

地球外知的生命探査用リストの近距離M型・K型星の電波観測

藤下光身* 藤下基線** 川瀬徳一***

Radio Observation of M- and K-type Stars in the List for SETI

by

Mitsumi FUJISHITA Motosuji FUJISHITA Tokuichi KAWASE

(Received: 19 OCTOBER 2009, Accepted: 22 FEBRUARY 2010)

Abstract

18 M-Type and 3 K-Type stars in the list for SETI by Turnbull and Tarter were observed at 8.4 GHz on March 4th and 5th, 2005 using 10 m antenna of Mizusawa VLBI Observatory of National Astronomical Observatory, Japan. There is possibility of radio emission from HIP 106106. No excess of radio intensity was observed over detection limit for other stars.

Key Words: SETI, M-Type Star, K-Type Star, Radio Observation

1. はじめに

宇宙は途方もなく広く、おおよそ10の22乗個もの恒星が存在しているとされる。そのあまりにも多くの数の故に、我々地球人類以外の知的生命（ここでは「知的」を「電磁波等を用いて惑星を越えて通信を行うレベル以上の文明を持った」と考える）がこの宇宙の中に存在するのではないかという考えが古くからあった。しかしながら、人類は長い間その実証の手段を手にするには無かった。

ところが1959年に Cocconi と Morrison¹⁾ が電波を使用して地球外知的生命の探査 (SETI: Search for Extra-Terrestrial Intelligence) が行えると発表した。彼らは太陽と銀河の電磁波の放射の状況から、1~10GHzの電磁波が星間通信に適していること、その中でも中性水素（電離していない水素）の出す1.420GHzが一番使用されている可能性のあることを指摘した。その翌年の1960年には Drake²⁾ が米国国立電波天文

台 (NRAO: National Radio Astronomical Observatory) の直径26mの電波望遠鏡を用いて、その1.420GHzでの観測を行った。これが有名なオズマ計画である。しかしながら、地球外知的生命からの信号と思われるものを検出することは出来なかった。

以来、主に電波領域で数多くの SETI の観測が行われてきた。また、現在でも引き続き活発に観測は行われている。しかし、このほぼ50年にも渡る精力的な観測にも拘わらず、今のところ確実に地球外知的生命体からの信号と言えるものは観測されていない。

著者らは2005年3月1日 (UTC: 協定世界時) から5日間、国立天文台水沢観測所 (観測時の名称、現在国立天文台水沢 VLBI 観測所) の10m電波望遠鏡を共同利用して、「過去に突発的な電波の観測された領域」・「赤外超過星」・「M型・K型星」の3種類の天体の電波観測を行った。

本論文ではこの観測のうち、3月4日と5日に行った「M型・K型星」の観測の結果について報告する。なお、「過去に突発的な電波の観測された領域」については既に藤下、他³⁾ に報告がある。また、当研究室の SETI 研

* 東海大学産業工学部環境保全学科教授

** 元名古屋大学大学院生 (理学研究科素粒子宇宙物理学専攻)

*** 名古屋大学大学院生 (理学研究科素粒子宇宙物理学専攻)

究全体の概要については Fujishita et al.⁴⁾ に記載した。

2. 観測

2.1 観測対象と観測手法

観測対象は Turnbull and Tarter⁵⁾ の表2に記載された、近距離 (6. 86 p c以内) の、主にM型星を中心とした各種天体の内から、伴星による摂動などの理由でハビタブルゾーンが無いと考えられる天体を除いた天体 (同論文の表2中の HabCat が yes の天体) とした。このうち、観測時の高度が低すぎて観測できない7星を除いた21星を観測した。21星のスペクトル型の内訳は、2009年9月の SIMBAD の分類に従えば、M型星が18星、K型星が3星である。なお、Turnbull and Tarter⁵⁾ の表2では分類が異なっていて、それに従えばM型星19星、K型星2星となる。Table 1に観測した星のヒッパルコスカタログ番号と SIMBAD に記載されたスペクトル型並びにコメントをまとめる。

また Turnbull and Tarter⁵⁾ に従えば、HIP57548が一番近く3. 35 p cで、一番遠いのはHIP113296で6. 86 p cである。

