

TMTによるサイエンス

—太陽系天体の観測



関 口 朋 彦

〈北海道教育大学 教員養成課程 旭川校 〒070-8621 旭川市北門町9丁目〉

e-mail: sekiguchi.tomohiko@a.hokkyodai.ac.jp

太陽系天体の観測は他の天文分野の観測研究とは異なり、探査機によるその場計測や、隕石の取得などによって、後になってから「答え合わせ」をすることができる側面がある。研究対象は巨大惑星の大気大循環から、火星やエウロパ／エンケラドスでのアストロバイオロジー、そして揮発性物質の有機物／氷・造岩鉱物からなる微惑星小天体などまでと多岐にわたり、地球科学－惑星科学－天体物理にまたがる研究が展開されている。多様性が太陽系研究のキーワードにもなるなか、本記事では将来計画検討書『2020年代の光赤外線天文学』での議論を中心に据え、その中でも「太陽系小天体」の観測研究に的を絞って議論したい。これまで到達できなかった太陽系最外縁の小天体の科学にTMTの大口径によって迫ってみたい。

1. 太陽系天体の研究

太陽系天体は観測天文学の研究対象としては、もしかすると唯一「答え合わせ」することが可能になりえる研究分野なのかもしれない。それは探査機を天体まで送り、研究対象である天体をその場計測をしまえば、地球上から観測するよりもはるかにさまざまな物理量を直接測定することができるからだ。あるいは宇宙物質そのものである隕石をそのまま測定し、観測との比較を行うことだってできる。「天文学は桁が合えば正解」という言い方を耳にすることがある。しかしながら、太陽系の研究に関してはそういうわけにはいかないのだ。太陽系の観測研究においてはこのことがとても大きな強みであるのと同時に太陽系観測屋のとても辛いところでもある。

2. 2020年代の光赤外線天文学

現在、光学赤外線天文連絡会では光赤外線観測

の見地から2020年代の科学研究の検討が進められている (<http://gopira.jp/>)。ここでは各研究分野で観測対象ごとにサイエンス検討が図られ「将来計画検討書」の作成を目指している。これに際しわれわれ太陽系天体の観測研究グループでは以下の三つを科学研究の柱に掲げて議論を進めることになった。

- 1) 太陽系の起源／形成過程をひもとく
- 2) 太陽系天体と生命の起源の探求
- 3) 現在の太陽系の理解：太陽系天体の多様性

ここに掲げた「柱テーマ（キー・テーマ）」は、検討グループのめいめいが自身のサイエンスとして今後行っていきたい研究テーマ、というよりもむしろ、太陽系科学研究の全体を大きな視点から俯瞰したテーマ設定がなされている。これに対し、「観測」という研究手法によって、とりわけ「光赤外線」の観測機器によって2020年代には実際に何をどこまで明らかにしていくことができるのか、がわれわれ太陽系班の目下の検討課題であ

る。ここで太陽系天文学に特有の重要な観点として常に「探査機ミッションとの協調」という点が他の天文学領域とは大きく異なる点であり、また同時に重要視される点でもあることを強調しておく。

以下に具体的な小項目を挙げる。1) の「太陽系形成」に関して

1) 太陽系の起源／形成過程をひもとく

- a) 形成論に関する力学理論モデルのレビュー
- b) 太陽系遠方天体／内部オールト雲天体の素性
- c) 小惑星の軌道長半径ごとの分布，化学組成
- d) 近地球小惑星やトロヤ群小惑星の成因
- e) 彗星の物質科学

2) のアストロバイオロジーに関して、

2) 太陽系天体と生命の起源の探求

- f) 火星／氷衛星のH₂O・揮発性物質・有機物
- g) 外惑星周りの衛星の物理
- h) 彗星のコマ分子
- i) 彗星の塵・氷
- j) 惑星大気の微量成分

3) の太陽系天体の多様性に関して、

3) 現在の太陽系の理解：太陽系天体の多様性

- k) 惑星大気の大循環
- l) 大惑星周りの衛星から放出される物質／希薄大気
- m) 彗星と小惑星のはざま
- n) 太陽系外惑星との関連
- o) スペースガード・資源探査
- p) 惑星間塵と黄道光

