taken by using a scanner of medical use. Metal and olivine grains were easily distinguished each other, although their boundaries were sometimes diffused due to the slice thickness (1mm). A three dimensional structure of the meteorite was reconstructed by stacking successive CT images.

Pallasite隕石は、Fe-Ni合金とolivine粒子から成るが、olivine粒子の相対的位置関係を知ることができれば、metal融解時における母天体中のコア-マントル境界付近の状態について、情報が得られるはずである。しかしながら、研磨面を調べるという通常の方法では、olivine粒子同志が互いに接し合っているかなどの情報はわからない。

本研究では、X線CTスキャナーを用いてpallasiteを撮影し、その内部構造を調べ、さらにはそれらのCT写真を重ね合わせて、3次元的な画像を作ることを試みた。今回使用したCTスキャナーは医療用のものであり、水平方向の空間分解能は0.75mmであり、1mmのスライス厚で撮影できる。これを用いてImilac隕石（40×30×8 mm）を1mm間隔で連続的に撮影して、8枚の画像を得た。これらの画像についてコントラスト補正などの処理を施し、metalとolivineを区別するために2値化処理をした。その後、これらの画像を重ね合わせて、3次元的な画像を再構成した。しかしながら、今回は用いた試料は薄く、撮影した枚数が少なかったために、あるolivine粒子についてはその全体を完全に見ることができなかった。一方、CTスキャナーのスライス厚みが厚かったため、また2値化処理の際のしきい値の判断のあいまいさのために、完全にmetalとolivineとを区別できなかった。以上の理由からolivine粒子の位置関係を調べることはできなかったが、更に大きな試料を用いて3次元画像をつくることに現在取り組んでいる。

希ガスから見たエンスタタイトコンドライト

Studies on noble gases in enstatite chondrites

○岡崎隆司、高岡宣雄、中村智樹(九大・理・地惑)、長尾敬介(東大・理・地殻化学)

○R. Okazaki, N. Takaoka, T. Nakamura(Departments of Earth and Planet. Sci., Kyushu Univ.) and K. Nagao(Lab. Earthq. Chem., Univ. of Tokyo)

Enstatite chondrites have Q-gases and elementary fractionated solar noble gases, so called 'subsolar' [1]. The trapping mechanism and carrier phases of such trapped noble gases in E-chondrites have been poorly understood. Recently, Takaoka et al. (1996) [2] found that large amounts of trapped gases are released by crushing Happy Canyon E-chondrite and suggested that microbubbles in enstatite crystals is one of the possible trapping sites.

In this work, we developed a new analytical method consisting of a combination of crushing and heating analyses, which minimizes disturbance from atmospheric gases. Happy Canyon (about 300mg) and Y-793225 (about 100mg) are crushed and heated stepwise. Released noble gases were measured with a modified VG5400 mass spectrometer of Okayama University [3].

Large amounts of trapped gases and a part of radiogenic gases are released by crushing. The fraction of crush-released radiogenic ^{40}Ar relative to bulk is smaller than those of radiogenic ^{129}Xe . The fact suggests that the crush-released ^{129}Xe contains inherited ^{129}Xe which was decayed and accumulated prior to the impact-melting. The isotopic ratios of crush-released Ar are extremely constant, suggesting that the crush-released Ar is dominated by noble gases trapped in a single carrier phase. Crush-released Ar and Xe from Happy Canyon and Y-793225 have these features in common.

However, the isotopic ratios of crush-released Xe from Happy Canyon are close to solar, while those of Y-793225 are almost Q-Xe. The elemental ratios of Happy Canyon are more fractionated from solar than those of Y-793225. These facts imply that crush-released noble gases from Happy Canyon are rather fractionated solar noble gases and those from Y-793225 may have origin and carrier phases different from those of Happy Canyon.

[1] Crabb J. and Anders E. (1981) GCA, 45, 2443-2464. [2] Takaoka N. et al. (1996) LPS XXVII, 1303-1304. [3] Miura Y. N. et al. (1995) GCA, 59, 2105-2113.

Dimmitt (H3) 隕石の窒素について

Nitrogen isotopic composition of Dimmitt (H3) meteorite

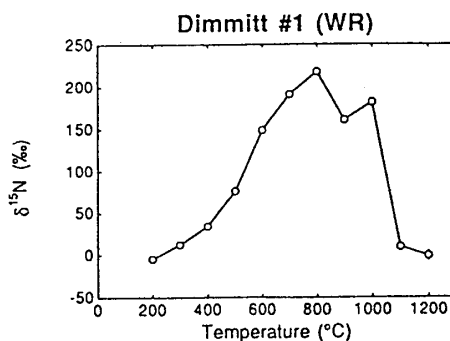
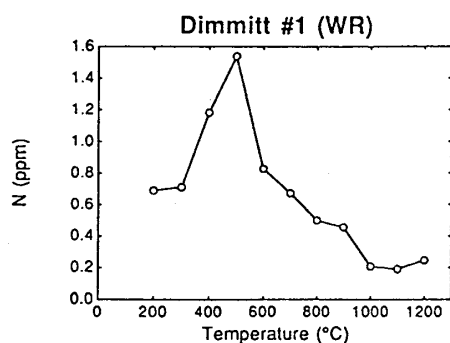
清田 馨、杉浦直治 (東大・理)

Kaoru KIYOTA and Naoji SUGIURA

Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo

Dimmitt (H3) meteorite is reported to have C-rich aggregates. Nitrogen, argon and neon isotopic compositions of this meteorite were measured by a stepped combustion method. It degassed heavy nitrogen upto $\delta^{15}\text{N}=218\%$ at 800°C . Some iron (or iron-nickel alloy) and iron sulfides in this meteorite contain graphites. Nitrogen isotope ratios of the graphites were measured with a secondary ion mass spectrometer. The nitrogen were heavy and the maximum $\delta^{15}\text{N}$ was 476% .

Dimmitt (H3) 隕石には、C-rich aggregatesが含まれていることが知られている (Brearley, 1990)。この隕石全岩の窒素・アルゴン・ネオンを段階燃焼法により測定した。重い窒素が出てきており、 800°C で $\delta^{15}\text{N}=218\%$ となる(図)。一方、この隕石を一面研磨し、顕微鏡及び電子顕微鏡で観察した。金属鉄(テーナイトまたはカマサイト?)や硫化鉄(トロイライト?)の中に、グラファイトが見られることがある(ここでは、EDSによる定性分析のみを行っての鉱物種名である。また、ここでいうグラファイトもEDSによって炭素のみの存在が確認された鉱物を指している)。このグラファイトの窒素同位体比を二次イオン質量分析計により測定したところ、重い窒素が検出され、最高で $\delta^{15}\text{N}=476\%$ が得られた。全岩の段階燃焼法で得られた重い窒素は、コンタミネーションを含む低温部を除けば、グラファイトの窒素と考えられる。



熱変成を受けた特異なCM炭素質コンドライトの母天体

○松岡賢治¹、中村智樹¹、高岡宣雄¹、長尾敬介²、中牟田義博¹
(¹九州大学理学部地球惑星科学科、²東京大学理学部地殻化学実験施設)

The Parent Body of Thermally Heated Unusual CM Carbonaceous Chondrites

○K. Matsuoka¹, T. Nakamura¹, N. Takaoka¹, K. Nagao², and Y. Nakamuta¹

¹Dep. of Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ., Japan

²Laboratory of Earthquake Chemistry, Univ. of Tokyo, Japan

We report electron-microscope, X-ray, and noble-gas isotope studies on three thermally heated unusual CM carbonaceous chondrites, Y-793321, B-7904, and Y-86789, indicating the order of degree of heating to be Y-86789 > B-7904 (>800°C) > Y-793321. From this conclusion we can evaluate the location in the parent body on the basis of the internal heating model of CM chondrites proposed by [4]. B-7904 and Y-86789 would have resided in the interior of the parent body larger than 10 km in radius and Y-793321 would have resided in relatively shallow region.

近年、いくつかの特異なCM炭素質コンドライトが水質変成の後に熱変成を受けていることがわかってきた[1,2,3]。それらは普通のCMコンドライトよりも進んだ物質進化の段階を経験した重要なサンプルである。そのようなサンプルのうち我々は3つの南極隕石Yamato (Y)-793321、Belgica(B)-7904、Y-86789についてその希ガス存在と鉱物学的特徴を調べ、それらにみられる熱の影響の間により一致があることを明らかにした。

Y-793321は普通のCMコンドライトと同様の組織を示すが、電顕によるマトリックスの化学分析は、そのマトリックスの層状珪酸塩が少し脱水していることを示している。B-7904とY-86789のマトリックスの組織は普通のCMコンドライトと比べPCPsがなく、その代わりに多くのトロイライト粒子(大きさ20 μm以下)がマトリックス中に散在している。またコンドリュールは層状珪酸塩様の物質に置換されており、非常にファイバラスな組織を示している。B-7904とY-86789のマトリックスの化学組成は非常に高いトータル(>90 wt%)を示し、これらのマトリックスが加熱によりY-793321よりも強く脱水されていることを示している。

これらの隕石のマトリックスのX線粉末パターンでは層状珪酸塩からの回折のピークは見られず、加熱により層状珪酸塩が脱水分解していることを示している。さらに、B-7904とY-86789ではブロードなフォスファイトのピークがみられ、分解した層状珪酸塩は不完全ながらもフォスファイトへ転移している。また、非常にブロードで強度も弱いエンスタタイトのピークも見られ、フォスファイトとアモルファスなシリカ相からエンスタタイトができて始めていること[1]を示している。フォスファイトとエンスタタイトのピークの鋭さと強度を比べると、Y-86789の方がより強い加熱を受けていることがわかる。

希ガス捕獲成分の濃度はY-793321、B-7904、Y-86789の順に少なくなる。保持力の弱いサイトにある希ガス捕獲成分は加熱により失われ、その濃度は隕石が経験した加熱の度合いを反映していると考えられる。B-7904とY-86789の600°Cと800°Cでリリースさせた¹³²Xe-Qの濃度は非常に低く、この2つの隕石が800°C程度まで加熱を受けたことを示している。

以上の鉱物学と希ガスのデータよりこの3つの隕石の加熱の程度はY-86789 > B-7904 > Y-793321の順であり、またB-7904とY-86789の加熱の最高温度は800°C程度と考えられる。この結果をCMコンドライトの内部加熱モデル[4]にあてはめれば、B-7904とY-86789の母天体は10km程度の直径を持っていたと考えられる。また、ソーラーNeを多く含むY-793321は母天体の表面近くで弱い加熱を受けたと思われる。

References : [1] AKAI, (1992) Proc. NIPR Symp. Meteorites, **5**, 120-135. [2] IKEDA, (1992) Proc. NIPR Symp. Meteorites, **5**, 49-73. [3] MATSUOKA et al., (1996) Proc. NIPR Symp. Meteorites, **9**, 20-36. [4] MIYAMOTO (1991) Meteoritics, **26**, 111-115.

火星起源Shergottites隕石の特徴と多様性

矢内桂三（岩手大学、工）

Characteristics and Varieties of the Shergottites Meteorites Originated from Mars.

Keizo Yanai (Faculty of Engineering, Iwate University)

Recently twelve meteoritic specimens are well known as the martian SNC meteorites. Shergotty, Zagami, ALH-77005, EETA79001, ALH84001, LEW88516, Y-793605 and QUE94201 meteorite belong to Shergottites. Nakhla, Lafayette and Governador Valadares meteorite are Nakhilites, and Chassigny meteorite is Chassignites respectively. AHL-77, ALH84, Yamato and LEW meteorites should be separated essentially from shergottites for their mineralogy and bulk compositions. Shergotty, Zagami, EET and QUE meteorites show similar bulk compositions; almost basaltic. However there are slightly differences in their textures, so those four meteorites are different specimen each other and had been fallen separately, even though they were originated from near sites on the Mars surface.

現在12個の火星起源隕石(いわゆるSNC隕石)が知られている。このうち、Shergotty、Zagami、ALH-77005、EETA79001、ALH84001、LEW88516、Y-793605及びQUE94201隕石の8個がShergottitesに分類された。他のNakhla、LafayetteとGovernador Valadares隕石はNakhilitesに、そしてChassigny隕石はChassignitesに区分された。従来Shergottitesに分類された8個のSNC隕石のうち、ALH-77、ALH84、Yamato及びLEWの4個は、岩質、全岩化学組成や鉱物組合せが、Shergotty隕石とは大きく異なり明らかに区別される。残るShergotty、Zagami、EETとQUE隕石が、本来のShergottitesに属し、玄武岩相当の全岩化学組成を示す。しかし、岩相（特に組織）にはそれぞれ特徴があり、これらは元々個別のもので、別々の落下によりもたらされたと考えることが出来る。

Shergottitesに区分された4つの隕石は岩相上浅所固結を示す共通の特徴を持っている。また、構成鉱物も輝石と斜長石（マスケリナイト）とからなる玄武岩相当の隕石である。EETは2つの異なった岩相が相接し、主岩相（A岩相）は玄武岩組織で、全ての中で最も浅い相を示し、大型カンラン石の捕獲斑晶典型的なポーヒリティック組織である。一方B岩相はほぼ等量の輝石と斜長石からなる粗粒玄武岩である。Shergotty、Zagami、QUEの岩相は粗粒玄武岩質～ハンレイ岩質を示し、EET両岩相のいずれとも大きく異なる。また、後三者の岩相は類似はするものの、同一と判断できるものではなく、これらが火星表層の同じ岩体から由来したものかどうかは定かでない。

炭素質コンドライト中の蛍光性炭素質物質

Fluorescent carbonaceous matter in carbonaceous chondrites

村江達士 (九大・理), 矢守章 (宇宙研)

Tatsushi Murae (Kyushu Univ.), Akira Yamori (ISAS)

The authors have measured fluorescence spectra on several samples of powdered carbonaceous chondrites under blue light using a Zeiss MPM 400 microscope photometer. The measured carbonaceous chondrites are Y-791198, Y-74662, and Murchison. We could find small number of fluorescent particles among non-fluorescent particles in all of these meteorite samples. We observed similar fluorescent particles also in carbon enriched samples by acid treatments of ALH-77307 and Y-791717. We have also measured fluorescence spectra of some shock metamorphosed PAHs.

多環芳香族炭化水素 (PAH) は、基本単位としてのベンゼン環が幾つもつながった構造をしており、火星隕石 ALH-84001 から検出された PAH は、McKay ら¹により火星にかつて生命体が存在した証拠の一つとしてあげられた。かれらによって検出が報告された PAH は全て蛍光性を持った化合物である。一方、Claus と Nagy²は、炭素質コンドライト中に組織を持った蛍光性の部分 (organized element) を顕微鏡で認め、これらが生物の痕跡であると主張した。McKay らの報告した PAH は溶媒に可溶であるが、Nagy らによるものは不溶性である。

炭素質コンドライト中の炭素質物質の殆どが、不溶性の多環芳香族高分子化合物であり、これらが非生物的に形成された我々は主張している³。この化合物は PAH の一種であると考えることが可能であり、通常の PAH との違いは、分子の大きさにある。縮合度の高い高分子の PAH は蛍光を示さないが、高分子芳香族化合物でも構造的な欠陥を持ったものには、蛍光を示すのに適度な大きさの PAH に相当する部分構造を持っている可能性がある。従って、炭素質コンドライト中の不溶性の炭素質物質には蛍光性を持っているものが存在する可能性があり、それらが濃集すると顕微鏡下でも観察し得ると考えられる。

そこで、我々は Zeiss MPM400 蛍光顕微分光光度計を用い、粉末状の炭素質コンドライト試料 (Y-791198, Y-74662, および Murchison についてはそのまま, ALH-77307 および Y-791717 については酸処理で炭素濃度を高めたものを) について、蛍光性炭素質物質を検出し、スペクトルを測定したので報告する。さらに、衝撃で変成した炭素質化合物についても蛍光物質を検出し、スペクトルを測定し、隕石中のそれと比較・検討したので報告する。

¹ D.S.McKay et al., *Science*, **273**, 924-930 (1996).

² G. Claus and B. Nagy, *Nature*, **192**, 594-596 (1961).

³ T. Murae et al., *Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites*, **7**, 211-219(1990).

セッション 2 & 3

9 月 15 日 (月) 午後

No. 201－210, 301－307

ヘール・ボップ彗星のダスト：可視偏光撮像観測の結果から

○古荘玲子（神戸大・自然）、鈴木文二（埼玉県立三郷工業技術高校）、
山本直孝（東京理科大学）、河北秀世（大阪）、
佐々木敏由紀（国立天文台）、清水康広、倉上富夫（国立天文台・岡山）

Dust in the comet C/Hale-Bopp: from the Optical Imaging Polarimetry

○Reiko Furusho¹⁾, Bunji Suzuki²⁾, Naotaka Yamamoto³⁾, Hideyo Kawakita⁴⁾,
Toshiyuki Sasaki⁵⁾, Yasuhiro Shimizu⁶⁾, Tomio Kurakami⁶⁾

1) The Graduate School of Science and Technology, Kobe University

2) Misato Technological High School

3) The Graduate School of Science, Science University of Tokyo

4) 1-4-10-303, Yuzato, Higashisumiyoshi, Osaka-city, Osaka

5) National Astronomical Observatory

6) Okayama Astronomical Observatory, NAO

We have done the optical imaging polarimetric observation of comet C/Hale-Bopp, using Okayama Optical Polarimeter and Spectrometer system (OOPS) mounted on 91-cm reflector at Okayama Astronomical Observatory. We used narrow band filter for C_2 and H_2O^+ gas emission bands and those near-by continuum, and a broad band filter (I-band).

The resulting polarization map of the dust continuum indicates the existence of (1) higher polarization region in the anti-solar direction of the dust tail, and (2) higher polarization region which are shifted to the anti-solar direction of the dust-shell structure appeared in optical images.

We will report the optical properties and size distribution of the dust particles in the comet C/Hale-Bopp derived from the numerical calculations based on the Mie theory.

我々のグループは、岡山天体物理観測所 91 cm 鏡に取り付けた可視偏光撮像分光装置(OOPS)を用いて、ガスとダストコンティニュームの狭帯域フィルタ及び広帯域フィルタ(I-band)によるヘール・ボップ彗星の偏光撮像観測を行なった。

上記観測のうちダストコンティニュームの解析結果から、ダストテイルの反太陽方向側で際立って偏光度が高くなっていることや、ヘール・ボップ彗星で可視光で見られた核近傍ダストシェル構造と高偏光度領域の相関が明らかになっている。

偏光度が高い原因としては、球形粒子を仮定した場合、粒径が観測波長よりも小さいダストが多く存在していることが考えられる。また、ダストシェル構造の反太陽方向に高偏光度領域が分布していることは、この領域には β 値(太陽輻射圧/太陽重力の比)がより大きいダストが分布していることを示している。可視光で観測されるダストのサイズがミクロンサイズ程度ならば、このサイズ領域のダストは球形粒子を仮定した場合、サイズが大きくなるほど β 値は小さくなる。よって、ダストシェル構造の反太陽方向の領域には、シェル構造を構成するダストよりもより小さいダストが多く存在すると考えられる。

本講演では、Mie 散乱のモデルを用いたヘール・ボップ彗星のダストの光学特性やサイズ分布等についての解析結果を報告する。

蛍光X線観測における粒子サイズ効果 (2)

○桑田良隆、岡田達明、水谷仁 (宇宙研)

Particle Size Effect in X-ray Fluorescence Spectrometry

Y. Kuwada, T. Okada, and H. Mizutani (ISAS)

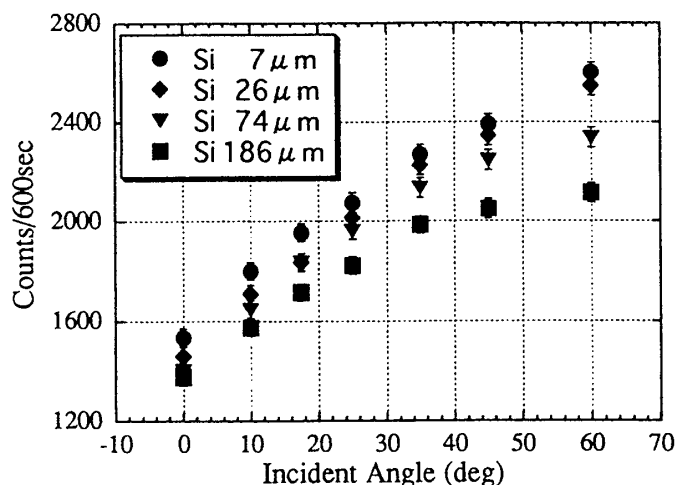
We performed laboratory experiments to estimate the effect of rough surface on X-ray fluorescence phenomenon, which is important for XRF spectrometry of planetary surfaces through remote-sensing. The results show the dependence of XRF intensities on surface particle size is within 10% when SiC powders of diameter from 7 to 186 micrometer are used as the specimen. This fact suggests surface roughness does not take a great effect for determination of rock-types, and also implies the possibility that this phenomenon may be used to estimate the surface roughness of sub-millimeter scale if XRF measurement is carried out with high accuracy.

蛍光X線観測により惑星表面の元素組成を高精度に分析する上で、惑星表層の凹凸(粒度の違い)による影響は無視できないと考えられる。本研究では、室内実験とモデル計算により、蛍光X線強度の粒度の違いによる影響と角度依存性を調べた。

本実験では、粒子サイズ効果の影響を粒度の異なる(7~186 μm) SiC、Al等の粉末を分析試料とすることで模擬した。また試料を取り囲むHeガスチェンバーを試作し、入射角、射出角、位相角をそれぞれ変化できるようにした。このようにして、試料にCr-K α のX線を照射させ発生した蛍光X線をアバランシェフォトダイオードで計測した。位相角を35度に固定した場合のSiC粉末を使用した実験(下図)では、どの入射角においても蛍光X線強度の粒度の違いによる影響は少ない($\pm 10\%$ 以内)ことがわかった。これより実際の蛍光X線観測における粒度効果の補正はせいぜい10%位であり、定性的ではあるが岩石タイプを決定するような場合においては大きな影響はないことが示唆される。

次に粒子サイズ効果の原因が μm オーダーの表面凹凸による影響であると考えモデル計算を行った。モデル計算の結果は粒度依存性および角度依存性について実験結果の傾向をよく表し、さらに両結果ともに粒子サイズ効果には位相角依存性があることがわかった。今後高精度の蛍光X線観測が行われれば、位相角依存性を調べることにより、惑星表面の粒度を推定できると期待される。

SiC粉末の蛍光X線実験(位相角=35°)



SFU 衛星上の超高速衝突痕飛行後検査 (2)

— 精密計測・校正実験・データベース —

Post Flight Analysis of Hypervelocity Impact Signatures on the SFU Spacecraft: Part 2

-- Detailed Analyses, Calibration Tests and WWW Database --

矢野創¹ (宇宙研)、M.J. Neish (航技研)、S.P. Deshpande (T&M Engineering)、
木部勢至朗 (航技研)、森重和正 (宇宙研/神戸大理)、前川欣之 (日大生産工)

Hajime Yano¹, Michael J. Neish², Sunil P. Deshpande³, Seishiro Kibe²,

Kazumasa Morishige^{1,4} and Yoshiyuki Maekawa⁵

1) Institute of Space and Astronautical Science; 2) National Aerospace Laboratory; 3) T&M Engineering;

4) Kobe University; 5) Nippon University

Japan's first retrievable satellite Space Flyer Unit (SFU) was retrieved after its 10-month mission in January 1996. Here we present a status report of its post flight analyses for hypervelocity impacts by meteoroids and space debris in the last 1.5 years. As of the summer of 1997, over 500 impact features were recorded in some 20 m² area mainly covered with Kapton MLI and Teflon radiator surfaces. Special attention is given to on-going detailed CCD microscopic survey and calibration impact experiments using the light gas gun. Also preparation for chemical analysis of impactor residues and construction of the meteoroid & debris database in WWW are explained.

