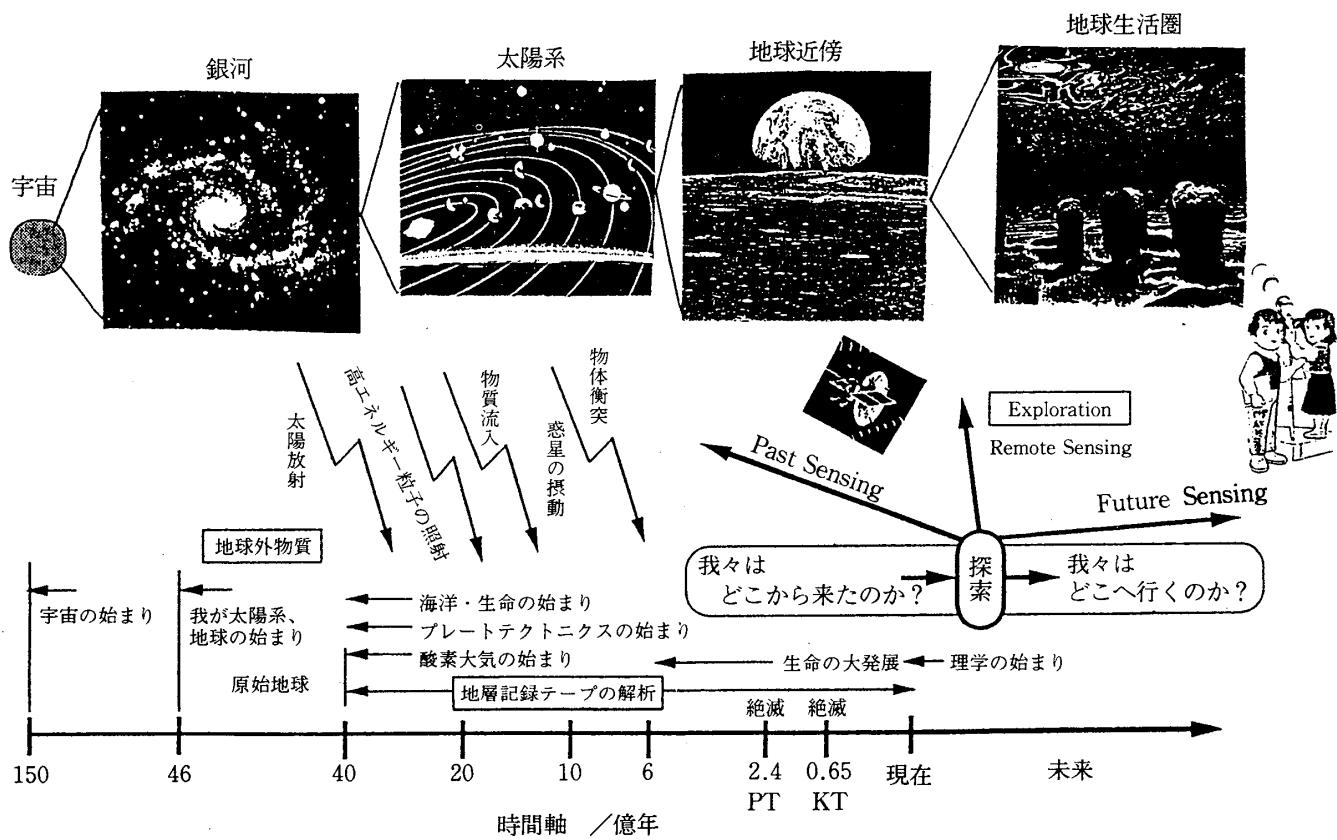


日本惑星科学会

1994年

秋期講演会予稿集

1994年10月3日(月)～4日(火)
於：名古屋大学理学部



Abstracts

1994 Fall Meeting
of
The Japanese Society for Planetary Sciences

目次

’94 秋季講演会プログラム

’94 秋季講演会アブストラクト

セッション 1

セッション 2

セッション 3

セッション 4

ポスター講演

名古屋大学・講演会場の案内図

著者索引

日本惑星科学会1994年秋季講演会

プログラム

10月3日（月）

9:00-12:08 セッション1

12:08-13:10 昼食

13:10-14:16 セッション2

14:30-15:30 特別講演 「星誕生の直前と直後を探る」
福井康雄 [名大・理・物理]

15:30-17:00 総会

17:00-18:00 ポスター

18:00-20:00 懇親会

10月4日（火）

9:00-12:10 セッション3

12:08-13:00 昼食

13:00-14:00 ポスター

14:00-16:58 セッション4

10月3日（月）午前

セッション1

[座長：山本哲生, 中村昭子]

9:00- [101] 彗星核の強度の分子論的見積り

J. M. グリーンバーグ (ライデン大), 水谷仁 (宇宙研), 山本哲生 (北大
大理)

9:11- [102] 彗星塵の色温度

向井正 (神戸大理) H. Okamoto(GKSS, Germany), I. Mann(MPI fur Aeronomy,
Germany)

9:22- [103] 氷晶粒子の散乱特性

H. Okamoto and Andreas Macke(GKSS Forschungszentrum, Germany)

9:33- [104] Shoemaker-Levy 9のコマの光度変化について

谷川智康, 向井正 (神戸大理)

9:44- [105] 生物有機化合物の光学活性の宇宙起源

J.M. Greenberg (ライデン大学), 香内晃 (北大低温研), W.Nissenn (ライ
デン大学)

9:55- [106] 模擬星間塵中の陽子線によるアミノ酸前駆体の生成

小林憲正, 笠松隆志, 金子竹男 (横浜国大・工), 小池惇平, 大島泰郎(東
工大・生命理工), 斎藤威 (東大・宇宙線研), 山本哲生 (北大・理)

10:06- [107] 热水環境下でのアミノ酸関連分子の安定性

小林憲正, 小原雅典, 上村知嗣 (横浜国大・工), 柳川弘志 (三菱化成生
命研)

10:17- [108] 惑星探査における地球由来微生物による火星環境の汚染基準に関する一 提言

小池惇平, 大島泰郎 (東京工大・生命理工), 堀輝三, 片平幸枝(筑波大・
生物科学系), 田中一裕 (通産省生命工学技術研究所), 河崎行繁 (三菱化
成・生命研), 小林憲正 (横浜国大・工)

10:28-10:40 休憩

10:40- [109] 衝撃による炭素質物質の構造変化と炭素質コンドライト中の高分子有機

化合物の形成

村江達士，中牟田義博（九大・理），矢守章，河島信樹（宇宙研）

10:51- [110] 高速衝突によるアミノ酸合成実験

城野信一（東大・理）小林憲正（横国大工），藤原顕（宇宙研）

11:02- [111] 口径30mm-衝突実験装置の開発

白井慶，飯島祐一，中澤暁，増田忠志，加藤学（名大・理）

11:13- [112] Velocity of Fragments from Catastrophic Disruption of Basalt Spheres

中村昭子，藤原顕（宇宙研）

11:24- [113] 高速衝突により発生するガス雲の膨張

門野敏彦（宇宙研／京大理），藤原顕（宇宙研）

11:35- [114] 氷衝突におけるクラックの成長過程

荒川政彦，比嘉道也，前野紀一（北大低温研）

11:46- [115] 雪の衝撃圧縮における粒子速度の測定

比嘉道也，荒川政彦，前野紀一（北大低温研）

11:57- [116] 固体中における衝撃波の伝播，減衰の数値シミュレーション

三谷典子，井田茂（東工大理），渡辺誠一郎（名大理）

12:08-13:10 昼食

10月3日（月）午後

セッション2

[座長：中本泰史]

- 13:10- [151] 原始星周囲の原始惑星系円盤の非線形成長
中本泰史（筑波大・物理）

- 13:21- [152] 太陽系星雲の消散時の貴ガスの同位体分別
関谷実（九大・理），佐々木晶（東大・理）

- 13:32- [153] 原始太陽系星雲形成時における衝撃波による加熱機構について
北神今日子（東工大），中川義次（神戸大）

- 13:43- [154] ^{13}CO ($j=1-0$)輝線を用いたT Tauの干渉計観測
百瀬宗武（東大理），大橋永芳（スミソニアン天文台），川辺良平（国立天文台），林正彦（国立天文台三鷹）

- 13:54- [155] 反磁性磁場整列による星間塵整列の可能性（II）
茅原弘毅，植田千秋，土山明，山中高光（阪大・理）

- 14:05- [156] 宇宙塵表面上での分子拡散
増田耕一，向井正（神戸大理）

- 14:30-15:30 特別講演
「星誕生の直前と直後を探る」 福井 康雄
[名古屋大学理学部教授]

- 15:30-17:00 総会

- 17:00-18:00 ポスター

- 18:00-20:00 懇親会（名古屋大学生協）

10月4日(火)午前

セッション3

[座長：塙内千尋、土山明]

- 9:00- [201] マーチソン隕石中の不透明鉱物粒子の化学組成とその形成環境
矢来博司、田中剛（名大・理）、上岡晃（地質調査所）

- 9:11- [202] 普通コンドライトの熱変成作用—I: ALH-764(LL3.2/3.4)加熱試料の
TL, CL研究
的場淳夫、蜷川清隆、山本勲（岡山理大）、和田俱典（岡山大）、松濤聰
(宮教大)

- 9:22- [203] 隕石の低温熱ルミネッセンス
星川佳久、蜷川清隆、山本勲（岡山理大）、和田俱典（岡山大）、松濤聰
(宮教大)

- 9:33- [204] アレンデ隕石中のCAIの大きさと化学組成からみたCAIの生成場に
ついて
林正人、田中剛（名大・理）、上岡晃（地質調査所）

- 9:44- [205] 太陽系星雲における星間かんらん石のライフタイム
永原裕子、小澤一仁（東大理）

- 9:55- [206] 固体からの蒸発による同位体分別の定式化
高橋利夫、土山明、植田千秋（阪大理）

- 10:06- [207] 微惑星中の親鉄揮発性元素の輸送
橋爪光（阪大・理）、杉浦直治（東大・理）

- 10:17- [208] 窒素同位体比異常のキャリアーはコンドライトのマトリックス中に一様
に存在しているのか?
清田馨、杉浦直治（東大・理）

10:28-40 休憩

- 10:40- [209] 微小宇宙物質の化学分析
福岡孝昭（学習院大理）田沢雄二（京大理）

- 10:51- [210] 分化したHED隕石母天体地殻の形成時における熱変成角レキ岩について

て

武田弘，佐伯和人（東大・理），山口亮（ハワイ大マノア校）

11:02- [211] C60およびカーボングレインを含んだ粒子のIRスペクトル

堀内千尋，阪本剛正，木村誠二（立命館大・理工），小池千代枝（京都薬科大），斎藤嘉夫（京都工織大）

11:13- [212] 赤外線吸収スペクトルによるアモルファス氷中のCOの定量分析

池田倫子（北大工），香内晃（北大低温研），山本哲生（北大理）

11:24- [213] 衝突による惑星物質の組成分離と鉱物分離

三浦保範（山口大理）

11:35- [214] プリュームと地形・重力--金星のマントルテクトニクス--

藤井直之（名大・理），田中明子（地質調査所）

11:46- [215] 溶岩流と溶岩ドームの形成のシミュレーション

宮本英昭，佐々木晶（東大・理）

11:57- [216] 上部マントルの熱・化学進化に与える密度逆転の影響

亀山真典（東大海洋研），小河正基（東大教養），藤本博巳（東大海洋研）

12:08-13:00 昼食

13:00-14:00 ポスター

10月4日（火）午後

セッション4

[座長：井田 茂, 岡本 創]

- 14:00- [251] 暴走温室状態の数値計算：1次元系と3次元系の比較
石渡正樹（東大・理），林祥介（北大・地球環境）

- 14:11- [252] 惑星集積過程のN体シミュレーション：原始惑星の暴走的成長
小久保英一郎（東大教養），井田茂（東工大理）

- 14:22- [253] 原始惑星まわりの微惑星分布と原始惑星の間隔
田中秀和，井田茂，中澤清（東工大・地惑）

- 14:33- [254] 確率論的成長方程式による惑星集積コードの検証
稻葉知士，井田茂，中澤清（東工大・地惑），大槻圭史（山形大・理）

- 14:44- [255] 惑星リングの速度緩和過程の研究
榎森啓元，井田茂，中澤清（東工大・理）

- 14:55- [256] 火星ダストリングの飛翔体による観測
中川直彦，石元裕史，木村宏，向井正（神戸大自然）

- 15:06- [257] 小惑星の蛍光X線観測と小惑星探査(III) 大口径GSPCの開発
岡田達明，田中智，藤村彰夫，水谷仁（宇宙研）鳥居龍晴，鈴木和司，増田忠志，加藤学（名大理）

15:17-15:30 休憩

- 15:30- [258] 惑星間塵の衝突率の計算法
松崎浩之，山越和雄（東大・宇宙線研）

- 15:41- [259] 不規則形状塵に働くsolar wind pressure
古莊玲子，石元裕史，木村宏，中村良介，向井正（神戸大）

- 15:52- [260] 衝突による集合塵のサイズ分布の時間変化
浦崎健太郎，中村良介，増田耕一，向井正（神戸大）

- 16:03- [261] 月起源ダストの力学的振る舞い
山本サトル，石元裕史，圓山憲一，木村宏，向井正（神戸大）

16:14- [262] 月震データベースを利用した深発月震A 3 3 の解析
寺薗淳也, 荒木博志, 水谷仁 (宇宙研)

16:25- [263] 月の起源：地球マグマオーシャンとの関係
奥地拓生, 高橋栄一 (東工大)

16:36- [264] ガス抵抗による月の捕獲
佐々木晶 (東大・理)

16:47- [265] 多段階衝突進化による月の形成
三浦保範 (山口大理)

ポスターセッション

P01 Rusalka Planitia における変形構造の画像処理による定量化

田中義廣, 佐々木晶 (東大・理)

P02 金星に見られるリニアメント

田中明子, 中野司 (地質調査所), 藤井直之 (名古屋大理)

P03 比較惑星河川学 III

門田晃典, 水谷仁 (宇宙研)

P04 四国高松南部のクレータの構造

河野芳輝, 古本宗充, 長尾年恭 (金大・理), 國友孝洋, 山田守 (名大・理)

P05 第5地点富山県、桐谷、小井波の凹凸域（隕石孔群？）調査結果

佐保和男

P06 Mars, A Carbon Rich Planet ?

倉本圭 (東工大・理), 松井孝典 (東大・理)

P07 長周期彗星の熱史ー不純物を含んだアモルファス氷の結晶化の影響ー

春山純一 (京大・理)

P08 疑似氷天体物質の紫外線照射効果

彼末一則, 平井誠, 池谷元伺 (阪大・理)

P09 惑星物質の遠隔熱ルミネッセンス(TL)ー惑星探査のためのCO₂レーザによる

赤外光加熱TLー

高木俊二, 池谷元伺 (阪大・理)

日本惑星科学会
1994年秋季講演会アブストラクト

セッション 1

(10月3日(月) 午前： No.101～116)

彗星核の強度の分子論的見積もり

A DERIVATION OF THE TENSILE STRENGTH OF COMETS

J.M. グリーンバーグ（ライデン大）, 水谷仁（宇宙研）,
山本哲生[○]（北大理）

J. Mayo Greenberg, Hitoshi Mizutani, and Tetsuo Yamamoto

The splitting of comets as exemplified by comet Shoemaker-Levy 9 (hereafter SL9), when it passed near Jupiter, is a common phenomenon. It is clear that the comet nucleus is fragile; i.e. its tensile strength is small compared with that of solid materials. Is this because comet nuclei can be considered as "rubble piles" consisting of compact components or building blocks that are loosely bonded, perhaps held together by mutual gravity? Or is it because the comet nucleus consists of aggregated submicron interstellar dust particles? The typical submicron particle is presumed to consist of a silicate core, an inner mantle of complex organic refractory molecules, and an outer mantle dominated by H₂O ice. Whether homogeneously distributed or in planetesimals, one can show that aggregates of such particles provide the basis for a quantitative derivation of the tensile strength of comet SL9. In fact one derives a mean particle size from the observed tensile strength which is the same as that which also provides a quantitative basis for explaining the physical and radiation properties of comet Halley dust as well as predicting many properties of the nucleus. This suggests that when the fragments of SL 9 impact the atmosphere of Jupiter in July 1994 they explode into clouds of very finely divided fragments like those seen in the size spectrum of comet Halley dust and extending down to the submicron sizes of individual interstellar dust grains as has been suggested from the observations.

彗星塵の色温度

Color Temperature of Cometary Aggregate Dust

向井正（神戸大・理）、

H. Okamoto(GKSS, Germany),

I. Mann(MPI für Aeronomy, Germany)

彗星を、赤外線のいくつかのバンドで観測して、その熱放射強度の比から、放射体（固体微粒子）の温度を決めることができる。これを彗星塵の色温度という。太陽からの様々な距離で得られている彗星塵の色温度をみると、その値が、同じ位置に置かれた黒体の温度（日心距離を r (AU)として、 $280 r^{(1/2)} \text{ K}$ ）よりも、数%から数十%高くなることが知られている。従来この色温度の上昇は、（1）赤外線波長域での塵の熱放射係数の波長依存性（黒体では波長依存しない）や、（2）赤外線波長に比べて小さい塵（熱放射効率が悪いので平衡温度が黒体以上になる）による、という説がとられてきた。我々は、2成分からできている彗星集合塵のモデル（fractal aggregate model）について、その平衡温度を求めた。その結果によると、誘電体と光吸収体の存在比によっては、集合塵の平衡温度が黒体温度を越えることをみつけた。このことは、彗星塵の色温度の上昇が、彗星塵の複数組成の成分比を反映していることを示唆する。また、黒体温度からのズレが、日心距離によって変化する様子は（太陽から遠ざかる程、ズレは大きい）、この成分比の変化を表すように見える。ここでは、いくつかの彗星で観測されている色温度について、成分比の変化によって色温度が黒体温度を上回る、という仮説を提案する。

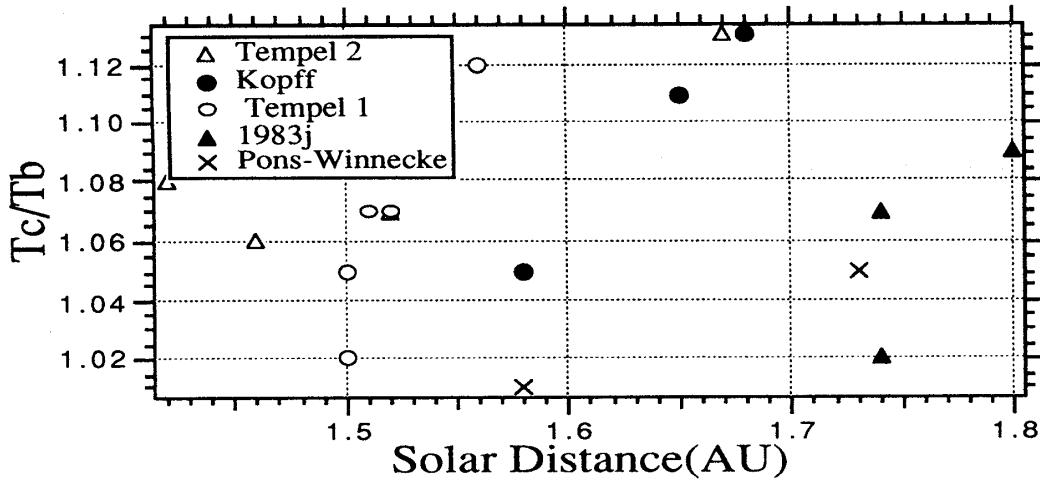


図1。彗星の赤外線色温度(T_c)と黒体温度(T_b)の比 (Walker and Aumann, 1984, Adv.Space Res.4, 197-201)

水晶粒子の散乱特性
Scattering of the mm-wave
by hexagonal cylindrical icy particles

Hajime Okamoto^{o 1)} and Andreas Macke
(GKSS Forschungszentrum, Germany)

ミリ波帯 (3.2mm; 94GHz)のレーダーを用いて、雲粒子の大きさや氷の質量を推測し、雲の物理特性を調べることができる。しかし、実測されるレーダー反射波のデータの解析においては、反射体としての氷晶の大きさ、形、軸方向が未知であるために、得られる結果に不定さが入る。特に、形状の不規則さが、レーダー波の後方散乱に与える影響については、詳しい解析に乏しい。我々は、3.2mm波に対する非球形冰粒子の散乱特性を、DDA(Discrete Dipole Approximation)を用いて計算した。氷粒子を六面柱で近似し、柱長と面直径との比 (aspect ratio)と、サイズパラメーター ($=2\pi \times \text{size}/\text{wavelength}$)を変数として、反射波強度と消偏光度 (depolarization)をDDAで求めた (図1)。それによると、aspect ratioが増すにつれて (plate状からneedle状になるにつれて)、depolarizationが増大することが分かった。このため、レーダー反射波のdepolarizationの測定から、氷晶の形状を知ることができる。また、形状が分かれば、観測される反射波強度の高度依存性から、氷晶の平均的大きさの高度による違いについて推測できる。ここではこうした計算結果を示すと共に、DDA法の精度についても言及する。

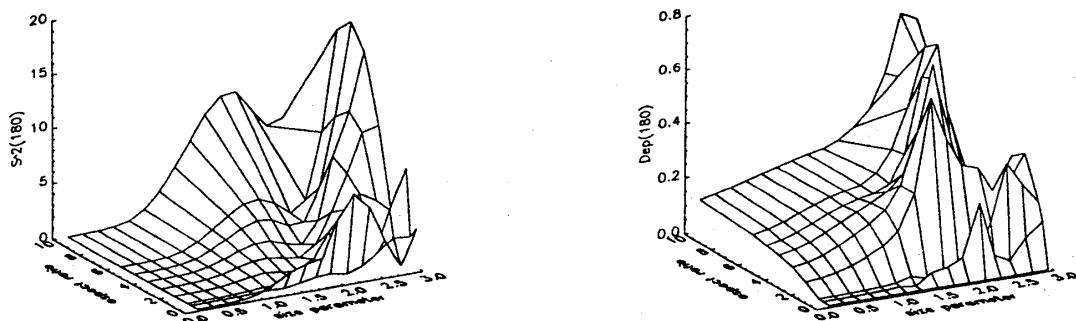


図1。モデル計算による氷晶粒子のBackscattering intensity (左) とDepolarization ratio (右)。サイズパラメーターと aspect ratio の関数。

¹⁾ 岡本創 (神戸大学・自然科学研究科)

Shoemaker-Levy9のコマの光度変化について

Time evolution of the brightness of the coma of

Shoemaker-Levy9

・谷川 智康・向井 正(神戸大・理)

今年7月下旬に起こったShoemaker-Levy9と木星の衝突現象は予想以上の規模の大きさで様々な波紋を投げかけた。そのうち木星との衝突の際にできたplumeから彗星核の主成分であるH₂Oが検出されなかったのは大きな疑問の一つである。また、衝突前の一連のS-L9の観測からガスのエミッショնは検出されなかった。このことはS-L9の分裂核の揮発成分量に上限を与える。これまでの我々の研究ではダストの力学的振舞いから推定して分裂の際に放出されたサイズが10 μmオーダー以上で、放出速度が0.3m/s程度のダストは分裂核の周囲に滞在しそれらによる太陽散乱光が観測されていたことがわかった。ここでは、ダストが分裂核との相対速度で散逸し、数密度が下がる(図1)ことにより、コマの光度が落ちていく様子をシミュレーションした。結果を観測事実(T.Rettig et.alによればHSTの観測で21個の核のうち94年1月～7月の間にコマの光度が大きいもので0.8～0.9mag減光している。)と照らし合わせ、中心核分裂後もダストが生成されたか?またそうだとすれば、どのくらいの量が生成されたのかを見積った。これによって衝突した分裂核が保持していたダストやガスの量について推定することができ

