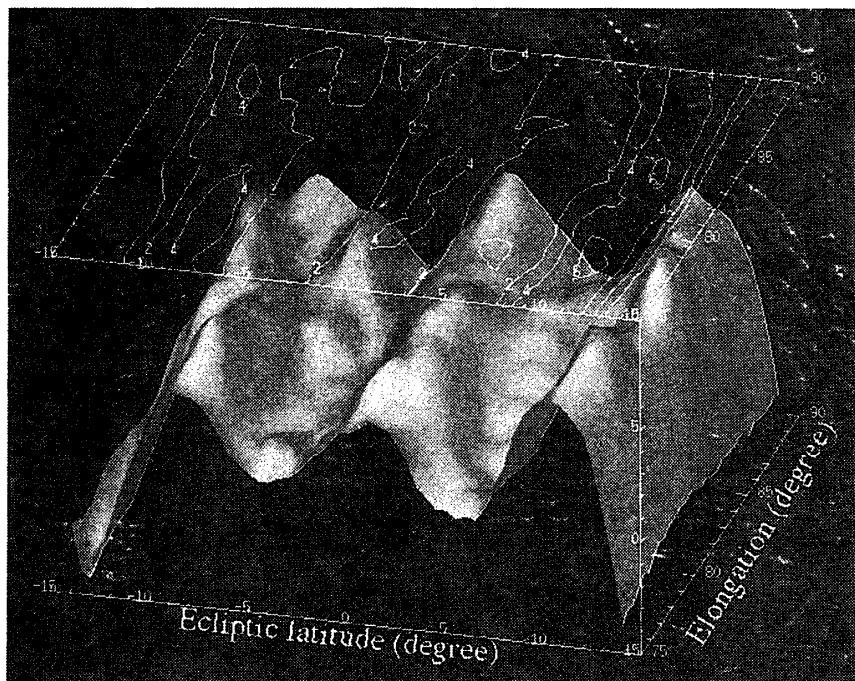


日本惑星科学会  
1998年  
秋季講演会予稿集

Abstracts

1998 Fall Meeting of the Japanese Society  
for Planetary Sciences



1998年10月13日(火)～15日(木)

於：神戸大学・滝川記念学術交流会館

## 表紙の図：惑星間ダストバンド

1997年11月2日、ハワイ・マウナケア山・ハレポハク（2800m）で観測されたダストバンド。地上観測でダストバンドを検出したのは、神戸大学のグループが初めてである（Ishiguro et al., ApJ, in press）。ダストバンドの観測をもとに、惑星間塵雲の、構造・起源・進化を調べることができる。

# 日本惑星科学会 1998年秋期講演会 プログラム

10月13日（火）

9:30-10:30 受付  
10:30-12:00 セッションI  
12:00-13:30 昼食  
13:30-15:30 セッションII  
15:45-17:30 セッションIII

10月14日（水）

9:30-10:42 セッションIV-A  
11:00-12:04 セッションIV-B  
12:04-13:00 昼食  
13:00-14:00 ポスターセッション・コアタイム  
14:00-14:45 特別講演  
Mission to Mercury,  
Sean C.Solomon (Carnegie Institution of Washington)  
"Understanding the evolution of the terrestrial planets:  
Progress and Prospects"  
15:00-17:15 セッションV  
17:30-18:30 総会  
18:30-20:30 猥親会

10月15日（木）

9:45-12:00 セッションVI  
12:00-13:30 昼食  
13:30-14:45 セッションVII  
15:15-16:30 セッションVIII

10月13日(火)

9:30-10:30 受付

10:30-12:00 セッションI (座長: 山中大学)

10:30 101 回転球面上の2次元乱流における周極渦の形成 ..... 15

○林祥介(北大・理/東大・数理)、石岡圭一、山田道夫(東大・数理)、  
余田成男(京大・理)

10:45 102 地球自由振動帯域の大気圧変動スペクトラム ..... 16

○綿田辰吾、西田究(東大・地震研)、藤田英輔(防災科学技術研)

11:00 103 粘性率が温度に強く依存する場合の熱対流 - 2次元極座標 - ..... 17

○中川貴司(東大・理)、亀山真典(東大・海洋研)、浜野洋三(東大・理)

11:15 104 火星のTharsisの山岳地形が風成地形形成に与える影響 ..... 18

○盧忠鎬、佐々木晶(東大)

11:30 105 ラングレー法に基づく偏光放射計のキャリブレーション ..... 19

○保本正芳、佐野到、向井苑生(近畿大)、中村良介(神戸大)

11:45 106 エアロゾル粒子の偏光データを用いた大気環境モニタリング ..... 20

○梅田悦男、佐野到、向井苑生(近畿大)、石田廣史(神戸商船大)、  
田中祐志(東京水産大)

12:00-13:30 昼食

13:30-15:30 セッションII (座長: 永原裕子)

13:30 107 Mixingを考慮した超新星爆発時における軽元素生成量比 ..... 21

○吉田敬、榎森啓元、中澤清(東工大・地惑)

13:45 108 初期太陽系星雲からの惑星分離過程: 希ガスからの制約 ..... 22

小嶋稔

14:00 109 原始太陽系での元素分別: 平衡/非平衡プロセス? ..... 23

その1 - 蒸発カイネティクスの効果

○土山明、橋省吾(阪大・理)

14:15 110 原始太陽系での元素分別: 平衡/非平衡プロセス? ..... 24

その2 - Mg/Si, Fe/S分別

○橋省吾、土山明(阪大・理)

10月13日(火)(続き)

- 14:30 111 ネビュラ赤道面垂直方向に運動するFeダストの蒸発挙動 ..... 25  
○小山文生、橋省吾、土山明(阪大・理)
- 14:45 112 原始地球大気からのアミノ酸生成メカニズム ..... 26  
○小林憲正、潮賢太郎、増田仁美、加藤航史、金子竹男(横浜国大・工)、  
斎藤威(東大・宇宙線研)
- 15:00 113 Hale-Bopp彗星におけるNaテイルの形態変化について ..... 27  
○河北秀世(ぐんま天文台)、藤井貢(エーアイ設計)
- 15:15 114 55P/Tuttle彗星の分光観測 ..... 28  
○浜根寿彦、河北秀世(ぐんま天文台)、鈴木文二(三郷工業技術高校)、  
渡部潤一(国立天文台)
- 15:30-15:45 休憩
- 15:45-17:30 セッションIII (座長:土山明)
- 15:45 115 Yamato-86009 (CV3) および Murchison (CM2) コンドライトにおける  
大きな酸素同位体異常を持つオリビン・インクルージョンの発見 ... 29  
○比屋根肇(東大・理)、橋元明彦(北大・理)
- 16:00 116 蒸発過程によるコンドライト化学グループの形成 ..... 30  
永原裕子(東大・理)
- 16:15 117 Semarkona (LL3.0) 隕石中のコンドルールの26Al-26Mg系 ..... 31  
: コンドルール形成時期への制約  
○木多紀子(地調)、永原裕子(東大・理)、富樫茂子、森下裕一(地調)
- 16:30 118 地球外蛍光性有機化合物の形成過程 ..... 32  
村江達士(九大・理)
- 16:45 119 高圧下でのアルゴンの固相・液相分配 ..... 33  
○宮崎明子、高橋栄一(東工大・理)
- 17:00 120 CTスキャナーによるPallasite隕石(Esquel) の3次元構造 ..... 34  
○花本貴志、土山明(阪大・理)、中野司、中島善人(地質調査所)、  
肥塚隆保、辻本与志一(奈良国立文化財研究所)
- 17:15 121 グレインアグリゲイトの合体成長に対する焼結の効果 ..... 35  
城野信一(北大・理)

10月14日(水)

9:30-10:42 セッションIV-A (座長: 安部正真)

- 9:30 901 化学反応が関与する凝縮における定常核生成率の定式化 ..... 39  
○山本哲生(北大・理)、小笠隆司(神戸大・理)、千貝健(北大・理)
- 9:34 902 固体微粒子の衝突成長について ..... 40  
○酒井辰也(神戸大・自然)、中村良介(神戸大・総合情報処理センター)
- 9:38 903 固相反応によるシリコンカーバイドの創製 ..... 41  
○木村誠二、小嶋雄樹、中田俊隆、塙内千尋(立命館大・理工)、  
齋藤嘉夫(京都工織大)、小池千代枝(京都薬大)
- 9:42 904 SiO、Fe、Mg混合薄膜の構造とスペクトル ..... 42  
○鈴木宣彦、木村誠二、中田俊隆、塙内千尋(立命館大・理工)、  
齋藤嘉夫(京都工織大)、小池千代枝(京都薬大)
- 9:46 905 アモルファス氷のクラスター間の衝突付着シミュレーション ..... 43  
○平田和久、向井正(神戸大・自然)
- 9:50 906 How did the solar nebula produce cosmochemical fractionation? ..... 44  
倉本圭(北大・低温研)
- 9:54 907 Recent advances in light element study of meteorites by SIMS ..... 45  
杉浦直治(東大)
- 9:58 908 SHRIMPによる平衡コンドライトのIn-situ同位体分析その1 ..... 46  
～磷酸塩鉱物のU-Pb分析～  
○寺田健太郎、佐野有司、近藤正史(広島大・理)、杉浦直治(東大・理)
- 10:02 909 非平衡コンドライト中のシリカを初晶とするコンドルール ..... 47  
○藤原龍治、下林典正、北村雅夫(京大・理)
- 10:06 910 境界要素法によるプリューム上昇モデル ..... 48  
○宮本英昭、佐々木晶(東大・理)
- 10:10 911 イオの火山噴火 - プリュームのモデル計算 ..... 49  
○草薙誠徳、松井孝典(東大・理・地惑)
- 10:14 912 月の熱史と地形の粘性緩和 ..... 50  
○小島勝行、阿部豊(東大・理・地惑)
- 10:18 913 月の重力場と地形の局地的なアドミッタンス ..... 51  
○青島千晶、並木則行(九大・理・地惑)

10月14日(水)(続き)

- 10:22 914 Clementineデータによる月クレータejecta分布の解析 ..... 52  
○平田成、春山純一、大嶽久志(宇宙開発事業団)
- 10:26 915 LUNAR-A・ペネトレータの熱物性測定実験；ジンバルブロック ..... 53  
○吉田信介、田中智、宝来帰一、水谷仁、藤村彰夫、早川雅彦(宇宙研)、  
平井研一(日産自動車)
- 10:30 916 模擬小惑星表面を用いた室内偏光測定 ..... 54  
○古我知素文、石黒正晃、亀井秋秀、中村昭子、向井正(神戸大・自然)
- 10:34 917 メインベルト小惑星9Metisの表面特性 ..... 55  
○中山裕之(神戸大・自然)、横川創造(東大・理)、石黒正晃、藤井康正、  
石元裕史(神戸大・自然)、中村良介(神戸大・情報センター)、向井正(神戸大・自然)、  
尾久土正己、坂元誠、田中英明(みさと天文台)、平田龍幸(京大・理)、  
岡崎彰(群馬大・教育)
- 10:38 918 小惑星9Metisの3軸比決定 ..... 56  
○横川創造(東大・理・地物)、中山裕之、石黒正晃、藤井康正、石元裕史、  
向井正(神戸大・自然)、中村良介(神戸大学計算機センター)、岡崎彰(群馬大)、  
平田龍幸(京大)、尾久土正己、坂元誠、田中英明(みさと天文台)
- 10:42-11:00 休憩
- 11:00-12:04 セッションIV-B (座長：並木則行)
- 11:00 919 MUSES-C近赤外線分光器(NIRS)の現状 ..... 57  
○安部正真、藤原顕(宇宙研)
- 11:04 920 実験とシミュレーションによる衝突破片の反射現象の研究 ..... 58  
○高木周(電気通信大)、藤原顕、安部正真(宇宙研)
- 11:08 921 可視CCDカメラを用いた黄道光微細構造の観測 ..... 59  
○石黒正晃、中村良介、藤井康正、向井正(神戸大)
- 11:12 922 うしかい座流星雨と7P/Pons-Winnecke彗星 ..... 60  
谷川智康(県立尼崎高校)
- 11:16 923 木星のラグラジアンポイント近傍でのダストの力学的振舞い ..... 61  
○宮田一孝、向井正、山本聰、石元裕史(神戸大・自然)
- 11:20 924 惑星間塵サイズ分布の日心距離依存性 ..... 62  
石元裕史(神戸大・自然)

10月14日(水) (続き)

- 11:24 925 多重周回タイプ飛行時間型質量分析計のラボラトリーモデルの製作 … 63  
○松尾武清、石原盛男、○豊田岐聰、伊藤啓行、山口真一(阪大・理・物理)、  
交久瀬五雄(阪大・理・宇宙地球科学)、R. Roll、H. Rosenbauer(MPIA)
- 11:28 926 火星探査機「のぞみ」のダスト計測器Mars Dust Counterの  
初期データ ..... 64  
○佐々木晶、宮本英昭(東大・理)、大橋英雄(東京水産大)、野上謙一(獨協医大)、  
向井正(神戸大)、藤原顕、森重和正(宇宙研)、E. Igenbergs、R. Muenzenmayer、  
W. Naumann(ミュンヘン工科大)、MDCグループ
- 11:32 927 月撮像カメラ(LIC)の画像校正方法の検討 ..... 65  
松村真由美、横田康弘、○飯島祐一(宇宙研)、本田理恵(高知大)、中村昭子(神戸大)
- 11:36 928 低位相角での月の反射光強度変化 ..... 66  
○横田康弘、飯島祐一(宇宙研)、本田理恵(高知大)、水谷仁(宇宙研)
- 11:40 929 NOZOMI搭載可視カメラ(MIC)の地球周回軌道における  
撮像データ ..... 67  
○向井正、中村昭子、稻田愛、川股正和、澄川慎司(神戸大・自然)、  
橋本樹明(ISAS)、野田寛大(東大・理)、その他MICグループ
- 11:44 930 月・惑星による搭載カメラの機上感度確認: MICの場合 ..... 68  
○中村昭子(神戸大)、橋本樹明(宇宙研)、野田寛大(東大)、横田康弘(宇宙研)、  
小笠原雅弘(NEC航空宇宙システム)、石田十郎、高野匡代(NEC)、向井正(神戸大)、  
その他MICチーム
- 11:48 931 MICによる火星衛星の形状解析の精度 ..... 69  
○川股正和、中村昭子(神戸大・自然)、中村良介(神戸大・情報処理センター)、  
秋山演亮、斎藤潤(西松建設)、野田篤司(宇宙開発事業団)、向井正(神戸大・自然)
- 11:52 932 可視CCDカメラによる惑星間空間ダストチューブの観測 ..... 70  
○藤井康正、川股正和、澄川慎司(神戸大・自然)、  
中村良介(神戸大・情報処理センター)、石黒正晃(神戸大・自然)、  
横川創造(東大・理・地物)、谷川智康(兵庫県立尼崎高校)、稻田愛、  
向井正(神戸大・自然)
- 11:56 933 Europa生命探査ミッション検討Ⅰ ..... 71  
○大南有希、宮本英昭(東大・理)、倉本圭(北大・低温研)、秋山演亮(東大/西松建設)、  
白石篤史、春山純一(NASDA)、寺薗淳也(JSF)、矢野創(NASA/JSC)
- 12:00 934 水-氷系でのマグマだまりの固化  
- エウロパのcryovolcanismへの制約 - ..... 72  
○小川佳子、山岸保子、栗田敬(東大・理)

10月14日(水)(続き)

12:04-13:00 昼食

13:00-14:00 ポスターセッション・コアタイム

14:00-14:45 特別講演 (座長: 中村昭子)

Messenger: Mission to Mercury,  
Sean C.Solomon (Carnegie Institution of Washington)  
"Understanding the evolution of the terrestrial planets: Progress and Prospects"

14:45-15:00 休憩

15:00-17:15 セッションV (座長: 田中秀和)

- |       |     |                                                   |      |
|-------|-----|---------------------------------------------------|------|
| 15:00 | 201 | 太陽系星雲内の回転軸方向のシア運動による不安定性の線形解析                     | … 73 |
|       |     | 関谷実(九大・理)                                         |      |
| 15:15 | 202 | 原始惑星系円盤内での原始惑星周囲のガスの流れ                            | … 74 |
|       |     | ○谷川享行、渡邊誠一郎(名大・理)                                 |      |
| 15:30 | 203 | 原始惑星系円盤が原始惑星におよぼすトルク                              | … 75 |
|       |     | ○竹内拓(東工大・地惑)、三由研一(NTTデータ通信)、田中秀和、<br>井田茂(東工大・地惑)  |      |
| 15:45 | 204 | 原始惑星系円盤形成終期の温度分布                                  | … 76 |
|       |     | ○飯田彰(神戸大・自然)、中川義次(神戸大・理)、<br>中本泰史(筑波大計算物理学研究センター) |      |
| 16:00 | 205 | 火星の初期熱史—衝突攪拌の評価に注目して                              | … 77 |
|       |     | ○千秋博紀、松井孝典(東大・理)、倉本圭(北大・低温研)                      |      |
| 16:15 | 206 | 連星系をなす若い星周辺の原始惑星系円盤における<br>ダスト粒子の沈澱               | … 78 |
|       |     | ○佐藤康子(神戸大・自然)、中川義次(神戸大・理)                         |      |
| 16:30 | 207 | 太陽系星雲の散逸に伴う小惑星の軌道進化II                             | … 79 |
|       |     | ○長沢真樹子、井田茂、田中秀和(東工大)                              |      |
| 16:45 | 208 | 周地球円盤からの月の集積                                      | … 80 |
|       |     | ○小久保英一郎(東大・総合文化)、井田茂(東工大・理)、<br>牧野淳一郎(東大・総合文化)    |      |

10月14日（水）（続き）

- 17:00 209 「レインボー干渉計」による原始星L1551 IRS5の原始惑星系円盤の  
高空間分解能観測 ..... 81  
○百瀬宗武(国立天文台野辺山)、北村良実(宇宙研)、川辺良平(国立天文台野辺山)
- 17:15-17:30 休憩
- 17:30-18:30 総会
- 18:30-20:30 懇親会（滝川会館1F食堂）

10月15日(木)

9:45-12:00 セッションVI (座長:春山純一)

- 9:45 301 ペネトレータのダイナミクス～月レゴリスの層構造の推定法～ ..... 85  
○白石浩章、水谷仁(宇宙研)、鈴木宏二郎(東大・工)
- 10:00 302 MUSES-C計画の現状 ..... 86  
○藤原顕(宇宙研)、向井正(神戸大)
- 10:15 303 無重力環境下でのサンプラー実験 ..... 87  
○安部正真、藤原顕、長谷川直(宇宙研)、野中聰、岡野康一(東北大)、小野瀬直美、島田孝典、森口功一、森重和正(宇宙研)、高木靖彦(東邦学園短大)、三輪治代美(名大)
- 10:30 304 粗い表面によるレーザー反射光特性 ..... 88  
○亀井秋秀、中村昭子、向井正(神戸大・自然)
- 10:45 305 S型小惑星の反射スペクトルから見た宇宙風化作用におけるカンラン石の重要性 ..... 89  
○廣井孝弘(ブラウン大)、佐々木晶(東大)
- 11:00 306 各国の「宇宙検疫」に関する最近の動向とその問題点 ..... 90  
小池惇平(東工大)
- 11:15 307 Europa生命探査計画 ..... 91  
○秋山演亮(東大/西松建設)、白石篤史、春山純一(NASDA)、寺薙淳也(JSF)、矢野創(NASA/JSC)、倉本圭(北大)、宮本英昭、大南有希(東大)
- 11:30 308 3色フィルターを用いたMars Imaging Cameraでの火星朝霧・夕霧の観測 ..... 92  
○稻田愛、中村昭子、向井正(神戸大・自然)
- 11:45 309 Mars Imaging Cameraによって撮像された圧縮画像の評価 ..... 93  
○澄川慎司(神戸大・自然)、野田寛大(東大・理・地物)、中村良介(神戸大・情報処理センター)、向井正(神戸大・自然)
- 12:00-13:30 昼食
- 13:30-14:45 セッションVII (座長:廣井孝弘)
- 13:30 310 宇宙空間ダスト計測用TOF型質量分析器 ..... 94  
○濱邊好美、佐々木晶(東大・理)、河村亨、野上謙一(獨協医大)、大橋英雄(東京水産大)

10月15日(木) (続き)

- 13:45 311 SFU衛星上の超高速衝突痕飛行後検査(3)  
－3次元計測・元素分析・較正実験－ ..... 95  
○森重和正(宇宙研)、矢野創(NASA/JSC)、前川欣之(日大)、  
S. P. Deshpande(Deutsche Morgan Grenfell)、M. J. Neish、木部勢至朗(航技研)
- 14:00 312 高速度衝突に伴う発光雲 ..... 96  
柳澤正久(電通大)
- 14:15 313 衝突閃光の高速分光観測 ..... 97  
○杉田精司、ピート＝ショルツ(ブランドン大・地球科学)
- 14:30 314 南極ドームF基地造水槽沈殿物中のガラス質球粒の化学組成  
－南極宇宙塵予備調査報告－ ..... 98  
○福岡孝昭(立正大)、田澤雄二(京大)、中村智樹(九大)、今栄直也(極地研)、  
野口高明(茨大)、矢野創(NASA/JSC)、中井泉(東理大)、寺田健太郎(広島大)、  
野上謙一(独協医大)、大橋英雄(東水産大)、村上登志男(学習院大)
- 14:45 315 Dust grains from Edgeworth-Kuiper Belt ..... 99  
○山本聰、石元裕史、向井正(神戸大・自然)
- 15:00-15:15 休憩
- 15:15-16:30 セッションVIII (座長:荒川政彦)
- 15:15 316 高速度衝突破壊の臨界衝突エネルギーQ\*と天体サイズ ..... 100  
○三谷典子(名大・理/東大・理)、渡邊誠一郎(名大・理)
- 15:30 317 衝突点周囲の応力分布の測定 ..... 101  
○中澤暁(名大)、加藤學(宇宙研)
- 15:45 318 地質境界(K/T, P/Tr)中の球粒の衝突形成 ..... 102  
○三浦保範、福山誠二郎、小林浩之、A.グチック、A.ケドベッシュ(山口大・理)
- 16:00 319 雪の衝撃圧縮 ..... 103  
○比嘉道也(宇宙研)、荒川政彦、前野紀一(北大・低温研)
- 16:15 320 微小氷粒子の宇宙線による破壊機構のMDシミュレーション ..... 104  
○大垣内るみ、向井正(神戸大・自然)

# 日本惑星科学会

## 秋期講演会アブストラクト

10月13日（火）

セッションI

No.101-106

セッションII

No.107-114

セッションIII

No.115-121

## 回転球面上の 2 次元乱流における周極渦の形成

### Emergence of circumpolar vortex in 2-D turbulence on a rotating sphere

○林 祥介 (北大・理 / 東大・数理), 石岡 圭一 (東大・数理),  
山田 道夫 (東大・数理), 余田 成男 (京大・理)

○Y.-Y. Hayashi (Hokkaido Univ), K. Ishioka (Univ of Tokyo),  
M. Yamada, (Univ of Tokyo), S. Yoden (Kyoto Univ)

The characteristics of decaying 2-D turbulence on a rotating sphere has been investigated to consider the band structure of the planetary atmospheres. The redistribution of angular momentum and the appearance of circumpolar vortices reported by Yoden and Yamada (1993) are obtained in the model with the resolution T85. That is the resolution not enough to represent the upward cascade of 2-D turbulence. A series of new experiments with the resolution T341 are presented here to confirm that the circumpolar vortices appear even after the full upward cascade of turbulent energy and that the band structure of angular momentum emerges even when the rotation rate of the system is large.

#### 1. はじめに

惑星大気の循環形態を記述する上での基本問題の一つに角運動量の配分問題がある。本研究は、2 次元非発散流体の特性を通して角運動量分布を支配する構造を切りだしていくことを試みである。

Yoden and Yamada (1993) では、分解能 T85 のモデルを用いて、減衰性乱流実験を行い、角運動量の再分配が発生し、特に極域での西向き（東風）周極渦が形成されることを示した。その角運動量分布は、ロスビー波の南北運動量輸送特性と整合的であることが考察されたのだが、それは、モデルの分解能が不足していて 2 次元乱流の特性であるエネルギーの逆カスケードがきちんと表現されていなかつたためであった。

ここでは、さらなる高分解能のモデル (T341) を用いた数値実験の結果を示し、真にエネルギー逆カスケードの結果としてのパターン形成を観察する。

#### 2. モデルと数値計算法

適当に無次元化した半径 1 の回転球面上の渦度方程式は、流れ関数  $\psi$ 、渦度  $\omega = \Delta \psi$  を用いて次式で与えられる：

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + J(\psi, \omega) + 2\Omega \frac{\partial \psi}{\partial \lambda} = -\nu_4 \Delta^2 \omega, \quad (1)$$

ここで、 $\Omega$  は惑星自転角速度 ( $\Omega = 50$  がほぼ地球の状況)、 $\nu_4$  は超粘性係数 ( $\nu_4 = 10^{-6}$  に固定) である。

初期値は、各波数成分の振幅と位相を乱数で与え、エネルギースペクトルが  $E(n) = \frac{An^{3/2}}{(n+n_0)^\gamma}$  ( $\sum E(n) = 1$ ) となるようにする（切断波数は 341）。時間発展の様子は初期値に依存するので、適切に選んだ初期値 (10 個) について解を求めた。

#### 3. 結果

5 種類の初期エネルギースペクトル、10 個の乱数列、6 通りの回転角速度、について、合計 300 例の時間積分を行ない、次のような知見を得た。

T85 での結果と同様、高緯度域では時間とともに東風の周極渦が形成される。また、中・低緯度域では東風き西風が交互に並ぶ縞々構造が卓越する。

縞々構造は時間発展のごく初期の段階から認められ、一度構造ができると、それ以後ほとんど変化しない。惑星の自転角速度が大きいほど縞の幅が狭くなり、その数が増える。

1 次元エネルギースペクトルは幅広い波数領域で  $n^{-4}$  の巾則が得られる。また、波数空間内のエネルギー分布では、低波数域にはエネルギーがほとんど輸送されない翼状領域が出現、非等方性は高波数領域でも見られる。

#### 4. おわりに

周極渦形成は自転角速度が大きな場合における球面上の減衰性 2 次元乱流の普遍的な特徴である。

## 地球自由振動帯域の大気圧変動スペクトラム

Pressure Variation Spectrum of the Atmosphere

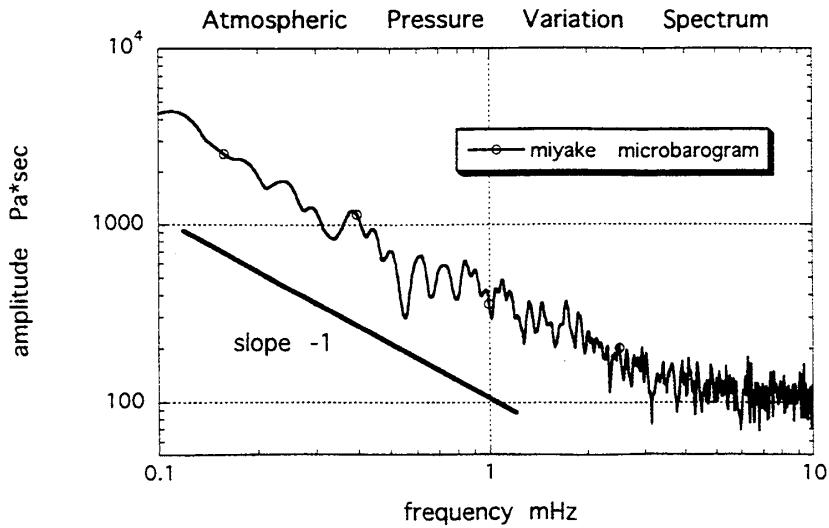
Within the frequency band of Earth's Free Oscillations

綿田辰吾、西田究（東大地震研）藤田英輔（防災科学技術研究所）

Shingo Watada, Kiwamu Nishida (ERI), Eisuke Fujita (NIED)

Amplitude spectrum of microbarograph installed in the Miyake Island shows that below 3 mHz the amplitude decays as frequency increases by  $\log(P) \propto -\log(f)$  and beyond 3 mHz the amplitude becomes flat or shows a little decrease as frequency increases. The background pressure variation in the 0.1-10 mHz band is about 30Pa, which is smaller than that on the deep ocean floor by one order of magnitude.

防災科学技術研究所では1997年4月より火山活動監視のため、三宅島に微気圧計( $h=130m$ )を設置し、同年10月よりテレメータによりリアルタイム連続収録を開始している。地球自由振動帯域(100秒～10000秒)での大気圧力変動スペクトルを調べた。今回は1998年7月23日～29日の連続分値データを用いた。センサーは温度補正付きの水晶発信器で、最小分解能は0.2 Paで、絶対圧力を計測する。数日のタイムスケールをもった気象変化に伴う変動に加え、半日周期の潮汐圧力変動が全振幅200 Pa程度ある。100秒～1000秒の帯域では10Pa程度で1000秒～10000秒の帯域では30Pa程度で大気圧が変動している。100秒から10000秒の帯域での大気圧変動スペクトルを下に示す。300秒より長い周期では、圧力  $P$  と周波数  $f$  は  $\log P(f) \propto -\log f$  の関係があり、長周期側で大きくなる。この圧力スペクトルと周波数のべき乗関係は、小林、西田らの次元解析から推測される関係と一致している。300秒より短い周期ではスペクトルの振幅はほぼ平坦か、わずかながら短周期側で減少している。スペクトルの振幅は大気の気象変化と共に大きく変化する。これに比べ、深海底での圧力変動は、地球自由振動帯域で数倍大きく、気象変化とともに変動せずほぼ一定である(1998年秋季地震学会予稿)。



## 粘性率が温度に強く依存する場合の熱対流－2次元極座標－

○中川貴司<sup>1</sup>, 亀山真典<sup>2</sup>, 浜野洋三<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東大院・理

<sup>2</sup> 東大・海洋研

## Thermal convection with strongly temperature-dependent viscosity in the cylindrical polar coordinate

○Takashi Nakagawa<sup>1</sup>, Masanori C. Kameyama<sup>2</sup>, Yozo Hamano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo

<sup>2</sup> Ocean Research Institute, University of Tokyo

### Abstract

The viscosity of the mantle is the strongly dependence of the temperature. We simulate the thermal convection with temperature dependent viscosity in the cylindrical polar coordinate. The model is considered basal-heating and time-dependent convection model of the Boussinesq approximation, infinite Prandtl number and Newtonian fluid. The viscosity of modelled mantle is the function of exponential to the temperature. The ratio across inner and outer boundary is used 0.5. The Rayleigh number is used  $6 \times 10^6$ . The viscosity contrast is used up to  $10^5$ .

The result of our calculation is similar to 2D box model : we find three styles of convection, which is Whole layer mode, Sluggish lid mode and Stagnant lid mode. Appearance of the Stagnant lid mode, cylindrical annulus case is lower viscosity contrast compared with 2D box model.

In this presentation, we discuss about temperature dependence of viscosity required the numerical modelling of mantle convection with geometry and dynamics of the lithosphere based on our simulation result.