が挙げられている。

現在の天文学における科学研究テーマの大きなゴールとしては、ひとつにはアストロバイオロジーに関する研究が挙げられるだろう（2の研究テーマ）。生命の起源は天文学のさまざまな分野で掲げられるテーマである。ただ、改めて考えてみるとこの研究テーマは太陽系天体の分野が直接的なアプローチになる研究かもしれない。過去に数知れず地球に降り注いだ彗星、この昇華ガスである彗星コマからの新分子や窒素・リンの化合物などの検出、そしてテラフォーミングでも話題になった火星表層の水や氷、外惑星周りの衛星ではタイタン、エウロパ、エンケラドスなどの氷衛星に存在するであろう液体物質と海・湖沼など、項目を挙げていくだけでもワクワクしてくる。また3)のように、太陽系の天体には巨大ガス惑星から地球型の岩石惑星、あるいは上記にも挙げた液体H₂O（および固体と場合によっては気体のH₂O）をもつ種々の氷衛星、揮発性物質の有機物や氷・造岩鉱物からなる太陽系小天体などがあり、その多様性に驚く。太陽系天体とひとくくりに言ってみても扱う分野はとても幅広いのが実情である。学問分野で言ってみると、太陽系天体の科学研究は観測天文学にとどまらずに地球科学-惑星科学-天体物理にまたがっている。

その中で本記事では「1) 太陽系の起源」にかかわる内容である「太陽系小天体の観測研究」の見地に絞って見ていくことにしよう。とりわけTMTによる観測研究を念頭に「拡がる私たちの太陽系」を議論する。この際、この記事の中では「太陽系の起源」という言い回しを用いているが、現在では汎惑星系形成論という言葉遣いがなされることもあり、太陽系はほかのさまざまな惑星系形成の一つのサンプルであって、太陽のみならず、小質量の恒星周りに形成される一般の惑星系の起源・形成過程自体を統括的に考えていこう、というのが現在の潮流だ。このことから、今回の2020年代の光赤外線による科学研究検討

においては星・惑星系形成班，系外惑星班そして太陽系班のいずれの班においても「太陽系の起源／惑星系の起源」に関する研究は一つの大きなゴールとなるようなキーテーマでもある。

3. 太陽系小天体の観測

3.1 太陽系天体の大移動

太陽系天体は過去にどれほどの移動や拡散を被ってきたのだろう。

どうやら太陽系の原始惑星，特に巨大惑星のうち過去に太陽系の内側にあったものはさらに内側へ，外側でできたものはさらに外側へと移動したり，場合によってはできた原始惑星の軌道が入れ替わり，軌道が交差してしまうようなできごとがあったのかもしれない，という理論研究がされ始めている。また，太陽系内で大規模な物質の拡散があったことが，隕石中の粒子の実験室内測定や，あるいは彗星コマダストの地上観測による鉱物の非結晶化／結晶化の度合いの測定など，実験や観測の研究からも指摘されてきている。太陽系の起源，つまり太陽系形成時の原始太陽系やそのときの天体（微惑星）の素性，組成，物理状態とその分布（軌道長半径で見たときの分布）を空間的に明らかにすることは太陽系／惑星系形成の研究において根源的なゴールの一つである。

3.2 太陽系起源の理論研究と観測研究

太陽系の形成過程を理論的に記述した本格的なモデルは，その初期のものとしては京都モデルが有名だ¹⁾。しかしここでは太陽系の主要天体はそれぞれが今の位置（太陽からの軌道長半径）からの大きな変化は基本的には想定されていない。

対して，現在の太陽系形成論の理論モデルの流行となりつつあるニースモデル²⁾⁻⁴⁾ やグランドタックモデル⁵⁾ については，これらを太陽系天体の観測研究から証明していくことはたやすいことではない。おそらく視点を太陽系だけにとどめていては足らなく，太陽系外の惑星系形成過程の研究／観測とも密接にかかわるだろう。

一方，われわれ太陽系天体研究の立場にいるものにとって，太陽系内の天体の観測からのアプローチとしては，まず現在の太陽系天体に対して「太陽からの距離ごとに見たときの物質組成の空間分布」を明らかにしたいというものがある。

天体の移動や拡散が本質的だったということなのだが，まずは現在の太陽系天体の物質科学を知ることにより，（太陽からの距離として）どこにどのような物質が太陽系に分布しているのか，を明らかにしないことには過去にさかのぼって太陽系の形成を知ろうとする手だてが始まらない。その観点においても「太陽系研究の空間的知見を広げる観測研究」が重要になってくる（第2章で取り上げた研究（1）のbなど）。いろんな場所の太陽系小天体の素性を明らかにしていきたいという研究だ。