る。

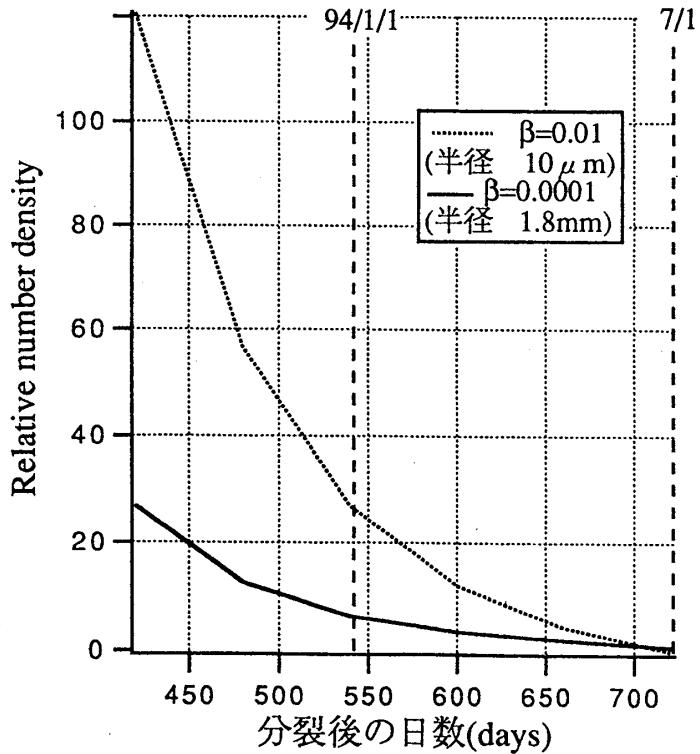


図1 中心核分裂の際に初速度0.3m/sで放出されたシリケイトダストの数密度の時間変化。
 $\beta = \text{太陽放射圧} / \text{太陽重力}$

生物有機化合物の光学活性の宇宙起源
Interstellar Origin of Biomolecular Chirality

J. M. Greenberg(ライデン大学), ° 香内 晃(北大・低温研),
W. Niessen(ライデン大学)

1. はじめに

生物有機化合物の光学活性の起源、すなわち、地球上の生命を構成している基本的分子はなぜ片手構造なのか?という問題は、生命の起源の研究においていまだに解明されていない重要な問題である。われわれは”有機質星間塵が中性子星からの円偏光で不斉分解されることによって片手構造の過剰ができる”という仮説を検証すべく実験を行った。

2. 実験と結果

アミノ酸の一種であるトリプトファン(252.4nmの紫外線を吸収しやすい)のラセミ体を室温で金属板上に蒸着し、真空中で10Kに冷却した。それに高压水銀ランプからの252.4nmの円偏光(10^{12} 光子 $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)を50~100時間照射した。照射した試料中に光分解されずに残っているトリプトファンを高速液体クロマトグラフで分析し、L体とD体の比を測定した。

50~100時間の右または左周りの円偏光の照射により2~3%のDまたはLトリプトファンの過剰が得られた。D体、L体の過剰量が円偏光の向きに関係なくほぼ等しかったこと、および紫外線を照射しなかった試料ではL/D=1であったことから、実験の際には汚染はなかったといえる。したがって、中性子星からの円偏光が有機質星間塵に低温で照射されれば不斉分解によって片手構造の過剰が得られることが明らかになった。

3. 中性子星との遭遇確率

実験で照射した紫外線量、中性子星からの円偏光の強度および出現頻度(パルサーのX線ルミノシティおよび年齢などから推定)などを考慮すると、星間雲のうちの1/1000個程度で中性子星からの十分な強度を持った円または楕円偏光の照射による有機質星間塵の不斉分解が起こると結論される。

模擬星間塵中での陽子線によるアミノ酸前駆体の生成

Formation of Amino Acid Precursors

in Simulated Interstellar Dust by Proton Irradiation

*小林憲正・笠松隆志・金子竹男（横浜国大・工）,

小池惇平・大島泰郎（東工大・生命理工）,

斎藤威（東大・宇宙線研），山本哲生（北大・理）

彗星中に見いだされる有機物は、地球上の生命の起源との関連からも注目を集めている。しかし、これまでの観測においては、代表的な生体有機物であるアミノ酸は、彗星中（核、コマ）、あるいは彗星の原料と考えられる星間塵中には検出されていない。われわれは、実験室内で模擬星間塵を作り、これに宇宙線の主成分である高エネルギー陽子線を照射し、アミノ酸などの有機物の生成の可能性を検証した。

[実験] クライオスタット (10 K) 中の金属基板に、一酸化炭素・アンモニア・水の混合気体を吹き付けて作成した「氷」に Van de Graaff 加速器（東工大）からの陽子線（約 3 MeV）を照射した。照射後、揮発性生成物は四重極質量分析計で測定した。難揮発性生成物は水に溶かして回収し、酸加水分解後、イオン交換 HPLC 法などでアミノ酸の分析を行った。比較として、種々の組成の混合気体に陽子線を照射し、アミノ酸の生成を調べた。

[結果と考察] 一酸化炭素・アンモニア・水の混合「氷」に陽子線照射した時、二酸化炭素および炭化水素類の生成が確認された。難揮発性生成物を加水分解するとグリシン・アラニンなどのアミノ酸の生成が確認された。つまり、彗星核（星間塵）中にはアミノ酸前駆体が生成していると考えられる。今回の実験ではグリシンの G 値 (G_{Gly}) は 10^{-6} レベルであり、同様の混合気体への照射の際よりも 4 衍低かった。これは、今回の実験条件では「氷」の上層からの一酸化炭素の脱離により収率が低下したものと考えられる。

彗星の形成の各ステージでの宇宙線被爆を考えた場合、分子雲中の星間塵上で有機物最も効率的に生成しうる。このステージで 1 cm^3 の彗星核の原料となる星間塵 ($0.1 \text{ mm} \phi$) に与えられる、分子雲内部まで透過可能な 100 MeV 以上の宇宙線エネルギー ($5.4 \text{ keV/cm}^2 \text{ s}$) は 10^7 年間に $3 \times 10^{23} \text{ eV}$ である。 $G_{Gly} = 10^{-6}$ として、 $10 \text{ km} \phi$ の彗星核中には 10^9 mol オーダーのグリシン前駆体が含まれる計算となる。今後、彗星中に含まれるアミノ酸前駆体、および地球大気から生成するアミノ酸前駆体の比較をさらに行っていく予定である。

熱水環境下でのアミノ酸関連分子の安定性

Stability of Amino Acids and Related Compounds in Hydrothermal Environments

*小林憲正・小原雅典・上村知嗣（横浜国大・工），
柳川弘志（三菱化成生命研）

1970年代末に発見された海底熱水噴出孔は、その後、世界中に広く分布していることがわかり、また、原始地球型惑星表層にもこれに類似した環境が普遍的に存在した可能性が示唆されている。このような熱水環境における有機物の生成の可能性が指摘されていた。われわれは先に模擬熱水環境下でメタン・アンモニア・水から金属およびシリカの触媒作用によりアミノ酸の生成することを報告した。一方、高温環境下ではアミノ酸のような有機物は安定に存在しえないと主張もある。そこで、われわれは模擬熱水環境下でのアミノ酸およびその関連分子の安定性について実験的に検証した。

[実験] ガラス管中にアミノ酸（またはアミノ酸アミド）の水溶液（50 mM塩化アンモニウム共存, pH 3.6）を入れ、これをオートクレーブ中で窒素（または窒素・水素の混合気体）で加圧後、200～350°Cに加熱した。オートクレーブを室温に戻した後、水溶液をそのまま、あるいは酸加水分解後、イオン交換HPLC法によりアミノ酸の分析を行った。また、生成物の分取、同定にはHPLC法および質量分析法を用いた。

[結果と考察] 一般にアミノ酸水溶液を加熱した場合、アミノ酸濃度は減少する。その減少の割合は加熱温度が高いほど、また加熱時間が長いほど、大きくなるが、アミノ酸の種類によっても大きく変化する。また、加熱後、加水分解するとアミノ酸濃度は高くなるが、とりわけグルタミン酸濃度は大幅に増加する。これは、グルタミン酸がピログルタミン酸を形成し耐熱性を有するためである。また、アミノ酸重合物の生成も示唆された。

加圧用窒素ガスに、実際の熱水噴出孔での水素フガシティーを考慮して、水素を1%添加すると、同じ温度、加熱時間でもアミノ酸の回収率は増大した。特に300°Cに加熱した場合の差は著しかった。またアミノ酸アミド水溶液を用いた場合、アミノ酸水溶液の場合よりもアミノ酸回収率は増加した。これらの結果は、熱水系においても水素フガシティーや化学形を考慮すれば、生体有機物が安定に存在する可能性を強く示唆するものである。

惑星探査における地球由来微生物による火星環境の汚染基準
に関する一提言

A proposal concerning the criteria of planetary contamination with terrestrial microorganisms carried by spaceprobes.

* 小池惇平・大島泰郎（東京工大・生命理工）、堀 輝三・片平幸枝（筑波大・生物科学系）、田中一裕（通産省生命工学工業技術研究所）、河崎行繁（三菱化成・生命研）、小林憲正（横浜国大・工）

火星の生命探査は人類共通の目標である。今世紀末から21世紀にかけて多くの火星探査機が予定されている。こうした現状を鑑みて、我々は以前より模擬火星環境を用いて地球由来微生物による火星環境の汚染の可能性を実験的に検討している。この言わば“宇宙開発と宇宙汚染”といった問題は近年とみに国際的に注目を集めている。

この宇宙検疫ともいえる制度は二つの重要な内容を含んでいる。つまり、宇宙開発に伴い宇宙環境での基地の設置や惑星探査の際に、地球の生物が宇宙空間や惑星表面にばらまかれることによってこうした環境が汚染を受けることはないか？もう一つの問題は、逆に宇宙から持ち帰ったサンプルによって地球環境が汚染を受けることはないか？こうした問題に関して、現在我々は基礎的な研究を試みている。以下に実験の結果を示す。

Table 1. Survival of terrestrial microorganisms after exposed proton and UV radiation corresponding to about 200 years on Mars

Microorganisms	Viable cell number (cells/ml)		Percent survival
	Nonexposed	Exposed	
<i>Escherichia coli</i>	2.6×10^7	2.2×10^5	0.8
<i>Bacillus subtilis</i> (spores)	8.5×10^7	2.1×10^7	25
<i>Micrococcus flavus</i>	1.3×10^8	1.1×10^7	8
<i>Aspergillus niger</i> (spores)	1.3×10^5	3.2×10^4	25

Table 2. Survival of anaerobic bacteria and algae after exposed proton and UV radiation corresponding to about 200 years on Mars

Microorganisms	survival	
	Nonexposed	Exposed
<i>Anaerobic bacteria:</i>		
<i>Clostridium sanguinolentum</i>	+++	+
<i>Clostridium propionicum</i>	+++	+++
<i>Clostridium roseum</i>	+	+
<i>Clostridium butyricum</i>	-	-
<i>Clostridium celatum</i>	-	-
<i>Algae:</i>		
<i>Apatooccus lobatus</i>	+++	+
<i>Chlorella ellipsoidea</i>	+++	+
<i>Chlorella reisiglji</i>	+++	+
<i>Diplosphaera chodatii</i> 338-1	+++	+
<i>Diplosphaera chodatii</i> 320K	+++	+
<i>Stichococcus bacillaris</i>	+++	+

Table 3. Survival of *Bacillus subtilis* spores after exposed proton and UV radiation corresponding to about 2,000 years on martian polar caps

Nonexposed	Viable cell number (cells/ml)	
	Exposed	
	Not ice covered	Ice covered
6.6×10^6 (100%)	0	6.3×10^6 (95%)

1984年にNASAは火星汚染の基準値をProbability of growth (Pg) < $1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-10}$ に設定し、さらにそれを最近軽減しようとしている。しかし、我々は上記実験結果から1978年にCOSPARが提案したProbability of contamination (Pc) < 1×10^{-3} を指示する。

衝撃による炭素質物質の構造変化と炭素質コンドライト中の
高分子有機化合物の形成

Shock Alteration of Structures of Carbonaceous Matter and Formation of High Molecular
Organic Matter in Carbonaceous Chondrites

○村江達士、中牟田義博（九大・理）、矢守 章、川島信樹（宇宙研）

炭素質コンドライトは太陽系の始原的状態を保存している隕石として重視されているが、その炭素質コンドライト中に含まれる地球外炭素質物質のかなりのものが、太陽系の形成以前にすでに合成されていたことが示されている。また、太陽系の形成時以前に合成されたことが示されていない炭素質化合物でも、その化合物を合成するために必要な前駆物質は、太陽系の形成後に太陽そのものが創りだした場合を除くと、全て太陽系の形成以前に存在していたはずである。

天体観測の結果や理論的考察から、太陽系外炭素質物質の有力候補と考えられているもので、ある程度以上の大きさを持つ分子として、多環芳香族炭化水素（PAH）、グラファイト、フラーレン（C₆₀）等がある。演者は、グラファイトおよびフラーレンに衝撃を加え、それらの炭素質物質の構造的变化を検討し、惑星形成時における炭素質物質の構造変化と炭素質コンドライト中の高分子有機化合物の形成機構に対して知見を得たので報告する。

太陽系の惑星の形成理論としては微惑星の集積を基本としたものが有力であり、炭素質コンドライトの母天体の形成機構も同様であると考えられている。惑星の形成時には物質を取り巻く様々な条件が急激に変動したと考えられ、その影響は炭素質物質にもおよび、炭素質物質の構造にも変化をもたらしたものと推定される。条件変動において最も大きく影響したであろう要素に衝撃圧とそれに伴う高温状態が考えられる。今回の実験はこの状態を部分的にシミュレートしたもので、炭素質コンドライト中の有機物も類似の条件にさらされたものと考えられる。

炭素質コンドライト中の炭素質物質の主体は高分子有機化合物で、その形成機構については、大きく分けると、（1）太陽系形成以前に、高分子のほとんどの部分が、既に合成されていたとする説と、（2）太陽系星雲内で形成された低分子有機化合物が、太陽系形成後に重合することによって形成されたとする説が存在する。今回の実験結果は（1）の説を支持するものである。

高速衝突によるアミノ酸合成実験

Synthesis of amino acids by hypervelocity impacts

°城野信一（東大理）、小林憲正（横国大工）、藤原顕（宇宙研）

1 はじめに

生体を構成する分子として重要なものはアミノ酸、核酸、そして糖の3種類ある。生命の起源の観点からいえば、これらの分子は非生物的に合成される必要がある。地球形成論から隕石の重爆撃があったことが知られているので、衝撃波をエネルギー源としてアミノ酸の合成実験を行った。

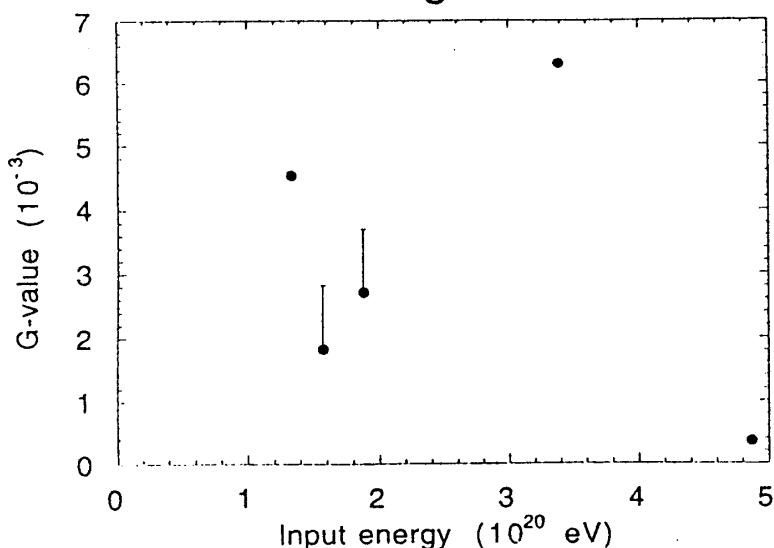
2 実験の方法

サンプル中に衝撃波を走らせそのサンプルを回収し、アミノ酸が合成されているかどうか分析を行う。材料物質としてはアンモニア、ホルムアルデヒドの混合水溶液を用いた。衝撃波を発生させる方法としては宇宙研の二段式軽ガス銃を用いた。実験の際には有機物のコンタミネーションが一番問題になる。今回の実験ではサンプルをステンレス製ケースの中に封入し、ケースの表面に弾丸を高速衝突させることによりサンプル中に衝撃波を発生させた。弾丸の衝突速度は1.6-2.8km/secであった。弾丸衝突時の発生圧力はコンピューターを用いて計算により求めた。計算の結果、衝突速度2km/sのときサンプルの温度また圧力は200度、40kbarとなった。衝突実験後サンプルを回収し分析を行った。サンプルの分析は横浜国立大学の小林研究室で行った。酸加水分解、凍結乾燥等の前処理を行ったのち高速液体クロマトグラフィーを用いてアミノ酸の同定、定量を行った。

3 実験結果

図1に実験の結果をしめす。横軸は衝撃波が通過したことによってサンプルが得た内部エネルギー、縦軸はグリシンのG-value (molecule/eV)である。今回実験を行った範囲では 10^{-3} のオーダーであることがわかった。エネルギー量の評価を詳細に行い、衝突によるアミノ酸合成がどのくらいだったのかを検討するのがこれからの課題である。

Fig. 1



口径30 mm-衝突実験装置の開発

・白井 慶、飯島祐一、中澤 曜、増田忠志、加藤 学（名大理）

Development of an Impact Experimental Apparatus- $\phi 30$

はじめに これまでに、惑星の形成、進化過程を議論する上で惑星科学の分野でも衝突実験が数多くなされてきている。例えば、衝撃による鉱物中の変形構造の観察、脱ガスなどの衝突によるフラクショネーションや、固体どうしの衝突による破壊現象に関する研究などがあげられる。これらの研究の目的は、衝突現象のメカニズムの解明やスケーリング則の構築である。しかし、衝突の継続時間が天然では、数 secのオーダーであるのに対して、実験室での衝突継続時間は数 μ sec程である。衝突現象の定量的な理解、特にそのスケール効果を考えいくためには衝突継続時間を考慮した実験が必要である。

そこで我々は、新しく衝突実験装置を開発した。本装置の特徴は、口径が30 mmであり、長さが100 mm程の弾丸を2 km/secの速度で射出できる能力がある。これにより、衝突の継続時間を従来より一桁長くすることが可能であり、衝突継続時間を変化させる実験ができる。さらに、実験の精度を上げるために、今までよりも弾丸が標的に垂直に当たる工夫をした。また、直徑が30 mmの弾丸を使うことのより、圧力ゲージ等のセンサーを標的中に組み込むことが容易となった。これにより、定量的実験を行い、惑星科学者自身が惑星科学に関連する物質のユゴニオなどの物性値を測定する事が可能である。

装置概要 本装置は、横型の一段式火薬銃と真空チャンバーからなる。口径は 30 mm、銃身の長さは 2 m である。チャンバーの直徑は 0.5 m、長さは 0.7 m である。真空度は 1 torr 程度で実験が行える。弾丸の射出速度は、薬きょうに詰める火薬の量とダイヤフラムの材質とそれにつける十字の溝の深さにより調節する。弾丸の速度は、20 mm間隔でおいた 2 本のレーザー光線を通過する時間差によって測定する。また、標的試料は、弾丸の射出方向に対して 0.05 mm の高い精度で弾丸と衝突させることができる。これにより、衝突による変形構造の詳しい観察や、ピエゾ抵抗素子を用いた衝撃圧の測定が可能となる。

Velocity of Fragments from Catastrophic Disruption of Basalt Spheres

A. M. Nakamura* and A. Fujiwara (ISAS)

The velocity distribution of fragments resulting from impact disruption is crucial for understanding the collisional processes of small bodies *e.g.*, the formation of asteroid families, the formation of dust tori and rings, and the development of regolith on surfaces of asteroids and small satellites. Laboratory impact experiments have been performed to obtain information on the fragment size-velocity relation of brittle materials. There are a variety of impact parameters, however, in this work we concentrate on discerning what effect impact velocity and impact angle have on the final velocity distribution of fragments.

We performed new impact disruption experiments at the Ames Vertical Gun Range. Targets were 6 cm-diameter basalt spheres. Projectiles were basalt spheres of 3.2 mm-diameter and were launched at velocities of up to 6 km sec^{-1} .

Impact angles were 0° , 30° , and 60° . A high-speed video camera with a framing rate of $1000 \text{ frames sec}^{-1}$ (fps), three cameras at 500 fps, and one higher speed framing camera at 8000 fps were used to record the fragmentation.

All the shots resulted in core-type fragmentation. Preliminary results concerning the fragment size distribution, antipodal velocity, and fragment size-velocity relation will be discussed in comparison with our previous results. These include the disruption of (a.) several 6 cm and a 4 cm-diameter basalt targets (with nylon projectiles 7 mm in diameter and having a velocity of 3.2 km sec^{-1}) and (b.) a few 4 cm-diameter basalt targets (with basalt projectiles 3.2 mm in diameter and having a velocity of 3.2 km sec^{-1}).