地球惑星マントルを構成している物質の流動則(レオロジー)によると、マントル物質の粘性率は特に温度に敏感に反応し、その依存性は100Kの温度変化で粘性率が1桁下がるということが知られている。そこで、粘性率の温度依存性がマントル内で起きている対流運動に与える影響について熱対流の数値シミュレーションの立場から考察を加える。計算に用いたモデルは半径比0.5の2次元円筒容器として、境界の温度を固定、内部熱源はないとする。またRayleigh数は内側の境界における粘性率で定義し、値は $6 \times 10^6$ を用いる。粘性率は温度に指数関数に比例すると考え、粘性率コントラストを最大5桁までとて計算を行う。

その結果、2次元横長の箱と同様に粘性コントラストの大きさによって異なる3つの対流モード(Whole Layer, Sluggish Lid, Stagnant Lid)が出現した。各モードの特徴を述べると Whole Layer Mode は粘性一定の熱対流のように対流層全体で対流が起きている。Stagnant Lid Mode は粘性率の高い蓋が分厚くでき、対流は蓋の下でしか起きていない。Sluggish Lid Mode は粘性の高い蓋ができるがと対流セルが横に長くなる特徴をもつ。これらの特徴は対流の Flow pattern と温度、流速の鉛直構造や熱輸送の効率を表す Nusselt 数と粘性コントラストの関係をみることで判断ができる。また、2次元極座標系においてこれらのモードが出現する粘性コントラストの大きさは2次元横長の箱と比べて低いコントラストで対流モードが変化していることがわかった。

本講演では2次元極座標系のシミュレーションで得られた結果と現在行われているプレートとマントルとの関係を考慮したシミュレーションの結果との比較を基にして、geometryとプレートの効果を考慮したマントル対流の数値モデリングにおいて必要とされる粘性率の温度依存性の強さの範囲について議論を行う。

## 火星のTharsis地域の山岳地形が風成地形形成に与える影響

*THE EFFECTS OF MOUNTAIN TOPOGRAPHY ON THE AEOLIAN  
LANDFORM FORMATION ON THARSIS OF MARS*

盧 忠鎬(東大)、佐々木 晶(東大)

*Choongho RHO (Tokyo univ.) and Sho SASAKI (Tokyo univ.)*

We obtained wind fields from Viking orbiter images from August 1976 to September 1976 on Tharsis region and plotted them on the topographic map. And we executed numerical simulation by a linear model of wind field (Smith, 1979) for the theoretical reconstruction of wind fields on Tharsis. The results of wind fields analysis by Viking orbiter images and numerical analysis are compared for verification. Wind streaks distributions on the Tharsis were approximately reproduced by the numerical simulation based on the linear model. Horizontal cross section to vertical velocity components from numerical simulation on the Tharsis shows that upward motions happen at downwind area of four volcanic mountains and Oudemans region in Valles Marineris. Viking images support these. Mountain wave passed over Tharsis Montes may be related to the pattern of upward transport of dust on Valles Marineris. Scorer equation shows this mountain wave is a propagating wave.

火星は地球と似た惑星環境を持っており、人類の移住が計画されるなど大きな関心が寄せられている。火星大気の運動と地形形成の相互関係を明らかにすることは、火星環境の適切な理解、さらには惑星地形発達過程そのものを理解する上で不可欠である。一方、Frenchらは(1981)火星で地形障害物と関連したLee WaveとCloud Streetの観測について研究を行った。また、火星のTharsis地域での風成活動に対してはStevenら(1982)によって研究されたが、風成地形の形成メカニズムに対しては研究が行われなかった。更に、バイキングの画像では、Marineris渓谷内でダストが巻き上げられる様子が捕らえられており、この渓谷内で風成活動が活発である事が明らかである。又、Tharsis地域では四つの山のダウンストリーム地域で巨大な単一のU字型のダストストームが観測されている。ここでは四つの山が一つの巨大な山岳の役割を果たしていると予想され、強力な山岳波の発生が考えられる。

本講演では、Tharsis 地域の 4 つの山が風の流れに及ぼす影響及び火星の Tharsis 地域の山岳地形が風系形成に与える影響を紹介する。

## ラングレー法に基づく偏光放射計のキャリブレーション

Calibration of Portable Multispectral-Polarimeter  
based on Langley plot method

○保本正芳, 佐野 到, 向井苑生 (近畿大学), 中村良介 (神戸大学)  
Masayoshi Yasumoto, Itaru Sano and Sonoyo Mukai(Kinki Univ.)  
and Ryosuke Nakamura(Kobe Univ.)

**Abstract :** PSR-1000 is a portable multispectral-polarimeter which measures solar direct light and sky radiation at the same wavelength bands as a ADEOS/POLDER sensor. PSR-1000 is calibrated by Langley plot method involving gaseous absorption. Langley plot observations were done from October.27 to November.2 in 1997 at Mt. Mauna Kea. This work describes how to determine the calibration constants of PSR-1000.

### 1. はじめに

近畿大学では、大気エアロゾル粒子特性の推定と、ADEOS衛星搭載の偏光センサーPOLDERの地上検証実験として、1996年よりポータブル型多波長偏光放射計（オプトリサーチ社／PSR-1000）を導入し、地上・洋上での大気散乱光の偏光観測と太陽直達光の輝度観測に取り組んでいる。

エアロゾルの最も基本的な光学パラメーターであるエアロゾルの光学的厚さを導出するには、PSR-1000固有の大気圏外での輝度観測値（校正定数）が必要となる。校正定数を導出するため、ハワイ島マウナケア山で観測を実施した。ここでは、校正定数の導出法と結果について述べる。

### 2. 吸収気体の影響除去

校正定数を導出するための観測は、1997年10月27日～11月2日の期間にハワイ島マウナケア山で実施した。導出方法は、吸収気体を考慮したラングレープロット法<sup>(1)</sup>を用いる。吸収気体の算出には、LOWTRAN7の大気透過率を用いる。校正定数は、吸収補正に強く依存する為、酸素分子の吸収が大きく影響している0.765μm帯では、高分解能で計算できるFASCODEも用いる。

### 3. 校正定数の決定

マウナケア山での観測結果を基にしたPSR-1000の校正定数をTable 1に示す。表中のFCはFASCODEを用いた場合の値を示している。波長0.765μmでは、FASCODEの校正定数が、LOWTRAN7の値より小さい。これは、FASCODEによる透過率の方が高いため、校正定数にも影

響が出たと考えられる。このため、高分解能で計算するFASCODEによる校正定数を有効と考える。他の波長帯では、LOWTRAN7とFASCODEによる違いはなかった。

Table 1 Calibration Constants

Wavelength (μm)	10/27	10/31	Mt. Mauna Kea 11/1	11/2
0.443	3716.4	3734.6	3748.5	3750.3
0.490	5564.7	5593.2	5511.5	5634.7
0.565	6749.3	6780.5	6617.0	6790.0
0.670	6150.6	6146.3	5971.8	6204.3
0.765	11935.8	11870.4	11425.5	12026.9
0.765*(FC)	11869.2*	11728.8*	11337.8*	11950.2*
0.865	12247.8	12169.6	11837.2	12403.1

### 4. おわりに

PSR-1000の機械校正定数を、マウナケア山での観測データと、大気透過率を考慮したラングレープロット法から算出した。特に酸素吸収が大きく影響している波長0.765μmでは、高分解能のFASCODEを用いて補正したことで精度の高い校正定数が得られた。

### 参考文献

- (1)K.Masuda, M.Sasaki : A New Multi-Spectral Polarimeter for Measurements of Solar Direct and Diffused Radiation, *Optical Review*, 4(1997), pp.496-501.

## エアロゾル粒子の偏光データを用いた大気環境モニタリング

Monitoring of the Earth Atmosphere based on Polarization Measurements of Aerosols

○梅田 悅男, 佐野 到, 向井 苑生 (近畿大),  
 石田 廣史 (神戸商船大), 田中 祐志 (東京水産大)  
 Etsuo Umeda, Itaru Sano, Sonoyo Mukai (Kinki Univ.),  
 Hiroshi Ishida (Kobe Marine Univ.) and Yuji Tanaka (Tokyo Fisheries Univ.)

**Abstract:** This work presents polarization measurements of atmospheric aerosols undertaken by a portable multi-spectral polarimeter. Monitoring of climatological properties, e.g. temperature, pressure, wind speed etc., have been made for these five years at the Higashi Osaka campus of Kinki University. These data as well as polarization measurements are applied to retrieve optical properties of aerosols based on simulations of polarization field. We found that the seasonal change is detected as concerned with continental aerosols.

### 1. 偏光観測

本報告では大気エアロゾルの偏光観測を地上・洋上で行い、そのデータ解析を光散乱シミュレーションに基づいて行う。

偏光観測には、簡易偏光放射計(PSR-1000, MSR-1000／オプトリサーチ社製)を用いた。PSR-1000 は観測波長帯ならびに観測波長幅は、ADEOS/POLDER, OCTS センサーに合わせており、MSR-1000 は、 $0.5\mu\text{m} \sim 1.0\mu\text{m}$  間でのスペクトル観測を行う事が出来る。

観測条件は、主軸平面上において太陽光となる角(散乱角)を $90^\circ$ とし、観測場所としては、本学に加え、瀬戸内海で実施した。

### 2. エアロゾルの光学特性の導出

エアロゾルの光学特性は、化学組成・サイズ分布・数密度・形状で表される。偏光データと一回散乱シミュレーション値との比較照合をし、エアロゾルの光学パラメータを推定する。<sup>1)</sup> この際、本校の大気環境モニタリングシステムを用いて、過去 5 年間にわたり収集されている気候値に基づいて、エアロゾル光学定数を決める。

本学データをよく説明し得る有機物溶存型(WS)エアロゾルモデルのサイズ分布を Fig.1 に示す。縦軸がエアロゾルサイズ分布の対数閾数曲線幅( $\sigma$ )、横軸はモード半径( $r$ )である。同じ場所でも、時期によって粒径にかなりの変化のある事が分かる。4~6 月は粒径が大きく、他の時期よりも低い偏光度に対応している。また輝

度値に関して言えば、4~6 月の値が比較的高くなっている。これにより 4~6 月はエアロゾル量が他の時期よりも多いか、エアロゾル量を一定と考えると粒径の大きいエアロゾルが多いと考えられる。

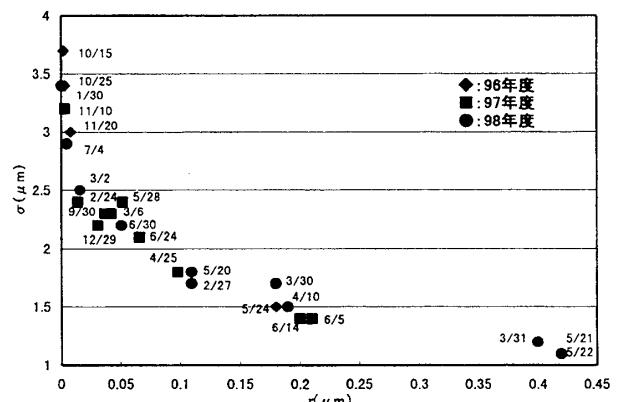


Fig.1 parameters of Size distribution of WS-aerosol model for the polarization measurements at Kinki Univ.

### 3. おわりに

今回、数密度は具体的個数を与えることが難しいため、光学的厚さは標準値を用いた。今後は光学的厚さの変化、ならびに多重散乱を考慮し最適エアロゾルモデルを導出していく必要がある。

### 参考文献

- 1) S.Mukai, I.Sano, and T.Takashima : Optical Review, vol.3, pp487-491, 1996.

## Mixing を考慮した超新星爆発時における軽元素生成量比

### Abundance Ratios of Light Elements Produced in Type II Supernovae Including the Effect of the Mixing

°吉田 敬、榎森 啓元、中澤 清（東工大・地惑）

Takashi Yoshida, Hiroyuki Emori, Kiyoshi Nakazawa

*Dept. of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology*

Presolar grains are expected to keep informations about their origins in their several orders of isotopic anomalies. In order to study isotopic behavior of grains from supernovae, we constructed simple explosive nucleosynthesis model including the mixing effects and carried out the numerical investigations. In this study we investigated the abundance ratios of rare light nuclei (Li and B) and CNO isotopes in the He-layer and the H-rich envelope of 15, 20, and  $25 M_{\odot}$  supernovae. We discuss the dependence of the abundance ratios of synthesized nuclei on the progenitor's mass.

近年、局所微量化学分析技術の発達により隕石中のわずか数ミクロンサイズのグレインを取り出し、その化学組成を得ることが可能になった。これらのグレインはsolar abundanceと数桁も異なる同位体比異常を持ち、元素合成時の痕跡を残していると考えられプレソーラーグレインと呼ばれている。プレソーラーグレインから得られる化学的情報からグレインの起源を推定するために、種々の元素合成過程における生成元素量の特徴を整理し理解することが必要である。

本研究では超新星爆発時に生成される Li, B という微量軽元素と CNO 元素に注目する。これら軽元素は超新星爆発時に星のヘリウム層、水素層において多く生成される。そして核反応率の温度依存性が高いため燃焼層内においてもその生成量の振舞いは大きく異なる。さらに、爆発時の二層の混合によってヘリウム層に水素が加わることにより新たな元素合成反応が起こり、混合過程に伴う特徴的な元素合成が期待される。

我々は東京大学野本研究室で作られた  $15, 20, 25 M_{\odot}$  の presupernova の構造を基に、密度構造を半径のべき乗で近似した球対称爆発モデルを用いて爆発時の温度、密度構造進化を追い、ヘリウム層と水素層との物質混合を考慮した元素合成過程を数値的に追跡した。今回は異なる質量の星に関する軽元素の生成量比の共通点と違いについて述べる。星の質量の違いは主にヘリウム層の大きさに影響を与える。上の3つの presupernova モデルでは質量が小さい星ほどヘリウム層の内側の半径が小さく、外側の半径が大きい。そのため、質量の大きい星で生成される軽元素は水素層における生成量比の変動が現われやすく、物質混合後の核反応の影響を受けやすい。また、質量が小さい星ほどヘリウム層における爆発的元素合成時の最高到達温度の変動が大きいためヘリウム層における生成元素の生成量比の変動が大きくなる。講演時にはそれぞれの元素の元素合成過程と同位体比、生成量比の変動について議論する。

1 初期太陽系星雲からの惑星分離過程：希ガスからの制約

Constraints from noble gases on planetary segregation from solar nebula.

2 小嶋 稔

Minoru Ozima

- 3 We suggest that mass may be the major factor involved in generating elemental (and isotopic) fractionations which characterize terrestrial noble gas and meteorite noble gas "Q", by a Rayleigh distillation process.

The empirical relationship between "Q" and its presumed antecedent solar composition-source reservoir further suggests that He in "Q" is post-deutrium-burning He, implying active exchange of materials between the early sun and the solar nebula.

A similar relationship between terrestrial noble gas and the solar composition strongly suggests that most of the Earth's primordial Xe is missing in the atmosphere by a factor of seven.

## 原始太陽系での元素分別：平衡／非平衡プロセス？

## その1-蒸発力イネティクスの効果

○土山 明、橘 省吾（阪大・理）

Elemental fractionation in the primordial solar nebula:  
 equilibrium or non-equilibrium process? -Part 1 Effects of evaporation kinetics  
 Akira TSUCHIYAMA, and Shogo TACHIBANA (Osaka Univ.)

We discussed effects of evaporation kinetics of dust on the elemental fractionation in the primordial solar nebula. The time scales for evaporation of minerals were compared with the time scale for dust infall along the midplane of the nebula and that for vertical movement of the dust by turbulent flow. The kinetic effects should be small for the evaporation of metallic iron and forsterite. For the incongruent evaporation of troilite, the kinetic effects are larger than those of metallic iron and forsterite, although extreme deviation from the equilibrium is not expected. Incongruent evaporation of enstatite should deviate largely from the equilibrium due to its kinetics.

原始太陽系星雲での元素分別により、コンドライト隕石や地球型惑星の化学組成変化が生じたと予想される。従来、このような元素分別を議論する場合には、固体-気体平衡が仮定されてきた（平衡凝縮論）。しかしながら、原始太陽系星雲でのダイナミックなプロセスを考えると、必ずしも固-気平衡が成り立っているとは限らない。本研究では、ダイナミックな原始太陽系星雲におけるダストの蒸発力イネティクスの効果について、議論した。

成長しつつある原始太陽系星雲では、ディスクに降着したガス/ダストは、中心星に向かつて落下する。ディスクの温度は中心星に近い程高いため、ダストはやがて蒸発する。また、乱流状態にあるディスクでは、ダストはガスとともに高さ方向にも移動し、蒸発・凝縮を繰り返す。一方、固-気平衡と太陽系における元素存在度を仮定し、ディスクの温度・圧力分布がわかると、ダストの蒸発する平衡位置が求められる。ダストの蒸発のタイムスケール、 $\tau_e$ （完全蒸発、あるいは部分蒸発による平衡到達時間）を、ダストのディスク赤道面に沿った落下のタイムスケール、 $\tau_r = dt/d(\ln r)$ （t：時間、r：中心星からの距離），と比べた。これにより、カイネティックな効果のため、ダストが平衡蒸発位置からどの程度内側まで生き残れるかを予測できる。また、 $\tau_e$ をダストの高さ方向の移動タイムスケール、 $\tau_z = h/v_{turb}$ （h：ディスクのスケールハイト、 $v_{turb}$ ：乱流の典型速度），と比べることにより、高さ方向のダスト移動に伴う平衡からのズレを予想した。

固体地球をつくる主要な構成鉱物の蒸発について考察した。 $\tau_e$ は、Tsuchiyama *et al.* (1998) のモデルを用いて、これまでの蒸発実験データより求めた。 $\tau_r, \tau_z$ は、渡辺・井田 (1996) のモデルを用いて計算した。金属鉄とフォルステライトの蒸発に関して、平衡からのズレはほとんどないことが予想される。これは、以前の橘ら(1996)の計算結果とよく一致する。中心面に沿った落下よりも、高さ方向の移動によるカイネティックな効果の方が大きい。トロイライトの非調和蒸発に関しては、金属鉄やフォルステライトの蒸発より、比較的大きなカイネティックな効果が予想されるが、平衡からの極端なズレはない。一方、エンスタタイトの非調和蒸発は、カイネティックな理由により、平衡より著しくズレることが予想される。また、中心星への落下の際、融点に達するまでにダストはすべて蒸発してしまうため、ディスク高温部でのコンドリュール生成は期待できない。個々の系での蒸発挙動とこれに伴って予想される具体的な元素分別については、その2で、また高さ方向の移動についての平衡からのズレについての詳細な議論は小山ら（本予稿集）により、議論される。

## 原始太陽系での元素分別：平衡／非平衡プロセス？

その 2 -Mg/Si, Fe/S 分別

○橋 省吾、土山 明(阪大・理)

Elemental fractionation in the primordial solar nebula:  
equilibrium or non-equilibrium process? -Part2 Mg/Si, Fe/S fractionation  
Shogo TACHIBANA and Akira TSUCHIYAMA (Osaka Univ.)

The elemental fractionation in the primordial solar nebula has been discussed based on the equilibrium condensation model. Recent experimental studies have revealed the evaporation and condensation kinetics of minerals and melts. Kinetic processes could cause the elemental fractionation which is different from that predicted by the equilibrium calculation. For instance, evaporation of enstatite can cause little Mg/Si fractionation although large fractionation is expected by the equilibrium calculation. We suggest a new view of the Mg/Si and Fe/S fractionation caused by non-equilibrium kinetic processes.

土山・橋（本予稿集）の同タイトルその 1 に引き続き、本講演ではコンドライトや地球型惑星の主要元素である Mg, Si, Fe, S の元素分別を、これまでおこなわれてきた蒸発（・凝縮）実験の結果に基づき議論し、平衡モデルとの比較をおこなう。

<Mg/Si 分別> 普通コンドライト・エンスタタイトコンドライトの Mg/Si 比は CI コンドライトに比べ小さい。これは Si の過剰もしくは Mg の不足を意味する。Larimer (1979) は平衡凝縮モデルを基に、エンスタタイト ( $MgSiO_3$ ) が凝縮する前にフォルステライト ( $Mg_2SiO_4$ ) 成分の除去が起きたと考えた。Imae et al. (1995) はフォルステライトと Si-rich ガスとの反応実験から、冷却する原始太陽系星雲の中でエンスタタイトを充分につくることは難しいと結論した。この結果は Larimer (1979) の予想するプロセスが起こる可能性を示唆する。一方、蒸発プロセスを考えると、フォルステライトは、その組成のまま蒸発し、Mg/Si 分別は起こらない（例えば Nagahara and Ozawa, 1996; Tsuchiyama et al., 1998）。オリビンはストイキオメトリーを保って  $Fa (Fe_2SiO_4)$  成分が選択的に蒸発するので、固相の Mg/Si 比は蒸発につれて大きくなる (Nagahara and Ozawa, 1998)。エンスタタイトは、平衡計算によればフォルステライトを蒸発残渣に分解蒸発するが、Tachibana et al. (1998) は残渣のフォルステライトの蒸発速度も大きいため、極めて薄いフォルステライト層しか形成されないことを明らかにした。これは、エンスタタイトの蒸発では Mg/Si 分別がほとんど起きないことを意味する。パイロキシンの蒸発については実験データはないが、オリビンと同じく  $Fs (FeSiO_3)$  成分が選択的に蒸発し、Mg/Si 分別が起こると予想される。平衡モデルでは現れないケイ酸塩メルトの蒸発もまた Mg/Si 分別に寄与した可能性がある。単純系の  $MgO-SiO_2$  メルトやコンドリュール組成のメルトからは  $SiO_2$  成分が  $MgO$  成分に比べ速く蒸発する (Nagahara and Ozawa, 1996; Hashimoto, 1983)。いずれの系の蒸発プロセスも、凝縮相の Mg/Si 比を大きくする。コンドライトに見られる Mg/Si 比を蒸発という観点から説明するためには、蒸発した Si に富んだガスからの再凝縮が起こる必要がある。

<Fe/S 分別> コンドライトの Fe/S 比は原始太陽系で S の不足または Fe の過剰を引き起こすプロセスがあつたことを示す。トロイライトの凝縮速度は速く、冷却する原始太陽系星雲では平衡として取り扱える (Lauretta et al, 1996; Imae, 1994)。トロイライトや Fe-S メルトからは S が選択的に蒸発し Fe/S 分別を引き起こす (Tachibana and Tsuchiyama, 1998a, b)。金属鉄の蒸発も Fe/S 分別を引き起こす (Tsuchiyama and Fujimoto, 1995)。トロイライトや金属鉄のダストが中心星に落下する際の蒸発挙動はほぼ平衡として扱える（土山・橋、本予稿集）。ケイ酸塩鉱物にまで目を向けると、オリビンやパイロキシンの蒸発も Fa, Fs 成分の選択的蒸発により、Fe/S 分別を引き起こす可能性がある。

## ネビュラ赤道面垂直方向に運動するFeダストの蒸発挙動

小山 文生・橘 省吾・土山 明（阪大・理）

Evaporation behavior of metallic iron dust

moving in vertical direction to the midplane of the protoplanetary disk

Fumio OYAMA, Shogo TACHIBANA, and Akira TSUCHIYAMA

(Osaka University)

It is thought that the protoplanetary disk was turbulent before the parent bodies of meteorites were formed. Because of the turbulence, dust in the disk moved in vertical direction to the midplane of the disk in addition to infalling to the protosun, and suffered evaporation and condensation. We calculated evaporation behavior of metallic iron dust moving in the vertical direction and deviation from the equilibrium due to its kinetics. The kinetic effects are larger than those of dust infalling to the protosun.

惑星や隕石母天体が形成される以前の原始惑星系円盤は、乱流状態にあったと考えられる。乱流によって円盤内のダストは、原始太陽への落下運動に加え、円盤の赤道面に垂直な方向の運動を行うため、蒸発と凝縮を繰り返す。従ってダストの挙動には、(i)円盤の表面→赤道面への運動によって蒸発によるカイネティクスの効果が、(ii)円盤の赤道面→表面への運動によって凝縮によるカイネティクスの効果が現れることが予想される。

今回は(i)のケースについて、蒸発のカイネティクスを考慮に入れて、平衡蒸発位置(固体-気体平衡と元素存在度を仮定すれば、円盤内の温度・圧力分布から計算できる)からFeダストがどの程度高温側(赤道面側)まで生き残れるかを計算した。蒸発のカイネティクスについては、これまでの蒸発実験データ(Tsuchiyama&Fujimoto, 1995)を参考にした。

今回の計算に用いた原始惑星系円盤のモデルは、基本的には渡邊&井田(1996)の理論に基づいている。また、ダストの成長は考慮に入れず、ガス抵抗により減速されないような微小ダスト( $\mu\text{m}$  サイズ)が円盤内のダストの大半を占めると仮定し、これらのダストがガスと共に、乱流の典型速度で円盤の表面→赤道面へ運動するケースについて、計算を行った。詳細は講演にゆだねるが、円盤の赤道面に沿った落下運動よりも、円盤の赤道面に垂直な方向の運動によるカイネティクスの効果の方が大きい。

## 原始地球大気からのアミノ酸生成メカニズム

Mechanisms of Amino Acid Formation from Primitive Earth Atmosphere

○小林憲正, 潮賢太郎, 増田仁美, 加藤航史, 金子竹男(横浜国大工)

斎藤 威(東大宇宙線研)

Kensei Kobayashi, Kentaro Ushio, Hitomi Masuda, Koshi Kato, Takeo Kaneko (Dept. Chem. and Biotech., Yokohama Natl. Univ.) and Takeshi Saito (ICRR, Univ. Tokyo)

When a mixture containing CO, N<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O was irradiated with high energy particles, amino acids were obtained in high yield when the products was hydrolyzed. This "amino acid precursors" were proved to be complex organics whose molecular weights were several hundreds. It is strongly suggested that the complex organics were formed in the primitive atmosphere, which would yield amino acids or other organic compounds after hydrolyzed in primitive ocean. The proposed pathway is completely different from the conventional hypothesis of amino acids formation, where they were estimated to be formed from primitive atmospheres via small intermediates such as HCN, HCHO and NH<sub>3</sub> in aqueous phase.

原始大気を模したCO, N<sub>2</sub>を含む混合気体に高エネルギー粒子線を照射した場合、その加水分解物からアミノ酸が高収率で得られる。この場合のアミノ酸や他の生成物を解析し、原始地球上での生体有機物の生成機構について考察を行った。

**実験** ガラス容器に様々な組成のCO<sub>2</sub>, CO (またはCH<sub>4</sub>), N<sub>2</sub>の混合気体および水を詰め、これにVan de Graaff 加速器(東工大理)からの3 MeV 陽子線を照射した。また、同様な混合気体(約700 mL)中で、テスラコイルを用いて火花放電も行った。生成物水溶液は酸加水分解後、陽イオン交換HPLC法、GC/MS法によりアミノ酸分析を行った。気相生成物はGC-FID法およびGC/MS法により分析した。加水分解前の液相生成物はEI-MS法などによりキャラクタリゼーションを行った。

**結果と考察** 生成物を加水分解することにより、多種類のアミノ酸が生成し、その収率は生成物中の炭化水素やHCNなどの収率を上回った。加水分解前の生成物は主として分子量数百程度の分子からなる"complex organics"であり、これは気相中で気体分子から直接生成することが示唆された。生成物を同位体ラベル-EI-MS法で分析することにより、部分的に共通の骨格を有することがわかった。また、この生成物はエステル結合を加水分解する活性を有する。

これらの結果から、従来の化学進化のシナリオ(原始大気から放電などによりまずHCN, HCHOなどが生成、これらが原始海洋中で反応してアミノ酸・核酸塩基・糖が生成、さらにそれらが縮合によりオリゴペプチド・オリゴヌクレオチドとなる)は少なくとも今回の粒子線照射実験系では成り立たず、原始大気から宇宙線などによって触媒能などの機能を持つ高分子の「アミノ酸前駆体」が直接、無生物的に生成した可能性が示唆された。このシナリオの検証のため、さらにこのアミノ酸前駆体(complex organics)の構造と機能について検討していく予定である。

## Hale-Bopp彗星におけるNaテイルの形態変化について

The morphological change of the sodium tail in comet HB

○河北秀世(ぐんま天文台)、藤井 貢(エーアイ設計)

Hideyo Kawakita<sup>1</sup>, Mitsugu Fujii<sup>2</sup>,

1: Gunma Astronomical Observatory, 2: AI Sekkei Ltd.

The extended sodium tail was observed in comet Hale-Bopp, in spring 1997. The morphology of the sodium tail changed between March and April. We observed comet Hale-Bopp by the low-dispersion spectrograph. Based on our data, we calculated the distribution and the brightness of the sodium tail. Our model calculation showed the morphologicla change of the sodium tail was caused by the change of the radiation pressure and the fluorescense coefficient of the sodium atoms.

ヘル・ボップ彗星において第3の尾とも呼ばれる中性ナトリウムの尾が検出され、その生成機構をめぐっては、いまだに議論が続いている。問題となった話題の一つが、3月と4月で中性ナトリウムの尾の形態が変化しているというものである。この違いは、単純に幾何学的な原因では説明できなかったが、今回、ナトリウム原子の輻射圧と蛍光係数を考慮すれば説明できることが分かった。3月と4月では、ちょうど近日点の前後になっており、近日点後の方が、より大きな輻射圧と蛍光係数を得ることになる。そのため、核近傍にて同程度量のナトリウム原子が生成されているのもかわらず、中性ナトリウムの尾の輝度や分布に差が生じたことが、我々の分光観測から分かった。

# 55P/Tempel-Tuttle彗星の分光観測

○濱根寿彦、河北秀世(1)、鈴木文二(2)、渡部潤一(3)

(1)ぐんま天文台、(2)三郷工業技術高校、(3)国立天文台

## Spectroscopic Observation of Comet 55P/Tempel-Tuttle

# Toshihiko Hamane (1), Hideyo Kawakita (1), Bunji Suzuki (2), Jun-ichi Watanabe (3)

(1) Gunma Astronomical Observatory, (2) Misato Technical High School, (3) NAO

The comet 55P/Tempel-Tuttle is famous as the parent comet of Leonid meteors. There has been only one spectroscopic observation of this object until appearance of our observation held on January in 1998. We derived the gas/dust ratio of the comet from the observation. But it was difficult to derive absolute quantities of gas and dust from our own data. We now estimate the production rate of gas and dust based on naked eyes observation data.

33年周期を持つ55P/テンペルタット彗星は、しし座流星群の母彗星として有名である。しかし観測例は少なく、とりわけガス・ダスト量の推定に直結する分光観測は眼視による1例のみであった。そこで我々は、ガス・ダスト量を求めるべく岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡を用いて1998年1月19日から25日の5夜にわたって可視域の分光観測を行なった。その結果、CN, C<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>, NH<sub>2</sub>, [OI]輝線が検出された。[OI]輝線から求まるH<sub>2</sub>O生成量からは、これに対する相対比として化学組成が推定でき、また、ガス/ダスト比の推定も可能である。推算の結果、この彗星は平均的な化学組成をもつ一方、ガス/ダスト比が大きく、ガスの多い部類のものであることがわかった。

しかし、ガス・ダストの絶対生成量を求めるのは我々の観測からでは困難であった。そこで、眼視観測のデータをもとに、ガス/ダスト比に基づいてそれらの生成量を推定した。本発表ではしし座流星群との関連も視野に入れ、これについて述べる。

Yamato-86009 (CV3) および Murchison (CM2) コンドライトにおける  
大きな酸素同位体異常を持つオリビン・インクルージョンの発見

Discovery of olivine-inclusions with large oxygen isotopic anomalies in  
Yamato-86009 (CV3) and Murchison (CM2) chondrites.

比屋根 肇 (東大・理), 橋元 明彦 (北大・理)

Hajime HIYAGON (Univ. of Tokyo) and Akihiko HASHIMOTO (Hokkaido Univ.)

*In situ* ion microprobe analyses of oxygen isotopes in Yamato-86009 and Murchison chondrites have revealed the presence of olivine-rich inclusions (OIs) having large  $^{16}\text{O}$  excesses with  $\delta^{17}\text{O}$  and  $\delta^{18}\text{O} \sim -40$  to  $-50\text{\textperthousand}$ , similar in magnitude to those of spinel grains in Ca-Al-rich inclusions (CAIs) in Allende and other carbonaceous chondrites. The existence of  $^{16}\text{O}$ -enriched OIs suggests that such oxygen isotopic anomalies were more extensive in the early solar system than we thought previously, and that their origin is more likely attributed to some kind of nebular chemical processes rather than an unidentified  $^{16}\text{O}$ -rich carrier of presolar origin.