日本初の回収型人工衛星 SFU は、高度約 480km の低軌道上での 10 ヶ月に及ぶ運用後に 1996 年 1 月に地球へ帰還した。それ以来我々は、メテオロイド及びスペースデブリによる衛星表面上の超高速衝突痕のサイズ分布、衝突フラックス、形状の分析等を実施してきた。全曝露面積の 2/3 を占めていた二翼の太陽電池パネルは収納時の不具合のために投棄されたので、飛行後検査は衛星本体を覆う多層耐熱被膜(MLI)やテフロン製の放熱板(SSM = Second Surface Mirrors)らを中心に実施された。これまでに約 20m² の面積から ~80 μm 以上の衝突痕が 500 個余り記録された。

本研究では、まず衝突痕形状の分類や各曝露面でのフラックスの見積もり等、これまでの成果を総括する。さらに現在進められている CCD 顕微鏡を使った MLI 上のより微小な衝突痕の検出・測定、LDEF、EuReCa、HST などの過去に回収された衛星と衝突フラックスを比較するために必要な衝突校正実験の成果について詳しく述べる。

またクレーターの底等にある衝突残留物については一次分析と分類を行い、その後の詳細分析で全国の宇宙物質研究者と協力して、メテオロイド&デブリの比率や天然粒子の起源毎の比率を推定する準備を進めている。さらに、これらの成果を掲載した日本初のメテオロイド&デブリの宇宙計測データベースも、年内のアップロードを目標に、現在 WWW 上に構築中である。こうした活動の進展状況についても紹介する。

LOSS OF PRIMORDIAL NOBLE GASES FROM PRIMITIVE CHONDRITIC METEORITES BY IMPACTS

中村智樹 (九州大・理) M. E. Zolensky (NASA JSC) F. Horz (NASA JSC) 高岡宣雄 (九州大・理)
長尾敬介 (東京大・理)

T. Nakamura (Kyushu University), M. E. Zolensky (NASA JSC), F. Horz (NASA JSC), N. Takaoka (Kyushu University) and K. Nagao (University of Tokyo)

Impact events were common on the planetesimals in the early solar system and are recorded in many chondritic meteorites with pressures up to 90 GPa [e. g., 1]. In the early solar system, dominant noble gases in the planetary bodies were primordial ones that were composed mainly of Q-gas and HL-gas [e. g., 2-6]. The Q-gas is a major component of heavy primordial noble gases, while the HL-gas dominates light primordial noble gases. However, shock effects on the abundance of the primordial noble gases were poorly known, except for Nakamura et al. (1996) [7] that reported essentially no loss of the primordial noble gases from Allende meteorite by an experimental 23 GPa impact.

Shock experiments were carried out on the Allende CV3 chondrite with peak pressures of 30, 47, and 70 GPa. Noble-gas concentrations and isotope ratios in the three shock-loaded products and an unshocked Allende sample were determined using a noble gas mass spectrometer by a stepped heating technique. The results obtained in this study have been already reported in [8]. Concentration of heavy primordial noble gases such as ^{36}Ar , ^{84}Kr , and ^{132}Xe decreases in the order of the unshocked Allende, 30, 47, and 70 GPa samples. This indicates that phase Q lost up to 75% noble gases due to experimental shock-loading with pressures up to 70 GPa. Release patterns of $(^{132}\text{Xe})_{\text{Q}}$ of the unshocked Allende, 30, 47, and 70 GPa samples are basically similar, although concentrations of all temperature steps are reduced. This seems to suggest that phase Q which suffered heavier shock effects has lost all noble gases, whereas the rest of phase Q that suffered lesser degrees of shock effects has retained most noble gases. Unlike the phase Q, HL diamonds did not lose noble gases by shock loading. Amounts of HL-gas such as $(^{20}\text{Ne})_{\text{HL}}$ and $(^{132}\text{Xe})_{\text{HL}}$ were relatively constant in the unshocked and the shocked samples. Release patterns of $(^{20}\text{Ne})_{\text{HL}}$ from the four samples are basically similar. These facts suggest that the HL diamonds did not lose noble gases and also gas-retentivity, even after 70 GPa impact. The preferential loss of the Q-gas from the shock-loaded samples caused elemental fractionation of the noble gases remained in the samples that tend to have higher elemental ratios of light noble gases to heavy ones, e. g., Ne/Xe, although Ar/Xe and Kr/Xe ratios did not change significantly. The Ne/Xe ratio of the 70 GPa sample is three times higher than that of the unshocked Allende. As for isotope compositions, shock-loading appears not to have caused significant isotopic fractionation except for enrichment of light and heavy Xe isotopes due to high HL/Q ratio in the shock-loaded samples.

References: [1] Stöffler D. et al., (1991) GCA 55, 3845 [2] Huss G. R. and Lewis R. S., (1994) Meteoritics 28, 563. [3] Lewis R. S. et al., (1975) Science 190, 1251. [4] Lewis R. S. et al., (1987) Nature 326, 160. [5] Huss G. R. and Lewis R. S., (1995) GCA 58, 115. [6] Wieler R. et al., (1991) GCA 55, 1709 [7] Nakamura T. et al., (1996) Proc. of the 3rd NIRIM International Symp. on Advanced Materials, 33. [8] Nakamura T. et al., (1997) Lunar Planet. Sci. 28, 1416.

玄武岩を用いた衝撃波の減衰に関する実験

Experiments on shock wave attenuation in basalt

中澤暁、藤波慎司、渡辺誠一郎、藤井直之（名大・理）

白井慶、比嘉道也、飯島祐一、加藤學（宇宙研）

S. Nakazawa, S. Fujinami, S. Watanabe, N. Fujii (Nagoya Univ.),
K. Shirai, M. Higa, Y. Iijima, M. Kato (ISAS)

Shock compression experiments on Kinoshita basalt were carried out in the interest of collisional phenomena of planetesimals in the early solar nebula. Using in-material manganin or carbon gauges, we measured shock pressure attenuation with controlling propagation distance. The projectiles were impacted on basalt with 0.7 or 2.6 km/sec to induce the impact pressure of 7 or 33 GPa. The attenuation rates of shock wave in each impact induced pressure were measured and the rates are discussed by three attenuation effects; rarefaction wave effect, energy dissipation effect and geometrical effect.

原始太陽系内における微惑星の成長を考える際には、衝突による破壊と集積過程を明らかにしなければならない。これまで様々な衝突室内実験が行われ、その結果を天体スケールに適用できるようなスケージング則を構築しようとしてきた。しかし、これまでの研究は衝突の物理素過程に関する研究が不足していた。特に衝撃波の発生及び伝播減衰のメカニズムは破壊現象を議論する上で非常に重要である。

一般に衝撃波の減衰には次の三つの要因があると考えられている。（１）希薄波の効果。弾丸の背面から反射してくる反射希薄波と弾丸の端でできるエッジ波の２つがある。（２）破壊に伴うエネルギー損失の効果。（３）幾何学的効果。近傍では平面波だった衝撃波が遠方では球面状に広がるため衝撃圧力はその分減衰する。今回我々は異なる発生圧力の衝撃波の衝撃圧力を測定し、減衰率をもとめた。

実験には名古屋大学にある口径 30mm の一段式火薬銃及び口径 10mm の二段式軽ガス銃を用いた。ポリカーボネイトの前面にフライヤープレートとして銅板を付けた弾丸を城崎玄武岩（密度：2.7 g/cm³、HEL：5 GPa）に衝突させた。平行に研磨した 2 枚または 3 枚の玄武岩の間にマンガニンゲージまたはカーボンゲージを挟んで衝撃圧力波形を測定した。玄武岩の背面にはピエゾ素子をつけ、ゲージとピエゾ素子の立ち上がり時間差から衝撃波速度と衝突時間を測定した。衝突発生圧力は玄武岩の HEL より少し高い 7 GPa 及び 33 GPa になるよう衝突速度をおよそ 0.7 km/sec 及び 2.6 km/sec にし、玄武岩の厚さを変化させて衝撃圧力を測定した。それぞれの衝撃波の減衰とそのメカニズムについて議論する。

**Impact Event at the K/T Boundary
– Gigantic “Tsunami Deposit” in Cuba –**

松井孝典, ○田近英一, 多田隆治, 大路樹生, 高山英男 (東大・理),
清川昌一 (コネチカット大)

T. Matsui, E. Tajika, R. Tada, T. Oji, H. Takayama (Univ. of Tokyo),
and S. Kiyokawa (Univ. of Connecticut)

Impact of an extraterrestrial body at the K/T boundary (about 65 Ma ago) would have created gigantic tsunami which could have affected around the Gulf of Mexico and Caribbean sea. In order to investigate nature of the tsunami induced by the large impact, we carried out a preliminary geological survey of the upper Cretaceous Peñalver Formation near Peñalver village, southeastern part of La Habana City, Cuba. Very unusual sedimentological characteristics of the Peñalver Formation suggest possible gigantic tsunami origin of this formation.

今から 6,500 万年前の白亜紀/第三紀境界 (KTB) における地球外天体衝突は、現在のメキシコ・ユカタン半島付近で起こったことが確実視されている。衝突は海洋地域で生じたことが知られているため、衝突によって巨大な「津波」が発生した可能性が議論されている。実際、メキシコ湾～カリブ海地域においてそのような巨大津波によるものと考えられる「津波堆積物」が発見されている。このような、衝突によって発生した「津波」の規模やその物理的挙動を解明するためには、衝突地点から最も近い場所における状況の把握が重要である。我々は、このような目的でキューバの KTB 調査プロジェクトを実施しているが、ここでは今年 1 月に行なった地質調査の第一報を行なう。

キューバは衝突地点の最も近傍に位置しているにもかかわらず、そこにみられる KTB と衝突に関する研究はこれまでほとんど行なわれていない。今回、我々が調査を行なったのはハバナ市内に位置する Peñalver 層であるが、KTB 最上部 (イリジウムの異常濃集などが期待される地層) は断層によって失われていた。けれども、そこに見られた地層はこれまで知られている KTB の津波堆積層をはるかに凌ぐ、きわめて大規模なものであった。通常、世界各地で確認されている KTB は厚さ < 1 cm 程度の粘土層であり、メキシコ北東部の「津波堆積物」ともなう KTB でもその厚さは 9 m である。これに対し、今回調査を行なったキューバの KTB は厚さが 150~200 m にも達する。とりわけ、地層の下部から上部へかけて粗粒から細粒へと粒子サイズが系統的に変化していること、生痕が全くみられないこと、地層の下部では海底の地層が剥ぎとられる過程でできたと思われる礫岩が、中部では大規模な水抜け構造がみられることなどから、この地層が海水中から短時間のうちに急激に堆積することによって形成されたものであることが示唆される。このことから、この地層はこれまで確認されている中で最大規模の「津波堆積層」である可能性が高い。

南極産非熔融マイクロメテオライトの 宇宙起源の化学的証拠

Chemical evidence for their cosmic origin of unmelted
micro-meteorites collected from Antarctic ice

○福岡孝昭 (学習院大・理), 田澤雄二 (京大・理)
矢田 達 (九大・理), 矢野 創 (宇宙研)

○T. Fukuoka¹, Y. Tazawa², T. Yada³ and H. Yano⁴

1 Gakushuin Univ., 2 Kyoto Univ., 3 Kyushu Univ. and 4 ISAS

Elemental abundances in 5 possible unmelted micro-meteorites ($< 5 \mu\text{g}$) collected from Antarctic ice have been analyzed by instrumental neutron activation analysis (INAA). The results suggest that three are cosmic origin, because of high Ir contents. We discuss more about cosmic origin of unmelted micro-meteorites from view points of the chemical features.

この秋に出発する第39次南極地域観測隊により、南極氷床氷を融解して大量の宇宙塵を採集する計画が進んでいる。これまでの宇宙塵の研究は深海底堆積物中から分離した球粒を試料とするものが大半であった。しかしこれら球粒試料は宇宙から地球表面に到達する過程で、大気との摩擦熱で表面が融解しているため、originalな組成が得られないという問題があった。近年、大気圏上層部、南極氷床等から採集された宇宙塵試料の中には融解してないものが存在することが明らかになり、その組成は宇宙でのoriginalな組成を示してくれるものと期待される。まず第一に氷床中より得られた固体粒子が真に宇宙起源であることを明らかにすることが要求される。分析後同一試料から他種の情報が得られるので、微小試料の化学分析には非破壊法である機器中性子放射化分析 (INAA) が、重要な分析法と考えられる。

本研究では、フランス隊により南極氷中より採集された非熔融のマイクロメテオライトと考えられる5試料 (各 $5 \mu\text{g}$ 以下) について、微小粒子用のINAAを行った。その結果、3個の非熔融マイクロメテオライトがそのIr含有量から宇宙起源と判定された。ここではIrの存在以外に宇宙起源というための化学的根拠について第一に議論する。極微小な非熔融試料のINAAでの取り扱い上の問題等、今回の分析に関連した問題点も検討し、南極から大量試料が到着する前に分析法と結果の評価法を確立について議論する。

隕石中の TiC 核 graphitic spherule の非平衡凝縮

Non-equilibrium condensation of
TiC core-graphite mantle spherule

千貝 健°, 山本 哲生 (北大理)

Takeshi Chigai, Tetsuo Yamamoto

Department of Earth and Planetary Sciences, Hokkaido University
and

小笹 隆司 (神戸大理)

Takashi Kozasa

Department of Earth and Planetary Sciences, Kobe University

Some presolar grain found in a meteorite has graphitic spherule ($0.3\sim 9\ \mu\text{m}$) with TiC core ($5\sim 200\ \text{nm}$).

To constrain the formation conditions, grain formation in a mass outflow of C-star was calculated using non-equilibrium condensation theory. It is concluded that relatively low ejection velocity, high mass loss rate ($v^2/\dot{M} \sim 10^3$; v in km/s and $\dot{M}$ in $M_\odot/\text{yr}$) and low C/O abundance ratio ($\epsilon_{\text{C/O}} \lesssim 1.1$) are required for reproducing the observed sizes of the core and the mantle.

Murchison 隕石中には TiC を核 ($5\sim 200\ \text{nm}$) にもつ graphitic spherule ($0.3\sim 9\ \mu\text{m}$) が存在する. それらは $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ 比から presolar origin であり, 生成場所として C-star, AGB star, supernovae が考えられている (Bernatowicz *et al.* 1996).

本研究ではこれらの粒子の成因を解明するために非平衡凝縮論 (Yamamoto & Hasegawa 1977, Kozasa & Hasegawa 1987) を用いて C-star からの質量放出の際のダストの生成の計算を行い, 上記の粒子の形成条件を調べた.

その結果 C-star としては小さい ejection velocity と高い mass loss rate ($v^2/\dot{M} \sim 10^3$; v in km/s and $\dot{M}$ in $M_\odot/\text{yr}$) が必要であり, C/O abundance 比が小さく ($\epsilon_{\text{C/O}} \lesssim 1.1$) なくてはならないことが分かった.

References

- Bernatowicz T. J., Cowsik R., Gibbons P. C., Lodders K., Fegley B., Amari S., Lewis R. S., 1996, *Astrophys. J.*, **472**, 760
 Kozasa T., Hasegawa H., 1987, *Prog. Theor. Phys.*, **77**, 1402
 Yamamoto T., Hasegawa H., 1977, *Prog. Theor. Phys.*, **58**, 816

鉱物反射スペクトル分析装置を用いた月面の鉱物反射スペクトル地上模擬実験

Measurement of Laboratorial Analogy for Lunar Mineral Reflectance Spectrum

大竹真紀子、大嶽久志、竹内覚（宇宙開発事業団）

Makiko Ohtake, Hisashi Otake, Satoru Takeuchi (National Space Development Agency of Japan)

Abstract

Mineral distribution mapping is one of the most important items of planetary exploration. Mineral reflectances of UV-VIS-NIR depends on incident or emittance angles of the light. We have measured reflectance spectrum of olivine under many conditions changing those angles. Here, we are going to mention about the results of the measurements and angle dependance of olivine quantitatively.

これまでの研究により、月面の鉱物反射スペクトルは月表面の鉱物量比・化学組成の他、月表面レゴリスの粒子サイズや光の入射角・反射角・位相角にも依存していることが知られている。しかしながら、それら依存性の定量化はまだ充分に行われていないため、我々はその定量化を試みている。

そのために必要な測定装置を製作した。本装置の最大の特徴は、鉱物試料に対する入射光・反射光の角度をそれぞれ自由に(0~65°の範囲で)設定できる点である。これまでの国内の装置は積分球を用い、反射光を全方向にわたって積分するタイプしかなかったが、本装置では一方向の反射光を検出する。これにより反射スペクトルの角度依存性も考慮できる。その後、本来の測定に必要な基礎データをまず試験測定で取得した。特に反射率を算出するために用いる標準拡散板の反射特性については繰り返し測定することにより、注意が必要であることが分かった。

基礎データを取り終えた後は、月の代表的な鉱物の1つであるかんらん石を用いて、様々な入射角・反射角・位相角に対して反射スペクトルを測定し、反射率のそれらの角度に対する依存性を調べた。その結果、波長ごとに角度依存性が異なる様子が分かった。

おそらく鉱物の種類や粒子サイズによっても角度依存性が異なると考えられるので、今後はこれらのパラメータについても変化させ、測定結果の定量化を試みていく予定である。

アモルファス氷中でのCO分子の拡散係数 Release mechanisms of volatile molecules in amorphous ice

山本哲生^o (北大理), 城野信一 (北大理)

Tetsuo Yamamoto (Dept. Earth & Planetary Sci., Hokkaido U.),

Sin-iti Sirono (Dept. Earth & Planetary Sci., Hokkaido U.)

Data of the sublimation experiment of H₂O-CO ice are analyzed. The following two possible processes that govern CO release from amorphous H₂O ice are examined separately; one is diffusion of CO molecules in amorphous ice, and the other is CO release associated with a phase transition of amorphous H₂O ice. The peaks in the flux of evolved CO molecules with increasing temperature observed in the experiment are reproduced theoretically. We derive the relation between the temperature at the peak and the activation energy for both processes, and estimate the activation energies of CO diffusion in amorphous ice and of a phase transition of amorphous ice. Brief discussion is given on the implications in planetary science.

アモルファス混合氷の揮発性分子 (例えば CO) の蒸発実験から、氷中の揮発性分子はいくつかの温度で顕著に蒸発することが知られている (Kouchi, 1990, Bar-Nun et al. 1985, Sandford and Allamandola 1988). この過程として、以下の2つが考えられる: 1) アモルファス氷中を拡散して表面に達した揮発性分子の蒸発. 2) アモルファス氷の相転移に伴って「絞り出された」揮発性分子の蒸発. それぞれの過程を解析し、温度の上昇とともに蒸発してくる揮発性分子のフラックスを温度の関数として求めた. その結果、両過程ともある温度でフラックスが極大となり、実験を再現することを見いだした. そして、フラックスが極大値をとる温度と拡散または相転移の活性化エネルギーとの間の関係式を導いた. この方法を H₂O+CO 氷の蒸発実験に適用し、以下の結果を得た: CO 分子の蒸発が 1) によるものと仮定し、アモルファス氷中の CO 分子の拡散係数を求めた. 2) によるものと仮定して求めたアモルファス氷の結晶化の活性化エネルギーは Schmitt et al. (1989) の実験から推定されている値と良く一致することがわかった.

References

- Bar-Nun, A., Herman, G., Laufer, D. and Rappaport, M. L., *Icarus*, **63**, 317-332, 1985.
 Kouchi, A., *J. Cryst. Growth*, **99**, 1220-1226, 1990.
 Sandford, S. A. and Allamandola, L. J., *Icarus*, **76**, 201-224, 1988.
 Schmitt, B., Espinasse, S., Grim, R. A. J., Greenberg, J.M. and Klinger, J., *ESA SP 278*, pp. 613-619, 1989.

The first separation of metal from silicate in the solar system

橋元 明彦^o, 千貝 健 (北大理)

Akihiko Hashimoto and Takeshi Chigai

Department of Earth and Planetary Sciences, Hokkaido University

A mechanism of separation of metal from silicate under zero-gravity conditions, before separating under gravity of planets, was found. Minute particles of metallic iron received momentum from bursting of many bubbles expanding inside silicate melt and burst out to space when the particles were created by deoxidization on melting of chondrule's prior materials. This explain metal-silicate separation of chondrites.

コンドライト隕石は第0近似では、太陽系の元素存在度を有している。しかし、親石元素の代表である Mg に規格化したとき、普通隕石とエンスタタイト隕石と呼ばれるグループは、より原始的な隕石である炭素質隕石に比べて鉄に乏しい。コンドライト隕石は集積後数百度 C 以上には達しておらず、重力のごく小さな微惑星の破壊によってもたらされたものと考えられる。その岩石学的組成を見ても鉄の粒子は典型的に 1mm 以下の微粒でケイ酸塩中に分散して存在し、岩石内で重力分離の生じた可能性はきわめて乏しい。

いわゆる金属/ケイ酸塩の分離は、宇宙化学的な疑問として数十年来未解決であった。(1) 熔融状態のケイ酸塩 (コンドリュール) がスピンすることによって遠心力によって中から弾き飛ばされた、(2) 原始太陽系星雲にダストが突入する際の、急速な減速によって密度の大きな金属がオーバーシュートした、(3) 星雲の中心部のダスト層に選択的に沈殿した、などのアイデアはいずれも可能にみえるが決定的なものはない。

我々は、始原始的な炭素質隕石が真空中に近い希薄な環境で熔融するだけで、金属鉄がケイ酸塩メルトからはじき出されるメカニズムを発見した。この現象は Hashimoto (1983) の実験において太陽系元素組成物質中の酸化鉄成分を炭素 (graphite) によって還元したときに生じたものである。微粒 (0.1~0.5 mm) 鉄粒子が、ケイ酸塩液滴から次々と運動量をもって飛び出した。この事実は未発表のまま現在に至ったが、Yurimoto (1997) の再発見によりクローズアップされた。

この現象は、液体中で気泡が発生して再び消滅するときの小爆発に原因すると考えられる。気泡は炭素が酸化鉄を還元して生じた一酸化炭素と考えられ、金属粒を核として発生している可能性が高い。気泡の発生および破壊消滅時の非等方なモーメントが鉄粒子に与えられ鉄が飛び出すメカニズムを提案する。

References

Hashimoto A., 1983, unpublished

Yurimoto H., 1997, personal communication

地球外生命、有機物検出の試み

— 顕微蛍光法による多環芳香族炭化水素の検出 —

Detection of extraterrestrial microorganisms and aggregates of organic substances

— Detection of polycyclic aromatic hydrocarbons by fluorescence microscopic technique —

○河崎行繁（三菱生命研）、辻 堯（三菱生命研）、川村陽子（東邦大）
石川洋二（大林組）、秋山雅彦（信州大）

Yukishige Kawasaki, Takashi Tuji (Mitsubishi Kasei Institute of Life Sciences),
Yoko Kawamura (Toho university), Yoji Ishikawa (Ohbayashi corp.) and
Masahiko Akiyama (Shinshu University)

We are developing a detection system of terrestrial and/or extraterrestrial microorganisms including their traces. We tried the detection of PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons) which were found in the Martian meteorite ALH84001 mixed with simulated Martian sand using fluorescence microscopic techniques. PAHs emitted intense fluorescence. However, discrimination of PAH fluorescence from others was rather difficult due to a heterogeneous segregation of each PAH in the mixture. Spectroscopic measurement and staining with hydrophilic membrane probes reduced this difficulty.