高速衝突により発生するガス雲の膨張

Expansion of an Impact-Generated Vapor Cloud

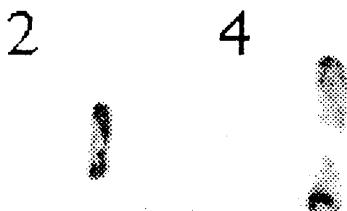
°門野敏彦（宇宙研/京大理）, 藤原顯（宇宙研）

太陽系の歴史において固体どうしの衝突は重要である。これまでの衝突実験ではおもに形成されるクレーターの形、破片のサイズ分布や速度分布などが調べられてきた。惑星集積の特に後期においては衝突はより高速になり固体の一部または全部が蒸発し、惑星の進化に対して様々な影響を与えたと思われる。したがって、高速衝突により発生するガスのふるまいを実験的に調べることは、太陽系の進化を考える上で重要であると考えられる。

これまで、高速度カメラを用い、ある一定速度で衝突した場合に発生するガス雲のふるまいを調べた（図）が、今回は同様に高速度カメラを用いて衝突速度の違いがどのように雲のふるまいの違いに現れるかを調べた。

#93 Nylon-Cu
3.18 km / s

$1 \mu\text{s} / \text{s}$



1 3



<図>ナイロンを銅に 3.18 km/s で衝突させたときに発生するガス雲の膨張。フレーム間隔は $1 \mu\text{s}$ でプロジェクタイルは右から飛んできて銅の面に垂直に衝突した。雲は銅の面に平行な方向にリング上に拡がっている。

氷衝突におけるクラックの成長過程

Crack growth process in ice collisions

荒川政彦、比嘉道也、前野紀一（北大・低温研）

外惑星領域での惑星形成過程において重要なとされる氷の衝突過程についての研究を行った。氷が高速度衝突により破壊すると、その衝突条件に従って特徴的なサイズ分布を持つ。このようなサイズ分布を持つ理由を知るために、衝突破壊のメカニズムを明らかにしなくてはならない。最近、数値シミュレーションを用いた衝突破壊過程に関する研究が行われ始めているが、その結果は用いている破壊のクライテリオンに大きく依存している。我々は高時間分解能を持つイメージコンバーターカメラを用いて衝突破壊の際のクラックの成長を観察し、そのメカニズムについての研究を始めた。

氷の衝突実験は低温室 (-18°C) に設置した一段式軽ガス銃を用いて行った。弾丸には氷またはアルミ（直径15mm、高さ10mmの円柱）を用い、その衝突速度は140m~650m/sである。標的には多結晶氷の氷板 (60x60x20mm) を用いた。内部を可視化するために、この氷板を氷とほぼ同屈折率をもつフロリナート液に浸した。クラックの可視化のために光源にクセノンフラッシュランプを用いたシャドウグラフ光学系を用意した。この光学系によりクラックは黒い影としてはっきりと見ることができる。衝突により発生するクラックの成長をイメージコンバーターカメラを用いて20~50万コマ/秒の速度で撮影した。その結果、衝突点付近から2~3.5km/sの速度で半円状にshear fracture zone（平行に並んだ細いクラックの集合体からなる領域）が広がっていくことがわかった。この成長速度は氷の横波速度 (2.1km/s) よりも速く、またこの衝突速度領域で発生する衝撃波速度 (< 2km/s) よりも速い。この様な高速度のクラックの成長は、shear fracture zoneの形成が希薄波に伴って起こる小クラックの発生と伝播よることを示唆している。この領域は伝播速度が1km/sを切ると形成されなくなり、その後は数本のradial crackが卓越して成長するようになる。

雪の衝撃圧縮における粒子速度の測定

Measurements of particle velocity

in the shock compression of snow

比嘉道也、荒川政彦、前野紀一（北大・低温研）

はじめに：外惑星領域での惑星形成過程を議論するためには、氷微惑星の衝突特性（物理、化学過程）を明らかにする必要がある。我々は氷微惑星のアナログ物質として雪を用い、氷微惑星の空隙構造の影響に着目した雪の衝突実験を行っている。今回は、雪と氷について破碎粒子の速度（粒子速度）の測定を行ったので以下に報告する。

実験方法と結果：衝突実験は、北大低温研の低温室（室温、-18°C）に設置されている一段式軽ガス銃を用いて行った。氷の弾丸（先端曲率0.8cm、高さ1.8cm及び直径1.5cm、高さ1cm）を、雪及び氷の標的（断面積9cm×6cm、厚さ5.0-30mm）に速度100-700m/sで衝突させた。標的には自然積雪（しまり雪、空隙率55%）、人工圧雪（15, 25, 30%）と空隙のない多結晶氷（粒子はサイズ約1cmの柱状）を用いた。人工圧雪は、霜ざらめ雪粒子を圧力100-200barで加圧焼結させ製作した。破碎粒子速度； $V_{fs}(\theta)$ は、高速度カメラ（ウルトラナック）の写真（撮影速度5万、10万と20万コマ／秒で、撮影コマ数24コマ）から計測した。粒子は衝突点から放射状に飛び出すると仮定し、衝突点を原点、弾丸の飛んで行く方向を0°にとった極座標上で、角度θ方向の速度を調べた。その結果、1) $V_{fs}(0^\circ)$ は標的の厚さのべき乗で減衰。べき指数(-1~-2)は空隙率にあまり依存しない。2) $V_{fs}(\theta)$ は標的中の動径距離のべき乗で減衰。べき指数は衝突速度及び、空隙率の増加とともに減少する傾向が見られた。3) V_{fs} の減衰率は角度によって異なる。 V_{fs} はθの増加とともに減少した。以上のことから衝突点から任意の距離での二次元粒子速度分布が再構築できる。

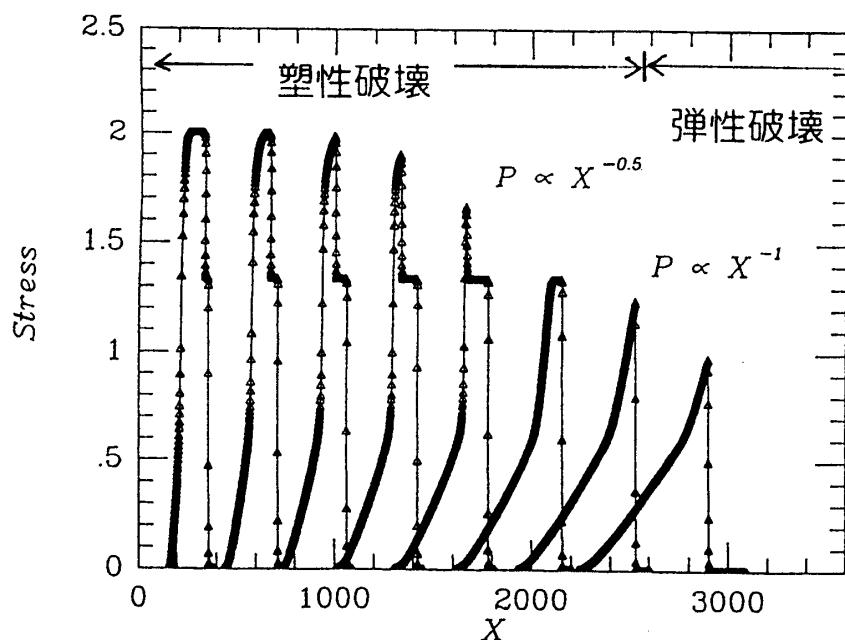
固体中における衝撃波の伝播・減衰の 数値シミュレーション

Numerical Simulation of Attenuation of Shock Wave Propagating in Solids

・ 三谷典子、井田茂（東工大・理）、渡辺誠一郎（名大・理）

小天体の衝突破壊現象を理解するため、固体中の衝撃波の伝播・減衰について数値シミュレーションを行った。衝突破壊の室内実験は広く行われてきているが、室内実験の結果を天体サイズにまで適用するには物理的なスケーリング則が必要であり、そのためにはまず室内実験スケールでの固体の衝突破壊現象の理解が必要である。

衝突時に発生する衝撃応力は標的中を衝撃波として減衰しながら伝播していく。その応力分布によって破壊の種類の分布がおおかた決まると考えられる。その衝撃波の伝播の様子を流体数値シミュレーションで再現した一例を図に示す。応力がユゴニオ弾性限界を超える領域では、物質は塑性破壊を受け細粒子を生じると考えられる。図の計算例は1次元のものだがピーク応力は減衰していることがわかる。これは後続する希薄波との相互作用のためである。この図の計算では塑性波の減衰率 $a \sim 0.5$ 、弾性波の場合 $a \sim 1$ となり次元解析による予測とよく対応している。3次元の場合はこの効果に波面が広がるという幾何学的效果が加わり、1次元と同様の次元解析によると強い衝撃波で $a \sim 3-6$ 、弱い場合に $a \sim 1$ となることが予測される。



セッション 2

(10月3日(月) 午後： No.151～156)

原始星周囲の原始惑星系円盤の非線型成長

Non-linear Growth of Protoplanetary Disks around Protostars

中本 泰史 (筑波大 物理)

原始星(分子雲コアが重力収縮中の天体)やT Tauri型星(重力収縮が終了して間もない若い天体)に原始惑星系円盤が付随していることが観測されている。それらの円盤の質量は、原始星周囲の円盤に対して $0.07M_{\odot}$ 程度(観測した13天体中2個)ないし $0.03M_{\odot}$ 以下(13天体中11個, Ohashi et al. 1994, Ap&SS, in press)、T Tauri型星周囲の円盤に対して約 $0.1M_{\odot}$ 程度以下(Beckwith et al. 1990, AJ, 99, 924; Ohashi et al.)、と見積もられている。Ohashiらの観測結果では、原始星段階における円盤質量は時間に関して非線型に成長しているように見える(Ohashi et al.; Nakamoto & Nakagawa 1994, submitted to ApJ)。ここでは、円盤質量の非線型成長の可能性を調べた。

分子雲コアの重力収縮過程と原始惑星系円盤内の質量輸送過程の2つの過程を考慮する。重力収縮過程は円盤質量を増加させるものであり、円盤内質量輸送過程は円盤質量を減少させるものである。これら2つの競合過程により円盤質量は決定される。各過程を特徴づける物理量は分子雲コアの全角運動量と円盤内の角運動量輸送効率である。

パラメータの値によっては重力収縮過程が卓越する。この場合には円盤質量は時間に比例して増大し、最終的に中心星質量より大きな質量を持つにいたる。一方、円盤内質量輸送過程が卓越する場合には成長中の円盤質量は小さいままにとどまる。しかし、重力収縮後期になると円盤内質量輸送効率が悪くなる(重力収縮により質量を供給される円盤上の半径が時間の3乗に比例して増大するから)ので円盤質量は次第に増加はじめる。数値計算の結果では、最終的に円盤質量が中心星質量の10分の1程度になる場合、円盤質量は時間の約2乗に比例して増大した。

以上より、原始星周囲の円盤内では効率的な角運動量輸送が行なわれていること、その結果円盤質量は時間に関して非線型(約2乗に比例)に成長し最終的には中心星質量の約10分の1程度以下になること、がわかった。

太陽系星雲の消散時の貴ガスの同位体分別

Fractionation of noble gas isotopes
during dispersal of the solar nebula

° 関谷実（九大・理）、佐々木晶（東大・理）

地球大気の xenon は、太陽組成と比べて重い同位体が多い。この起源については、微惑星内の分別、地球原始大気消散時の分別などが提唱されている。特に原始大気消散時の分別の場合、現在の地球のすべての貴ガス組成と矛盾しないモデルを立てることができる。しかし、火星から来たと考えられている隕石 (EETA79001) の xenon 同位体比が地球大気と似ていることを説明するのはかなり難しいように思われる。ここではもう一つの可能性として太陽系星雲の消散に伴う分別がどれほど起こるかを調べたので報告する。

太陽系星雲の消散の機構については、太陽風、太陽紫外線、対流・乱流や磁場による角運動量輸送、などいろんな過程が考えられているが、まだ結論は出ていない。ここでは星雲は初期には太陽組成であること、星雲の少なくともある高さ（赤道面からの距離）の領域で層流であること、および星雲の局所回転系から見て消散の際の流れの方向が赤道面に垂直であることを仮定して、同位体分別がどれだけ起こるかを計算した。その結果、太陽系星雲の面密度が $1/e$ になる時間が 10^6 年から 10^7 年の場合、面密度が初期の 1,000 分の 1 から 10,000 分の 1 に減少した時に、現在の地球大気中の xenon とほぼ等しい同位体組成になる時期があることが判った。

この時期の星雲ガスを原始地球や原始火星がトラップしたとすると、少なくとも xenon に関しては同位体比を説明することは不可能ではない。しかし、kripton に関しては現在の地球よりも少なくなり、neon や argon は多くなってしまうことが判った。したがって同位体分別した太陽系星雲ガスを重力的に捉えるという単純なモデルでは現在の地球大気の貴ガス組成を説明することは出来ない。同位体とは別に元素を分別する何等かの過程が必要である。

The Formation of Protoplanetary Nebulae
– Simulation of the propagation of a shock wave –

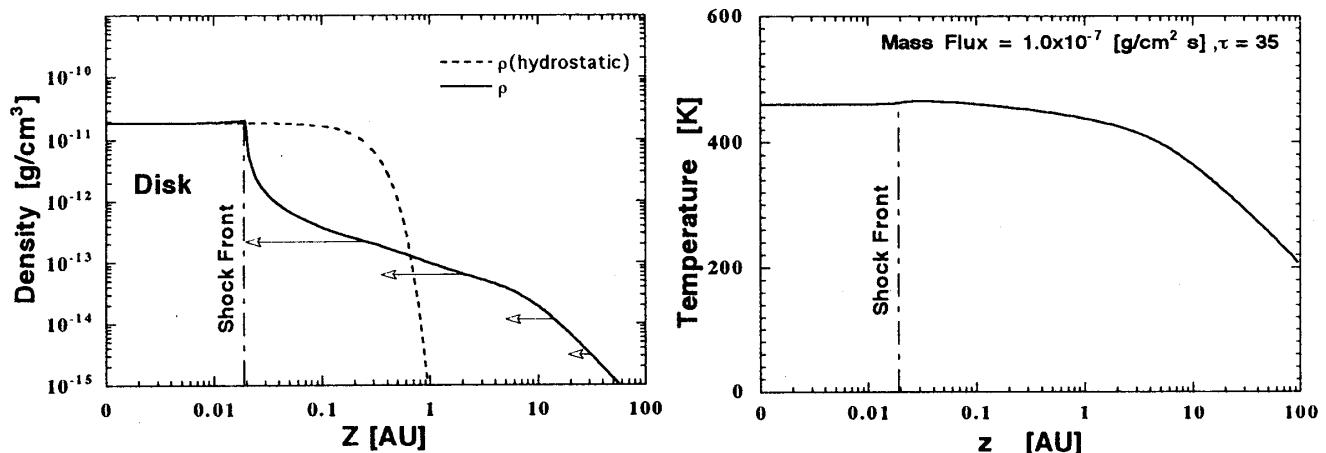
原始太陽系星雲形成時における衝撃波による加熱機構について

・北神 今日子（東工大）・中川 義次（神戸大）

星間雲の重力崩壊により、中心星とそれをとりまく原始太陽系星雲が形成される。この時期の星雲の状態は惑星系への初期条件を与えるのみならず、初期の到達温度や継続時間はコンドライトなどの始源物質の起源を考える上でも重要な要因である。原始太陽系星雲形成期において、Disk はかなり高温状態であったと考えられて、その温度上昇のメカニズムとしては(1)Disk 内部での、中心星への降着によって生じる熱の発生(2)分子雲コアから円盤へ落下する際に生じる熱の発生(3)原始星から来る放射による加熱等が挙げられる。本研究では特に、(2)の衝撃波による原始太陽系星雲の温度上昇、及び内部構造に焦点をあてて数値計算を行なった。

分子雲コアの収縮は3次元的な運動をするが、Disk 上の衝撃波を記述する際には第一近似的に鉛直方向1次元平板対称性で妥当と考え、ガスが垂直方向に収縮する様子を見ることにした。数値計算法としては Pseudo-Viscous Method を用いて、計算コードを開発した。解くべき基礎方程式は連続、運動、エネルギー方程式の3式である。星雲上では、高速ガスの降りつもりによって衝撃波が発生し、その結果大量の重力エネルギーが解放される。星雲上で発生するエネルギーは主に放射によって外側に運ばれる。よって、どれくらいの温度になるかは放射輸送過程が重要になる。エネルギー方程式を解く際、必要になるエネルギーfluxesは、放射方程式を方向、振動数毎に解いて求めた。計算の初期状態は重力収縮の途中段階に設定することで、計算量を減らし、最終的な原始太陽系星雲を形成するもっとも得たい描像だけ追っている。全ての進化を追う為には、計算コードの Implicit 化と、2次元の取り扱いが必要であり、今後の課題である。

太陽からの動径距離 $r=2.8\text{AU}$ (Asteroid 領域) における計算例



^{13}CO ($J = 1 - 0$) 輝線を用いた T Tau の干渉計観測
 An Interferometric Observation of T Tauri in ^{13}CO ($J = 1 - 0$)

百瀬宗武[。](東大・理)、大橋永芳(スミソニアン天文台)、
 川辺良平(国立天文台野辺山)、林正彦(国立天文台三鷹)

太陽質量程度の星の形成過程は、(a) 一万AUスケールのエンベロープが動的に質量降着することにより、中心星が成長する原始星段階と、(b) エンベロープが晴れ上がり、中心星が可視光でも観測されるTタウリ型星段階とに大きく分けることができる。また、原始惑星系円盤と思われる百AUスケールのダスト円盤は、原始星段階ではほとんど観測されないのでに対し、Tタウリ型星では普遍的に観測される。従って、(a)から(b)への遷移段階では、星・惑星系形成において重要な素過程である、エンベロープの消失とダスト円盤の形成とが起こると考えられる。

これらがどのようなメカニズムで起こるのかを観測的に明らかにするためには、(a)から(b)への遷移段階にある天体を複数選びだし、詳細に観測する必要がある。我々は、Tタウリ型星のなかでも、赤外輻射超過の著しいもの(Flat Spectrum Tタウリ型星)に着目した。そして手始めに、代表的なFlat Spectrum Tタウリ型星であるT Tau を観測した。

観測は、野辺山ミリ波干渉計で、周囲のガスの質量をよく反映していると考えられる ^{13}CO ($J = 1-0$) 輝線を用いて行なった。その結果、星の速度に対して青方偏移した成分・赤方偏移した成分とともに、半径 4000AU スケールのリング状構造が観測された。過去に可視光でなされた観測によると、青方偏移したジェットが T Tau から西向きに出ていることが明らかになっている。このジェットの方向が、星からのアウトフローの軸の方向を表わしていると考えると、今回 ^{13}CO で観測された構造の速度場は、星から放出される高速のアウトフローによってはき寄せられたシェルを、ほぼ極方向からみたと考えると自然に説明することができる。つまり、原始星時代に中心星を取り囲んでいたエンベロープが晴れ上がりつつある状況であり、T Tau は原始星とTタウリ型星の遷移段階にあると考えられる。

今後、他の Flat Spectrum Tタウリ型星の観測や、アウトフローの観測を行なうことで、ダスト円盤形成の様子や、エンベロープ散逸のメカニズムに迫っていきたいと考えている。

反磁性磁場整列による星間塵整列の可能性 (II)

The probability of the alignment of the interstellar grain
with the magnetic ordering of the nonmagnetic materials

○茅原弘毅 植田千秋 土山 明 山中高光 (阪大・理)

天体物理学における未解決の問題の一つに、星間塵の整列のメカニズムがある。

観測される星間偏光と星間赤化に相関があることから、偏光の原因是光学的に異方性を持つ微粒子が何らかの原因で星間空間で整列しているからだろうと考えられている。

一般に塵は周りのガスとの衝突により回転運動していると考える事は妥当である。

Davis & Greenstein (1951) によれば、星間塵は常磁性の微粒子と仮定され、これと星間磁場との相互作用による緩和過程により、磁場と垂直な角運動量成分が減衰し、最終的には磁場に垂直な塵粒子の配向が生ずる。

しかし、このモデルと実際の偏光観測から導かれる結果には隔たりがあり、観測に合わせるために、塵粒子表面に超常磁性粒子の存在を仮定し、更に、熱エネルギーに対して異常に大きな回転の仮定を必要とするなどいくつかの問題点が指摘されている。

一方、物性物理学の分野で反磁性異方性に起因する微粒子の磁気整列現象が発見されたことを受けて、我々は、これらの問題を解決する一つのモデルとして反磁性物質を星間塵として仮定し、反磁性磁場整列を星間塵粒子の整列機構に応用しようと考えている。

最近の研究から星間塵の組成は炭素やシリケイトであることがわかってきており、これらは反磁性の物質であり、我々の仮定は少なくとも組成においては妥当なものと考えている。

前回に引き続き、今回はエタノール中で懸濁させたグラファイトの整列能率を精度を維持しながら低温において測定した。実際の HI-region における星間塵の温度 ($\simeq 70\text{K}$) にはまだ届かないが、低温における磁場整列実験は今回が初めての試みであり、物性物理学的にも興味ある結果が得られた。

講演では、整列磁場の温度変化のデータに基づく微粒子の整列機構について考察する予定である。

宇宙塵表面上での分子拡散

Molecular Diffusion on Cosmic Dusts

増田耕一[○]、向井正（神戸大・理）

宇宙空間での分子は、単なる原子同士の衝突によって生成されるよりも、まず宇宙塵上に原子が付着し、拡散して、その拡散した原子同士で反応を起こして生成されるのが主であると思われている。また、それらの分子が不規則な形状をした塵上において生成されると、塵の表面の溝、又は塵中の空隙が生成された分子によって埋められ、塵自体が頑丈に固められていくであろう。

塵自身の成分や構造はまだ明らかにはされていないが、おそらくきれいな結晶構造ではなくアモルファスの構造をしていると思われる。ここではまず塵としてアモルファスの氷のクラスターを考え、その塵上での水素原子の運動について研究を行なった。具体的にはまず、水分子間のポテンシャルには、W. L. JorgensenによるTIPS2 (Transferable Intermolecular Potential function 2) (Fig.1)と呼ばれている非経験的量子化学計算から決定したもの用いる。これは、

$$V_{mn} = \sum_i \sum_j \left(\frac{q_i q_j}{r_{ij}} + \frac{A_i A_j}{r_{ij}^{12}} - \frac{C_i C_j}{r_{ij}^6} \right)$$

の様に書かれ、Lennard-Jones potentialとCoulomb potentialから成っているが、水分子中の水素分子に関するLennard-Jones partは無視できるので、 $A_H = C_H = 0$ とおくことができる。また、酸素における電荷は、 $\angle HOH$ の二等分線上で酸素原子からdだけ離れたところに $-2q_H$ 置く。水分子と水素原子間のポテンシャルはQ. Zhang et al.によって求められたもの(Fig.2)を球面調和関数で近似し(Table 1)、用いた。これをもとに多体の水分子の運動方程式を計算機で数値的に解くことによってアモルファスの氷クラスターを得、その表面上の水素原子のポテンシャルフィールドを調べた。

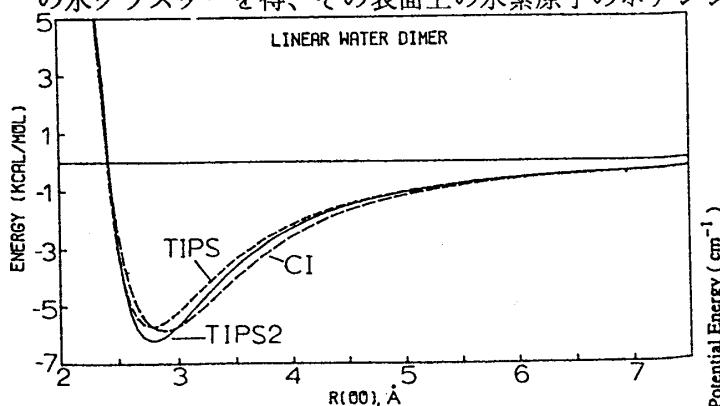


FIG. 1. Dependence of the dimerization energy on the oxygen-oxygen separation in the linear water dimer.

W.L.Jorgensen, J.Chem.Phys.,77(7),4156(1982)

TABLE I

PARAMETERS FOR THE $H_2O \cdots H$ POTENTIAL USED IN THE CALCULATION

l, m	$\epsilon_{l,m} [\text{cm}^{-1}]$	$\sigma_{l,m} \text{\AA}$	$Y_{l,m}$
0,0.....	154.30	3.00	$(\pi/4)^{1/2}$
1,0.....	-13.59	3.30	$[3/(4\pi)]^{1/2} \cos \theta$
2,0.....	12.30	2.98	$[5/(16\pi)]^{1/2} (3 \cos^2 \theta - 1)$
2,2.....	50.91	2.92	$[15/(16\pi)]^{1/2} \cos^2 \theta \sin^2 \phi$

NOTES.—The potential is of the form $V(R, \theta, \phi) = \sum_{l,m} 4\epsilon_{l,m} [(\sigma_{l,m}/R)^{12} - (\sigma_{l,m}/R)^6] Y_{l,m}(\theta, \phi)$, where R, θ, ϕ coordinates are polar coordinates of the free H atom with respect to the O atom. In this coordinate system, the O atom is at the origin, and the coordinates of the H atoms of H_2O are at $R = 0.9572 \text{\AA}$, $\theta = 127^\circ 74'$, and $\phi = \pm 90^\circ$.

