

# 日本トランジット観測ネットワーク —その来し方・行く末—

## 渡部 潤一

〈国立天文台 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: jun.watanabe@nao.ac.jp



## 井田 茂

〈東京工業大学・理・地球惑星科学 〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-1-12-12-10〉

e-mail: ida@geo.titech.ac.jp



## 大川 拓也

〈編集者, ライター〉

e-mail: ohkawa@starhax.com



系外惑星の諸物理量を推定するためには、主星の視線速度のデータだけでなく、主星表面を通過するトランジット現象の観測が欠かせない。トランジットが起こるためには惑星の軌道面が視線方向に一致する幾何学的条件が必要で、視線速度法で系外惑星の存在が確かめられたとしても、トランジット観測できる確率は高くはないが、それだけに重要なデータを生み出す。また、トランジット観測は、適切な撮像装置と一定のスキルさえあれば、ハイレベルアマチュアの観測機材でも十分に有意義な観測が可能である。すばるN2Kプロジェクト・プログラムによって、系外惑星候補が視線速度法によって続々と検出されることが期待された。この候補のトランジット現象の有無を、いち早く観測することを目的として、われわれは日本のアマチュアなどに広く参加を呼びかけ、日本トランジット観測ネットワークを構築した。残念ながら、すでにトランジットの予報がわかっている惑星の追試のみで、初のトランジット検出にはまだ成功していないものの、プロとアマチュアが天文学の最先端を共同して開拓していく可能性を示すと同時に、教育的な意義も大きい。本稿では、このネットワークのこれまでの経過について紹介する。

## 1. はじめに

系外惑星の発見・観測によって、われわれの太陽系とは全く異なる惑星系の姿が見えてきた。それぞれの惑星および惑星系の物理量を求めるためには、主星の視線速度をモニターするだけでなく、主星の表面を通過するトランジット観測が大きな手段である。これによって惑星の大きさ、軌道の傾き、そして視線速度法のデータと合わせることで、惑星の軌道要素、質量、密度、惑星軌道面と恒星赤道面の傾きの角度などが求められるからである。さらには大気の組成や温度の情報も得られる。実際、21世紀になってから、トランジットによる検出が相次ぎ、系外惑星の内部構造の多様性を知らしめるツールになってきた。

しかし、トランジット現象が起こるためには、惑星の軌道面が視線方向に一致するという幾何学的条件が必要であり、日本トランジット観測ネットワークを構築した2003–2004年当時、視線速度法で系外惑星の存在が確かめられるも、実際にトランジットを起こす惑星は一つしか知られていなかった。逆に言えば、トランジット観測の例を増やすことが非常に重要だったといえる。

一方、トランジットの観測は測光観測であり、高分散分光観測である視線速度法ほど大規模な観測装置を必要としない。主星を、周りにある比較星と一緒に撮像することで、その明るさの変化を相対測光でモニターすれば良い。そのため、ある程度の明るさの比較星を必要とするための視野が必要で、一定の集光力さえ確保できていれば、望遠鏡の口径は10 cmクラスでも良い。冷却CCDカメラによる撮像は、その目的が美しい天体画像の取得目的が多いとはいえ、アマチュアの方々に普及しており、彗星や変光星などといった時間変化の激しい天体の観測目的で用いている方も少なくない。こういった方々は、系外惑星のトランジット観測に必要な、相対測光の精度を0.01等にするためのノウハウなども、一度覚えてしまえ

ば、使いこなしてしまうハイレベルな方々である。これらの方々の力を結集することで、トランジット観測ネットワークができる。

2003年頃、筆者の一人（井田）は、世界の視線速度法で最先端を突っ走っていたカリフォルニア・チームの若手メンバーから、新しいホット・ジュピターを大量に発見して、その中からトランジットする惑星を探すことを目指す、日米共同プロジェクト<sup>1)</sup>をもちかけられた。ホット・ジュピターは中心星の近傍を短周期で周回する木星型惑星で、短周期ということから短期間の観測で検出ができ、中心星近傍ということからトランジットが起こる幾何学的な条件を満たしやすい（10%程度の確率）という性質をもつ。当時1個しか知られていなかったトランジット惑星の数を増やすために、このプロジェクトは集中的にホット・ジュピターを探すという戦略をとった。

井田は理論研究者であるため、巨星周りの惑星サーベイをスタートさせていた、ばりばりの若手観測者の佐藤文衛に声をかけた。これが、すばる望遠鏡の高分散分光装置(HDS)を用いた系外惑星の視線速度法による観測サーベイ「すばるN2Kプロジェクト（佐藤PI）」である。このプロジェクトは、その後、すばるインテンシブ・プログラムにも採択され、2個のトランジットするホット・ジュピターを発見した。ちなみに連携した「ケックN2Kプロジェクト」ではホット・ジュピター自体は約20個も発見したが、トランジットするものは一つも発見できなかった。

