

特集

OSETI: 光学的地球外知的生命探査

～関東支部会での講演で出された質問への回答～

鳴沢真也 (兵庫県立大学)

1. はじめに

6月12日に本研究会の関東支部会がオンライン形式で開催され、筆者は『SETI: 地球外知的生命探査 ～主に OSETI～』というタイトルでゲスト講演させていただきました。SETI は、ご存知のように Search for Extra-Terrestrial Intelligence の略つまり地球外知的生命 (以下 ETI) を探査する天文学の一分野です。最近では「テクノシグネチャー探査」という言葉に置き換わりつつあります。

さて、聴講者の方々は本研究会の会員とと思っていましたので、SETI と言っても通常の電波観測によるもの (以下 RSETI) は、説明する必要はないと思い、それはほぼ割愛させていただきました。この講演では主として光学的な観測 Optical SETI (OSETI) について紹介しました (本番になって知ったのですが、実際には支部会是非会員の方々にもオープンになっていました)。

さて、講演後にいくつかの質問を頂いたのですが、時間の都合上全てにお答えすることができませんでした。そこで、飯塚支部長さんの計らいにより、本稿にて回答させていただきますこととなりました。

2. 講演の概要

質問にお答えする前に、講演を聞かれてなかった読者もおられると思いますので、まずは簡単に概要をまとめておきます。

一般に OSETI と言いますと ETI からのレーザー光線の検出を目的とした観測が狭意です (この場合はレーザー SETI とも言います)。本稿でも以下 OSETI はこの意味となります。

RSETI が始まったのは 1960 年ですが、翌年に OSETI が提唱されました [1]。実際には 1970 年代になってから観測が始まり、1990 年代からアメリカを中心に各国で普及しました。

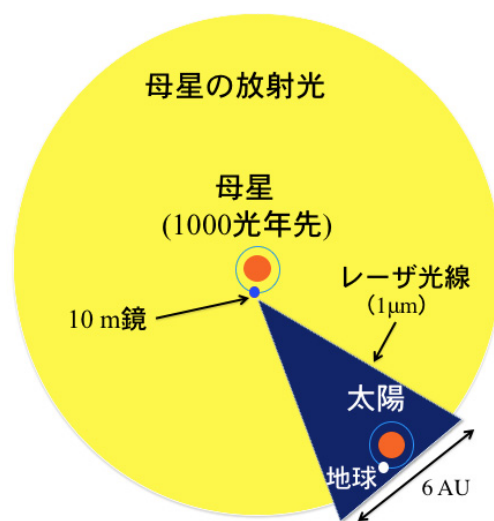


図1 レーザの広がりには放射光学系の口径と波長に依存する。この図の設定では 1000 光年でビームの直径は 6 光年程度となる。

さて、一般的に母星からの電波放射が無視できる RSETI とは異なり、OSETI における最大の問題は、母星から放射される強烈な可視光とレーザー光線をどう区別するか、という点にあります。この区分には 2 通りの方法があります。1 つは、高時間分解能の検出器を用いてレーザーからの光子を計測する手法です ([2][3] など)。これは極めて短時間に放射されるパルスレーザーを検出する目的で用いられます。このレーザーのパルス幅 (放射時間) と

してはナノ秒程度を想定しています。

もう一つは、波長分解能の高い分光器を用い、母星のスペクトル中にレーザの輝線を検出しようという作戦です ([4],[5]など)。これらはパルスレーザでも連続レーザでも検出可能です。

講演では、それぞれの検出限界の見積りについても解説しましたが、ここでは割愛します。興味のある方は、文献[2],[4],[6]などを参照ください。

筆者らは、西はりま天文台のなゆた望遠鏡を用いて分光 OSETI (以下なゆた OSETI) [7],[8]を行いました。また、ETI が星間通信に用いるレーザ光線の波長“魔法波長”を世界で最初に予測しました[9]。



図2 西はりま天文台の2m なゆた望遠鏡
左側ナスミス台上の黒い箱が分光器。

光学観測も含めて SETI の現状など詳細については、手前味噌で恐縮ですが拙著 [10],[11]をお読みいただければと思います。

ところで、一般の方々は、ETI を探すというと、ほぼ間違いなく UFO を探査しているという認識です[12]。残念ながら多くのマスコミ関係者も同じです。これはオカルト番組の影響が非常に強く、正しい天文教育の必要があることを本会員の皆様に力説して講演を終わりました。それでは、以下が頂いた質問とその回答となります。