V.Buch and Q.Zhang, Astrophys.J.,379,647(1991)

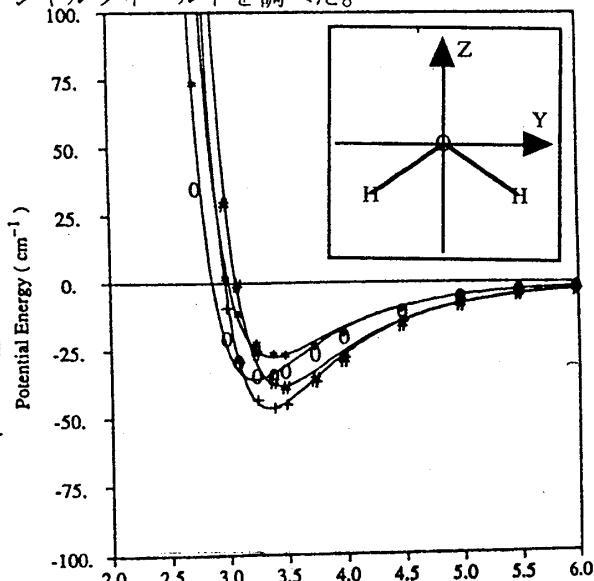


FIG. 2. The potential curves in the four Cartesian directions ***: x; + + +: y; ○○○: z; # #: -z. Lines are analytical fits to Table I
Q.Zhang, N.Sabelli and V.Buch, J.Chem.phys.,95(2),1080(1991)

セッション 3

(10月4日(月) 午前： No.201～216)

マーチソン隕石中の不透明鉱物粒子の化学組成とその形成環境

Chemical composition and formation process of opaque assemblages
in Murchison meteorite

° 矢来博司・田中剛（名古屋大・理）・上岡晃（地質調査所）

[はじめに] マーチソン隕石には、コンドリュールやCAIs (Ca-Al rich Inclusions)、Olivineなどの他に、球形や不定形をした、30~200 μm 程度の不透明鉱物粒子が含まれている。この粒子は主にPyrohite [Fe_{1-x}S]、Pentlandite [$(\text{Fe},\text{Ni})_9\text{S}_8$]、あるいはそれらの組み合せからなり、Magnetite や Fe-Ni metalを含むこともある。アレンデ隕石などの他の非平衡コンドライトにもコンドリュールやマトリックス中に同様の粒子が含まれており、その組成や起源についてさまざまな研究がある（例えば S.E. Haggerty and B.M. McMahon, 1979 など）。しかし、マーチソン隕石についてはこのような研究が少なく、またこれらの粒子を直接取り出し形状を観察した研究はほとんどない。そこでこれらの粒子をマーチソン隕石から直接取り出し、その形状と組成について調べた。

[方法] 目的の粒子をできるだけ破壊せずに取り出すために、Freeze-thaw法を用いて隕石を分解した。取り出した粒子をSEMで観察した後、研磨し、粒子の断面をEPMAで観察、分析した。その後、一部の粒子について中性子放射化分析法 (INAA) で分析を行った。

[結果] 形状については、球形やアーベー状、結晶形を示すものなどさまざまなものが見られた。形状や表面構造と鉱物組成、化学組成の間にいくらか関係が認められた。

一部のPyrohiteにNi-richのラメラが見られた。ラメラが見られる粒子はラメラ以外の部分でNi濃度がほぼ均質であるのに対し、ラメラが見られないものはNi濃度が粒子内で大きく変動する。このことは、粒子によって形成過程が異なることを示唆する。

INAAではCr, Fe, Coが全ての粒子で、Os, Ir, Auが一部の粒子で検出された。特に、Pyrohite+Pentlandite（またはPentlanditeのみ）のspheruleには、Os, Irが $5\sim30\text{p.p.m.}$ とC1コンドライトに比べ10~60倍高い濃度で含まれていた。Os, Irは難揮発性元素であり、高温での凝縮物に高い濃度で含まれる。従って、これらのspheruleは前駆物質として高温での凝縮物を含む可能性があると考えられる。

普通コンドライトの熱変成作用-I：

ALH-764(LL3.2/3.4)加熱試料のTL,CL研究

Thermal metamorphism of ordinary chondrites-I:
TL and CL studies of experimentally heated ALH-764(LL3.2/3.4)

○ 的場淳夫・蜷川清隆・山本勲（岡理大）・和田俱典（岡大）・松濤聰（宮教大）

普通コンドライトの熱変成度は、組織的特徴の変化から分類された”岩石学的タイプ”で表される¹⁾。その中の岩石学的タイプ3の普通コンドライトは、熱ルミネッセンス(TL)の感度から3.0-3.9のサブタイプに分類でき、熱変成度が増すとともにTL感度が上がる²⁾。しかし、ALHA 77011(L3.4)試料を窒素封入して、900°Cの加熱実験を行った結果では、TL感度は下がるという矛盾が生じている³⁾。

上の実験は、試料を粉にしてバルクでTL測定した結果であるが、今回二次元TL測定装置、時間分解分光装置、カソードルミネッセンス(CL)装置を使い、コンドルールごとに注目してTL、CLを調べた。試料としてALH-764(LL3.2/3.4)を用い、酸素フガシティ(f_{O_2})はLL3とLL5の形成条件で⁴⁾、加熱温度は、820°Cと1060°Cで10時間の加熱実験を行なった。

加熱実験前後での二次元TL画像、TL分光計測、CL画像を比較した結果次のことが判った。1. 820°Cの加熱実験では全体のTL感度が減少したが、1060°CではTL感度の上昇が見られた。しかしTL発光スペクトルは、加熱実験前は青色領域のピーク(450nm)しかなかったが、加熱実験後黄色領域に新たなピーク(550nm)が生じ、ピークが二つになった。2. 加熱実験前TL発光していなかったいくつかの部分が、1060°Cの加熱実験後TL発光し始めた。3. 加熱実験前青色にCL発光していたメソスタシスが、加熱実験後多くの部分で緑色にCL発光するようになった。これはTLの青色と黄色の発光に対応していると推定される。

謝辞：電気炉の製作及び運用については、阪大 土山明先生にお世話になりました。また、 γ 線照射には京大原子炉実験所 長谷博友先生にお世話になりました。

- 1) Van Schmus and Wood (1967) Geochim. Cosmochim. Acta, **31**, 747-765.
- 2) Sears *et al.* (1980) Nature, **287**, 791-795.
- 3) Sears *et al.* (1985) Geochim. Cosmochim. Acta, **49**, 1515-1524.
- 4) Brett and Sato (1984) Geochim. Cosmochim. Acta, **48**, 111-120.

隕石の低温熱ルミネッセンス

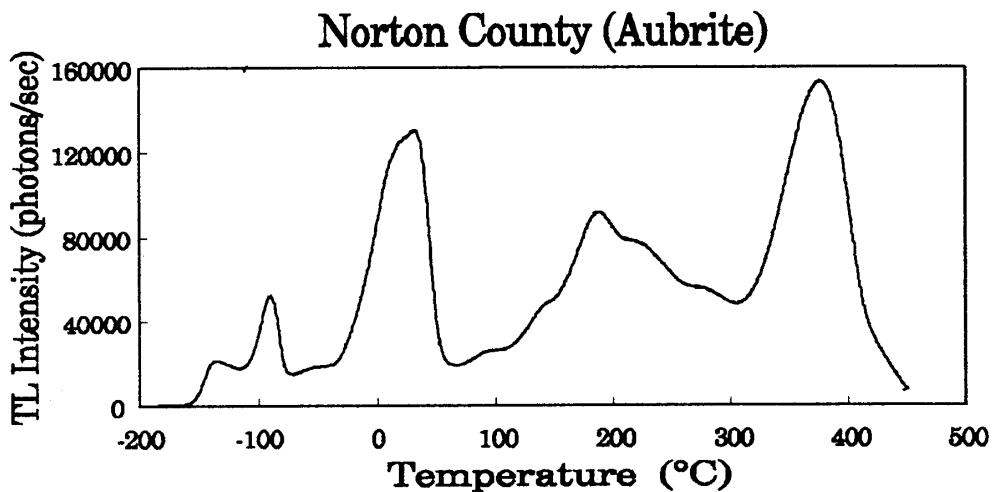
Low-Temperature Thermoluminescence of Meteorites

○星川佳久, 蜷川清隆, 山本勲 (岡山理大), 和田俱典 (岡山大), 松濤聰 (宮教大)

Sears は、非平衡普通コンドライトの熱ルミネッセンス (TL) 感度が変成度と相関があることを示した。¹⁾ しかし、この TL 感度測定は紫外から 480 nm の青色波長領域で、200 °C付近のピークを解析した結果である。その後始原的コンドライトに、カソードルミネッセンス (CL) の発光色に対応して、黄色 (570 nm : メソスタシス)、赤色 (660nm : エンスタタイト) の TL 発光の有ることが判った。^{2, 3)} 他方、波長領域を広げるだけでなく、温度領域も広げると、新たな隕石の TL 発光が観測される可能性があると推測される。

今回、温度領域を室温より低い、77K の液体窒素温度からの測定を行えるよう TL 装置を改良し、測定したところ新たなグローピークを見いだしたので報告する。

謝辞： 低温 TL 予備測定には鳴門教育大学 跡部 紘三先生、京大原子炉実験所 岡田 守民先生、 γ 線照射には京大原子炉実験所 長谷 博友先生にお世話になりました。



References

- 1) Sears *et al.* (1980) Nature, 287, 791–795.
- 2) Ninagawa *et al.* (1992) Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites, 5, 281–289.
- 3) Ninagawa *et al.* (1994) Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites, 7, 217–224.

アレンデ隕石中のCAIの大きさと化学組成からみたCAIの生成場について

The environment of formation of Allende CAI inferred from size and chemical composition

•林正人¹・田中剛¹・上岡晃² (¹名古屋大 理、²地質調査所)

[はじめに] アレンデ隕石中にはmm以下から10mmを越える様々な大きさのカルシウム、アルミニウムに富む包有物（CAI）が含まれる。CAIは難揮発性元素に富み、それぞれの包有物が形成された太陽系形成時の環境を知る手がかりとなる。過去の研究においてCAI中の微量元素組成は数多く報告されているが、そのほとんどが直径5mm以上の非常に大きな包有物についてであり、数として圧倒的に多いそれ以下の包有物についてはほとんど報告されていない。そこで本研究では、様々な大きさの49個の包有物の微量元素を測定、その大きさと元素存在度を比較することにより、CAIの生成環境について考察した。

[実験方法] まず包有物をその形状からcoarse grained inclusion, fine grained inclusion, mineral aggregate, dark inclusionの4種類に分類、coarse grained inclusionはさらにtypeA, typeB-の2種類に分類した。その後、包有物を顕微鏡下において300 μ g程度取り出し、高純度の石英管に封じた。このようにして採取した試料を中性子放射化法により、Ca, Sc, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Re, Os, Ir, Na, Au, Zn, Cr, Fe, Coの17元素を分析した。

[結果と考察] coarse grained inclusion中の難揮発性元素は、過去の研究ではC1コンドライト中の濃度に比べほぼ均一に約20倍濃集しているのに対し、本研究で分析した試料では5倍程度しか濃集していなかった。これは、本研究において分析されたcoarse grained inclusionが二次的な変成を受け、様々な程度に揮発性元素が混入し、鉱物が生成したため相対的に難揮発性元素の濃度が薄まったためと思われる。さらに、この薄まり方の度合いは包有物の大きさと関係があり、小さな包有物ほど難揮発性元素の存在度は低い値を示した。これに対しfine grained inclusionは大きさに関係なくほぼ過去の報告と同じ値を示した。これはfine grained inclusionが二次的な変成を受けていないことを意味する。これらのことから、包有物の生成順序としては、coarse grained inclusionが部分溶融によりガスと反応して二次的な変成を受けた後、fine grained inclusionがガスから生成したと考えられる。

太陽系星雲における星間かんらん石のライフタイム
Life-time of interstellar forsterite in the solar nebula

永原裕子[°]・小澤一仁 (東大・理)

Nagahara and Ozawa (1994) は真空中および水素ガス中でかんらん石の蒸発速度を測定し、水素圧が 10^6 気圧以下では蒸発速度は真空中のそれとほぼ等しく、 10^6 - 10^4 気圧の間では水素圧が高くなるにつれ水素圧の 1 乗に比例して蒸発速度は大きくなり、 10^6 気圧以上では蒸発速度はふたたび小さくなることを示した。

本研究においては、原始太陽系星雲における星間かんらん石のライフタイムを計算により求めた。初期条件として、星間かんらん石が太陽系の存在度比をもつ水素-炭素-酸素のガスと低温で共存し、かんらん石は球形、ガスとかんらん石の系が $1300\text{-}1700^\circ\text{C}$ の高温に加熱された、とした。水素圧および温度は一定とした。蒸発速度は初めは真空中における速度でおこるが、蒸発の進行とともにガス中の Si (あるいは Mg) の濃度が高くなるため小さくなりうる。蒸発速度は気体の分子運動論に従うものとし、実験でえられた値を用いた。かんらん石粒子のサイズ変化、蒸発成分のフラックスを、無次元数 η の関数として求めた。 η は初めのかんらん石の質量 (サイズと数密度の積) と系全体がかんらん石とガスの平衡が成立するのに必要なかんらん石の量の比をあらわす数で、ガスに対する固体成分の濃集の度合いとみなすことができる。

その結果、 η が 1 より小さい場合はかんらん石は完全に蒸発してしまい、その速度は真空中でのそれに等しい。たとえば 1 cm の粒子は、 10^4 気圧、 1700°C で約 10 時間で、 10^6 気圧以下では 1000 時間で完全に蒸発してしまう。 $1\text{ }\mu\text{m}$ の粒子はほとんど瞬時に蒸発してしまう。 η が 3 より大きい場合は系が平衡に到達し、蒸発は途中でストップする。平衡にいたる時間は η が大きくなるにつれ小さくなる。 η が 3 近傍では完全蒸発、平衡到達ともきわめて長い時間を要する。太陽系星雲における η の値は 0.1 程度から 数 100 であり、ダストの濃集の程度が大きい場合は星間ダストは星雲の加熱に対し生きのび、一方ダストがあまり濃集していない場合は星間ダストは完全に蒸発してしまい、系は均質化しうることが明らかとなった。

固体からの蒸発による同位体分別の定式化

Isotopic mass fractionations by evaporation from solids

○高橋利夫・土山 明・植田千秋 (阪大・理)

蒸発の同位体効果により質量分別が期待される。このとき同位体分別は蒸発する物質の表面でおこるが、この分別した部分が物質内部に拡散せず表面に留まる場合には分別した部分が蒸発してしまい、実質的な同位体分別はおこらないと考えられる。Davis *et al.* [1]はフォルステライトの真空中への蒸発実験をおこない、メルトからの蒸発ではMg,Si,Oの同位体質量分別がおこるが、固体からの蒸発では拡散が遅いため分別がおこらないことを示した。一般に蒸発によって同位体質量分別がおこるか否かは、物質の蒸発速度と拡散速度との兼ね合いで決まる。本研究では、惑星科学において重要な固体物質であるフォルステライト、金属鉄について様々な条件における蒸発速度を考慮することにより、蒸発による同位体質量分別の条件を明かにした。これにより、蒸発実験や原始太陽系星雲における鉱物の蒸発による同位体質量分別が議論できる。

板状の結晶が蒸発する一次元モデルでは解析解が存在する[2]。これを用いて定式化をおこなった。蒸発速度, R, は[3]を用いた。フォルステライトの蒸発は酸素分圧に依存するので、その速度は原始太陽系星雲中、水素雰囲気中、真空中で異なるが、金属鉄の蒸発速度は酸素分圧に無関係である。拡散係数, D, のデータは[4-7]を用いた。以上により、次のことが結論できる。(1) 蒸発する結晶粒径がおおよそD/Rより小さいときに同位体分別がおこる。(2) D/Rは蒸発する条件によって異なるので、同位体分別の程度の温度変化を単純に議論することはできない。(3) フォルステライトでは $D(\text{Mg}) > D(\text{O}) > D(\text{Si})$ なので、Mgの同位体分別はおこりやすいが、Oではおこりにくく、Siでは有意な分別はおこらない。(4) O-rich, H-poor な条件ほど、フォルステライトの同位体分別はおこりやすい。(5) 金属鉄はフォルステライトに比べて、同位体分別をおこしやすい。

[1]の実験において固体からの蒸発で同位体分別がおこらなかったのは、用いた試料の粒径がかなり大きかったことによるものと考えられる。また水素雰囲気中への蒸発でフォルステライト粒径が小さい時には同位体分別がおこることが知られている[8]。これは今回の結果とよく一致する。最近アエンデ隕石中のフォルステライトにMgの同位体分別があることが見いだされ、固体状態での蒸発が原因であると考えられている[9]。これが太陽系星雲中でおこったとすると、今回の結果からは低温(1100-1200K)でのゆっくりとした蒸発(10-10⁶年)が示唆される。一方、CAIにみられる同位体分別については、今回の結果にもとづくとSiの同位体分別を固体からの蒸発では説明できず、液体からの蒸発あるいは凝縮によるものと考えられる。また金属鉄やコンドライトマトリックス中のフォルステライトには、蒸発による同位体質量分別が期待される。

- [1] Davis *et al.* (1990) *Nature*, 347, 655. [2] Smith *et al.* (1955) *Can. J. Phys.*, 3, 723. [3] Tsuchiyama & Uyeda (1994) *submitted*, 地惑関連1994年合同大会予稿集. [4] Morioka (1981) *G.C.A.*, 45, 1573. [5] Reddy *et al.* (1980) *J.G.R.*, 85, B1322. [6] Jaoul *et al.* (1981) in "Anelasticity in the Earth, Geodyn. Ser.", vol.4, AGU. [7] 日本国金属学会編 "転位論". [8] Uyeda *et al.* (1991) *E.P.S.L.*, 107, 138. [9] Koga & Nagahara (1993) *Abstr. 19th NIPR Symp. Antarct. Meteorites*, 72.

微惑星中の親鉄揮発性元素の輸送

Transportation of siderophile-volatile elements in thermally evolving planetesimals.

○橋爪 光（阪大・理）、杉浦 直治（東大・理）

熱進化しつつある微惑星中の揮発性元素の振る舞いについて検討した。微惑星の熱進化が進むに従い、内部では各種の化学反応が進行したと考えられるが、反応が気体相と関係している場合、反応が外界に対して開いた系で進行するか、あるいは閉じた系で進行するかは全体の組成に影響する。微惑星が高いガス浸透率を持つ porous な材料で構成されている場合、高い蒸気圧を持つ揮発性元素は効率よく微惑星中を輸送される。Sugiura et al. (1986) は彼らのコンドライト隕石のガス浸透率の測定結果をふまえて、コンドライト隕石母天体中で炭素がどのように輸送されるのかを数値計算によって検討した。

本研究では Sugiura et al. (1986) と同様の手法を用い、コンドライト隕石母天体のような微惑星中の揮発性元素の輸送に関する数値計算を行った。異なるのは金属相の存在を考慮に入れた点である。金属相の存在は炭素・窒素などのガス分圧を決める際に非常に大きな影響を及ぼす。およそ 700°C 以上の温度では金属相は炭素・窒素の主な reservoir となり、その存在を考慮に入れない場合に比べてガス分圧は 2 枠近く低くなる場合もある。ガス分圧が低くなるとほぼそれに比例して炭素(CO)・窒素(N₂)の流量も小さくなる。CO は他の揮発性元素の蒸気を運ぶキャリアガスになり得ると考えられており、その流量の減少は特に重要な影響を及ぼす。

講演では、考察結果を報告し、あわせて、隕石母天体中の揮発性元素の初期分布などについて何らかの制約条件が課せられるかどうかについて検討する。

Reference: Sugiura N., Arkani-Hamed J. and Strangway D. W. (1986), EPSL, 78, 148-156.

窒素同位体比異常のキャリアーは
 コンドライトのマトリックス中に
 一様に存在しているのか？

Are the carriers of isotopically anomalous nitrogen distributed homogeneously in
 the matrix of chondrites?