Table 1 観測天体

天体名	スペクトル型	コメント
HIP 25878	M1 V	Variable Star
HIP 29295	M1/M2 V	Flare Star
HIP 33226	M3	
HIP 36208	M3.5 V	
HIP 45343	M0 V	Flare Star
HIP 49908	K5 V	Flare Star
HIP 53767	M2.5	
HIP 57548	M4	Flare Star
HIP 67155	M2 V	Flare Star
HIP 71253	M4	Variable Star
HIP 73182	M1.5 V	Binary Star
HIP 74995	M3	Variable Star
HIP 80459	M1.5	
HIP 80824	M3.5	Variable Star
HIP 84140	K5	Multiple Star
HIP 94761	M2.5	Flare Star
HIP 103039	M4 V	
HIP 105090	K7	Flare Star
HIP 106106	M3.5	
HIP 113296	M1.5 V	
HIP 120005	M0 V	Flare Star

ところで Cocconi と Morrison¹⁾ が指摘しているよう

に、1 GHzから10 GHzの電磁波は地表と宇宙空間の間で通信を行う場合に有利であり、地球文明でもその目的のための帯域がこの周波数に多く設定されている。このため、本観測では8 GHz帯で観測を行い、地球外文明の人工電波によるバックグラウンドの上昇を検出することを試みた。

なお、SETIでは通常、自己の存在を知らせるために地球外知的生命が送っている人工的な信号を検出する手法が用いられる。しかし、その場合は帯域の狭い信号を送っていると考えられるので、受信帯域全体の電力を測定する今回の方式は向かない。

地球外の文明があった場合に、どの程度の電波強度が予測されるかの計算は不確定な要素が多いが、一例として以下の推定を行ってみる。まず、その文明では近傍の宇宙空間のどの場所でも8 GHz近辺の全ての周波数が使用されていると考える。その場合

S : 地球で受信される電力 [J y]

P : アンテナの送信電力 [W]

D : アンテナの直径 [m]

η : アンテナの開口効率

λ : 使用波長 [m]

B : その信号の帯域幅 [Hz]

R : 天体と地球との距離 [m]

とすれば、Sは

$$S = \frac{\pi \eta P D^2}{4 \lambda^2 B R^2} \times 10^{26} \dots (1)$$

で計算される。ここで、その文明では惑星近傍を飛び回っている有人飛行体に、地球と同等の送信設備や送信方式でデジタルテレビ放送を行っている想定してみる。そうすると、Pは10 kW、Dは100 m、 η は0. 7、 λ は0. 036 m (8. 4 GHzに対応)、Bは6 MHzとすることが出来る。また、Rは今回の観測天体の平均距離として5 p cを考える。その場合、Sは30 μ J yとなる。ただし、ここでは受信局までの距離を100 km程度と想定している。これでは地球では低高度軌道の人工衛星より低い。そこで地球の場合の静止軌道(3万6千km)まで受信できるように送信していると考えれば、Sは4 J y程度となる。

さらに、今回は変光星やフレア星を多く含んでいるため、フレア等による電波強度の増加も観測できる可能性がある。

ところで、観測手法は所謂「5点法」を用い以下のステップで行った。

1. 目的天体を観測 (ON点)

2. 赤緯方向にアンテナを1度上げ観測 (OFF点)
3. 目的天体を観測
4. 赤緯方向にアンテナを1度下げ観測
5. 目的天体を観測
6. 赤経の東方向にアンテナを1度ずらし観測
7. 目的天体を観測
8. 赤経の西方向にアンテナを1度ずらし観測

各ステップの観測時間は3分間とし、合計で24分間の観測をした。30分単位で天体を切り替えたので、残りの6分間を次の天体へのアンテナの駆動に当てた。これは次の観測天体の補足に十分な時間であった。

なお、HIP45343とHIP120005は位置が近すぎて、使用したアンテナの分解能(ビーム半値幅=1.3分角)では識別出来ない。そこで、両者の中間点(赤経:9時14分23.72秒、赤緯:+5.2度41分11.25秒)にアンテナを向けて同時に観測をした。

2.2 10m電波望遠鏡

観測に使用した電波望遠鏡は国立天文台水沢観測所(岩手県)のもので、Fig. 1に示す。カセグレン光学系を持つパラボラアンテナで主反射鏡の直径は10.0m、総合鏡面精度は標準偏差で0.34mm、周波数帯域は観測したXバンドで8.13-8.60GHz、ビーム



Fig. 1 10m電波望遠鏡(国立天文台水沢)

半値幅は1.3分角、開口能率0.63である。また、受信機等価雑音温度は55K、大気込みの天頂方向でのシステム等価雑音温度は130Kで、右旋円偏波を常温HEMTで受信する。今回は帯域幅全体の電力を観測した。