我々は地球や地球外生命の微生物、およびそれらの痕跡の検出を目的として顕微蛍光法に立脚した方法を開発している。今回はこの方法で火星由来隕石ALH84001中に検出されたPAHs（多環芳香族炭化水素）の検出や同定が可能かどうかを調べた。模擬的に作られた火星砂とPAHs（ALH84001中で見いだされたphenanthrene, pyrene, chrysene, benzopyrene, peryleneをALH84001中と同じ割合で混合した物）を混合し、その蛍光画像を観察すると、模擬砂はほとんど蛍光を発しないが、混合物中では、PAH粒子が特徴的蛍光を発することを見いだした。しかし、これら5種のPAH単体はそれぞれかなり異なった蛍光を発した。実際に混合物中で観察されたPAHs粒子も粒ごとに異なった蛍光色を示した。従って、単に蛍光画像を見ただけでは蛍光性粒子がPAHsであるかどうかは不明であった。そこで我々は顕微鏡下で蛍光スペクトルを測ったり、疎水性有機物に特異的に吸着する蛍光色素で染色することにより、これらの発光物体中から有機物を同定し、さらに、その中でのPAHsの組成を知る為の手がかりを得ることが出来た。

この方法を用いて地球の微化石含有岩石を調べたところ、それらの中にはPAHs類似の蛍光を発する粒子が存在していることを見いだした。

Non-Water Ice の変形実験：固体メタン α 相の非弾性的性質の測定

°山下靖幸（名大・理）、加藤 學（宇宙研）

Experimental Deformation of Non-Water Ice:
Measurement of Inelastic Properties of α -Solid Methane° Yasuyuki Yamashita¹⁾ and Manabu Kato²⁾,

1) Department of Earth and Planetary Science, Nagoya University

2) Institute of Space and Astronautical Science

To investigate the evolution process of planetary surface in outer solar system, inelastic properties of non-water ice were measured by low temperature uniaxial deformation system. Constant strain rate tests of polycrystalline solid methane were performed at temperatures 5 - 77 K and strain rates 10^{-4} - 10^{-2} sec⁻¹. Ductile behavior of solid methane was observed over 30 K and brittle fracture was observed at 5 K. This result implies that solid methane could not be able to support the uneven feature in Triton.

はじめに

外惑星領域の天体には固体窒素・固体メタン・固体二酸化炭素・固体一酸化炭素といった H₂O の固相以外の「氷」である Non-Water Ice が存在することが、地球上からの赤外分光や惑星探査機の観測によって知られている。海王星の衛星であるトリトンに代表されるような外惑星系の天体の奇妙な表層地形及びその内部構造の進化あるいは衝突現象を伴う形成過程を知るための手がかりとして Non-Water Ice の物性を知ることは非常に重要である。しかしこれまでに Non-Water Ice の物性についての研究はほとんどなされていない。メタンは常圧では 90 K で固体になるが更に温度を下げると 20.4 K で結晶構造が変わり β 相から α 相へと相転移をすることが分かっている。我々はこれまでに 64 K までの β 相については極低温変形実験装置を用いた一軸圧縮実験を行ってきた。今回は実際のトリトン・冥王星の表層温度 (40 K) から α 相を含む広い温度領域について同様に実験を行ったので、これまでの結果を併せて報告する。

実験方法

測定には極低温一軸圧縮実験装置を用いた。固体メタンの試料は装置内に設置した円筒型のガラスセル (鋳型) を用いて作成した。温度をゆっくりと下げていくことにより、セル内に充填したメタンガスを液相を通してゆっくりと固化させた。そののちガラスセルのみを上方に引き抜くことにより直径 10 mm、長さ 6 - 7 mm の円筒形の試料を作成した。変形実験はパルスモータによって駆動するピストンによって行なった。本研究での実験温度は 5 - 77 K で歪速度は 10^{-4} - 10^{-2} sec⁻¹ である。

結果と考察

今回の温度・歪速度の領域では固体メタンの試料は塑性変形と脆性破壊の両方が観察された。固体窒素の高温相である β 相では全ての歪速度においてその変形様式は塑性的であった。これに対して低温相である α 相のうち 5 K においては今回おこなった歪速度では脆性破壊が見られた。トリトンの表層温度である 30 - 45 K では固体メタンは塑性的な変形をすることが分かった。これらの結果からトリトン表層に存在する「カンタロープ平原」の様な高低差の大きな地形は固体メタンのみで出来た地殻では支えることは困難であることが示唆される。

木星磁場の進化とガリレオ衛星の熱史 The evolution of Jupiter's magnetic field and the thermal history of galilean satellites

西願寺善彦^{*} (北大理)、倉本圭 (北大低温研)、山本哲生 (北大理)

SAIGANJI Yoshihiko

Department of Earth and Planetary Sciences, Hokkaido University

KURAMOTO Kiyoshi

Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

YAMAMOTO Tetsuo

Department of Earth and Planetary Sciences, Hokkaido University

In order to know the thermal history of galilean satellites, we estimated the effect of the electromagnetic induction heating, which is caused by the Joule dissipation of the eddy currents induced by the relative motion of satellites with respect to Jupiter's magnetic field. Under present conditions, this mechanism does not seem to be effective. However it is thought that Jupiter's magnetic field was stronger in the past. We estimated the strength of Jupiter's magnetic field in the past and calculated the heating rates of satellites.

ガリレオ衛星の熱史の解明のため、その熱源の一つとして、電磁誘導加熱の効果を検討した。電磁誘導加熱は、衛星が木星磁場の中を運動することによって生じる渦電流の Joule dissipation で起こる。現在の木星磁場の強さでは効果的な加熱は望めないと思われる。しかしかつて、木星磁場は現在より強かったと考えられている。そこでわれわれは、木星の磁場の過去の大きさを見積もり、衛星の加熱率を評価した。

References

D. S. Colburn, *Journal of Geophysical Research*, **85**, 7257- 7261 (1980)

固体撮像素子 AMI を用いた同位体顕微鏡の開発

Development of two-dimensional ion detector (Amplified MOS Imager) for the isotopic study using mass spectrometric technique

○国広卓也¹, 永島一秀¹, 小坂光二², 平田岳史¹, 垓本尚義¹

(¹東京工業大学理学部, ²有限会社東京テクノロジー)

○Takuya Kunihiro¹, Kazuhide Nagashima¹, Koji Kosaka², Takafumi Hirata¹, Hisayoshi Yurimoto¹

(¹Tokyo Institute of Technology, ²Tokyo Technology)

Isotopic study for meteoritic materials is of prime importance for elucidation of early sequence of the solar system. In order to understand further detailed evolutionary history of the chondritic materials, higher precisions of isotopic analyses is strongly required.

In this study, we developed a novel ion detector system using an Amplified MOS Imager (AMI). The AMI detector has several unique features listed as two dimensional detector composed of 500 × 500 pixels, excellent signal linearity covering 5 orders of magnitude, integral type detector. The AMI ion detector developed in this study enables us to measure distribution of oxygen isotopes in the solid samples.

In order to improve the detector performance (mainly S/N ratio), we developed a method of correcting sensitivities between each pixel and reduced Fixed Pattern Noises. Principles of the AMI detector as well as a method of reducing noise of AMI will be presented in this talk.

太陽系形成初期の情報は隕石中の鉱物に含まれている。同位体組成を精度よく調べることで隕石の成因に関する細かい議論が可能になる。同位体に基づき惑星形成初期の物質進化を明らかにするためには、鉱物毎の同位体組成変化を二次元マッピングとして調べることが重要となる。

投影型二次イオン質量法 (SIMS) では、一次イオン照射により生成された分析元素イオンが質量分離された後、サンプルの位置関係を保ったまま検出器上にイオンイメージとして投影される。この投影型 SIMS の利点を活かし同位体マッピングをおこなうためには、イオンの二次元検出が可能な検出器の開発・実用化が不可欠である。二次元固体撮像素子 AMI は、表面に積層した金属電極によりイオンを直接検出することが可能な半導体素子である。AMI は 25 万個の画素から構成され、各画素が独立にイオン検出を行うため複数の入射イオンを二次元的に同時検出することが可能である。また、AMI は入射粒子の電荷を蓄積することが可能であり、積分時間を長くすることにより微弱な信号からも正確な強度データが得られる。ダイナミックレンジを広げ、シングルイオンの検出を可能とするためにはノイズの低減が必要不可欠である。

本研究では各画素間での感度差を補正することで固定パターンノイズを取り除き、ノイズ成分の低減に成功した(図1)。

本講演では、AMI の動作原理を述べるとともに、感度補正について議論を加える。

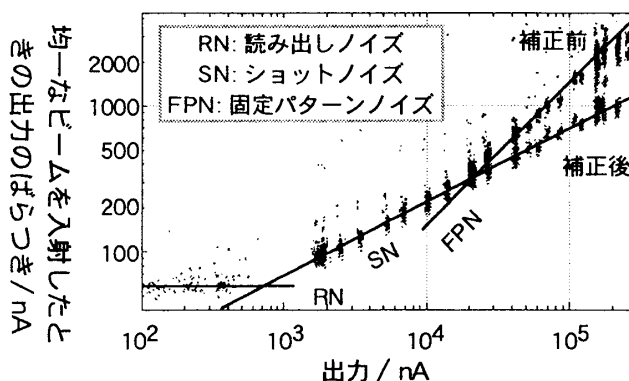


図1: ピクセル間の感度差を補正した結果。

レーザー光による粗い表面の散乱特性実験

○亀井秋秀（神戸大・自然）、中村昭子（宇宙科学研究所）
古我知素文（神戸大・自然）、向井正（神戸大・理）

Laboratory measurements of light scattering by rough surfaces using a He-Ne laser

○A.Kamei¹⁾, A.M.Nakamura²⁾, M.Kogachi¹⁾, and T.Mukai³⁾

1) The Graduate School of Science and Technology, Kobe University

2) Institute of Space and Astronautical Science

3) Department of Earth and Planetary Science, Kobe University

The Japanese mission for asteroid sample return (MUSES-C) launched in 2002 will observe the surface of the target asteroid NEREUS by using the LIDAR (Light Detection And Ranging) and the visible CCD camera. The LIDAR instrument, which intrinsic purpose is to measure a distance from spacecraft to asteroid, has a capability to detect the surface albedo at a wavelength of $1\mu\text{m}$. On the other hand, the camera will perform photometric and polarimetric observations of asteroid in the visible. The in situ measurements enable us to obtain the data over a wide range of phase angles, which is an angle of the sun-asteroid-detector. To get the reference data of that project we have done the laboratory measurements of light scattering by rough surface analogues for asteroidal surfaces using a He-Ne laser ($\lambda=0.6328\mu\text{m}$). We present the results of our laboratory measurements and summarize how scattering properties depend on the refractive index of the surface material, the roughness of the surface, and the phase angle.

2002年打ち上げ予定である小惑星探査計画MUSES-Cでは測距用LIDARによる小惑星表面の反射能（アルベド）の測定や可視カメラによる偏光測定が計画されている。これらの解析の基礎データを得るため模擬小惑星表面物質の標的を作成し、He-Ne赤レーザー光（波長 $0.6328\mu\text{m}$ ）を照射し、フォトマル、偏光子により反射光強度や偏光度を測定する室内実験を行った。回転ステージを用いることによりLIDAR仕様の場合はできるだけ位相角（光源－試料－受光部分）が 0° に近い角度で固定し、カメラ仕様の場合は広い範囲の位相角で測定した。室内実験により得られた測定結果に基づいて、試料の光学定数、表面粗さ、位相角による光散乱特性の変動を考察する。

セッション 4

(ポスタープレゼンテーション)

9月16日(火)午前

No. P401—P420

α -Al₂O₃ 微粒子の形態と光吸収の相関Correlation between the shapes of α -Al₂O₃ particles and Infrared Spectra

高野伸一、木村誠二、塙内千尋 (立命館大学)

齋藤嘉夫 (京都工芸繊維大学)、小池千代枝 (京都薬科大学)

Shinichi Takano¹, Seiji Kimura¹, Chihiro Kaito¹, Yoshio Saito² and Chiyoe Koike³Department of Physics, Ritsumeikan University¹,Department of Electronics and Information Science, Kyoto Institute of Technology²,Department of physics, Kyoto Pharmaceutical University³

Abstract α -Al₂O₃ particles produced by heating commercial γ -Al₂O₃ particles above 1400°C in an Ar atmosphere were studied by infrared spectroscopy and electron microscopy. When heated at 1400°C for a few tens of minutes, spherical α -Al₂O₃ particles were obtained. With increasing the heating temperature and times, these grew up to 8000 Å in diameter. Above this size of spherical shape of α -structure, their shape changed into plate-like. It was found that the changes of infrared spectra are able to be explained by the particle shape and strain in a particle.

アルミナは初期太陽系組成のガスから最初に析出する難揮発性物質であり、スピネルの形成によって消失すると考えられていた。しかし、隕石中にアルミナ粒子が発見されたことや、SN1987A で放出された物質中にアルミナのグレインが凝縮していることが予想され、アルミナ粒子の光学データの必要性が高まった。アルミナには多形があり、これまでバルクの α 相(サファイア、ルビー)および非晶質膜 γ 相のデータは報告されている。しかし、微粒子に関するものはなかった。以前我々は2種類の γ 相微粒子の光学データを測定し、非晶質膜のデータとよく一致することを示した。また、現在実験室で様々な相のアルミナ微粒子を作製し、その形態、構造と光学データに関する系統的な研究を行っている。今回は α -アルミナ微粒子の形態と赤外吸収の相関について報告する。

γ -アルミナ微粒子 (Aerosil 社製、粒径約 200 Å) を Ar gas 80 Torr 雰囲気中 1400°C 以上で加熱すると α 相に転移した。電子線回折像から 1400°C で数十分の加熱で粒子が完全に α 相に転移することがわかった。赤外吸収スペクトルにも相転移による変化がみられた。生成した α -アルミナ微粒子の形状は球形であった。高温、長時間の加熱では粒子は粒径約 8000 Å まで成長し、さらに爆発したかのように小さな板状の微粒子に変化した。この過程では電子線回折像は不変であったが、 α -アルミナ微粒子の形態の変化にあわせて赤外吸収スペクトルは変化した。これらの赤外吸収スペクトルの変化が、 α -アルミナ微粒子の形態の変化や粒子に含まれる歪みによって説明できることを示す。

SFU衛星上の超高速衝突痕の三次元形状分析

Three Dimensional Analysis of Hypervelocity Impact Signatures on the SFU Spacecraft

○森重和正（宇宙研／神戸大理）、矢野創（宇宙研）木部勢至朗、M.J. Neish（航技研）、S.P. Deshpande（T&Mエンジニアリング）、前川欣之（日本大生産工）

○Kazumasa Morishige^{1,2}, Hajime Yano¹, Seishiro Kibe³, Michael J. Neish³,
Sunil P. Deshpande⁴, and Yoshiyuki Maekawa⁵

1) Institute of Space and Astronautical Science; 2) Kobe University; 3) National Aerospace Laboratory; 4) T&M Engineering; 5) Nippon University

The Space Flyer Unit (SFU) was retrieved by the space shuttle (STS-72) from the operational altitude of 480km after its 10-month mission in January 1996. Here we report on the 3-D morphology of hypervelocity impact signatures measured by X-ray CT scan and Laser microscope, especially on the second surface mirrors. It is shown that 3-D crater profiles can be used as a new indicator of some physical properties of impactors (i.e., meteoroids or debris).

地球低軌道に曝露されたSFU衛星の表面には、メテオロイドとスペースデブリによる超高速衝突痕が多数観察される。本研究では、特に銀蒸着テフロンを貼ったアルミ合板(SSM)上の微小クレーター群の3次元構造を解析する。これにより衝突物の物理情報（サイズ、密度、形状）や軌道情報（衝突速度、方向）に制約を与え、化学分析と共に衝突物の起源に関する制約条件を与えることを目指す。

我々の従来の研究によってSSM上のクレーターは、2次元形状から4種類に分類され、その分類がサイズに依存することも判明した。X線CTスキャンによって詳細な形状を分析し、レーザー顕微鏡を用いて新たに深さ方向の情報を得る。クレータの直径と深さの比 (D_c/P) から上記4種のグループがさらにサブタイプに分類される。また、2段式軽ガス銃にて衝突校正実験を行った（衝突速度：3～4.5km/s、衝突物： Al_2O_3 、ガラス、直径50～70 μm ）。これにより、衝突物の速度と密度に対するクレーター形状の依存性を調査する。さらに1990年に回収されたLDEF衛星上の同様なテフロン材への衝突痕とも比較し、3次元形状から分類されたグループとの相関を検証する。

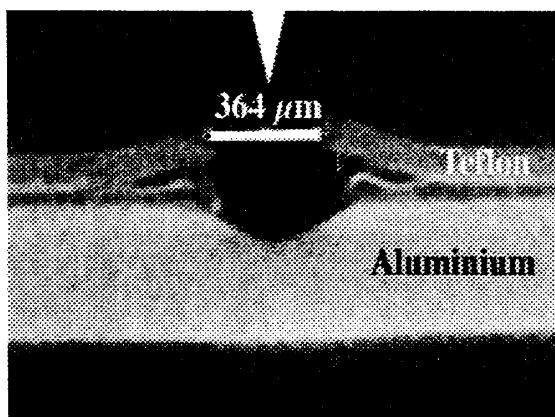


図1：X線CTスキャンによるSSM上の衝突痕の断面画像（↓は衝突方向を示す）



図2：CCDカメラによるSSM上の衝突痕（目盛の両端は1 mm）

月面永久影領域の反射アルベドのモデル計算

○田中充孝、石元裕史（神戸大・自然）、中村良介（神戸大
情報処理センター）、向井正（神戸大・自然）

Model simulation of albedo

at lunar parmanentry shadowed area

○ M.Tanaka (1 , H.Ishimoto (1 ,R.Nakamura (2

and

T.Mukai (1

1) The School of Science and Technology, Kobe Univ., Japan

2) Information Processing Center, Kobe Univ., Japan

The existence of ice in lunar polar region was suggested by the Clementine spacecraft, where some ices on Lunar south polar region may exist in. The Clementine measurement suggested that the reflected signals from the lunar surface show a sign of existence of ices in some regions that are permanently shadowed from sunlight at the bottom of big crater near south pole. We have shown that the temperatures in the permanentry shadowed areas become enough low to keep the water ice against sublimation. Here we will show the predicted values of albedo of the surface covered with ice or ice mixed regolith materials. Furthermore, we will calculate the albedo of the rough surface to examine the similar signals could be obtained from such rough surfaces.

月面永久影領域に氷が存在する可能性については、1996年にアメリカの衛星クレメンタインが観測結果として、月の南半球の巨大な盆地地形において一日を通して全く太陽光の入射しない永久影と考えられるところに氷と思われる物質が存在していることを示した。そして、我々は、永久影領域では水の氷が安定して存在し続ける温度となることを示した。ここでは永久影領域に水の氷が存在する場合、特定の波長の光を照射し、その反射アルベドを測定することによりその存在を検知することが可能であることを示す。このため様々の異なる表面の鉱物ならびに粗さを考慮にいれた状態で得られる反射アルベドをモデル計算により求めた。

イオンプローブによるアエンデ隕石 CAI 中の酸素同位体分析
An ion microprobe analysis of oxygen isotopes in an Allende CAI.

比屋根 肇 (東大・理)

HIYAGON Hajime (Graduate School of Science, Univ. of Tokyo)

An ion microprobe (ims-6f) was used to analyze oxygen isotopes in an Allende CAI (Ca-Al-rich inclusion). Spinel and hibonite show ^{16}O -rich compositions with both $\delta(^{17}\text{O})$ and $\delta(^{18}\text{O})$ values of about -45‰; melilite shows almost no anomaly and perovskite shows intermediate values of these two. ^{16}O -rich compositions are also found in the rim (spinel and pyroxene) and even in olivine grains located "outside" the rim with the $\delta(^{17}\text{O})$ and $\delta(^{18}\text{O})$ values of down to -30‰. This suggests that (1) the olivine grains were formed together with the CAI and (2) the evaporation/condensation processes which formed the CAI most likely took place in the absence of the solar nebula of isotopically normal composition.