。清田馨・杉浦直治（東大・理）

非平衡コンドライト隕石には、窒素の同位体比異常が何種類か見られ、そのうち5種類は未知のプレソーラーグレイン起源である可能性が高い。これらのプレソーラーグレインの同定は、これらが酸に比較的容易に溶けてしまうため困難を極めている。一方、窒素同位体比異常の見られる多くの隕石がbrecciaであるために同位対比異常を持った物質が衝突によって外部からもたらされた可能性を調べる必要があった。

そこでプレソーラーグレインが隕石中のどのような場所に存在するかを調べるためにレーザーマイクロプローブ法を用いて研究を行っている。これまでに ALHA77214 (L3.4)、LEW 86022 (L3.2)、Mezo Madaras (LL3.4/3.7) の測定を行っている。Mezo Madaras は有名な breccia であり、ALHA77214はcarbon-richなinclusionを持っている。レーザースポットは100ミクロン程度の大きさであり、充分なシグナルを得るためにいくつかのスポットからでてきたガスをまとめて測っている。

レーザープローブ法による実験の結果、まずコンドルールやinclusionには同位体比異常のある窒素はほとんど入っていない事が解った。各隕石を詳しく調べるとALHA77214の場合にはexcess¹⁵Nと³⁶Arの間に良い相関があるので同位体比異常のある窒素のキャリアーはマトリックス中に一様に分布していると考えられる。LEW86022の場合にはexcess¹⁵Nと³⁶Arの間の相関があまり良くなく、localに窒素のキャリアーが濃集している可能性がある。Mezo Madaras の場合にはbulkの測定で重い窒素と軽い窒素の両方が見えていたのに対応して重い窒素が見つかる場所と軽い窒素が見つかる場所が存在する。重い窒素が見られるのはいわゆるマトリックスであり、軽い窒素が見られるのはどちらかといえばリムと呼ばれる部分に対応しているように見える。

以上は予備的な結果であり、学会ではより多くのスポットの分析を行ってその結果を発表する予定である。

微小宇宙物質の化学分析

Analysis of Elemental Abundances in Micro-Cosmic Samples

°福岡孝昭（学習院大・理），田澤雄二（京大・理）

深海底堆積物中あるいは南極氷中から採集される宇宙塵をはじめ，LDEF，隕石の構成鉱物の一粒など，微小宇宙物質の研究が近年注目されている。将来，宇宙空間あるいは他の天体からの微粒子試料が手に入る可能性もある。これら微小宇宙物質の性質や起源を知るためにには，化学，鉱物学，岩石学，物理学等のデータが必要である。特に元素組成は最も重要かつ基本的なデータである。しかし試料重量は μg (10^{-6}g) あるいはそれ以下なので，近年開発されたICPMS法等の高感度分析法では，容器，試薬等からの汚染が問題となり，結果の信頼性は落ちる。これまで隕石，月試料等の元素組成の決定に貢献してきた機器中性子放射化分析法（INAA）は， μg 以下の試料にも十分な感度があり，通常20元素以上の分析が可能である。INAAは非破壊法であるため，分析過程での汚染がなく，同一試料で岩石的観察，同位体組成の決定等，他の情報を得られる大きな利点がある。ここでは μg オーダーの微小宇宙物質についてのINAAを紹介する。

一般にINAAでは試料重量を知る必要がある。しかし $10\mu\text{g}$ 以下の重量を精度よく測定できる天秤がない。これが微小試料のINAAの問題点である。本研究ではINAA後の試料をEPMA法（重量は必要でない）で主成分分析を行い，両結果を対比し，試料重量とINAAの結果を修正した。一般に微小試料は実体顕微鏡下で取扱い，時間もかかり紛失の危険性もある。INAAでは数秒から数分といった時間内での迅速な作業が要求される。そこで試料を薄い2枚のポリエチレンフィルムに挟み，熱シールし，約 $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 角に切って裸眼での確認，操作を可能にした。この大きさのポリエチレンフィルム中の不純物は極微量で検出限界以下であった。通常の珪酸塩鉱物中に含まれる元素の標準としては，標準岩石試料 JB-1等から作製したガラス破片 $10\mu\text{g}$ 程度を用いた。このガラスの組成は $10\mu\text{g}$ オーダーで均一であった。しかし宇宙物質中に含まれることの多いAu, Ir, Osについては， $10\mu\text{g}$ オーダーでも均質な標準物質が未だ得られていない。その作製の試みについても紹介する。

分化したHED隕石母天体地殻の形成時における 熱変成角レキ岩について

Thermal Metamorphism and Brecciation during the Eucritic Crust Formation
of the HED Meteorite Parent Body

○武田弘・佐伯和人（東大・理）山口亮（ハワイ大マノア校）

ユークライト隕石はピジョン輝石と斜長石よりなる玄武岩質の隕石であり、HED隕石母天体の地殻表層で太陽系初期に形成されたものである。しかし、そのほとんどは大きなスケールでは衝撃によって角レキ岩化され、ピジョン輝石中のmg値 ($=\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}) \times 100$) 分布は固体内拡散によって均質化しているものが多く、これらは"普通ユークライト"と呼ばれている。これらの形成年代はRb-Sr、Nd-Sm法では44.6から45.6億年と古いにもかかわらず、Ar-Ar年代は41から35.5億年の間でリセットされており、上記の角レキ化、均質化がいつどのようにして起こったかは確かではなかった。その代表的なもののJuvinasについて、Rb-Sr, Sm-Nd年代は45.0-45.6億年であると同時に、Ar-Ar年代の1275°C以上の高温での5つのフラクションでプラト一年代が45億年を示す可能性があり(Kaneoka *et al.*, 1994)、角レキ岩化とMg値均質化は形成と同時に起こっていてよい事になる。Juvinasの原標本についての広域試料からの組織の再検討を行い、その形成機構のモデリングより、上記の年代と符号的な形成過程を提案する。

Juvinasの組織はもともと粗粒の結晶組織が角レキ岩化していると同時に、結晶粒間及び結晶周辺に微細針状の斜長石結晶が密に形成されている部分が発見された。主要元素の固液分配係数を用いた計算によると、普通ユークライト組成のマグマ (mg値=35-40) は、すぐ下層の集積岩的ユークライト層の輝石 (mg値=50-55) ではなく、さらに下層のダイオジエナイト層の輝石 (mg値=65-70) を晶出する事がわかった。この事から、普通ユークライトはダイオジエナイトをマグマ大洋下で結晶沈積する時に、その表面で固結した皮殻 (scarf) であるとする仮説を立てると、上記組織と結び付ける事ができる。その皮殻への隕石衝突攪乱とマグマ大洋の一部の混合と急冷、その下のマグマ大洋からの熱による均質化が、すべての観察を満足するモデルと考えられる。

C₆₀およびカーボングレインを含んだ粒子のIRスペクトル

IR spectrum of the specimen contained both C₆₀ crystal and carbon grains

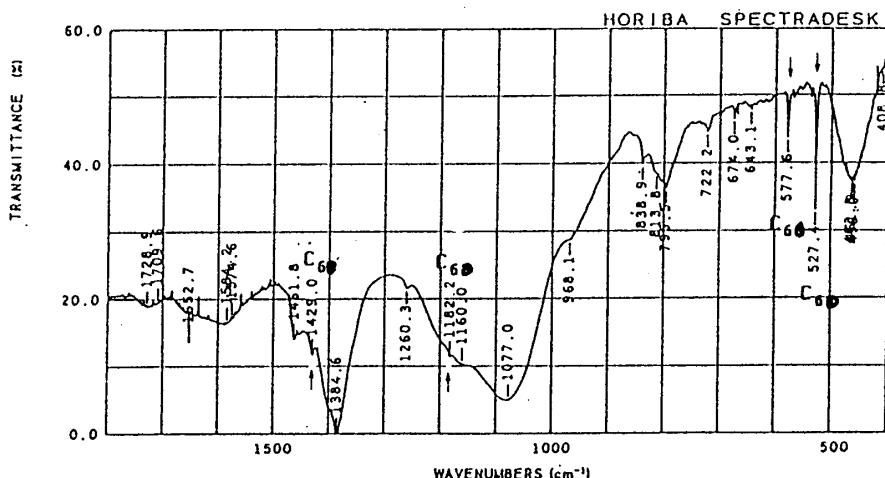
○堀内千尋・阪本剛正・木村誠二(立命館大・理工)
小池千代枝(京都薬科大)
齋藤嘉夫(京都工織大)

前々回の学会で、カーボングレインはマイクロクリスタリットから成っていて、その大きさは酸素分圧によってコントロールできることを示した。また、マイクロクリスタリットサイズによって吸収スペクトルの絶対値が異なることを示した。同様の実験法で、酸素分圧を変化させたり、蒸発用のカーボンの種類を変えたり、導入するガス圧を変化させたときにC₆₀結晶が煙中に直接生成する条件を表1にまとめた。表で二重丸のところは採集した試料中の約60%がC₆₀結晶で残りはカーボン粒子であった。Arガス中に酸素を約0.5 Torr導入し、全圧100TorrのArガス中で作った約60%のC₆₀結晶を含むカーボンとC₆₀分子の混合超微粉末をKBrに混入し、ペレットにして赤外吸収を測定した。矢印で示した527.4(cm⁻¹), 577.6(cm⁻¹), 1182.2(cm⁻¹), 1429.2(cm⁻¹)に対応するピークがC₆₀分子によるものである。図からわかるように、この他に多数のピークが出ていることがわかる。これらのピークは星雲塵のスペクトルにおいて、unidentified infrared emission featuresと呼ばれるものに対応している。上記のスペクトルを与える粒子は酸素分圧0.5Torr含まれたガス中で作られたものであるために、大きさ10~50nmのC₆₀結晶とマイクロクリスタリットサイズが約5nmのグラファイトを含んだ大きさ約50nmオーダーのカーボン粒子より成っている。このような構造をもった粒子を取り出して、アルコールで分散させKBrペレットとしたものである。

表1

ガス	Ar	He	Ar・O ₂ 混合ガス
カーボンロート	△	○	○
Hard	△	○	○
Soft	×	△	○

Hard 日立化成工業 k. k 製 硬度46
Soft 東海カーボン株式会社製



赤外線吸収スペクトルによる アモルファス氷中のCOの定量分析

Quantitative analysis of CO in amorphous ice by infrared absorbance spectra

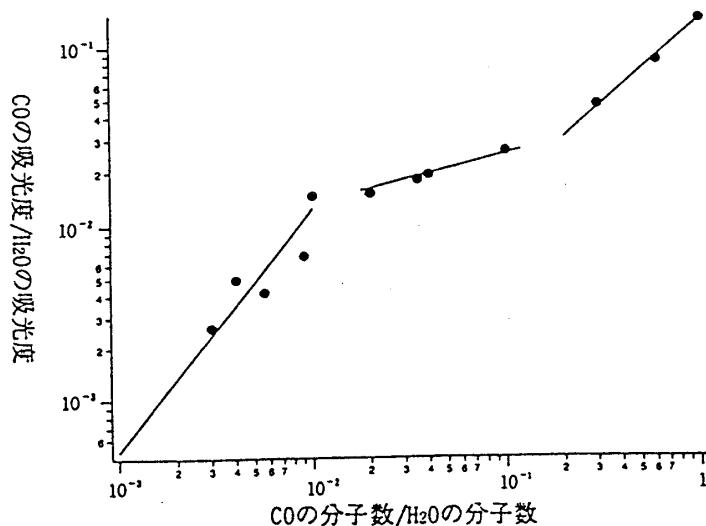
°池田 優子(北大工) 香内 晃(北大低温研) 山本 哲夫(北大理)
本堂 武夫(北大低温研) 前 晋爾(北大工)

暗黒星雲や原始星周辺星雲中には、CO、CO₂、NH₃、CH₃OHなどの不純物を含むアモルファス氷微粒子が存在する。その中で最も多いと思われるCOについては、赤外線吸収スペクトルの測定により、CO/H₂Oモル比が推定され、星雲の進化との関連が議論されてきた。これまで、CO/H₂Oの定量分析の基礎となるCOの吸光係数は、モル比によらず一定値($A=1.0 \times 10^{-17} \text{ cm/molecule}$ 、Sandford et al.、1988)をとると考えられていた。しかし、次の2つの理由により信頼性は小さいと考えられる。

i) CO/H₂O=0.05のみの測定である。ii)アモルファス氷の生成速度が大きい(5 μm/h)ため、できた氷の組成はCO/H₂O<0.05である可能性が大きい。そこで本研究では、広範囲のCO/H₂OでCOの吸光係数を測定し、定量分析法を確立することを目的とした。

10Kの真空中でCOを含むアモルファス氷を0.5 μm/hで作り、赤外線吸収スペクトルを測定した。(COの分子数/H₂Oの分子数)と(COの吸光度/H₂Oの吸光度)の関係は下図のようになった。これより、COの吸光係数が、モル比に依存して、3つの値をとることが明らかになった。COの吸光係数は、CO/H₂O=10⁻²以下と、10⁻²~10⁻¹と、10⁻¹以上で、各々 $A=2.6 \times 10^{-16}$ 、 2.5×10^{-17} 、 2.8×10^{-17} となる。また、各々のモル比域で赤外線吸収スペクトルのCOのピークの形状が異なる。これらの結果から、アモルファスH₂O氷中に単独で存在するCOと、会合して存在するCOでは、吸光係数が、異なるのではないかと考えられる。

今回得られたCOの吸光係数をもとに、暗黒星雲や原始星周辺星雲中のCO/H₂O比を求めると、これまでの推定値より2桁程度小さくなることが明らかとなった。



衝突による惑星物質の組成分離と鉱物分離

CHEMICAL AND MINERAL SEPARATION OF PLANETARY MATERIALS BY IMPACT

三浦保範（山口大・理）

1.はじめに

衝突現象は、宇宙物質の衝突成長の基本的プロセスである。本研究では、衝突現象は組成分離という新たな化学的重要性について報告する。

2.衝突による組成分離

衝突現象では、蒸発によって軽い部分が遠くまで飛散するものと、重い金属部分がメルト的に衝突物の内部に沈着する部分に化学的に分かれる。

衝突の多い太陽系星雲と微惑星の時期において、衝突の頻度の差によって衝突の多い中心部には重い鉄コア物質が多く、外に向かって軽い岩質・軽元素が多くなる。これは、現在の太陽系惑星の密度や鉄コア部分の占める割合とよく一致している。

これらの衝突による組成分離は、隕石孔や衝突の実験でも確認することができる。

3.衝突による鉱物組成分離

衝突の高温高圧で、衝突岩には前もって含まれていない鉱物ができることが隕石孔と衝突実験から次のように分かった。

- a) 石英（衝撃変成鉱物）が衝突後新たに形成された。
- b) シリカ高圧・高圧相（衝撃変成相）の形成
- c) 石墨・CVDケイモット（衝撃変成炭素）が衝突後新たに形成された。

とくに衝突による石英シリカの形成は、月面試料や海中岩石からの石英シリカの解明に重要な意義をもつ。

プリュームと地形・重力 -- 金星のマントルテクトニクス --

Geoid/Topography Ratio and
Plume Dynamics on Venus

○藤井 直之・田中 明子
(名古屋大理・地質調査所)
Naoyuki FUJII and Akiko TANAKA
(Nagoya University and Geological Survey of Japan)

金星のマントルテクトニクスを最も直接に表しているのは、ジオイド／地形比 (GTR) または、アドミッタンス (GTA) である。この値は、波長によって数 m / km ~30 m / km という大きな変動を示している。これは地殻やリソスフェアの凹凸が、上部マントルの密度の違いか、上昇・下降プリュームによってダイナミカルに支持されていることになる。とくに、上昇プリュームによって支えられていると推定されるベータ・西アイストラ・アトラ・ベル等の地域では、およそ 2000 km 以上の波長で~30 m / km という大きなアドミッタンスとなっている。これは、エアリー流の補償深さが 200 km 以深であることになり [Simons, et al., 1994]、地球と違ってマントル内の上昇流を直接反映している証拠と考えられる。逆にイシュタルやテチス地域では、アドミッタンスは~10 m / km 以下と小さくエアリー流の補償深さが 50~100 km 程度と考えられる。したがって、下降流プリュームによるか、地殻・リソスフェアの強度が支配的となっていて、テクトニック応力が表面で支配的な地域といえよう。あるいは、地形の勾配に起因した水平流が支配的となっていることも考えられる。アトランタ地域も高々~10 m / km のアドミッタンスであり、下降プリュームによるとしてもそれほど強い流れではないらしい。いづれにしても、地球における小さな（あるいは負の値を持つ）アドミッタンスとは際だった違いがあり、上部マントルの対流構造や粘性率分布は金星と地球で大きく異なっている。また、大規模なコロナに付随しては、短波長の GTR が大きな値を持つのみで現在の下降プリュームは発達していないらしい。これらのことからわれわれは、大規模なコロナやコロナ列の発達している東アフロディテ地域が、新しいタイプの沈み込み帯が始まろうとしている場所であろうと考えている。

溶岩流と溶岩ドームの形成のシミュレーション

宮本英昭・佐々木晶（東大・理）

Numerical Simulations of Formation of Lava Flows and Lava Domes

Hideaki Miyamoto and Sho Sasaki (The Univ. of Tokyo)

目的：惑星表面には、様々な溶岩流による地形が存在している。そこで、溶岩流の運動を、巨視的にとらえるための計算機コードを開発し、それを利用することによって、溶岩流の形態などから、その噴出時の物理的条件を推定する。

手法：従来の溶岩流の計算機シミュレーションは、ハザード・マップを作製する目的で作られたものが多く、実在する溶岩流との比較から、物理量を考察するには不向きであった。H.E.Huppert (1982) は、水平面上での溶岩流のモデルを作った。K.Ishihara (1989) は、溶岩流を Bingham 流体として、現実に近い数値シミュレーションを作ることに成功した。しかしこれらは、自重による効果だけ、または、傾きによる効果のみを考えたものだったので、この両方の効果を考慮に入れたモデルで計算することにした。また、溶岩流を Bingham 流体として扱えるということは、一般に認められているので、ここでも Bingham 流体の仮定を用いた。

考察：溶岩流の形態は、溶岩流自身の物理的性質とともに、流出した地域の傾斜にもおおきく依存している。一般に、以下のように、傾斜が小さい場合は幅広、大きい場合は長くなり、yield stress が小さくなれば低く、粘性が小さくなれば長く流れるという性質が観察された。また、条件によっては溶岩堤防や溶岩末端崖ができる。今後は、この形態と物理量との定量的なパラメータ・スタディを行なうことで、惑星表面に現われている溶岩流から物理量への制約を与えることを予定している。



Ishihara,K et.al in Lava Flows and Domes, IAVCEI Proceedings in Volcanology, vol 2, pp.174-207, 1989

Huppert, H.E., J. Fluid. mech., 121, 43-58, 1982

上部マントルの熱・化学進化に与える密度逆転の影響

Numerical experiments of the effect of density cross over

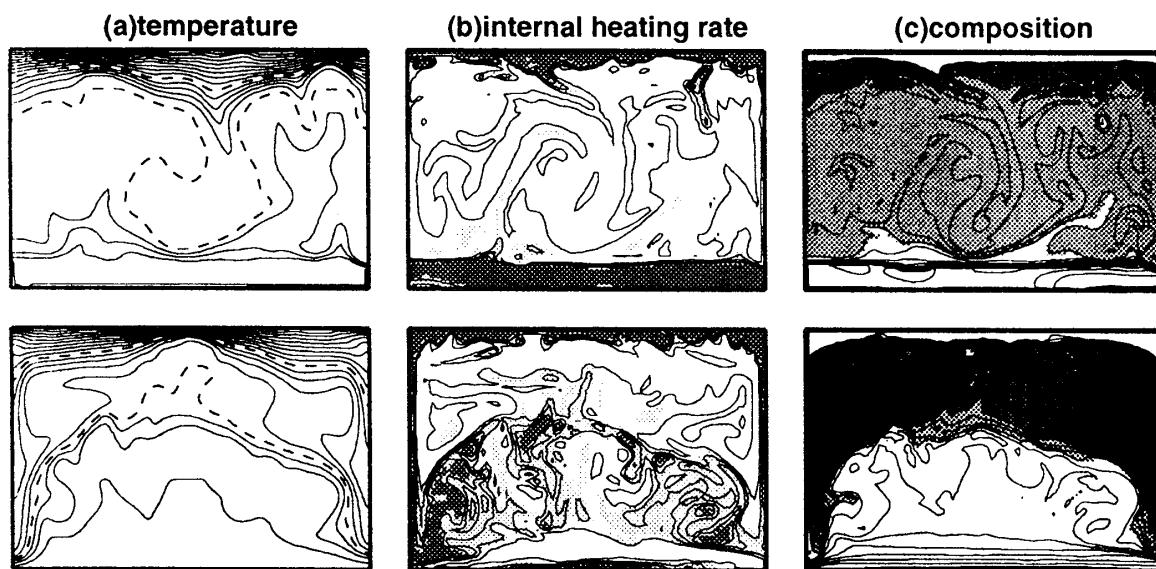
on thermal and chemical evolution of the Earth's upper mantle

○亀山真典(東大海洋研)、小河正基(東大教養)、藤本博巳(東大海洋研)

○Masanori Kameyama¹⁾, Masaki Ogawa²⁾ and Hiromi Fujimoto¹⁾¹⁾Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo²⁾College of Arts and Sciences, Univ. of Tokyo

今回我々は、density cross over が上部マントルの熱・化学進化に与える影響を調べることを目的として、対流しつつある上部マントル中のマグマの移動の数値シミュレーションを行った。マグマの移動は、固液の密度差による浮力が駆動する浸透流によって記述した。放射性元素による内部発熱、及び放射性元素の液相への濃集も考慮している。

下に掲げた図から明らかなように、density cross over が起こると、MgO, SiO₂などの主要成分に関しては化学的成層は抑制されるが、内部熱源は深部に多く濃集する傾向がある。

図の説明

上が density cross over が起こっている場合、下が起こっていない場合の計算結果の snapshot の一例である。(b) で、影の部分は熱源の濃集した領域を示す。(c) で、影の部分は MgO-rich な絞りかす、白い部分は MgO-poor な magmatic product の占める領域を表す。

セッション 4

(10月4日(月) 午後： No.251～265)

暴走温室状態の数値計算：1次元系と3次元系の比較

Numerical simulations of the runaway greenhouse : comparison between the 1D and 3D systems.

○石渡 正樹(東大 理)・林 祥介(北大 地球環境)

○M. Ishiwatari (University of Tokyo),
Y.-Y. Hayashi (Hokkaido University)

1. はじめに

Nakajima *et al.* (1992) は鉛直 1 次元灰色大気の平衡構造を求め、入射エネルギー フラックスが 350 W/m^2 以上になると平衡解が存在しないこと(暴走温室状態)などを示した。我々は 3 次元系で時間発展問題を解くことにより、Nakajima *et al.* (1992) が求めた 1 次元平衡解に対応する 3 次元大気構造を探り、翻って、彼らが得た平衡解の安定性を調べることを目指している。これまで 3 次元計算が、数値的な発散等を起こさず単純な意味で計算可能であるかどうかを調査し、Nakajima *et al.* (1992) で調べられた程度のフラックスを与えても我々のモデルは計算不安定を起こさないことを確かめている。この段階で確認すべき問題は、3 次元計算では 1 次元系と比べて鉛直分解能を 2 衍程度粗くせざるを得ないことによる、放射計算の限界である。ここでは、鉛直分解能を変化させた時の 1 次元平衡解の相違を調べることにより、3 次元計算といえども放射計算のために最低限必要となる鉛直層数についての検討を行なった。

2. 1 次元平衡解の鉛直分解能依存性

石渡・林(1993)で用いた 3 次元モデルを 1 次元系に低下し、Nakajima *et al.* (1992) と同様の計算を、鉛直分解能を変化させて実行し結果の比較を行なった。図 1 に鉛直層数をそれぞれ 32 層と 1000 層とした場合に得られた正味上向き放射フラックスを示す。表面温度が 350 K 以下ならば、32 層と 1000 層ではフラックス分布にも温度分布(図には示していない)にも大きな違いが現れない。1 次元計算の結果を見る限り、表面温度が 350 K 以下ならば鉛直方向には 32 層とておけば十分であると考えられる。

3. 3 次元平衡解の安定性

現在、鉛直層数を 32 として 3 次元計算を行なっている。この結果をもとに 1 次元計算で得られていた平衡解の安定性について検討する予定である。講演ではその結果も報告する。

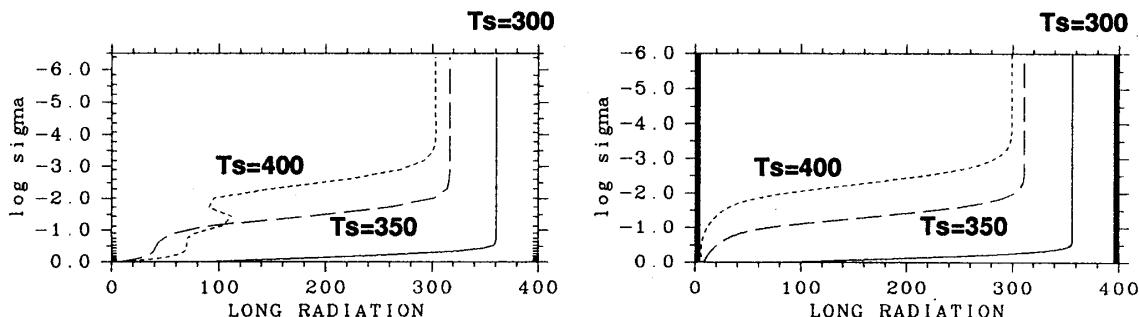


図 1 正味上向きフラックスの鉛直分布。左図は鉛直 32 層、右図は鉛直 1000 層の場合。それぞれ、表面温度 T_s として 300 K , 350 K , 400 K を与えた場合の結果を示している。

惑星集積過程の N 体シミュレーション:
原始惑星の暴走的成長

°小久保 英一郎(東大教養)・井田 茂(東工大理)