3.3 太陽系小天体

ここで改めて「太陽系小天体」とは？ 太陽系小天体とは，“惑星と一部衛星以外の太陽系天体”を指し，狭義には小惑星と彗星核を意味している。しかしたいていはこれらに後述するTNOsやケンタウルス天体と呼ばれるような太陽系外縁天体と準惑星までも含めて言うのが一般的だろう。また，一部の衛星まで加えて言う場合も多く，さらに場合によっては小天体の破片である惑星間塵や地球大気内の流星現象までも含めることもある。これら小天体は，合体成長を遂げてしまった惑星とは異なり，原始太陽系円盤から形成した「微惑星」，あるいはその集合体，あるいはその破片である。衝突履歴は十分にありうるが，天体としての進化（内部分化や宇宙風化など）が比較的少なく，太陽系の起源に関する観測研究においては鍵となる研究対象である。

3.4 太陽系小天体：彗星と小惑星の区分

太陽系小天体は力学的な存在位置や「見かけ」によって区分されることが多いが本質的（物質科学的）には似通った天体であり，はっきりと境目を引くことが難しく，呼び名の境があまり意味を

なさないことも多くなってきた。例えば彗星とはかつては一般には「カイパーベルトやオールト雲を起源とする氷微惑星天体」と言われ、一方、小惑星とは「主に火星と木星の間のメインベルトを公転する岩石微惑星。そこから太陽系の内部へ軌道進化した近地球小惑星や木星のラグランジュ点に捕まるトロヤ群も含む」といった説明がなされることが多かった。しかしながら、観測技術の進んだ現在では、メインベルト領域（小惑星帯とも呼ばれることもある）において彗星活動を起こす小天体もあり、それらには彗星の番号登録がなされている（メインベルト彗星）。一方で、力学的な起源の目安であるティスランパラメーターから、どう考えてもオールト雲起源であるような軌道長半径、離心率、軌道傾斜角をもち（値がいずれも大きい）、いわゆる「彗星軌道」を取るにもかかわらず、「彗星活動」をしない小惑星も存在する。同様の軌道をもつ小惑星ダモクレスの仲間という意味で「ダモクロイド」と呼ぶ人もいる⁶⁾。

さきほど「見かけ」で区別すると書いたが、彗星と小惑星の定義においてはこの曖昧な言い方の定義が実は最も正確な定義であり、太陽の周りを公転する小天体が観測時に「拡散状」に見えたら「彗星」と登録され、「点光源」天体であれば「小惑星」と登録される（惑星の周りで発見されれば当然ながら衛星である）。太陽の周りを回っている限りにはどこで見つかるかやどこにいるか、ましてや何でできているかはここでは関係ない。具体的には、「彗星コマ」か「彗星の尾」が観測から認められれば彗星であり、それらが見つからなければ小惑星だ。この観点では、TNOsやケンタウルスはもちろん、冥王星やエリスなどの準惑星も彗星活動をしていない小天体であることから「小惑星」として番号登録がなされている。この観点では現在「準惑星」であり元々「惑星」であった冥王星は「小惑星」なのだ。ややこしい。

3.5 TNOs, ケンタウルス天体

またTNOsとはトランス＝ネプチューン天体の

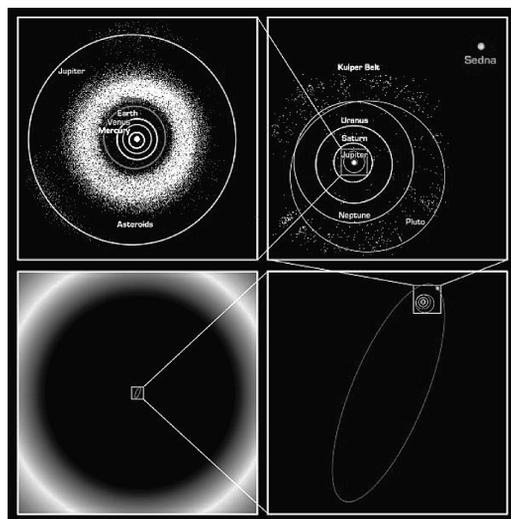


図1 内部オールト雲天体（候補）のセドナの軌道。一般的なTNOsであるカイパーベルト天体とは起源が異なることが予想される。これらの天体の化学組成を明らかにすることはより遠くの太陽系を知ることにつながる。セドナは最も明るいものの一つで可視で21等程度（Vバンド）。(c) NASA.