我々は、イオンプローブ(CAMECA, ims-6; 東京大学)を用いて、Yamato-86009 (CV3) および Murchison (CM2) コンドライトの酸素同位体局所“その場”分析(10-20 $\mu\text{m}$  スケール)をおこなった。その結果、これらの隕石中に  $\delta^{17}\text{O}$  および  $\delta^{18}\text{O}$  が  $-40\text{\textperthousand}$  から  $-50\text{\textperthousand}$  に達する酸素同位体異常を持つオリビン・インクルージョン(OI)が多数存在することを発見した。同様の特徴を持つOIは、前者の薄片(5mm x 5mm)中に 15 個以上、後者の薄片(6mm x 7.5mm)中に 40 個以上観察された。OIは主として(体積比で 50-99%) Mg に富むオリビン(多くは Mg/[Mg+Fe] > 99 mol% の forsterite)からなり、一部に pyroxene (diopsidicあるいはfassaitic), ± spinel 等からなる Ca-Al-rich な領域を含んでいる。フォルステライトの凝縮温度は CAI 鉱物(spinel, melilite 等)に次いで高いことから、何らかの高温プロセスが酸素同位体異常と関連している可能性がある。大きな酸素同位体異常を持つOIの存在は、 $\delta^{17}\text{O}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  が  $-40\text{\textperthousand}$  から  $-50\text{\textperthousand}$  という特徴的な酸素同位体異常が従来考えられていた以上に原始太陽系に広く存在していたことを示す。また、CAI, OI がほぼ同程度の酸素同位体異常を持つこと、フォルステライトの凝縮温度が CAI 鉱物と比較してやや低いことを考えると、これら特徴的な酸素同位体異常が非常に  $^{16}\text{O}$  に富む(純粋の  $^{16}\text{O}$  に近い)共通の presolar component の carrier によってもたらされたとは考えにくい。(そのような presolar grains が成長核となって CAI 等ができたとすれば、OI が形成される頃にはそれらはほとんど消費され、CAI と同程度の酸素同位体異常は作れないはずである。) むしろ nebular 中での何らかの化学的なプロセスが原因になっていると考えた方が自然である。(CAI のリムも同程度の酸素同位体異常を持つという最近の発見[Hiyagon, 1998; LPSC 29, Abs.No. 1582]もこの考えを支持する。) Thiemens らが実験的に確認した非質量依存同位体分別効果 ( $\text{O}_2 + \text{O} \rightleftharpoons \text{O}_3$  [Thiemens & Heidenreich, 1983],  $\text{CO}_2 + \text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_3^*$  [Wen & Thiemens, 1993] 等で見られる効果) は一つの可能性を示す。しかし現時点では、上記の特徴的な酸素同位体異常をつくると同時に、それを CAI, OI 等の中に固定するようなプロセスは明らかになっていない。

蒸発過程によるコンドライト化学グループの形成  
 Origin of Chemical Group of Chondrites induced by  
 evaporation of dusts

永原裕子(東大・理)

Hiroko Nagahara (Geol. Inst., Univ. Tokyo)

Iron-bearing olivine consists of Mg, Si, and Fe that are the most abundant metallic elements, and may responsible for cosmochemical fractionation. Evaporation behavior of iron-bearing olivine was experimentally studied, where evaporation rate, fractionation factor, and diffusion rate plays key roles. The chemical group of chondrites are interpreted by evaporation of olivine dusts with the kinetic evaporation model.

蒸発による元素、同位体分別の程度は温度、圧力、ガス/ダスト比の履歴とダストのサイズに依存している。この過程を定量的に取り扱うには、温度、圧力、系の組成の関数としての蒸発速度、それを時間の関数として取り扱うモデル、ガスとダストの分離に関するモデルなどが必要である。太陽系星雲においてもっとも主要な固相と考えられるフォルステライトについては蒸発速度、蒸発カイネティクスが明らかにされてきた。ところがコンドライトではかんらん石は鉄成分を多くふくんでいる。Mg, Si, Feは最も存在量の多い3つの金属元素であり、惑星組成およびコンドライト化学グループの差を担うものといえる。太陽系元素存在度はほぼ  $Mg:Si:Fe=1:1:1$  で、そのまま鉱物にあてはめると中間組成 (Fo50) のかんらん石となる。かんらん石の2つの端成分の平衡蒸気圧は著しく異なり、部分蒸発により極端な化学分化をひきおこす。すなわちかんらん石の蒸発挙動は化学分化のもっとも主要な原因となりうる。

鉄を含むかんらん石の蒸発による化学分別を実験とその結果を用いたシミュレーションにより詳細な検討をおこなった。実験は天然のかんらん石を用い、温度と組成の関数としての蒸発速度 ( $J$ )、組成の関数としてかんらん石とガスの間の分別係数（非平衡な分配係数）( $K$ )、かんらん石中の元素の拡散係数 ( $D$ ) を同時に決定した。その結果を用いると、分別は  $J$ ,  $K$ ,  $D$  の競合により進行し、温度、粒子サイズにより分別様式が複雑に変化することがわかった。

コンドライトの化学グループを Mg-Si-Fe 系に近似すると、ordinary chondrites は CI 組成からほぼ中間組成のかんらん石成分を、enstatite chondrites はそれより Mg に富むかんらん石成分を分別することにより説明される。低温において拡散が遅く、定常状態に近い蒸発が進行するとそれらのトレンドが形成されることが明らかとなった。

Semarkona(LL3.0)隕石中のコンドルールの26Al-26Mg系：  
コンドルール形成時期への制約

The 26Al-26Mg system of chondrules from Semarkona (LL3.0):  
Constraint on the chondrule formation time.

○木多紀子<sup>1</sup>、永原裕子<sup>2</sup>、富樫茂子<sup>1</sup>、森下祐一<sup>1</sup> ( <sup>1</sup>地調・<sup>2</sup>東大理)

N. T. Kita<sup>1</sup>, H. Nagahara<sup>2</sup>, S. Togashi<sup>1</sup>, and Y. Morishita<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Geological Survey of Japan and <sup>2</sup>Faculty of Science, University of Tokyo)

We report the in-situ SIMS 26Al-26Mg analyses of four chondrules from Semarkona (LL3.0) which did not experience thermal metamorphism in the parent body. The estimated 26Al/27Al ratios of these chondrules were in the range of  $10^{-5}$ , indicating the chondrules formed 2 Myr after CAI formation.

コンドルールは初期太陽系で形成されたと考えられおり、その年代を正確に決めることはコンドルール形成過程に強い制約を与える。太陽系初期に存在した半減期73万年の放射性核種Al-26に由来するMg-26の同位体の過剰は、非平衡普通コンドライト中の主としてAlに富むコンドルールからも報告されてきた。これらコンドルールの26Al-26Mgアイソクロン図より推定されたコンドルール形成時の $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ 比は、 $2 \times 10^{-5}$ から低いものでは $10^{-7}$ 以下になり、CAI ( $\sim 5 \times 10^{-5}$ ) に比べると、約100万年から500万年の年代差に相当する。しかし、若い年代を示すコンドルールには、コンドルールが母天体に取り込まれた後の熱変成によって、本来の年代より若返っている可能性が指摘されていた。

本研究では、コンドルールに母天体の変成の影響が見られないSemarkona (LL3.0) 隕石を用いて、本当に500万年までコンドルール形成が続いたのか、検証を試みた。同隕石の薄片(USNM1805-9) から、FeOに富むコンドルール3個、Mgに富むコンドルール1個を選び、地質調査所SIMS (IMS-1270) を用いて局所Mg同位体分析を行った。Alに富むコンドルールはコンドルール全体の10%しかないのにくらべ、今回測定したMgやFeOに富むコンドルールは全体の大多数をしめる、最も一般的なコンドルールである。SIMSの一次イオンのビーム径を $3 \sim 10 \mu\text{m}$ に絞り、各コンドルール中の結晶粒間の微細なガラスや、粒間の斜長石などを測定した。

コンドルール4個はいずれも、同位体分析から推定された $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ 比が約 $10^{-5}$ になり、これはCAIに対して約200万年の年代差を相当し、誤差を考慮しても年代差は約300万年以下になった。熱変成の影響を、ほんのわずかであるが受けているChainpur隕石(LL3.4)から報告されている結果と比べると明らかに古く、コンドルール相互の年代差も小さい。従って、コンドルール形成自体はCAI形成から200万年後の限られた時間内 ( $\sim 1 \text{Myr}$ ) に起こった可能性が高いことが明らかになった。この結果は、我々の太陽系星雲の進化においてCAIやコンドルールを形成した熱的な過程が少なくとも200万年間断続的にまたは継続的に、起こっていたことを示唆する。

## 地球外蛍光性有機化合物の形成過程

Formation process of extraterrestrial fluorescent organic compounds

村江達士（九大理）

Tatsushi Murae (Kyusyu University)

The formation processes of fluorescent organic compounds in carbonaceous chondrites are discussed on the bases of the chemical structure. Three types of chemical structure of the compound are considered as possible candidates. The first is the case of the remains of microorganisms. The second is the case of PAHs. The third is the case of kerogen-like compounds. In each case, several different formation processes are possible such as biological- or non-biological processes. The possible alteration processes are also discussed.

炭素の含有率の高い隕石としては炭素質コンドライトとユレイライトがあるが、その炭素質質が有機化合物として確認されているのは、炭素質コンドライトである。炭素質コンドライト中の有機化合物として種々の化合物が報告されているが、その中には蛍光性を示す有機化合物が存在することが報告されている。この蛍光性の有機化合物がどのような化合物であるかについて、幾つかの異なった報告がある。この蛍光性の化合物の形成過程については、それがどのような化合物であるかによって非常に異なった解釈が可能になるので、そのことについて検討を加えた。

- (1) 微生物の遺骸：このことが真実である場合、地球上で微生物に汚染されたケースを除くと、地球外に微生物が存在することを証明することになる。この場合、この細菌が地球上の藻類に類似しているとする主張を認めると、炭素質コンドライトの母天体にはある程度の大きさを持った水溜り（池・湖・海）が存在し、かつそこでは堆積現象があったと考えられる。
- (2) PAH：この場合は、二通りの解釈が可能となる。一つは生物の生産する有機分子から誘導されたPAHが取り込まれた場合で、他の一つは、非生物的に形成されたPAHが取り込まれた場合である。前者にはさらに二通りの解釈が可能で、直接PAHを生産する生物が隕石母天体に存在したケースと、生物が生産した化合物が隕石母天体で続成作用を受けたケースである。後者も二通りの解釈が可能で、母天体生成前に形成された場合と母天体で形成された場合である。
- (3) ケロジエン様化合物：この場合三つの可能性が考えられる。一つは、母天体に生物が存在して、その生産する有機化合物が続成重合した場合、二つ目は、母天体形成前に合成されたグラファイト様化合物が母天体形成時または形成後に欠陥構造を持つに至った場合、三つ目は、母天体形成前にケロジエン様化合物が形成されていて、そのまま母天体に取り込まれた場合である。

本講演では、これらケースを特定するには、どのようなことを考慮すべきかも議論する。

## 高圧下でのアルゴンの固相・液相分配

○宮崎明子・高橋栄一(東工大・理)

### Partition coefficients of Ar between crystals and silicate melts under high pressure conditions.

Akiko MIYAZAKI & Eiichi TAKAHASHI  
(Tokyo Inst. of Tech.)

A new method was developed for determining partition coefficients of Ar between crystals and silicate melts under high pressure conditions. Experiments were carried out with a starting material of forsterite and albite glass 1:1 mixture. The latter was doped with 0.15 wt% of Ar at 5000 bar Ar pressure and at 1200°C. Partition coefficients of Ar between silicate melts and crystals (forsterite, pyroxene and garnet) were determined at P=1.5-10GPa and at T=1400-2000°C. The obtained partition coefficient is 0.01 at most in all experiments. Accordingly, Ar is preferentially partitioned into melt phase (magma) than crystals at pressures less than 10GPa.

希ガスの固相・液相分配は、火成作用を通した地球内部からの希ガス脱ガスの重要な素過程のひとつで、大気（連続）脱ガス過程を考える上でカギとなるパラメータといえる。それで、今まで希ガスの固液分配に関するいくつかの研究がなされてきた。ところが得られた分配係数（固相／液相）の値は大きくばらつき、希ガスがマグマに濃集しやすいのか共存する鉱物に濃集しやすいのか明らかではなかった。また、比較的低圧における研究が多く、マグマ生成場のような高圧下での希ガスの分配に関するデータはほとんどない。そこで本研究では、合成したケイ酸塩 ( $\text{Fo}_{50}\text{Ab}_{50}$ ) を使って高圧下におけるアルゴンの固液分配分析法を確立し、10GPaまでの分配係数を求めた。

まず、アルバイトガラスをアルゴン 5000 気圧の雰囲気下、1200°Cで加熱し、0.15wt%のアルゴンを溶解させた。それをフォルステライトと一対一で混合し、出発物質とした。その出発物質を白金製のカプセルに封入し、高圧装置を用いて 1.5-10GPa、1400-2000°Cで加圧加熱してメルトから結晶を晶出させた。その後急冷した試料は研磨し、X線マイクロアナライザーにて結晶（オリビン、パイロキシン、ガーネット）と急冷ガラス（液相）のアルゴン濃度をそれぞれ分析した。その結果から、分配係数を計算した。得られたアルゴンの分配係数はどの場合も高々 0.01 であり、10GPa 以下の圧力条件下でアルゴンは結晶よりもメルト（マグマ）に濃集しやすいことがわかった。

## CTスキャナーにおけるPallasite隕石(Esquel)の3次元構造 - A 3D image of a pallasite using an X-ray CT scanner -

花本貴志・土山 明（阪大・理） 中野 司・中島善人（地質調査所）  
肥塚隆保・辻本与志一（奈良国立文化財研究所）

Takashi Hanamoto , Akira Tsuchiyama (Dept. of Earth and Space Sci.,Osaka Univ.)  
Tsukasa Nakano , Yoshito Nakashima (Geological Survey of Japan)  
Yasutaka Koezuka , Yoshikazu Tsujimoto  
(Nara National Cultural Properties Research Institute)

### Abstract

X-ray CT images of a pallasite (Esquel) were taken by using a scanner of industrial use. Metal and olivine grains were easily distinguished each other, although their boundaries were sometimes diffused due to the slice thickness (2mm) and artifacts. 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スキャナーは工業用のものであり、水平方向の空間分解能は0.4mmであり、2mmのスライス厚で撮影できる。これを用いてEsquel隕石 (12.5×6.5×13cm) を0.8mm間隔で連続的に撮影して、100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、重ね合わせて3次元像を構築した。さらに、olivineの3次元像を構築するために、もとの2次元CT画像においてmetalとolivineを区切る2値化処理を行った。しかし、Metal-olivine boundariesではCTスキャナーのスライス厚によって画像がぼやけてしまい、2値化のしきい値の判断が困難になっている。また、beam hardeningなどのアーティファクト（ノイズ）による影響もあり、画像処理を用いた解決方法を現在検討中である。

## グレインアグリゲイトの合体成長に対する焼結の効果

### Effects by sintering on coagulation of grain aggregates

城野信一（北大理）

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

2-D simulations of collision of an aggregate against wall is performed taking account of effects by sintering. It has been revealed that the sintering significantly reduces the efficiency of energy dissipation comparing to that of non-sintered aggregate. This mechanism may lead to the formation of preferable area of planetesimal formation in a protoplanetary nebula.

ミクロンサイズのダストグレインが原始太陽系星雲中で衝突合体して微惑星は形成されたものと考えられている (Weidenschilling 1997). 合体が起こるためにはグレインアグリゲイトどうしが衝突した時に運動エネルギーを散逸させなければならない. Dominik and Tielens (1997) による数値計算によると、原始太陽系星雲中で実現される衝突速度においてグレインアグリゲイトどうしが衝突した場合には十分なエネルギー散逸が起こりアグリゲイトが合体することが示されている。しかし、アグリゲイトの温度がある程度上昇するとグレイン間で焼結が進行し、グレイン間の結合力が大きく変化することが予想される。本研究では焼結による結合力の上昇を考慮にいれてグレインアグリゲイトの衝突を数値計算した。その結果、焼結が進行するとアグリゲイトは跳ね返ってしまい合体は起こらないことが明らかとなった。したがって、アグリゲイトの温度が上昇するとアグリゲイトの成長が遅くなることが予想される。このことから、原始太陽系星雲中には微惑星が形成されやすい領域と形成されにくい領域があることが推測される。

#### References

- C. Dominik and A. G. G. M. Tielens, 1997. The physics of dust coagulation and the structure of dust aggregates in space. *Astrophys. J.*, **480**, 647- 673.
- S. J. Weidenschilling, 1997. The origin of comets in the solar nebula: A unified model. *Icarus*, **127**, 290-306.

# 日本惑星科学会

## 秋期講演会アブストラクト

10月14日（水）

セッションIV-A

No.901-918

セッションIV-B

No.919-934

ポスターセッション・コアタイム

特別講演

セッションV

No.201-209

## 化学反応が関与する凝縮における定常核生成率の定式化 The rate of steady nucleation involving chemical reactions

山本哲生（北大理），小笠隆司（神戸大理），千貝健（北大理）  
Tetsuo Yamamoto<sup>1</sup>, Takashi Kozasa<sup>2</sup> and Takeshi Chigai<sup>1</sup>

- 1) Department of Earth and Planetary Sciences, Hokkaido University  
2) Department of Earth and Planetary Sciences, Kobe University

Formation of dust grains from vapors proceeds through nucleation and growth by collisions with relevant gaseous molecules onto clusters. The homogeneous nucleation rate has so far been formulated under the assumption of the presence of monomers having the same composition as the condensate. In nucleation involving chemical reactions, however, there are no such monomers.

We assume that the rate of nucleation is controlled by two-body collisions between the clusters and gaseous molecules of a key species, which is defined as a gaseous molecular species of the least collision frequency among the reactants (Kozasa and Hasegawa, 1987), and formulate the steady rate of nucleation involving chemical reactions.

ダスト粒子の形成は、ガス分子どうしの衝突によって進行する。通常の均質核生成理論では、定常核生成率は凝縮物質とモノマー分子の化学組成が同じという1成分系に対して定式化されている。しかし、化学反応が関与する凝縮過程では、一般に凝縮物質とモノマー分子の化学組成は同じではない。

化学反応が関与する場合の定常均質核生成率  $J$  を定式化した。一般に凝縮核形成に至る反応は多体反応であり、かつ種々の反応経路が存在する。現実の問題に適用可能な  $J$  の表式を導くため、以下の仮定をおいた：

- 1) 反応に関与する分子種の中で最も衝突頻度の小さい分子種 (key species) が反応を律速する (Kozasa and Hasegawa, 1987) .
- 2)  $n$ -mer の形成は本質的には key species と  $(n - 1)$ -mer との 2 体反応で進行する。

その結果、化学反応が関与する場合の定常均質核生成率は、key species 以外の気相分子種の分圧で決まる補正因子  $\Pi$  と 1 成分系の核生成率  $J_1$  の積で表されることを見出した：

$$J = \Pi \cdot J_1.$$

$J$  に表れる過飽和比  $S$  は形成時の化学反応に応じて定義される。この  $S$  は 1 成分の場合の過飽和比の定義の自然な拡張になっている。

### Reference

Kozasa, T., & Hasegawa, H. 1987, Prog. Theor. Phys., 77, 1402

## 固体微粒子の衝突成長について

## Coagulation of dust aggregates through the mutual collisions

酒井辰也（神戸大・自然科学研究科）

中村良介（神戸大・総合情報処理センター）

Tatsuya Sakai (The Graduate School of Science and Technology, Kobe University)

and

Ryosuke Nakamura (Information Processing Center, Kobe University)

We have investigated the dust coagulation in the turbulent protoplanetary disk, taking into account the collisional destruction of aggregates. We assume that the destruction occurs when the collisional energy exceeds the critical destruction energy, which is proportional to the total mass of colliding aggregates. Since the mechanism of destruction of aggregates has been poorly understood, some simple models are applied for estimating the size distribution of resulting fragments. In numerical simulation for a time evolution of the size distributions of aggregates, we used the Wetherill's scheme.

Our primary results show that the growth of aggregates continues against the destruction. This comes from the fact that the large aggregates have much less probability of the destructive collisions by the aggregates with comparable masses, compared with that of the growth by sticking with the smaller aggregates.

原始太陽系星雲中での乱流攪乱による集合塵の衝突成長を調べた。従来の衝突成長の研究では、破壊を考慮していない場合や、考慮していてもシミュレーションコードが衝突成長研究には不適切であるなどの問題点が多かった。そこで我々は、ダストの成長を調べる際、相互衝突による集合塵の成長の過程と共に、衝突エネルギーが集合塵の質量に比例する臨界エネルギーを越えた時の破壊過程を考慮して、新しいシミュレーションを実行した。シミュレーションコードとしては Wetherill's scheme を用いた。

一般に、集合塵は大きくなるほど乱流から受ける加速で速度が増し、衝突の際に破壊しやすい。ところが、我々の計算では、集合塵は成長し続ける事がわかった。これは、大きな集合塵においては、衝突エネルギーが臨界値を越えて破壊を起こす大きな集合塵同士の衝突の頻度が、破壊を起こさない小さな集合塵との衝突頻度と比べて、非常に低いためであることが判った。

## 固相反応によるシリコンカーバイドの創製

Formation of silicon carbide using solid-solid reaction

木村誠二、小嶋雄樹、中田俊隆、塙内千尋（立命館大理工）

斎藤嘉夫（京都工織大）、小池千代枝（京都薬大）

Seiji Kimura, Yuuki Ojima, Toshitaka Nakada, Chihiro Kaito (Ritsumeikan Univ.)

Yoshio Saito (Kyoto Institute of Technology), Chiyo Koike (Kyoto Pharmaceutical Univ.)

Experimental method to produce a compound by the use of solid-solid reaction between thin film and ultrafine particle has been used for silicon carbide formation. In the case of reaction between carbon particle and SiO film, SiC was produced by heating above 900°C by the diffusion of Si atoms from Si crystal in SiO film to carbon particle. In the case of that between Si particle and carbon film, SiC was produced above room temperature by the diffusion of carbon atoms to Si particle. In both cases, the direction of diffusion of atoms during the reaction was different.

SiC はカーボンリッチスターで見られる  $12\text{ }\mu\text{m}$  付近のピークの担い手として見られており、また最近ではプリソーラーグレインとして注目されている。そのため、SiC グレインの光学特性やその成長に関する実験の重要性が増している。今回は SiC グレインの成長を見るという観点から、薄膜と超微粒子との固相反応による SiC の生成実験をおこなった。我々が展開してきた薄膜と超微粒子の固相反応では、低い温度で合金や化合物の合成ができ、粒子の形態変化から原子の拡散方向がわかるという利点がある。組み合わせ、粒子サイズでそれぞれ特異性があることがわかり、ナノ領域での特異な振る舞いを明らかにしつつある。実験は、①SiO 薄膜上にカーボン粒子を乗せた場合と②カーボン薄膜上に Si 微粒子を乗せた場合の二つの系でおこなった。

① SiO 蒸着膜は真空中 900°C の加熱により、Si と  $\beta$ -クリストバライトに結晶化した。その結果は、蒸着した非晶質膜が Si と  $\alpha$ -クリストバライトの微結晶構造から成るとした以前の結果とクリストバライトの  $\alpha$  相から  $\beta$  相の転移温度が 275°C であることを考慮すると矛盾しない。カーボン粒子と SiO 膜を 900°C 以上で反応させた場合は、この薄膜中の Si 結晶はなくなり  $\beta$ -クリストバライトと SiC 結晶が生成した。このとき凝集したカーボン粒子は多面体の SiC へと変化した。このことは膜中の Si の拡散で反応が起こったことを示している。

② アーク放電法で作製した非晶質カーボン膜上に Si 微粒子を乗せて室温で保存するだけで、粒子の形が変化し徐々に非晶質化が起こった。また、試料を真空中 400°C で加熱すると SiC 結晶が生成した。室温で保存して生成した非晶質 SiC を 900°C に加熱しても結晶化は起こらなかった。以上のことから、カーボン原子の拡散によって室温以上でカーバイド化が進行し、拡散を使うと低い温度で結晶が生成できることがわかった。また、Si 粒子の表面を酸化させるとカーバイド化は起こらなかった。

①②の場合で、拡散原子種が変わることがわかった。

SiO、Fe、Mg 混合薄膜の構造とスペクトル  
 A correlation between structure and IR spectrum about  
 composite film of SiO, Fe and Mg.

○鈴木宣彦、木村誠二、中田俊隆、塙内千尋（立命館大理工）

斎藤嘉夫（京工織大）、小池千代枝（京都薬大）

Nobuhiko Suzuki<sup>1)</sup>, Seiji Kimura<sup>1)</sup>, Toshitaka Nakada<sup>1)</sup>, Chihiro Kaito<sup>1)</sup>

Yoshio Saito<sup>2)</sup>, Chiyo Koike<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Physics, Ritsumeikan University,

<sup>2)</sup>Department Electronics and Information Science, Kyoto Institute of Technology,

<sup>3)</sup>Kyoto Pharmaceutical University

### Abstract

In order to elucidate the relationship between crystallographic structures and infrared (IR) spectra, amorphous silicon oxide film and the film which includes iron and/or magnesium atoms have been studied on the basis of electron microscopic (EM) observations and IR spectral measurements. Composite film was prepared by coevaporation of SiO and metal powder from the different evaporation sources. The spectral changes have been discussed in the relation with the polymorphism of silica and metallic oxide.

酸素リッチスター等の赤外吸収スペクトルに見られる  $10 \mu\text{m}$  や  $20 \mu\text{m}$  付近の吸収は非晶質ケイ酸塩によるものと考えられている。また、 $18 \mu\text{m}$  付近の吸収はシリケイトに Fe や Mg 等が混ざる効果によると考えられている。そのため、シリケイトあるいは金属を含んだシリケイトの構造と赤外吸収の関係を知ることが重要になっている。そこで SiO および、SiO に Fe や Mg が混ざった膜の赤外吸収と構造の関係について研究を行った。

As deposited (Fe 40%、Si 60%) 膜は SiO と Fe の混合膜であった。この膜は赤外領域で  $\alpha$ -クリストバライトに特徴的な吸収を示した。同じ膜を空气中  $300^\circ\text{C}$  で加熱すると非晶質 SiO<sub>2</sub> 膜と  $10\text{nm}$  オーダーの FeO 微結晶からなる混合膜へと変化し、赤外吸収スペクトルには  $\beta$ -クリストバライトの特徴的な吸収ピーク以外に  $17.9 \mu\text{m}$  に顕著な吸収が見られた。 $500^\circ\text{C}$  で加熱すると非晶質 SiO<sub>2</sub> 膜と数十 nm の  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> からなる混合膜が生成し、 $19.2 \mu\text{m}$  に顕著な吸収が見られた。空气中  $1000^\circ\text{C}$  まで加熱しても Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> のような複合酸化物は生成しなかった。したがって、混合膜で見られる  $17.9 \mu\text{m}$  や  $19.2 \mu\text{m}$  の吸収は鉄の酸化物であることが明らかになった。Mg との混合膜では加熱によって MgO が生成したが、クリストバライトの吸収以外に中間赤外領域に吸収は見られなかった。これらについてさらに詳しい報告を行う。

## アモルファス氷のクラスター間の衝突付着シミュレーション

○平田和久、向井正（神戸大、自然）

### Numerical Simulation for Mutual Collisions of Amorphous Ice Clusters

○Kazuhisa HIRATA and Tadashi MUKAI

The Graduate School of Science and Technology,  
Kobe University

原始太陽系星雲の低温度領域において、氷微粒子同士の衝突合体は、より大きな凝集体を形成する過程で、大きな役割を果たしている。

我々は、MD（分子動力学）法をもとに、（1）異なった分子数を持つクラスター同士の衝突、（2）クラスター同士をかすめて衝突させる、の2種類の数値シミュレーションを実行した。

シミュレーションの結果から付着確率や、以前に行った、同じ分子数のクラスター同士の正面衝突のシミュレーションとの比較検討結果を報告する。

In general, the collisions of small clusters play a key role to produce larger aggregates in the domain with a low temperature in the proto-planetary nebula. We have carried out the two kind of numerical simulations based on the MD (Molecular Dynamics). The first simulation is the collisions between amorphous water ice clusters which are consisting of different number of molecules. The second simulation is the grazing collisions between amorphous water ice clusters. From these simulations, we present a sticking probability of ice cluster due to mutual collisions and compare these results with those for cluster-cluster collisions predicted in our previous work (Adv. Space Res. submitted in 1998).

## How did the solar nebula produce cosmochemical fractionation?

倉本 圭 (北大・低温研)

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

Systematic variations of the chemical compositions among the chondritic meteorites have been considered as consequences of some fractionation processes in the solar nebula. In particular, the systematics in Mg/Al-Si/Al ratios, Fe redox states and degrees of volatile depletion are representative of such "cosmochemical fractionation." To clarify its causes is important even in understanding the origin of the solid planets in the solar system. However, it still remains an open question how the cosmochemical fractionation was induced in the solar nebula.

In this study I present a review on this issue from the view point of 1) formation and evolution of circum-stellar gaseous disk, 2) composition and volatility of primitive dust, and 3) gas-dust segregation processes in an accreting circum-stellar disk. I propose a model in which the systematics in Mg/Si-Al/Si ratios and Fe redox states are a record of fluctuation in accretion rate of the solar nebula during accretion.

コンドライト間の化学組成の系統的な多様性は、原始太陽系星雲における何らかの分別過程の結果と考えられている。特に Mg/Al, Si/Al 比, Fe の酸化還元度, 撥発性物質の損失度の系統性はそのような「宇宙化学的分別」の代表である。これらの系統性の原因を知ることは、太陽系の固体惑星の起源を理解する上でも重要である。しかし、原始太陽系星雲においていかに宇宙化学的分別がひき起こされたのかは未解決の問題である。

今回はこの問題について 1) 周星ガス円盤の形成と進化, 2) 始原的なダストの組成と揮発性, 3) 質量降着時の周星ガス円盤におけるガス-ダスト分離過程の観点からレビューする。そして Mg/Al, Si/Al 比, Fe の酸化還元度の系統性は、質量降着期の原始太陽系星雲における降着率の揺らぎをの記録と考えるモデルを提案する。

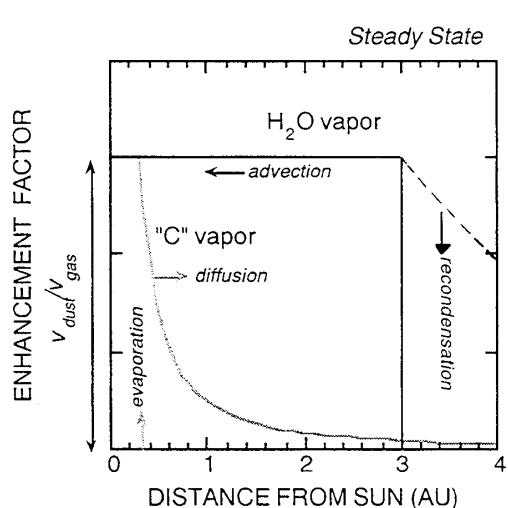


Fig.1. 降着円盤内側での炭素と水蒸気の濃集 (定常モデルの結果)。降着円盤では一般にダストがガスより速く中心星へ落下する。始原的ダストに含まれる有機炭素と H<sub>2</sub>O 氷の(分解)蒸発により円盤の内側領域ではガス中の炭素・水蒸気濃度が増す。濃度上昇度はダスト/ガスの落下速度比に比例する。質量降着率の揺らぎはこの落下速度比を変え、濃度上昇度および C/O 比の変動と不均質化をひき起こす。これは原始太陽系星雲に多様な酸化還元雰囲気をもたらし、コンドライトに見られる Mg/Al-Si/Al 比と Fe の酸化還元度の系統的多様性を生み出した可能性がある。

## Recent advances in light element study of meteorites by SIMS

N.Sugiura, Univ. of Tokyo

H, C and N isotopic compositions of meteorites provide valuable information on the formation of meteorites and the early solar system. For instance, it could elucidate thermal histories of various meteorites and heterogeneity of the solar nebula. Here some of recent results obtained by SIMS are summarized.

### 1. Iron meteorites

An important discovery is the presence of a large carbon isotopic anomaly in an iron meteorite. This suggests that although C isotopic variation among meteorites are generally small, the solar nebula was heterogeneous with respect to C as well as H and N isotopic compositions. It was also found that carbon isotopic fractionation among various phases in iron meteorites could be used for revealing cooling history of iron meteorites.

### 2. Ordinary chondrites

It was found that graphite as large as 50 micron in size is the major carrier of the isotopically heavy nitrogen in many ordinary chondrites. Such graphite also contains isotopically heavy hydrogen. The appearance of the graphite suggests that, in most cases, it experienced high temperatures in the solar nebula. Therefore, it is interpreted that the graphite was of interstellar origin and heated briefly in the solar nebula.

