

101 : 110 : 305 : 11 (気象力学 ; 惑星大気 ; 古気候 ; 天文)

質疑応答・総合討論より

会場：生命を探すためにオゾンや水蒸気を探すとのことだが、酸素の可視域吸収線は使えないか？

田村：可視よりも補償光学の性能が発揮できる近赤外線の方が有力。酸素なら1.2 μm が有望。系外惑星の酸素の吸収線は、まだ確認されていない。

会場：高校地学の時間に戻ったつもりで一般的な質問を。現在、任意の恒星に関してどのような惑星が存在し得るかという問いに答えるような惑星形成論は、どの程度進んでいるか？ たとえば古典的なボーデの法則は今日のような意味をもっているのか？ 系外惑星探索のうえで、惑星存在の一般論は役立つのか？

田村：ボーデの法則にこだわることはないが、我々の太陽系のなりたち、具体的には、内側から外側へ、岩石惑星、巨大ガス惑星、氷惑星の3種類の惑星の形成を説明する枠組みは、1970年代からコアアクリションモデル（微惑星の衝突により地球サイズまたはその数倍の岩石または氷のコアが形成される。その上にさらにガスが暴走的に降り積もったものが巨大ガス惑星となる）を中心に構築され、「標準惑星形成理論」として完成したと思われていた。それが現在、系外惑星が発見されたために揺らいでいる。太陽系惑星と系外惑星を包括的に説明できるモデルは現在「無い」といってよい。そのような理論の構築を目指して現在、惑星形成理論の研究者は努力している。

会場：古典的天体力学は今、必ずしも盛んでないと聞
くが、ラプラスが論じた惑星系安定理論の役割

は？

田村：実は今、天体力学研究はリバイバルしている。ずっと前に完成しテーマも枯渇したと考えられてきたが、系外に離心率や軌道傾斜の大きい惑星など、新奇な力学的特性の惑星が見つかった。これは、全惑星がほぼ同一平面をほぼ円軌道を周回している我々の太陽系の状況とは非常に異なる。その説明には惑星同士の相互作用の研究が必要であり、まさに古典的天体力学が基盤。この分野では、「古在マイグレーション」（大質量惑星の引力と中心星の潮汐力の影響で生じる惑星軌道の縮小）など日本の研究者の寄与も大きい。系外惑星は今日、天体力学にフレッシュな問題意識を提供している。

会場：現在のアルベドだと実質的な日射の吸収量は少なく金星の温室効果は暴走しないだろう。かつて暴走で海が失われたのなら、アルベドは現在より小さかったはずだ。かつての小さいアルベドから現在の80%近くのアルベドへの変化について考えを聞きたい。

はしもと：金星が水を失った証拠はあるが、温室効果が暴走した証拠はない。多くの研究者は金星が暴走したと思っているようだが、私は、金星は暴走せずに水を失ったのではないかと思う。

会場：海があった時代の金星のアルベドは？

はしもと：今の地球と同じ程度だと暴走するので、もう少し大きいと思われる。大きくするメカニズム

はわからない。三次元モデルの中で、雲の場所や出来方、放射の波長ごとの吸収反射などを詳細に検討する必要があるそう。それが可能になるのはだいぶ先のことになると思う。

会場：金星に昔、海があったという証拠は？

はしもと：証拠を見つかったと主張する研究者はいるが、世界的コンセンサスには程遠い。私はあったと思っているが、そう思っている人は1, 2割かも。

会場：海があれば暴走温室状態となるだろうか。

はしもと：アルベドが高ければ暴走しない。たとえば雲があればよい。気象学者はアルベドの問題をもっと真面目に研究するべきだと思う。アルベドは地球温暖化問題にもかかわる。CO₂が増えても、アルベドフィードバックによって、温暖化の程度は違うだろう。

会場：金星の硫酸の雲の形成条件は？ 水がない条件でSO₂が火山から出る等、水の消失との関係は？

はしもと：海水中の硫酸イオンも含めると地球表層の硫黄の総量は、金星大気中のSO₂の総量とほぼ同じになる。つまり地球には海があり、そこに硫黄が溶け込むので硫酸の雲ができないのだと考えられる。

会場：今の金星で硫酸の雲が存在してアルベドが高いのは、海がないからなのか？

はしもと：海があると硫酸の雲は消えるだろうが、アルベドが小さくなるかどうかはわからない。アルベドを高める機構は硫酸の雲以外にもあり得る。

会場：外惑星系探査の構想があれば伺いたい。

今村：最近、太陽の研究に関わってみると木星と共通点があり、内部も含めて木星に興味を持つようになった。重力で束縛された流体という意味では、

恒星と惑星の区別はない。観測的に何かできるかという点にむつかしいが、視野に入れ得るゴールである。マイクロ波や重力を使って木星の内部の運動や構造に切り込むJUNO探査の成果をみて次の手を考えたい。

会場：惑星大気モデルはもともと地球大気モデルであるとのこと。地球大気モデルでは今や、比較実験などでも大体同じ結果が得られている。しかし、高橋会員の講演では、金星では非常に大きくばらついているとのこと。理由は、モデルごとに与えたパラメタが異なるからなのか、それともモデル内部に隠されたパラメタがあり、地球上でうまくチューンできていたが、金星への適用で馬脚が現れたのか？ もしそうなら、地球の気候予測の信頼性にも関わる。

高橋：金星大気モデル比較プロジェクトの詳細については、参加されていた山本 勝会員のコメントを。

山本会員：これらの計算では解像度が低いので、格子とスペクトルで結果が異なっても不思議ではない。格子モデルなら極フィルター、スペクトルなら波数切断の影響があり、両者の等価性は保証されない。より確信をもって比較を行うためには解像度を上げねばならないと思う。またもちろん、金星計算のために分厚い大気で長時間積分したことで初めて違いが目立ってきた、という要素はあるだろう。

高橋：金星のように自転が非常に遅い惑星では地衡流平衡がよく成り立たない。こうした大気の力学について、我々の理解が不十分であるとも想像するのだが。

山本会員：そういう解釈もあり得ると思う。