

# 第一回CPS神戸プラネタリスクール “Dust in Space” 参加報告

三浦 均<sup>1</sup>

2009年1月5日-9日の5日間にわたり、神戸においてCPS (Center for Planetary Science) International School of Planetary Sciencesが開催された。この研究会は、神戸大学グローバルCOEプログラム「惑星科学国際教育研究拠点の構築」における教育プログラムの一環として実施されたもので、今回が第一目の開催となる。とはいえ、このスクールは、神戸大学21世紀COEプログラムにおいて行なわれたKobe International Planetary Schoolの継承という立場でもある。計5回実施されたその全てに参加させて頂いた筆者は十二分にその楽しさを知っており、今年も参加させて頂くことができ非常に有意義であった。ここでは参加者の一人として、今年のスクールの内容について報告したい。

これら一連のスクールには、毎年異なったテーマが設定されている。今回のテーマは“Dust in Space”であった。スクールのテーマに沿った研究を世界の最前線で行なっている研究者を国内外から8名招聘し（表1参照）、一人あたり1時間×2回という持ち時間で講演を行なって頂いた。以下では、多少冗長になるが、各講演の内容について簡単に紹介していきたい。

Levasseur-Regourd氏は、主に彗星から放出された塵を対象に、太陽光の散乱特性、特に直線偏光の位相角依存性についてレビューした。1990年代後半より盛んとなった数値計算によるフラクタル粒子の光学特性の研究や、実験室で合成した宇宙塵の光学特性の測定について紹介した。また、今後の課題として、数値計算では多重散乱の取り扱い、実験では微小重力環境(ダストの沈殿と自重による圧縮を防ぐため)を利用したダスト合成実験が挙げられた。

Hong氏は、太陽系内における惑星間塵の三次元空

間分布を黄道光の観測より求める研究について紹介した。観測データは視線方向の情報が積分された量であるので、そこからユニークに三次元分布を求める際は、“縮退”に注意して解析を行なう必要がある。ただ、異なる波長帯における観測データが一成分のダストモデルでは説明できないという例もあり、さらなるダストモデルの改良が必要だとまとめた。

Ip氏は、太陽系内において、ダストプラズマが引き起こす様々な現象についてレビューした。ダスト電荷の与え方に始まり、土星の輪に現れるspokesの形成モデルや、土星大気における放電現象(雷)とspokes活動性の関連についてまとめた。さらに、月の表面における帯電メカニズムと、月に吹き付ける太陽風との相互作用について紹介した。最後には、ダストプラズマの室内実験についてまとめ、プラズマ結晶などのトピックにも触れた。現時点ではプラズマ結晶と宇宙塵との関連に関する研究は報告されていないようだが、生命の起源とも絡めて重要であろう。

Jessberger氏は、先太陽系(プレソーラー)や現在の太陽系(隕石、惑星間塵)の歴史を、化学組成や同位体組成分析から調べる研究について紹介した。惑星間塵のサイズはわずか5–20 $\mu$ m程度であり、このような小さな粒子の同位体測定にはPIXE(Proton Induced X-ray Emission Spectrometry)が有効である。しかし、現状ではまだ惑星間塵の分類は難しく、母天体が不明である、始原的とそうでないものが混在している、地球大気での汚染の影響が不明、など、多くの解決すべき問題が残されていることが報告された。さらに、スターダストミッションの最新の成果として、コンドリユールの破片や超難揮発性物質の存在などが紹介された。これらは円盤内側で形成されたものが海王星以遠まで運ばれた証拠だと考えられ、さらなるサンプルリ

1. 東北大学大学院理学研究科  
miurah@m.tains.tohoku.ac.jp

表1: 講演者と講演タイトル一覧.

lecturer	institution	title
Anny-Chantal Levasseur-Regourd	UPMC University Paris 06 (France)	Optical properties of dust particles in the solar system, with emphasis on cometary dust
Seung Soo Hong	Seoul National University (South Korea)	Athree-dimensional model of the interplanetary dust cloud
Wing-Huen Ip	National Central University (Taiwan)	Dusty Plasma
Elmar K. Jessberger	University of Muenster (Germany)	Stories told from dust particles
Juergen Blum	Technical University of Braunschweig (Germany)	How large can dust aggregates really grow by collisions in protoplanetary disks?
Alexander V. Krivov	Friedrich-Schiller-University Jena (Germany)	Debris disks: Seeing dust, thinking of planet esimals and planets
Bruce T. Draine	Princeton University (USA)	Modeling of interstellar dust
Tadashi Onaka	University of Tokyo (Japan)	Observations of dust in space from space

