

分野： 自然科学系

キーワード： 系外惑星、重力マイクロレンズ、銀河系、銀河系バルジ

## 遠い軌道を回る冷たい系外惑星が 銀河系内の広い範囲で存在することを解明

### 【研究成果のポイント】

- ◆ 恒星から遠い軌道を回る冷たい惑星は、銀河系内での位置に大きくは依存せずに普遍的に存在することを解明した。
- ◆ 太陽から 10000 光年以上離れた惑星系までの距離を測ることは難しく、特に銀河系の中心領域である銀河系バルジ<sup>※1</sup>に惑星がどの程度存在するかよくわかっていなかった。
- ◆ 太陽系近傍とは大きく異なる環境である銀河系バルジの年老いた星の周りにも遠い軌道の惑星がいることがわかり、惑星形成過程や銀河系の惑星形成史解明に繋がると期待。

### ❖ 概要

大阪大学大学院理学研究科の越本直季招へい研究員（NASAゴダード宇宙飛行センター研究員）、鈴木大介助教らの研究グループは、重力マイクロレンズ法<sup>※2</sup>による太陽系外惑星探査の結果から、恒星から遠い軌道を回る、例えば木星や海王星のような冷たい惑星は、銀河系内での位置に大きく依存せずに普遍的に存在することを世界で初めて明らかにしました。これまで、銀河系バルジの星は惑星を持たない可能性が指摘されてきましたが、本研究では、銀河系バルジにいる星でも、太陽近傍の星と比べて 0.3 倍から 1.5 倍程度の持ちやすさで惑星を持つことがわかりました。

銀河系バルジは、太陽系近傍とは大きく異なる環境を持ち、星の数密度が高く、年老いた星が多いです。本研究結果は、木星や海王星のような遠い軌道の冷たい惑星は銀河系内の様々な環境下で形成され、長期間安定して存在できることを示唆し、惑星の形成過程を解明する上で重要な手掛かりとなります。

本研究成果は、米国科学誌「The Astrophysical Journal Letters」に、8月26日（木）（日本時間）に公開されました。

### ❖ 研究の背景

1995年に初めて系外惑星が発見されて以来、系外惑星の研究は世界中で活発に行われており、今では4500個以上の惑星が見つかっています。それらのほとんどが、視線速度法<sup>※3</sup>やトランジット法<sup>※4</sup>で発見されたもので、太陽から3000光年以内の恒星の周りを回る惑星です。銀河系の半径はおおよそ50000光年ですから、銀河系スケールで見ると、それらの惑星系は太陽系とほぼ同じ位置に存在します（図1）。

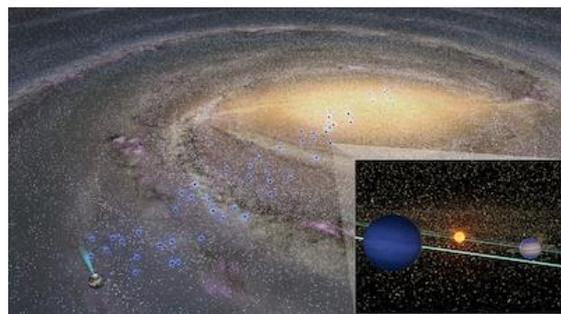


図1

銀河系を俯瞰した想像図と、銀河系バルジにある冷たい系外惑星系の想像図（右下）。青の点々は、マイクロレンズ法の探査領域に存在する冷たい系外惑星の分布イメージ。右上の明るい領域が銀河系バルジ。地球から左上に出ている水色の領域がケプラー望遠鏡によるトランジット法の惑星探査領域。



## Press Release

それでは、銀河系内のもっと離れた別の場所には惑星は存在するのでしょうか？例えば、太陽から 20000 光年ほど離れた、銀河系バルジと呼ばれる銀河系の中心領域では、太陽系近傍の 10 倍以上の密度で星が存在します。そのため、もし惑星がいたら周りの星から受ける影響も大きいでしょう。そのような環境にも惑星は存在するのでしょうか？

重力マイクロレンズ法による惑星探査は、現在この問いに答えることができる唯一の手段で、日本でも大阪大学を中心に行われています。この手法は他の手法と違い、惑星系の主星の光を検出する必要がないため、太陽系から遠く離れた銀河系バルジの惑星系も見つけることができます。しかし、重力マイクロレンズ法で個々の惑星系までの距離を測定することは難しく、これまで、バルジに惑星はない可能性を指摘した研究がありましたが、不正確な距離測定の数値に基づいており、よくわかっていませんでした。

### ❖ 研究の内容

本研究チームは、重力マイクロレンズ法で見つかる全ての惑星系に対して正確に測定しやすい、アインシュタイン角半径<sup>※5</sup>という物理量に注目しました。これは、惑星系の質量と惑星系までの距離の兼ね合いで決まる量なので、惑星系までの距離そのものを使った方が一つの測定データから得られる銀河系内の惑星分布に関する情報は濃くなりますが、(1)全ての惑星系に対して偏りなく測定されている、(2)不正確な測定結果を含む可能性をほぼ排除できる、という利点があります。

