

「月惑星探査の来たる 10 年」第一段階パネルへの意見書

確認： 本意見書は日本惑星科学会が行う「月惑星探査の来たる 10 年」検討の第一段階においてパネルリーダーが意見取りまとめを行うための資料として提出して頂きます。将来の月惑星科学・探査において最も重要になるであろう、第一級の科学について提案して下さい。意見書の内容は公開討論会などで議論の対象となり、最終報告に反映されます。

締めきり： 2010 年 8 月末日

提出： 電子ファイル (Word または PDF 形式) で「月惑星探査の来たる 10 年」事務局 (decade_sec@wakusei.jp) に送って下さい。事務局で取りまとめて、パネルリーダーに展開します。

- 「月惑星探査の来たる 10 年」検討の詳細については、惑星科学会サーバから資料をダウンロードすることができます。

https://www.wakusei.jp/news/announce/2010/2010_03_10/2010_03_09_introduction.pdf

■ 意見提出先パネル (希望するパネルに○をつけて下さい。複数回答可)

- () 地球型惑星固体探査パネル
- () 地球型惑星大気・磁気圏探査パネル
- (○) 小天体探査パネル
- (○) 木星型惑星・氷衛星・系外惑星探査パネル

■ 提案タイトル

(小惑星はなぜ惑星になれなかったのか? ~比較惑星系科学の基盤を創る~)

■ 代表者の氏名・所属・連絡先 (E-mail アドレス, または電話番号と Fax 番号)

(産業技術総合研究所 中村良介 r.nakamura@aist.go.jp)

■ 共同提案者の氏名・所属 (適宜追加して下さい)

- (北海道教育大学 関口朋彦)
- (国立環境研究所 山本聡)
- (フリースタイル大学 小林 浩)
- (宇宙航空研究開発機構 矢野創)

■ 要約 (400 字程度)

「小惑星は、なぜ惑星サイズまで成長できなかったのか?」「小惑星帯が存在するのは我々の太陽系だけなのだろうか?」これらは太陽系の構造に興味を持つ者であれば、誰も持つはずの基本的な疑問であろう。この疑問を解き明かすための鍵が、微惑星の衝突合体・破壊条件である。我々の提案の目的は、様々な小惑星探査および宇宙望遠鏡観測を組み合わせることで、微惑星同士の衝突がいつどのようにして合体成長から破壊へと転換したかを定量的に調べることにある。その結果、我々は太陽系の小惑星帯のみならず、系外小惑星を含む一般的な惑星系の起源と進化についてまったく新たな知見を得ることができるようになるだろう。

■ 本意見書の内容 (テキストおよび図表) をパネルリーダー並びに事務局がパネル討論と各種報告書へ引用することについて承諾しますか? (いずれかに○)

- (○) 承諾する () 承諾しない

■ (上で「承諾する」に○をされた方のみ) 引用時には協力者リストを付加する場合があります。協力者リストに氏名を公表することを希望しますか? (いずれかに○)

- (○) 希望する () 希望しない

・自由記述 (3 ページ以内, 図表の貼り付け可)

「小惑星はなぜ惑星になれなかったのか？」これは太陽系の構造に興味を抱く者であれば、誰しも持つはずの基本的な疑問である。太陽系の他の領域では微惑星の合体によって惑星が形成されたが、現在の小惑星帯やカイパーベルトでは破壊によって天体のサイズ分布が決まっている。一方で、現在の小惑星の多くが、重力不安定で形成される数 km サイズの微惑星よりも大きい。つまり小惑星帯においても、ある段階までは微惑星は成長していたはずである。だとすると、小惑星帯における成長から破壊への遷移は、いつ・どのような原因で起こったのだろうか？

現在の太陽系では、小惑星は衝突破壊によって徐々に小さくなり、最終的には惑星間塵と呼ばれるマイクロンサイズの微粒子となる。こうした微粒子は主に黄道面内に存在し、太陽光を反射することで黄道光として観測される (図 1)。赤外線天文衛星 IRAS は、多くの主系列星が我々の太陽と同様に周囲に塵円盤を持つことを発見した。こうした円盤中の塵の多くは衝突カスケードで小さくなり、やがて中心星からの輻射圧で系外に運ばれるため、中心星の寿命よりもずっと短いタイムスケールで失われてしまう。ゆえに、これらの主系列星の周囲でも、我々の太陽系と同様に小天体の衝突カスケードプロセスが塵を定常的に供給し続けているはずである。