佐藤が最初に発見したトランジットするホット・ジュピター(HD140926b)<sup>2)</sup>は当時、2個目のトランジットする惑星だったこと、トランジットすることで密度がわかったのだが、異常高密度だったことで、世界の研究者から大きく注目され、日本では新聞各紙で報道された。この異常高密度の原因は、いまだもって理論的に説明がつかず、大きな謎になっている。

話を戻すが、この「すばるN2Kプロジェクト」

はトランジット惑星を探すというのが大目的だったので、新たに発見されたホット・ジュピターの情報を公表前に、集中的にトランジットモニターを行うネットワークが必要だった。われわれは、機動性に優れたアマチュア天文家を組織することを考え、日本のハイレベルアマチュアの方々に呼びかけた。これが「日本トランジット観測ネットワーク」の始まりである。

## 2. ネットワークの構築

日本トランジット観測ネットワークは筆者の一人の井田が所属する東京工業大学に事務局を置き、観測装置や機材などの情報とともに登録制をとったうえで、まずはメールによって観測要請を流すこととした。登録しているのはアマチュア天文家や学校の先生などの教育関係者、および研究者が中心である。その後、筆者の一人の大川が編集を務めていた天文アマチュア向け月刊誌などの特集記事の企画「アマチュアこそ可能なトランジット法で系外惑星を探れ」<sup>3)</sup>「冷却CCDで系外惑星を探れ」<sup>4)</sup>などの効果もあり、登録者も少しずつ増え、(2010年秋の調査で)観測者としての登録者は20名、総望遠鏡数は28台の少数精鋭である。(もちろん、これには渡部や井田といった実際の観測に携わらない人数は入っていない。)

現在でも、2010年秋現在で、85%の観測装置が稼動可能な状態にある。天体望遠鏡の口径は10 cmから30 cmまでが52%を占めている(図1)。反射望遠鏡が77%を占めており、主に自宅や学校、大学などの据え付け型の望遠鏡が多く、可搬型は12%であった。

ネットワーク構築後、インターネット上での情報発信、相互のノウハウ交換、キャンペーン観測などの協力依頼、データ収集を行った。特に、観測機材や観測手法、データ解析手法についての意見交換は有益であった。また年1回の頻度で、ネットワーク独自の研究会を開催しており、2006年から2008年まで岡山の美星天文台で行い、第

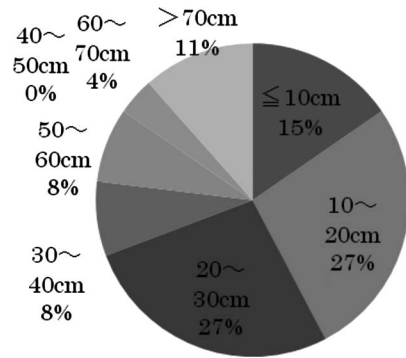


図1 参加者の観測に用いる天体望遠鏡の口径分布。

4回は手法が似ている小惑星ライトカーブ研究会と合同で国立天文台・三鷹で行った。これらを通じて、系外惑星研究の最新状況のレクチャーをはじめ、観測やデータ解析上での実際のノウハウ交換を行い、全体のレベルアップに貢献している。

## 3. これまでの成果

これまで、このネットワークによって天文学的な成果が多数生まれた、と書きたいところだが、残念ながら論文化された結果は1編だけである<sup>3)</sup>。このアマチュア・プロネットワークの世界的な成果を阻んでいるのは天候である。

すばるN2Kプログラムで発見された惑星はHD140926bのほかにもHD17156bなどがあるのだが、この二つはトランジットを起こす惑星であった。その意味では幸運だったといえる。しかし、すばるN2Kの発表前のデータをもとに、ネットワークでトランジット検出に挑んだのだが、主に悪天候により検出できず、後から観測を行ったアメリカ側が組織したプロ・アマのチームに先行された。

これは実に悔しい事件であったものの、ネットワークの成果は、必ずしも論文になるものだけではない。観測手法の普及、教育への活用(詳細は、松本らの別稿を参照)などで大いに成果を上げている。これまでの活動によって、参加者