3. ご質問への回答

Q : スペクトルに輝線が出た時に、それがレーザ由来か、その惑星のオーロラや雷みたいな現象と区別できますか？

A : 系外惑星のオーロラ、雷からの光は非常に微弱ですから、そもそも母星の光に埋もれてしまいます。OSETI 観測では完全に無視することができます。

Q : パルサーが見つかった時、最初は文明からの光だと思われていたようなのですが、OSETI でも、そういう他の現象と見間違えそうなことがありそうな感じがして気になっています。

A : まずパルサーは電波で発見された現象です。

レーザは、極めて狭い波長域の光ですが、そのような自然現象での可視光放射は知られていません(電波域ではメーザがありますが)。分光法では従って自然現象と区別することができます。一方で、パルスレーザを検出する方法である光子計数法の場合は、自然光のほとんどは、その継続時間がナノ秒よりも長いのでレーザとの区別が可能です。

ただし、やっかいな地球大気内での自然現象もあります。一つは宇宙線のシンチレーション光です。もう一つは、ガンマ線が大気に突入した時に生じるチェレンコフ光です。これらが望遠鏡に入ってしまうタイムスケールがナノ秒程度なのです。ただし、宇宙線の連鎖反応による影響は、たいてい数十～数百メートルの範囲、チェレンコフ光の広がりには 5～10 キロメートルなので、離れた場所での同時観測で区別できます。ハーバード大学は一時期 350 Km ほど離れたプリンストン大学の天文台と同時観測をしていました[2]。

Q: OSETI のターゲットは太陽型星を基本は選ぶとのことですが、たくさん見つかっている系外惑星の情報も加味して選んでいるのですか？

A: ターゲットに関してですが、この意味での観測法は2種類あります。一つは全天サーベイです（ハーバード大学の OSETI 専用望遠鏡など）。もう一つは、特定の星をターゲットとするものです。この方法では、ハビタブル惑星を持つ母星はもちろんターゲットとなります。なゆた OSETI でもそうでした（55 Cnc, GJ 581 など） [7], [8]。

Q: トラピスト 1 も、観測対象になっていますか。

A: 複数のハビタブル惑星の存在が示唆されていますので、当然ターゲットになりえます。

Q: OSETI はまだ成功がないと思いますが、これまでどれだけの時間どれだけの星を観測してきたのですか？

A: OSETI は 1970 年代から、私の知識の範囲内だけでも 8 カ国で行われていますので、正確な数値は分かりかねます。

一例として、ハーバード大学のターゲット法 OSETI では 2400 時間で 13000 の太陽型星を観測しています [2]。また、リック天文台の OSETI 観測は、2015 年からスタートしましたが、2019 年の発表時点では 1280 個のターゲットを観測しています [3]。

*** 以下は SETI 一般についての質問 ***

Q: 昔、一般の方の PC を使ってデータ解析を行っていたプロジェクトがありました、

現在は研究者以外の間でも SETI に貢献できるプロジェクトはありますか？

A: 一般の方のパソコンのスクリーンセーバでデータを解析していたというのは、カリフォルニア大学バークレー校による SETI @ home です。これは終了しました。

なゆた OSETI でも、天文台にこられた一般の方に体験観測をしてもらっていました [10], [13]。

現在のところ、一般の方が貢献できる具体的なプロジェクトは認識しておりません。

ただ、天文学の一般的な観測データはアーカイブとなる場合がありますので、ある程度の知識・技能は必要となりますが、個人でも OSETI 目的で解析はできると思います。

Q: 話題性のある内容には誤解がつきものとも思います。SETI でも“考証”が重要と思いますが、報道にはそのようなステップは無いのでしょうか？

A: 国連が承認している NGO である世界宇宙航行アカデミー (IAA) は、SETI のガイドライン [14] を採択していますが、この第 2 条（兆候が得られているが未確定な段階での対応）には以下の文章があります。

「*進行中の検証作業中については公開の義務はなく、未確定な場合は時期早尚の公開を行ってはならない。メディアや報道機関からの問い合わせには迅速にかつ誠実に答えるものとする。*」

続いて第 3 条（信号などが ETI からのものであると確定した場合での対応）には、以下の文があります。

「発見者はその結論を余すことなく完全に公開するものとする。」

このガイドラインを批准する SETI 研究者・研究機関は、これらに従うこととなります。

また、一般のマスコミについても、なんらかのガイドラインを設けるべきだと、個人的には考えています。



図3 IAA の SETI 常任委員会。本部はパリ。

Q：日本国内で ETI の証拠を見つけてしまったときは、とりあえず鳴沢さんに連絡すればいいですか？

A：いいえ。上記 IAA のガイドライン[14]では、発見者は国連事務総長に連絡することになっています。ただし、国連事務総長への連絡は国家または国連が認めた NGO しかできないそうです。IAA は国連が認めている NGO なので、まずは IAA (本部はパリ) に連絡してください。国家から国連事務総長に連絡をしてもらう場合、発見者がそれを望むなら、自国の政府機関に連絡することになります。日本人が発見した場合については、日本の SETI 関係者が話しあった結果として、以下の政府機関に連絡することにしております