アエンデ隕石等に含まれる CAI (Ca-Al-rich inclusion) は、原始太陽系星雲における高温のイベントを経験したと考えられ、また酸素同位体異常、 ^{26}Al によるマグネシウム同位体異常などを持つことが知られている。CAI の成因、生成環境を明らかにするため、東大に設置されたイオンプローブ (CAMECA, ims-6f) を用いて、酸素同位体比の微小領域分析を試みた。現在、 $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比ともに $\pm 2-3\%$ の再現性で分析することに成功している。

CAI 中のスピネル、ヒボナイトは、SMOW(標準海水)スケールで $\delta(^{17}\text{O})$, $\delta(^{18}\text{O})$ がともに約 -45‰と ^{16}O に富む組成を示した。メリライトにはほとんど同位体異常がなく、ペロブスカイトは両者の中間的な値を示した。これらは従来の気体用質量分析計を用いて得られている結果と整合的である。さらに、今回の分析ではリムの部分 (スピネル、輝石など) にも ^{16}O の同位体異常が見られたほか、リムの「外側」に存在するオリビンにも $\delta(^{17}\text{O})$, $\delta(^{18}\text{O})$ がともに -30‰ に達する同位体異常が見られた。これは全く新しい知見である。CAI の「外側」のオリビンにも非常に大きな酸素同位体異常が見られたことは、(1) そのオリビンは CAI と同時に形成されたであろうこと、(2) CAI が蒸発残渣であるとする、その蒸発/凝縮過程は (ノーマルな酸素同位体組成を持つ) 原始太陽系星雲ガス中で起こったものではない、ということを示唆しているように思われる。(オリビンが星雲ガス中で一度ガス化したのち再凝縮したとするとオリビンの同位体異常が説明できない。)

P405

アモルファスアイス・クラスターの衝突付着シミュレーション

○平田和久、増田耕一（神戸大、自然）、向井正（神戸大、理）

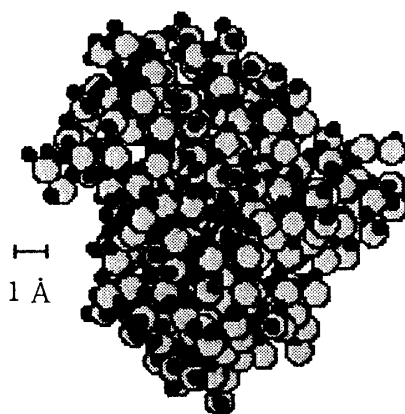
Numerical simulation for collision and sticking processes of amorphous ice clusters

○ K.Hirata K.Masuda T.Mukai

The Graduate School of Sci. and Tech., Kobe University

In the proto-planetary nebula, the process of grain growth due to mutual collisions of grains plays a key role to produce larger aggregates. We produce amorphous ice clusters consisting of about 1,000 H₂O molecules by using MD(Molecular Dynamics) computer simulation. The collisions of such amorphous ice clusters are investigated by MD. The resulting shape and structure of sticking clusters have been obtained. In addition, the sticking probability of ice cluster has also been derived from the results of collision simulations.

原始太陽系星雲において、微粒子の相互衝突による成長過程は、より大きな集合体を作るうえで重要な役割を果たす。ここで我々は、1,000個程度の水分子から成るアモルファスアイスのクラスターをMD(Molecular Dynamics)法を用いて作った。この分子クラスター同士の衝突事象を数値シミュレーションで再現し、その結果得られた、衝突後の付着した2体の形状、構造、及び付着の確率等を報告する。



MDを用いて作ったアモルファスアイス・クラスター (H₂O 295個)

° 並木 敦子, 栗田 敬 (東大・理)

° ATSUKO NAMIKI AND KEI KURITA

(Dept. Earth and Planet. Phys., Univ. of Tokyo)

The upper and lower boundaries of the mantle have topographical undulations. Here, we study how this topography affects the nature of convection patterns by laboratory experiments in a rectangular box. The results show that topographical undulations control convection patterns via thermal/dynamical feed backs, and that the convection at high Rayleigh number is more sensitive to the topography than that at the low Rayleigh number (Fig. 1).

地球マントルの対流は境界に多くの幾何学的凹凸を含んでいる系であると言える。上部の境界にはテクトスフェアと呼ばれる大陸の根があり、一方、下部の境界である D" 層の厚さには場所により不均質性が存在することが知られている。従って、境界の地形が実際のマントルで見積もられているレイリー数 $10^6 \sim 10^8$ 程度の対流に対してどのような影響を与えるかを知ることは重要である。

本研究では、対流パターンの境界の凹凸に対する影響の受け方と、その凹凸のサイズへの依存性を見積もることを目的として、室内実験を行なった。上端を冷却、下端を加熱できる 2 次元的な水槽中の流体の対流パターンを観察した。対流パターン、温度場の可視化には感温液晶を用いた。境界の地形変化は対流層の下端に幅 1 cm のアルミ版 (obstacle) を置き凸を作る事で実現した。境界条件が一般的な状態の定常な対流場の下降域にある程度大きな obstacle を置いた時、上昇域が obstacle の位置に移動する現象が観察された。この時「obstacle は対流パターンに強く影響を及ぼす」と判定した。

結果、対流パターンに影響を及ぼす obstacle のサイズはレイリー数依存性があることがわかった。 10^5 程度の低レイリー数対流は大きな obstacle に対して鈍感だが、 10^6 以上の高レイリー数対流は小さな obstacle に対しても鋭敏に反応する。レイリー数が 10^7 を越える乱流では対流パターンに大規模構造が出来るため、対流は obstacle に対して再び鈍感になる (Fig. 1)。

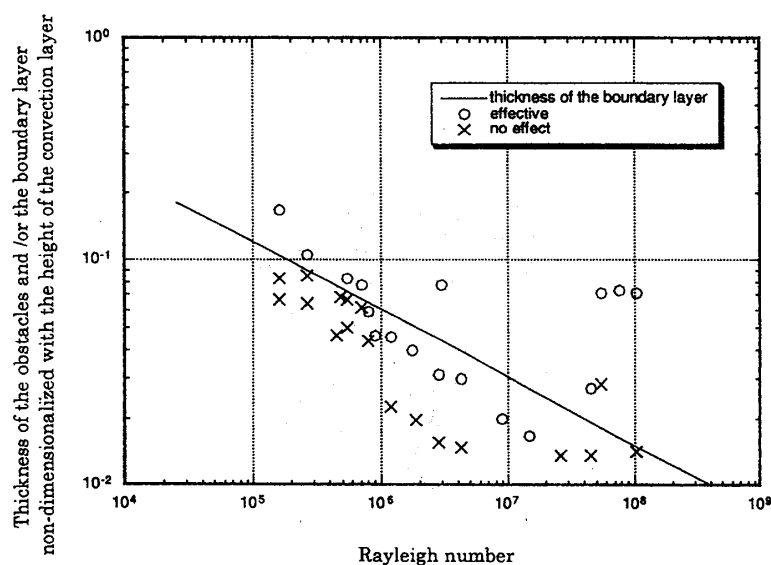


Figure 1: Non-dimensionalized thickness of the obstacles as a function of Rayleigh number. $\circ$ shows that the obstacle affects the convection pattern, and $\times$ shows that the obstacle has no effect. — indicates the power law $1/Nu = 1/(0.08 Ra^{0.281})$ which is the thickness of the boundary layer non-dimensionalized with the height of the convection layer.

Clementine探査機の画像データによる 月基地候補地点調査の試み

*An attempt to study local geologies of lunar base candidate sites
using CLEMENTINE image data*

○齋藤 潤、秋山 演亮、十亀 昭人（西松建設（株）技術研究所）

Jun SAITO, AKIYAMA Hiroaki, and Akito SOGAME

(Technical Research Institute, NISHIMATSU Construction Co., Ltd.)

Since 70's, many conceptual studies about lunar base construction and resource utilization have been performed, but most of such studies are about construction techniques and/or processing raw materials on the moon. In order to realize lunar base constructions, it is required to investigate geologies of candidate base sites. Here, we report our preliminary results of the study of local geologies of some candidate sites based on CLEMENTINE image data.

将来の宇宙開発の一環として米国を中心に月基地建设・資源開発に関する検討が以前よりなされているが、その多くは基地の施工、および資源開発のプロセスに関するものであり、候補地点の検討が少ないのが現状である。しかし、実際にこのようなプロジェクトを考えるのであれば、かつてアポロ計画時の着陸地点の選定で行われたように無人探査機で得られた情報を検討する事で、月のどこに、どのような目的の施設を構築するべきかという考察を充分に行う必要がある。このような問題意識により、我々は近年米国により月のグローバルマッピングを初めて行ったClementine探査機のデータを用いて、過去に提案されたことがある月基地の候補地点について調査を始めた。

今回は月基地候補地点に関する数少ない資料^{1) 2)} 中で掲げられた地域のうち、月の縁にあるGrimaldi-Riccioli地域、およびこの資料中には含まれていないが、Copernicanのlavaと見られる地層があるLichtenbergクレーター周辺で調査を行った。データはClementineで得られたUV/VIS画像を使用し、Brown大学のホームページで公開されているcalibration -procedureに基づいて補正した。

今回の調査では、これらの地域においてどのような岩石種が存在しているかを主なテーマにした。これは、将来の資源開発に使用できる物質の存在、および当初の基地建设の目的である科学探査としてどのような調査項目が期待されるかという両面にかかわる問題だからである。特に、酸素抽出のために有用と考えられるilmeniteの含有量の指標となるbasaltic-lavaのTi量、およびかなり遠い将来の開発ステージではあるものの、工業生産に必要なシリコン抽出に必要と考えられるAnorthositeの分布が重要である。Ti量についてはGalileoのデータを用いた考察³⁾ があるので、今回は主に周辺地域にどの程度anorthositicな岩石が存在するかについて調査した。

References: (1) Morrison, D. A. (ed.) (1990) Developing a Site Selection Strategy for a Lunar Outpost: Science Criteria for Site Selection. NASA/JSC Solar System Explor. Workshop.; (2) Taylor, L. A. and Taylor, D. S. (1996) Engr., Constr., & Oper. in Space V, ASCE, 741-755; (3) Williams, D. A. et al. (1995) JGR **100**, 23291-23299

土星リングにおけるクラスター構造の形成

台坂 博 (東工大)

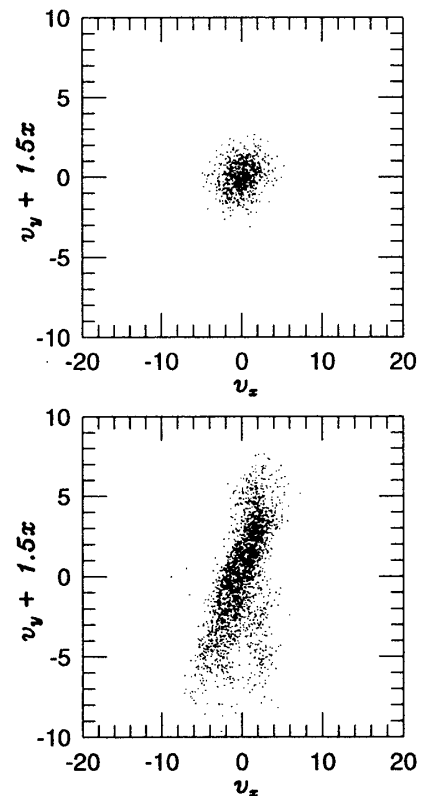
Formation of cluster structures in saturnian ring

Hiroshi Daisaka (Tokyo. Tech)

In the saturnian B-ring, there are infinite concentric bright and dark stripes like a record, caused by the inhomogeneity of particle densities. In order to understand the origin of these structures, N -body simulations with taking into account the mutual gravitational interaction and inelastic collision have been performed. Until now we find formation of cluster structures in ring particles and increase of random velocity, but the mechanism of formation of cluster is still unsolved. In this work, we investigate statistical behavior of ring particles in cluster and the relation between cluster and velocity field of ring particles.

土星 B リングには、粒子数密度の差異による、レコードの溝のような縞構造が存在する。その構造の成因を調べるために、リング粒子の相互重力、非弾性衝突を考慮した N 体計算を行ってきた。今までに、非一様空間構造(クラスター構造)が形成される、それに伴い平衡のランダム速度が増加、振動する結果を得ているが、このようなクラスター構造がリング粒子系で作られる機構についてはよく分かっていない。本研究では、クラスター構造が形成されたときの構造と速度場との関連や、個々の粒子の速度を調べることによって、クラスター構造の成因について明らかにする。

右図は、ある時刻における粒子の速度空間での分布ある。クラスターが形成されない場合(上図)は各粒子は速度空間上にランダムに分布するが、クラスターが形成されると(下図)直線上に分布するようになる。これは、クラスターが形成されるときには各粒子の位相が同期していることを意味する。



上図:ある瞬間の速度空間上での粒子分布
 上:クラスターが形成されない場合
 下:クラスターが形成される場合

小惑星疑似表面を用いた室内偏光測定

○古我知素文、亀井秋秀（神戸大・自然）、向井正（神戸大・理）

Laboratory measurement of polarimetry by quasi-surface of asteroid

○ M.Kogachi⁽¹⁾, A.Kamei⁽¹⁾, T.Mukai⁽¹⁾⁽²⁾

1) The Graduate School of Science and Technology, Kobe Univ., Japan

2) Dept. of Earth and Planetary Sci., Kobe Univ., Japan

Through polarimetric observations we can estimate the size distribution and porosity of surface regolith. The results of asteroidal observation from the ground show the obvious differences of phase dependence between C-type and S-type asteroids. Then we prepared the surface analogue of asteroids consisting of particles of absorbing and non-absorbing materials. We measured the polarization of such analogue surfaces with wide range of phase angles by using He-Ne laser ($\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$) as the light source. Here we will compare these laboratory results with observational ones from the ground.

一般に偏光観測は天体表面のミクロンレベルでの組成を反映するものであり、この結果よりレゴリス粒子の粒径分布、多孔性などが推定される。小惑星の偏光観測によると、C型小惑星（炭素質）とS型小惑星（ケイ酸塩質）の偏光度の位相角（太陽—小惑星—観測者のなす角）依存性は明らかに異なる。前者が概して高い偏光度を示す一方で、後者は低い値を示す。これを室内実験で再現するために、小惑星表面を構成するとされる微粒子試料を用いて小惑星疑似表面を再現した。これに光源としてHe—Neレーザー光（波長＝0.6328 μm ）を照射して、その反射光について広い位相角範囲で偏光測定を行なう。ここで得られた室内測定結果と、従来の観測結果との比較から小惑星表面組成について検討する。

過去の月潮汐加熱について

On the past tidal heating of the moon

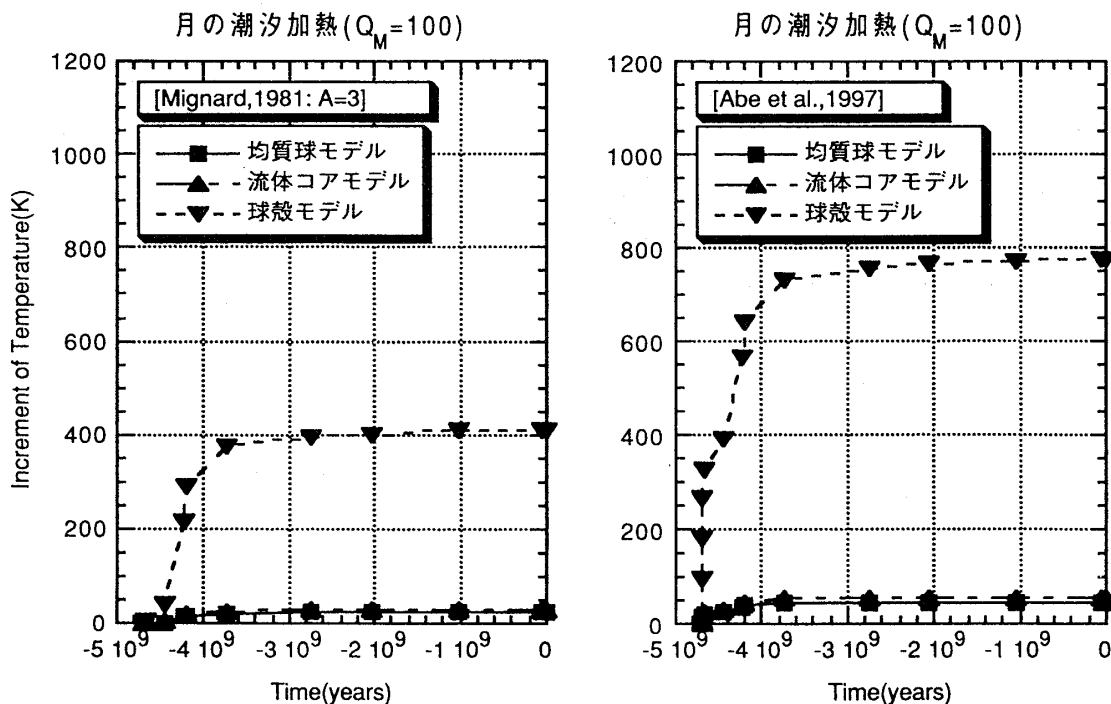
荒木博志 (国立天文台・水沢)

Hiroschi Araki (National Astronomical Observatory・Mizusawa)

Tidal heating of the moon is reexamined with recent models of moon's orbital evolution. If hot and melted origin of the moon is supposed, whole moon temperature increment during initial a few hundred million years is expected to be several hundreds degrees. This heating would obviously prevent the cooling of the moon and may have resulted in many kinds of volcanic activities on its surface.

潮汐作用は月の加熱源やテクトニクスの原動力として比較的早くから注目されていたが、1970年代後半以降はあまり省みられていない。そこで1980年代以降格段に進んだ月軌道進化モデルをもとに月潮汐加熱の進化の再計算を行い、月潮汐加熱史の再検討を試みている。下図左はMignard(1981)の $A=3$ 、右はAbe et al.(1997)の軌道進化モデルを採用したときの月潮汐加熱である。月軌道半径 $a=5.7R_E$ (R_E は地球半径)の時を起点にした。月が地球に大接近しているときの温度上昇は軌道進化に強く依存する。また $a \approx 34.2R_E$ 付近でも月自転軸が大きく傾き潮汐加熱が増大する。

形成初期に月が全溶融しており、表面からゆっくり冷却していくとすると、表面が固化し内部が溶融している段階が存在する。これは下図の点線(球殻モデル; 半径5%分だけ表面固化している)に相当する。月軌道進化に強く依存するものの、下図の結果から月全体で数百度の温度上昇を経験することがわかる。しかもこれらは月全体を暖めるとした場合であり、散逸エネルギーが球殻付近のみに集中するならばさらに温度上昇するはずである。また今回は $Q_M=100$ を用いているが、球殻モデルがあてはまる場合には Q_M はさらに小さく、温度上昇はさらに大きくなる可能性がある。こうした潮汐散逸熱は明らかに月の冷却を妨げ、地殻形成から海の玄武岩噴出まで各種の火成活動の熱源となり、月の熱史で非常に重要な役割を果たしていたかもしれない。



衝突破片のサイズ分布、再考

高木靖彦(東邦学園短期大学), 中村昭子(宇宙研), 藤原顯(宇宙研)

Size Distribution of Fragments Produced by Catastrophic Impacts, Revisited

Yasuhiko Takagi (Toho Gakuen Junior College),

Akiko M. Nakamura (ISAS), and Akira Fujiwara (ISAS)

Takagi et al. (1984) performed many impact experiments and investigated size distributions of fragments. Their results showed that size distributions are divided into three regimes. However, their experiments used, only, cubic targets. In order to investigate target shape effect, new experiments using spherical and cubic targets were performed. The present results are generally consistent with those by Takagi et al. (1984). However, results of spherical target experiments show that size distributions are divided into two regimes, not three regimes. This discrepancy may be due to the target shape effect.

衝突破壊現象は、惑星形成過程を律する最も重要な現象であったと考えられており、様々な研究が行われてきた。特に、Takagi et al.(1984)は、系統的に多くの実験を行い、最大破片の質量、破片のサイズ分布に関して多くの事を明らかにした。サイズ分布に関する結果は、

- (1) 破片サイズと積算個数が負のべき乗の関係になる
- (2) このべき乗関係が3つの領域に分かれる、
- (3) べき乗関係の指数は、衝突の強度と共に増加する、

というものであった。しかし、この実験は全て立方体の標的を用いたため、その結果には、標的の形状の影響が含まれているとの指摘がされていた。今回、球形と立方体両方の標的を用いた実験を行い、この問題を再考した。今回の結果は、Takagi et al. (1984) の結果と概ね調和的であったが、球形標的の実験により作られたサイズ分布は3つの領域には分かれず、2つの領域に分かれる事を示した。この標的形状の影響を含め、衝突破片のサイズ分布に関して再検討を行った。

鉄隕石 (Ⅲ E) 中の C, N 分布、量、同位体比測定

Distributions, Concentrations and Isotopic compositions of Carbon and Nitrogen
in Iron meteorites(Ⅲ E)

池田泰文 (東大・理)、杉浦直治 (東大・理)

Yasufumi Ikeda, and Naoji Sugiura

(Dept. of Earth and Planet. Phys., Univ. of Tokyo)

A small group of iron meteorites(Ⅲ E) is distinguished from Ⅲ AB group, due to small differences in the abundances of trace elements. N isotopic compositions of the Ⅲ E group were reported for 2 irons so far, Willow Creek ($\delta^{15}\text{N} = -33.3\%$)[1], Staunton ($\delta^{15}\text{N} = -73.5\%$)[2]. Therefore, it was not clear that these irons form one group. So, systematic investigation of N isotopic compositions is planned, and so far two Ⅲ E meteorites, Paneth's Iron ($\delta^{15}\text{N} \sim -95\%$), Colonia Obrera ($\delta^{15}\text{N} \sim -89\%$) were studied. These values are very different from reported values. But the N isotopic compositions of Willow Creek and Staunton could be derived from that of Paneth's Iron by diffusive loss of nitrogen. So, we will measure N concentrations and examine if such isotopic fractionation is plausible.

We will also measure distributions, concentrations and isotopic compositions of C and N, and see if the Ⅲ E and the Ⅲ AB group are really independent groups.

Ⅲ E グループの鉄隕石は微量元素がⅢ AB グループと僅かに異なることで区別される小さなグループである。これまでに報告されているⅢ E の窒素同位対比は、Willow Creek ($\delta^{15}\text{N} = -33.3\%$)[1], Staunton ($\delta^{15}\text{N} = -73.5\%$)[2]であり、Ⅲ E グループが1つのグループであるか明らかでなかった。そこで窒素同位対比を二次イオン質量分析計を用いて系統的に調べることにした。これまで2つの測定を行い、Paneth's Iron ($\delta^{15}\text{N} \sim -95\%$), Colonia Obrera ($\delta^{15}\text{N} \sim -89\%$)という結果を得ている。この結果は前述の2つの値とは異なるが、拡散によって窒素が失われた時に同位対比が分別した可能性はある。今後、窒素の濃度も測定することにより、このような同位体比分別の説明が正しいかどうかを確かめる予定である。また、窒素、炭素の量、分布、冷却速度などを調べ、Ⅲ E グループとⅢ AB グループが独立のグループであることも確かめる予定である。

- [1] I.A. Franchi et al.(1993) Constraints on the formation conditions of iron meteorites based on concentrations and isotopic compositions of nitrogen. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57, 3105-3121.
[2] C.A. Prombo and R.N. Clayton (1993) Nitrogen isotopic compositions of iron meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57, 3749-3761.

月探査周回衛星による月面撮像 / 分光機器観測

LISM Observations in SELENE mission

春山 純一 (NASDA)、大嶽 久志 (NASDA)、
松永 恒雄 (地質調査所)、LISM検討グループ

Jun-ichi Haruyama (NASDA), Hisashi Otake (NASDA),
Tsuneo Matsunaga (GSJ), and LISM Working Group

Abstract

LISM (Lunar Imager/Spectrometer) Working Group is developing the optical instruments LISM to observe the Moon's surface in the SELENE mission, which will launch at 2003. The LISM consists three experiments; Terrain Camera (TC) observes details of the topography of the Moon by high resolution stereo imagings. Multi-band Imager (MI) detects differences between, and distributions of, geological units on the Moon by multi wavelength visible and near-infrared imagings. Spectral Profiler (SP) obtains visible and near-infrared reflected spectra from the Moon surface and identifies mineral components.

