

若いトランジット惑星で解き明かす原始惑星系円盤晴れ上がり後の惑星の進化

研究代表者	東京大学・大学院総合文化研究科・教授
	成田 憲保 (なりた のりお) 研究者番号：60610532
研究課題情報	課題番号：24H00017 研究期間：2024年度～2028年度 キーワード：太陽系外惑星、若い惑星の進化、トランジット、観測装置開発

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

太陽以外の恒星を公転する太陽系外惑星は、これまでに5,500個以上も発見されている。しかし、その多くは年齢が10億年を超える年老いた恒星を公転しており、年齢が10億年以下の「若い」惑星の発見数はまだ少ない。惑星は誕生して10億年程度の間、質量、半径、軌道、大気に大幅な変化が生じる「進化」が起きると考えられており、惑星がどのように進化するのかを解明するためには、若い惑星の観測から得られる知見が欠かせない。本研究では、質量、半径、軌道、大気を観測で調べることができる「トランジット惑星」に着目し、南半球に独自の観測網を構築することで、これまで発見数が乏しかった若いトランジット惑星の発見数を格段に増やす。さらに、発見された若いトランジット惑星の質量、半径、軌道、大気の性質を追観測によって明らかにする。そして、観測から得られた知見を組み込んだ惑星の形成・進化の理論を構築することで、若い惑星がどのように進化して、多様な姿を持つ惑星と惑星系ができたのかを解明する(図1)。

若いトランジット惑星の発見と特徴付け
(質量、半径、軌道、大気)



図1 本研究全体のイメージ図

●新たなトランジット惑星の発見法

トランジット惑星は、惑星の通過によって主星が周期的に隠される際に少し暗くなる(減光すること)を使って発見される。2024年現在NASAの衛星TESSが全天のトランジット惑星の探索を行っており、若いトランジット惑星の候補も多数発見されている。しかし、この候補の中には本物の若いトランジット惑星だけではなく、恒星同士が食を起す食連星由来の偽物も混入してしまっている。それぞれの候補が本物の惑星かどうかを見分けるため、減光を複数の波長帯(色)で観測する「発見確認観測」と呼ばれる観測が必要となる(図2)。惑星は自身では光を放っていないため、どの波長で観測しても基本的に減光の深さは同じとなる。一方、食連星によって生じる減光は波長によって深さが大きく異なる。そのため、発見確認観測の結果、減光の深さが波長によらず同じであればトランジット惑星、大きく異なれば食連星によるものとわかる。

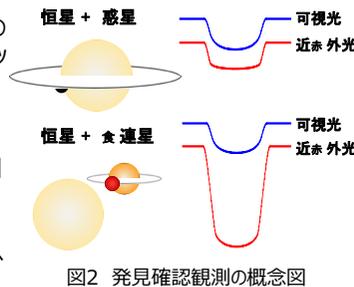


図2 発見確認観測の概念図

●若いトランジット惑星の発見の難しさと新たな観測網の役割

若い恒星は表面に黒点が多く、短い周期で自転しているため、恒星そのものの明るさが日々変化してしまう。そのため、異なる日に異なる波長で減光を観測しても、減光の深さが同じかどうかを判断することが難しい。また、若い恒星の集団である「星団」は南半球の空から観測できるものが多い。本研究では、南半球の複数の望遠鏡に新しい2色カメラを開発し、発見確認観測を効率的に実施できる新たな観測網を構築する。この観測網により、若いトランジット惑星の発見確認観測にブレークスルーをもたらすとともに、発見された若い惑星のトランジットのタイミングの変化を精密に測定し、惑星の質量・密度・組成などを明らかにすることができる。

●既知のトランジット惑星の軌道分布

これまでに発見されたトランジット惑星の公転周期と半径の分布(図3)を見ると、年齢が10億年以上の惑星にはホットジュピター、熱い海王星砂漠、半径ギャップと呼ばれる軌道分布の特徴があることが知られている。年齢が10億年以下の惑星はまだ発見数が少なく、上記の特徴的な軌道分布の存在はまだはっきりしない。

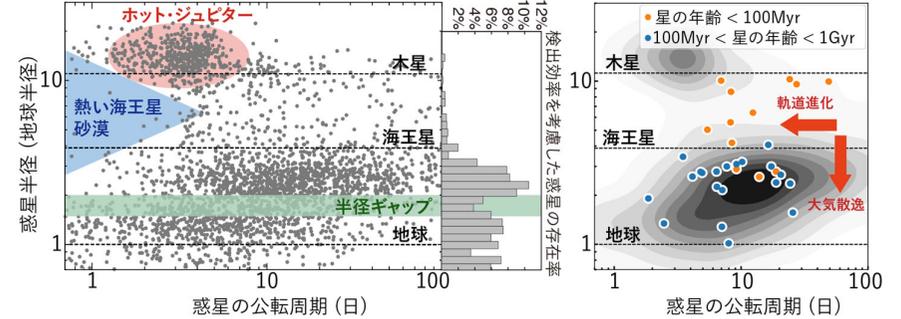


図3 これまでに発見されたトランジット惑星の公転周期と半径の分布。左は年齢が10億年以上、右は年齢が10億年以下の分布を示している。年齢が10億年以下の若い惑星は、軌道が内側に移動する軌道の進化や、大気が散逸して半径や質量が小さくなる大気の進化を経て、左のような分布へと至ると考えられる。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●原始惑星系円盤晴れ上がり後に惑星および惑星系はどのように進化するのか？

本研究では、南半球の新たな観測網の構築によって年齢が10億年以下の若いトランジット惑星の発見数を飛躍的に増やし、惑星の公転周期と半径の分布が年齢とともにどのように移り変わるのかを明らかにする。さらに発見された若いトランジット惑星の質量、半径、軌道、大気を、構築した観測網やすばる望遠鏡などにより追観測することで明らかにする。そして、得られた観測的知見と整合的な惑星進化の理論を構築することで、ホットジュピター、熱い海王星砂漠、半径ギャップなどの特徴的な軌道分布の起源を明らかにし、多様な姿を持つ惑星と惑星系の成因を解明する(図4)。

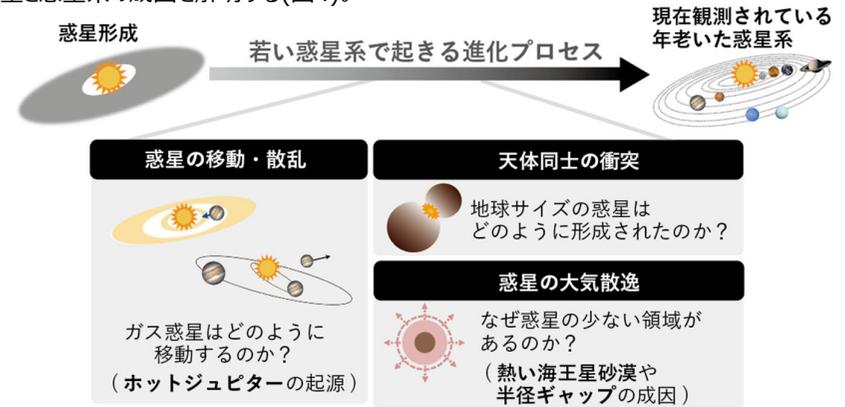


図4 本研究で明らかにしようとしていること概念図