(必要性を感じるなら) [10], [11]。

内閣府

国立天文台

日本学術会議天文学研究連絡委員会

Q：SETI 研究の現時点の成果はどう評価されているのでしょうか (ETI が発見されるまで成果ゼロとみるのか、あるいは他の発見や発展に寄与するという面もあるのか)。

A：SETI 観測で、本来の目的以外の大きな発見があったという話は聞いたことがないです (今後はあるかもしれませんが)。

以下は持論ですが、発見がなかったとしても、観測時間、周波数、観測領域 (ターゲット) に制約がつき、これは文明の数密度 (ドレイク方程式の解 N とも言える) に制限を与えるためのヒントとなります。これは立派な成果だと思います。また、(発見はなくても) 結果は論文とすべきでしょう。(理論的なものも含め) 現在では年間に 50 以上のなんらかの SETI に関する論文がでていきます (特にいわゆるケプラー革命以降、急増しています)。査読付きメンジャーナルに限ると年間 10 前後の論文が掲載されています。論文発表を成果だと思えば、こういった数値が出ていることも知っておってください。そもそも人間は知的好奇心を持った生き物ですので、探究そのものは止まることはないと思います。

また、SETI という活動そのもの (天文学全般に言えますが) を通して、地球という小さな惑星の上に同じミトコンドリア・イブの子孫である “地球人” が存在していること、それゆえテロや戦争などは、ナンセンスであるという認識に繋がるのではないかと私は信じております。したがって、SETI は地球人として、継続すべき活動であると考えております。

文 献

- [1] Schwartz, R. N. & Townes, C. H. (1961) 'Interstellar and Interplanetary Communication by Optical Masers', *Nature*, **190** : 205.
- [2] Howard, A. W., et al. (2004) 'Search for Nanosecond Optical Pulses from Nearby Solar-Type Stars' *ApJ*, **613** : 1270.
- [3] Maire, J., et al. (2019) 'Search for Nanosecond Near-infrared Transients around 1280 Celestial Objects', *AJ*, **158** : 203.
- [4] Reines, A. E. & Marcy, G. W. (2002) 'Optical Search for Extraterrestrial Intelligence: A Spectroscopic Search for Laser Emission from Nearby Stars', *PASP*, **114** : 416.
- [5] Isaacson, H., et al. (2019) 'The Breakthrough Listen Search for Intelligent Life: No Evidence of Claimed Periodic Spectral Modulations in High-resolution Optical Spectra of Nearby Stars', *PASP*, **131** : 4201.
- [6] 鳴沢真也 (2022) 「地球外知的生命探査 (SETI) ～主として光学観測の方法について～」, *天界*, **103** : 89.
- [7] Narusawa, S. & Morimoto, M. (2007) 'Optical SETI Observations with the NAYUTA telescope', *Annu. Rep. Nishi-Harima Astron. Obs.*, **17** : 1.
- [8] Narusawa, S. (2011) 'Optical SETI Observations with the NAYUTA telescope II', *Annu. Rep. Nishi-Harima Astron. Obs.*, **21** : 1.
- [9] Narusawa, S., Aota, T. & Kishimoto, R. (2018) 'Which colors would extraterrestrial civilizations use to transmit signals? : "The magic wavelengths" for optical SETI', *New Astron.*, **60** : 61.
- [10] 鳴沢真也 (2013) 『宇宙人の探し方 地球外知的生命探査の科学とロマン』, 幻冬舎.
- [11] 鳴沢真也 (2018) 『天文学者が宇宙人を本気で探しています!』, 洋泉社.
- [12] 鳴沢真也 (2008) 「SETIはUFO探してはならない! ～「SETI研究会」に対する誤解より～」, *天文教育*, **91** : 24.
- [13] 鳴沢真也 (2006) 『137億光年のヒトミ』, 草炎社.
- [14] IAA SETI Permanent Committee, 'Declaration of Principles Concerning the Conduct of the Search for Extraterrestrial Intelligence.'
http://resources.iaaseti.org/protocols_rev2010.pdf



鳴沢真也