2003年打ち上げ予定のSELENEに搭載される月面撮像/分光機器 LISM (Lunar Imager/Spectrometer)については、昨年秋期、今年春期の惑星科学会講演会で、その概要を発表している。繰り返しになるが、LISMは地形カメラ(TC)、マルチバンド・イメーger(MI)、スペクトルプロファイラ(SP)の3機器からなり、月表層の地形・鉱物分布の観測を行う。

前回の発表からの変更点として、MIの観測波長を近赤外線まで伸ばすことにした。1～1.5 μm の範囲に新たに4バンドを設ける。ただし、そのかわりに可視光の観測バンドを5バンドに減らす。(1バンドは可視と赤外で同じ波長(1 μm)とする。)近赤外の空間分解能は、60m/pixel程度である。これにより 1 μm 付近の鉱物吸収バンドから、より正確な鉱物・地質区分が可能になる。

現在、我々はLISM開発と共に、それに関連した複数の研究を進めている、または始めようとしている。クレメンタイン探査機が取得した画像の解析による月面地質研究、鉱物反射スペクトル分析装置による様々な反射スペクトル・データ解析、立体視画像からのDEM (Digital Elevation Map)作成の研究、などである。これらについて興味がある方は、連絡して欲しい。

石膏の高速斜め衝突における 低速破片の動向

Velocity distribution of fragments made by high-velocity oblique impacts on gypsum

小野瀬直美、高木周、中村昭子、藤原顕（宇宙科学研究所）

Naomi Onose, Shu Takagi, Akiko M. Nakamura, Akira Fujiwara (ISAS)

For the regolith evolution on small asteroids with their escape velocity of a few 0.1m/sec by impact, it is very important to study on the low velocity fragments made by an impact cratering. So, oblique impact craters were produced on gypsum targets at the projectile velocity of 4 km / sec. Observation was made with a high-speed video camera (9000 frames / sec). The velocity distribution of the fragments were obtained, and the fragment velocity was among a few m/s to a few 10m/s. A few slower fragments were also found in 70degree (very shallow angle) impact.

直径が数km程度の小さな小惑星の表面に衝突を通じて形成されたレゴリスは存在するのであろうか。質量の小さい小惑星においては脱出速度も小さく、衝突によって形成された破片の多くは小惑星の表面から脱出してしまふと考えられる。従って、小惑星レゴリスの進化を考えるには、衝突により発生する破片のうち低速のもの速度とその質量を知ることが重要である。しかし、現在までの研究においては、クレーター形成における低速破片の速度分布に関して良く分かっていない。

本実験においては、宇宙科学研究所の二段式軽ガス銃を用いてナイロン球を石膏のターゲットに衝突速度4km/sec、衝突角度0度（垂直）から70度で衝突させたときの破片の様子を高速度ビデオカメラで撮影し（9000コマ/秒）破片の速度を求めた。

破片の速度は、早いもので数10 m / s、遅いものでは、数10 cm / secであった。また、衝突角度が大きくなるにつれ、クレーターの大きさが小さくなり、破片の数も減少すると共に、より遅い破片が形成されているらしいことが分かった。

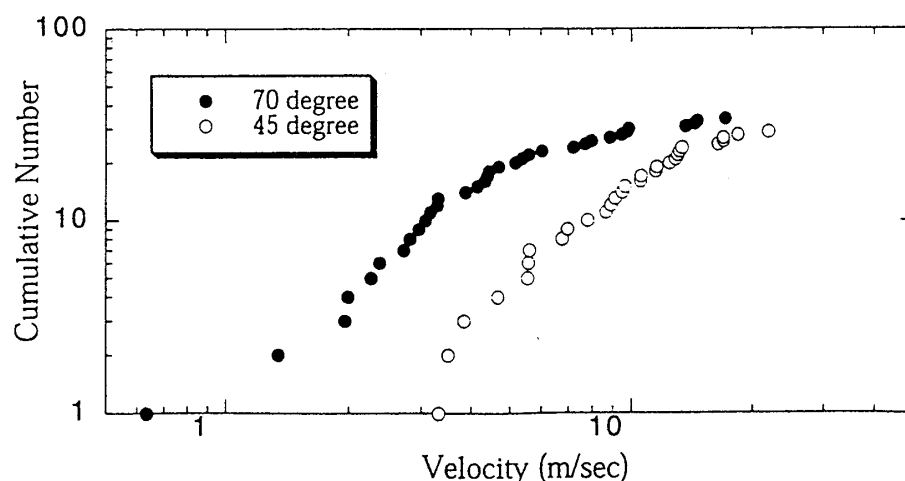


Fig.1 Velocity of the Fragments and Its Dependence on the Impact Angle

Impact velocity was 4 km/sec. Target material was gypsum.

P415

原始太陽系星雲における物質進化：質量降着によるC/O比の分別

Material evolution in the solar nebula: Fractionation of C/O ratio due to mass accretion

倉本 圭 (北大・低温研)

Kiyoshi Kuramoto (Inst. Low Temperature Sci., Hokkaido Univ.)

C/O ratio is a key parameter which controls condensation and vaporization processes of rock- and metal-forming substances in the solar nebula. This ratio is likely to be heterogeneous in the solar nebula. For example, an environment with C/O ratio higher than the solar value have been suggested from the chemistry of E-chondrites. It is not clear, however, how such heterogeneity in C/O ratio was formed. Observed compositions of interstellar clouds and the comet Halley suggest that C is largely locked in refractory organic matter while O is largely stored in icy and silicate components in the cloud from which the solar nebula formed. Both elements are, therefore, estimated to vaporize in very different manner in the nebular gas. Thus, relative motion of gas and dust may induce spatial and temporal heterogeneity of C/O ratio in the solar nebula during the accretion disk stage.

C/O比は、原始太陽系星雲における岩石や金属を構成する物質の凝縮・蒸発特性を支配する重要なパラメータの一つである。この比が原始太陽系内で不均質だったことは、Eコンドライトなどの隕石の化学組成から示唆されてきた。しかしどのようにそのような不均質性が生じたのかは、あまりよく分かっていない。

星間物質とハレー彗星に観測される組成から、原始太陽系星雲の母体となった星間雲中ではCの多く(40-80%)は不揮発性の有機物に固定され、一方Oはその大部分が氷とシリケートに蓄えられていると考えられる。そのため星雲ガス中では、両元素の蒸発のしかたはかなり異なると推定される。したがって原始太陽系星雲内でガスとダストの相対運動が起こると、C/O比の不均質が形成される可能性がある。

星雲進化の標準的なモデルでは、ガスは太陽方向へ流れ、ダスト粒子はガスと同程度か、より早い速度で太陽方向へ運動する。ダストは同時に赤道面へも沈降する。この場合、C/O比が太陽系元素組成よりも高くなりうるのは、(i)内惑星領域におけるダストの濃集域(赤道面)と、(ii)有機物の蒸発フロント(約500 K)の内側の領域が考えられる。前者(i)は氷成分が蒸発し、有機物とシリケートからなるダストが濃集することによってC/O比が増加する。ただし有機物も蒸発するような高温領域では、ダスト濃集によるC/O比の増加は見込めない。また後者(ii)でC/O比が増加するのは、ダストがガスよりも速く太陽方向へ運動する場合に期待される。これはダストから蒸発したCが、ガスに取り込まれて滞留するためである。しかし氷起源のOが上流から流れて来る効果もあるので、C/O比の増大は過渡的な現象と考えられる。

アモルファス氷の物理・化学特性

○増田耕一（神戸大・自然）、高橋順子（基礎化学研）

Physical and Chemical Properties of Amorphous Water Ice

○Koichi Masuda¹⁾ and Junko Takahashi²⁾

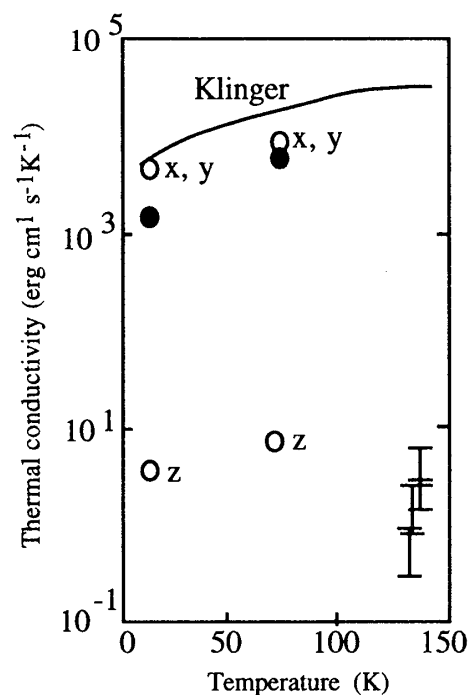
1) The Graduate School of Science and Technology, Kobe University

2) Institute for Fundamental Chemistry

In this work, we made a computational study of the amorphous water ice based on the molecular dynamics (MD) simulations. Two model amorphous water ices, the slab-shaped one and the bulk one, were generated with the two and three dimensional periodic boundary conditions, respectively. The spectral density, thermal conductivity, shear viscosity, bulk viscosity, electric conductivity, and so on were calculated for them.

超低温・超低下では、水の氷はアモルファスの構造をとることが知られている。太陽系内でも、長周期彗星などは、太陽から離れている間はアモルファス氷を持つと考えられている。また、原始太陽系星雲中においても、アモルファス氷を主成分とする宇宙塵が多く存在していると考えられる。

本研究では、水のアモルファス氷について、分子動力学 (molecular dynamics, MD) 法によるコンピュータシミュレーションを行い、その物理的・化学的特性を調べた。アモルファス氷の表面及び内部を表すモデルとして、それぞれ、2次元 (x,y) 及び3次元 (x,y,z) の周期境界条件を用いて板状の氷とbulkの氷を作成し、それらのスペクトル密度、熱伝導度、粘性率、体積粘性率、電気伝導度等を計算した。



The calculated thermal conductivities of the amorphous water ice; ○ for slab-shaped ice (x,y: the directions for which the two-dimensional periodic boundary condition is employed); ● for bulk ice. The bold line is the theoretically estimated curve by Klinger (1980), and the error bars indicate the experimental data by Kochi et al. (1992).

P417

氷粒子スパッタリングのMDモデル

○大垣内るみ、増田耕一、向井正（神戸大・自然）

MD model for sputtering of icy particles

○R. Ohgaito, K. Masuda, T. Mukai

(The Graduate School of Sci. and Tech., Kobe Univ., Japan)

The mass loss processes of interplanetary icy particles are (i) sublimation by the temperature raising, (ii) sputtering due to solar wind particles, and (iii) mutual collisions of dust particles. These processes depend on a heliocentric distance and a particle size. In the lower temperature, i.e. beyond a heliocentric distance of 2-3AU, the sputtering is dominant, except in the special environment such as vicinity of planets. A lack of reliable laboratory data for sputtering, however, prevents us from studying the sputtering of interplanetary icy particles.

Our computer simulation for sputtering based on the Molecular Dynamics will provide the available data. We present a sputtering yield obtained from our simulation and compare it with the laboratory data.

太陽系空間で、氷粒子が質量を失う物理過程として、(i)昇温昇華、(ii)太陽風粒子によるスパッタリング、(iii)他の塵粒子との衝突などが挙げられる。これらの諸過程の重要さは、太陽からの距離や、氷粒子サイズによって異なる。惑星近傍などの特別な環境以外では、太陽から2から3AU以遠の低温度領域では、スパッタリングが重要となる。しかし、そのスパッタリングの定量的な推定に必要なデータは、氷粒子のスパッタリングの室内実験が容易でないことから不足している。

本研究では、分子動力学法（Molecular Dynamics, MD）を用いたコンピューターシミュレーション実験によって、スパッタリングを定量化する。さらに従来用いられてきたスパッタリングの室内測定量との比較検討を行う。

回転球殻内の有限振幅対流と引き起こされる平均帯状流

Finite amplitude convection in rotating spherical shells and induced mean zonal flows

○竹広 真一 (九大・理), 石渡 正樹 (北大・地球環境),
中島 健介 (九大・理), 林 祥介 (東大・数理科学)

○S. Takehiro (Kyushu University), M. Ishiwatari (Hokkaido University),
K. Nakajima, (Kyushu University), Y.-Y. Hayashi (University of Tokyo)

Finite amplitude thermal convection of Boussinesq fluid in rotating spherical shells are considered in order to investigate generation mechanisms of mean zonal flows of Sun and planetary atmospheres of Jovian type. 3-dimensional numerical calculations are performed for the Taylor number 10^2 and the Rayleigh number 10^3 , or the Taylor number 10^6 and the Rayleigh number 5×10^4 . The Prandtl number and the radius ratio are fixed to 1 and 0.4, respectively. In the case of small rotation rates, the direction of mean zonal flows is easterly around the equator and is westerly in high latitudes. On the other hand, in the case of large rotation rates, the direction of mean zonal flows is westerly near the equatorial outer boundary and is easterly in the inner part near the rotation axis.

1. はじめに

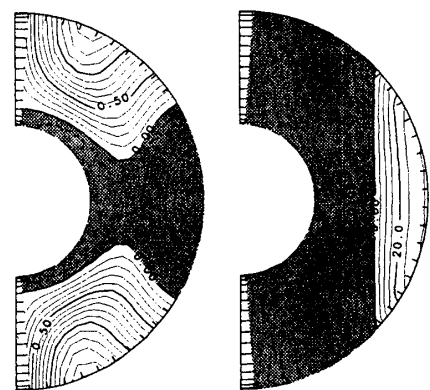
我々は木星型惑星の縞状構造の多様性を考察するために、回転球殻内の対流の引き起こす平均帯状流に注目してそのパラメータ依存性を調べている。これまでは弱非線形論の手法を用いて、臨界対流により引き起こされる平均帯状流について考察してきた(惑星科学会 94 年春)。今回はレイリー数を臨界値から増加させて、回転球殻内に生じる対流運動の 3 次元数値計算を行ない、有限振幅対流により引き起こされる平均帯状流について考察した。扱った主なパラメータの値は、回転が小さい場合としてテイラー数が 10^2 、レイリー数 10^3 (臨界値の約 1.7 倍)、回転が大きい場合としてテイラー数 10^6 、レイリー数 5×10^4 (臨界値の約 3.8 倍) である。プラントル数は 1、半径比は 0.4 に固定している。

2. 結果

回転が小さい場合に生成された平均帯状流は、赤道付近低緯度にて回転と反対向きの流れ、高緯度にて回転と同じ向きの流れとなった。この平均帯状流の向きは弱非線形的に調べた結果と整合的である。平均帯状流の子午面分布から、緯度方向への角運動量輸送に加えて動径方向外側から内側への角運動量輸送により平均帯状流が生成されているように

想像される。

一方、回転が大きい場合に生成された平均帯状流は回転軸より遠い赤道外側境界付近で回転と同じ向きの流れ、回転軸に近い内側で回転とは反対向きの流れとなった。その子午面分布は等値線が回転軸方向に沿っており、回転軸に近い内側から外側への角運動量輸送により生成されているように想像される。このような帯状流の向きおよび子午面分布の特徴は弱非線形的に調べた結果と整合的である。



左図：回転の遅い場合の平均帯状流の子午面分布 ($Ta = 10^2, Ra = 10^3, P = 1, \eta = 0.4$).

右図：回転の速い場合の平均帯状流の子午面分布 ($Ta = 10^6, Ra = 5 \times 10^4, P = 1, \eta = 0.4$).

P419

1. 原始太陽系星雲中でのフラクタル形状をしたダストの沈澱と付着成長
Settling and Coagulation of Fractal Dust Aggregates in a Laminar
Solar Nebula

2. 日高 由布子(神戸大・自然)、中川 義次(神戸大・理)
Yufuko Hidaka (Graduate School of Science and Technology, Kobe
University)
Yoshitsugu Nakagawa (Department of Earth and Planetary
Sciences, Faculty of Science, Kobe University)

3. We analytically examined the settling and coagulation of dust particles in the solar nebula, taking into account fractal-like morphology of dust aggregates in the line of Weidenschilling et al.(1989). That is, we assumed that the internal density of dust particles first decreases with their growth toward a minimum value because of the fractal dimension less than three due to cluster-cluster collision and then increases to the normal value owing to recovery of the fractal dimension of three by particle-cluster collision. We estimated the settling time and the final sizes of dust particles for various cases of different fractal dimensions and a wide range of minimum values of the internal density.

4. 原始太陽系星雲中でのダスト粒子の沈澱成長は今までいろいろ調べられてきた。今までの計算では沈澱していくダスト粒子の形状はずっと球形を保って沈澱していると仮定されてきたが、今回の計算ではダスト粒子の形状はフラクタルな形状を持つ物体であるとしてこれを扱った。そして Nakagawa et al. (1986) での星雲を 2 層の流体に分けてダスト粒子の沈澱、成長を調べた計算にこのフラクタルな効果をいれるとどのようになるかを調べた。ダスト粒子のフラクタルな形状は Weidenschilling et al. (1989) で提起されたフラクタルな形状を持つダスト粒子がサイズによってそのフラクタル次元を変えるという仮定を用いた。その結果、ダスト粒子のフラクタル形状は沈澱のごく初期の段階で終わり、すぐにフラクタル次元が球のときの値 3 に回復し、中心平面付近での付着成長後のダストのサイズは 30cm 程度、沈澱時間は 10^3 年となり、ダストのフラクタル形状を考慮しないこれまでの計算結果とさほど変わらない値が得られた。

MICでの朝霧・夕霧の観測計画

○ 稲田 愛、向井 正 (神戸大 自然)

A plan for observing Morning fogs and Evening fogs with MIC

○ Inada Ai, Mukai Tadashi

(Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kobe University)

Morning fogs and evening fogs arise at the low latitudes of Mars. The Mars Imaging Camera (MIC) is a visual wavelength camera on the spacecraft Planet-B, launched in July 1998. Planet-B will have a large elongated orbit around Mars with a periapsis near the equator of Mars. Therefore, MIC can observe the regions in low latitudes at various times of day and various solar phase angles with a high spatial resolution. This condition is suitable for the observation of the fogs. The scientific objective is to make clear the generation mechanism of fogs and their components. The observation will be done by using red (650 nm) and blue (450 nm) filters, and the resolution will be better than 1000 m/pixel.

火星では低緯度地域の地表近くで、朝方もしくは夕方に霧が発生する。1998年打ち上げ予定の火星探査機 Planet-B は、近火点が常に赤道付近にある長楕円軌道をとる。このため、搭載される可視カメラ MIC は、様々な時間帯の低緯度地域を高分解能で撮像できる。ここでは、この特徴を生かし、地表面の霧を観測する計画を提示する。目的は霧の発生機構と成分の解明である。フィルターは赤と青を使用し、1000m/pixel より良い分解能で撮像する。朝霧は2000年4月から2001年4月まで観測が可能であり、夕霧は1999年10月から2000年6月までと2000年5月から12月までの期間で観測できる。また同一地域を異なる時間に撮像し、比較検討する。

特別講演

「星間ダストと惑星・生命の起源とのリンク」

特別セッション

「惑星科学の新世紀に向かつての展開」

9月16日(火)午後

特別講演

「星間ダストと惑星・生命の起源とのリンク」

特別セッション

「惑星科学の新世紀に向かつての展開」

9月16日(火)午後

圏外生物学を指向した惑星科学

Planetary Sciences Aiming at Exobiology

小林 憲正 (横浜国大・工)

Kensei Kobayashi

Faculty of Engineering, Yokohama National University

The present biology is restricted to life on earth, not to universal life. *Exobiology* is expected to explain fundamental biological questions such as *what life is* and *how life begins*. Detection of extraterrestrial organics and organisms is a major strategy in exobiology. Through the analyses of them, we can expect to understand the followings: (i) characteristics and flux of exogenic organics used in the generation of life, (ii) processes of chemical evolution toward life's origin, and (iii) universality of biology of terrestrial life.

20世紀後半、生物学は飛躍的に進歩した。しかし、それは現在の生物学が地球上に棲息する生物に関するもので、依然として宇宙全体に適用可能な物理学・化学との間と大きく異なる。生物に関する本質的な謎、例えば、生命とは何か、どのようにして誕生したか、地球生物はなぜ20種類L体のアミノ酸のみからタンパク質を作っているのか、などの問いを解くには地球生物学という宇宙全体からみるとlocalな学問体系のみでは不十分であり、「地球圏外生物学」的アプローチが必要となる。ここでいう、地球圏外生物学とは、「地球生物学」を物理学のように宇宙一般へと普遍化しようとする学問である。

地球圏外生物学の手法としては、SETIのような地球圏外文明の検出とともに、惑星・彗星上の有機物および微生物の検出と解析があげられる。それらは意義の面から、次の3つに分類できる。

- 1) 地球上の生命の誕生に寄与したと考えられる有機物： 地球生成から数億年間の「後期隕石重爆撃期」には多数の隕石（微惑星）・彗星の衝突により地球外有機物が地球にもたらされたと考えられる。隕石や小惑星・彗星中の有機物のキャラクター化や、そのフラックスの解析は、原始惑星上で生成したと考えられる有機物との比較を通して、生命の誕生しうる惑星の範囲を推定する上で重要である。
- 2) 惑星上での種々の化学進化過程の解析： 地球上での生命誕生に用いられた有機物は、地球生物により食べつくされ、残っていない。従って、生命誕生前夜の化学進化に関する情報は生物の分布していない、地球圏外環境に求めざるをえない。その候補としては、木星（メタン・アンモニア型大気）、タイタン（窒素・メタン型大気）、エウロパ（原始熱水系）、および火星（原始地球類似環境）が上げられる。
- 3) 地球外生命の解析： 火星起源の微生物が発見されれば、地球生物との比較により、現在の地球生物学の普遍性がチェック可能である。

今後の火星を中心とした太陽系の生命・有機物探査は地球圏外生物学を飛躍的に発展させ、われわれの生命観を一変させてくれることが期待される。

セッション 5

9月17日(水)午前

No. 501—510

1996年11月18日の月面の発光が静止衛星であった可能性

柳澤正久(電気通信大学)

The Flash on Nov. 18, 1996, on the Moon, or of a Geostationary Satellite?