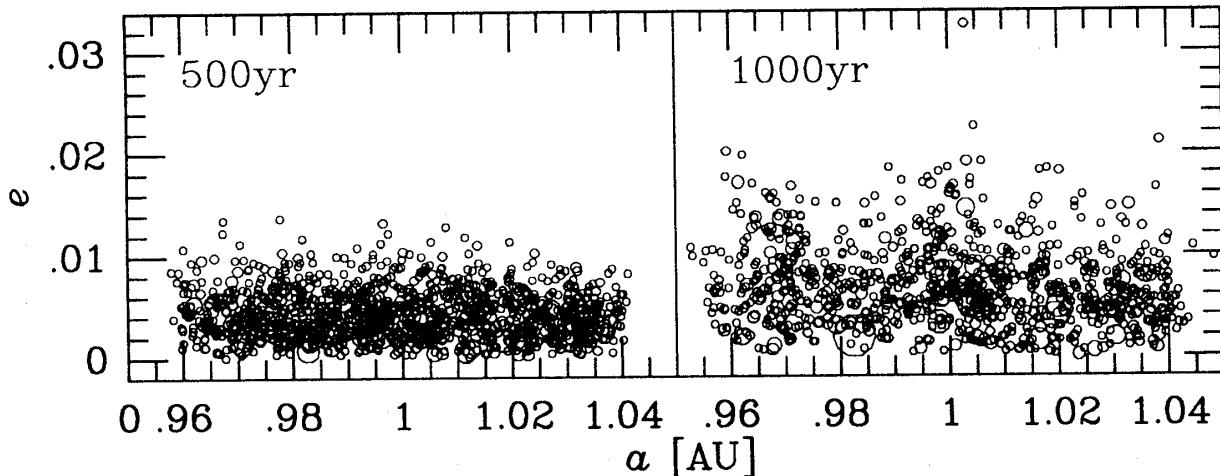
**N -body Simulation of Planetary Accretion:
Runaway Growth of Protoplanets**

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

現在、惑星形成論では小数の微惑星が暴走的に成長し原始惑星になると考えられている。原始惑星はまわりの微惑星を捕獲して成長し、最終的には互いに衝突合体して惑星となる。しかし、原始惑星がどのような間隔で暴走的に成長するのか、そしてそのまわりの微惑星の空間分布はどのようになるかなどの問題は十分にわかっていない。これらの問題は現在惑星形成論に残されている惑星間隔、木星型惑星の形成時間の問題を考えるさいの鍵となる。残されている問題の解決をめざし、原始惑星の暴走的成長を明らかにするために N 体シミュレーションを始めた。

図は計算例である。横軸は軌道長半径、縦軸は離心率であり、円の大きさは微惑星の半径を表している。初期条件では質量 10^{24} g の微惑星を 1AU のところにドーナツ状に 2000 体分布させている。衝突確率を上げるために微惑星の半径と表面個数密度を標準のそれぞれ 10 倍、2 倍にしている(物理過程の本質は変えない)。0.98AU のところの原始惑星が暴走的に成長しているのがわかる。原始惑星は 1000 年後には約 200 倍の質量に成長し、まわりの微惑星の分布に影響を与えている(原始惑星を頂点とする V 構造)。

本講演では、惑星集積過程で微惑星集団の質量分布が衝突合体による成長でどのように進化していくのか、原始惑星の暴走的成長はどのように進むのか、そしてそれはどのような間隔で起こるのかを N 体シミュレーションを用いて調べた結果を報告する。



Planetesimal Distribution around Two Protoplanets and Spacing of Protoplanets

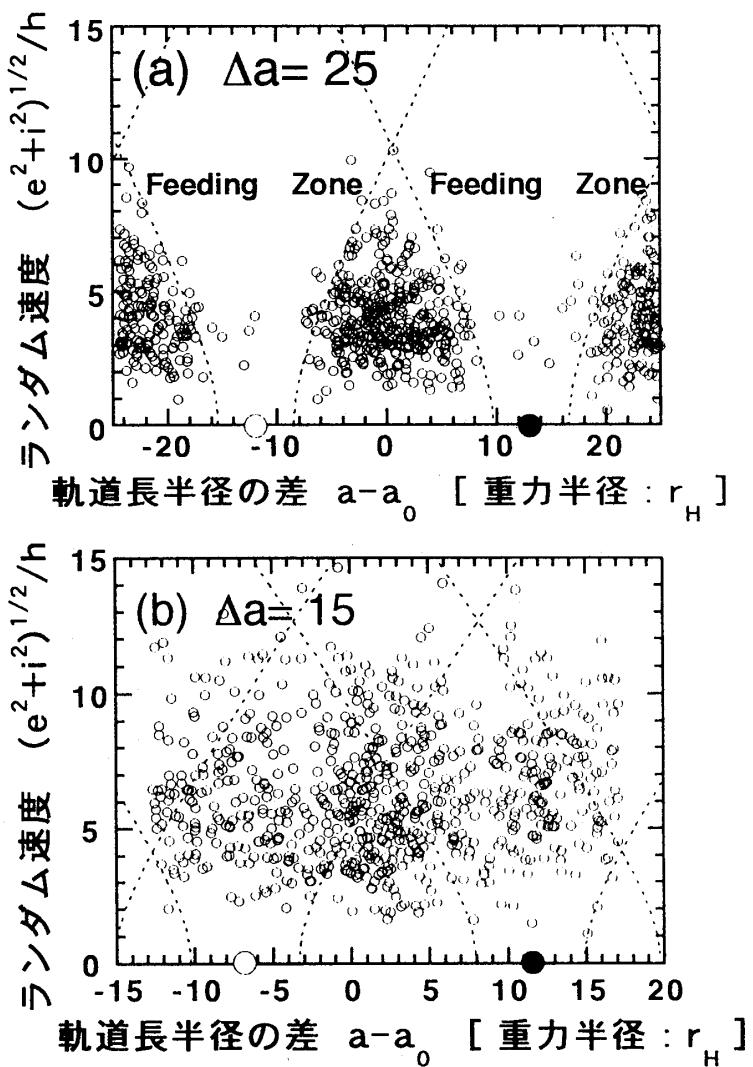
原始惑星のまわりの微惑星分布と原始惑星の間隔

・田中秀和、井田茂、中沢清（東工大・地惑）

我々は、惑星集積過程において、暴走成長により形成される少数の原始惑星がどのような間隔で並ぶのかについて調べた。

暴走成長が起こると、まず1つの大きな原始惑星がつくられ、やがて、その強い重力はまわりの微惑星の分布に大きな影響を与える。田中（1994）は原始惑星重力と星雲ガスの抵抗を考慮し多数の微惑星軌道計算を行い、その結果、1つの原始惑星は微惑星をはねとばし自分の微惑星捕獲可能領域（Feeding Zone）から殆どの微惑星を掃き出してしまうことを示した。その結果、原始惑星の暴走成長は止まり、その後第2、第3の原始惑星が暴走成長により次々に形成されるであろう。そして、これらの原始惑星たちが隣接して並べば、互いにはねとばした微惑星がそれぞれのFeeding Zoneに入れ合い、それらを捕獲することにより成長が可能になると考えられる。

我々は、複数の原始惑星のまわりの微惑星の軌道計算により微惑星分布の進化を数値シミュレーションした。そして、原始惑星達がどれくらいの間隔で並んでいれば、微惑星を入れ合うことによって成長が可能になるかを調べた。その結果、原始惑星間の間隔が、それぞれの重力圏半径の約20倍以下ならば微惑星を入れ合い、それ以上離れると入れ合わなくなる（下図参照）ことが明らかになった。このことより、原始惑星群は、互いに“重力圏半径の約20倍”という間隔を保ちながら成長していくと考えられる。



Examination of Planetary Accretion Codes by the Stochastic Coagulation Equation

確率論的成長方程式による惑星集積コードの検証

◦ 稲葉知士、井田茂、中澤清（東工大・地惑）、大槻圭史（山形大・理）

惑星の形成過程を調べるアプローチの一つとして、微惑星集団を分布関数を用いて表し、その分布関数の進化を追うという方法がある。この方法には微惑星の Runaway Growth をうまく追えないという欠点がある。本研究の目的は Runaway Growth を正確に記述するスキームの開発にある。今回はその第一段階として、あるスキームが Runaway をきちんと追えているかどうかをチェックする方法を確立し、例として、Runaway を記述できていると称している Wetherill (1990) のスキームをチェックする。Wetherill (1990) がもとにしている Coagulation Equation は本来備えている問題点がある。それは、この方程式に従うと粒子数を連続的なものとみなしてしまって、1個未満の粒子の存在を認めてしまう点や粒子が自分自身と衝突して成長するという点である。Wetherill (1990) は、この問題点をうまく解決しているようにみえるが、正確に吟味されていない。一方、この Coagulation Equation の問題点を解決したのが、Tanaka & Nakazawa (1994) による Stochastic Coagulation Equation である。Stochastic Coagulation Equation は一般の場合に解くことは極めて困難で、それを直接使って惑星の成長を解くわけにはいかないが、Runaway の簡単な場合の正確な解は得られるので、チェックとして使える。それ故、Wetherill (1990) のスキームの惑星の成長の記述の有効性をチェックするためには、この Stochastic Coagulation Equation と比較すべきである。本講演では、このスキームの有効性を議論する。

惑星リングの速度緩和過程の研究

Relaxation Process of Planetary Ring Particles

°榎森啓元 井田 茂 中澤 清 (東工大 理)

土星のリングに代表される惑星リングは我々の惑星系に見られる極めて興味深い現象の一つである。惑星リングは中心惑星の重力場内を運動する多数の粒子から形成されている。これらの粒子は惑星の周囲を運動しながら、互いに衝突や重力散乱を繰り返し、その運動の状態（粒子同士の相対速度の分布等）を緩和させる。土星のリングで観測された複雑なリングの構造も、こうして形成された粒子集団の運動状態と密接に関係している。惑星リングに何故複雑な構造が存在するのか？木星型惑星が何故それぞれに異なった特徴を持つリングを持っているのか？こうした疑問に答えるためにはリング粒子集団の運動状態の理解が不可欠である。

惑星リングの運動状態に大きな影響をもたらす要素の1つにリング粒子のサイズ分布が挙げられる。ボイジャーによる観測の結果から、土星リングの粒子サイズは数メートルから数ミリという広い範囲に及ぶと考えられている。このように異なる大きさの粒子が混在する場合には、集団の運動状態を主に決定しているのはどの大きさの粒子なのか、大きな粒子と小さな粒子の運動状態はどのような関係で結ばれているかといった粒子集団の基本的な振舞いが重要となる。

本研究ではリング粒子の運動を直接数値計算により再現し、惑星リングの振舞いを研究する。今回は粒子のサイズ分布と衝突時の非弾性性に注目し計算を行った。サイズ分布を考慮した計算の結果から、運動エネルギーの各成分への分配の様子と運動状態の緩和過程における各成分の振舞いを観察し、実際の惑星リングでの速度分布を推定する。またそこで実現された平衡速度と非弾性係数の関係を同時に考察する。

火星ダストリングの飛翔体による観測

Observation of Martian dust rings by space craft

◦ 中川直彦、石元裕史、木村宏、向井正（神戸大 自然）

惑星間粒子の衝突によってフォボスやディモスの表面から飛び出した数十 μm サイズの微粒子が、衛星の軌道に沿ってリング状に分布して、フォボスダストリング、ディモスダストリングの2つのダストリングを形成することが、理論計算の結果から予想されている。また、旧ソ連の探査機PHOBOS-2がフォボス軌道に近づいた際に磁場・プラズマの空間変動を発見したことから、フォボス軌道に沿ってガス／ダストのトーラスが存在することが示唆されている。しかし、これまでの地上観測や、火星探査衛星ではダストリングの検出はなされていない。Viking Orbiter 1 がダストリングを検出するために撮影を行なったが、ダストリングを検出することはできなかった。ミクロンサイズのダストによる光散乱は散乱角が小さい時ほど明るくなる。このためダストリングを検出するためには、なるべく小さい散乱角でダストリングを観測する必要がある。しかし、Viking Orbiter 1 が撮影したデータは、後方散乱のものであり、前方散乱での撮影は未だ行なわれていない。

現在計画が進行中のPLANET-Bでは、搭載されるカメラMars Imaging Camera(MIC)により、ダストリングを検出できる可能性がある。PLANET-Bは、周回軌道の候補として、極軌道を取る場合（軌道傾斜角 75°）、と逆行軌道を取る場合（軌道傾斜角 148°）の2つのケースが検討されている。我々は、軌道計算に基づいたダストリングのモデルを用い、2つの周回軌道の場合について、MICで観測した時に予想されるダストリングの明るさを見積ってみた。

MICはPLANET-Bの側面に固定されていて、PLANET-Bの回転軸が常に地球の方向を向いているため、ダストリングを観測するときの散乱角は、PLANET-Bから見た太陽と地球の角度によって決まる。MICが前方散乱の光でダストリングを観測できる時を選び、ダストの大きさ・形状や、構成物質の光学定数を考慮して幾つかのモデルについて計算を行い、その明るさを見積ってみた。それによると、2つの軌道の場合について、どちらの場合でも予想されるダストリングの明るさに大きな違いはない。またフォボス、ディモスの2つのダストリングで予想される明るさを比べてみると、ディモスリングの方がフォボスダストリングより明るくなった。

小惑星の蛍光X線観測と小惑星探査（III） ～大口径薄膜GSPCの開発～

宇宙科学研究所 ○岡田達明、田中 智、藤村彰夫、水谷 仁
名古屋大学・理 鳥居龍晴、鈴木和司、増田忠志、加藤 学

X-ray Fluorescence Spectrometry of Near-Earth Asteroids and Asteroid Explorations (III) : Development of a Large-area and Thin-window Gas Scintillation Proportional Counter

Tatsuaki OKADA¹, Satoshi TANAKA¹, Akio FUJIMURA¹, Hitoshi MIZUTANI¹,
Tatsuharu TORII², Kazuji SUZUKI², Tadashi MASUDA², and Manabu KATO²

1) Institute of Space and Astronautical Science (ISAS)

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

蛍光X線観測と小惑星探査計画

これまでの月・惑星の表層物質探査において、蛍光X線観測による表面元素組成の決定は極めて重要な成果を上げてきている。Viking1,2 の火星着陸船、Venera13,14 やVega 2 の金星着陸船による *in-situ* 蛍光X線計測データは、それらの惑星の表層物質を「代表」する元素組成を与えていている。また、数地点から試料を地球に持ち帰った月の場合でも、アポロ司令船からの蛍光X線遠隔探査によるデータ (Mg/Si, Al/Si) を基にして月地殻の「平均的」な化学組成が推定されている。我々は宇宙科学研究所で検討されている『小惑星サンプルリターン探査計画』(2002年打ち上げ、対象：ネレウス (4660))において蛍光X線観測を提案しており、そのための観測装置の開発を行っている。小惑星は比較的未分化で始源的な天体と考えられており、その構成元素組成とその分布パターンは小惑星の材料物質や原始太陽系の環境状態を推定したり、小惑星内部での物質分化の過程を解明する上で鍵となる情報を提供する。また、現在得られている小惑星の化学的情報が天体の平均的な可視・近赤外反射スペクトルの型だけであり、そのデータベースと比較するためには平均的な表面物質情報が不可欠である。探査機からの蛍光X線観測を行えば、ネレウス表面の主要元素組成が定量的に決定することができる。

大口径薄膜GSPCの開発

小惑星探査機搭載用の蛍光X線分析装置は重量制限からX線反射望遠鏡の搭載が困難なため、X線計数量を十分獲得するためには大受光面をもつX線センサーが要求される。また、小惑星表層物質からの蛍光X線 (1-8 keV) を検出する為にX線入射窓は極めて薄い必要がある。大型化可能でかつ十分なエネルギー分解能を有するGSPC (ガス蛍光比例計数管) がX線センサーとして最適であり、大口径薄膜GSPCの試験器の設計・製作を行った。その性能試験の結果についても報告する。

惑星間塵の衝突率の計算法

Calculation method for the collision rates of the interplanetary dust

° 松崎浩之、山越和雄（東大・宇宙線研）

^{26}Al 、 ^{59}Ni などの宇宙線生成核種を定量することによって、惑星間塵の起源や運動を調べる場合、惑星間塵の運動がポインティング・ロバートソン効果に支配されているか否かが大きなポイントとなる^[1]。ところが、Grünらの計算では、サイズが $100\mu\text{m}$ より大きな惑星間塵の寿命は相互衝突によって支配され、それは1AU付近で 10^4 年程度という結果を得ている^[2]。これは、ポインティング・ロバートソン効果による運動のタイムスケール（ 10^5 年～ 10^6 年）より短く、同効果は、惑星間塵の運動において重要ではないことを示す。一方、Nishiizumiらによる、深海底スフェルール中の ^{26}Al のデータは、Grünらの計算と矛盾する^[3]。Grünらの計算については、①惑星間塵の相互衝突フラックスを 4π 方向一様としているが、軌道運動しているダストに関してこの仮定は妥当か、②1AUにおいて、衝突速度を 20km/s 一定としているが、この仮定は妥当か、③衝突によって破壊する条件を、衝突径数によらず一定として良いか、の三点について検討の余地がある。そのため本研究では、ダストの運動の軌道要素（軌道長半径 a 、離心率 e 、軌道面傾斜角 i ）の分布を与えたときの、ダストの相互衝突の確率、衝突速度分布を求めるための、半解析的半統計的計算方法を提案する。この計算方法ではまず、軌道要素がそれぞれ (a_1, e_1, i_1) と (a_2, e_2, i_2) であるような勝手な二粒子の衝突を考える。ここでは、軌道面の法線ベクトルの（ i を保ったままの）回転の自由度と、軌道面内での軌道自体の回転の自由度が残るが、それらは全くランダムに選ばれるとする。この場合、軌道面の法線ベクトルを固定すると、二粒子の衝突確率は、二軌道面の交線方向における二粒子の軌道速度から決まるある楕円の面積で近似できる。講演では本計算方法の概要、いくつかの統計的計算結果を紹介し、あわせてこの方法の有用性について議論する。

[1]松崎浩之、山越和雄、地球惑星科学関連学会1994年合同大会予稿集p.458.;[2]Grün et al., ICARUS, 62(1985)pp.244–272.;[3]Nishiizumi et al., E.P.S.L., 104(1991)pp.315–324.

不規則形状塵に働く solar wind pressure

Solar wind pressure on irregularly shaped dust grains

○古莊 玲子、石元 裕史、木村 宏、中村 良介（神戸大・自然）
向井 正（神戸大・理、自然）

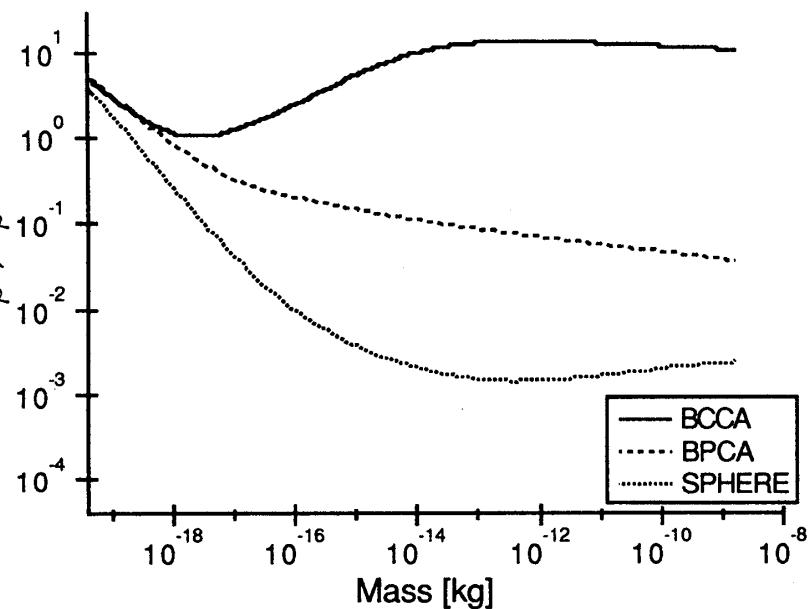
惑星間空間を運動する塵は、太陽重力のほかに様々な摂動力を受ける。平均秒速400kmの太陽風プラズマによる圧力も、これらの摂動力として重要である。また、惑星などの大きな天体に比べて塵のような微粒子においては、太陽放射圧も重要な摂動力であることが知られている。我々のグループでは、惑星間塵の形状を考慮して、従来の球近似との違いを様々な視点から検討しているが、ここでは非球形塵に働く太陽風圧について調べた。

太陽放射圧 radiation pressure に対する solar wind pressure の強さの比は球形粒子に関してはすでに計算されているが、非球形（不規則形状塵）に関してはまだなされていない。今回は BCCA (Ballistic Cluster-Cluster Aggregates), BPCA (Ballistic Particle-Cluster Aggregates) という二種類のフラクタルダストモデルについてこの比の値を計算した。

フラクタルダストに働く radiation pressure の値は、球形粒子に比べてサイズ依存性が弱まり、かつその絶対値も下がることが知られている (Mukai et al. 1992 A&A 262, 315)。solar wind pressure の値はダストの断面積に比例するので、同質量の粒子では形状が不規則になるにつれてその値は大きくなる。この結果として、同質量の球形粒子に比べて、不規則形状塵では、solar wind pressure が、 radiation pressure より、相対的に良く効くようになることが判った（図1参照）。これらの結果は、小惑星や彗星から放出された不規則形状塵の惑星間空間への拡散を考える際に、solar wind の効果を取り入れる必要があることを示唆している。

Fig. 1

solar radiation
pressure に対する
solar wind
pressure の強さの比



衝突による集合塵のサイズ分布の時間変化

Time variation of size distribution of aggregates by collisions

○ 浦崎健太郎、中村良介（神戸大・自然） 増田耕一、向井正（神戸大・理）

一般にある系に含まれている集合塵のサイズ分布の時間発展は下のような成長方程式で表すことができる。

$$\frac{dn_i(t)}{dt} = -n_i(t) \sum_{j=1}^{\infty} n_j(t) P_{i,j} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i-1} n_j(t) n_{i-j}(t) P_{j,i-j}$$

n_i, n_j は質量が i または j の数密度を表しており、 $P_{i,j}$ は質量が i, j 間の集合塵の反応率であり次のように表される

$$P_{i,j} = (R_{imax} + R_{jmax})^{d_s - d_t} (m_i^{2\alpha} + m_j^{2\alpha})^{1/2}$$

R_{imax}, m_i は集合塵の最大半径、質量、 d_s, d_t は空間および集合塵の軌跡の次元を示す。集合塵の速度は質量の α 乗に比例していると仮定している (Botet and Julian 1984)。この方程式は集合塵の形状は時間変化しないことを仮定している。このため個々の形状塵の形状の時間変化を追っていくことはできない。しかし、固体微粒子の相互衝突による成長過程では集合塵はぶどうの房のような不規則な形状をとりながら成長していく。そこで我々はこの方程式を解くのではなく、衝突過程による集合塵のサイズ分布の時間変化をモンテカルロ・シミュレーションを用いて実行した。こうすることによって、成長方程式では推定できない個々の集合塵の形状変化を定量的に扱うことが可能となる。このシミュレーションは N 個の単一の粒子群から始めて、その中から 2 つの粒子を選び、 $P_{i,j} / P_{max}$ の確率で付着させるという操作を繰り返しあこなう。ただし、この際に質量を足し合わせるだけでなく形状も考慮したうえで足し合わせる。このようにして求められたサイズ分布は成長方程式を数値解析した結果と良く一致することが判った。