### 3.Bencubbin

Bencubbin is an anomalous chondrite and is known for the very heavy nitrogen isotopic composition. Our SIMS study revealed that the heavy nitrogen is present in various phases that experienced high temperatures. Therefore, it is concluded that the N isotopic composition is due to mass fractionation in the solar system.

### 4.ALH84001

ALH84001 is the Martian meteorite which has been intensively studied for evidence of biogenic activities. C and H isotopic compositions of carbonates were measured by SIMS and it was found that the H is isotopically heavy.

SHRIMPによる平衡コンドライトのIn-situ同位体分析その1  
～磷酸塩鉱物のU-Pb年代分析～

In-situ U-Pb dating in phosphate grains  
in equilibrated ordinary chondrites using SHRIMP

寺田健太郎<sup>○</sup>、佐野有司、近藤正史（広島大・理）、杉浦直治（東大・理）

K. Terada<sup>○</sup>, Y. Sano, M. Kondo

(Dept. Earth & Planetary System, Hiroshima University)

N. Sugiura

(Dept. Earth Planet. Phys., Tokyo University)

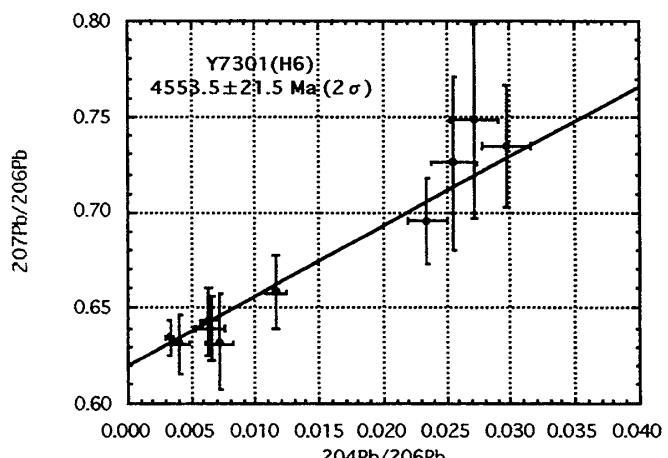
Sensitive High Resolution Ion MicroProbe (SHRIMP) was installed at Hiroshima University in 1996. In-situ spot analyses of U/Pb ratio and REE pattern in phosphate grains in equilibrated ordinary chondrites were performed. Preliminary results will be presented.

平衡コンドライト隕石の生成環境を知る上で、閉鎖温度が高くUやREEを比較的多く含む磷酸塩鉱物は、興味深い対象として注目されている。これまでTIMSを用いた磷酸塩のU/Pbバルク分析などが精力的に行われてきている。（例えば、Gopel et al. 1994）

1996年、高感度・高分解能2次イオン質量分析計(Sensitive High Resolution Ion MicroProbe; SHRIMP)が広島大学に設置された。本装置は、例えばジルコン( $ZrSiO_4$ )において、質量分解M/ $\Delta M \sim 6000$ の条件で20cps/nA/ppm(Pb)以上を達成しており、目下世界屈指のPb感度を有している。これまで広島グループでは、高い空間分解能( $\phi 5\text{--}30 \mu\text{m}$ )を活かし、terrestrialなジルコン及びアパタイト( $Ca_5(PO_4)_3(Cl, OH, F)$ )のIn-situ U-Pb年代分析やREE分析を行ってきた。(Sano et al. 1998a, 1998b, Hidaka et al. 1998)。これらの技術を応用し、岩石タイプの異なる平衡コンドライト(H4, H5, H6×3ヶ)中の磷酸カルシウムのU-Pb年代分析及びREE分析を試みたので、その結果と今後の可能性について報告する。(Preliminaryな結果を図に示す。)

<<参考文献>>

- C. Gopel et al. EPSL, 121, 153-171(1994)
- Y. Sano et al., Chemical Geology accepted (1998a)
- Y. Sano et al., GCA, accepted (1998b)
- H. Hidaka et al., Geology, submitted (1998)



## 非平衡コンドライト中のシリカを初晶とするコンドルール

A chondrule with phenocrysts of silica mineral  
in unequilibrated ordinary chondrites

○藤原龍治, 下林典正, 北村雅夫 (京大・理)

○Ryuji Fujiwara, Norimasa Shimobayashi and Masao Kitamura  
(Graduate School of Science, Kyoto University)

A radial pyroxene chondrule including phenocrysts of silica mineral in a flower shape was observed in the ALH77214 (L3) chondrite. From applying MgO-SiO<sub>2</sub> phase diagram to the bulk composition of this chondrule, the pressure for the crystallization must be higher than 1Pa. Since silica phases cannot coexist stably with chondritic materials, the chondrule can be considered to have been derived by the differentiation of precursor materials before the chondrule formation.

コンドライトを特徴づけるコンドルールはオリビンや輝石を主要構成鉱物とし、熱力学的平衡下ではシリカ相は存在できない。Brigham et al (1986)等でシリカを含むコンドルールが報告されているが、シリカに富む組成の成因は決まっていない。今回、ALH77214(L3)コンドライト隕石中に花弁状のシリカ鉱物を含む radial pyroxene コンドルールが 1 個だけ観察された。このコンドルール中の組織は、コンドルール成因を解く一つの鍵となると考えられる。本研究ではこの花弁状鉱物に注目し、このコンドルールの偏光顕微鏡観察と走査型電子顕微鏡観察を行った。

このコンドルールは、コンドライトの平均組成と比較して、有意にシリカに富む組成を持っている。ここで、真空中では溶融体からの Si の蒸発速度が Mg と比較して速いことを考慮すると、コンドルールの生成段階におけるメルトからの蒸発による分化ではシリカ相を含むコンドルールの生成の説明が困難と考えられる。したがって、組成の分化の時期としてはコンドルールの前駆物質の段階であり、その後分化した成分が他の成分と反応できない環境にあったため、シリカに富む固相が残ったと考えられる。

また、花弁状シリカ相は樹枝状結晶に似た形状を示しており、周りにコロナ状に K(カリウム)の減少が確認される。シリカ相の大きさは直径約数 10 μm である。その隙間を輝石の lath とアルカリガラスが埋めている。輝石の lath の幅は 2~3 μm であり、シリカの組織は輝石の lath の伸長方向に対して、影響を受けていない。このように、シリカ相が輝石に比べて十分大きいことなどからシリカが初晶である可能性が高く、さらにコンドルールのバルク組成と MgO-SiO<sub>2</sub> 系の相図の比較からシリカ鉱物の晶出時の圧力は少なくとも 1Pa より高いと考えられる。

## 境界要素法によるプリューム上昇モデル

Boundary Element Approach to a Rising Plume Model

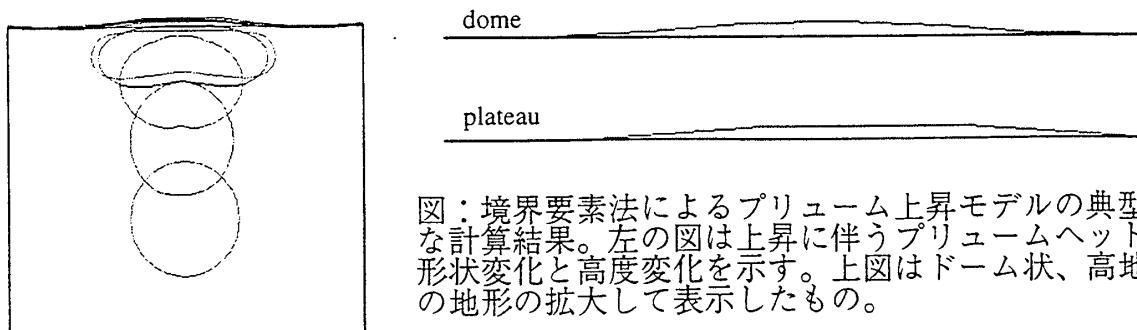
°宮本英昭・佐々木晶（東大・理）

Hideaki Miyamoto and Sho Sasaki (Univ. Tokyo)

Many circular regions on Venus are identified as potential plume sites. They are frequently associated with volcanism and broad topographic rises. A model to explain these features should include both the dynamic support and the gravitational relaxation factors. However, previous studies have evaluated one of these factors separately but failed to include both of them. Based on the BEM technique, we have developed a new numerical code for solving a viscous flow problem with a moving boundary in gravity field. Boundaries in our model can have arbitrary shapes, so we can evaluate the above two factors. Using this code, we examined that the dome-shaped features will develop at the beginning of the evolutional stage of a plume rise, and it is followed by plateau-shaped features whose gravity to topography ratio is lower than that of the dome-shape.

プリュームの上昇域と見られる所では、多くの場合火成活動と広範囲の地形の上昇を伴う。しかしこのような場所では、マントルの対流によって地形が動的に支えられていると考えられているため、地表面で観察される活動を内部の挙動と関連して説明することは難しい。動的に地形を支える作用は数値モデルの構築が困難なために、従来のモデルは、主応力と高度が釣り合う ( $\sigma_{zz} = \rho gh$ ) という簡便な近似が成立することを仮定していた。しかし講演者らは、この近似には上昇した高度自体の重力緩和の効果が入っていないため、計算される高度は非常に大きな値となってしまうことに気がついた。そこで境界を正確に計算できる手法（境界要素法）を使って境界を自由に動かせる数値モデルを作り、この中で境界が自由に変形することができる粘性小球を上昇させることにより、プリューム上昇に伴う地形や応力場の変化を説明しようとしている。

下図は典型的な粘性小球（プリュームヘッド）の上昇に伴うプリュームヘッドと地形の変化を示している。球状のプリュームヘッドが上昇して表面に近づくと、表面付近の応力場が変化し、次第に偏平形に変わって行く。この時地表面に観察されるのはドーム状の地形である。さらに時間が経過すると、プリュームヘッドは更に平たい形状となっていき、地表面で観察される地形はドームから表面の平たい高地状へと変化する。このような地表面の進化は、金星の高地の進化と調和的であると考えられる。



図：境界要素法によるプリューム上昇モデルの典型的な計算結果。左の図は上昇に伴うプリュームヘッドの形状変化と高度変化を示す。右の図はドーム状、高地状の地形の拡大して表示したもの。

イオの火山噴火 - プリュームのモデル計算  
Numerical Calculation of Ionian Volcanic Plumes

草薙誠徳, 松井孝典 (東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻)  
Tomonori Kusanagi and Takafumi Matsui, Dept. Earth and Planet. Phys., Univ. of Tokyo, Japan

Recent Galileo observation has revealed the high temperature volcanism on Jupiter's satellite Io. It has been thought that Ionian volcanism is driven by sulfur and its compounds, but the temperature of some hot spots on Io is estimated to be as high as ~1,400K, much higher than boiling temperature of sulfur. We tried to model the volcanic plumes on Io based on the facts inferred from recent observations.

ガリレオ探査機による木星衛星イオの火山の観測により、極めて高温のマグマなど、以前には考えられていなかった特徴が次々に明らかになりつつある。こうした現状をふまえて、本研究ではイオの火山噴火モデルを再考する。

イオは地球を除けば、現在火山活動が確認されている唯一の天体である。イオの火山の噴煙は、1979年にボイジャーによって初めて撮影された。以後十数年にわたって、ボイジャーがもたらした情報から、イオおよびイオの火山活動についての多面的な研究が繰り広げられた。

近年、地上観測、ハッブル宇宙天文台による観測、ガリレオ探査機による調査などから、イオのホットスポットの中には、温度が 1,500K を超えるものがあることが明らかになった (e.g., Veeder et al., 1994)。イオウの沸点は約715Kなので、この事実は、イオウ（ないしその化合物）からなるマグマの噴出という、従来のイオの火山噴火の描像を覆すものである。

イオは強烈な潮汐加熱を受けており、そのため内部は幾度となく熔融を繰り返してきたと考えられている (Keszthelyi and McEwen, 1997)。イオの場合、この内部の熱を衛星外部に解放する主要なメカニズムは火山活動である。従って、火山活動の理解は、イオの熱史を考える上で欠かせない。また、現在のイオにはプレートテクトニクスの証拠が見つかっていないこと、表面での熱流量が極めて大きいこと、マグマが比較的未分化であることなど、イオには初期地球のおかれていた状況に類似した点がある。そこで、イオの火山を調べることによって、初期地球についてなんらかの示唆

を得ることを期待できる。

イオの噴煙のダイナミクスを数値的に解明しようとする試みに先鞭をつけたのは、Kieffer (1982) の研究である。この研究は、マグマ供給領域・マグマ溜り・火道・クレーター・噴煙の 5 つの領域それぞれを考察し、イオの火山活動をはじめて総合的に取り扱った。現在に至るまで、殊に噴煙の数値計算による研究の方面においては、この研究から大きな進展はないといってよい。とはいって、Kieffer (1982) では、イオウ化合物を主成分とする、比較的低温のマグマを想定している。

先に述べた最近の観測は、イオのマグマが主に融点の高い苦鉄質のシリケイトであり、火山噴火は、中に含まれるイオウ化合物からなる揮発性物質によって駆動されていることを示唆していると考えられる。本研究では、この新しいイオの火山の描像に基づいた噴火モデルを構築し、固気二相流モデルを用いた数値計算によって、イオの火山噴火についての知見を得ることを目指した。

## 月の熱史と地形の粘性緩和

小島勝行 阿部豊

東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻

**Constraint on the formation history of the lunar topography:  
viscous relaxation with the lunar thermal history**

Katsuyuki Ojima and Yutaka Abe

*Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo 113, Japan*

Topography and gravity data are obtained by the previous lunar mission. Observed lunar admittance cannot be accounted by Airy-type isostasy model. The thickness of the elastic lithosphere should have been increased since the formation of the moon because of secular cooling of the lunar interior. Consequently, the topographic feature with younger age and larger scale should be less compensated. We assume that it is because of this cooling effect that no Airy isostasy model can account for the observed lunar admittance. We obtain scale- and age-dependence of admittance by calculating the relaxation of cooling viscoelastic 2D half-space. We show that large-scale (about 5000km) topography of the moon should have formed after 200 to 500 My from the lunar formation.

月探査によって月の地形・重力場が得られている。観測された月のアドミッタンス（ジオイド高／地形高）はエアリー・アイソスタシー・モデルでも、弾性サポート・モデルによっても説明が出来ない。アイソスタシー・モデルでは波長によって地殻の厚さが異ならなければならないし、弾性サポート・モデルでは波長によって弾性層の厚さが異ならなければならないからである。ここで、地形の形成時期に注目してみると、月は形成初期に熱く徐々に冷却されていったため、後に形成された地形や水平波長の短い地形ほどアイソスタシーに達しにくくなり弾性支持の割合が増すはずである。この形成時期の違いによって、月のアドミッタンスの波長依存性を説明することを試みる。これによって月の地形形成史に対して制約を与えることができると期待される。

表面から冷却されている二次元半無限粘弹性体として月を近似し、様々な水平スケール・様々な形成時期の地形が現在どの程度のアドミッタンスを示すのかを実際に計算してみた。計算結果によると、観測された月のアドミッタンスを説明するには、5000km程度の長波長の地形（月の二分性に対応する）は2-5億年以降に形成されなければならず、またその起源は外因的であると示唆されることが示された。

## 月の重力場と地形の局地的なアドミッタンス

○青島 千晶, 並木 則行

(九州大学 理学研究科 地球惑星科学専攻)

## The localized admittance of the lunar gravity field and topography

○ Chiaki AOSHIMA and Noriyuki NAMIKI

( Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University )

The correlation between geoid and topography on the Moon is poor for the global average. It is possibly due to an incomplete coverage of the Doppler tracking data. We calculate localized admittances between three lunar gravity models (GLGM-2, Lun60d, LP75D) and the topography model (GLTM-2B) to evaluate relative reliability of each gravity model. At the low latitude on the near side, the three gravity models show similar admittances, however, at the middle latitude, three models are noticeably different. At the high latitude and on the far side, the magnitude of the calculated admittance increases rapidly for any gravity model, thus is unlikely to reveal any physical significance.

月の重力場モデル (GLGM-2 [Lemoine et al., 1995], 図 1

Lun60d [Konopliv et al., 1993], LP75D) と地形モデル (GLTM-2B [Smith et al., 1996]) には全球平均での相関が見られない [Bills and Lemoine, 1995]。探査機の追跡データは主に月の表側の 30N から 30S に集中しており、中高緯度や裏側では観測データが少ないことが主要な原因であると考えられる。どのモデルがより現実的な月の重力場を表すか、また、地球物理学的解析に応用できる地域の範囲を調べるために、地形モデルと 3 つの重力場モデルの局地的なアドミッタンスを求め、比較した。

月面を緯度方向、経度方向ともに  $30^\circ$  ごとに分け、各地域別にジオイドと地形を  $3^\circ$  おきに計算して、最小二乗法を用いてアドミッタンスを計算した。月の表側の低緯度 ( $30N \sim 30S$ ) では、各重力場モデルのアドミッタンスはよく似ているが (図 1)，表側の中緯度 ( $30S \sim 60S$ ,  $30N \sim 60N$ ) では 3 つの重力場モデルのアドミッタンスは有為に異なっている (図 2a)。Lun60d と LP75D ではアドミッタンスの振幅は同程度であるが誤差は LP75D の方が小さく、さらに GLGM-2 の誤差は他のモデルに比べ極端に小さい (図 2b)。誤差の大きさからすると、GLGM-2 はより現実的なモデルであるように思われるが、GLGM-2 のジオイドが  $30$  次以上ではほとんど 0 になり、パワーが小さいために [Neumann et al., 1996] 誤差も小さくなっていると考えられる。また、高緯度 ( $60N \sim 90N$ ,  $60S \sim 90S$ ) や月の裏側などの観測データがない地域では、アドミッタンスの振幅は非常に大きくなり、いずれの重力場モデルも信頼性が低いようである。

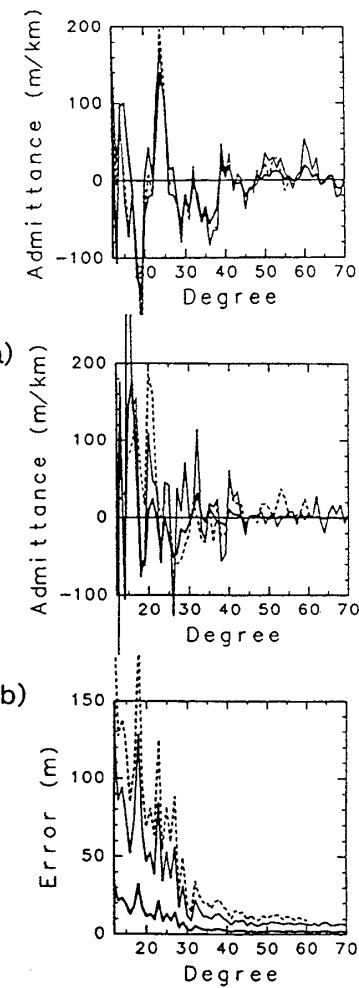


図 2(a)

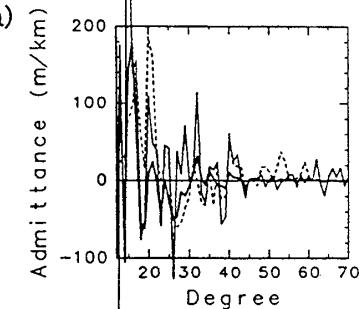


図 2(b)

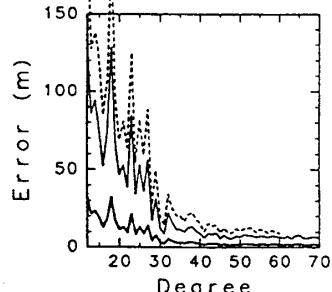


図 1 (0~30E, 0~60S)におけるアドミッタンス  
図 2 (a) (0~30E, 30S~60S)における  
アドミッタンスと (b) その誤差

図 1,2 ともに太い実線は GLGM-2, 細い  
実線は LP75D, 点線は Lun60d を示す。

## Clementine データによる月クレータ ejecta 分布の解析

○平田成, 春山純一, 大嶽久志(宇宙開発事業団)

### Analysis of crater ejecta on the moon using Clementine imaging data

Naru Hirata, Jyun-ichi Haruyama, and Hisashi Otake

(National Space Development Agency of Japan)

We analyzed ejecta distribution of four large fresh craters of the moon using Clementine UVVIS imaging data. The analysis revealed that three craters (Tycho, Jackson and Vavilov) have “dark rings” which are characterized by low albedo and high 750/415 nm around their rims. These spectroscopic features are interpreted to indicate the presence of impact melt glass. The dark rings extend about 1.2 crater radius from the rim. The impact melt glass of crater Copernicus is concentrated within rim. We found non-isotropic distribution of Copernucus ejecta. This result suggests oblique impact or heterogeneity of basement lithology.

クレータ形成現象は惑星表面の地形を支配する重要な地質活動の一つである。リモートセンシングデータからクレータ ejecta 分布を明らかにすることは、クレータ形成の過程の理解に大きく寄与する。今回 Clementine 探査機の UVVIS カメラマルチバンド画像データを用いて月クレータの ejecta 分布、特に impact melt の分布の解析を試みた。対象としたのは Copernican と判定されている比較的新鮮な 4 つのクレータである。

Tycho ( $D=85\text{km}$ ), Jackson ( $D=77\text{km}$ ), Vavilov ( $D=99\text{km}$ )：これらの高地クレータの周囲には dark ring と呼ばれる低アルベドかつ高 750/415 nm の領域が存在する[1]。これは地上実験で取得されたガラスに富んだ物質の特徴と一致しており[2, 3]、急冷された impact melt が主にクレータ周囲に広がっていることを示すと思われる。3 つのクレータでの dark ring の広がりはリムからおよそ 1.2 クレータ半径程度であった。

Copernicus ( $D=93\text{km}$ )：高地－海の境界部に位置する Copernicus では dark ring の存在は認められなかった。しかし、リムの内部には高 750/415 nm の領域が存在し、これは地形から主張されている impact melt の存在域と一致している[4]。また、Copernicus では ejecta の分布の異方性が極めて大きいことが明らかになった。これはクレータ直下の地質構造の不均質性、もしくは斜め衝突によるクレータ形成を示唆している。

- [1] McEwen et al. (1993) *J. Geophys. Res.*, **98**, 17207-17231. [2] Tompkins et al. (1996) *Lunar Planet. Sci.*, **27**, 1335-1336. [3] Tompkins et al. (1997) *Lunar Planet. Sci.*, **28**, 1441-1442. [4] Smrekar and Pieters (1985) *Icarus*, **63**, 442-452.

## LUNAR-A・ペネトレータの熱物性測定実験；ジンバルブロック

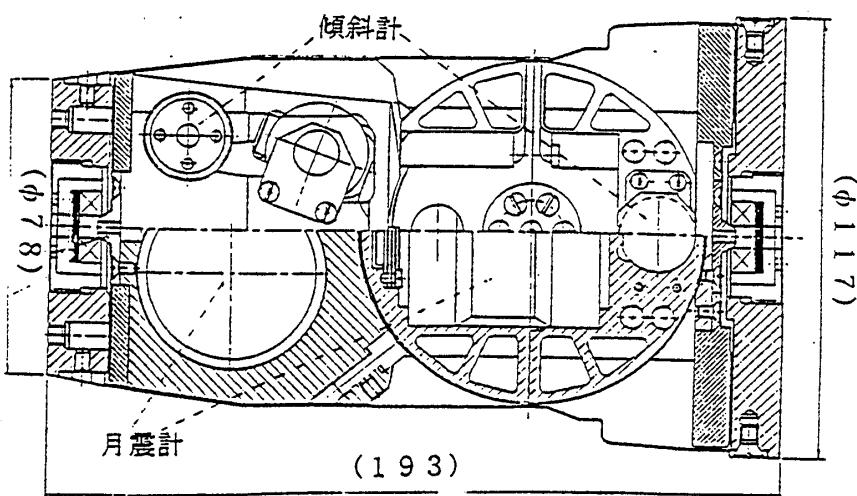
Measurements of thermal properties of the penetrator's mechanical components; gimbals block

○吉田 信介、田中 智、宝来 帰一、水谷 仁、藤村 彰夫、早川 雅彦（宇宙研）、  
平井 研一（日産自動車）

○Yoshida Shinsuke, Tanaka Satoshi, Hourai Kiichi, Mizutani Hitoshi, Fujimura Akio, Hayakawa Masahiko (ISAS),  
Hirai Ken'ichi (Nissan)

In situ heat-flow measurements will be carried out in Lunar-A mission. Detailed analysis of the temperature field within and around the penetrator is required. We have developed a system to measure the thermal properties of the penetrator's mechanical component, within 10% errors. We have measured the thermal conductance, 4mW/K, between bottom and top of rotational mechanism of seismometers. This "low" conductance is caused by the fact that the thermal path is limited through small contact area of ball bearing. Our result has a good advantage in the measurements of the temperature gradient of the penetrator.

本研究では月での計測環境に近い約-20℃で、ペネトレータ各構成物質の熱物性を約10%の精度で計測できるシステムを構築した。ジンバルブロック（月震計回転機構部）は、搭載された月震計を水平動、上下動を用いて水平状態にする働きをする複雑な構造物であるが、汎用性の高い本計測システムを用いて機軸方向両端の熱コンダクタンス計測を行った。定常法により4mW/Kという値を得た。断熱性が高いのは、ボールベアリング結合部の接触面積が小さいためであり、ペネトレータ機軸方向の温度勾配計測の精度確保において有利となる結果が得られた。



ジンバルブロック全体構成図

## 模擬小惑星表面を用いた室内偏光測定

○古我知素文、石黒正晃、亀井秋秀、中村昭子、向井正（神戸大・自然）

### Laboratory measurement of polarimetry by asteroid surface analogue

○Motofumi KOGACHI, Masateru ISHIGURO, Akihide KAMEI,  
Akiko M.NAKAMURA, Tadashi MUKAI

The Graduate School of Science and Technology, Kobe University

The results of polarimetry of asteroids from the ground are known to show the phase angle dependence. Through polarimetric observations we can estimate the size distribution and porosity of surface regolith. Knowledges of incident and emergent angle dependence of polarization are still poor.

We prepared the surface analogue of asteroids consisting of olivine particles. We measured the polarization of the analogue surface with changing incident and emergent angles at fixed phase angle by using a He-Ne laser tube ( $\lambda = 0.6328 \mu m$ ) as the light source. Here we will show these laboratory results.

小惑星の偏光観測によると、その偏光度は位相角（太陽一小惑星一観測者とのなす角）に依存して変化することが知られている。この偏光度の位相角依存性は天体表面のミクロンレベルでの構造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。一方で偏光度の入射角、出射角に対する依存性についてはあまりよく知られていない。これを室内実験で検討するために、小惑星表面レゴリスを構成するとされる微粒子試料の一つオリビン ( $Mg_2SiO_4$ ) を用いて小惑星疑似表面を再現した。これに光源の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位相角を固定し入射角、出射角を変化させて偏光測定を行なう。ここで得られた室内測定結果より、探査機による小惑星の偏光度の二次元マッピングの意義を検討する。

## メインベルト小惑星9Metisの表面特性

◦中山 裕之(神戸大・自然)、横川 創造(東京大・理学研)、石黒 正晃、藤井 康正  
 石元 裕史(神戸大・自然)、中村 良介(神戸大・情報センター)、向井 正(神戸大・自然)  
 尾久土 正己、坂元 誠、田中 英明(みさと天文台) 平田 龍幸(京都大・理)、岡崎 彰(群馬大・教育)

### Surface Properties of the Main Belt asteroid 9Metis

◦Hiroyuki NAKAYAMA<sup>1</sup>, Sozo YOKOGAWA<sup>2</sup>, Masateru ISHIGURO<sup>1</sup>, Yasumasa FUJII<sup>1</sup>,  
 Hiroshi ISHIMOTO<sup>1</sup>, Ryosuke NAKAMURA<sup>3</sup>, Tadashi MUKAI<sup>1</sup>, Masami OKYUDO<sup>4</sup>,  
 Makoto SAKAMOTO<sup>4</sup>, Hideaki TANAKA<sup>4</sup>, Ryuko HIRATA<sup>5</sup>, and Akira OKAZAKI<sup>6</sup>

<sup>1</sup>The Graduate School of Sci. and Tech., Kobe University, <sup>2</sup>The Graduate School of Sci., Tokyo University  
<sup>3</sup>Information Processing Center, Kobe University <sup>4</sup>Misato Observatory <sup>5</sup>Faculty of Science, Kyoto University  
<sup>6</sup>Department of Sci. Education, Gunma University

9Metis is one of the main belt asteroids classified as S-type with a spin period of 5.079 hours. It is known that some brightest asteroids show a time variation of linear polarization due to a rotation of the asteroid itself.

We made the observations of linear polarization of 9Metis from December 1 to 7, 1997, by using eight-channels polarimeter at the Dodaira Observatory. Simultaneously, we performed photometric observations by using CCD at the Misato Observatory.

We present the results of polarization measurements from December 2 to 5, 1997, and discuss the surface properties of 9Metis by using the lightcurve and the rotational albedo variation derived from the time variation of polarization degree.

9Metisは自転周期5.079時間のSタイプのメインベルト小惑星である。一般に小惑星は過去のいくつかの観測で偏光度の時間変動が報告されており、これは小惑星の自転周期に関係していると考えられている。

我々は、偏光度と光度の時間変動の同時観測から、9Metis表面の物理状態を推定した。この偏光・測光観測を1997年12月2日から7日にかけて堂平観測所で多色偏光測光装置を用いてを実施した。同時に、みさと天文台でCCDを用いて可視測光観測を行なった。

今回は、偏光度の変動(偏光度0.84%程度を中心)に変動幅約0.1%)と光度の変動(約0.21等)の関係、偏光度の波長依存性、偏光度の変動から求められたアルベドの変動などを総合し、9Metisの持つ表面特性について報告する。

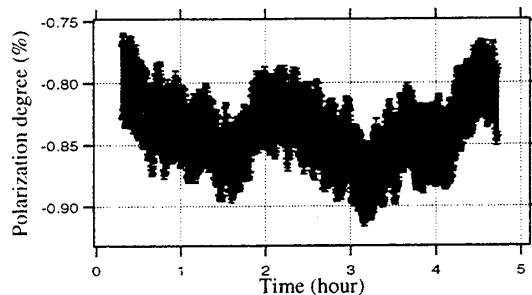


Fig.: The rotational variation of polarization degree for 9Metis. -0.80, -0.85 and -0.90% of  $P$  are equal to 0.154, 0.143 and 0.134 of albedo, respectively.

## 小惑星9Metisの3軸比決定

横川創造 (東京大学理学系研究科地球惑星物理学専攻) 1

中山裕之 石黒正晃 藤井康正 石元裕史 向井正

(神戸大学自然科学研究科) 2

中村良介 (神戸大学計算機センター) 3

岡崎彰 (群馬大学) 4 平田龍幸 (京都大学) 5

尾久土正己 坂元誠 田中英明 (みさと天文台) 6

1 Yokogawa Sozo / The graduate school of science, Univ. of Tokyo

2 Nakayama Hiroyuki , Ishiguro Masateru , Fujii Yasumasa , Ishimoto Hirosi , Mukai

Tadashi / The graduate school of science and technology, Kobe Univ.

3 Nakamura Ryosuke / Infomation Processing Center, Kobe Univ.

4 Okazaki Akira / Gunma Univ.

5 Hirata Tatuyuki / Kyoto Univ.

6 Okyudo Masami , Sakamoto Makoto , Tanaka Hideaki / Misato Observatory

Asteroid 9Metis is a main-belt object. Its semimajor axis, inclination and eccentricity are 2.386AU, 5.578deg. and 0.121, respectively. Our photometric and polarimetric observation have been performed at Dodaira Observatory of National Astronomical Observatory and Misato Observatory in Wakayama prefecture between Dec. 2nd and 7th, 1997. Adding our photometric data on past photometric data of 9Metis , we estimate the axis ratio by applying the amplitude and magnitude method. We also derive the albedo of 9Metis from our polarimetric data and past polarimetric data. Using both the axis ratio and the albedo, the expected size of 9Metis is about  $238 \times 182 \times 136$ km.