Masahisa YANAGISAWA

University of Electro-Communications, Chofu-shi, Tokyo 182 Japan

Lunar Transient Phenomena (以下LTP)とは、月の一部が一時的に光ったり、色が変わったり、霧がかかったようになっていたりする現象である。我々は、電気通信大学・菅平宇宙電波観測所において、口径200 mm、焦点距離800 mmのニュートン式反射望遠鏡にCCDビデオカメラを取り付け、半月(上弦の月)の夜の部分をモニターし、月面で起きたと思われる発光を観測した[1, 2]。発光時刻は、11月18日19時02分17.6 ± 0.5秒(日本時間)、明るさは約5等級、発光時間は0.63秒であった。

この発光が、観測者に真っすぐ向かってくる静止流星である確率は、一人の観測者が昼も夜も40万年間観測し続けてやっと一個見つける程度であり、流星である可能性はほとんどない。一方、旧ソ連の静止衛星ゴリゾンT23号がちょうどこの時、観測地点から見て月の夜の部分にいたことが橋本氏によって指摘された[3]。この衛星の太陽電池パドルなどが鏡のように太陽光線を反射して、一瞬ピカリと光った可能性がある。

そこでこの時刻の、発光と衛星の天球上での位置を詳しく調べると、(1)0.006°の誤差以内で両者が一致していることがわかった。さらに、(2)0.63秒間の発光位置のわずかな動きも衛星の運動で説明できる。また、(3)増光と減光がほぼ対称な明るさの時間変化は、微小天体の衝突や放電現象では説明が難しい。一方、直径18cm程の鏡が衛星についていれば、反射された太陽の光が約5等級で観測される。以上の3点から考えると、今回の発光は、衛星によるものであった可能性が高い。

なお、月や衛星の位置計算では、相馬(国立天文台)、橋本(LAT)、田中(東海大)、TS Kelso(US Air Force)の各氏にお世話になった。お礼申し上げます。

参考文献

- [1] 柳澤正久、Lunar Transient Phenomena (月の異常現象)、惑星地質ニュース、9、13-17、1997。
- [2] 柳澤正久、月面なぞの発光、天文月報、1997年8月。
- [3] 橋本就安、人工天体ガイド、天文ガイド1997年6月号、163。

月の海における地域別のクレーターサイズ分布の比較 Comparison of the local crater size-frequencies on the lunar maria

本田親寿[°]，並木則行（九州大・理）

Chikatoshi Honda and Noriyuki Namiki

(Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu Univ.)

Crater size-frequency averaged over various provinces in the lunar maria is known to increase the slope abruptly in a range between 300 m and 4 km in crater diameter. Previous studies have suggested that such steepening reflects effects of secondary craters, size-frequency of projectiles, endogenic craters, or vertical variation of material property of target. We attempt to distinguish those hypotheses by comparing the crater size-frequencies at different sites on the Moon.

クレーターの直径 D と累積個数密度 $\sigma(D, t)$ の間には，一般的に $\sigma(D, t) = c(t)D^b$ という冪乗則が成り立っている．ここで $c(t)$ は時間とともに増加する値，つまり地質区分の年代を表している．一般的に $b \cong -2$ となっていることが知られている．しかし，月の海全域のクレーターサイズ分布は，直径 300 m 以下と 4 km 以上において $b \cong -2$ となっているが，直径 300 m ~ 4 km においては $b \cong -3 \sim -4$ という特異な分布則を示すことが知られている．この急勾配の原因についてはいくつかの研究報告があるが，主な仮説は，①二次クレーターの影響，②衝突天体のサイズ分布，③内因性クレーターの影響，④標的体の深さ方向における物理的性質の変化などが挙げられる．これら四つの仮説を定量的に判別するため，地域別のクレーターサイズ分布を比較検討した．

Lunar Orbiter の写真 10 枚について，嵐の大洋と静かの海のいくつかの地域のクレーターサイズ分布を比較検討した結果から，クレーターサイズ分布の急勾配の原因について以下のことが考えられる．まず仮説①は，急勾配の累積個数密度が大型クレーターからの距離に応じて変化してないため，可能性は小さい．但し，二次クレーターの起源として Imbrium や Orientale のような非常に大きな衝突盆地を考えると，この仮説についてさらに検討する余地がある．また観測されるサイズ分布は，直径 300 m 以下でクレーターサイズ分布が飽和密度に達していることと矛盾しないことから，原因である可能性がある．仮説②は，観測される各地域でのクレーターサイズ分布が単純な定数倍の関係にないため，可能性は小さい．仮説③は，地形緩和（degradation）の効果が仮説に考慮されていないため，可能性は小さい．仮説④は，メガレゴリス層が薄いと予想される形成年代の新しい地域ほど $b \cong -3 \sim -4$ の部分が直径の小さい方へ変化することから，有力と考えられる．

ペネトレータのダイナミクスと月レゴリスの物性との関係

白石浩章（宇宙科学研究所惑星研究系）

Penetration dynamics and its relation to mechanical properties of lunar regolith

H. Shiraishi (Institute of Space and Astronautical Science)

Dynamical characteristics of penetrator into a soil medium as lunar regolith seems to be dependent on various factors. The mechanical properties of a target material are essential parameters which affect the penetration characteristics. An understanding of mechanical properties of lunar regolith and near surface stratigraphy could be of importance to the interpretation of data gathered by seismometers and heat-flow probes on LUNAR-A mission. The experiments were made to investigate penetrator movement and its relation to the physical properties. The deceleration profile with accelerometer onboard LUNAR-A penetrator could characterize the mechanical properties of lunar regolith.

宇宙研が計画中のLUNAR-Aミッションでは、月面レゴリス層にペネトレータを2m程度の深さまで貫入させて科学観測を行う。月表面を厚さ数m～10数mでおおうレゴリスの物性は、水などの揮発性成分を全く含まず超高真空状態（ $\sim 10^{-15}$ atm）におかれていることから地球の表層を構成する岩石や土壌とは著しく異なった性質を示す。特に、LUNAR-Aミッションの科学観測項目である月震および熱流量観測に関連するものとして、月レゴリスの弾性波速度と熱伝導率の値はバルク密度（または空隙率）や深さ（または圧力）に依存して劇的に変化することが報告されている（Johnson et al., 1982; Langseth et al., 1976）。それゆえ、LUNAR-Aペネトレータの設置される地点のレゴリスの物性に関する情報を独立に得ることができれば、ミッションで取得される月震および熱流量データを解析するうえで有用であると考えられる。そこで、LUNAR-Aペネトレータに搭載される衝撃加速度センサーのデータから標的砂の物性を反映した情報を抽出することができないかを検討した。月レゴリスの物性はペネトレータの貫入特性や衝撃環境にも影響を与える要因であるので、加速度プロファイルから推定される砂中での運動つまり減速過程が標的砂の物性に依存していると考えられるからである。小型モデルを使って予備的な実験を行ったところ、ペネトレータの潜り込み距離は模擬砂のバルク密度や硬度に依存するとともに加速度プロファイルにもその違いが顕著にみられることがわかった。この結果から、LUNAR-Aペネトレータが月面に突入する際の加速度プロファイルから設置地点のレゴリスの圧密の程度や層構造を推定できる可能性がある。

Geological Investigation of Aitken Crater: Distribution of Mare Basalt

Toshiko Takata (Geological Institute, U. Tokyo)

Interior material of Aitken crater (located at 17S, 170W) is investigated to examine the distribution of mare basalt, using Clementine UV/VIS multi-spectral image data. Three color composite images of this area indicate that the distribution of the mare basalt is approximately characterized by the 750 nm - reflectance image as shown by Yingst and Head [1997], however, mafic content may vary in two major areas of this mare region.

月の裏側のサウスポールエイトケン (SPA) 盆地は、直径 2500 km の大型クレーターで、内部の地殻が薄いため、SPA 内部に存在するクレーター群には、月の裏側の北半球のクレーター群に比べ、海の玄武岩が噴出しているクレーターが多く存在する。このことは、ルーナーオービターの撮像以来、反射率の違いから示唆されていたが、クレメンタイン搭載カメラの撮像データにより、高解像度、マルチスペクトルで、詳細に解析できるようになった。

Yingst and Head[1997] は、月面画像データを再編成し、SPA 盆地内部のクレーターの海の玄武岩の全噴出量を推定したが、主に単色画像から海の分布を求めており、反射率が物質の相違のみを表しているとは限らず、実際の分布と異なることも考えられる。そこで、SPA 北端部に位置するエイトケンクレーター (中心:緯度 17S 経度 170E、直径約 110 km) に着目し、クレーター内部の地質、特に、海の分布とその物質の光学的特徴を、クレメンタインの UV/VIS カメラの撮像画像を利用し調査した。415/750/950 nm の 3 波長の画像データに、Brown 大学が公表している最新の校正法を適用し、モザイク化、3 色合成画像 [たとえば、MacEwen et al., 1994] を作成した。この手法は、波長域 950 nm 近傍の 2 価鉄の結晶場吸収帯を特徴づけるため、海の領域を特定し、クレーター内部物質の分類をするのに有効である。

3 色合成画像からも、クレーターの中心から南の地域にマフィックな物質の分布が確認され、海の分布は、750 nm の単色画像の低反射率を示す領域から得られる領域と近似的であった。しかし、海の領域南東部に、950 nm 近傍の吸収帯の深さが、海の地域の平均値より大きい物質が、約 15 × 50 km の帯状に広がる地域が確認された。これらは、Aitken クレーター内南部に位置する Aitken-N クレーターの形成に関連し年代の違いを示す可能性も残されているが、それとは独立に、海の玄武岩の化学組成の違いそのものを表している可能性も考えられる。

地球近傍小惑星4179Toutatisの偏光観測

中山裕之[°]、石黒正晃、古我知素文（神戸大・自然）、
 中村良介（神戸大・情報処理センター）、
 岡崎彰（群馬大・教育）、平田龍幸（京都大・宇宙物理）、向井正（神戸大・理）

Polarimetric observation of near-Earth Asteroid
 4179 Toutatis

H.Nakayama[°] ⁽¹⁾, M.Ishiguro⁽¹⁾, M.Kogachi⁽¹⁾, R.Nakamura⁽²⁾, A.Okazaki⁽³⁾, R.Hirata⁽⁴⁾, T.Mukai⁽¹⁾⁽⁵⁾

1)The Graduate School of Sci. and Tech.,Kobe Univ., Japan, 2)Information processing center,Kobe Univ., Japan, 3)Dept. of Science Education,Gunma Univ.,Japan, 4)Dept. of Astronomy,Kyoto Univ.,Japan, 5)Dept. of Earth and Planetary Sci.,Kobe Univ., Japan,

4179 Toutatis is one of the near-Earth Asteroids (NEAs) in the Apollo group. Since 4179 Toutatis passed within 0.035AU distance from Earth on 29th November 1996, we had a good opportunity to observe it at large solar phase angles.

Observations of linear polarization of 4179 Toutatis were made during 4 nights from 29 November to 8 December by using eight-channel polarimeter attached to the 91 cm telescope at the Dodaira Observatory of the National Astronomical Observatory in Japan.

We'll report the results of polarization measurements in the solar phase angle from 74° to 112°. We report (1)the maximum polarization,(2)a phase angle dependence of the polarization and its wavelength dependence.

4179 Toutatisはアポロ群に属する地球近傍小惑星で、1996年11月29日に地球との最接近距離0.035AUを通過し、メインベルトの小惑星では観測することのできない位相角（太陽—小惑星—観測点のなす角）の非常に大きいところでの偏光観測が可能となった。

我々のグループでは、1996年11月29日から12月8日にかけて国立天文台堂平観測所で4179 Toutatisの直線偏光の観測を行い、位相角の大きなところでのデータを得ることができた。

ここでは偏光の極大値と、位相角74°から112°における位相角／波長依存性についての観測結果を報告し、前回の回帰の際のデータも考慮してこの天体の表面状態や組成について議論する。

月の紫外・可視・近赤外反射光強度の地形・位相角依存性

Viewing geometry dependence of Lunar UV-VIS-NIR reflection intensity

○横田康弘、飯島祐一、岡田達明（宇宙研）、本田理恵（高知大）、水谷仁（宇宙研）

○Y. Yokota, Y. Iijima, T. Okada (ISAS), R. Honda (Kouchi univ.), H. Mizutani (ISAS)

The geometrical calibration function for Clementine UV-VIS images has been investigated. The intensity of UV-VIS-NIR light reflected from the Lunar surface is affected by Solar phase angle. We derived phase functions at Apollo 12 & 16 sites for each band. The difference between these new phase functions and the previous standard phase function was found to be up to ~10%. It appears that the shape of these phase functions is dependent upon the terrain type (Mare or Highland) and the wavelength used.

月の明るさは観測時の太陽・月面・カメラの位置関係によって変化する。そのため、クレメンタイン衛星による月のUV-VIS画像（紫外・可視・近赤外マルチバンド画像）を解析する場合には撮像時の位置関係について校正が必要とされる。しかし、従来の校正のやり方は単純化され過ぎているため、その大きな誤差が問題とされていた。本研究では画像から反射光強度の地形・位相角依存性を調べ、より正確な撮像位置関係の校正法について考察を行った。

校正式において、太陽位相角が反射光強度に及ぼす影響は位相関数と呼ばれる式で表される。我々は、クレメンタイン衛星が重点観測を行ったアポロ12号・16号着陸点付近において数十枚のUV-VIS画像から位相関数を波長帯ごとに求めた（図1）。反射光強度は、太陽入射角、反射光射出角によっても変化する。この二つの角度は、地表面の法線と入射光・反射光がなす角として定義される。平均的な傾斜が水平からずれている場合、入射角、射出角の校正（Lommel-Seeliger 関数）は正確でなくなる。そのため、対象領域内になるべく多くのサンプル点をとることで、統計的に誤差を少なくするようにした。

得られた新しい位相関数は、従来の標準的位相関数と比べ最大10%程度異なっていた。従来の解析では反射率が1割程度誤って見積もられていた可能性がある。アポロ12号着陸点（海）とアポロ16号着陸点（高地）では位相関数の形が異なっていることも分かった。物質によって位相関数が異なる以上、全月面で同じ位相関数を用いる従来の方法は見直す必要がある。さらに波長帯ごとにも位相関数は異なっており、この点でも補正が必要である。講演では、Lommel-Seeliger 関数の適用性を見るために地形図から読みとった月面の傾斜変化（＝法線の変化）と観測反射光強度との対応関係についても述べる。

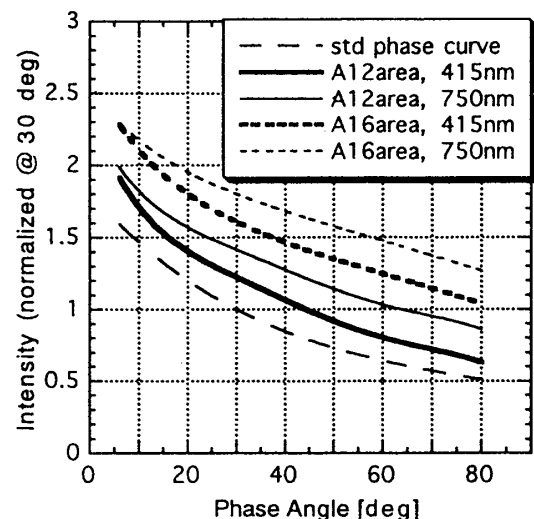


図1：位相関数の一例。縦軸は入射角・射出角に関する校正を行った後の相対反射光強度。各曲線は見やすいように縦軸を0.2ずつずらしてある。

カイパーベルト天体からのダスト供給率

The production rate of dust from Edgeworth-Kuiper belt objects

山本 哲生 (北大理), 大島 孝文 (北大理)

Tetsuo Yamamoto and Takafumi Oshima

Department of Earth and Planetary Sciences, Hokkaido University

We examine the Edgeworth-Kuiper belt objects (EKO) as one of the sources of the interplanetary dust particles (IDPs), and estimate the production of dust produced by the collisions of EKO on the basis of the model of remnant planetesimals (Yamamoto and Kozasa, 1988). We found that the production rate is $9.4 \cdot 10^{-19} f \text{ g cm}^{-3} \text{ yr}^{-1}$, where f is a parameter that indicates the mass fraction of dust produced from EKO at a collision.

惑星間塵はポインティング - ロバートソン効果 (PR 効果) により太陽方向に失われている。Grün et al. (1985) によれば約 9 ton/sec の “meteor-sized” ($m > 10^{-5} \text{ g}$) particle が 1 AU 以内に失われ、他に供給源が必要である。今までに彗星や小惑星が供給源として研究されてきたが、われわれは供給源の 1 つとしてエッジワース - カイパーベルト天体 (EKO) に注目する。EKO どうしの衝突により生じたダストが PR 効果によって惑星間領域まで落下してくる領域を考え、惑星間塵の必要供給量と比較した。供給量を見積もるには EKO の衝突頻度、数密度、衝突で EKO がダストになる割合が必要である。EKO の衝突頻度、数密度には太陽系形成論に基づいた Yamamoto & Kozasa (1988) のモデルを採用し、衝突した EKO 質量と EKO から放出されるダストの量の比を f というパラメータを用いてダストの供給量を見積もった。 f が 10^{-9} 以上であれば十分な供給源になりうることがわかった。

References

- Grün, E., Zook, H.A., Fetchtig, H. and Giese, R.H., *ICARUS* **62**, 244 (1985): Collisional Balance of the Meteoritic Complex
- Yamamoto, T. and Kozasa, T., *ICARUS* **75**, 540 (1988): The Cometary Nucleus as an Aggregate of Planetesimals

粉体衝突のシミュレーション

(Simulation of Powder Material)

万代英俊、城野信一、山本哲生（北大・理）、渡邊誠一郎（名大・理）

We think planetesimals to be powder materials composed of small dust particles rather than bulk solid materials in the early stage of evolution of solar system. We try to simulate a collision of a couple of powder spheres. Stress in powder is generated by surface friction of particles and is a function of bulk density of powder. Energy dissipation occurs during compression. By solving time evolution of stress, we can express energy dissipation only by stress-density relation. If we add Van der Waals interaction and self gravitation, we can estimate amount of dust ejected beyond the gravitational field after collision.

ダスト層から形成されたばかりの微惑星は、中の詰まった岩石質の物体としてよりもむしろ、空隙の大きい粉体と考えられる。粉体を構成するミクロンサイズの微粒子は互いに Van der Waals 力によって弱く結合している。惑星はそれらが衝突を繰り返して成長したものである。カイパーベルト天体は現在も粉体の物性を残したまま存在し、互いに衝突したとき一部が重力圏外に放出され、地球から観測されるダストとして降ってくるのであろう。そこで我々は、粉体球同士が衝突する様子を SPH 法によって再現することを試みた。

粉体の特徴として、つぎの点が挙げられる。

- (1) 粉体内部の応力 P は、微粒子の表面でのクーロン摩擦に起因する。その大きさは、マクロな粉体密度 ρ の関数になる。
- (2) 粉体圧縮は非可逆であり、エネルギー散逸を伴う。その結果として $P-\rho$ 曲線は負荷状態と除荷状態では違う形になる。

$P-\rho$ 関係は数値計算上そのままでは散逸項にはなりえないため、今まではニュートン流体の粘性項を加えてエネルギー散逸を表そうとした。しかし、応力の時間発展を随時解いていくことによって、結果として出てくる $P-\rho$ 関係のみでエネルギー散逸まで表現できることが見出された。これに昨年までに SPH 法用にモデル化された Van der Waals 力と自己重力を組み込むと、衝突後にどのくらいの割合のダストが重力圏外に放出されるかを見積もることができる。

氷微惑星の高速衝突後の爆発的膨張流

Expanding flow after a high velocity collision of icy planetesimals

○本山龍也, 関谷実(九大・理)

When icy planetesimals collide with high velocity($\sim$ km/s), they are melted or vaporized. Afterwards, they would be expanded into vacuum. We numerically simulated expanding flow after a high velocity collision of icy planetesimals under the assumption of spherical symmetry. We show time dependent expanding flow of planetesimals.

氷微惑星の高速衝突後の爆発的膨張流の数値シミュレーションを行った。微惑星同士が高速で衝突すると、**shock** が生じ内部を伝播していく。微惑星の衝突面と反対側の表面に到達した **shock** はその後希薄波として内部に伝播し、爆発的に熱膨張する。

我々は、微惑星が衝突し、**shock** が微惑星の表面に到達した後の熱膨張の様子を、数値シミュレーションした。衝突前の微惑星は氷、衝突後は水または水蒸気であるとした。

衝突後の微惑星の状態方程式として、NBS/NRC Steam Tables(1984) より H_2O のデータを用いた。本来3次元で解かなければならないが、その手始めとして、球対称1次元で行った。

氷微惑星の衝突速度を与えると、インピーダンスマッチング法より衝突後の熱力学量(圧力、密度、エントロピー等)が求まる。水と水蒸気の臨界点におけるエントロピーを実現するような衝突速度を V_s 、衝突速度を V とし、また微惑星は断熱であるとする、微惑星の表面から

1. $V > V_s$ 気相から気相+液相
2. $V < V_s$ 液相から気相+液相

という変化が起こる。

それぞれの場合について微惑星の爆発的な膨張流の様子を報告する。

カイパーベルト天体の軌道分布と海王星の移動

井田茂, 田中秀和 (東工大・理), G. Bryden, D. N. C. Lin (リック天文台)

Migration of the Proto-Neptune and Orbital Distribution of Trans-Neptunian Objects

Shigeru Ida, Hidekazu Tanaka (Tokyo Institute of Technology),

G. Bryden, D. N. C. Lin (Lick Observatory, USA)

Sweeping mean motion resonances by outward migration of proto-Neptune is re-examined, changing migration time scale and mass of proto-Neptune largely. We found that in some parameter ranges small bodies are captured at 3:2 resonance but not at 2:1 resonance, which is consistent with observation. Using the result, we can constrain migration mechanism. We also consider suitable migration mechanisms.