頭文字で、海王星「以遠」で太陽を公転する天体を意味する。軌道長半径が海王星と同じかそれより遠い太陽系天体だ。一方で、海王星より「内側」の巨大惑星領域（木星-土星-天王星-海王星の領域）を公転する小天体はTNOsと区別し、ケンタウルス天体と呼ぶ。最初に発見されたものが小惑星の名前としてギリシャ神話に登場する半身半馬の「ケンタウルス」の一人キロン（Chiron）の名が付けられ、それ以降、似た軌道の小惑星にもほかのケンタウルスの名前が付けられていったことによる（ややこしいが、キロンは後になって彗星活動が認められ「彗星」としても登録されることになる）。

天文学研究においては、同じギリシャ神話の半身半馬に由来する星座の「ケンタウルス座」があり、ADSなどの論文検索では一緒に検索されてしまう。われわれにとってもとてもややこしいのだが、英語では太陽系小天体のほうはCentaur（複数形でCentaurus）と綴られるため、ラテン語

表1 散乱TNOsあるいはオールト雲天体候補のTNOsと海王星の公転軌道要素.

天体	Sedna	2012 VP ₁₁₃	2008 KV ₄₂	海王星
軌道長半径	510 au	265 au	45.5 au	30.1 au
近日点距離	76 au	80.5 au	20.3 au	29.8 au
遠日点距離	976 au	450 au	70.6 au	30.3 au
離心率	0.859	0.696	0.553	0.009
公転周期	11527年	4320年	307年	165年
軌道傾斜角	11.9°	24.0°	103.5° (逆行)	1.8°
特徴	遠い近日点	遠い近日点	逆行軌道	(摂動作用の天体)

表記で書かれる星座の方の名前, Centaurusとは最後のsの前にuが入るかどうかで一応の区別はある(どちらも英語で書いてしまえば一緒なのだろうが…).

3.6 内部オールト雲天体

さらに太陽系の奥深く, 太陽系小天体においては観測されうる最も遠くの天体が「内部オールト雲天体」だ. ただし, これも明確な定義があるわけではなく, 海王星以遠の天体という観点において, TNOsに含めて言う場合も多い. しかしながら, TNOsはエッジワース・カイパーベルトに存在する小天体「カイパーベルト天体」を指す呼び方に使われることも多く, カイパーベルト領域では, 軌道傾斜角が比較的小さい, 原始太陽系円盤にあった微惑星の存在領域を意味する言葉であるならば, ここを直接の起源とするとは考えにくい天体をTNOsと区別する必要がある.

オールトの雲を形成する小天体はカイパーベルト領域に存在する小天体とは(混合も考えられるが)形成場所の起源が異なるからだ. これがまさに「TMTによる太陽系の知見を広げる観測研究」になってくる.

3.7 太陽系天体の最外縁領域

表1にカイパーベルトを起源としない可能性のある外縁天体の例を挙げた(散乱TNOs, または少なくとも今の位置には直接カイパーベルトから重力散乱されて行き着いたとは考えにくい内部オールト雲天体候補). セドナと2012 VP₁₁₃は軌道近日点距離がいずれも海王星の軌道長半径

($a=30.1$ au) よりもはるかに大きい. 現在の海王星と遭遇する機会がなく, 現在の巨大惑星の位置からは重力摂動の影響を受けていないことが考えられる. オールト雲領域は現在はカイパーベルト領域よりも外側の領域であるが, 一方で太陽系形成時に巨大惑星が大移動をしている時代にさかのぼれば, オールト雲天体は, 原始太陽系円盤でできた微惑星という観点において, 起源としてはカイパーベルト領域よりも内側で形成された微惑星(とその集合体)であって, それらが原始惑星による重力散乱を受けた結果, 太陽系の最も深い領域へ飛ばされてしまった天体の領域である. 表1のSednaと2012 VP₁₁₃はそのオールト雲の内側, つまり内部オールト雲の小天体の候補である(軌道長半径(a)はそれぞれ510 au, 265 au).