小惑星9Metisは、軌道長半径2.386AU、軌道傾斜角5.578°、離心率0.121、のメインベルト天体である。我々神戸大学観測グループは昨年12月に、国立天文台堂平観測所、和歌山県みさと天文台にて、それぞれ偏光測光観測、測光観測を行った。その際に取得したライトカーブの振幅に加え、過去になされた9Metisの測光データを用いて回転楕円体を仮定したときの9Metisの3軸比の決定を試みた。

3軸比の決定には小惑星の色々な黄経でのライトカーブの振幅や絶対光度から地球から見た小惑星の方向と小惑星の回転軸との間の角度 (Aspect Angle) を見積もり、それに基づいて各軸率を決定するAmplitude and Magnitude Methodを用いた。また小惑星の偏光度から求めたアルベドと9Metisの絶対光度から小惑星の大きさも同時に求めてみた。

今回決定した9Metisの3軸比はA軸 : B軸 : C軸 = 1.73 : 1.34 : 1となり、そのサイズは $238 \times 182 \times 136$ kmとなった。

## MUSES-C近赤外線分光器(NIRS)の現状

### Near-Infrared Spectrometer (NIRS) of MUSES-C mission

安部正真（宇宙研），藤原顯（宇宙研）

Masanao ABE (ISAS), Akira FUJIWARA (ISAS)

Near-infrared spectrometer (NIRS) will be loaded on MUSES-C spacecraft. NIRS is at the proto model manufacturing phase. NIRS can obtain the solar reflected spectrum of the asteroid surface in near-infrared region which is useful to estimate the surface mineralogy of the target asteroid. Observable wavelength is from 850nm to 2100nm with about 20nm resolution. Field of view is about 0.1deg. At the rendezvous phase, slewing the spacecraft and using the rotation of asteroid itself, global mapping of the asteroid will be performed.

宇宙研の小惑星探査計画 (MUSES-C) に搭載予定の近赤外線分光器 (NIRS) は、現在機器の設計がほぼ固まりプロトモデル (PM) を製作中である。NIRSの観測波長域は0.85～2.1ミクロンで分解能は約20nmであり、観測データをもとに小惑星表面の鉱物組成に関する情報を得ることを目的としている。視野角は約0.1度で、現在想定されているランデブーフェーズでのホームポジションの高度約10kmからは小惑星の表面を20m以下の空間分解能で観測することが可能である。ホームポジションでは探査機の姿勢変化と小惑星の自転運動を利用して、小惑星表面の全面マッピングを行う。この観測を通して、表面物質の空間分布に関する情報を得ることができる。

以下にNIRS (センサ部) の仕様を示す。

- ・ 観測波長域：850nm～2100nm
- ・ 波長分解能：約20nm
- ・ 観測視野角：0.1deg × 0.1deg
- ・ 光学系構成：対物系：非球面反射鏡（有効径約27mm）  
コリメータ系：非球面反射鏡  
分散系：グリズム  
カメラ系：5枚組レンズ
- ・ トータルF値：1.06
- ・ 光学系効率：20%程度
- ・ 検出器：InGaAs リニアイメージセンサ  
画素数：64  
画素サイズ： $50\text{ }\mu\text{m} \times 100\text{ }\mu\text{m}$   
分光感度特性(@-10°C)： $0.15\text{A/W}@0.8\text{ }\mu\text{m}, 0.95\text{A/W}@1.5\text{ }\mu\text{m}, 1.3\text{A/W}@2.0\text{ }\mu\text{m}, 0.85\text{A/W}@2.1\text{ }\mu\text{m}$
- ・ 暗電流レベル(@-10°C)： $0.05\text{nA}@50\text{mV}$ バイアス電圧  
NEP(@-10°C)： $4 \times 10^{-14}\text{ W/Hz}^{0.5}$ @10mVバイアス電圧@ $2.0\text{ }\mu\text{m}$
- ・ 冷却部：検出器パッケージ内部に2段式ペルチ工素子を内蔵
- ・ シャッタ部：ムービングマグネット・フレクシャピボット軸受け方式（動作周波数約10Hz）
- ・ 校正用ランプ部：航行中のキャリブレーションに使用
- ・ センサ部全体サイズ：300mm × 180mm × 100mm（取付部を含む）
- ・ センサ部全体重量：1.4kg（CPU,PSU,I/F回路は含まない）
- ・ センサ部使用電力：約10W（CPU,PSU,I/F回路は含まない）

## 実験とシミュレーションによる衝突破片の反射現象の研究

Experimental and theoretical study of reflection of solid body fragments on flat surface

高木 周 (電気通信大学)、藤原 顕、安部 正真 (宇宙科学研究所)

Shu Takagi (University of Electro-Communications), Akira Fujiwara, Masanao Abe (ISAS)

In MUSES-C mission, asteroid sample will be collected from ejecta that occurred in collisions between projectiles and the surface. The sampling mechanism has a funnel-shaped tube called horn inside which the ejecta, after several times reflection, are led toward a small sample container. To determine the most efficient shape of the horn, we studied reflection law of ejecta on a flat surface by experiments and numerical simulations.

MUSES-C ではサンプルの採取方法として、小惑星表面に弾丸（プロジェクタイル）を射出し、その衝突で発生する破片（衝突破片）を集めることが考えられている。サンプルの採集装置はホーンと収納部の大きく 2 つの部分に分かれている。このうちホーンは飛散するサンプルを反射させ、収納部に効率よく導いて収集するためのメガホン状の部分である。

ホーンをどのような形状にすればサンプルを効率よく採取できるかを考えるためには、衝突破片が壁面で反射する前と後との角度・速度にどのような関係があるかを知る必要がある。そこで我々はまず実際に衝突実験を行い、衝突破片がアルミ板の壁面で反射する際の並進運動の変化を観察した。加えて、衝突破片の反射を橍円体の平面での運動として近似することにより、実験で得られたデータを説明することを試みた。

その結果、

- (1) 破片を橍円体で近似した数値シミュレーションによって衝突実験より得られた傾向が説明できること
  - (2) 入射角（壁面からの角度）が大きいほど速度の減衰率が高いこと
  - (3) 摩擦が大きいほど入射角と反射角の間の分散が大きくなること
- などがわかった。

本講演では、この結果を用いた衝突破片のホーン内での振る舞いについての検討についても報告する予定である。

# 可視CCDカメラを用いた黄道光微細構造の観測

石黒正晃<sup>○</sup>、中村良介、藤井康正、向井正（神戸大）

## Photometric Observation of Visible Dust Bands

M.Ishiguro<sup>○</sup>, R.Nakamura, Y.Fujii, and T.Mukai

### 1. INTRODUCTION

近年、赤外線衛星の観測によって惑星間塵の起源について盛んに研究されるようになってきた。中でも IRAS によるダストバンドの発見は、惑星間塵の起源が小惑星であるという直接の証拠となった [1]。我々のグループでは 97 年 11 月 2 日のマウナケア（ハワイ・2800 m）での観測から、地上観測で初めてダストバンドを検出した（表紙参照）[2]。可視光によるダストバンドの検出は初めてである。

### 2. 本研究の目的

本研究では、IRAS による観測データと比較することにより、赤外線で観測されるダスト

バンドと可視域で見えているダストバンドの比較を行った。また、ダストバンドの 3 次元空間分布 [3] の光散乱モデル計算との比較検討も行った。

### 2. RESULTS

IRAS データの比較から、可視域で観測されるダストバンドは、赤外域で観測されるダストバンドと空間的にほぼ同じものを見ていると考えられる。更に、モデル計算の結果、太陽離角  $\epsilon \sim 180$  度付近で観測されたダストバンドは明らかに小惑星 Themis, Koronis ファミリー起源のダストバンドであることがわかった。

### 1. INTRODUCTION

Recently, Infrared satellite have provided the new concept concerning the origin of the interplanetary dust grains. Especially dust bands discovered by Infrared Astronomy Satellite (IRAS) link their origin to the asteroids [1]. We observed the zodiacal light at Hale Pohaku on Mauna Kea (Hawaii, 2800m) in November 2nd, 1997. We have found the dust bands for the first time from the ground-based observation [2].

### 2. OUR GOALS

In this work, we compare our visible dust bands with IRAS dust bands which are reduced from IRAS raw data by using the same procedure as doing in visible.

Moreover, we calculate the dust bands brightness by using the three-dimensional spatial distribution model [3].

### 3. RESULTS

From a comparison with IRAS observation, we confirm that the dust particles composed of the visible dust bands are located at the same region as those composed of the Infrared dust bands. As a result of the model calculations, we find that two dust bands near the anti-solar point have origin from the Themis and Koronis asteroidal families.

### REFERENCES

- [1] Low et al., 1984, *ApJ*, **278**, L19-L22
- [2] Ishiguro et al., 1998, *ApJ*, (in press)
- [3] Reach et al., 1997, *ICARUS*, **127**, 461

## うしかい座流星雨と 7P/ Pons-Winnecke 彗星

The sudden appearance of Bootids and comet 7P/Pons-Winnecke

谷川智康

Tomoyasu Tanigawa

県立尼崎高校

Hyogo prefectural Amagasaki High School

On, 27.6 June, 1998(UT), The sudden meteor shower, of which radiant point was between eta UMa and alpha Boo, was observed. This meteor shower have hardly shown itself, since the 1927's activity. Judging from its orbit, the Bootid shower associated with comet 7P/Pons-Winnecke, greatly has been perturbed by Jupiter. It is the same with the dust particles on its orbit.

In this work, I simulate the motion of dust particles, which is released from comet 7P/Pons-Winnecke, and explain the process of the sudden meteor shower appearance.

1998年6月27.6日（世界時）頃、うしかい座付近を輻射点として突発的にHR40-50の流星雨が出現した。(IAUC 6954, 6966) これらの流星については出現時期、軌道などから、7P/Pons-Winnecke 彗星（PW彗星）を母彗星とするものであると考えられている。歴史的にみると、このPW彗星に関連する流星群は1916年にHR100程度の出現以来、1921年、1927年と続けて母彗星の回帰に合わせて観測されたがその後、流星群の活動は衰えたままであった。PW彗星は遠日点が木星軌道付近にあって、木星の摂動を大きく受け、軌道要素が大きく変化してきた。流星物質も同様に軌道を変えている。

これまでの研究では、流星群中の火球の軌道要素 (IAUC 6973) が求められており、それをもとに計算された Tisserand invariant より、今回の流星群の軌道は1945年から1951年頃にかけての母彗星の軌道から進化したものに近いということが橋本岳真氏によって指摘されている。本研究では今回の突発的な流星雨の出現にいたった経過を、流星物質の軌道を計算することによってより詳しく明らかにしていく。

## 木星のラグランジアンポイント近傍での ダストの力学的振舞い

宮田 一孝, 向井 正, 山本 聰, 石元 裕史 (神戸大、自然)

### Dynamics Behaviour Micron-sized Dust particles trapped in the 1:1 Mean Motion Resonance with Jupiter

Kazutaka Miyata, Tadashi Mukai, Satoru Yamamoto and Hirosi Ishimoto  
The Graduate School of Science and Technology, Kobe Univ., Japan

惑星間空間には、太陽重力と惑星摂動力との間に、ラグランジアンポイントと言われる力学的に比較的、安定な領域が存在する。その領域の固体微粒子（塵）には、他の惑星間空間と同様に、上記以外の摂動力として、太陽放射圧、ポインティングロバートソン効果、太陽風効果、ローレンツ力が働く。しかし、ラグランジアンポイントにトラップされた塵の軌道進化は、一般的な塵の軌道進化とは異なる。ラグランジアンポイントにトラップされるダストの供給源としては、メインベルト小惑星、小惑星、星間塵、木星の衛星などを挙げることができる。

本研究では、ラグランジアンポイントに現存するトロヤ群小惑星から放出された塵の軌道進化を、軌道計算シミュレーションを用いて調べた。その結果を基に、ラグランジアンポイントにおける惑星間塵の集積過程を考察した。

We study the orbital evolution of micron-sized dust particles trapped in the 1:1 mean motion resonance with Jupiter under the influences of planetary gravitational perturbation, solar radiation pressure, Pointing-Robertson drag, solar wind drag and Lorentz force. The lifetime for dust particles existing in the resonance region to get out from the resonance point due to a close encounter with Jupiter depends on the radiation pressure effect and Lorentz force on them. As the supply source of such trapped dust grains in the resonance region, we assume the ejected debris by collisions of interplanetary dust grains on the surface of Trojan asteroids.

We present the simulation results for orbital evolution of ejected grains with different sizes and relative velocities. It is found that the relative velocity plays a major role for the orbital evolution of ejected grains.

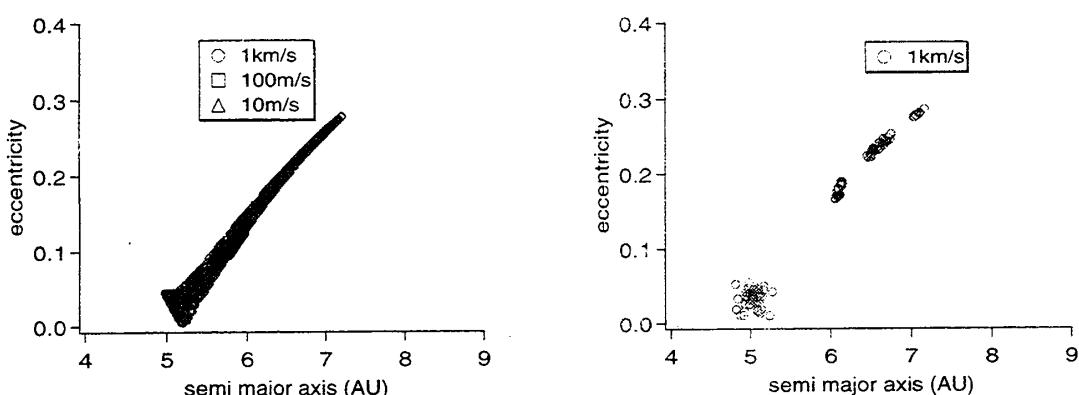


Figure 1. トロヤ群から  $\beta=0.1$  のダストを 1000 個ずつ、3 種類の相対速度で任意方向に放出した時、軌道長半径と離心率の分布の初期値(左図)と 1 万年後の値(右図)。

## 惑星間塵サイズ分布の日心距離依存性

Radial dependence for the size distribution of interplanetary dust

石元 裕史 (神戸大学自然科学研究科)

Hiroshi Ishimoto

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

Since the collisions between the interplanetary particles, interplanetary and interstellar particles, occur effectively in the course of the orbital evolution of the interplanetary dust cloud, the observed size distribution of the interplanetary dust at a specific solar distance will have the information of the collisional evolution of the dust cloud as well as the dust production and its radial dependence by their parent bodies. In this work, radial change of the size distribution of the interplanetary dust is discussed taking into account the orbital and collisional evolution. Moreover, the assumed dust production and its radial dependence which can explain the observed 1AU dust flux are mentioned briefly.

現在観測されている惑星間塵の主要な起源は彗星と小惑星であると考えられているが、特定の粒子サイズや全体量において両者がどのような割合で惑星間塵の中に配分されているかは未だ明らかになっていない。惑星間塵はポインティング・ロバートソン効果により太陽に落ちてゆく過程で、惑星間塵同士や星間塵との衝突により、全体としてのサイズ分布を変化させている。すなわち、ある日心距離における惑星間塵のサイズ分布は、惑星間塵の母天体からの供給量とその日心距離依存性、またその後の衝突進化の情報を含んでいることになる。

本研究では、ポインティング・ロバートソン効果で落下する惑星間塵について、惑星間塵同士や星間塵との衝突、双曲線軌道で太陽系から脱出するベータ・メテオロイドの生成など衝突進化過程によって起こる平衡状態でのサイズ分布を数値シミュレーションから調べた。その結果、母天体からの供給量や、その日心距離依存性によって、塵のサイズ分布がどのように変化するかを示す。さらに、1AUで観測されている惑星間塵サイズ分布から、それを実現する母天体が比較的太陽系の内側まで直接的に塵を供給しなければならないことがわかった。このことは1AUで観測されている惑星間塵の多くが彗星起源であろうことを示している。

多重周回タイプ飛行時間型質量分析計のラボラトリーモデルの製作  
 Construction of a laboratory model multi-turn TOF/MS for COSAC project of ROSETTA mission

松尾武清<sup>1</sup>, 石原盛男<sup>1</sup>, ○豊田岐聰<sup>1</sup>, 伊藤啓行<sup>1</sup>, 山口真一<sup>1</sup>, 交久瀬五雄<sup>2</sup>, R. Roll<sup>3</sup>, H. Rosenbauer<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 大阪大学大学院理学研究科物理学専攻

<sup>2</sup> 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

<sup>3</sup> マックスプランク研究所

T. Matsuo<sup>1</sup>, M. Ishihara<sup>1</sup>, M. Toyoda<sup>1</sup>, H. Ito<sup>1</sup>, S. Yamaguchi<sup>1</sup>, I. Katakuse<sup>2</sup>, R. Roll<sup>3</sup> and H. Rosenbauer<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, Graduate School of Science, Osaka University

<sup>2</sup> Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University

<sup>3</sup> Max-Plank Institute für Aeronomie

### Abstract

European Space Agency is planning to launch the ROSETTA mission on 2003 to the Comet P/Wirtanen. A miniature TOF/MS will be loaded in the lander RoLand for COSAC project. A new multi-turn TOF/MS was designed and its laboratory model (named MULTUM Linear plus) was constructed. We will report its design concept and experimental data.

### 概要

European Space Agencyが2003年に打ち上げを計画している彗星探査ロゼッタミッションの彗星着陸船に搭載予定の小型高分解能飛行時間型質量分析計の設計・製作を行っている。このMSの目的は(1)表面および内部物質の同位対比測定,(2)GC/MSによる有機物同定である。飛行時間型質量分析計の分解能は、イオン源のパルス幅およびイオン加速エネルギーが同一ならば、その飛行距離に比例する。したがって、小型・軽量で高分解能を得るには、同一軌道を多数回周回させるマルチターン型が唯一の可能性を有する。現在、ラボラトリーモデル(MULTUM Linear plus)の製作が完了し、性能テストを行っているところである。このラボラトリーモデルのイオン光学系については、地球惑星科学関連学会1998年合同大会(Pb-p005)において発表を行った。今発表では、装置の概要および測定結果を中心に発表を行う。

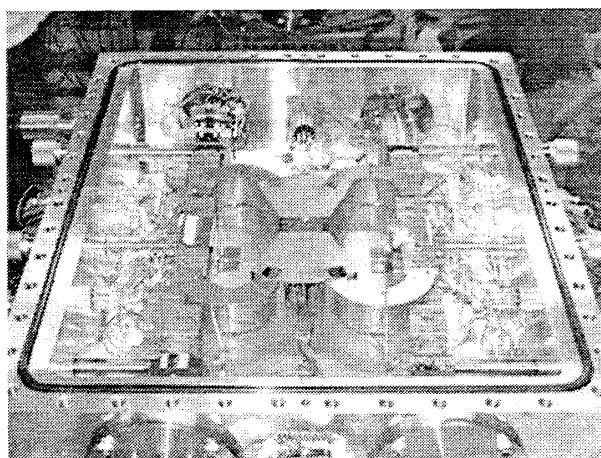


Photo of MULTUM Linear plus

火星探査機「のぞみ」のダスト計測器 Mars Dust Counter の初期データ  
Initial data of Mars Dust Counter on board spacecraft NOZOMI

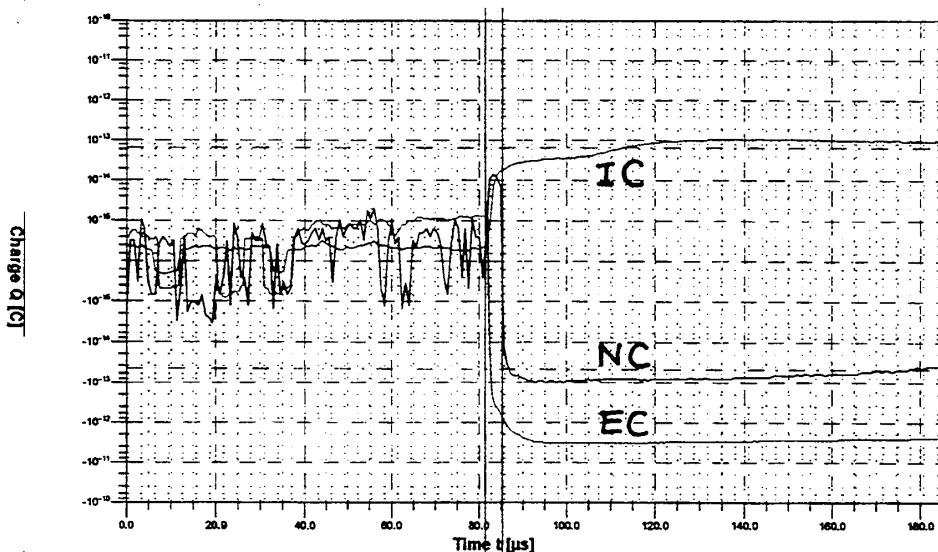
○佐々木晶、宮本英昭(東大・理)、大橋英雄(東京水産大)、野上謙一(獨協医大)、  
向井正(神戸大)、藤原顕、森重和正(宇宙研)、E. Igenbergs、R. Münzenmayer、  
W. Naumann(ミュンヘン工科大)、MDC グループ\*

*Sho Sasaki, Hideaki Miyamoto (U. Tokyo), Hideo Ohashi (Tokyo U. Fisheries), Kenichi Nogami (Dokkyo U. Med.), Tadashi Mukai (Kobe U.), Akira Fujiwara, Kazumasa Morishige (ISAS), E. Igenbergs, R. Münzenmayer, W. Naumann (TU-Munich), MDC group*

Japanese Mars Mission NOZOMI (formerly PLANET-B) was launched successfully on July 4th this year. A lightweight dust detector MDC is on board NOZOMI. MDC already started its observation on July 10th and has detected dust particles around the Earth.

火星探査機「のぞみ」(PLANET-B)は、本年(1998 年)7 月 4 日、打ち上げに成功した。これには、火星周囲のリングの発見、宇宙空間での太陽系内外のダストの分布を調べる目的で、ダスト計測器 MDC(Mars Dust Counter)が搭載されている。これは、軽量(730g)・高性能の計測器で、ダストの質量・速度を測定することができる。MDC は、7 月 10 日に初期運用を開始して、7 月 13 日に最初の確実な衝突シグナルを取得している。それ以降も、他機器の試験や姿勢変更の時以外は観測を継続しており、1-2 日に 1 つ程度の衝突シグナルを得ている。

現在は、ノイズシグナルと衝突シグナルを分別するパラメータを設定するために、ノイズも含めてデータを取得している。地球周回の長楕円軌道中では、近地点でノイズの高くなる傾向がある。「のぞみ」は 12 月に地球を離れて遷移軌道にはいり、来年(1999 年)10 月に火星周回軌道に投入される。



地球周囲でのダスト衝突シグナル。横軸は時間(幅は  $180 \mu s$ )、縦軸は電荷。IC, NC, EC はそれぞれイオンチャンネル、ニュートラルチャンネル、電子チャンネルのシグナル。

## 月撮像カメラ（LIC）の画像校正方法の検討

松村真由美、横田康弘、飯島祐一(宇宙研)、本田理恵(高知大)、中村昭子(神戸大)

### Calibration Method of Lunar Imaging Camera

M. Mastumura, Y. Yokota, Y. Iijima (ISAS), R. Honda (Kouchi Univ.), A. Nakamura (Kobe Univ.)

We investigated the calibration process for Lunar Imaging Camera onboard Lunar-A spacecraft. The calculation process of flatfield parameter was examined using Clementine images. The cumulating over 5000 CCD line must be need to estimate the flatfield parameter.

LIC (Lunar Imaging Camera)は、LUNAR-A母船に搭載され、月周回軌道上から月面を撮像することを目的とした可視光モノクロカメラである。LUNAR-A母船がスピニ安定型の探査機であることから、LICでは1次元のCCDを搭載し、衛星のスピニを利用して月面の走査を行うことにより2次元の画像を得る。本講演では、LICの画像の校正方法について報告する。

LIC画像の一次処理は、光量に関するラジオメトリック補正と光学系の歪みや地図座標に投影などに関するジオメトリック補正がある。ラジオメトリック補正は、1) オフセット及びダークノイズの補正、2) アンプゲインの補正、3) oddとevenの違いの修正、4) フラットフィールドの補正という4つの項目から成る。3) の補正是、CCDからのデータ読み出しがodd・evenという二系統で行われるために必要とされる。4) の「フラットフィールド」とは、光学系による周辺減光とCCD各画素の感度特性とを合わせた定数である。

各項目の装置定数は地上試験で取得されるが、打ち上げ後に変化するため、機上でのデータ取得方法を準備する必要がある。上記の項目の内、最も困難なフラットフィールドを月面画像から得る方法について検討を進めた。多数の月面画像の輝度の積算を行い、ローカルな地形・地質による月面の輝度変化は目立たなくなり、フラットフィールドのみを取り出すことが可能である。図1は、必要な積算ライン数についてクレメンタイン衛星画像を用い検討した結果の一例である。

1次元CCDの5000ライン分以上を積算すればフラットフィールドは収束に向かうことが明らかになった。このライン数はLICの画像にして5~10枚分に相当する。また撮影時の月面への太陽光入射角によって収束の速度が異なることも明らかになった。これは月面輝度の統計分布が太陽光入射角によって異なるからであり、低い太陽高度ほど影の領域が多いため多くの積算が必要である。本講演ではこの他にジオメトリック補正の手順についても報告する。

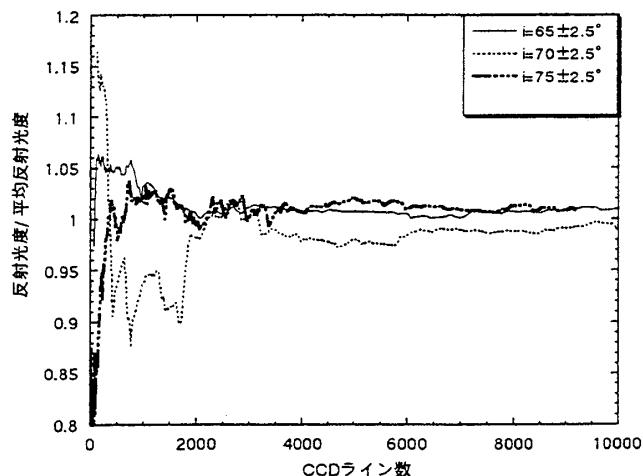


図1、CCDの積算ライン数とフラットフィールド定数の収束関係。フラットフィールド補正後のクレメンタイン画像を用いた。縦軸は積算した反射強度を画像の平均光度で割ったもので、1に近づけば収束したことを意味する。太陽光入射角が65、70、75度の場合をプロットしてある。

## 低位相角での月の反射光強度変化

Photometric property of the moon at small phase angle

○横田康弘、飯島祐一(宇宙研)、本田理恵(高知大)、水谷仁(宇宙研)  
Y. Yokota, Y. Iijima (ISAS), R. Honda (Kochi Univ.), H. Mizutani (ISAS)

We investigated the phase function of Lunar surface at small phase angles (from  $0^\circ$  to  $10^\circ$ ) using Clementine data. We found the geological type dependence of the phase function by analyzing images of some local area in highland and mare. We also found the wavelength dependence of the phase function by using images of three bands, 415nm, 750nm and 1000nm. The results also suggest that there is a negative linear correlation between the reflectance at standard phase angle  $30^\circ$  and the magnitude of the phase function at small phase angles. The complex behavior of phase function concerned with geological type and wavelength may be explained by this effect.

リモートセンシングにより得られた反射スペクトルデータの解析においては、位相角の正確な校正が必要である。観測の位相角が変わると月の反射光強度も変わるからである。この変化を記述する式は位相関数とよばれ、その具体的な曲線は観測によって決められる。月の位相関数は多くの研究者によって研究され続けている。しかし、小さい位相角 ( $0^\circ \sim 10^\circ$ ) の領域では、画像解析を行うには不十分な精度でしか位相関数が得られていないのが現状である。これは、 $0^\circ$  に近い位相角では、観測データが少ないうえに位相関数が複雑な振る舞いをするためである。さらに、月の位相関数は観測波長や物質により変化することも知られており、問題は複雑になっている。

我々のグループでは、以下の目的に沿ってClementine衛星画像の解析による月の位相関数の検討をおこなっている。

- (1) 小さい位相角範囲 ( $0\text{--}10^\circ$ ) における局所的な月面の位相関数を決定する。
- (2) 位相関数が持つ波長依存性の程度を明らかにする。
- (3) 位相関数が持つ地質依存性の程度を明らかにする。
- (4) 観測データが少ない地域、波長においても位相関数を予想する手段を確立する。

我々は上記(1)の位相関数を求めるために、415・750・1000nmの3つのバンドの画像を用い2つの解析方法で検討を進めている。一つは、標準の位相角 $30^\circ$ での反射光強度観測値と他の位相角での反射光強度観測値の直接比較によって、位相角 $30^\circ$ に規格化した位相関数を求める方法である。もう一つは、2つの異なった位相角で観測された地点のデータを集成し、最小自乗法を用いて最適な位相関数を求める方法である。解析の結果、位相関数には強い波長依存性があることが示された。また、月の高地と海とでは位相関数が大きく異なり、波長1000nm、位相角 $2^\circ$ で約17%の違いが明らかとなった。これらの位相関数の曲線形は、位相角 $30^\circ$ での反射率と相關があることを見いだした。このことは、反射率が得られれば位相関数を予想できる可能性があることを示唆していると考えられる。

NOZOMI搭載可視カメラ(MIC)の地球周回軌道における撮像データ  
 ( Imaging of MIC round the Earth)

向井正<sup>○</sup>、中村昭子、稻田愛、川股正和、澄川慎司(神戸大・自然)、

橋本樹明(ISAS)、野田寛大(東大・理)、その他MICグループ

T.Mukai, A.M.Nakamura, A.Inada, M.Kawamata, S.Sumikawa (Kobe Univ.),

T.Hashimoto (ISAS), H.Noda (Univ. of Tokyo) and MIC members

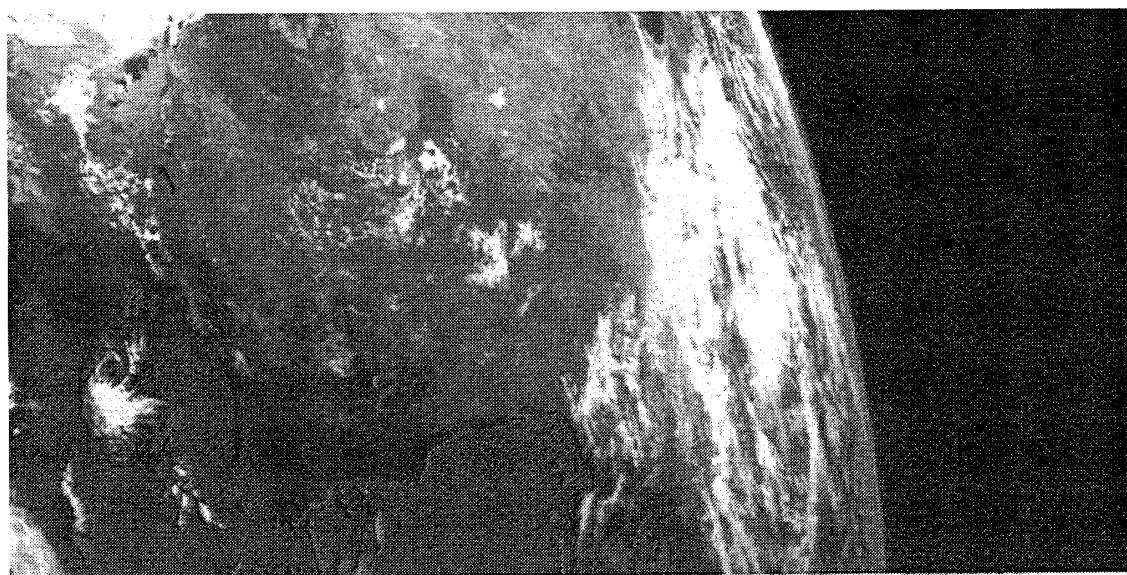
We present the current status of Mars Imaging Camera (MIC) on board NOZOMI in the orbit round the Earth. During the stay in parking orbits of NOZOMI, MIC continues to take an image to do a calibration of instrumental sensitivity, and a checking of control commands. It is found that MIC is very healthy and shows the high quality of images as expected from the laboratory simulation. Some images obtained during the past revolutions round the Earth are presented with the calibration results of instrument and operations.