火星と木星の間には小惑星、海王星以遠にはカイパーベルト天体という多数の小さな天体が存在している。それぞれは 7000 個、50 個と多数発見されており、軌道の分布に間して統計的議論が可能となっている。

小惑星帯やカイパーベルトの軌道分布は主に 2 つに分けられる: (i) 太陽系形成時につくられたもの、(ii) 太陽系形成後、45 億年の間の惑星の重力摂動によってつくられたもの。近年の軌道計算の進歩により、(ii) がかなり明らかになった。その結果、現在の分布から (ii) の効果を差し引けば、(i) が見えてくる。それを調べることによって、太陽系形成時に何がおこったかがわかるということになる。たとえば、小惑星帯では木星の 2:1 共鳴のところ (3.3AU) に大きなギャップがあるが、これは (ii) では説明できず、太陽系形成時に 2:1 共鳴のところで小惑星をとり除くイベントがあったはずである。これは、たとえばかつて存在していた原始惑星系ガス円盤との相互作用を考えれば説明できる (Ida and Lin 1996)。

本研究ではカイパーベルトに関して、(i) を考える。観測によると、カイパーベルト天体は、海王星の 3:2 の共鳴 (39.5AU) に非常に多くの天体が集中し、それらは離心率が非常に大きい (> 0.2)。こういった分布は、25AU のあたりに形成された海王星が 5AU ほど外側に動いて現在の場所 (30AU) にきたとすると説明できる (Malhotra 1995)。すなわち、3:2 の共鳴が 33AU から 39.5AU に動くときにその間の天体を次々と掃き集めていったと考えるのである。この方法以外では、カイパーベルトの軌道分布の説明はかなり難しい。問題は、この説だと 2:1 の共鳴 (47.8AU) にも天体が掃き集められているはずである (Malhotra 1995)、観測ではその場所にはほとんど天体が見つからない。これは大きな問題とされてきた。われわれは、この軌道共鳴の掃き集めをもう一度詳しく調べてみた。その結果、海王星の動く速さ、動いたときの海王星のおおきさによっては、3:2 には掃き集まるが、2:1 には掃き集まらないということがあることを見つけた。移動のタイムスケールを τ 、動いたときの海王星の質量を M_N とすると

$$\begin{cases} \tau \sim 10^5\text{-}10^6\text{yr} & \text{if } M_N \simeq 1 \times 10^{29} \text{ g} \\ \tau \sim 10^6\text{-}10^7\text{yr} & \text{if } M_N \simeq 3 \times 10^{28} \text{ g} \\ \tau \sim 10^7\text{-}10^8\text{yr} & \text{if } M_N \simeq 1 \times 10^{28} \text{ g} \end{cases} \quad (1)$$

となる。これは海王星の移動のメカニズムにかなり厳しい制約条件を与える。

海王星の移動メカニズムはあまりよくわかっていない。ここでは、上の制約条件を満たすような移動メカニズムも検討する。候補は海王星と微惑星の非対称的な散乱、散逸され残りのガス円盤と海王星との相互作用がある。詳しいメカニズムについては、講演にて説明をする。

参考文献

- Ida, S. and D. N. C. Lin 1996. Long Term Gas Drag Effect on the Structure of the Asteroid Belt and its Implications for the Solar Nebula. *Astron. J.* **112**, 1239.
 Malhotra, R. 1995. The Origin of Pluto's Orbit: Implications for the Solar System Beyond Neptune. *Astron. J.* **110**, 420.

セッション 6 & 7

9月17日(水)午後

No. 601—608, 701—705

弾塑性モデルを用いた衝突破壊のスケーリング則

Scaling Law on Impact Fragmentation of Elastic-Plastic Material

○ 三谷典子 (東工大・理/東大・理), 渡邊誠一郎 (名大・理)

The behaviors of the shock attenuation in 'elastic-plastic material' with material strength are numerically simulated in the spherical symmetry system. The results are applied to a scaling law on impact fragmentation. We derive nondimensional impact stress defined by Mizutani et al. (1990, *Icarus* 87, 307-326) for several experimental data, and plot each of it against the largest fragment mass normalized to the original target mass. The results show smaller scatter than those obtained under the assumption that the shock pressure attenuates with a constant rate.

固体中で衝撃波がどのように減衰するか、ということは衝撃破壊のスケーリング則を構築する上で非常に重要である。これまでに我々は物質強度を考慮した弾塑性モデルを用いて固体中を伝わる衝撃波の減衰を数値計算で求め、物質強度をきちんと取り入れていない従来の数値計算や次元解析とは異なる結果を得た。今回、球対称系で得られた結果を衝突破壊の最大破片についてのスケーリング則 (Mizutani et al. 1990) に適用した (図 1)。ここで縦軸は衝撃破壊によって生じた最大破片の質量であり、横軸は Mizutani et al. (1990) により導入された無次元応力と呼ばれる、衝突点と反対側の点での衝撃波の応力をターゲットの圧縮強度で規格化した量である。最大破片の質量はターゲット質量で規格化してある。図 1 は幾つかの実験データに対してターゲット、インパクターのサイズ及び衝突速度から無次元応力を求めてプロットしている。比較の為、Mizutani et al. (1990) で採用された減衰率を用いて同様に求めた場合の図を示す (図 2)。図 1 は図 2 よりもばらつきが少なく、より良いスケーリングを示すことがわかる。

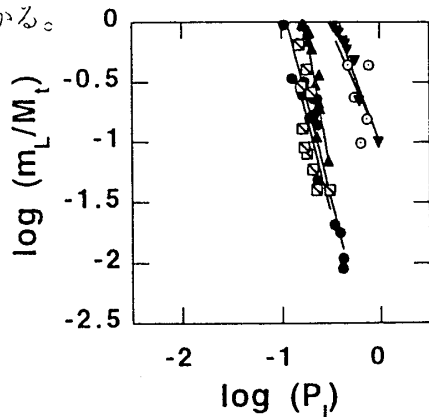


図 1

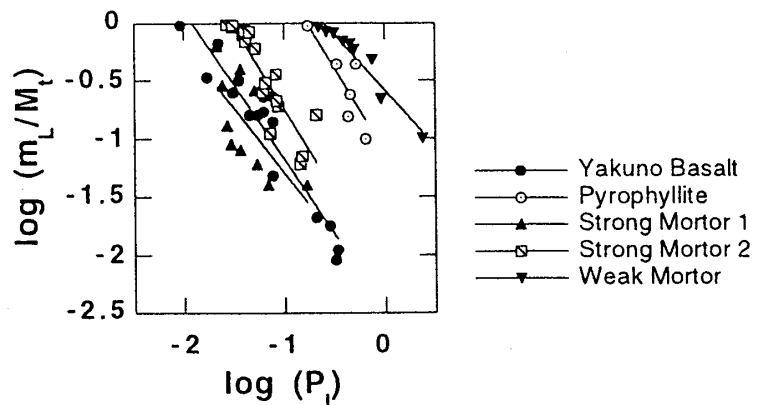


図 2

原始太陽系星雲中での惑星集積 Planetary Accretion in the Solar Nebula

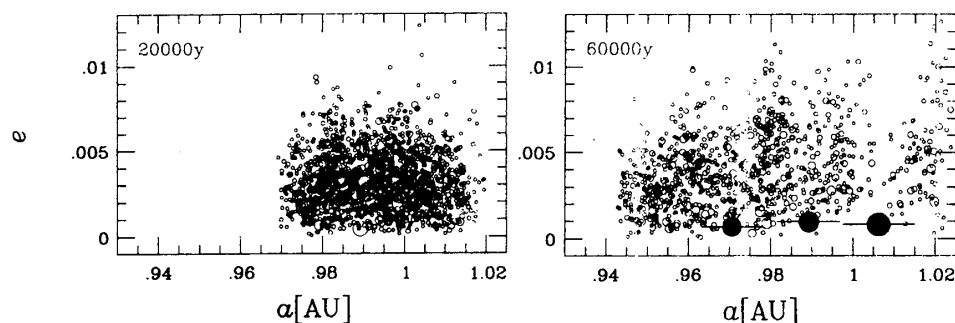
小久保英一郎 (東大教養)・井田茂 (東工大理)

Eiichiro Kokubo (University of Tokyo)

Shigeru Ida (Tokyo Institute of Technology)

We investigate the planetary accretion in the solar nebula using N -body simulations. The RMS eccentricity and inclination of planetesimals reach the equilibrium values at which the viscous stirring rate due to gravitational scattering is equal to the decay rate due to the drag by the nebula gas. The distributions of the eccentricity and the inclination agree well with the Rayleigh distribution. The growth mode of planetesimals is the same as the gas-free accretion. The mass distribution of planetesimals relaxes to the power-law distribution with the power index of about -2.5 and then runaway growth takes place. Runaway planetesimals (protoplanets) are formed with the radial intervals of about 10 Hill radii.

微惑星の集積は少なくとも初期では原始太陽系星雲中で進行したと考えられる。原始太陽系星雲中で微惑星系の軌道は星雲ガス抵抗を受けながらどのように進化し、集積が進むのかを N 体シミュレーションを用いて調べている。微惑星系の離心率と軌道傾斜角の自乗平均値は、重力散乱による増大とガス抵抗による減少の効果の釣り合う平衡値になることが確かめられた。このときの離心率と軌道傾斜角の分布はレイリー分布となる。また、ガス抵抗により微惑星系はゆっくりと太陽方向に落ち込んで行く。微惑星集積の基本モードはガスなしの場合と変わらない。すなわち微惑星の質量分布は各質量ビン (線形ビン) の微惑星数が-2.5 乗のべき分布に緩和し、べき分布先端の微惑星が暴走成長を示す。この-2.5 のべきは質量、速度分布を考慮に入れた成長方程式から解析的に導くことができる。系の質量分布は原始惑星 (暴走成長微惑星) と微惑星に2 極化する。原始惑星の軌道間隔はガスなしの計算結果から予想される通り、約 10 ヒル半径となる。



初期に 3000 体の等質量 (10^{23} g) 微惑星系の軌道長半径 a -離心率 e 面上での 20000y と 60000y のスナップショット。微惑星の半径は実際の 2 倍、ガス抵抗は 10 倍大きくしている。丸の大きさは微惑星の大きさに比例。黒丸は原始惑星で線の長さは 10 ヒル半径。

3 次元大気の暴走限界：日射分布と回転の効果

The runaway limit of three-dimensional atmospheres : the effects of solar radiation distribution and rotation

○石渡 正樹 (北大・地球環境), 中島 健介, 竹広 真一 (九大・理),
林 祥介 (東大・数理科学)

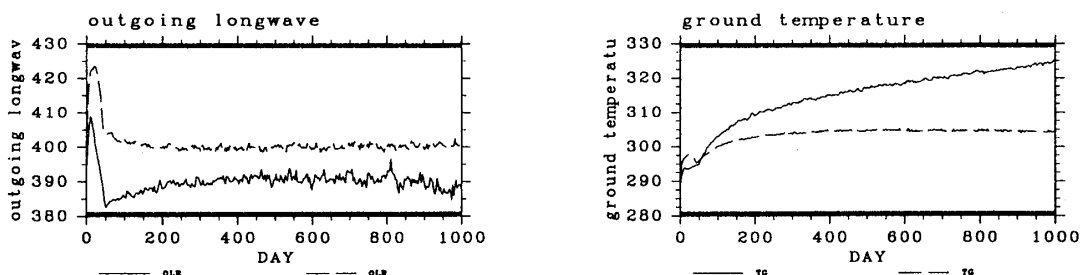
○M. Ishiwatari(Hokkaido University), K. Nakajima, S. Takehiro (Kyushu University), Y.-Y. Hayashi (University of Tokyo)

In order to investigate the dependency of runaway limit on the the rotation rate and the distribution of solar radiation, the parameter studies are performed. The model utilized is the same as that of Nakajima *et al.* (1992) except for the implementation of atmospheric dynamics. The numerical experiment with no rotation and homogeneous solar incidence gives the different runaway limit from that with rotation and annual mean distribution of solar radiation. This difference is caused by the change of relative humidity.

太陽定数が暴走限界と呼ばれる臨界値を超えると大気海洋系は平衡に達することができずに温度と大気中の水蒸気量が増加し続ける状態: 暴走温室状態が発生する. 暴走限界の値は, 相対湿度を考慮した 1 次元平衡解が射出できる放射量の最大値に一致し, 灰色大気の場合では 400 W/m^2 弱となる. 暴走限界の値が 1 次元モデルによって記述できるのは, 太陽定数が増大するに従い南北エネルギー輸送が増大し南北温度差が減少するためである. ここでは, 南北エネルギー輸送量・相対湿度分布, 更には暴走限界のパラメータ依存性を調べるため, 自転角速度および日射分布を変えた数値計算を行うことにする.

用いる系は, Nakajima *et al.* (1992) の 1 次元放射対流平衡モデルに運動を組み込んだものである. 大気は水蒸気と乾燥空気から成るものとする. 今回は予備的な調査として, 自転角速度・日射分布は地球と同様にした実験 (標準実験) と自転角速度を 0, 一様日射を与えた実験 (一様実験) を行った.

図には, 太陽定数を 1600 W/m^2 とした場合に標準実験 (実線) と一様実験 (破線) で得られた OLR (左図), 表面温度 (右図) の時間変化を示してある. 標準実験では暴走温室状態が発生するのに対して, 一様実験では平衡状態に達する. この違いは主に相対湿度の相違によるものと考えられる. 今後は, 自転角速度のみを変えた場合や日射分布のみを変えた場合など広い範囲でのパラメータスタディを行う予定である.



mixing を考慮した超新星爆発時における軽元素合成 He 層と H 層との mixing (II)

°吉田 敬、榎森 啓元、中澤 清(東工大・理)

Explosive nucleosynthesis of light elements including the effects of the mixing between a He layer and a H burning shell (II)

°Takashi Yoshida, Hiroyuki Emori, and Kiyoshi Nakazawa

Faculty of Science, Tokyo Institute of Technology

Recently, some grains in meteorites, known as the presolar grains, were found to have a wide variety of isotopic anomalies as large as two or three orders of magnitude. Because of such a large anomaly, we expect that they remain characteristic features of their origins.

For the classification of the grains by their origins, we constructed simple nucleosynthesis model including the mixing effects and carried out the numerical investigations. In this meeting, we discuss nucleosynthesis processes of rare light nuclei (Li and B) and N caused by the mixing between a He layer and a H burning shell and the tendency of the isotopic ratios in each layers.

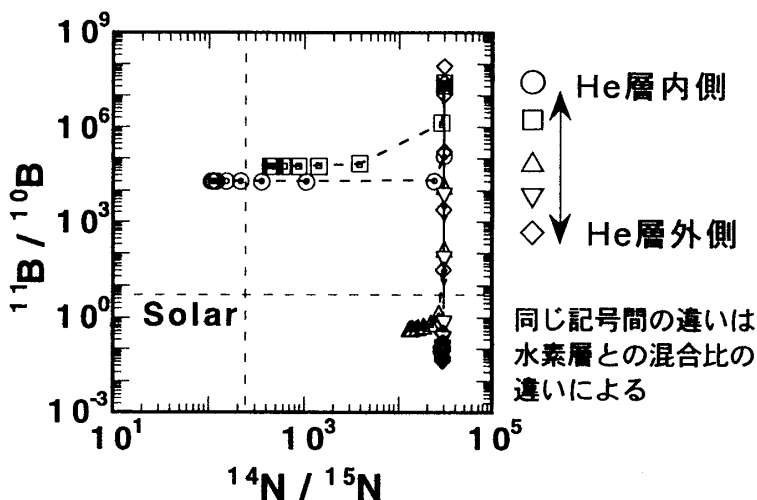
これまで隕石の同位体異常は大部分が地球における同位体比からわずかに数パーセント程度のずれとして表されてきた。しかし、最近隕石中の μm サイズの grain 中に同位体比が solar abundance とは数桁にわたって大きく異なる grain が見つかった。これらは太陽系形成以前の痕跡を残していると考えられ、それゆえ presolar grain といわれる。そして数桁にわたる同位体異常を持つことから種々の星における元素生成量の理論計算を行い、その特徴からこれら grain の起源を決定することが可能となるのである。本研究の最終目的はこれら grain の同位体異常の起源を元素合成過程ごとに理論的、定量的に分類することである。

まず我々は元素合成の場所として考えられる候補のひとつである超新星爆発時の元素合成過程をとりあげる。元素としては水素層、ヘリウム層という星の比較的外側の部分で超新星爆発時に合成される Li, B といった微量軽元素と超新星爆発の影響を受ける窒素をとり扱う。これらの元素はヘリウム層中においても動径方向の依存性が大きく現われる元素として注目される。我々はヘリウム層と水素層の物質混合を考慮した簡単な爆発的元素合成モデルを用い、物質混合の効果を含めた爆発的元素合成の結果として得られるこれらの元素生成量について論じる。

結果の一例として N 同位体比と

B 同位体比との関係を下に示す。

ヘリウム層内部では B 同位体比はほぼ一定値をとるが N 同位体比は約 2 桁の広がりを持つ。一方外側では B 同位体比は 8 桁にわたる広がりを持つが N 同位体比はほぼ一定となる。講演では物質混合による軽元素消滅のメカニズムとその定量的見積もりについても論ずる予定である。



惑星衛星系の共成長

° 森島 龍司 渡邊 誠一郎 (名大理)

Co-accretion of planet/satellite systems

° Ryuji Morishima and Sei-ichiro Watanabe

Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University

We present constraints about co-accretion theory of satellite formation in view of the satellite mass ratio to the primary. We have calculated collision probability of the planet and its satellite with planetesimals and examined evolution of the satellite mass ratio to the primary and semimajor axis of the satellite. When the semimajor axis of the satellite is sufficiently short, growth time scale of the satellite is shorter than that of the primary. However, the satellite falls into the primary by accretion of the planetesimals which time scale is same order of the growth time scale. We discuss the effect of tidal friction in this presentation.

衛星起原の共成長説に対して、母惑星に対する質量比から制約条件を考える。惑星への微惑星の衝突確率はよく調べられているが、衛星への衝突は殆ど分かっていないので今回それを報告する。

Hill 方程式による微惑星軌道の数値計算を行い、衛星の惑星に対する質量比の進化と軌道半径の進化をもとめた。惑星の Hill 圏内を衛星の直径の厚みを持った複数のリングに分け、微惑星がそのリングを横切った時に衛星が接しうる面積をもとめ、衛星への衝突確率を軌道半径の関数としてもとめた。また、衛星に衝突する時に微惑星が与える角運動量も同時に調べた。

衛星重力が殆ど効かない状況でも、衛星は惑星重力による微惑星の引き付けを利用するため、衛星への微惑星の衝突確率は軌道半径が短いほど大きくなることが分かった。衛星軌道半径が充分短い場合、衛星の成長のタイムスケールは惑星の成長のタイムスケールより短くなる。衛星の軌道半径を大きくすると、衛星への衝突確率は小さくなるので、惑星の成長のタイムスケールと衛星の成長のタイムスケールが等しくなる軌道半径が衛星の質量比に応じて決まり、小さな衛星ほどその軌道半径は長くなる。(Hill 半径で規格化した) 軌道半径が一定のもとで共成長するとある質量比に収束する結果になる。

一方、微惑星の集積は、軌道半径を短くする方に働き、結果として質量比があまり変化せずに衛星は惑星に落下してしまう。このことは月を作るにはもともと月の質量比を持った衛星を用意する必要があるということになる。しかし潮汐トルクを考えると、衛星は落下せずに長い期間、惑星と共に成長し質量比も大きく変化するので、講演ではそのことについて議論したい。

火星下層大気における対流の数値計算

Numerical simulation of convection in Martian lower atmosphere

*小高 正嗣 (東大・数理科学), 中島 健介, 竹広 真一 (九大・理),
石渡 正樹 (北大・地球環境), 林祥介 (東大・数理科学)

*M. Odaka (University of Tokyo), K. Nakajima, S. Takehiro (Kyushu University),
M. Ishiwatari (Hokkaido University), Y.-Y. Hayashi (University of Tokyo)

Thermal convection of the Martian lower atmosphere is examined by the use of a 2-dimensional anelastic model. For a homogeneous radiative cooling of 50 K/day given in the layer below 5 km, a layer of time dependent convection develops up to about 6 km in height. The intensity of vertical winds ranges up to 20 m/s. The dust, which is introduced into the lowest layer and treated as a passive tracer, is transported immediately in the convection layer and mixed uniformly. The intensity of horizontal winds near the surface reaches about 10 m/s, which, combined with large-scale motions, is expected to contribute the rolling up of dust from the surface.

1. 目的と手法

簡略な物理過程を含んだ非弾性系二次元モデルを用いて火星下層大気における対流不安定層の対流を陽に計算し, 風の強度とダスト (passive tracer として導入) の混合を調べた. 高度 5km 以下の大気層に放射冷却を想定した様な 50K/day の冷却を与えて時間積分を行った.

2. 計算結果

計算開始から 12 時間後の対流の様子を図 1 に示す. 得られた対流は非定常である. 鉛直風は 20m/sec に及び, 最下層 (高度 50m) での水平風速は 10 m/s 程度に達した. ダストは初期状態から 2 時間程で対流層全層に行き渡り, その後はほぼ一様の濃度を保ちながら徐々に増加した.

3. 考察

得られた水平風速はダストの巻き上げに必要な大きさより小さい. しかし従来から議論されてきた大規模運動の風に, この対流に伴う風とが組み合わせられれば, ダストの巻き上げはより容易になると考えられる.

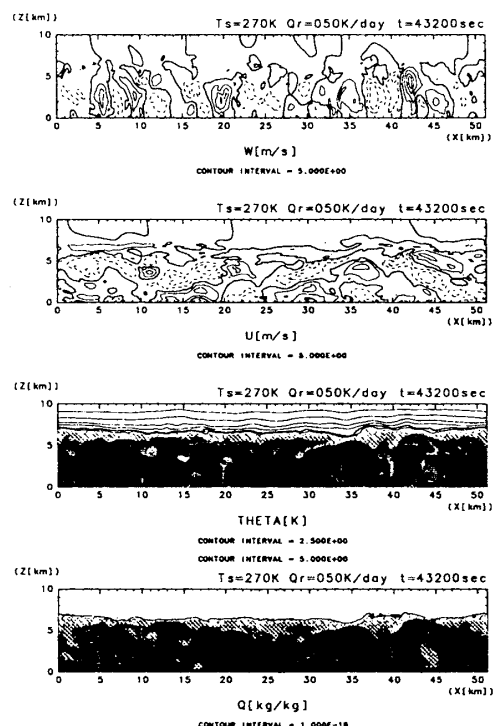


図 1: 12 時間後の対流の様子. 上から順に鉛直風, 水平風, 温位, ダスト濃度.

含水マグマオーシャン中での金属鉄の融点

Melting Temperature of Iron in Hydrous Magma Ocean of the Accreting Planet

奥地拓生 (東工大・理)

Takuo Okuchi (Faculty of Science, Tokyo Institute of Technology)

Melting temperature of iron hydride (FeH_x) that formed by the iron-water reaction in an ultrabasic hydrous silicate melt is determined at pressures up to 10 GPa. The results suggest the melting temperature of FeH_x at the Earth's inner core boundary is $\sim 700\text{K}$ lower than pure iron and its compound with sulfur or oxygen.