つまり起源においては元々は最外縁の天体ではなかったことが考えられている. ただしこの場合であっても現在の太陽系の物質の空間分布(中心星からの距離に従った物資の空間分布)を知る上では, これまで素性のほとんどわかっていない領域の天体であり, 太陽系の最深部領域に対する新たな知見を与える天体のグループであるということには違いないはずだ.

4. TMTによる太陽系最外縁の小天体の観測: 拡がる私たちの太陽系

太陽系小天体の物質組成を明らかにするには, 天体が太陽光を反射する際の天体表面での吸収スペクトルを可視光-近赤外線波長で取得する

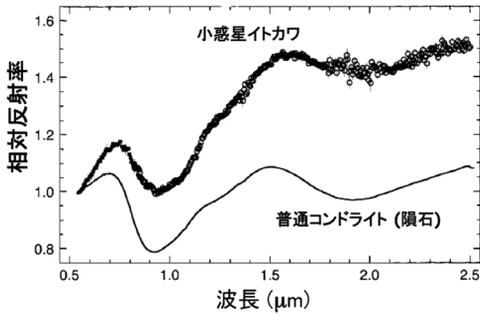


図2 小惑星イトカワの太陽光反射可視・近赤外線スペクトルと実験室で得られた普通コンドライト（隕石）の反射スペクトルとの比較。ほぼ同じ吸収バンドを示すことがわかる。スペクトル分類はS型。主要造岩鉱物であるキ石に特徴的な吸収が0.9 μm と2.0 μm に見られる。1.0-1.5 μm に見られる緩やかな右上がりとはカンラン石のスペクトルの特徴である。TMTでは第一期装置は可視域および近赤外線波長域をカバーする。アーカイブデータ <http://smass.mit.edu/> より作成。

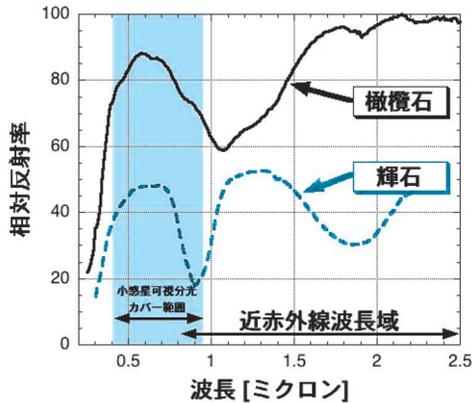


図3 主要造岩鉱物であるキ石とカンラン石の実験室分光の例。波長はTMTの第一期装置の観測波長域に相当。S型小惑星イトカワとの比較が可能である。データはNASAのASTERなどによる。 <http://asterweb.jpl.nasa.gov/> 作成提供, 長谷川直氏。

必要がある。ここでは特徴の違いが顕著である二つの小天体の反射スペクトルの例（ケイ酸塩からなる岩石微惑星天体と揮発性物質からなる氷微惑星天体）を示した（図2, 図3）。

図2ではその表面組成としてケイ酸塩鉱物を主

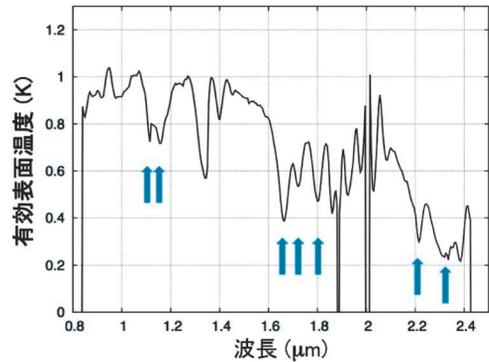


図4 冥王星（Vバンド14等台）の可視・近赤外線スペクトル。この波長では低温天体は完全に太陽光反射スペクトルであり、熱放射成分はない。青い矢印は固体メタンの吸収を示している。冥王星の表面反射スペクトルはほぼ同サイズの準惑星エリス（Vバンド19等台）でもまったく同様のメタンによる吸収スペクトルが得られ、これらの天体が非常に似通った表面反射特性を示すことがGemini望遠鏡による分光結果から示された⁷⁾。外縁天体は可視-近赤外域（V-Kバンド）で一般に22等より暗い。内部オールト雲を狙うとこれよりさらに暗いことが予想される。8-10 m級の近赤外線分光は現状では厳しい。MITアーカイブデータ <http://smass.mit.edu/> より作成。