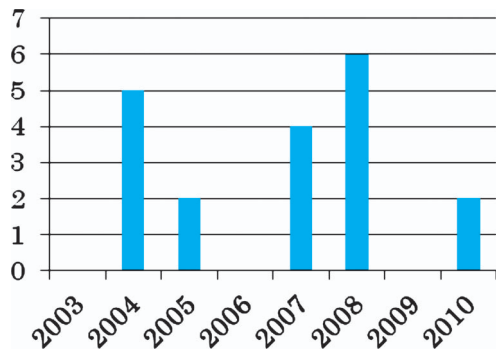


図2 参加者が初めてトランジット観測に成功した年の分布。

の75%がトランジットの観測を実際に行った経験があり、70%の観測者がトランジット検出に成功している。図2は最初にトランジット観測に成功した年を表している。ネットワーク構築直後に、すでにスキルをもった人が成功しているが、その後、ネットワークの活動、特に研究会を通じて、ノウハウが行き渡った結果、2007年から2008年に初観測に成功したメンバーが多いことも特筆すべきである。

また、観測・検出成功は、その後の継続に向けた強い動機にもなっている様子は、図3からもわかる。48%の参加者がすでに5回を超えるトランジット観測に成功しているからである。

こうした活動をもとに、ネットワークのホームページ上には、詳細な観測・解析マニュアルが整備されている。このマニュアルはプロだけでなく、ハイレベルアマチュアの方の寄与が大きいのは特筆すべきである。実際に小口径望遠鏡と市販の冷却CCDカメラを用いて観測する実体験に基づいた細かな注意点がびっしりと凝縮されているのは、本ネットワークの大きな成果と言って良いだろう。今後、研究上ではトランジット観測だけでなく、相対測光で観測を行う変光星や小惑星のライトカーブ観測などにも役立つはずであり、教育現場でも大いに活用しうるものとなっている。（詳細は<http://www.geo.titech.ac.jp/lab/ida/>

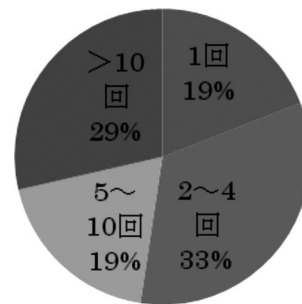


図3 参加者のトランジット検出回数。

[transit/pukiwiki/index.php](http://transit/pukiwiki/index.php))

#### 4. 将来に向けて

N2Kプロジェクトも一段落し、ケプラー望遠鏡の成果が続々と発表される時代になり、本ネットワークも一時期ほどの盛り上がりは期待できなくなりつつある。しかし、決してトランジット観測の重要性が失われたわけではない。なにより現在のプロには不可能である、小口径望遠鏡による天候リスク分散型のキャンペーン観測に果たすアマチュアの役割の重要性も不変である。このようなアマチュア・プロの協同作業が知の最前線を切り開く可能性はいまだに大きい。その意味では、このネットワークが継続して存在する意義は失われたわけではない。

参加者からは、「年1回の研究会はぜひ続けてほしい」、これから参入する学生さんなどからは「私のような初心者研修の場や観測の仕方を教えていただける機会を作っていただきたいと思う」「トランジット観測という観測、各地で連携するという観測は、天文教育上、たいへん意義深い」という声が寄せられている。われわれは、できる限り本ネットワークを維持し、世界的なキャンペーンなどにも積極的に参加をしていく予定である。

## 参考文献

- 1) Fischer D., et al., 2005, ApJ 620, 481
- 2) Sato B., et al., 2005, ApJ 633, 465
- 3) 井田 茂, 渡部潤一, 2004, 月刊星ナビ, 2月号
- 4) 井田 茂, 大島修, 2004, 月刊星ナビ, 9月号
- 5) Narita N., Sato B., Oshima O., Winn J., 2008, PASJ 60, 1

## Japan Transit Observation Network —Past, Present and Future—

**Junichi WATANABE**

*National Astronomical Observatory of Japan,  
2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan*  
**Shigeru IDA**

*Department of Earth and Planetary Science,  
Tokyo Institute of Technology, 2-1-12-12-10 Oo-  
kayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8551, Japan*

**Takuya OHKAWA**

*Freelance Writer/Editor*

Abstract: The transit phenomena of the extrasolar planets are important to know their physical quantities. The observations can be performed if there is a suitable imaging device along with the skill by high-level amateur astronomers. Because it was expected that many extrasolar planet candidates would be detected by the Subaru N2K project, we appealed for participation to Japanese amateurs and professionals widely, and built the Japanese transit observation network for searching the candidates' transit promptly. An educational meaning is also large while a possibility that a pro and amateur will reclaim the tip of astronomy jointly is shown, although it has not succeeded in the first transit detection yet unfortunately. Progress of this network is introduced in this paper.