重力マイクロレンズ法で見つかった 28 個の惑星系（全て恒星から遠い軌道を回る冷たい惑星）に対して測定されたアインシュタイン角半径の分布と、銀河系の星のモデル<sup>※6</sup>から期待されるアインシュタイン角半径の分布を比較し、銀河系中心から太陽系近傍まで、徐々に惑星の存在率が変化するというモデル（ベキ関数モデル<sup>※7</sup>）で観測結果を説明できるものを調べました。その結果、例えば**銀河系中心から 3000 光年の位置（銀河系バルジ内）にいる星は、銀河系中心から 25000 光年離れた太陽系近傍の星と比較すると、0.3 倍から 1.5 倍の持ちやすさで惑星を持つことがわかりました。これまで、銀河系バルジに惑星はない可能性が指摘されていましたが、本研究の結果、木星や海王星のような遠い軌道の冷たい惑星は、銀河系バルジから太陽系近傍まで、銀河系内の広い範囲で存在することがわかりました。**

### ❖ 本研究成果が社会に与える影響（本研究成果の意義）

銀河系バルジには、100 億歳程度の年老いた星が多いです。さらに、太陽系近傍に比べて星の数密度が非常に高いため、太陽系の惑星とは大きく異なる環境で惑星が形成され、進化してきたと考えられます。本研究結果は、木星や海王星のような遠い軌道の冷たい惑星は様々な環境下で形成され、長期間安定して存在できることを示唆しており、惑星の形成過程や銀河系における惑星の形成史を解明する上で重要な手掛かりとなります。

太陽系外惑星の研究が進むにつれて、太陽系がどう形成されたかのモデルも見直されてきました。本研究のように、**様々な環境下において、どのような惑星がどれくらい存在するかを明らかにしていくことによって、太陽系がどのようにしてできたのか？生命がいる惑星はどれくらいこの宇宙に存在するのか？**といった誰もが抱く問いの答えに繋がると期待されます。

### ❖ 特記事項

本研究成果は、日本時間 2021 年 8 月 26 日（木）に米国科学誌「The Astrophysical Journal Letters」に掲載されました。

タイトル：“No Large Dependence of Planet Frequency on Galactocentric Distance”

著者名：Naoki Koshimoto, David P. Bennett, Daisuke Suzuki, and Ian A. Bond

## Press Release

### ❖ 用語説明

#### ※1 銀河系バルジ

銀河系の中心にある、膨らんだ棒状の構造の領域です。星の数密度が高く、年老いた星が多いといった特徴があります。銀河系は大きく、中心のバルジ、その周りに薄く広がるディスク、銀河系全体を球状に包み込むハローに分けられ、太陽はディスクに属します。

#### ※2 重力マイクロレンズ法

ある星を観測している時に、その星の手前を惑星系が通過すると、惑星系の重力の影響で、観測している星からの光はあたかもレンズを通ったかのように曲げられて集光し、突然明るくなったように見えます。この明るさの変化を調べることで、惑星系を発見する方法です。

#### ※3 視線速度法

惑星が公転するように、実は恒星も惑星の重力の影響で小さく公転します。この、恒星の公転による視線方向の速度のわずかな変化を捉えることで惑星を発見する方法です。

#### ※4 トランジット法

惑星が主星の前面を横切る際に発生する減光を観測して惑星を発見する方法です。

#### ※5 アインシュタイン角半径

重力レンズで、手前の星と背景の星が重なるとできるアインシュタインリングの半径を見込む角度です。

#### ※6 銀河系の星のモデル

重力マイクロレンズは、銀河系内の星々の動きによって偶然発生する現象です。なので、どんな質量の星が、どのように銀河系内に分布し、どんな速度で動いているかというモデルを使うことで、どんな重力マイクロレンズ現象がどれくらい発生するか予想することができます。研究チームは、本研究に先駆けて、銀河系の星のモデルを最新の星のデータに合うように改良しました。

#### ※7 ベキ関数モデル

本研究では、銀河系中心からの距離  $R$  に対して、惑星存在率は  $R^a$  で変化するというモデルを考えて、 $a = 0.2 \pm 0.4$  という結果を得ました。自然界にはベキ関数の分布が数多く潜んでいるため、どのように分布しているかわからないもののモデルには最初の足掛かりとして、ベキ関数がよく使われます。

### ❖ 本件に関する問い合わせ先

<研究に関すること>

大阪大学 大学院理学研究科 助教 鈴木大介（すずきだいすけ）

TEL：06-6850-5501 FAX：06-6850-5480

E-mail: dsuzuki@ess.sci.osaka-u.ac.jp

<広報・報道に関すること>

大阪大学 大学院理学研究科 庶務係

TEL：06-6850-5280 FAX：06-6850-5288

E-mail: ri-syomu@office.osaka-u.ac.jp

❖ 参考 URL

鈴木大介助教 研究者総覧 URL

<http://osku.jp/m0315>

【越本直季 招へい研究員のコメント】

重力マイクロレンズ法を用いた惑星系の銀河系内分布の調査は以前からされてきましたが、惑星系までの距離や標本に含まれるバイアスのため、うまくいっていませんでした。今回、距離のデータを使わないというある意味逆転の発想に加え、バイアスを取り除くための独自手法を組み合わせることで、世界に先駆けて結果を出すことに成功しました。より高精度な惑星系分布を解明するために、今後も継続して観測・解析を進めることが重要です。