NOZOMI搭載の可視3色撮像CCDカメラ(Mars Imaging Camera (MIC))は、98年7月4日の打ち上げ以降、地球周りの軌道上で、各種の撮像を実行している。これは、火星軌道到達前に、カメラ本体の性能の検査を行い、撮像実行コマンドの整合性の確認をして、運用手順の習熟をねらったものである。

これまで、(i) 7/18-19, (ii) 7/31-8/1, (iii) 8/14-15, (iv) 8/28-29, (v) 9/8-9 に撮像を試みてきた。視野周辺部分の歪み、各Gainにおける感度等、地上試験での期待値の範囲に収まっている。

9/20前後の月スイングバイ時には、月の接近撮像を行い、CCDのフラット補正や、輝度補正のデータ取得を予定している。これらのキャリブレーションデータの取得が、地球周回軌道上でのMIC観測の主目的であるが、副産物として、興味深い地球や月の撮像結果が得られている。それらも合わせてポスターとして展示する。

図。98年9月9日にMICで撮像された地球。右下の暗い部分がオーストラリア・バース市。  
 北東方向にオーストラリア大陸を横切って、リムに到る。



## 月・惑星による搭載カメラの機上感度確認：MIC の場合

## In-flight Calibration of Camera Sensitivity by Moon and Planets: the MIC case

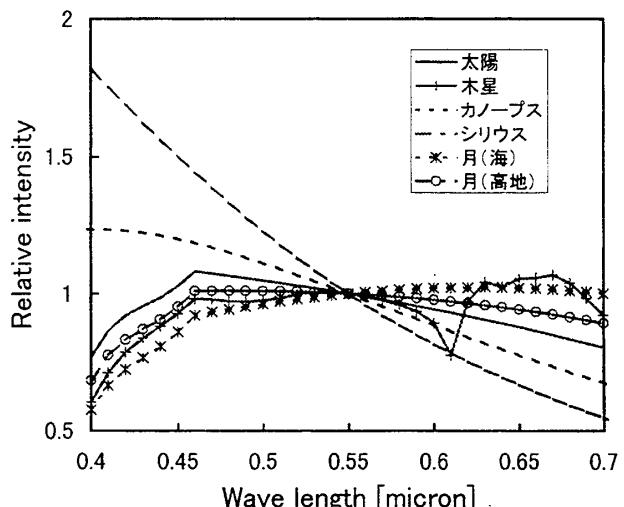
中村昭子<sup>1</sup>、橋本樹明<sup>2</sup>、野田寛大<sup>3</sup>、横田康弘<sup>2</sup>、小笠原雅弘<sup>4</sup>、石田十郎<sup>5</sup>、高野匡代<sup>5</sup>、向井正<sup>1</sup>、ほか MIC チームAkiko M. NAKAMURA<sup>1</sup>, Tatsuaki HASHIMOTO<sup>2</sup>, Hirotomo NODA<sup>3</sup>, Yasuhiro YOKOTA<sup>2</sup>, Masahiro OGASAWARA<sup>4</sup>, Juro ISHIDA<sup>5</sup>, Masayo TAKANO<sup>5</sup>, Tadashi MUKAI<sup>1</sup> and MIC Team

1: 神戸大学 (Kobe University), 2: 宇宙科学研究所 (Institute of Space and Astronautical Science), 3: 東京大学 (University of Tokyo), 4: NEC 航空宇宙システム (NEC Aerospace Systems Ltd.), 5: NEC (NEC)

Mars Imaging Camera (MIC) on board "NOZOMI (PLANET-B)", and Lunar Imaging Camera (LIC) prepared to being on board LUNAR-A are both small and lightweight imagers. These cameras have neither a lamp for in-flight calibration of sensitivity nor a target plate for flat fielding. We will report the on going observation of the Moon, planets, and the stars by MIC and the in-flight verification of the absolute sensitivity and the relative spectral responsivity of MIC.

火星探査機「のぞみ」に搭載された火星撮像カメラ、月探査機に搭載される月撮像カメラは、小型軽量化に重点を置いて開発された撮像装置である。したがって、機上感度校正のための標準光源や反射板などは組み込まれていない。このため、機上での絶対感度やピクセル毎の感度のばらつきの確認は、月・惑星や、恒星の撮像により行う。

本講演では、「のぞみ」に搭載された MIC (Mars Imaging Camera) の感度の機上確認について現状を報告する。図に、校正のために撮像を行う天体、および、太陽の相対スペクトルを示す。MIC には、R(630 - 680 nm), G(520 - 580 nm), B(440 - 480 nm) 3 色の撮像モードがあるが、これら、スペクトルの異なる天体を用いることにより、絶対感度とともに、バンド間の比感度についても、確認することを計画している。



## MICによる火星衛星の形状解析の精度

○川股正和、中村昭子<sup>\*1</sup>、中村良介<sup>\*2</sup>  
 秋山演亮、斎藤潤<sup>\*3</sup>、野田篤司<sup>\*4</sup>  
 向井正<sup>\*1</sup>

\*1:神戸大・自然 \*2:神戸大・情報処理センター \*3:西松建設 \*4:宇宙開発事業団

## Precision of the topographic model for Martian satellites with MIC

Masakazu Kawamata<sup>\*1</sup>, Akiko M. Nakamura<sup>\*1</sup>, Ryosuke Nakamura<sup>\*2</sup>  
 Akihiro Akiyama<sup>\*3</sup>, Jun Saito<sup>\*3</sup>, Atsushi Noda<sup>\*4</sup> and Tadashi Mukai<sup>\*1</sup>  
 \*1:The Graduate School of Sci. and Tech.,Kobe University  
 \*2:Information Processing Center, Kobe University  
 \*3:Nishimatsu Construction Co., Ltd.. \*4:NASDA

The surface topography of Martian satellites, Phobos and Deimos, had been modeled with their images obtained by Viking. First, the position of crater was determined as a control point. Then the control points were set on the surface of satellite with a spherical harmonic expansion. The 315 control points on Phobos and the 53 on Deimos were fixed based on the Viking images. In the trailing side of Deimos a shortage of control points occurs.

Mars Imaging Camera (MIC) on board NOZOMI is expected to take the images of not yet seen areas of Deimos in the spatial resolution of 500-600m/pixel. The whole shape of Deimos will be deduced from such new data by MIC, though the spatial resolution of MIC is not high, compared with the Viking images.

We present the estimation of accuracy of the shape model for Deimos. The number of control points on Phobos has been reduced by taking into account the nominal resolution of MIC. And then, we examine how the size and the volume of Phobos would be changed by such reduction. We apply this result for Phobos to the shape modeled for Deimos and discuss the accuracy of the topographic modeling.

火星の衛星Phobos, Deimosの形状は、Vikingによって得られた画像を用いて推定されている。まず、画像上のクレーターをコントロールポイントとして、その緯度、経度、形状中心からの距離を測定する。次に、コントロールポイントの位置を再現するように球面調和関数の係数を算出する、という手順である。Vikingの画像からPhobosでは315点、Deimosでは53点のコントロールポイントが求められている。Deimosについては、trailing側のコントロールポイントが不足している。

火星探査機「のぞみ」に搭載されているMars Imaging Camera(MIC)では、Deimosの未撮像表面を500-600m/pixelの解像度で撮像できると期待されている。Vikingの場合に比べて解像度が低いため、新たに得られるコントロールポイントの数は少ないと考えられるが、既に得られているコントロールポイントと合わせて用いることで、全体の形状を改めて求めることができる。

そこでMICによる観測によって、Deimosの形状精度がどの程度向上するかを、Phobosの形状モデルを用いて調べる。具体的にはPhobosのコントロールポイントの数を、既存のDeimosのコントロールポイントとMICでの解像度に応じて減らし、大きさ、体積の値がどう変化するのか定量的に求める。その結果をDeimosの形状モデルに適用させ、精度を論じる。

## 可視 CCD カメラによる惑星間空間ダストチューブの観測

藤井 康正<sup>1</sup>, 川股 正和<sup>1</sup>, 澄川 慎司<sup>1</sup>, 中村 良介<sup>2</sup>, 石黒 正晃<sup>1</sup>, 横川 創造<sup>3</sup>, 谷川 智康<sup>4</sup>, 稲田 愛<sup>1</sup>, 向井 正<sup>1</sup>

1:神戸大・自然 2:神戸大・情報処理センター 3:東大・理・地物 4:兵庫県立尼崎高校

### The observation of interplanetary dust tube by using CCD camera

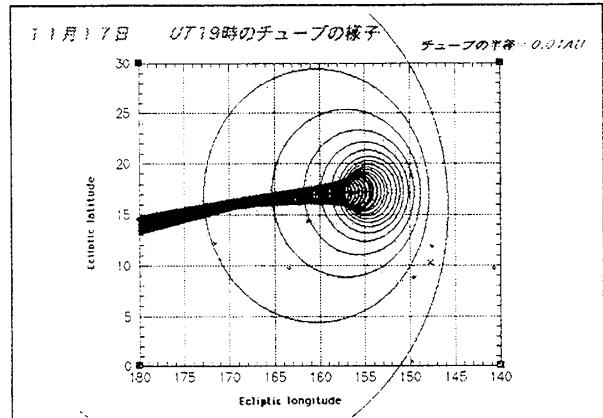
Y.Fujii<sup>1</sup>, M.Kawamata<sup>1</sup>, S.Sumikawa<sup>1</sup>, R.Nakamura<sup>1</sup>, M.Ishiguro<sup>1</sup>, S.Yokogawa<sup>2</sup>, T.Tanigawa<sup>3</sup>, A.Inada<sup>1</sup> and T.Mukai<sup>1</sup>

1:Kobe Univ., Japan. 2:Tokyo Univ., Japan. 3:Amagasaki High School, Japan.

The most of the interplanetary dust comes from asteroids and comets. The dust grains produced by collisions between asteroids form the “dust bands”. The  $\mu\text{m}$  size dust grains blown out from the comet by solar radiation pressure forces are seen as “dust tail”. On the other hand, larger size dust grains form the “dust trail”, a tube-like structure along the comet’s orbit. The meteor shower occurs when the Earth enters into such a dust tube. At that time, dust cloud inside the tube can be seen from the Earth. One of the comets with such a dust trail is P/Tempel-Tuttle (P/T-T). This comet has a period about 33 yr and associates with Leonid meteor shower, which appears around November 17th. In this year 1998, the Earth will pass through the P/T-T’s dust tube after the comet came back to its perihelion. From the study previous occurrence of large meteor showers, an active shower is expected in November 1998. We present a plan to detect the dust tube associated with Leonid meteor shower by using a cooled CCD camera on Mauna Kea in Hawaii.

惑星間空間に存在するダストの供給源の一つとして、彗星が考えられる。彗星が近日点付近を通過する際に放出されるダストのうち、数ミクロン程度のサイズの粒子は、太陽放射圧を受けて、ダストの尾（ダストトレール）を形成する。しかし、数百ミクロンから数センチ程度の粒子は彗星軌道上に沿って広く雲状に分布する。このダストの雲をダストトレールと呼ぶ。そのダストトレールの軌道と地球の軌道が交わると、そのダストの雲の中を地球が通ることになる。その結果流星群が発生する。流星群のダストを放出する彗星（今後この彗星を母天体と呼ぶ）が回帰を迎えるごとに、流星群もその規模が増大することが知られている。ダストトレールを持つ彗星のうちの一つである Tempel-Tuttle 彗星と、毎年 11 月中旬に発生する獅子座流星群の関連性は昔から知られている。今年は Tempel-Tuttle 彗星が 33 年ぶりに回帰を迎えた直後のダストトレールの中を、地球が通過するため、非常に多くの流星の出現が期待されている。我々、神戸大学のグループではダストが彗星軌道に沿ってチューブ状に分布していると考えている。ダストチューブの中に地球が入った際に、

チューブの流れの方向に沿って視線方向をとると、ダストトレールを内側から観測できる。次の図は 11 月 17 日の UT19:00 のチューブを地球から見た様子を描いている。



今回の発表では、彗星ダストトレールの地上観測計画を紹介する。11 月には、日本初の惑星探査衛星である「のぞみ」が地球-月周回軌道をまわっている。「のぞみ」に降り注ぐ流星物質を定量的に検討し、「のぞみ」による惑星間空間ダストの検出可能性についても述べたい。

## Europa 生命探査ミッション検討 I

*The feasibility study of the Mission to Europa I*

○大南有希（東大 理）、宮本英昭（東大 理）、倉本圭（北大 低温研）、秋山演亮（東大/西松建設）、白石篤史（NASDA）、春山純一（NASDA）、寺薗淳也（JSF）、矢野創（NASA/JSC）

*Yuki O'MINAMI, Hideaki MIYAMOTO(univ. Tokyo), Kiyoshi KURAMOTO(univ. Hokkaido),*

*Hiroaki AKIYAMA(univ. Tokyo/Nishimatsu Construction co.,ltd.),*

*Atsushi SHIRAIKI, Jun'ichi HARUYAMA(NASDA), Jun-ya TERAZONO(JSF), Hajime YANO(NASA/JSC)*

**Geological evidence suggests the possibility that a liquid ocean exists below the Europa's icy crust and the crust is under convection. If the ancient microbial life exists in the Europa's warm ocean, it might be carried to the surface by upwelling flow. In this study we estimate the time scale of the transportation of life bodies from the bottom of crust to the top and the degree of denaturation by heat in the ice and by cosmic rays on the surface to find the possibility of life on the surface of Europa.**

惑星間探査衛星ガリレオによる地形写真は、エウロパ内部（氷層の下）に、少なくとも近い過去においては液体の海が存在していた痕跡を示していた。また、磁力計測によるデータもそれを否定するものではなかった。エウロパが液体の海を現在も保持しうるための条件はいろいろ研究されているが、熱源としてはエウロパ形成時の集積エネルギーや潮汐力、放射線核種の壊変エネルギーなどが挙げられる。エウロパ内部の温かい海の存在は、そこに生命を育む可能性がある。また、地形写真からは表面の氷の層での熱対流現象やプリュームが起こっている可能性を示唆する地形も確認された。これらのことより、氷層の対流によって最下部の物質が生命体を内包したまま表層まで上昇し、表面における観測でこの痕跡を発見できる可能性がある。そこで本研究では、まずエウロパの熱史から氷層の厚さを計算して求め、それに対し、対流によって下部物質が表面へ運ばれるまでのタイムスケールを見積もった。同時に、生命体が氷層中を上昇する間に受ける変性作用や、衛星表面で宇宙線により生命体の分子構造がどの程度破壊されるかを考慮することで、表面で探査機器を用いた生物関連物質の確認のためにはどの程度の速さの上昇流が必要か、また、生命体が実際に観測されるまでにはどの程度の変性や破壊を受けているかなどについて、定量的な見積もりを行った。

仮に従来の研究からレイリー数を 2000、氷層の厚さを 10km (R. T. Pappalardo et al. 1998) と仮定する。そこで  $\kappa$  を熱拡散率、 $b$  を氷層の厚さとして対流の速度を  $v \sim \kappa Ra^{2/3} / b$  と見積もると、上昇に必要なタイムスケールは～5万年となる。 $-60^{\circ}\text{C}$  の環境下では 1 万年程度の間生物活性が失われないとの研究報告があり、より微小な生命体の構成要素である塩基/糖などの有機成分は残存し、光学活性を用いた手法での検出が十分可能であると考えられる。

水一氷系でのマグマだまりの固化  
 — エウロパの cryovolcanism への制約 —

Solidification of Water Magma Chamber  
 — Application to Cryovolcanism on Europa —

○小川佳子 (東大・理)、 山岸保子 (東大・理)、 栗田敬 (東大・理)

Yoshiko Ogawa, Yasuko Yamagishi, Kei Kurita

Department of Earth and Planet. Physics. Univ. of Tokyo

It's becoming clear that cryovolcanism once existed or still exists on Europa. Liquid water magma must go up through the solid ice crust to reach the top surface. Some driving forces are needed to overcome negative buoyancy. We model the overpressure associated with solidification in water magma chamber. We estimate its magnitude and explore the specific conditions for cryovolcanism on Europa.

氷衛星エウロパには水・マグマの噴出跡と思われる地形が複数存在する。負の浮力を有する液体水マグマが氷地殻（リソスフェア）中を上昇するためには、それに打ち勝つ新たな駆動力が必要となる。今までその源として、水・マグマの発泡に伴う密度減少、liquid source zone での過剰圧の発生、が主に考えられている。ここでは後者の1つである、マグマだまりの固化に伴う過剰圧の発生に注目し、その大きさの見積もりを行った。氷地殻の下にマグマだまりを仮定することは、内部海の進化の最終段階を見ている可能性からも適当である。孤立したマグマだまりは周囲からの冷却を受け、相変化によって体積の増加した固体相が残りの液体相を圧迫し、水・マグマとして地上へ噴出させる。このように駆動力としての過剰圧を見積ることで、cryovolcanism の実現のために必要なマグマだまりの存在する深さ、そのサイズに制約を加えることが可能であることがわかった。

## 太陽系星雲内の回転軸方向のシア運動による不安定性の線形解析

Linear analysis of instabilities in the solar nebula due to the shear motion in the direction of the rotational axis

関谷 実（九大・理）

Minoru Sekiya (Faculty of Science, Kyushu University)

As dust aggregates settle toward the midplane of the solar nebula, the rotational velocity of the mixture of dust and gas near the midplane becomes faster, since the effect of the gas pressure gradient becomes less important. Then there arise shear motions, which may cause instabilities and turbulence in the solar nebula. In this work, linear analysis of the instabilities is made, by treating the gas and dust as two fluids. In order to make the analysis simpler, some assumptions are made: (1) the drag coefficient in the direction of rotational axis is assumed to be infinite, (2) the effect of the Coriolis force is neglected. It is shown that (A) the mixture of dust and gas behaves as one fluid as long as the typical size of dust aggregations is much smaller than a critical radius, and (B) the time scale of growth of the fastest growing mode is on the order of 10 Keplerian periods. It is considered that the Coriolis force may play an essential role, thus further analysis which incorporate it should be made in future.

ダスト塊が太陽系星雲の中心面に向かって沈殿するにつれて、中心面付近のダストとガスの混合物の公転速度は大きくなる、というのはガス圧勾配の効果が余り効かなくなるから。そのときシア運動が生じ、これが不安定性や乱流を引き起こすかもしれない。ここではガスとダストを2流体として取り扱うことにより、不安定性の線形解析を行った。解析を簡単化するために次の仮定をした：（1）回転軸方向の抵抗係数を無限大とする、（2）コリオリ力の効果を無視する。結果は次のようになった：（A）ある臨界半径よりずっと小さいダスト塊にたいしては、ダストとガスの混合物は1流体のように振る舞う、（B）最も速く成長するモードの成長時間スケールは10ケプラー周期のオーダーである。コリオリ力が根本的な働きをする可能性があるので、それも含めた解析を将来する必要がある。

## 原始惑星系円盤内の原始惑星周囲のガスの流れ

## Nebular Gas Flows around a Protoplanet

○谷川 享行、渡邊 誠一郎（名大・理）

○ Takayuki Tanigawa and Sei-ichiro Watanabe

Department of Earth and Planetary Science, Nagoya University

We investigate gas flows around a protoplanet in a gas disk with Keplerian rotation using 2-D hydrodynamic simulations in order to understand the origin of the angular momentum around the Jovian planets. We find (1) there are two quasi-static solutions: Prograde and retrograde, (2) the retrograde solution changes prograde solution when the core instability occurs. This change is consistent with the prograde rotation of the Jovian planets.

前回までの計算で、原始惑星系円盤内の惑星の回りの準定常的な流れの解は2種類存在することが分かった。それはガスが惑星の回りの順行回転する順行解と、逆行回転する逆行解である。順行解は、ガスは粒子的な軌道をとり、衝撃波が強く立つ。ヒル半径よりもかなり内側で惑星回りでほぼケプラー回転している領域があり、これはディスクの形成を示唆している。逆行解は、密度がネビュラよりも高い領域がヒル半径よりも外側まで広がっており、そのためガスは粒子的な軌道とは掛け離れており、衝撃波も順行流に比べて弱い。

逆行解は大気の重力収縮が起こると順行解に転じることが分かった。このことは、現在の木星型惑星の自転の向きとコンシスティントであるが、重力収縮前は実際にはどちらの流れが実現されていたかは今後の課題である。

また、木星型惑星の成長のタイムスケールを知る上で、惑星回りのガスディスクの質量輸送率は重要である。木星型惑星の大気の重力収縮のタイムスケールと惑星回りのディスクの質量輸送率のどちらが速いかが惑星の進化を決める。質量輸送率の計算は、数値粘性による角運動量輸送の寄与も含まれている。そのため、数値計算法に依存する部分を調べるために直線直交座標系と極座標系の2種類で計算を行い比較した。さらに、それぞれの座標系による計算から得られた密度分布から、ガスが太陽潮汐力から受けるトルクを計算し、それから得られる質量輸送率と比較した。その結果を報告する。

## 原始惑星系円盤が原始惑星におよぼすトルク

Torques between a Protoplanet and a Protoplanetary Disk

竹内拓（東工大・地惑）、三由研一（NTTデータ通信）、  
田中秀和、井田茂（東工大・地惑）

T. Takeuchi (Tokyo Inst. Tech.), K. Miyoshi (NTT Data Corp.), H. Tanaka and  
I. Ida (Tokyo Inst. Tech.)

The gravitational torques between a protoplanet and a protoplanetary disk are calculated through the three-dimensional hydrodynamical simulations. If the mass of the protoplanet is small enough, the torque increases proportionally with the square of the mass as is predicted by the previous linear theory. For a large protoplanet whose Hill radius is larger than about the disk scale height, i.e., larger than 10 times the earth mass at 1AU from the central star, non-linear effect reduces the torque from the value proportional to the square of the mass. Because the reduction in the torque by the non-linearity is not significant for small planets, the small planets would migrate rapidly toward the central star during their formation stage.

「形成期の惑星は原始惑星系円盤との重力相互作用によって、らせん軌道を描きながら次々と中心星に落ちてしまう」と言われている(Ward 1997, ApJ, 482, L211)。これは次の2つの仮定の下に導かれた結論である。(1)原始惑星系円盤の厚みはない。(2)惑星の重力は中心星に比べて弱く、線形近似が使える。この仮定の下に、惑星と円盤との間の角運動量輸送量を求めると、惑星は角運動量を急速に失い、中心星から1AUの距離にある地球サイズの惑星は1万年程度で中心星に落っこちてしまうことがわかる。

しかし、(1')原始惑星系円盤の厚みは惑星の直径よりはるかに大きく、(2')惑星のヒル圏近傍では線形近似は使えない。そこで、惑星と原始惑星系円盤との重力相互作用を、3次元数値流体シミュレーションによって調べ、惑星と原始惑星系円盤の間の角運動量輸送量を求めた。ただし、原始惑星系円盤は等温の温度構造を持ち、時間的にも温度は変化しないとした。また、局所近似を用いた。

結果をまとめると、(a)厚みのある円盤でも、原始惑星系円盤のガスの流線はほぼ水平であるため、角運動量の輸送量は厚みのない円盤と大きくは変わらない。(b)惑星のヒル半径が円盤の厚みより小さければ、角運動量の輸送量は線形理論の予想でよいが、ヒル半径が厚みより大きくなると角運動量の輸送量は線形理論の予想よりも小さくなる。

この結果から、中心星からの距離1AUでは、惑星が地球質量の10倍程度より軽いと、ヒル半径が円盤の厚みより小さいため、惑星は線形理論の予言通り角運動量を失って中心星に落ちていくことが予想される。

Miyoshi, K., Takeuchi, T., Tanaka, H., & Ida, S. 1998, ApJ, submitted  
プレプリント：<http://www.geo.titech.ac.jp/nakazawalab/taku/research.html>

# 原始惑星系円盤形成終期の温度分布

## Temperature distribution of a protoplanetary disk in the final stage of the disk formation

○飯田 彰 (神戸大自然科学研究所)、中川 義次 (神戸大理学部)、  
中本泰史 (筑波大計算物理学研究センター)

Akira Iida (The Graduate School of Sci. and Tech., Kobe Univ.),  
Yoshitsugu Nakagawa (Dept. Earth and Planetary Sci., Kobe Univ.),  
Taishi Nakamoto (Institute of Physics, University of Tsukuba)

We numerically simulated accretional shock heating in a protoplanetary disk by using 1D radiation hydrodynamic code. We assumed slab symmetry and adopted mirror boundary condition. Then we calculate at each planet's orbit.

We consider the case that a radiative shock formed by steady infall of interstellar materials onto the solar nebula at the final stage of the disk formation.

As for initial conditions, we use the nominal solar nebula model (Hayashi 1981) for the disk, and the analytic similarity solution of gravitational collapse of an isothermal gas sphere (Shu 1977) for the infalling gas.

隕石の分析等から、われわれの原始太陽系が何らかの熱的イベントを経験したことは確かとなっている。そこで本研究では、惑星系形成のもととなる、原始惑星系ガス円盤が形成される終期において、円盤に降着されるガスの諸条件を変えると原始惑星系ガス円盤の温度分布がどうなるかを、輻射流体力学の方程式を用いて数値シミュレーションした。シミュレーションの方法は以下のようにした。1次元平行平板対称を仮定し、円盤中心面を原点として中心面に鉛直な方向に計算領域をとる。その計算領域上でまず、京都モデルの密度分布と温度分布を持って静水圧平衡にあるガス円盤を分布させる。さらにその円盤の鉛直上方に、等温球対称ガスの重力収縮における Shu の相似解 (Shu 1977) の密度を持ち、星間ガスの温度と自由落下速度を持つ降着ガスを初期条件として分布させ、数値シミュレーションを行なった。そのようなシミュレーションを各惑星軌道 (小惑星帯領域も含む) において行ない、計算領域は鏡面境界条件をおいた円盤中心面を原点とした。各惑星軌道の十倍において計算境界から、その位置での密度、速度、温度、圧力の初期条件を持ったガスを降着しつづけた。そのガスの降着率における密度が、もとの円盤の面密度の何倍になっているかをパラメーターのひとつとして計算し、そのパラメーターによって温度分布の特徴に差異があるかを検討する予定である。

**火星の初期熱史—衝突搅拌の評価に注目して  
Martian Early Thermal Histoly - Cooling Effect of  
Impact-Stirring**

千秋博紀、松井孝典（東大・理）、倉本圭（北大・低温研）

Hiroki Senshu, Takafumi Matsui (Dept. of Earth and Planet. Phys., Univ. Tokyo)

and

Kiyoshi Kuramoto (Inst. of Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.)

During the accretion stage of a planet, impacts of planetesimals heat the interior of the growing planet. However, surface layer of the planet is stirred violently by impacts and this results in transfer of a large amount of thermal energy from the interior to the surface.

It is specifically important for the early thermal history of Mars to estimate this effect exactly. On the basis of recent understandings of impact processes, the previous study by Coradini *et al.* (1983) estimated this effect too large.

In this study we re-examine this effect and present some numerical results for early thermal history of Mars.

惑星の成長過程において、微惑星が原始惑星へ衝突する際、衝突地点付近は強く加熱されるとともに、激しく搅拌される。これは一度地中に埋められた熱が掘り返されることを意味しており、惑星の初期熱史における重要な熱輸送過程のひとつと位置付けられる。

惑星の初期熱史に関する研究はこれまで幾つかあるが、それらにおいては、この衝突搅拌による冷却の効果が大きく見積られ過ぎている。その定式化には衝突クレーターの形成過程についての理解が必要だが、近年明らかになってきた衝突加熱・掘削過程のジオメトリを考慮すると、従来の惑星初期熱史の数値シミュレーションではこの衝突搅拌の効果が過大評価されている。

そこで我々はこの衝突搅拌による冷却の効果について新たに定式化を行ない、これが火星の初期熱史モデルの結果に与える影響について再検討した。その結果、衝突微惑星が小さい場合には衝突搅拌による冷却が起こる領域の特徴的大さと、衝突による加熱領域の大きさの比が大きくなるため、この冷却効果がより重要となることが明らかにされた。最近の惑星形成論では、惑星形成の初期に衝突してくる微惑星の大きさはかなり小さい ( $< 10^{16} \text{ kg}$ ) と考えられている。従って、衝突搅拌による冷却の効果をより正確に見積もることが惑星の初期熱史を研究する上で非常に重要となる。

連星系をなす若い星周辺の原始惑星系円盤における  
ダスト粒子の沈澱

Dust Particle Settling in Protoplanetary Disks  
around Young Stars in Binary Systems

佐藤 康子 (神戸大学大学院自然科学研究科)

Yasuko Sato (Graduate School of Science and Technology, Kobe University)

中川 義次 (神戸大学理学部地球惑星科学科)

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

Recent observations provide evidences that many young stars in binaries are accompanied by disks. We parametrize the settling degree of dust particles in the disks and calculate the spectral energy distributions of such young stars with disks to study the internal structure of disks in binaries and possible formation of planetary systems. From the results it is found that in close binary systems the disk masses are relatively low and settling of dust particles hardly occurs as compared with disks in wide binaries or those around single stars. This is attributable to gravitational perturbation from the companion star.

最近の観測では、連星系をなす若い星にも円盤を伴うものが多数発見されている。そこで我々は円盤内の粒子沈澱の状況をパラメータで表してこれらの天体の輻射スペクトルを計算し、連星系における円盤の内部構造や惑星系形成の可能性を調べた。その結果、近接連星系では伴星による重力擾動のため、円盤質量が小さくなり、粒子沈澱が起こりにくくなるなどの傾向が確認された。

## 太陽系星雲の散逸に伴う小惑星の軌道進化Ⅱ

### Orbital evolution of asteroids during dissipation of the solar nebula

長沢真樹子<sup>○</sup>、井田茂、田中秀和（東京工業大学）

M. Nagasawa, S. Ida, H. Tanaka (Tokyo Institute of Technology)

Observations of asteroids show they have large mean eccentricities and inclinations, which can not be explained by planetary perturbations. These large eccentricities were explained by the idea of the sweeping secular resonances, which occur during the dissipation of solar nebula. We have studied three-dimensional orbital evolution of asteroids with uniformly dissipated nebula model. In this case, the asteroidal inclinations were not pumped up, since the location of the secular resonance, which related to the ascending nodes, did not pass through the asteroidal region. This time, we studied the orbital evolution of asteroids with the nebula model, which dissipates from inner side, and showed that the inclinations of asteroids were pumped up.

小惑星帯には、高離心率、高軌道傾斜角を持つ小天体が数多く存在している。この高離心率、高軌道傾斜角は惑星による摂動のみで得ることはできないものである。Heppenheimer (1980) や Ward (1981)により、原始太陽系星雲のボテンシャルによって生じる永年共鳴の位置がその星雲の散逸に伴って現在の位置に移動することに、高い離心率の起源があるとわかつてきた。しかし、彼らの計算は、2次元の星雲モデルを用いており、天体の運動も赤道面に限られていたため、軌道傾斜角の進化を追うことができなかった。そこで我々は3次元の計算を行い小惑星の軌道傾斜角の進化を調べた。しかし、Heppenheimer らと同様に一様な星雲散逸を仮定した我々の過去の計算では、離心率は大きくなつたものの、軌道傾斜角は大きくならなかつた。これは星雲が一様に散逸するときには軌道傾斜角を上昇させる永年共鳴の位置が小惑星帯を通過しないためであった。今回我々は、太陽に近いところから星雲が散逸する場合、軌道傾斜角を上昇させる永年共鳴の位置が小惑星の領域を通過することを示す。そして数値計算で、小惑星帯の小惑星の軌道面傾斜角が観測と合う程に跳ね上げられることを示す。

## 周地球円盤からの月の集積

### Lunar Accretion from an Impacted-Generated Disk

小久保英一郎 (東大総合文化)・井田茂 (東工大理)・牧野淳一郎 (東大総合文化)

Eiichiro Kokubo (University of Tokyo), Shigeru Ida (Tokyo Institute of Technology),

Junichiro Makino (University of Tokyo)

We present the high-resolution  $N$ -body calculation of the lunar accretion from a circumterrestrial disk of debris generated by a giant impact on the Earth. By using the special-purpose computer for  $N$ -body problem HARP, we use 10000–30000 particles for the disk. The typical outcome of the simulation is the formation of one large moon on a nearly circular orbit just outside the Roche limit. This result hardly depends on the initial condition of the disk as long as the disk is compact, in other words, most mass of the disk exists inside the Roche limit. Our result shows that the time scale of moon formation is about a month. We also discuss the evolution of the circumterrestrial disk in detail.

