

## 論文の内容の要旨

論文題目： Mid-Infrared Asteroid Survey with AKARI  
(「あかり」衛星による小惑星の中間赤外線サーベイ)

氏名： 白井 文彦

我々の太陽系は、太陽と8つの惑星と5つの準惑星、それらに付随する衛星や環の他に、小惑星、彗星、惑星間塵といった数多くの太陽系小天体で構成されている。小惑星とは、主に木星軌道より内側に存在している、岩石質や金属質で直径1000 km以下の小さい天体である。これらは46億年前に太陽系が誕生したときに作られた惑星の種、微惑星の生き残りであり、太陽系初期の状態をよく保持していると考えられている。そのため、太陽系の形成過程を考える上で、小惑星を詳細に調べることは非常に重要である。しかし、もともと基本的な物理量の1つである、個々の天体の大きさについてさえ、よくわかっている小惑星は非常に少ない。これには、(a) 小惑星が名前通り「小さい」天体で、現代の大型望遠鏡を使っても、点像ではなく大きさが判別可能な像として見ることが難しい、(b) 小惑星は既知のものでも60万個以上存在していて、ひとつひとつを詳細に調べていくには多大な労力が必要である、(c) 可視光で見た小惑星の明るさはその天体の大きさと表面の反射率(アルベド)に依存し、両者を独立に決定することができない、といった理由が挙げられる。

本研究では、できるだけ多くの小惑星の大きさとアルベドのデータを集めるために、熱赤外観測を利用する手法を用いた。太陽光を受けた小惑星は、その表面のアルベドに従って一部を反射する。一方、入射光の大部分は天体に吸収され、そのエネルギーで小惑星は暖められ、温度に応じた熱放射として赤外線を発する。可視光の観測だけでは、

その天体が「大きくて暗い」ものか「小さくて明るい」ものかを区別することはできないが、これに熱赤外観測が加わることによって、小惑星の大きさとアルベドを独立に決定することができるようになる。特に、木星軌道より内側を公転する小惑星は、表面温度が 150 K 以上であり、5~20  $\mu\text{m}$  の中間赤外線波長帯でその熱放射を効率的に観測することができる。

これまでに小惑星の大きさを測るにはさまざまな方法が開発されてきたが、それらのほとんどは、大きなサイズの天体しか検出できなかったり、あるいは観測可能な機会が非常に限られていたりして、いずれも膨大な数の小惑星のデータを網羅的に収集するには不向きであった。一方、本研究で用いた熱赤外観測に基づく手法は、既知の可視光の明るさのデータを活用することで、赤外線での観測のみで大きさとアルベドが一意に決められる点が大きな長所である。ただし、地上からの赤外線観測では、つねに地球大気の吸収が観測の妨げとなるため、自由度の高い観測を行うには宇宙に出る必要がある。本研究では、2006 年に打ち上げられた赤外線天文衛星「あかり」の中間赤外線全天サーベイデータに着目した。「あかり」の全天サーベイは、冷媒の液体ヘリウムが尽きるまで 16 ヶ月間継続され、中間赤外線から遠赤外線までの 6 つの波長帯で全天の 96% 以上の天域を観測した。特に、中間赤外線サーベイを行った近・中間赤外線カメラ (Infrared Camera : IRC) は 9  $\mu\text{m}$  帯と 18  $\mu\text{m}$  帯での観測を行っており、地球近傍から木星軌道付近の小惑星は格好の対象となる。

恒星や銀河といった天体は、つねに天球面上の同じ位置で観測されるので、「あかり」によって同一座標上で複数回の検出が確認された点源はすべて集められ、天体カタログが作成されている。IRC で取得された全天サーベイの観測データからは、IRC Point Source Catalogue (IRC-PSC) が作られている。一方、小惑星は移動天体なので、同一位置座標上での複数回の検出確認を行っている IRC-PSC には含まれない。そこで、サーベイデータの間接生成物を使用し、独自に開発した解析手法を用いて小惑星の抽出を行った。そして、抽出された小惑星の赤外線強度と小惑星の熱モデル計算によって、その天体の大きさとアルベドを求めた。これをまとめることによって、5120 個の小惑星の大きさとアルベドのカタログ、Asteroid Catalog Using AKARI (AcuA) が完成した。この天体数は、先行研究として挙げられる、1983 年打ち上げの Infrared Astronomical Satellite (IRAS) 衛星による小惑星カタログの 2 倍以上にのぼる。「あかり」は連続して 16 ヶ月間の全天サーベイを実施したため、AcuA には絶対等級で 9 等より明るいすべての小惑星、あるいは、絶対等級が 10.3 等より明るいすべてのメインベルト小惑星が含まれている。特に後者は、大きさにして直径 20 km 以上の天体に相当する。これは、現時点において世界最大の小惑星カタログである。