また、このようにして大きく成長してきた粒子は単に成長を繰り返していくだけでなく衝突による破壊も経験すると考えられる。衝突破壊の効果を上のモンテカルロ・シミュレーションにいれるとサイズ分布にどういった影響を及ぼすかについても検討しその結果を報告する。

月起源ダストの力学的振る舞い

Dynamical behaviour of the lunar ejecta

○山本サトル、石元裕史、圓山憲一、木村 宏（神戸大・自然）

向井 正（神戸大・理、自然）

最近、地球近傍におけるスペースデブリの増加が問題となっている。これらのデブリのサイズ分布は活動を停止した人工衛星そのものという巨大なものから、ミクロンサイズの微小粒子まで幅広い。微小粒子といつても衝突スピードが大きい（～数十 km/s）ため、宇宙機器等に衝突した場合破壊的なダメージを与える。そこでこれらの地球周辺における微小粒子の空間分布や速度分布等を考えることは重要である。

実際の L D E F（長期暴露衛星）等の実験衛星の表面には、これらのデブリ以外にインタープラネタリダストも衝突している。地球近傍でのデブリの測定において、これらのインタープラネタリダストの寄与は無視できない。

ここではこれらのインターパラネタリダストのうち、月起源のダストがどのような過程を経て、地球に降り注ぐかについて考えた。実際南極において月起源の隕石が見つかっている。インターパラネタリダストが月表面に衝突すると、クレーターを形成すると共に放出物 (ejecta) が生まれる。これらの放出物の速度が月の脱出速度を越えておれば、月の重力圏を脱して地球までやってくる可能性がある。月表面に降り注ぐインターパラネタリダストのフラックス（観測値）と、クレータ形成時の ejecta の量及び速度分布を室内衝突実験より演繹し、月を脱出するダストのフラックスを見積った。またこれらの月からのダストは宇宙空間において地球や月、太陽の重力の影響だけでなく太陽光による放射圧やポインティングロバートソン効果等の影響を受ける。これらの影響下でダストがどのように軌道変化を行なって地球の磁気圏に達するかを軌道数値シミュレーションより明らかにした。この結果に基づいて、月起源のダストの挙動及び特性について考察した。ただし、ここでは地球の磁気圏に達するまでは、ダストの荷電状況やローレンツ力の影響については考えていない。

月震データベースを利用した 深発月震A33の解析

Analysis of deep Moonquake group A33 as an application of Moonquake database system

○寺薗 淳也、荒木 博志、水谷 仁
宇宙科学研究所 惑星研究系

昨年度(1993年度)の秋期惑星科学会において、我々は月震をデータベース化し、効率的な解析を行うことを提案した。その後、本年の春期合同学会、及び本年8月の月惑星シンポジウムにおいて、データベース化の進捗状況の報告を行ってきた。

現在月震データベース作成は試験段階を終了し、性能の確認及び実装、また拡張仕様の策定などを行っている。月震データのうちSpecial Event Tape(約2GB)については、本年10月にデータベース化を終える予定であり、新しい仕様は、月震のみならず、通常の地震波データの流通にも利用できる汎用性の高いものとなる。

本講演では、データベースの性能確認を兼ねて行っている、深発月震A33の解析についての報告を行う。A33は、深発月震グループでは唯一、月の裏側で発生したことが確認されている。このため、LUNAR-A計画で得られる、裏側での深発月震の記録を解析する際に参考になると思われる。また発生個数も比較的多く、アポロの月震計では42～49イベントの記録が得られている。記録されている振幅はかなり小さいものが多いが、アポロ16号観測点における記録は比較的振幅も大きく、スタッキングなどによってS/N比を高めることによって十分に解析できると考えている。

現在、P波及びS波の到着の同定を行い、P-S時間を再測定することによって、経度方向に約10度ほどある震源位置の誤差を縮小させることを考えている。また、遠地で起きた隕石の衝突などの波形との比較によって、遠地で起きた月震の一般的な特徴を掴むことができる。講演では、A33の解析、及びデータベース化についての報告を行う予定である。

The Moon from the Terrestrial Magma Ocean
月の起源：地球マグマオーシャンとの関係
 奥地拓生^①・高橋栄一（東工大）

月の内部構造・密度からの総化学組成推定法 月の化学組成は、月の起源を考える上で重要な制約条件である。我々は月の起源を議論するために、Nakamura(1983)による月内部の地震波速度構造モデルをもとに、月のバルク Ca, Al 存在度を計算した。

月のように内部圧力が低く、鉱物の相転移が無視できる天体では、密度は主として FeO と Fe (金属鉄) の存在度によって支配される。我々は月の内部構造と Ca, Al 存在度、月の総密度をもとに、月バルク FeO 存在度と Fe 存在度の関係を求めた。月マントルの比較的低いMg#を考え合わせると、月のFe存在度、すなわち核の大きさはかなり制限される。また月内部に存在するFeをFeOとして考えると、月の総 FeO 存在度は約12%となる。この値は大きくは変化できず、月の起源を考える制約条件として重要な数字となる。

このようにして求めた月の Ca, Al, FeO 存在度は、固体地球マントルより15倍程度多い。岩石試料の MnO/FeO 比から正確に存在度が決定できる Mn 存在度も傾向は同じである。また月の海の玄武岩の低いMg#から示されるように、月の Mg 存在度は地球より少ない。この差は月の起源仮説の一つである、地球からの分裂仮説を否定する。しかし、初期地球にマグマオーシャンの存在を考えると、分裂仮説は月の総化学組成を再現できる。

地球マグマオーシャンの化学組成と月の起源 地球マントル物質を融解させると、Ca, Al, FeO, Mn は融解液に濃集し、Mg は融解残渣に濃集する。これは月化学組成の傾向と一致する。Shimazaki & Takahashi (1994) の地球マントル物質の融解実験の結果によると、融解圧力9GPa 前後での固相線付近の融解液は、月の総化学組成をほぼ再現する。

初期地球マグマオーシャンの化学組成は、マグマオーシャンと融け残り鉱物がどの深さで反応して元素のやりとりをしているのかによってほぼ決定される。融解圧力9GPa、つまり深さ 300km 程度の地球マグマオーシャンは月の総化学組成を再現する。融解した地球が回転不安定により分裂して、月を形成したのではないかというのが我々の結論である。

ガス抵抗による月の捕獲

Capture of the Moon by Gas Drag

佐々木晶（東大・理）

Sho Sasaki (Geological Institute at University of Tokyo)

Giant Impact説が唱えられてから、月の起源が広く論じられるようになった。いまのところ、Giant Impact説が様々な制約条件をもつともうまく説明するようだが、当初ほどの勢いはない。月の捕獲説については、月のコアが小さく総Fe量の少ないことを説明できないという欠点、潮汐力のみでは力学的に困難であることが指摘されてきた。Nakazawa et al. (1983)は、原始大気のガス抵抗による捕獲の可能性を調べたが、Sasaki (1990)が火星の衛星の捕獲で論じたように、原始大気の散逸がない限りガス抵抗では捕獲された衛星は生き残ることができない。ガス抵抗が強ければ、捕獲は容易だが、衛星にはならない。

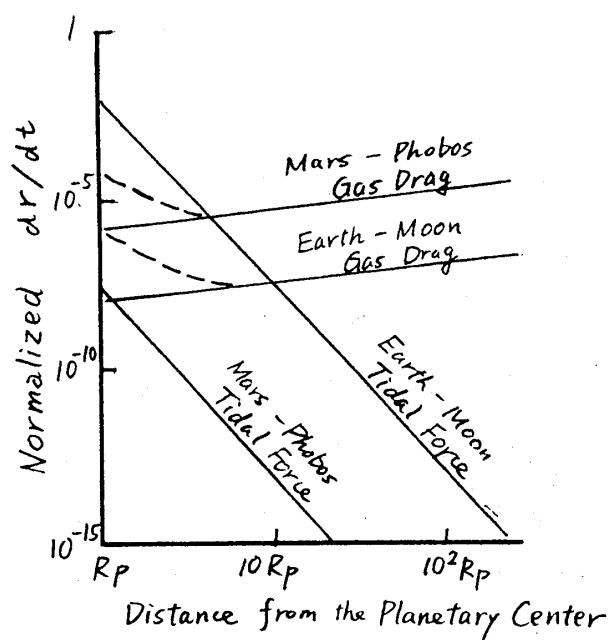
潮汐力は、順行衛星に対して corotation point (惑星の自転角速度と衛星の公転角速度が同じになる距離) の外では斥力、内では引力として働く。そのため、ガス抵抗により衛星の軌道長半径が小さくなっていくとき、潮汐力により押し止められる可能性がある。地球一月系、火星一フォボス系について、ガス抵抗、潮汐力の大きさを、規格化した距離の変化率で表わしたのが図である。規格化は惑星半径 R_p と R_p^3/GM_p でのケプラー角速度で $(R_p^3/GM_p)^{1/2}$ で行なっている。潮汐相互作用のQ値としては30を使っている。初期惑星は部分溶融状態にあるため実際のQ値はもっと大きく潮汐作用は強いであろう。Hayashi-modelのsolar nebula中に惑星はあると考えている。ガス抵抗で点線は惑星周囲の大気密度の増加を考慮した値である。

図からわかるように、火星一フォボス系では、潮汐力がガス抵抗に対抗することは難しいが、地球一月系では、solar nebula—原始大気の散逸が無くとも、(地球が現在と同程度に自転をしていれば) 潮汐作用により衛星の落下は押さえられる。よって、ガス抵抗により捕獲さえされれば、月は地球の衛星として生きのびる可能性は高い。

学会では、軌道進化シミュレーションの結果も提示する予定である。

補：本研究は、1994年度惑星科学フロンティアセミナー「月の起源」に刺激を受けて、もういちどフランクに月の問題を考える気になり開始したものである。

- Nakazawa, K. et al. (1983) Moon Planets, 28, 311, 327.
 Sasaki, S. (1990) Lunar Planet. Sci. XXI, 1069.



多段階衝突進化による月の形成

LUNAR FORMATION BY MULTI-STAGE IMPACT EVOLUTION

三浦保範（山口大・理）

1.はじめに

月の起源説としてかなりよく説明できる巨大衝突説が、1984年の月起源の会議で確認された。それからの詳しい展開はがない。とくに、月が地球より遠ざかること、月の赤道面の僅かな傾き、月の表側に大きい衝突孔が多いこと、そして他の惑星の衛星より地球の月のサイズが大きすぎることなどの説明ができていない。

2.月面の衝突孔の解析

今回の研究で、月面の衝突孔174孔について、衝突孔のサイズと衝突場所そして衝突時代別などのデータの解析から、次のような結果が得られた。

- 1) 月の表側では衝突孔の数も面積も裏側より多い。
 - 2) 月面への正面衝突がその西側に多く衝突した。とくに衝突面積が圧倒的に多く、巨大衝突でできた時計方向軌道の大破片によるものである。
 - 3) 多数の衝突小破片による衝突分布から、月の赤道面を傾ける衝突面への衝突が多い。
- これらの解析結果は、月が地球から遠ざかることと、月の衝突成長したことが説明できる。

3.月の起源説への新たな証拠と月形成への新たな考察

今回の研究から、巨大衝突説を支持するこれまでのデータ（月の石の組成と角運動量問題）にさらに、新たに月面の衝突孔分布のデータが新たに加わった。

月の形成は、最初は原始地球への巨大衝突と分裂からはじまり、その衝突破片の集積と合体により原始月が形成された。残った衝突破片の多段階衝突により、月面に衝突孔が形成され現在の月となった。

ポスター講演

(No.P01～P09)

Rusalka Planitia における変形構造の 画像処理による定量化

田中義廣・佐々木晶（東大・理）

Quantification of Tectonic Structures in Rusalka Planitia by Image Processing

Yoshihiro Tanaka and Sho Sasaki (Univ. Tokyo)

金星表面には、表面が形成されてから後の、地殻に加わった応力の跡が残されている。Magellan の合成開口レーダにより解像度 約 100m/pixel の画像が得られ、変動地形の分類およびその考察が、定性的に行われてきた。そこで、さらに定量的考察を加えるため、画像処理を行い、地形の定量化を試みた。

調査地域の Rusalka Planitia (図 1) は、Aphrodite Terra と Atla Regio に三方を囲まれた、約千 km 四方の平原である。この地域の主な変動地形としては、北西一南東方向の Wrinkle ridges と、北一南方向の Ridge belts が挙げられる。

ここで、図 1 中央の 3 の地域で、輪郭抽出法 (Prewitt の微分オペレータ使用) により、線構造の向きと、強さを測定した。それをある値以上の強さを持つ線構造について、ローズダイアグラムに描くと図 2 のようになる。図 2 では、南北方向の Ridge belts に対応する方向に強い集中が見られる。このことから、地形の定量化が可能であるといえるであろう。

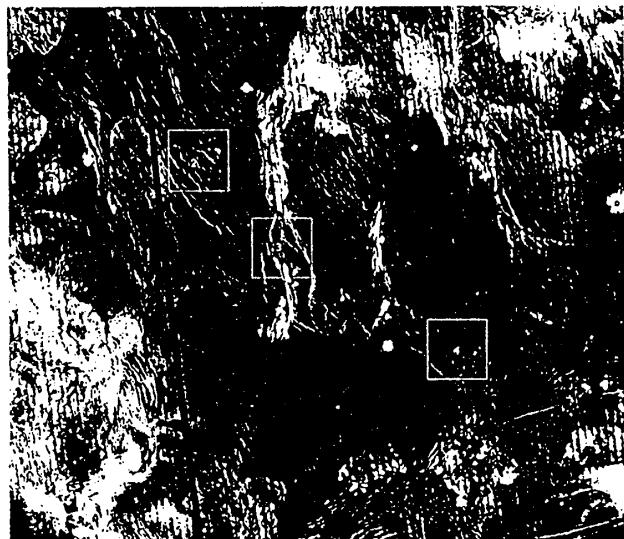


図 1 C100N180 (幅約 1500·km)

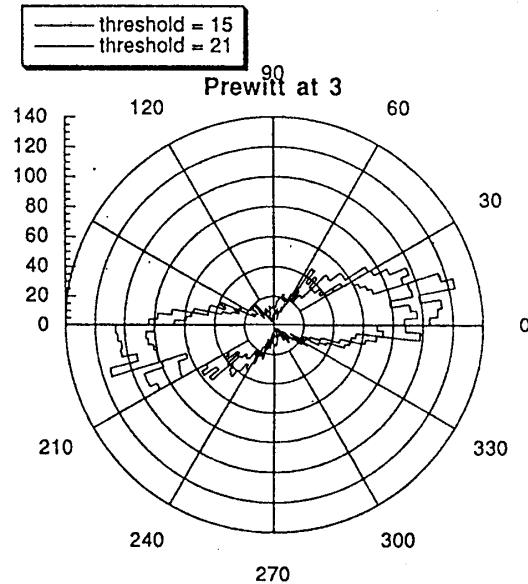


図 2 線構造のローズダイアグラム

金星に見られるリニアメント

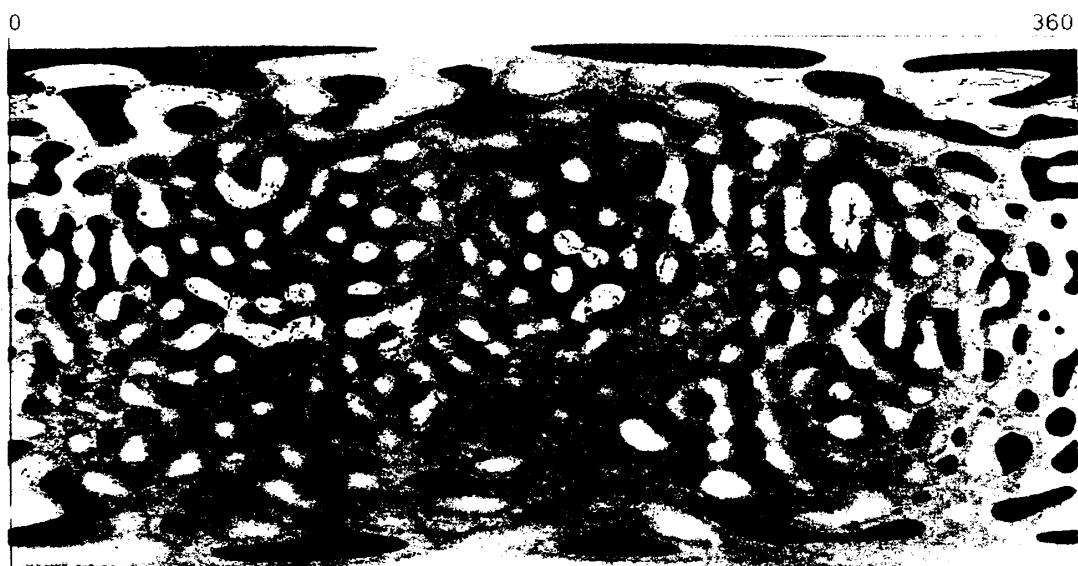
Lineaments on Venus

○田中 明子・中野 司（地質調査所），藤井 直之（名古屋大理）

金星の約 270 万点の高度データを補間して得られた画像からリニアメントを抽出した（図 1 中の実線）。これは Bindshadler et al.[1992] の主張する上昇プリュームである、Beta, Bell, Atla, Western Eistla 地域を通り、Fujii [1994] によるリッジートラフ・ネットワークとほぼ一致する。また金星の地形を 36 次の球面調和関数で展開して、その勾配を示した（図 1 中黒っぽいところが勾配の急なところである）。リニアメントは、ほとんど勾配の緩やかなところを通っている。地球についても同様の図を作ると、現在の地球表層を支配しているプレート・テクトニクスの特徴である線状の上昇・下降領域が見られ、プレートの輪郭がうかびあがる。それに対し、金星の場合はもっと短波長の構造が目立ち、厚いリソスフェアが存在していないのではないかという考え方と調和的である。

図 1: 36 次の球面調和関数で表された金星の地形の勾配とリニアメント。

(cylindrical equidistance projection, 90S to 90N)



比較惑星河川学 III

Comparative Planetary Potamology III

◦ 門田 晃典、水谷 仁
 (宇宙科学研究所・惑星研究系)

火星表面北緯 65° から南緯 65° にわたる領域には、支流を持ち幅約 1 km 全長 10 ~ 100 km にもおよぶ Valley 地形が広く分布している。従来の学説によれば、これらの地形は液体の水が流れその浸食作用により形成されたと考えられている。しかし、それは地球の流水地形との類似を定性的に指摘して得られた帰結であり、これまでの研究では定量的な議論がほとんどなされていないので確たる証拠とは言えない。

そこで本研究では、Valley 地形の形態的な特徴量から定量的な議論により浸食した流れの場を再現し、Valley の成因を物理的に明らかにすることを試みる。つまり、定常非圧縮の流れに線形安定性理論の手法を用いて搅乱を与え、最も成長する乱れの波長を自然界に見られる蛇行流の波長と考える。これと土砂が浸食・運搬される物理を考慮して、火星探査ミッション Viking により得られた画像を使い測定した Valley の蛇行波長と幅の値から、浸食した流れの場を推定する。求められる流れ場の量として、主流速 ($\langle \bar{u}_\theta \rangle$)、レイノルズ数 (Rey)、フルード数 (F)、動粘性係数 (ν)、境界摩擦係数 (C_f) 等がある。

下の表は、地球の川の中でも規模が大きく火星の Valley 地形のように平坦な地面を流れるミシシッピー川について、上述の考えに従い蛇行波長の値 (λ) から流れの場を再現した結果である。ミシシッピー川の地形に関する実測値は Friedkin (1945) から引用した。

講演では、土砂が浸食・運搬される物理を中心に考察する予定である。

	実測値					理論値 (乱流)						
	水深 $\langle H \rangle$	地面の 傾斜角 I_θ	蛇行 波長 λ	主流速 $\langle \bar{u}_\theta \rangle$	主流速 $\langle \bar{u}_\theta \rangle$	フルー ド数 F	A	境界摩 擦係数 C_f	動粘性 係数 ν	$\sigma_z(T_\theta)$	$-u_r$ at bend	レイノ ルズ数 Rey
ミシッ シッピー ー川	9.4m 氾濫 水深	1/3680	36000m	2.5m/s	1.5 ~2.0 m/s	~0.2	$10^{-3} \sim$ 10^{-2}	0.006~ 0.012	0.03~ 0.07 m^2/s	0.3~ 0.4	$10^{-2} \sim$ $10^{-3} m/s$	20 ~ 50

四国高松南部のクレータの構造

Structure of Takamatsu Crater
in Southern Takamatsu, Shikoku, Japan

河野芳輝, 古本宗充, 長尾年恭 (金大・理)
・國友孝洋, 山田守 (名大・理)

我々は数年前に、四国高松市南部において、直径約4 kmのクレータ構造が埋没されているのを、重力測定によって発見した。形状や地質学的な状況から、これが衝突クレータである可能性が高いと考えられる。その成因を明らかにする第一歩として、細かい構造を明らかにする探査を行ってきた。これまでに行った調査項目は、重力探査、地震波反射法探査、そして地磁気異常探査である。この報告では、これらの探査の結果明らかになったクレータの構造について報告する。

クレータは北緯34度16分、東経134度03分付近を中心している。基盤である花崗岩に直接クレータが形成されている。現在はクレータ形成後の堆積物でほぼ完全に埋まっている。地形的にはクレータ領域付近に数個の小山があるだけで、ほぼ平坦であり、クレータを推定させるものは全くない。

現在までに、クレータを中心として、500点ほどの重力測定を行い、精密な重力異常分布を明らかにした。重力異常分布から、クレータは直径が4 kmのほぼ椀状の形で、中心の深さが地表から千数百メートルであると推定される。反射法探査は、クレータの縁を横切る測線と、ほぼ中央付近の測線の2本について行った。測線長が数百メートルであり、深い構造は明瞭ではないが、数十度の傾斜を持つクレータの縁及びクレータ内部での堆積構造等が確認できた。地磁気異常は正と負の両方の目玉がほぼ南北に現れている。振幅は各々数十nT程度であり、強い異常は現れなかった。異常のパターンは堆積物がほぼ現在の方向、もしくは基盤がほぼ現在と逆の帶磁であることを示していると考えられる。また両目玉の間隔もクレータのサイズと矛盾がない。

第5地点富山県、桐谷、小井波の凹凸域（隕石孔群？）
調査結果。

付記、木曽王滝村、しんが池を訪ねて。

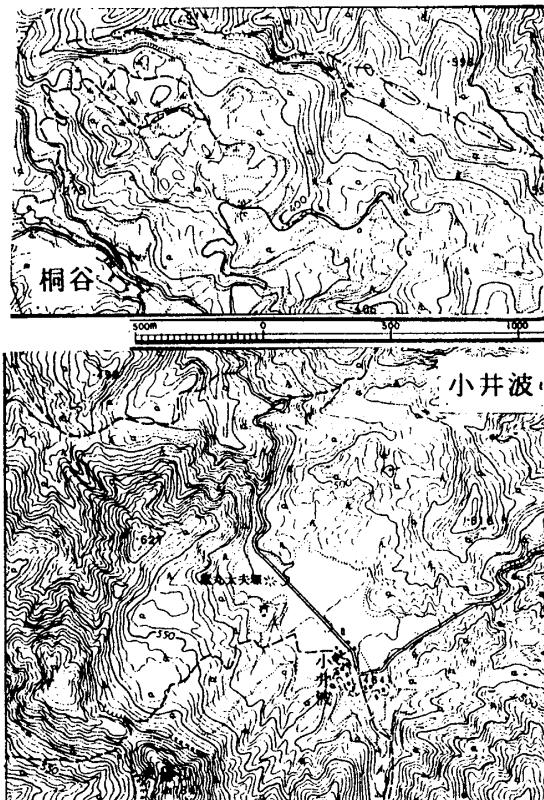
The result of researches on uneven points (meteorite craters groupes ?) at the 5th point, Kiritani and Koinami in Toyama pref.