月の起源として近年有力な巨大衝突 (Giant Impact) 説に基づいて、巨大衝突により形成される周地球円盤からの月の集積の大規模  $N$  体シミュレーションを行なっている。 $N$  体シミュレーションによる周地球円盤からの月集積過程の研究では Ida et al. (1997, *Nature*) の先駆的研究がある。この計算では周地球円盤の粒子数は 1000-1500 であった。これでは周地球円盤の空間構造を調べるには不十分であった。周地球円盤に発生する渦状腕などの空間構造は月が形成されるタイムスケールや場所を決める重要な要素であると考えられる。我々は専用計算機を用いることにより、粒子数最大 30000 の大規模計算を進めている。ロッシュ限界内にほとんどの質量があるようなコンパクトな周地球円盤では、ロッシュ限界のすぐ外側にほぼ円軌道を持つ 1 つの月が 1 ヶ月ぐらいで形成される。この結果は周地球円盤の初期条件にあまり依存しない。周地球円盤からの月集積は以下のようにまとめられる。(1) 粒子間の衝突により円盤が薄くなると重力不安定により粒子の固まりが形成される。(2) 固まりは差動回転により引き延ばされ渦状腕となる。(3) 渦状腕により粒子がロッシュ限界外に運ばれいっきに月の種が形成される。(4) 月の種は渦状腕により運ばれる粒子を独占的に集積しながら成長し、ある程度大きくなると重力により残りの周地球円盤を地球に落す。本講演では、周地球円盤の進化について詳しく解説しながら最新の計算結果を報告する。

「レインボー干渉計」による原始星L1551 IRS5の  
原始惑星系円盤の高空間分解能観測

High-resolution observations of protoplanetary disk around  
a protostar L1551 IRS5 with "Rainbow Array"

○百瀬宗武(国立天文台野辺山)、北村良実(宇宙研)、川辺良平(国立天文台野辺山)

○M. Momose(NRO), Y. Kitamura(ISAS), R. Kawabe(NRO)

[Abstract]

We have made aperture synthesis observations of the protostar L1551 IRS5 with "Rainbow Array" that consists of the Nobeyama 45m telescope and five 10m dishes of the Nobeyama Millimeter Array. Continuum emission at 135/147 GHz originating from the protoplanetary disk around IRS5 has been imaged with a synthesized beam size of  $2.0'' \times 1.0''$ . The emission is elongated in the direction perpendicular to the jet ejected from IRS5, and its size is  $2''$  in diameter, corresponding to 280 AU at the distance of IRS5. This size is consistent with the disk radius which had been estimated from gas kinematics in the infalling envelope.

[概要]

現在我々は、野辺山45m電波望遠鏡と野辺山ミリ波干渉計(NMA)を結合した干渉計システム(レインボー干渉計)の整備を進めている。今回は、昨シーズン初めて45m鏡に搭載された150GHz帯受信機を用い、原始星L1551 IRS5周囲の原始惑星系円盤からのダスト連続波放射(周波数135GHz, 147GHz)を観測した結果について報告する。

観測は98年2月5日、45m鏡とNMA素子アンテナ(口径10m)5台を組み合わせておこなった。その結果、 $2.0'' \times 1.0''$  ( $1.0''$ は140AUに相当)の空間分解能を達成し、空間的に分解された原始惑星系円盤起源のダスト連続波放射を検出した。連続波放射は中心星から放出されるジェットとは直交方向に $2''$ (280AU)程度のびた空間分布を示した。これは、一酸化炭素分子輝線の観測によって明らかになった自由落下するガス成分の運動から予測された半径(Momose et al. 1998)とほぼ一致する。ただし、Looney et al. (1997)がBIMA干渉計で行ったより高い解像度での観測結果をもとに主張した40AU程度の間隔をもつ連星系の存在については、今回の観測では確認できなかった。

この他講演では、135GHzと147GHzでのフラックス密度の比較から求められる円盤中のダストに対する吸収係数の周波数依存性についても議論する予定である。

[References]

Momose et al. 1998 *Astrophys. J.* 504, 314

Looney et al. 1997 *Astrophys. J.* 484, L75

日本惑星科学会  
秋期講演会アブストラクト

10月15日（木）

セッションVI

No.301-309

セッションVII

No.310-315

セッションVIII

No.316-320

## ペネトレータのダイナミクス～月レゴリスの層構造の推定法～

○白石浩章、水谷仁（宇宙科学研究所惑星研究系）

鈴木宏二郎（東大大学院工学系研究科航空宇宙工学）

### Dynamical Characteristics of Lunar Penetrator

H. Shiraishi, H. Mizutani

(Research Division for Planetary Science, Institute of Space and Astronautical Science)

K. Suzuki

(Department of Aeronautics and Astronautics, University of Tokyo)

An understanding of the bulk density of the lunar regolith and any layers present could be of importance to the interpretation of data gathered by seismometers and heat-flow probes on LUNAR-A mission. The deceleration profile with impact accelerometer can characterize the bulk density or porosity of granular media such as lunar regolith. Using acceleration records and a numerical simulation code, we try to investigate the penetrator movement into the layered soil target.

LUNAR-A ミッションでは、月表面を厚さ数 m～10 数 m で被うレゴリス層に 2～3 m の深さまで貫入させて科学観測を実施する。レゴリスの物理的性質は、水などの揮発性成分を全く含まず超高真空状態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壤とは著しく異なっていることが知られている。特に、隕石衝突によって破碎・混合されたレゴリスは数  $\mu$  m 程度の微粉体から数 mm の細粒の破碎物まで幅広い粒度分布をもっているために、圧密の程度によりバルク密度が数 10% も変化し、それに伴って他の物理的性質（弾性波速度、熱伝導率、電気伝導度など）も著しく変化する。このことは、ペネトレータが設置される地点のレゴリスの状態を把握することが月震および熱流量データを解析するうえで、またアポロ月探査の観測結果と比較するうえで重要であることを示唆している。

月レゴリスの深さ方向の圧密状態の違いや層構造の有無は、ペネトレータが突入時に受ける衝撃レベルや最終的な停止深度および経路角にも影響を与える。そのため、設置地点付近のレゴリスの状態を検出する手段として月面突入時に取得される衝撃加速度データが有効であると考えられる。実機ペネトレータに搭載される加速度計測システムは地上試験の結果から突入速度と潜り込み距離を誤差 5～10% 程度の精度で推定できると予想される。また、実ミッションで取得される加速度データの解析用として、ペネトレータ構造設計用に開発されたシミュレーションコード (Suzuki et al., 1996) の改良を行っている。新たなコードは標的砂のバルク密度がペネトレータの受ける抵抗力に与える効果を取り入れていることが特徴である。本研究では地上試験データおよび数値計算の両者を組合せた推定法について議論する。

## MUSES - C 計画の現状

藤原 顕 (宇宙研) 向井 正 (神戸大理)

### Current status of MUSES - C mission

A. Fujiwara<sup>1)</sup> and T. Mukai<sup>2)</sup>

1) Institute of Space and Astronautical Science

2) Kobe University

MUSES - C is an engineering mission to develop key technologies for developing future advanced sample return mission from planets. It will be launched in 2002, samples surface materials on a near-earth asteroid 4660Nereus, and brings them back to the earth in 2006. Current status on the mission scenario, mission instruments, and future schedule is presented.

MUSES - C は将来の本格的な惑星サンプルリターンに備えての工学試験探査機である。このミッションでは、近地球型小惑星の一つである4660 Nereus の表面からのサンプルを地球に持ち帰る計画である。2002年鹿児島よりM5型ロケットにより打ち上げ、2003年到着、約2カ月間小惑星付近に滞在し、表面からサンプルを採取して2006年に地球に帰還する。往復には電気推進が用いられる。地球帰還には、サンプルケースを含むカプセルが探査機本体から切り離され、大気に直接投入され、パラシュートを開いて地表に回収される。

航法用に搭載されるカメラ、ライダーは科学観測にも使用される。科学観測専用の機器として、近赤外スペクトロメータ、X線スペクトロメーターが搭載される。サンプルの採集は小弾丸の表面への打ち込みによって跳ね上がる破片を捕獲することによって行われる。この計画は NASA との協同になる部分が理工にまたがっており、その一環として、米国側からマイクロローバーが搭載され、小惑星表面に投下される。これにはカメラ、近赤外スペクトロメーター、X線スペクトロメーターが搭載され、小惑星表面の近接観測が行われる。

現在プロトモデル設計フェーズの3年目で、ほぼ設計は完了し、科学観測機器についても各機器ごとに部分テストが進められている。来年からは熱試験、機械試験、PM試験などが行われる。日米の機器相互の間での研究者の交換の準備も進みつつある。また地球に持ち帰られる予定のサンプルの処理について議論が進められている。

バックアップターゲットとして1989 ML という天体が考えられており、この場合のミッションシナリオも作られている。今後この天体の自転周期や表面スペクトルの観測が計画されている。

## 無重力環境下でのサンプラー実験

Experiment of sampling mechanizm at zero gravity environment.

安部正真（宇宙研），藤原顯（宇宙研），長谷川直（宇宙研），  
 野中聰（東北大），岡野康一（東北大），  
 小野瀬直美（宇宙研），島田孝典（宇宙研），  
 森口功一（宇宙研），森重和正（宇宙研），  
 高木靖彦（東邦学園短大），三輪治代美（名大）

Masanao ABE (ISAS), Akira FUJIWARA (ISAS), Sunao HASEGAWA (ISAS),  
 Satoshi NONAKA (Tohoku Univ.), Koichi OKANO (Tohoku Univ.),  
 Naomi ONOSES (ISAS), Takanori SHIMADA (ISAS),  
 Koichi MORIGUCHI (ISAS), Kazumasa MORISHIGE (ISAS),  
 Yasuhiko TAKAGI (Toho Junior College), Chiyomi MIWA (Nagoya Univ.)

MUSES-C launced in 2002 is a world first asteroid sample-return mission. The sampling mechanizm is adopted following unique sequence. At touchdown a projectile is fired toward the asteroid surface. The ejecta from the projectile's impact is funneled through the megaphone-typed horn and into the sample cather. They can perform automatically in short time and at low gravity environment. We tested a proto type model of sampling mechanizum at a low gravity environment using parabolic flight. We confirmed that the mechanizme was normally worked and could collect the fragments.

2002年打ち上げ予定の小惑星探査ミッショソであるMUSES-Cでは、小惑星表面上で表面物質（サンプル）の採取を行い、地球に持ち帰ることを計画している。現在の探査候補天体の表面重力は地球の10万分の1程度しかない。MUSES-Cのサンプル採取機構はサンプラーと呼ばれ、低重力の環境下で短時間にサンプル採取を完了することが可能である。サンプラーでは、プロジェクタイルと呼ばれる質量体を小惑星表面に向けて打ちつけ、衝突点を覆うように配置されたホーンと呼ばれる機構で飛散する衝突破碎物をキャッチャーと呼ばれる破片捕獲部に収集・誘導し、サンプルの採取を自動的に行う。

我々は、今年の6月にダイアモンドエアサービス社のMU-300を用いた無重力飛行実験によって、現在想定しているサンプラーメカニズムの低重力下での動作およびサンプル収集効率についてのデータ取得を行った。

実験の結果、低重力環境下でもサンプラーは正常に動作し、飛散する衝突破碎物も捕獲できることが確認された。また使用するホーンの形状を変えた実験も行い、ホーンの形状によって破片の収集効率が大きく変化する事実についても把握することができた。

## 粗い表面によるレーザー反射光特性

○亀井秋秀、中村昭子、向井正（神戸大・自然）

### Laser Light Scattering Properties by Rough Surfaces

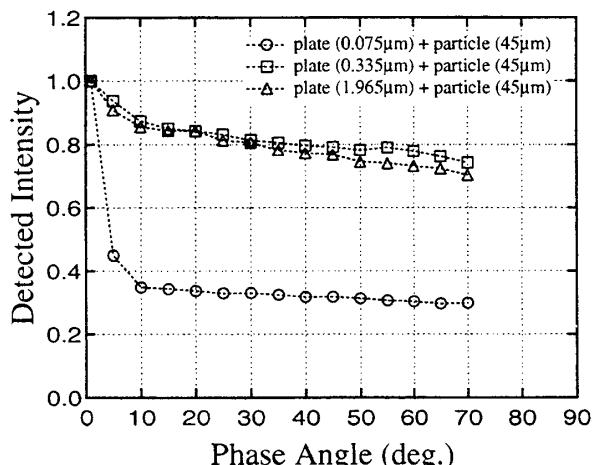
○A. Kamei, A. M. Nakamura, and T. Mukai

The Graduate School of Science and Technology, Kobe University

We have performed laboratory measurements of light scattering by rough surfaces to investigate the scattering properties of the surface with regolith particles such as asteroid surface. By using alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) plates with different surface roughness and particles with different diameter, we prepared some two-component surface models consisting of a layer of particles on the plate in order to simulate the small asteroid covered with thin regolith layer. They were illuminated by a He-Ne laser ( $\lambda=633\text{nm}$ ) and the reflected light was detected by a photomultiplier. Here we present the results of photometric measurements by such rough surfaces with changing the thickness of particle layer and the phase angle. We compare our results with a theoretical model and summarize how scattering properties depend on the thickness of regolith layer, the size of regolith, and the phase angle.

一般的に小惑星など太陽系内の小天体の表面は、隕石の衝突などで粉碎されたレゴリスと呼ばれる微粉末の表土で覆われていると考えられている。そのような表面状態（物質組成、凸凹状態、レゴリスのサイズなど）についての情報を得るには光散乱を調べることが有効な手段である。

我々は測定試料にアルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の表面粗さが違う板とサイズの異なる粒子を用意し、板の表面上に微粒子を均一に分布させた模擬小惑星表面を作成し、これに He-Ne レーザー（波長  $633\text{nm}$ ）を照射し、反射光を光電子増倍管で測定する室内実験を行った。図は平均直径  $45\mu\text{m}$  の粒子を表面粗さの違う 3 種類の板上に厚さ約  $100\mu\text{m}$  で分布させ、位相角（光源-試料-受光系）を変化させ反射光強度を測定した結果である。今回は、反射光強度の粒子層の厚さや位相角に対する依存性について測定した結果と、理論的な数値計算モデルとの比較検討を行う。



S型小惑星の反射スペクトルから見た宇宙風化作用におけるカンラン石の重要性  
Importance of Olivine in Space Weathering Suggested from the S-Asteroid Reflectance Spectra

○廣井孝弘・佐々木晶 (Takahiro Hiroi\* and Sho Sasaki)

*Abstract:* Although the cause and process of space weathering are not completely known yet, correlation between the inclination of the 1-μm band and the 1-μm/2-μm band area ratio of the S/V/A/R asteroids suggests that the more olivine exists, the more space weathering effect occurs. It is consistent with a laboratory simulation by laser irradiation (Yamada *et al.* 1998) that olivine shows much more spectral change than pyroxene after the same amount of laser irradiation. This evidence must be a key to the cause of space weathering.

S型小惑星の可視・近赤外反射スペクトルは、輝石とカンラン石に特徴的な吸収帯を1ミクロンおよび2ミクロン付近に示す。Gaffey(1993)は、1ミクロンバンドの中心波長・傾き・深さ、および1ミクロンと2ミクロンバンドとの面積比をS型小惑星およびV/A/R型小惑星に関して比較し、それらを分類した。宇宙風化作用に関しては、カンラン石に富むものを除けば、小惑星が大きいほど1ミクロンバンドは浅くなり、直径が120km程度を超えると、バンドはそれ以上浅くならない傾向が見られた。しかししながら、鉱物組成と宇宙風化作用との関係については明確にされていなかった。

月の表土における宇宙風化作用は、可視・近赤外反射スペクトルを暗くし、吸収帯を浅くし、規格化した後で見ると右上がりにしてゆく傾向がある。S型小惑星においても同様な傾向が見られるが、2ミクロンバンド付近が右上がりにならないことが月表土との違いとして重要である。レーザーを当によって宇宙風化作用をシミュレートしようという試みがMoroz *et al.* (1996)によってなされ、小惑星ベスタからきたと思われるHED隕石についても同様な試みがなされた(Wasson *et al.* 1997)。そこで問題は、ほとんど輝石からなるDiogenite以外は、レーザー加熱によってガラスが大量に生成して、その場合のスペクトルは宇宙風化作用を受けたものとは異なる傾向があつたことである。

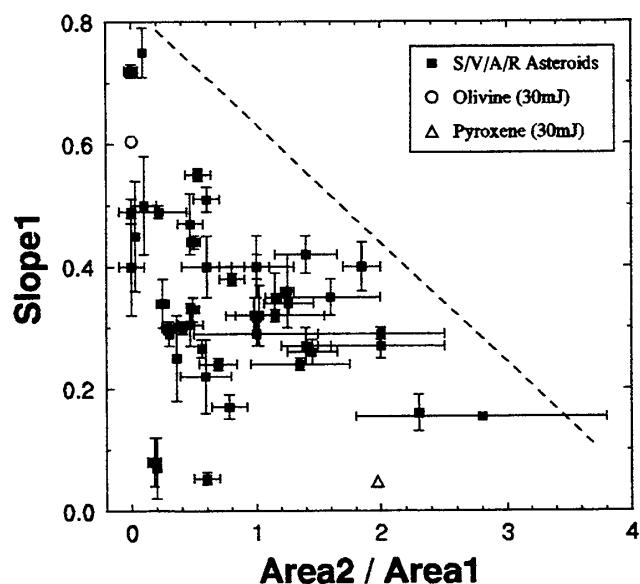
ところが、Yamada *et al.* (1998)による実験においては、そのような大量のガラスは見られず、カンラン石も輝石もその吸収帯の特徴をとどめることができた。特に、同じ量のレーザーを照射してもカンラン石の方が輝石よりも大きな変化を示し、カンラン石に富むA型またはS型小惑星に似た反射スペクトルを示した。このことは、カンラン石が輝石よりもずっと宇宙風化作用の影響を受けやすいことを示唆する。Hiroi and Takeda (1991)においてもカンラン石が選択的に変化を受けている例が示されている。

そこで、Gaffey(1993)から、1ミクロンバンドの傾きと、1ミクロンと2ミクロンバンドとの面積比を取ってきて、宇宙風化作用の程度とカンラン石・輝石の存在比との相関を調べた。その結果が下図である。この図を見ると、確かにカンラン石が多い(Area2/Area1が小さい)ほど宇宙風化作用(Slope1)が大きい傾向が見られ、Yamada *et al.* (1998)による輝石・カンラン石の点はそれらの両極端に近い場所に位置している。

宇宙風化作用の原因とその過程を解明するにはもっと実験的な研究が必要であるが、ここで示したように反射スペクトルの変化が鉱物ごとに異なる可能性を踏まえて、特にカンラン石、そしておそらく斜長石への影響を研究することが重要と思われる。

#### 参考文献

- Gaffey M. J. *et al.* (1993) *Icarus* 106, 573-602.
- Hiroi T. and Takeda H. (1991) *Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites* 4, 163-177.
- Moroz L. V. *et al.* (1996) *Icarus* 122, 366-382.
- Wasson J. T. *et al.* (1997) *Lunar Planet. Sci.* 28, 1505-1506 (Abstract).
- Yamada M. *et al.* (1998) *Antarct. Meteorites* 23, 173-176 (Abstract).



# 各国の「宇宙検疫」に関する最近の動向とその問題点

A recent international tendency of fundamental problems  
concern to "Space quarantine"

小池惇平（東京工業大学）

Junpei KOIKE (Tokyo Institute of Technology)

## ABSTRACT

We have studied on the ability of living organisms to survive under simulated space condition. A subject is not only restricted to an academic curiosity, but concern to "Space quarantine" which prevent to the contamination of extraterrestrial circumstance by terrestrial microorganisms carried with spaceprobes and the contamination of Earth by any mutated toxic microorganisms carried with astronauts. In this presentation, I will show you a recent international tendency of fundamental problems concern to the space quarantine.

## 概 要

我々はかねてより模擬宇宙環境での微生物の生存実験を行ってきた。この実験の目的はただ単に学問的な興味だけでなく、現実的な「宇宙検疫」の問題を含んでいる。宇宙検疫とは宇宙探査機などによる惑星の微生物汚染を防止することと宇宙飛行士などによる地球環境の微生物汚染の防止という両方の内容を意味している。

近年、頻繁に行われている惑星探査にともなって、探査機の無菌条件が国際的な緊急問題としてクローズアップされてきている。本報告は、本年7月名古屋で開催された32回COSPARで討議された内容を中心に、この問題に対する各国の動向とその対策について述べる。

## Europa 生命探査計画

*Mission to Europa and Search for Its Possible Biological Evidence*

○秋山演亮（東大/西松建設）、白石篤史（NASDA）、春山純一（NASDA）、寺薗淳也（JSF）、矢野創（NASA/JSC）、倉本圭（北大）、宮本英昭（東大）、大南有希（東大）

Hiroaki AKIYAMA(Tokyo univ. / Nishimatsu Construction co.,ltd.),

Atsushi SHIRAISSI(NASDA), Jun'ichi HARUYAMA(NASDA), Jun-ya TERAZONO (JSF),

Hajime YANO(NASA / JSC), Kiyoshi KURAMOTO(Hokkaido univ.),

Hideaki MIYAMOTO(Tokyo univ.), Yuki OMINAMI(Tokyo univ.)

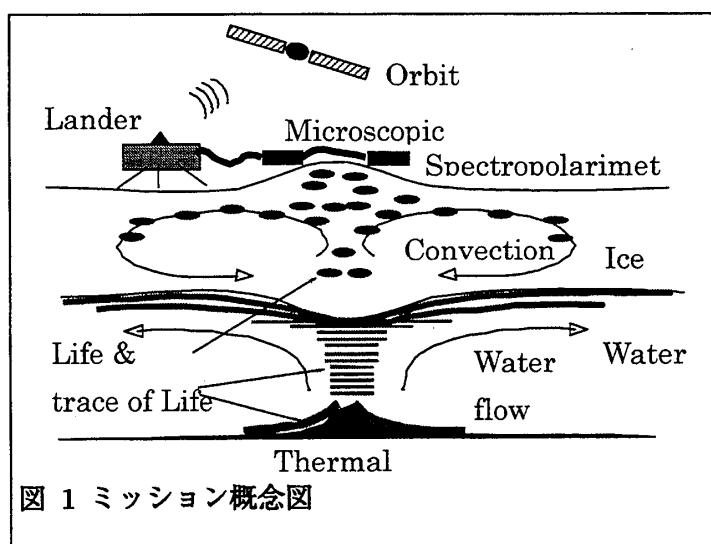
Recent close encounters to Europa, a giant Jovian satellite, by the Galileo spacecraft suggested that there might exist a liquid ocean of H<sub>2</sub>O in Europa. It can be assumed that Europa, like the Earth has the biological systems under its sub surface ocean that marine organisms consume chemical nutrients released by geological activities even though there is no sunlight. The purpose of this paper is to introduce conceptual and feasibility studies of a spacecraft mission to explore Europa's sub-surface ocean. We search for the possible biological evidence through the observation of traces. We analyze the scientific rationale, the methodology and the instrumentation of our investigation held in this mission. The designs of spacecraft and mission profile will also be reviewed.

以前より木星の衛星 Europa は、その地表の氷地形から氷の下に海があるのではないかと考えられてきた。現在、ガリレオ探査機による磁場計測によって海の存在を確認する作業が続けられている。現在までに公開されたデータは、Europa の海の存在を否定していない。

Europa に海がある場合、その内部では生命が誕生し、現在も生存を続いている可能性がある。我々は Europa の環境を検討し、その環境下で生存可能な地球の生命について調査を行うことにより、Europa に生存している可能性のある生命形態を想定した。

また、想定された生命とその生命形態から、これらを探査機による調査で発見する手法と、計測機器に関しての検討を行った。

本講演では我々が検討を行ったミッションプランに関する紹介を行う。



3色フィルターを用いた Mars Imaging Camera での  
火星表面の朝霧・夕霧の観測

**Observation of Morning/Evening Fog on Mars  
by 3 Color Filters of Mars Imaging Camera**

○稻田 愛、中村 昭子、向井 正（神戸大 自然）

○A. Inada, A. M. Nakamura, T. Mukai

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

Although the channels on the Mars implies the evidence that a lot of waters flowed on its surface in past days, the water detected in the current Mars is clearly deficiency, compared with that in the past. The question where the past water has been is one of the most important subjects. The observation of Martian fog on the surface will provide useful information to examine the transport of water between the regolith and the atmosphere. Mars Imaging Camera onboard NOZOMI will begin its observation from October 1999.

The camera which is suitable for the detection of the morning / evening fog in the low latitudes has three color filters . We will present how the scattering light changes with phase angle and wavelength, assuming the density and the particle size of the fog.

火星の地形は過去に河川があったことを示唆するが、現在観測できる水は極冠の氷と大気中のわずかな水蒸気のみであり、過去の水の行方を明らかにすることは大きな研究課題である。火星表面で発生する霧の観測は火星表面と大気との間における水の循環過程を知る手掛かりとなるが、観測例は少ない。1999年10月から火星周回軌道上で観測予定の Mars Imaging Camera(MIC)は三色フィルター 赤(630 - 680 nm), 緑(520 - 580 nm), 青(440 - 480 nm)を持ち、低緯度地域の朝霧・夕霧の観測に適している。本研究では霧粒子の密度、粒子サイズを仮定した場合の反射光の位相角依存性、各フィルターで撮像したときの反射強度の違いについて検討した結果を述べる。

## Mars Imaging Cameraによって 撮像された圧縮画像の評価

澄川慎司<sup>1</sup>, 野田寛大<sup>3</sup>, 中村 良介<sup>2</sup>, 向井 正<sup>1</sup>

1:神戸大・自然 2:神戸大・情報処理センター 3:東大・理・地物

### Assessment of Efficiency of Compression Process for Images taken by Mars Imaging Camera(MIC) on board NOZOMI

S.Sumikawa<sup>1</sup>, H.Noda<sup>3</sup>, R.Nakamura<sup>2</sup> and T.Mukai<sup>1</sup>

1:The Graduate School of Sci.and Tec.,Kobe Univ.,Japan. 2:Information Processing Center,Kobe Univ.  
3:The Graduate School of Sci.,Tokyo Univ.,Japan.

Mars Imaging Camera(MIC) on board NOZOMI has the RAMs of 1 Mbyte to preserve the image data. Consequently, it can keep only 1 raw image with a size of 1024 lines \* 1024 pixels or 16 raw images with a size of 256 lines \* 256 pixels. To reduce the size of memory for storeage and the telemetry time for transmission, MIC has a function to make (non-reversible) compressed image based on JPEG rev 5 algorithm. An image compression chip designed by MATRA MARCONI SPACE,FRANCE is used.

We compress the raw images taken by MIC near the point of perigee in 19th July and 9th September,1998. Referring to our assessment of compression process, we will propose what order of compression ratio shoud be set for the images planned to take, concerning Martian clouds, polar caps, surface features, dust rings and its scattering properties.

火星探査衛星「のぞみ」に搭載されている Mars Imaging Camera (MIC) は、撮像された画像データ保存のために 1 M byte の記憶容量を持っている。この容量では 1024 lines × 1024 pixels の画像なら 1 枚、256 line × 256 pixels の画像では 16 枚しか保存できない。このため、画像の機上保存量を増やし、転送時間を減らすために、MIC では生画像の圧縮が行なわれる。JPEG rev 5 アルゴリズムによる圧縮チップ (Image Compress Module:MATRA MARCONI SPACE,France 提供) により、獲得画像は機上で圧縮（非可逆）される。

そこで、MIC による撮像によって得られる画像がどの程度圧縮可能であるかを検討する。具体的には 7 月 19 日と 9 月 9 日に近地点近傍で撮像された生画像データを実際に非可逆圧縮させて、その定量的な結果から、火星の雲や極冠、表面の特徴、ダストリングなどの観測対象の可能な画像圧縮率について論じる。

## 宇宙空間ダスト計測用 TOF 型質量分析器

濱邊 好美、佐々木 晶（東大・理）、河村 亨、野上 謙一（獨協医大）  
大橋 英雄（東京水産大）

### Dust Analyzer with time-of-flight mass spectrometry on board spacecraft

Yoshimi Hamabe, Sho Sasaki (Geological Institute, Univresity of Tokyo)  
Tohru Kawamura, Ken-ichi Nogami (Dokkyo University School of Medicine)  
Hideo Ohashi (Tokyo University of Fisheries)

We are aiming to develop an impact-ionization dust analyzer with TOF (time-of-flight) mass spectrometry in order to clarify chemical composition of the impacting dust particles as well as dust flux, velocity, direction, mass and impacting time.

Now we produced a linear TOF mass spectrometer and have preliminary experiments with pulsed laser irradiation. Ions are ejected with different initial energies from the target, so we develop an ion mirror to cancel the difference in time-of-flight, where the parabolic equipotential surface not only reflects ions but also focuses them in perpendicular to the system axis. In the future, we will examine a prototype of reflectron mass spectrometer and show that we can achieve higher resolution.

宇宙空間に存在するダストのフラックス、衝突速度、飛来方向、質量だけでなく、質量分析機能によりダストの組成を明らかにすることを目的とした TOF (time-of-flight) 型質量分析器の開発を行なっている。

現在、直線型 TOF を用いてパルスレーザー照射によるイオン発生の基礎過程について改良を行なっている。レーザー照射の場合、ターゲットから発生するイオンが異なる初期エネルギーを持っており、固体のターゲットに照射する際のレーザー径や強度、ターゲットの種類によってもそのばらつきに違いが生じる。そのままイオンを加速したのではこのばらつきを打ち消すことができないため、コレクターへの到達時間に大きな幅が生じ、分解能も低い。そこで、初期エネルギーのばらつきを抑えることができるようイオン源の構造に改良を加えている。直線型 TOF でレーザー強度と初期エネルギーの持ち方について確かめた後、空間に電場をかけてイオンを反射させるリフレクトロン方式を用いたプロトタイプの TOF で、初期エネルギーのばらつきを抑えることができ、分解能が向上することを示す。最終的には、イオンが減速・反射する空間を曲面電場とし、コレクター部でイオンを空間的に収束させ、さらに高い質量分解能を得ることを目標とする。

SFU衛星上の超高速衝突痕飛行後検査(3)  
 --3次元計測・元素分析・較正実験--

Post Flight Analysis of Hypervelocity Impact Signatures on the SFU Spacecraft: Part 3

-- Three Dimensional Analysis, Elemental Analysis and Calibration Tests --

- 森重和正(宇宙研)、矢野創(NASA / JSC)、前川欣之(日大生産工)、S. P. Deshpande (Deutsche Morgan Grenfell)、M. J. Neish(航技研)、木部勢至朗(航技研)
- Kazumasa Morishige<sup>1</sup>, Hajime Yano<sup>2</sup>, Yoshiyuki Maekawa<sup>3</sup>, Sunil P. Deshpande<sup>4</sup>, Michael J. Neish<sup>5</sup> and Seishiro Kibe<sup>5</sup>

1) Institute of Space and Astronautical Science; 2) NASA / JSC; 3) Nihon University; 4) Deutsche Morgan Grenfell; 5) National Aerospace Laboratory

We measured 3-D morphology of hypervelocity impact craters on the Teflon radiators of the SFU spacecraft by a scanning laser microscope and a X-ray CT technique. We also performed impact calibration experiments using a two-stage light-gas gun at ISAS and a van de Graaff accelerator at HIT in order to reproduce impact crater profiles formed in space. As a result, the depth to diameter ratio of these impact craters constrains bulk density, velocity and size of impactors, which are complementary information to elemental analysis regarding origins of the impactors, namely meteoroids or space debris.