成分とする岩石微惑星のサンプルとして小惑星イトカワの可視・近赤外スペクトルと実験室内で測定された隕石とのスペクトル比較を示している。太陽系天体の観測研究の特徴として、観測から得られたデータは、隕石サンプルの実験室測定の結果との直接比較や、探査機データとの直接比較が可能な点が挙げられる。これはほかの天文学分野では行えない重要な観点である。

図3が示す、カンラン石 [(Mg, Fe)₂SiO₄ など] と、キ石 [(Mg, Fe)₂Si₂O₆ など] の可視光-近赤外線の吸収バンドスペクトルでは、S型小惑星のイトカワの表面組成がこれらの鉱物から成り立っていることが読み取れる。

これに対して、図4では表面組成として揮発性成分を主成分とする氷微惑星（集合体）を例として冥王星の近赤外線スペクトルを示した。ケイ酸

塩からなる岩石天体である小惑星イトカワとは全く異なるスペクトルであることが容易に見て取れる。そして冥王星の近赤外線スペクトルからはメタンによる吸収が得られるが、同様の外縁天体の準惑星エリスからも非常に似通った吸収スペクトルが得られることがBrownら（2005）によって示された⁷⁾。またエリスはそのアルベドが異常に高く、冥王星同様、ピカピカの表面反射特性を示すことがスピッツァー宇宙望遠鏡による天体の熱放射の観測などからわかってきた⁸⁾。

太陽系天体は観測時期によって距離が変わってしまい明るさも変動する。一般的には衝の時の観測が条件がいいのではあるが、もとよりTNOsはとても暗い。最も明るいTNOsの一つであるエリスはVバンドで19等台の明るさだ。現在見つかっている大部分のTNOsは22等よりも暗い。（太陽光反射であるために、太陽光スペクトルで割り算処理を行う前の放射フラックス強度の最大はVバンドである。）

そして、エリスや冥王星は近赤外線波長域では、 H_2O や CH_4 などの吸収を見せる。ただの太陽光の反射スペクトルよりも吸収の分だけさらに暗くなる。すばる望遠鏡など現在の8-10 m級でも近赤外線の分光観測から物質科学研究を進めるのはなかなか厳しいのが現状である。もしもさらに遠くを見ようと思えば当然ながらさらに大きな望遠鏡が必要だ。TMTによって初めて到達が可能となる。

ただし、固体表面での反射光の吸収スペクトルでは高分散である必要はなく、低分散 ($R=1,000$ 程度以下) でも事足りるだろう。

5. 太陽系小天体の熱放射の観測

これまでは太陽系小天体に対して太陽光反射スペクトルから探る可視光-近赤外線波長域での物質科学研究を議論してきた。一方でどんな天体にとっても基本的な物理量である天体サイズは赤外線-電波波長域での熱放射の観測によって明らか

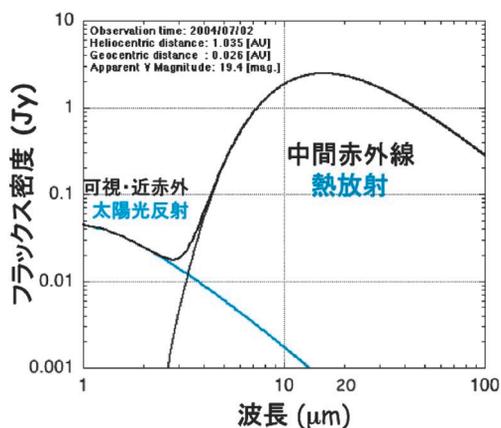


図5 近地球小惑星イトカワのスペクトルエネルギー分布（モデル）。近赤外線より波長の短い放射は太陽光の反射光スペクトルである。ここでは鉱物による吸収スペクトルが見られることがあるが、基本的には太陽光スペクトルに近い。一方、より長い赤外線では天体からの熱放射スペクトルである。