図 1 チリの ESO 天文台で観測された黄道光

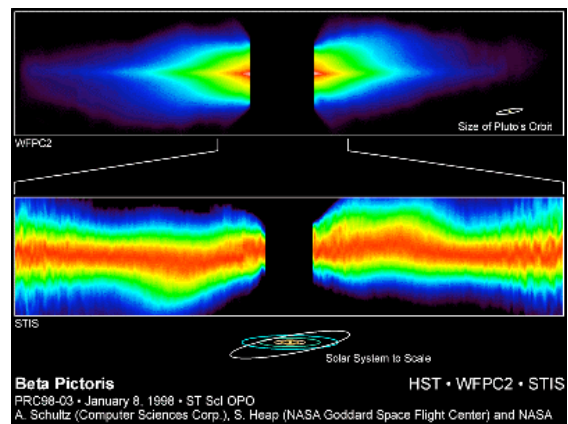


図 2 ハブル宇宙望遠鏡が観測した画架座β星の塵円盤

http://www.nationalgeographic.co.jp/news/news_article.php?file_id=2010011302

たとえば、図 2 に示されている画架座β星の塵円盤においては、塵は現在の太陽系の数千倍の速度で失われている。微惑星同士の衝突結果が早い段階で合体成長から破壊に切り替わったとすると、こうした大規模な衝突カスケードが、かつて我々の太陽系でも起きていたのかもしれない。この場合、現在の小惑星帯の質量が、原始惑星系円盤中に存在していた塵の質量の数千分の 1 にまで減っていることを自然に説明できる。

また最近のすばる望遠鏡による画架座β星の観測から、中心星から 6,16,30 天文単位ほど離れたリング状の領域で新鮮な塵が供給されていることが明らかになった (図 3)。かりに 12 天文単位付近に惑星が存在していれば、すぐ内側のリングは 2:1 の外側のリングは 3:2 の平均共鳴付近にある。実際に今年になって、中心星から 8~15 天文単位の場所を周回している系外惑星が撮像された (Lagrange et al. 2010)。

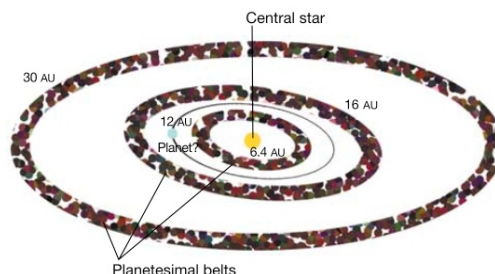


図 3 すばるの観測結果から推測された系外小惑星帯の構造と惑星の位置 (Okamoto et al. 2004)

つまり

原始太陽系円盤において、合体成長から破壊への転換はいつどのように起こったのか？

という問題は、太陽系内の小惑星の起源と進化のみならず、他の惑星系の成り立ちを理解する上でも非常に

重要であると言える。

惑星形成過程において、合体成長から衝突破壊への遷移がいつどのように起こったかを定量的に理解するための具体的なミッションとして、以下の4つを提案したい。

- ・ 基礎となる衝突破壊プロセスを理解するため、実際に小惑星表面での衝突実験を行う小惑星探査ミッション。宇宙でしか行えないような規模・条件での実験によって、破片サイズや速度に関するスケール則の精度を高め、再集積条件を明らかにする。
- ・ Solar Sail 探査機に搭載した光学観測装置およびその場測定装置によって、地球から木星軌道の間の惑星間塵の空間密度や組成を調べる探査。この結果、小惑星帯における衝突破壊カスケード過程と、その後の軌道進化に関する情報が得られる。
- ・ 系外塵円盤/系外惑星の直接観測および太陽系内の小惑星・カイパーベルト天体の観測を行う宇宙望遠鏡ミッション。前者からは、塵の供給源である微惑星の分布や惑星摂動が軌道進化に与える影響を調べることができる。また、後者からはサイズ分布・空間分布を通じて、小惑星・カイパーベルト天体の衝突・軌道進化に関する制約条件が得られる。
- ・ 鉄隕石やエコンドライトの存在は、小惑星帯に地殻・マントル・核の分化を経験した原始惑星サイズの天体が存在したことを意味している。こうした天体の破片であると考えられる M 型（～原始惑星の核）・A 型（～原始惑星のマントル）小惑星からのサンプルリターンを行い、鉄隕石・エコンドライトの母天体サイズや破壊年代を調べる。

小惑星～微惑星の合体・破壊条件が明らかになれば、小惑星帯のすぐ内側・外側で形成される固体・ガス惑星の形成過程のみならず、さらに外側の氷微惑星帯（カイパーベルト）の形成過程の理解を深めることにもつながる。岩石惑星とガス惑星の間に「小惑星帯」が存在し、ガス惑星の外側に氷微惑星（カイパーベルト）が存在するのは我々の太陽系だけなのだろうか？それとも、これはある程度一般的な惑星系の構造なのだろうか？ 本提案は、惑星探査や宇宙望遠鏡による観測を通じて、こうした根源的な問に対する答えを見いだすための基礎情報を得ることを目指す。