1996年1月に日本初の回収型人工衛星SFUが地球へ帰還して以来、約28m<sup>2</sup>の曝露表面からメテオロイドとスペースデブリ(M&D)を起源とする約50μm以上の超高速衝突痕が750個観察された。本研究は、微小クレーターの3次元形状から衝突物の物理情報(サイズ、密度、形状)と軌道情報(衝突速度、方向)に制約を与えると同時に、残留物の元素分析を相補的に利用することによって、衝突物の起源をM&Dに分類し、両者のサイズ分布を求める目的としている。

銀蒸着テフロン放熱板(SSM = Second Surface Mirrors)上の微小クレーターについては、走査型レーザー顕微鏡とX線CTスキャンを用いて3次元形状(深さと直径の比:P/Dc)を測定した結果、P/Dcは衝突物のバルク密度、速度、サイズに依存することを確認した。また、微小クレーター底部と多層断熱被膜(MLI = Multi Layer Insulations)上の貫通孔中には、それぞれ60%、80%の割合で衝突残留物が検出された。これらを低真空型SEM/EDXを用いて元素分析を行うと、始源的組成を持つメテオロイドと(酸化)アルミニウムやチタンを主成分とするデブリが同定され、M&Dの比率を求めた。さらに宇宙からの回収試料の検査に加えて、2段式軽ガス銃(~5km/s)とヴァン・デ・グラーフ加速器(~10km/s)による衝突較正実験によって、過去に回収されたLDEF、EuReCa、HSTと衝突フラックスを比較し、衝突物のサイズを見積もった。特に衛星自身の遮蔽効果も考慮すると、地球公転方向に位置する曝露面でメテオロイドによるフラックスの上昇が認められた。尚、本飛行後検査で得られた成果は、<http://www.nal.go.jp/www-e/juuten/kyoten/SFU/SFU.html>にて公開中である。

## 高速度衝突に伴う発光雲

柳澤正久（電通大）

### Luminous cloud in high-velocity impact

Masahisa YANAGISAWA (Univ. Electro-Comm.)

We made a series of high-velocity impact experiments. Nylon spheres of 7 mm in diameter were accelerated up to 4 km/s, and hit targets made of basalt, mortar, aluminum, iron, and nylon. An ultra-high-speed image converter camera recorded impact phenomena in every 6  $\mu$ sec. Images thus obtained show luminous clouds. They appear prior to the crater excavation. The expansion velocity of the clouds is higher than the impact velocity. The clouds flow downrange from impact point in oblique impact. The dependence of their velocity on the impact velocity and projectile's incident angle (measured from local zenith) may be explained by "jetting" model.

直径7 mmのナイロン製プロジェクタイルを宇宙科学研究所の二段式軽ガス銃で1～4 km/sに加速し、玄武岩、モルタルセメント、アルミニウム、鉄、ナイロンでできたターゲットに衝突させた。衝突現象はイメージコンバーターカメラ(IMACON 790)によって6  $\mu$ 秒毎に数コマ撮像された(図1)。エジェクタの放出に先立って発光雲が現れていることがわかる。我々はそれが広がるパターンと速度を測定した。そしてこれらの値が、プロジェクタイルの速度、衝突角にどのように依存するか調べた。結果は発光雲が衝突に伴うジェッティング現象によるものであることを示唆している。

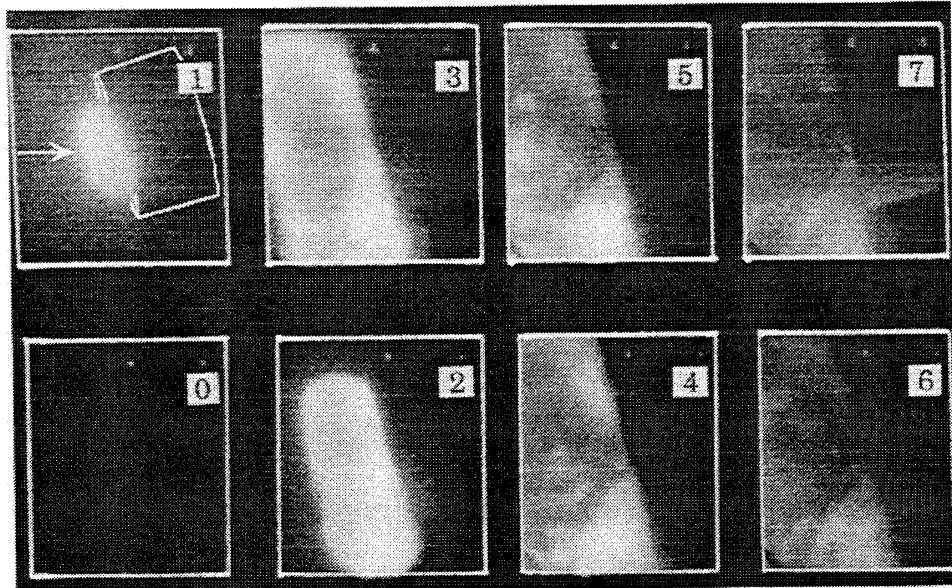


図1：衝突速度4 km/s、衝突角16度(衝突点での鉛直方向から測る)。時間はそれぞれのコマに付けた番号順に進む。コマ1では、円柱形アルミニウム製ターゲットの位置とプロジェクタイルの弾道が白インクで示されている。

## 衝突閃光の高速分光観測

杉田精司<sup>○</sup>、ピート＝ショルツ（ブラウン大学地球科学科）

### High-speed spectroscopy of impact-induced radiation

<sup>○</sup>Seiji Sugita and Peter H. Schultz

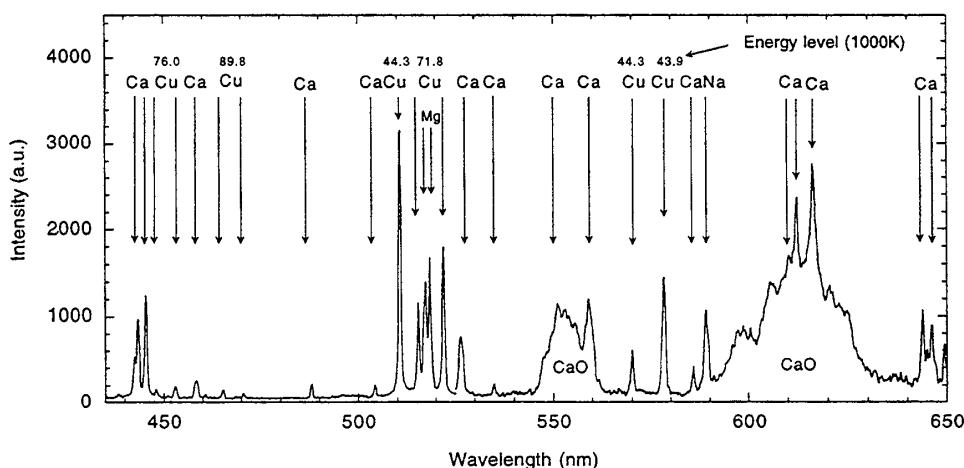
Department of Geological Sciences, Brown University

**Summary.** Vaporization processes in hypervelocity impacts have important significance in planetary science. Experimental approaches for quantitative observations of impact vaporization, however, have been almost exclusively limited to high-speed photography because of short duration and high pressure/temperature conditions of the phenomena. Thus in-situ measurements of thermodynamic parameters of impact-induced vapor clouds such as temperature, pressure, and chemical composition have been extremely difficult. Consequently, results of laboratory experiments on impact-induced vapor clouds have not been fully compared against shock theories or numerical simulation codes. Using a newly developed spectroscopic approach, this study quantitatively observes emission spectra of impact-induced vapor clouds to obtain their thermodynamic parameters

高速衝突現象に伴う天体の蒸発過程は惑星の起源と進化を考える上で非常に重要である。しかし現象の継続時間の短さと破壊的な高温高圧条件のため、従来は衝突蒸気の観測は主に高速写真観測に限られ、温度、圧力、化学組成などの熱力学量の直接観測は困難であった。そのため、室内衝突実験による衝突蒸気雲の観測データを理論と詳細に比較し、惑星科学で広く使われている衝撃理論や数値計算コードに対する検証や補正是あまり行われてこなかった。そこで本研究では、高速衝突による蒸気雲の熱力学量の観測をすることを目的として、衝突蒸気雲の発光スペクトル（衝突閃光）の定量観測を行うこととする。実は衝突閃光の分光観測は我々の試みが初めてではない。しかしこれまでの研究例では、非常に長い露出時間を要したり、時間分解能はあっても波長バンドの数が少なかったりと、衝突閃光の定量観測には大きな足枷がはめられていた。我々は、この実験的制約をICCD(Intensified Charge Coupled Device)を用いた分光計を導入することにより解決した。現在のシステムでは衝突閃光を1500以上の波長バンドに分けてマイクロ秒程度の露出時間で同時測定することができる。

本研究では、水晶および銅の弾丸（直径それぞれ6.4 mmと3.2 mm）を多結晶質のドロマイトの標的に4-6 km/sの速度で斜めに衝突させたときに発生する閃光の分析を、発光スペクトルの理論に基づいて行った。その結果、両方の場合とも4-8000 Kという高温のガスが10 km/sをはるかに超える高速で数マイクロ秒のうちに放出されることが分かった。また、強い輝線スペクトルを発生する高温ガスの総質量は弾丸の千分の一以下と見積もられた。これらの観測事実は、いわゆるジェット現象と非常に調和的である。ところが、観測されたジェットの温度の衝突速度および衝突角度に対する依存性を標準的ジェット理論からの予測と比較すると、かなり大きな違いが認められた。これは、従来の衝撃加熱の理論に考慮されてこなかったエネルギー分配過程が、斜め衝突時のジェット現象で大きな役割を果たしている可能性を強く示唆している。

図1. 銅とドロマイトの衝突による閃光の分光観測結果（速度=5.33km/s、衝突角=水平から30°）



南極ドームF基地造水槽沈殿物中のガラス質球粒の化学組成  
 —南極宇宙塵予備調査報告—

Chemical composition of glassy spherules separated from deposit  
 in water tank of the dome F station, Antarctica

—A report of preliminary investigation for Antarctic cosmic-dust—

○福岡孝昭（立正大）、田澤雄二（京大）、中村智樹（九大）、今栄直也（極地研）、  
 野口高明（茨大）、矢野創（NASA）、中井泉（東理大）、寺田健太郎（広大）、  
 野上謙一（獨協医大）、大橋英雄（東水産大）、村上登志男（学習院大）

○T. Fukuoka (Rissho Univ.), Y. Tazawa (Kyoto Univ.), T. Nakamura (Kyushu Univ.),  
 N. Imae (NIPR), T. Noguchi (Ibaraki Univ.), H. Yano (NASA),  
 I. Nakai (Tokyo Sci. Univ.), K. Terada (Hiroshima Univ.),  
 K. Nogami (Dokkyo Univ. Sch. Med.), H. Ohashi (Tokyo Univ. Fish.),  
 T. Murakami (Gakushuin Univ.)

Glassy spherules have been separated from deposit in water tank of the dome Fuji station, Antarctica which was collected by the 37th Japanese Antarctic Research Expedition team. Chemical composition in 5 glassy spherules have been analyzed by instrumental neutron activation analysis (INAA) as initial examination. The results show that high Ca contents with low Si content. The C1 chondrites normalized REE patterns show fractionated patterns with higher La values. The possible origin of these glassy spherules will be discussed.

現在越冬中の第39次隊では南極氷床を融解して、大量の宇宙塵試料を採集することを計画している。大量の宇宙塵試料の研究者への配分法を検討する目的で、第37次隊によって供給された南極ドームFuji基地の生活水造水槽中沈殿物について南極宇宙塵ワーキンググループにより予備調査が行われている。この沈殿物中には多数の透明なガラス質球粒が存在する。本予備調査ではこれらガラス質球粒のうち、比較的大きい5つ ( $13\sim29\mu\text{g}$ ) について、機器中性子放射化分析 (INAA) で主成分から微量元素まで30元素以上を分析した。

主成分化学組成はCa含有量が高く、 $\text{SiO}_2$ 及びFe含有量が低い特徴を示す。C1コンドライト隕石の値で規格化したREEパターンはLa側が高い分化したパターンを示す。宇宙起源物質に特有であるIr, Au等の親鉄元素は検出されなかった。これらガラス質球粒が宇宙起源である明確な証拠は今のところ得られていない。生活水はドームFuji基地周辺の雪を融解したものである。ここでは、ガラス質球粒の形態、化学組成、沈殿物中の量比等のデータから総合的にその起源について考察する。

## Dust grains from Edgeworth-Kuiper Belt

○山本 聰、石元裕史、向井正（神戸大・自然）

○S.Yamamoto, H.Ishimoto and T.Mukai

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

We investigate the mass distribution of dust grains in Edgeworth-Kuiper Belt (EKB) region using numerical model which takes into account grain-grain collisions and the Poynting-Robertson effect. Based on the resulting mass distribution of dust grains in EKB, its brightness of thermal emission is calculated. In addition, the contribution of these dust grains to the population of interplanetary dust existing in inner Solar System is investigated. The detectabilities of EKB dust grains by infrared measurements and by in situ measurement are discussed.

近年、太陽系外縁部でエッディワース・カイパーベルト天体（EKO）の発見が続いている。最近の観測結果から、この領域で天体間の衝突は頻繁に起こり、その結果多量のダストが生成されていると報告されている。また、太陽系外から流入している星間塵とEKO天体の衝突によっても多量のダストが生成されている。EKO相互衝突および星間塵との衝突により生成されたダストは太陽系外縁部でダスト雲を形成していると思われる。また、ポインティング・ロバートソン効果により、太陽系内惑星領域まで到達するものもあると予想される。しかし、これまでの観測や探査機測定でEKB起源のダストの存在は確認されていない。

これまでのEKO起源ダストに関する研究では、観測で見つかっている30-50AU領域に存在するEKOを基として計算してきた。一方、50AUより遠方のEKBにおいても、太陽系形成時の残余物である天体が存在すると予想される。そこで、本研究では太陽系外縁部50AUより遠方に存在するEKOも考慮してダスト生成率を見積もった。また、放出後のダストの衝突進化について検討を行い、ダストディスクの空間およびサイズ分布を導出した。得られた結果をもとに、EKBダストディスクからの熱輻射量の観測可能性と太陽系惑星領域に存在する惑星間塵への寄与について議論する。

高速度衝突破壊の臨界衝突エネルギー  $Q^*$  と天体サイズ

○三谷典子（名大・理、東大・理）、渡邊誠一郎（名大・理）

**Relation between Critical Specific Impact Energy for Catastrophic Fragmentation and Target Size**Noriko K. Mitani<sup>1) 2)</sup> and Sei-ichiro Watanabe<sup>2)</sup>

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

2) Dept. of Earth and Planet Sci., Nagoya Univ.

The critical specific impact energy  $Q^*$  is often used as a criterion for catastrophic fragmentation. In this study, we express  $Q^*$  as a function of target size, using the scaling law of the non-dimensional largest fragment mass versus non-dimensional shock stress at the antipodal point which we have improved. Our results are compared to the previous estimate by dimensional analysis which suggested that  $Q^*$  decreased with increasing target size.

高速度衝突破壊の程度を表す指標として、単位標的質量あたりの衝突エネルギー  $Q$  がしばしば用いられてきた。このとき基準となるのは最大破片質量が標的質量の  $1/2$  となるカタストロフィック破壊の臨界衝突エネルギー  $Q^*$  である。次元解析によると、強度領域では標的強度の歪み速度依存性の効果によって標的サイズの増加とともに  $Q^*$  は減少するという傾向が予測されている (Housen and Holsapple, 1990)。

我々はこれまでに弾塑性モデルを用いて固体中の衝撃波の減衰を数値計算で研究してきた。さらにその計算結果を室内実験に対応させることで、最大破片質量を標的強度で規格化された対極点応力の関数として表すスケーリング則 (Mizutani *et al.*, 1990) を改良した。これを用いると強度領域での  $Q^*$  を数値的に表すことができる。今回はさらに強度の歪み速度依存性を考慮して  $Q^*$  を標的サイズの関数として表し、次元解析による予測と比較する。

## 衝突点周囲の応力分布の測定

Measurements of stress distribution under the impact point

°中澤 晓（名古屋大学）、加藤 學（宇宙研）

Satoru Nakazawa<sup>1)</sup> and Manabu Kato<sup>2)</sup>

1) Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya Univ.

2) Institute of Space and Astronautical Science

Shock compression experiments were carried out in the interest of collisional phenomena of planetesimals and impact craterings. Projectiles made by aluminum were impacted on Kinosaki basalt (HEL : 5 GPa) with the impact velocity of 1.3 km/sec to induce the impact pressure of 9 GPa. The shock stress ( $z$  and  $r$  direction in cylindrical coordinates) was measured using in-material PVF<sub>2</sub> gauge. The measured impact stress distribution was compared with the size of the impact crater.

微惑星の衝突破壊や隕石の衝突によるクレーター形成のメカニズムを解明するには衝突点周囲の応力分布を知る必要がある。Kieffer and Simonds (1980) や O'Keefe and Ahrens (1975) らは衝突点周囲の圧力分布を理論的に見積もり形成されるクレーターや衝突による溶融の議論をおこなったが、彼らが見積もった圧力減衰率および圧力分布はそれぞれ異なっていた。また Nakazawa et al. (1997) は実験的に衝撃応力を測定したが、測定したのは衝突軸上（衝突点から衝突方向にのばした線上）の応力のみであった。

そこで今回、岩石を用いた衝突実験を行い、衝突点周囲の3次元応力分布を測定した。アルミニウムの弾丸（直径 15 mm、高さ 15 mm の円柱）を 1.3 km/sec の速度で城之崎玄武岩（密度 : 2.7 g/cm<sup>3</sup>、HEL : 5 GPa）に垂直に衝突させた。玄武岩とアルミニウムのユゴニオから衝突点直下における発生圧力は 9 GPa と見積もることができる。玄武岩内部に衝撃圧力ゲージを埋め込み、衝突面に対して垂直方向の応力、動径方向の応力それぞれを測定した。衝撃応力ゲージにはピエゾ効果を利用した PVF<sub>2</sub> ゲージを用いた。得られた応力分布と形成されたクレーターのサイズ（直径及び深さ）を対応させ、クレーターの形成メカニズムや放出破片が経験した応力などについて議論する。

### References

- Kieffer, S. W. and C. H. Simonds, 1980, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 18, 143-181.
- O'Keefe, J. D. and T. J. Ahrens, 1975, in *Proc. Lunar Sci. Conf. 7th*, pp. 3007-3025.
- Nakazawa et al., 1998, in *The Review of High Pressure Science and Technology*, 7, 936-938.

# 地質境界(K/T, P/Tr)中の球粒の衝突形成

Impact-induced Formations of Spherules at the K/T and P/Tr Geological Boundaries

三浦保範、福山誠二郎、小林浩之、A.グチック、M.ケドベッシュ

Miura, Y., Fukuyama S., Kobayashi H., Gucsik A. and Kedves M.

Dept. of Earth Sci., Yamaguchi Univ., Yamaguchi 753-8512, Japan; yasmiura@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp

**Abstract:** 1) Fe-rich spherules are found from Mocs and Mezo-Madaras meteorite showeres, which are similar to those of sea-sediments. 2) Fe-rich spherules are found from Danish K/T boundary, whereas many spherules are found before K/T Ir peaks. 3) Fe-rich spherules are found also at Permian-Triassic (P/Tr) boundary at many localities from sea-sediments from Hungary and Japan, and from direct crater sediment of the Araguaiha impact crater, Brazil (ca.250 m.y.).

1.はじめに。活動的な地球表層においては、反応の比較的長いマグマ起源の高温による物質がよく残存している。しかし隕石衝突などの瞬時の衝突反応により、(a)衝突岩石と衝突物の組成、衝突規模などにより様々な衝突変成物質が形成される、(b)古い時代の衝突ほど衝突残物が限られる、(c)火山地震地域、大陸周縁部ほど衝突物は残存しにくい。本研究では、衝突の直接反応で高温まで安定的に残れる物質として鉄と炭素を含む組成の球粒状粒子から、古い時代の地質境界(K/T,P/Tr)衝突過程を解明するのが目的である。

2.球粒。球粒は、一般に高温反応であれば容易に形成される。衝突反応の場合は、球粒状粒子の組成（鉄、ニッケルと炭素）や衝突の規模による生成量（火山燃焼より大規模）に特徴がある。最近、Mocs と Mezo-Madaras 隕石シャワーから隕石組成を持つ様々な球粒を発見した。これは、海底堆積の宇宙塵の起源が大気での燃焼球粒由来である可能性を示している。

3.白亜紀・第三紀(K/T)地質境界。これまで報告された世界の各地の K/T 地質境界には、白金族元素の異常含有量で示される K/T Ir Peaks 以前に球粒が増加していることが報告されている。デンマークの試料からは、鉄に富む粒子が発見され、衝突隕石の組成を示している。ススとして異常炭素生成量が報告されているのは、衝突した石灰岩の衝突反応の生成物である可能性が高い。

4.ペルム紀・トリアス紀(P/Tr)地質境界。古い P/Tr 地質境界時代には、瞬間的な衝突生成物が残りにくく、超新星起源とか、銀河系分子雲とか、地球内部のマントル対流とか火山起源と報告されている。しかし、海底堆積物起源の陸上地層から、ハンガリーと日本には、鉄に富む球粒が微量報告されている。また、陸上では安定盾状地のブラジルのアラゴアイ衝突孔 (ca.250m.y.) の衝突物から鉄に富む粒子を初めて発見した。衝突からの P/Tr 地質境界の考察が必要である。

## 雪の衝撃圧縮

## Shock compression of snow

比嘉道也(宇宙研)、荒川政彦(低温研)、前野紀一(低温研)

Higa, M. (ISAS), Arakawa, M. (ILTS), and Maeno, N. (ILTS)

We performed impact experiments between an ice sphere and a snow plate to investigate the collisional disruption of porous material as an analog material of icy planetesimal. In this report, we measured a fragment velocity at an antipodal point of plates with varying their thickness. The ratio of the antipodal fragment velocity to the impact velocity ( $V_a/V_i$ ) varied with the plate thickness ( $x$ ) and the porosity of the plate ( $\Phi$ ). Then  $V_a/V_i$  was fitted as  $V_a/V_i = \exp(-0.070(1-\Phi)x)$ .

外惑星領域には、氷を主な構成鉱物とする氷衛星が数多く存在する。それらの天体の形成・進化過程を定量的に明らかにするためには、氷微惑星の集積過程を知る必要がある。衝突により天体の成長は起きるが、もしも天体が破壊された場合には、天体の脱出速度を越えない放出速度を持った破片が再集積することによって成長に寄与しなければならない。よって集積の素過程として、氷微惑星の衝突破壊過程を調べることは重要である。特に、衝突破片の速度分布は、惑星の成長を左右する重要なパラメーターである。また、氷微惑星の化石と考えられている彗星は、高い空隙率を持つことが知られているので、衝突破片の速度分布におよぼす空隙の影響を調べることは重要である。しかし、空隙を考慮した氷の衝突実験はこれまで行われていない。そこで本研究では、氷微惑星のアナログ物質として雪を用いた衝突破壊実験を行い、破片速度の衝突速度・空隙率依存性について考察した。

実験は、低温室内( $-18^{\circ}\text{C}$ )に設置した軽ガス銃を用いて、氷球(1.6g)を氷または空隙率64%の雪の板(断面積 10cm $\times$ 10cm、厚さ 0.3–4cm)に衝突速度( $V_i=100\text{--}700\text{m/s}$ )で正面衝突させ、衝突破片が放出する様子を超高速度イメージコンバーターカメラ(4万–50万コマ/秒)で撮影した。板の厚さを変化させて実験を行い、衝突点に対して逆側の標的表面から吹き出す破片速度( $V_a$ )を画像データより求めた。その結果、破片速度と衝突速度の比( $V_a/V_i$ )は、標的の厚さ( $x$ )と空隙率( $\Phi$ )に依存し、実験式、 $V_a/V_i = \exp(-0.070(1-\Phi)x)$ 、で書き表せることが明らかになった。

## 微小氷粒子の宇宙線による 破壊機構のMDシミュレーション

○大垣内るみ、向井正（神戸大・自然）

### **MD simulation for disruption of icy particle by cosmic ray**

○ R. Ohgaito and T. Mukai

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

In the disruption processes of interplanetary icy particles, the disruption by cosmic ray (charged particles) plays a significant role, as well as mutual collisions.

We examine the collisions between an amorphous ice cluster with a size of about nano meter and a proton having various energies (eV - keV), by using the computer simulation based on the Molecular Dynamics (MD). Such smaller ice clusters may be seed particles for nucleation and further growing for producing the dust aggregates.

It is found that the disruption occurs only when the incident proton has the energy below nearly 100 eV, because a higher proton passes thorough target cluster without any deposition inside it.

微小氷粒子破壊過程において、相互衝突による破壊と共に、宇宙線粒子（プロトン）入射による破壊が重要となる。ここでは、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、粒径ナノメートルサイズのアモルファス氷（成長の種と考えられる）と、各種のエネルギーを持ったプロトンとの衝突事象を定量的に検討した。その結果、氷粒子の破壊が、高エネルギーのプロトン入射では発生せず、100 eV 以下のプロトン入射でのみ起こることを報告する。

## 著者索引

<b>A</b>					
安部正真	<b>57, 58, 87</b>	廣井孝弘	<b>89</b>	小林憲正	<b>26</b>
阿部豊	50	比屋根肇	<b>29</b>	肥塚隆保	34
秋山演亮	<b>69, 71, 91</b>	本田理恵	65, 66	古我知素文	<b>54</b>
青島千晶	<b>51</b>	宝来帰一	53	小久保英一郎	<b>80</b>
荒川政彦	103			小池千代枝	41, 42
<b>C</b>		井田茂	75, 79, 80	小池惇平	<b>90</b>
千貝健	39	E. Igenbergs	64	近藤正史	46
<b>D</b>		飯田彰	<b>76</b>	小笛隆司	39
S. P. Deshpande	95	飯島祐一	<b>65, 66</b>	倉本圭	<b>44, 71, 77, 91</b>
<b>E</b>		今栄直也	98	栗田敬	72
榎森啓元	21	稻田愛	67, 70, <b>92</b>	草薙誠徳	<b>49</b>
<b>F</b>		石田廣史	20	<b>M</b>	
福岡孝昭	<b>98</b>	石田十郎	68	前川欣之	95
福山誠二郎	102	石黒正晃	54, 55, 56, <b>59, 70</b>	前野紀一	103
藤井貢	27	石原盛男	63	牧野淳一郎	80
藤井康正	<b>55, 56, 59, 70</b>	石元裕史	55, 56, 61, <b>62, 99</b>	増田仁美	26
藤村彰夫	53	石岡圭一	15	松井孝典	49, 77
藤田英輔	16	伊藤啓行	63	松村真由美	65
藤原顕	<b>57, 58, 64, 86, 87</b>	<b>G</b>		松尾武清	63
藤原龍治	<b>47</b>	A. Gucsik	102	三谷典子	<b>100</b>
<b>H</b>		<b>K</b>		三浦保範	<b>102</b>
濱邊好美	<b>94</b>	牆内千尋	41, 42	三輪治代美	87
浜根寿彦	<b>28</b>	亀井秋秀	54, <b>88</b>	宮本英昭	<b>48, 64, 71, 91</b>
浜野洋三	17	亀山真典	17	宮田一孝	<b>61</b>
花本貴志	<b>34</b>	金子竹男	26	宮崎明子	<b>33</b>
長谷川直	87	交久瀬五雄	63	三由研一	75
橋元明彦	29	加藤航史	26	水谷仁	53, 66, 85
橋本樹明	<b>67, 68</b>	加藤學	101	百瀬宗武	<b>81</b>
早川雅彦	53	川辺良平	81	森口功一	87
林祥介	<b>15</b>	河北秀世	<b>27, 28</b>	森重和正	<b>64, 87, 95</b>
春山純一	<b>52, 71, 91</b>	川股正和	67, <b>69, 70</b>	森下裕一	31
比嘉道也	<b>103</b>	河村亨	94	R. Muenzenmayer	64
平井研一	53	M. Kedves	102	向井苑生	19, 20
平田和久	<b>43</b>	木部勢至朗	95	向井正	43, 54, 55, 56, 59,
平田成	<b>52</b>	木村誠二	<b>41, 42</b>	61, 64, <b>67, 68, 69,</b>	
平田龍幸	55, 56	木多紀子	<b>31</b>	70, 86, 88, 92, 93,	
		北村雅夫	47	99, 104	
		北村良実	81	村江達士	<b>32</b>
		小林浩之	102	村上登志男	98

<b>N</b>		<b>R</b>		
永原裕子	<b>30</b> , 31	盧忠鎬	<b>18</b>	田澤雄二 98
長沢真樹子	<b>79</b>	R. Roll	63	寺田健太郎 <b>46</b> , 98
中田俊隆	41, 42	H. Rosenbauer	63	寺蘭淳也 71, 91
中川貴司	<b>17</b>	<b>S</b>		富樫茂子 31
中川義次	76, 78	斎藤潤	69	豊田岐聰 <b>63</b>
中井泉	98	斎藤威	26	土山明 <b>23</b> , 24, 25, 34
中村昭子	54, 65, 67, <b>68</b> , 69, 88, 92	斎藤嘉夫	41, 42	辻本与志一 34
中村良介	19, 40, 55, 56, 59, 69, 70, 93	酒井辰也	<b>40</b>	
中村智樹	98	坂元誠	55, 56	<b>U</b>
中本泰史	76	佐野到	19, 20	梅田悦男 <b>20</b>
中野司	34	佐野有司	46	潮賢太郎 26
中島善人	34	佐々木晶	18, 48, <b>64</b> , 89, 94	<b>W</b>
中山裕之	<b>55</b> , 56	佐藤康子	<b>78</b>	綿田辰吾 <b>16</b>
中澤清	21	P. H. Schultz	97	渡部潤一 28
中澤暁	<b>101</b>	島田孝典	87	渡邊誠一郎 74, 100
並木 則行	51	下林典正	47	<b>Y</b>
W. Naumann	64	白石篤史	71, 91	山田道夫 15
M. J. Neish	95	白石浩章	<b>85</b>	山岸保子 72
西田究	16	城野信一	<b>35</b>	山口真一 63
野田篤司	69	関谷実	<b>73</b>	山本聰 <b>61</b> , <b>99</b>
野田寛大	67, 68, 93	千秋博紀	<b>77</b>	山本哲生 <b>39</b>
野上謙一	64, 94, 98	杉田精司	<b>97</b>	柳澤正久 <b>96</b>
野口高明	98	杉浦直治	<b>45</b> , 46	矢野創 71, 91, 95, 98
野中聰	87	澄川慎司	67, 70, <b>93</b>	保本正芳 <b>19</b>
<b>O</b>		鈴木文二	28	余田成男 15
小笠原雅弘	68	鈴木宏二郎	85	横川創造 55, <b>56</b> , 70
小川 佳子	<b>72</b>	鈴木宣彦	<b>42</b>	横田康弘 65, <b>66</b> , 68
大垣内るみ	<b>104</b>	<b>T</b>		吉田信介 <b>53</b>
大橋英雄	64, 94, 98	橋省吾	23, <b>24</b> , 25	吉田敬 <b>21</b>
大南有希	<b>71</b> , 91	高木周	<b>58</b>	
大嶽久志	52	高木靖彥	87	
小島勝行	<b>50</b>	高橋栄一	33	
小嶋稔	<b>22</b>	高野匡代	68	
小嶋雄樹	41	竹内拓	<b>75</b>	
岡野康一	87	田中英明	55, 56	
岡崎彰	55, 56	田中秀和	75, 79	
尾久土正己	55, 56	田中智	53	
小野瀬直美	87	田中祐志	20	
小山文生	<b>25</b>	谷川享行	<b>74</b>	
		谷川智康	<b>60</b> , 70	

日本惑星科学会 1998年秋期講演会組織委員会

組織委員長： 向井正（神戸大学）

組織委員： 中川義次、岩山隆寛、中村昭子、石元裕史、  
中村良介（神戸大学）、山本聰、亀井秋秀、  
藤井康正、宮田一孝（神戸大学院生）、中村倫江

組織委員会連絡先： 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1

神戸大学自然科学研究科

石元裕史

Tel : 078-803-1403

Fax : 078-803-0490

E-mail : wakusei98@komadori.planet.kobe-u.ac.jp