P.S. Visiting to Singa-pond at Ohtaki village in Kiso.

佐保和男 [Kazuo Saho 507-749-0343]

該当地域の不自然な地形の形成過程に強い
関心を抱いたのは1989年晩秋です。

以後、第2、3地点〔南信州、上村、大鹿
村〕の調査が主体となりましたが、今回は主
題の初期調査が終了しましたので発表致しま
す。 当地域は飛騨山地の前縁部に位置し、
新第3期の火成岩、堆積岩を主に形成されて
います。 凡そ2700万年前後に亘る隆起
に対し、大地震、雨水等による崩壊、地すべ
り、流失により現在の地形の姿を見ることが
出来ますが、当地域が單なる地すべり地域で
あるが故にということで、不自然な地形の形
成説明には納得出来ません。 相当の昔に
隕石群の落下衝突があったとすれば、その大



衝撃は地中深くにまで亀裂を生じ、軟弱化するであろうし、これが有史以来の地すべりの
要因であろうと推察致します。 桐谷北部の丘陵に散在する大小の凹凸、はたしてこれら
は地すべり窪として、かたづけてよいものでしょうか。 桐谷そして小井波の盆地からの
採取資料〔れき岩の中、表土を取り去った地中などより〕の中よりFe球状粒子を検出す
るのは容易です。 これらは磁鐵鋼が瞬時熔融(1537°C) 大気圧により固化せるも
のです。 新聞、テレビ情報のありましたシンガ池についても僭越ですが発表致します。

Mars, A Carbon Rich Planet ?

°倉本 圭 (東工大・理)・松井孝典 (東大・理)

本講演では、火星においてコア・マントルの分化過程を通じて多量の炭素が大気・マントルへ分配され、その後の大気・地殻の進化—特に H_2O の挙動—に大きく影響した可能性について検討する。

SNC 隕石から推定されるマントル組成は、火星の材料物質組成を Dreibus & Wänke [1987] の 2 成分モデルで記述することによりうまく説明される。この場合、硫黄分に富むコア組成が導かれる。この組成はマントル中の親鉄・硫黄性元素の欠乏パターンと調和的である。硫黄分に富む熔融金属鉄中への炭素の飽和溶解量は、推定材料物質中の炭素量の約 1/2 でしかない。余剰分はマントルないし大気へ分配される。

SNC 隕石の放射性同位体データは、集積時ないし直後のコア形成を示唆している。コア形成時には高温下での金属鉄と珪酸塩間の平衡で酸素分圧が決定される。その場合、CO ガスないしグラファイトがそれぞれ原始大気・マントルに始めに分配される主要な炭素相である。これらはいずれも還元型の化学種である。

コア形成終了後は、マントルから大気中へ脱ガスした気体種の間で化学平衡が再達成される。低温下では CO やグラファイトは H_2O と反応して H_2 と CO_2 が生ずる。消費される H_2O 量は大きく、その集積総量に匹敵する。 H_2 は軽いので選択的に宇宙空間へ散逸する。従って火星表層は炭素に富み、水に乏しい環境へ進化した可能性がある。

H_2 (水)の大規模散逸は大気・地殻物質 (SNC 隕石) 中の高い D/H 比と調和的である。水の還元剤として還元型炭素が主要なものであったことは、マントル中の酸化鉄量と調和的である。即ち、従来のモデルのように金属鉄が直接の還元剤の場合は、非常に大きな酸化鉄量が導かれてしまう。また火星地殻組成が(超) 塩基性であることや Ca に富むマグマ (Nakhla) の存在は、炭素に富み水に乏しい環境から自然に説明される。

長周期彗星の熱史 —不純物を含んだアモルファス氷の結晶化の影響—

Thermal history of long-period comet:
Effect of crystallization of amorphous ice including impurity

・ 春山純一（京大・理）

最近、アモルファス氷が一酸化炭素や二酸化炭素を一割も含めば、その結晶化は見かけ上吸熱反応となるということが、香知によって実験的に見いだされた（香知、月惑星シンポジウム、1994）。従って、もし彗星核内のアモルファス氷が不純物を含んでいた場合、アモルファス氷の結晶化に際して、これまで指摘されてきたような暴走的な温度上昇と結晶化の進行（たとえば、Haruyama et al., JGR, vol.98(E8),15079,1993）が見られない場合があると考えられる。今回、香知の実験結果を踏まえ長周期彗星の熱史を論ずる。

彗星核内のアモルファス氷に不純物が取り込まれていて、結晶化が見かけ上吸熱反応になる場合を考える。始め、アモルファス氷の結晶化が殆ど進んでいないときは、放射性壊変熱による加熱が上回って彗星核内の温度が上昇する。温度が十分に高くなってくると結晶化が進み始め、核内の熱伝導率が増加する。また結晶化の増加にともない吸熱の効果も増す。その結果、冷却率が増大し、やがて加熱率と釣り合い温度の上昇が止まる。結晶氷の熱伝導率は温度に逆比例して増加するので、もし冷却が熱伝導によるのなら、その後彗星核内の温度は低下する。この場合、アモルファス氷の結晶化は、加熱と冷却が釣り合った時点で殆ど終了する。一方、冷却が吸熱によってなされている場合、加熱と冷却とが釣り合った後も温度は保持される。核内が十分に高い温度に保持される場合は結晶化は進み続ける。よって、彗星核内のアモルファス氷が殆ど結晶化せずに残るための条件は、1) 放射性壊変熱による加熱が熱伝導による冷却と釣り合い、その後すぐに温度が低下し始める、もしくは、2) 加熱が結晶化に伴う吸熱反応による冷却と釣り合い、温度が一定に保持され結晶化が進むとしても、十分な結晶化が起きる前に熱伝導率の増大によって冷却が加熱を上回るようになり温度が低下する、ということになる。本講演では、上の条件を満たすようなパラメータはどのようなものになるかを解析的な考察から与え、彗星核内でアモルファス氷が残っている可能性を論ずる。

疑似氷天体物質の紫外線照射効果

⁰ 彼末一則、平井誠、池谷元伺 (阪大・理)

UV radiation effects in simulated icy materials in Solar system

Kazunori Kanosue, Makoto Hirai, Motoji Ikeya

Faculty of Science, Osaka University

太陽系内における氷

不純物を含んだ氷は、彗星や外惑星の衛星、火星の極冠などに多量に存在し、普遍的な物質である。彗星中の有機物が地球に飛来し、生命の基となつたとの説が昔からあり、実際Halley彗星のコア中に簡単な有機物が確認されている。この有機化学反応に氷が関係している可能性は大きく、反応のエネルギー源は、太陽系空間において普遍的な宇宙線や紫外線と考えられている。このように、氷に対する宇宙線や紫外線の照射効果を調べることは、地球科学的に興味深い。そこで、氷と共に太陽系に大量に存在するCO₂を不純物として氷の中に閉じこめ、その照射効果を調べた。

有機ラジカルの生成

脱イオン水の中にCO₂ガスを通して炭酸水を作り、これを凍らせて氷の試料を作った。この試料に液体窒素温度で紫外線を2時間照射した後、電子スピ

ン共鳴(ESR)を測定した。検出されたラジカルのESRスペクトルを、図1に示す。この信号は、我々のグループがドライアイスに紫外線を照射した際に検出した、有機ラジカルの信号に似ている。有機物特有の水素の超微細構造の重なりによって、このような幅広い信号になると考えられる。発表では、D₂Oを用いた実験や、CO₂量や照射条件を変化させる実験により、このラジカルについて調べ、報告する予定である。

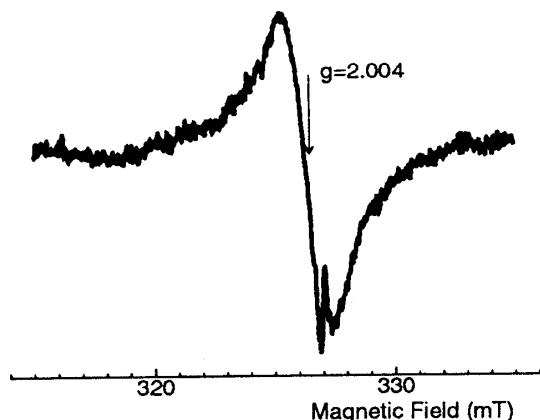


図1. 紫外線照射した、CO₂を加えた氷のESRスペクトル

惑星物質の遠隔熱ルミネッセンス (TL)
 -惑星探査のためのCO₂レーザによる赤外光加熱TL-

Remote Thermoluminescence (TL) dating of minerals in planets.

○高木俊二・池谷元伺 (阪大理)

S. TAKAKI and M. IKEYA

Department of Earth and Space Science, Osaka University

【熱ルミネッセンス (TL) 年代測定とは】 自然放射線によって鉱物中に生じる不対電子の量は、年代と共に蓄積されていく。この量を試料を加熱して生じるTLによって検出し、その不対電子量と年間線量率から年代をもとめるのが『TL年代測定』である。試料として長石・石英・炭酸塩等が用いられ、その結晶生成の年代値から、火山噴火や断層活動・堆積物等の年代測定に利用されている。我々は前回アエンデ中のCAIのTLと光刺激発光 (OSL) について実験し報告した。

【惑星探査のための遠隔TL測定】 遠隔からの測定は、試料を採取することに困難が伴う惑星探査において有用と思われ、その可能性を検討するために、CO₂レーザの赤外光による加熱で遠隔TL測定の実験を行った。下図は、通常のTL測定(図1)とCO₂レーザによる1mの距離の遠隔TL測定(図2)の結果である。試料の熱伝導のために、図2の信号は図1に比べてブロードになっている。今後、測定結果から遠隔TL測定の有用性及び可能性を評価していく。

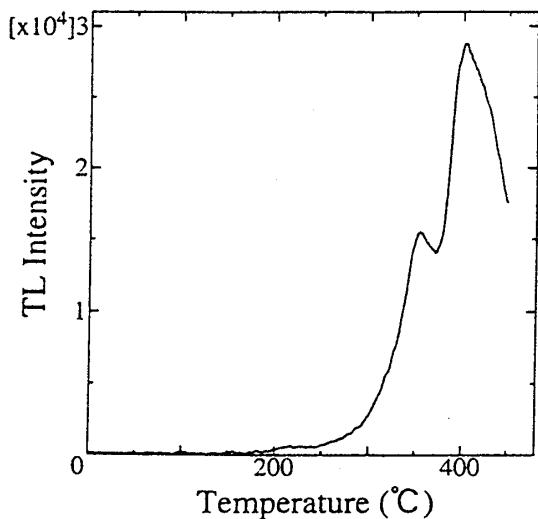


図1. 通常のTLカーブ。試料は高純度単結晶のLiF。

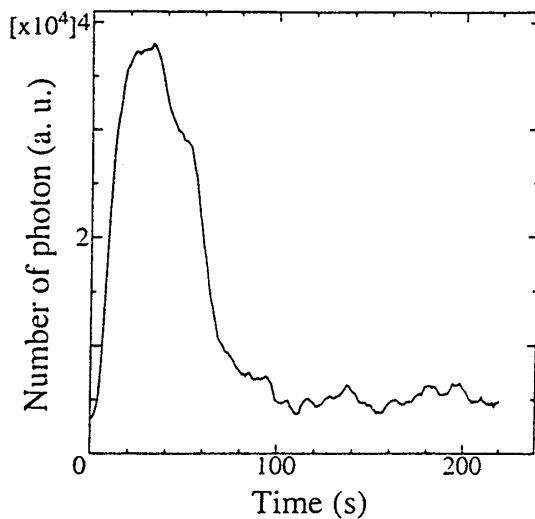
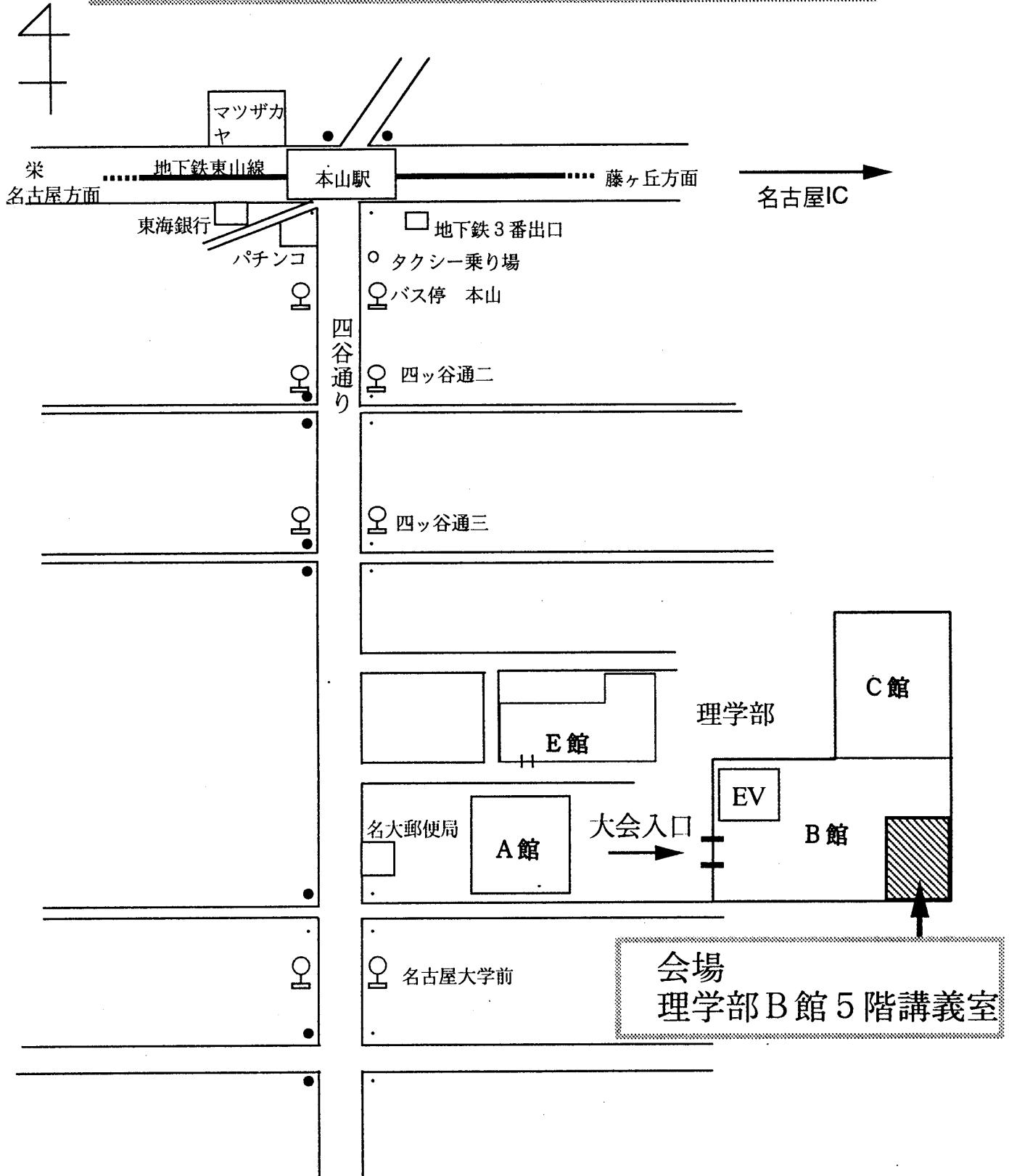


図2. CO₂レーザを用いたときのLiFのTLカーブ。
 試料との距離は1m。

日本惑星科学会秋季大会 案内図

名古屋駅 地下鉄東山線 約20分 もとやま 本山 徒歩 約15分 名古屋大学
名大郵便局手前信号を左に入って坂を上がる



著者索引

(あいうえお順)

あ

荒川政彦 (北大・低温研)	<u>114</u> 115
荒木博志 (宇宙研)	262
飯島祐一 (名大・理)	111
池田倫子 (北大・工)	<u>212</u>
池谷元伺 (阪大・理)	p08 p09
石元裕史 (神戸大・理)	256 259 261
石渡正樹 (東大・理)	<u>251</u>
井田 茂 (東工大・理)	116 252 253 254 255
稻葉知士 (東工大・理)	<u>254</u>
植田千秋 (阪大・理)	155 206
上村知嗣 (横浜国大・工)	107
浦崎健太郎 (神戸大・理)	<u>260</u>
榎森啓元 (東工大・理)	<u>255</u>
大島泰郎 (東工大・生命理工)	106 108
大槻圭史 (山形大・理)	254
大橋永芳 (スミソニアン天文台)	154
岡田達明 (宇宙研)	<u>257</u>
H. Okamoto (GKSS, Germany)	102 <u>103</u>
小河正基 (東大・教養)	216
奥地拓生 (東工大・理)	<u>263</u>
小澤一仁 (東大・理)	205
小原雅典 (横浜国大・工)	107

か

塙内千尋 (立命館大・理工)	<u>211</u>
笠松隆志 (横浜国大・工)	106
片平幸枝 (筑波大・生物科学系)	108
加藤 学 (名大・理)	111 257
門田晃典 (宇宙研)	<u>p03</u>
門野敏彦 (宇宙研／京大・理)	<u>113</u>
金子竹男 (横浜国大・工)	106
彼末一則 (阪大・理)	<u>p08</u>
上岡 晃 (名大・理)	201 204
亀山真典 (東大・海洋研)	<u>216</u>
茅原弘毅 (阪大・理)	<u>155</u>

さ

河崎行繁 (三菱化成・生命研)	108
河島信樹 (宇宙研)	109
川辺良平 (国立天文台)	154
北神今日子 (東工大・理)	<u>153</u>
木村誠二 (立命館大・理工)	211
木村 宏 (神戸大・理)	256 259 261
清田 馨 (東大・理)	<u>208</u>
國友孝洋 (名大・理)	<u>p04</u>
倉本 圭 (東工大・理)	<u>p06</u>
J. M. Greenberg (ライデン大)	101 105
小池惇平 (東工大・生命理工)	106 <u>108</u>
小池千代枝 (京都薬科大)	211
香内 晃 (北大・低温研)	<u>105</u> 212
河野芳輝 (金沢大・理)	<u>p04</u>
小久保英一郎 (東大・教養)	<u>252</u>
小林憲正 (横国大・工)	<u>106</u> <u>107</u> 108 110

た

斎藤 威 (東大・宇宙線研)	106
斎藤嘉夫 (京都工織大)	211
佐伯和人 (東大・理)	210
阪本剛正 (立命館大・理工)	211
佐々木晶 (東大・理)	152 215 <u>264</u> p01
佐保和男	<u>p05</u>
白井 慶 (名大・理)	<u>111</u>
城野信一 (東大・理)	<u>110</u>
杉浦直治 (東大・理)	207 208
鈴木和司 (名大・理)	257
関谷 実 (九大・理)	<u>152</u>
高木俊二 (阪大・理)	<u>p09</u>
高橋栄一 (東工大・理)	263
高橋利夫 (阪大・理)	<u>206</u>
武田 弘 (東大・理)	<u>210</u>
田沢雄二 (京大・理)	209
田中明子 (地質調査所)	214 <u>p02</u>

(下線は発表著者)

田中一裕 (生命工学技術研究所)	108	星川佳久 (岡山理大)	203
田中 剛 (名大・理)	201	堀 輝三 (筑波大・生物科学系)	108
田中 智 (宇宙研)	257		
田中秀和 (東工大・理)	253	ま	
田中義廣 (東大・理)	p01	前野紀一 (北大低温研)	114 115
谷川智康 (神戸大・理)	104	A. Macke(GKSS, Germany)	103
土山 明 (阪大・理)	155	増田耕一 (神戸大・理)	156 260
寺薗淳也 (宇宙研)	206	増田忠志 (名大・理)	111 257
鳥居龍晴 (名大・理)	262	松井孝典 (東大・理)	p06
	257	松崎浩之 (東大・宇宙線研)	258
な		松濤 聰 (宮教大)	202 203
長尾年恭 (金沢大・理)	p04	的場淳夫 (岡山理大)	202
中川直彦 (神戸大・理)	256	圓山憲一 (神戸大・理)	261
中川義次 (神戸大・理)	153	I. Mann (MPI fur Aeronomy, Germany)	102
中澤 晓 (名大・理)	111	三浦保範 (山口大・理)	213 265
中澤 清 (東工大・理)	253	水谷 仁 (宇宙研)	101 257 262 p03
中野 司 (地質調査所)	254	三谷典子 (東工大・理)	116
永原裕子 (東大・理)	255	宮本英昭 (東大・理)	215
中牟田義博 (九大・理)	p02	向井 正 (神戸大・理)	102 104 156
中村昭子 (宇宙研)	205		256 259 260 261
中村良介 (神戸大・理)	112	村江達士 (九大・理)	109
中本泰史 (筑波大・物理)	259	百瀬宗武 (東大・理)	154
W. Nissenn (ライデン大学)	260		
蜷川清隆 (岡山理大)	105		
	202	や	
	203	柳川弘志 (三菱化成生命研)	107
は		山口 亮 (ハワイ大)	210
橋爪 光 (阪大・理)	207	山越和雄 (東大・宇宙線研)	258
林 祥介 (北大・地球環境)	251	山田 守 (名大・理)	p04
林 正人 (名大・理)	204	山中高光 (阪大・理)	155
林 正彦 (国立天文台三鷹)	154	山本 勲 (岡山理大)	202 203
春山純一 (京大・理)	p07	山本サトル (神戸大・理)	261
比嘉道也 (北大・低温研)	114	山本哲生 (北大・理)	101 106 212
平井 誠 (阪大・理)	115	矢守 章 (宇宙研)	109
福岡孝昭 (学習院大理)	p08	矢来博司 (名大・理)	201
藤井直之 (名大・理)	209		
藤村彰夫 (宇宙研)	214	わ	
	p02		
藤本博巳 (東大・海洋研)	257	渡辺誠一郎 (名大・理)	116
藤原 顕 (宇宙研)	216	和田俱典 (岡山大)	202 203
古莊玲子 (神戸大・理)	110		
古本宗充 (金沢大・理)	112		
	113		
	259	(本索引は宇宙研のスーパーヒーローK がたった ビール2本で無理矢理作らされたものです)	
	p04		

平成 6 年度日本惑星科学会秋期講演会組織委員会

組織委員長： 藤井 直之

組織委員： 田中 剛、加藤 学、渡邊誠一郎、飯島祐一、山田功夫、高木靖彦、
平原将大、山下靖幸、中澤 晓、白井 慶

組織委員会連絡先：

〒464-01 名古屋市千種区不老町
名古屋大学理学部地球惑星科学教室
加藤 学

TEL 052-789-3650, FAX 052-789-3033,
E-mail kato@tomato.eps.nagoya-u.ac.jp

編集・製本： 日本惑星科学会事務局

〒152 目黒区大岡山2-12-1
東京工業大学理学部地学内
TEL 03-3720-9885, FAX 03-3727-4662