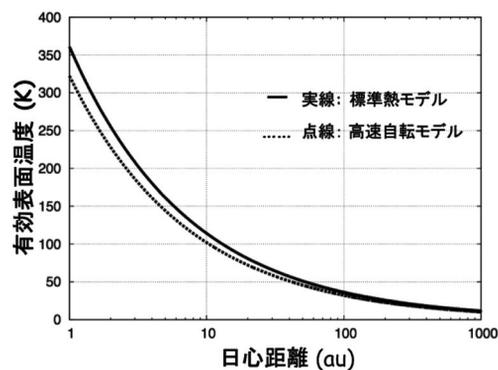


図6 太陽系小天体の放射平衡温度の計算例。採用するモデルにより予想表面温度はいくぶん異なるが、太陽から1 auの距離で300 K強、10 auで100 K強。一方、カイパーベルト領域では50 K以下の温度が予想される。

にすることができる。太陽系小天体は基本的に点光源であることと、太陽光反射率（幾何学アルベド）を決めないことには反射光の観測からはサイズが決められないからだ。特に地球に近づく軌道離心率の大きな小天体などではその表面放射平衡温度の観点で、中間赤外線の観測が有効である。

われわれははやぶさ探査機が到着する前に小惑

星イトカワに対する熱放射の観測キャンペーンを展開した^{10), 11)}。小惑星の熱放射観測は重要な観測研究手法である。しかしながら、このためにはTMTの第二期観測装置のMICHI (MIR Camera, Highdisperser & IFU) が必要だ。私自身がこの科学研究テーマを押し進めていきたいのではあるが、現状、第二期装置のスケジュールや仕様が詳細ではないことから、ここではその例を示すにとどめておく (図5, 図6)。

6. 結 び

2020年代の光赤外線天文学将来計画検討における太陽系班の活動を紹介します。その中より、太陽系の最外縁の小天体に関する科学研究を議論した。大口径のTMTによって、われわれがまだ到達していない太陽系の外縁領域オールト雲の天体に迫ることが可能になる。可視光-近赤外線の分光観測から天体表面での太陽反射光スペクトルを取得し、物質固有の吸収バンドを見いだすことにより、天体の組成を知ることが可能になる。太陽系全体の空間的な物質科学研究へとつながることが期待される。最後に熱放射の観測研究に触れたが、より長波長の観測研究であり、TMT第二期観測装置が必要なことからここでは研究例を紹介するにとどめた。

謝 辞

本稿の図の作成に際し、JAXA宇宙科学研究所の長谷川 直氏からスペクトルデータとそのアーカイブに関する有益な情報、ご意見をいただいた。ここに感謝する。

参考文献

- 1) Hayashi C., Nakazawa K., Nakagawa Y., 1985, *Protostars and Planets II*, 1100
- 2) Tsiganis K., Gomes R., Morbidelli A., Levison H. F., 2005, *Nature* 435, 459
- 3) Gomes R., Levison H. F., Tsiganis K., Morbidelli A., 2005, *Nature* 435, 466
- 4) Levison H. F., Morbidelli A., Tsiganis K., Nesvorný D., Gomes, R., 2011, *AJ* 142, 152
- 5) Walsh K. J., Morbidelli A., Raymond S. N., O'Brien D. P., Mandell A. M., 2011, *Nature* 475, 206
- 6) Jewitt D., 2005, *AJ* 129, 530
- 7) Brown M. E., Trujillo C. A., Rabinowitz D. L., 2005, *ApJ* 635, L97
- 8) Stansberry J., Grundy W., Brown M., et al., 2008, *The Solar System Beyond Neptune* 161
- 9) Abe M., Takagi Y., Kitazato K., et al., 2006, *Science* 312, 1334
- 10) Sekiguchi T., Abe M., Boehnhardt H., et al., 2003, *A&A* 397, 325
- 11) Müller T. G., Sekiguchi T., Kaasalainen M., Abe M., Hasegawa S., 2005, *A&A* 443, 347

Sciences with the TMT

—Solar System Objects

Tomohiko SEKIGUCHI

Department of Teacher Training, Hokkaido University of Education, Hokumon 9, Asahikawa, Hokkaido 070-8621, Japan

Abstract: We here discuss on a study of the small bodies in the solar system using the TMT. Small solar system bodies are the candidate objects of planetesimal remnants from the protosolar disk. The physical characteristics and chemical compositions of such objects can give us important clues and initial conditions of the solar system formation. The prime targets on this study are TNOs and objects in the inner Oort cloud. With a huge aperture of TMT, the deepest region of our solar system can be revealed.