ターンミッションの重要性が強調された。

Blum氏はダスト衝突実験のレビューを行なった。これまで実施された多くの衝突実験により、衝突速度に応じた衝突結果の分類がなされている。衝突後にくっつくかどうかによってsticking or bouncing, 衝突後の各ダストの状態に応じてno compaction, compaction, fragmentationなどである。しかし、実際の衝突結果はさらに複雑で、penetration, erosion, masstransferなども考慮する必要があるかも知れない。これまでの成果をまとめると、dm-sizeまでは $10^3$ 年程度(@1AU, 最小質量モデルの場合)で成長すると考えられる。が、それ以上の成長はやはり難しい。今後も、ダスト衝突破壊問題(ガス流や電荷による再付着)やダスト落下問題(渦捕獲, 急速成長, 光泳動)に対する答えを模索しなくてはいけない、と結論された。

Krivov氏は、デブリ円盤の構造や進化に関する研究を紹介した。デブリ円盤のモデリングには、ダスト衝突による破壊, 中心星輻射との相互作用(輻射圧, Poynting-Robertson効果), 惑星重力による摂動, ダストの蒸発などの過程が重要となる。講演では、彼らが開発したACEと呼ばれる、軌道要素のkineticsを数値的に解く手法によって、ダストの空間分布, サイズ分布, 温度分布を求めた成果について紹介された。これによりSEDを得ることができ、実際の観測データと照らし合わせることで、デブリ円盤における物理現象について知見を得ることができる。

Draine氏は、ダストアグリゲイトの構造に関する基本的なモデルを説明し、その光学特性について紹介した。ダストアグリゲイトは個々のダスト粒子がひとつずつくっついていくことによって成長するが、くっ

いた場所で付着する場合(BA clusters)と、付着したあとに何回かの回転を許す場合(BAM1, BAM2)に応じて、最終的に得られるダストアグリゲイトの空隙率が変わる。回転を許すと、当然ではあるが、形成されるアグリゲイトの空隙率は小さくなる。アグリゲイトの光学特性を数値シミュレーション(DDA)によって調べ、付着モデルの違いによって偏光度の位相角依存性に影響を及ぼすことが示された。これは、彗星の構成粒子の空隙率を知る手がかりになるだろう。

Onaka氏は、X-ray Absorption Fine Structure (XAFS) から、星間空間のガスと固体の元素存在度を評価する手法についてレビューした。また、赤外線による暖かいダストの観測や、赤外に多くのバンドを持つPAHなどの有機物の観測例についても紹介がなされた。超新星爆発に伴うダスト供給・破壊過程はまだ良く分かっていない部分も多いが、赤外スペクトル観測はこれらを観測的に調べる強力なツールとなるだろうと結論し、今後の観測計画(Herschel, Planck, WISE, JWST, SPICA)にも多いに期待していると述べた。

以上のように、テーマである“Dust in Space”に関して、理論・実験・観測の面から様々な最新情報について話を聞くことができた。ひとつひとつのテーマについて実に深い(場合によっては細かいとも言える?)話を聞くことができたのは、各講演者の発表時間がたっぷり取れるこのスクールならではの魅力だろう。講演者のスライドのデータは、スクール参加者にはUSBメモリを用いてその場で配布されており、貴重な講演内容をいつでも参照できるようにとの配慮がなされていた。スクールでの講演内容に興味のある人

は、スクール参加者に講演者のスライドを見せてもらうと良いだろう。

また、講演会場に隣接してポスターが掲示され、参加者は気軽にポスターの前で議論することができた。ポスターの時間も余裕を見て確保されていたようで、ポスター議論の時間が不足したという印象はなかった。今年は45名がポスター発表を行ない、活発な議論があらこちらでなされている様子が見られた。個人的には、私の専門でもあるコンドリュール形成の衝撃波加熱モデルにおいて重要な論文を発表されたIp氏や、放電(雷)によるコンドリュール形成の実験を行なったCarsten Güttler氏と直接話をする機会に恵まれたことは幸運だった。今回の彼らの講演はコンドリュールに直接関連したものではなかったが、ポスターや食事の

時間を利用して情報交換ができ、有意義な時間を過ごすことができた。

スクールの運営については、非常に良く組織されているとの印象を受けた。講演会場には無線LANが整備されており、私は講演時間外にも頻繁に会場を出入りしていたのだが、その会場でSOC、LOCの皆さんが打ち合わせをしている機会に良く遭遇した。トラブル処理や来年度の引き継ぎなどについて全員で話し合っており、より良い運営のために全員が一丸となっている様子が伝わってきた。来年度のスクールにも多いに期待が持てる。

最後に、このように魅力的なスクールの開催・運営に携わったSOC、LOCの皆さんに、この場を借りてお礼申し上げます。ありがとうございました。



図1：会場の様子。世界各国から85名の参加者が集まった。