この無バイアスサーベイカタログを用いて、メインベルト小惑星のアルベド分布の解析を行った。小惑星は、可視光から近赤外線のスpekトル形状や色によって、いくつかのスpekトルタイプに分類されている。このスpekトルタイプごとに、本研究によって得られた大きさとアルベドの分布を評価した。アルベドが0.1を境に、暗い炭素質のC型小惑星はアルベドが低く、岩石質のS型小惑星はアルベドが高い傾向にあることは以前から知られていたが、C型でもアルベドの高いもの、逆にS型でもアルベドの低いものが一定の割合で存在し、さらに小惑星のサイズが小さくなるほどアルベドが広範囲に分散していることがわかった。これは、宇宙風化作用によるもの、天体表面の物質の多様性によるもの、小惑星が形成された際の物性の違いを反映しているもの、などの可能性が考えられる。また、X型小惑星という、性質がほとんどわかっていない種類の小惑星について、アルベドによる分類を行った。X型の中でも、アルベドが低いP型小惑星と呼ばれるものは、従来考えられていたよりも広く小惑星帯に存在していることがわかった。その分布からC型もしくはより始原始的なD型小惑星と起源が類似している可能性が示唆される。

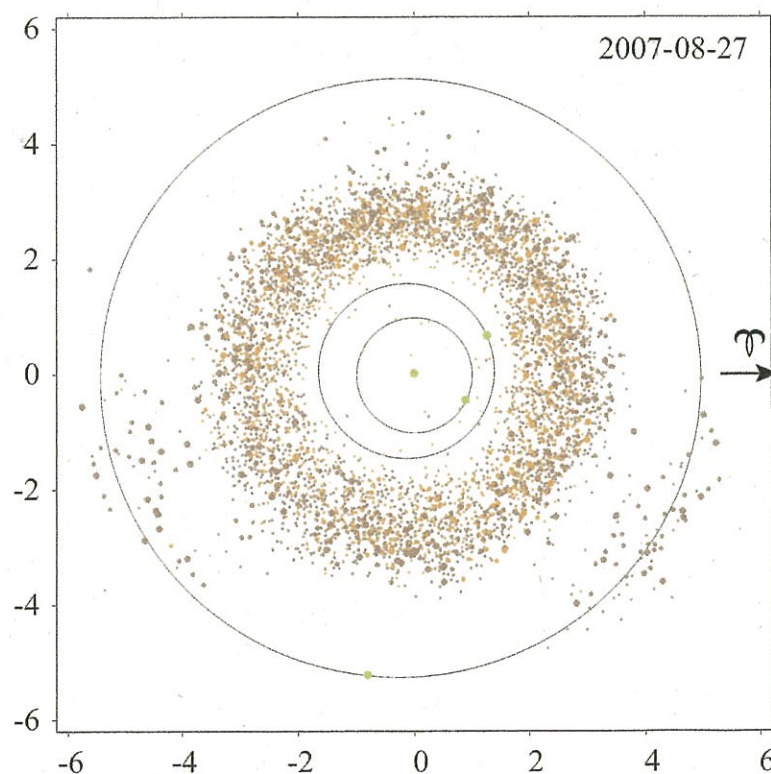


図1 「あかり」で検出された5120個の小惑星の2007年8月27日時点における太陽系内の位置を黄道面に投影した分布図。ここには、メインベルト小惑星(4953個)、木星トロヤ群小惑星(109個)、近地球型小惑星(58個)が含まれる。太陽を中心として、地球、火星、木星の位置と公転軌道も描かれている。矢印は春分点の方向を示す。「あかり」で求められた小惑星の大きさとアルベドに対応して点の大きさと色を区別して描いてある(アルベド0.1以上のものが橙色、0.1以下のものが茶色)。