初期地球のマグマオーシャンは数重量%の H_2O を含むと考えられている。高压下でこのマグマオーシャンと鉄を共存させると、金属鉄- H_2O 反応が自発的に起こり、鉄水素化物(FeH_x)が生成する(奥地, 96年度秋期講演会)。鉄水素化物の融点は溶解水素量(x)に比例して低下し、4.9GPaでは純鉄より600K低い(Yagi and Hishinuma, 1995)。

鉄水素化物は急冷して常圧下に取り出すことができないため、急冷実験での融点決定が非常に難しい(Takahashi et al., 1997)。YagiらはX線その場観察法により融点を圧力約6GPaまで決定したが、それ以上の圧力での信頼すべき結果は得られていない。

本研究では、高压下で合成した FeH_x を急速減圧し、水素気泡を鉄粒子に凍結させた上で泡の組織を調べることにより、急冷実験による FeH_x の融点決定に成功した(図1; 奥地, 95年度秋期講演会)。この手法により含水シリケートメルトと共存する金属鉄の融点を圧力10GPa以上まで決定した(図2)。 FeH_x 融点の圧力変化から溶解水素量を推定することにより、地球形成時に微惑星により供給された H_2O の行方を定量的に考察することができる。考察の結果、地球の核には $x=0.46$ 程度の水素が溶解している可能性が高いことがわかった。この水素は鉄(またはその硫化物および酸化物)の融点を700K程度も低下させるため、地球の外核-内核境界の温度推定値を大きく下げる。

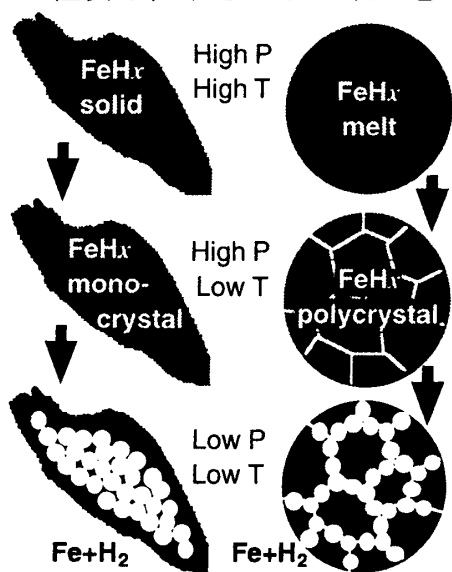


図1: FeH_x 急冷減圧時の組織変化

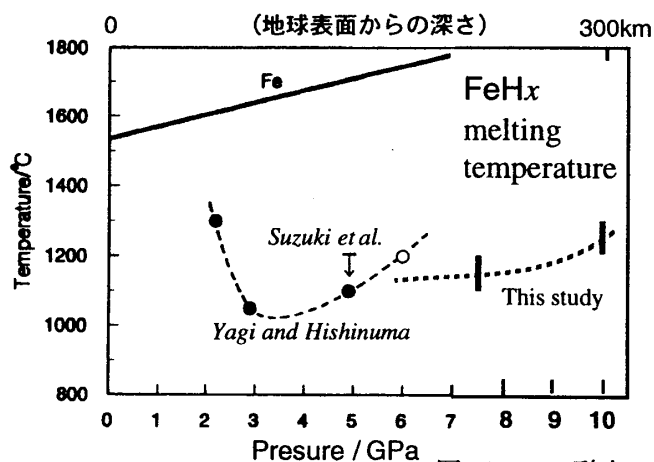


図2: FeH_x の融点 (予察的结果)

GCP を用いた小惑星自転軸方向の決定 *Simulation study of rotation axis decision, using GCP.*

秋山演亮、齋藤潤、十亀昭人（西松建設（株））

AKIYAMA Hiroaki, Jun SAITO, Akito SOGAME
(Nishimatsu Construction Co., Ltd.)

ABSTRACT

Measuring shapes of asteroids is one of the significant objectives of asteroids missions. In order to measure shapes of asteroids, we have to decide asteroid's rotation axis. We have been investigating the methods to measure figure of Asteroids using the Orbital Motion Analysis system at CRL. Here, we report our investigation results for rotation axes-decision, by numerical calculation.

本講演は昨年度月惑星シンポジウムで行った、“軌道運動解析システム¹⁾を用いた小惑星の形状測定法の検討”の第2報である。

近い将来に日本の探査機による小惑星探査ミッションが計画されており、小惑星の形状を把握する技術の開発が必要とされている。この点をふまえて、我々は探査に即したシナリオで、アルゴリズムの検討を行っている。

探査において小惑星の形状を把握するに当たり、自転軸をあらかじめ決定しておくことが必要とされる²⁾。今回は、探査機からの撮影画像をシミュレートした小惑星の写真を元に、GCPを設定し、図形的に自転軸の決定を行う手法に関して紹介を行った。今回はもう一つの方法として、プログラム化が簡便なように、数値計算による解法を紹介する。

簡便化のために小惑星は1軸回転を行っており、その中心位置はカメラアングルに対して不変であり、またカメラも回転等をしない事とした。シミュレート写真上のGCPの位置を座標で表すことにより、数値化を行った。これらに座標変換を加え、自転軸の傾きを決定するプロセスに関しての考察を行った。

- 1) 吉川真 他 (1996) “バーチャルリアリティーによる軌道運動解析システムの開発” 第40回宇宙科学技術連合講演会（盛岡）
- 2) AKIYAMA H. et al. (1996) “Investigation of methods to measure shape of Asteroids.” Earth and Planetary Science Joint Meeting (OSAKA)

大気励起起源の常時惑星自由振動

Free Oscillations of Solid Planets Excited by Atmosphere

小林直樹, 西田究 (東京工業大学地球惑星科学科)

Naoki Kobayashi and Kiwamu Nishida (Tokyo Institute of Technology)

Seismology is important to investigate into the interior of planets. We estimated amplitudes of eigen-oscillations of solid planets excited by atmosphere. The estimated amplitudes on Earth, Venus and Mars are in the order of nano-gal. We also analyzed IRIS data to detect continuously excited Earth's free oscillations. We found behavior of power spectrum density which can't be explained by earthquakes and is consistent with the theoretical estimation. This suggest that atmosphere can oscillate solid planets at detectable level. We emphasize the importance of seismological observations at long period to planets with less seismic activity such as Mars and Venus.

固体地球科学における地震学の貢献は言うに及ばない. 他の惑星においても惑星の分化の度合や層構造の知見を得るには地震探査以上の手法はあるまい. 96 年の秋季大会で大気の擾乱によって n gal 程度の惑星固有振動が励起される可能性を示唆した. その後, 名古屋大学の研究グループによって南極超電導重力計のデータから大気励起起源と思われる n gal レベルの常時励起された地球自由振動が報告された. また我々もその後 IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) のデータを使い大気起源と思われる常時励起自由振動を検出した. このことは, 理論的見積りの正否はともかく, テクトニクに活発でない惑星において大気起源の固有振動の有用性とそれを検出できる長周期地震計観測の重要性を意味する.

惑星大気の温室ガス成分のため大気は太陽放射エネルギーの一部を対流エネルギーに変換する. その運動による圧力擾乱を励起源に定常的に励起された固体惑星の固有振動の振幅を見積もることができる. 結果だけ示すと個々の固有 (基本) 振動の加速度振幅は

$$a \sim \frac{2S'Q}{7\pi R\rho_s c}$$

となる. ここで, Q : quality factor, S' : 有効放射エネルギーフラックス, R : 惑星半径, ρ_s : 固体の密度, c : 表面波位相速度である. 各惑星に対して典型的な値である $Q = 200$, $\rho_s = 4.0 \times 10^3$ [kg/m³], $c = 5.0 \times 10^3$ [m/s] および R , S' の値を代入すると以下の値を得る.

planet	Earth	Venus	Mars
a [n gal]	3.4	2.2	3.3

IRIS の SUR (南アフリカ) 観測点の 1992, 93 年の地震計の連続データを解析した. 連続データを約半日毎に切りだしパワースペクトル密度 (PSD) を計算し, その推移を調べた. 記録にはもちろん地震による波形も含まれる. 3 - 5 mHz のパワーの値でサブセットに分けた. パワーが 10^{-22} [(m/s²)²] 以上では PSD の傾きは正の勾配を持つが, それ以下ではほぼフラットな傾きとなった. この傾向は地震だけの励起では考えられないこと, 上の理論的予測と調和的なことから大気励起による地球自由振動であることを示唆している.

グレインアグリゲイトの成長 Growth of a grain aggregate

城野信一^o (北大理)

SIRONO Sin-iti

Department of Earth and Planetary Sciences, Hokkaido University

Stability of a grain aggregate against macroscopic deformation is examined with the use of graph-theory. It is shown that a aggregate in which consistent grains have 3.7 neighboring grains on average is rigid if a relative motion between grains is limited to rolling.

原始太陽系星雲中においてミクロンサイズのグレインが微惑星まで成長するためには、衝突の際に持っていた運動エネルギーが何らかの形で散逸することが必要である。エネルギー散逸の形態の中ではアグリゲイトの compaction が大きな役割をはたすことが数値実験により明らかにされている (Domink and Tielens, 1997)。しかし、アグリゲイト中のグレインの配置が衝突に与える影響はいまだ考察されていない。密にグレインが集まったアグリゲイトは compaction が起こりにくいことが予想される。グレイン間の相対運動はころがり最も起こりやすい (Domink and Tielens, 1997) ので、どのような配置のアグリゲイトがころがりによって変形できるのかをグラフ理論 (Jacobs and Thorpe, 1996) によって求めた。その結果、グレインの平均配位数が 3.7 になるとアグリゲイトはころがりのみでは変形できなくなることが明らかとなった。

References

- C. Dominik and A. G. G. M. Tielens, *Astrophys. J.*, **480**, 647- 673 (1997)
D. J. Jacobs and M. F. Thorpe, *Phys. Rev. E*, **53**, 3682-3693 (1996)

起源を考慮した惑星間塵サイズ分布のモデル計算
Model calculations for the size distribution of interplanetary dust

石元裕史 (神戸大・自然科学研究科)
Hiroshi Ishimoto (Kobe University)

Taking into account the collisional gain/loss of interplanetary dust particles, the evolution of the size distribution of interplanetary dust flux has been investigated. To simulate the equilibrium 1AU flux, collisional interactions between particles with different origins is important. From the numerical estimations for the origin and evolution of interplanetary dust populations, the contribution of cometary and asteroidal particles has been estimated.

地球軌道で観測されている惑星間塵(ダスト)は、彗星や小惑星など複数の起源をもつダストが混合したものである。それらダスト群は、その供給メカニズムやその後の軌道進化、ダスト群同士の衝突効果などによって供給時とは異なるサイズ分布で混合している。本研究では、小惑星や彗星の軌道分布とダスト同士の衝突破壊、その力学進化を検討し、母天体から放出後のダスト・サイズ分布の進化をシミュレートした。ダストのサイズ分布は、母天体の軌道分布、母天体からの放出メカニズムなどに大きく依存している。計算の結果、ダスト同士の衝突進化を考慮すると、ダストのサイズ(質量)分布がある条件下において $n(m) \propto m^{-3/2}$ と $n(m) \propto m^{-5/2}$ という二つの傾きを持つことがわかった。これは惑星間塵の1AUでの数密度分布における、粒子質量 10^{-6}g 付近で分けられている二つの傾きによく一致している。このことから、惑星間塵の1AUフラックスを再現するような母天体の分布と大まかな放出量が推定でき、地球軌道ダスト分布におけるサイズに対する主要な起源を見積もることができる。さらに、地球軌道外から離れた場所におけるダストのサイズ分布について推定を行なう。

原始惑星の軌道進化と系外惑星の離心率

Orbital Evolution of Protoplanets: Eccentricity of Extra-Solar Planets

竹内拓 (東工大・理)

Taku Takeuchi (Tokyo Institute of Technology)

Evolution of orbital eccentricity of protoplanets due to the gravitational interaction with a protoplanetary disk is investigated. Using the density profile of a protoplanetary disk obtained by the numerical simulation for the gravitational interaction, the rate of eccentricity growth (or decay) is evaluated. While eccentricity of protoplanets 10 times greater than Jupiter mass grows by the gravitational interaction, eccentricity of protoplanets less than 10 times of Jupiter mass may either grow or decay, depending on the density profile near the protoplanet.

最近、太陽系外の惑星の存在が続々と報告されている。まだ発見数は少ないが、統計的議論もされはじめてきている。その興味深い結果の1つが、木星質量の10倍より小さい惑星では、軌道の離心率は小さいが、木星質量の10倍より大きいと離心率が大きいというものである。

この性質を惑星と原始惑星系円盤との重力的な相互作用で説明しようとする説がある。すなわち、惑星の質量が小さいときには原始惑星系円盤との相互作用によって、軌道の離心率は減衰するが、惑星の質量が大きいときには離心率は逆に増大する、というのである。このようなことが本当に起こりうるかどうかを、以下のように調べた。

まず、原始惑星系円盤の形状を仮定し、重力相互作用の線形計算の結果を用い、惑星の離心率の進化を求めた。原始惑星系円盤の形状として、惑星軌道のまわりに空隙があいているとし、様々な空隙の大きさおよび形状について離心率の進化を求めた。その結果、惑星の質量が大きく幅の広い空隙（惑星軌道と同程度）が開いているときは、離心率は成長する。しかし、惑星の質量が小さく空隙の幅が小さいときには、空隙の形状によって、離心率が増大する場合も減衰する場合もある。

続いて、原始惑星系円盤に開く空隙の幅および形状を2次元数値シミュレーションによってもとめ、再び線形計算の結果を用い、離心率の進化を求めた。その結果、木星質量の10倍以上の惑星の離心率は成長するが、木星質量の1-10倍では、離心率は増大する場合も減衰する場合もあり、一概に減衰するとは言えないことがわかった。

木星大気の湿潤対流の数値計算

Numerical simulation of moist convection
in Jovian atmosphere

○中島 健介, 竹広 真一 (九大・理),
石渡 正樹 (北大・地球環境), 林 祥介 (東大・数理科学)

○K. Nakajima, S. Takehiro (Kyushu University),
M. Ishiwatari (Hokkaido University), Y.-Y. Hayashi (University of Tokyo)

Convection in the Jovian atmosphere is examined using a high-resolution numerical model that incorporates phase change and simplified cloud microphysics of water. Water mixing ratio is large and homogeneous below water condensation level (WCL), but it is depleted and highly inhomogeneous above WCL. Mean relative humidity above WCL is about 30%, which is significantly higher than the value predicted by Lunine and Hunten (1987). The result implies that the low relative humidity observed by Galileo Probe is not a typical state in Jovian atmosphere but reflects a situation where cloud convective is suppressed by certain large scale processes.

1. 研究目的及び手法

木星大気中の対流における水蒸気の効果および大気構造への影響を調べるために、単純化した雲微物理を含む高分解能の対流モデルにより木星大気の対流運動の直接計算を行なった。

2. 結果

計算された対流は、水の凝結高度を境にして上下に分離しており、下層では熱対流、上層では積雲対流の特徴を示す。安定度も、凝結高度で極大である (図1)。

水蒸気混合比は、凝結高度以下ではほぼ一様であるが、凝結高度以上には強い水平不均一があり、極めて乾燥した領域も存在する。しかし、平均湿度は30%程度であり Lunine and Hunten (1987) が予想した値よりはるかに高い (図2)。これは木星の湿潤対流と地球の湿潤対流の相違に起因する。

3. 考察

計算結果は、対流雲が存在する部分の湿度が比較的高く保たれることをしめす。これは、ガリレオが観測した湿度 (10%) よりずっと高い。やはり、ガリレオが突入したのは、木星の代表的地点では無く、おそらく大規模運動によって雲対流が抑圧された状況を反映していること想像される。

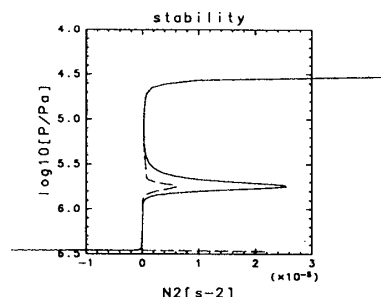


図1: Brunt Vaisala 振動数 (実線), 同上ただし温度の寄与のみ (破線) の鉛直分布

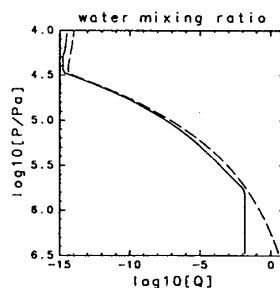


図2: 水平平均混合比 (実線) および飽和混合比 (破線) の鉛直 (圧力座標) 分布

著者索引

A			池田泰文(東大・理)	54
秋山演亮(西松建設技術研)	49, 88		稻田愛(神戸大・自然)	62
秋山雅彦(信州大)	35		石黒正晃(神戸大・自然)	73
荒木博志(国立天文台)	52		石川洋二(大林組)	35
B			石元裕史(神戸大・自然)	45, 91
G. Bryden(リック天文台)	78		石渡正樹(北大・地球環境)	60, 83, 86, 93
C			K	
千貝健(北大・理)	30, 34		堀内千尋(立命館大・理工)	43
D			亀井秋秀(神戸大・自然)	39, 51
台坂博(東工大・理)	50		加藤學(宇宙研)	27, 36
Sunil P. Deshpande			河北秀世(大阪)	23
(T&M エンジニアリング)	25, 44		川村陽子(東邦大)	35
E			河崎行繁(三菱生命研)	35
榎森啓元(東工大・理)	84		木部勢至朗(航空宇宙技研所)	25, 44
H			木村誠二(立命館大・理工)	43
花本貴志(阪大・理)	15		清川昌一(コネチカット大)	28
春山純一(宇宙開発事業団)	55		清田馨(東大・理)	17
橋元明彦(北大・理)	34		小林直樹(東工大・理)	89
林祥介(東大・数理科学)	60, 83, 86, 93		小林憲正(横浜国大・工)	65
日高由布子(神戸大・自然)	61		古我知素文(神戸大・自然)	39, 51, 73
比嘉道也(宇宙研)	27		小池千代枝(京都薬大)	43
平田和久(神戸大・自然)	47		小久保英一郎(東大・教養)	82
平田岳史(東工大・理)	38		小坂光二((有)東京テクノロジー)	38
平田龍幸(京大・宇宙物理)	73		小笹隆司(神戸大・理)	30
比屋根肇(東大・理)	46		国広卓也(東工大・理)	38
本田親寿(九大・理)	70		倉上富夫(国立天文台)	23
本田理恵(高知大・情報)	74		倉本圭(北大・低温研)	37, 57
F. Horz (NASA JSC)	26		栗田敬(東大・理)	48
福岡孝昭(学習院大・理)	29		桑田良隆(宇宙研)	24
古荘玲子(神戸大・自然)	23		L	
藤井直之(名大・理)	27		D. N. C. Lin(リック天文台)	78
藤波慎司(名大・理)	27		M	
藤原顯(宇宙研)	53, 56		前川欣之(日大・生産工)	25, 44
I			万代英俊(北大・理)	76
井田茂(東工大・理)	78, 82		増田耕一(神戸大・自然)	47, 58, 59
飯島祐一(宇宙研)	27, 74		松井孝典(東大・理)	28

M (続き)		岡田達明 (宇宙研)	24, 74
松永恒雄 (地質調査所)	55	岡崎彰 (群馬大・教育)	73
松岡賢治 (九大・理)	18	岡崎隆司 (九大・理)	16
三谷典子 (東工大・理/東大・理)	81	奥地拓生 (東工大・理)	87
水谷仁 (宇宙研)	24, 74	小野瀬直美 (宇宙研)	56
森重和正 (宇宙研/神戸大・理)	25, 44	大嶽久志 (宇宙開発事業団)	32, 55
森島龍司 (名大・理)	85	S	
本山龍也 (九大・理)	77	西願寺善彦 (北大・理)	37
向井正		齋藤潤 (西松建設・技術研)	49, 88
(神戸大・自然)	39, 45, 47, 51, 59, 62, 73	齋藤嘉夫 (京都工繊大)	43
村江達士 (九大・理)	20	佐々木敏由紀 (国立天文台)	23
N		関谷実 (九大・理)	77
長尾敬介 (東大・理)	16, 18, 26	清水康広 (国立天文台)	23
永島一秀 (東工大・理)	38	白井慶 (宇宙研)	27
中川義次 (神戸大・理)	61	白石浩章 (宇宙研)	71
中島善人 (地質調査所)	15	城野信一 (北大・理)	33, 76, 90
中村昭子 (宇宙研)	39, 53, 56	十亀昭人 (西松建設技術研)	49, 88
中村良介		杉浦直治 (東大・理)	17, 54
(神戸大・情報処理センター)	45, 73	鈴木文二 (埼玉県立三郷工業技術高校)	23
中村智樹 (九大・理)	16, 18, 26	T	
中牟田義博 (九大・理)	18	多田隆治 (東大・理)	28
中山裕之 (神戸大・自然)	73	田近英一 (東大・理)	28
中澤暁 (名大・理)	27	高田淑子 (東大・地質)	72
中澤清 (東工大・理)	84	高木周 (宇宙研)	56
中島健介 (九大・理)	60, 83, 86, 93	高木靖彦 (東邦学園短期大学)	53
並木敦子 (東大・理)	48	高橋順子 (基礎化学研)	58
並木則行 (九大・理)	70	高野伸一 (立命館大・理工)	43
Michael J. Neish		高岡宣雄 (九大・理)	16, 18, 26
(航空宇宙技研所)	25, 44	高山英男 (東大・理)	28
西田究 (東工大・理)	89	竹広真一 (九大・理)	60, 83, 86, 93
O		竹内覚 (宇宙開発事業団)	32
小高正嗣 (東大・数理科学)	86	竹内拓 (東工大・地球惑星)	92
大垣内るみ (神戸大・自然)	59	渡邊誠一郎 (名大・理)	27, 76, 81, 85
大島孝文 (北大・理)	75	田中秀和 (東工大・理)	78
大竹真紀子 (宇宙開発事業団)	32	田中充孝 (神戸大・自然)	45
大路樹生 (東大・理)	28	田澤雄二 (京大・理)	29

T (続き)

土山明 (阪大・理) 15

辻堯 (三菱生命研) 35

Y

山本直孝 (東京理大) 23

山本哲生 (北大・理) 30, **33**, 37, 75, 76

山下靖幸 (名大・理) **36**

矢守章 (宇宙研) 20

柳澤正久 (電通大・電子) **69**

矢野創 (宇宙研) **25**, 29, 44

矢田達 (九大・理) 29

矢内桂三 (岩手大・工) **19**

横田康弘 (宇宙研) **74**

吉田敬 (東工大・理) **84**

塚本尚義 (東工大・理) 38

Z

M. E. Zolensky (NASA JSC) 26

謝辞

本学会の実施に際しまして、立命館大学より助成を受けました。また、メディアセンター、クレオテックに御協力頂きました。ここに記して感謝の意を呈します。

日本惑星学会 1997 年秋期講演会組織委員会

組織委員長： 堀内千尋

組織委員： 小池千代枝（京都薬大）、齋藤嘉夫（京都工繊大）、
田澤雄二（京大）、木村誠二（立命館大・院生）、
鈴木宣彦（立命館大・院生）

組織委員会連絡先： 〒525-77 草津市野路東 1-1-1

立命館大学理工学部物理

堀内千尋

Tel : 0775-61-2709

Fax : 0775-61-2657

E-Mail: kaito@bkc.ritsumei.ac.jp

謝辞

本学会の実施に際しまして、立命館大学より助成を受けました。また、メディアセンター、クレオテックに御協力頂きました。ここに記して感謝の意を呈します。

日本惑星学会 1997 年秋期講演会組織委員会

組織委員長： 堀内千尋

組織委員： 小池千代枝（京都薬大）、齋藤嘉夫（京都工繊大）、
田澤雄二（京大）、木村誠二（立命館大・院生）、
鈴木宣彦（立命館大・院生）

組織委員会連絡先： 〒525-77 草津市野路東 1-1-1

立命館大学理工学部物理

堀内千尋

Tel : 0775-61-2709

Fax : 0775-61-2657

E-Mail: kaito@bkc.ritsumei.ac.jp