2.3 観測の状況

「M型・K型星」の観測は2005年3月4日と5日に行った。4日の天候は雪で、5日は晴れであった。「M型・K型星」の観測期間中に降雪はあったが、アンテナ面への着雪は無かった。

なお、受信帯域内に最大3本の人工雑音信号が混入し、その一部は時間変化する状態であった。混入している信号が人工雑音であることはアンテナの向きに依らずに入感することから確認された。記録される全電力も、チャートレコーダへの接触やラックへの人間の接近によって変動が確認された。

3. 解析

2.3に記載したようにモニター用のチャートレコーダの記録やスペクトルアナライザから人工ノイズの混入が多かったことが明らかだったため、解析に使用するデジタルデータはまず目視によってパルス状やステップ状のノイズが無いかどうか慎重に調べ、異常のあるデータは破棄した。

使用したアンテナの最大駆動速度は高速で、AZ方向・EL方向とも3度/秒を超えている。しかし念のため解析にはON点・OFF点とも前後5秒間のデータは使用しないこととした。従って180秒の観測時間の中央、170秒のデータを使用した。

また、本観測ではOFF点を赤経・赤緯方向に取っている。このため特定のOFF点に電波天体が入り込む可能性がある。従って、各OFF点間で有意な差(170秒積分値の3 σ 以上)が無いかどうかを確認しながら処理を行った。目視でパルス状やステップ状のノイズのあるデータを除いた後では、実際には3 σ を越えるデータは出現しなかった。

表2に観測結果を記載した。表には観測開始時間(UTC)しか記載しなかったが、前述したように観測時間は24分である。

なお、電波強度はカシオペアAの観測周波数帯(8.13-8.60GHz)での電波強度を610Jyと仮定して算出した。また誤差は1 σ で表記した。

4. 議論

特に3月4日は雪の影響により、最悪で1 σ が7.99

Jyの誤差となるなど質の良い観測は行えなかった。しかし5日も後半になると天候は落ち着いてきて、最も良い場合に1 σ で9 Jyとなった。なお、2. 2章に記載した数値と積分時間を170秒、受信形式による係数を $\sqrt{2}$ にした場合に計算される最小検出感度は0.036 Jyである。従って、なお混入する人工ノイズの影響があったと思われる。

HIP106106以外の天体は1 σ の誤差の中に0が含ま

Table 2 観測結果

天体名	観測開始時間	電波強度 Jy
HIP 25878	3月4日06時30分	-75 \pm 220
	3月5日06時30分	8 \pm 13
HIP 29295	3月4日07時00分	35 \pm 86
	3月5日07時00分	24 \pm 78
HIP 33226	3月4日07時30分	219 \pm 555
	3月5日07時30分	0.7 \pm 26
HIP 36208	3月5日08時00分	7 \pm 34
HIP 45343 (+120005)	3月4日08時30分	200 \pm 513
	3月5日08時30分	58 \pm 586
HIP 49908	3月4日09時00分	331 \pm 616
	3月5日09時00分	-53 \pm 369
HIP 53767	3月4日09時30分	321 \pm 799
	3月5日09時30分	52 \pm 183
HIP 57548	3月4日10時00分	77 \pm 128
	3月5日10時00分	41 \pm 93
HIP 67155	3月5日19時00分	9 \pm 30
HIP 71253	3月5日19時30分	-10 \pm 19
HIP 73182	3月5日20時00分	-8 \pm 26
HIP 74995	3月5日20時30分	-16 \pm 22
HIP 80459	3月5日21時00分	1 \pm 15
HIP 80824	3月5日21時30分	-0.7 \pm 20
HIP 84140	3月5日22時00分	3 \pm 9
HIP 94761	3月4日00時00分	15 \pm 92
HIP 103039	3月5日02時30分	-29 \pm 51
HIP 105090	3月5日03時00分	-55 \pm 190
HIP 106106	3月5日03時30分	46 \pm 31
HIP 113296	3月5日04時00分	-11 \pm 48

れているので電波は検出されなかったと考えるべきであろう。HIP106106では、0は1 σ の外(1.5 σ の位置)にある。個々のON点・OFF点の値を見てみると、最初のON点の観測時間に抵抗体の温度測定を行っていたのでON点は3回しか観測が無いが、そのいずれもが4つのOFF点の全てより高い値を示している。従ってHIP106106を中心にしたこの領域から、フレアの場合を含めた何らかの放射を観測している可能性がある。近傍には4C+17.87などの電波天体があるが、い

れもこれほどの強度は無くそれらの影響とは考えにくい。今後の観測が求められよう。

なお、これがもし地球外知的生命からの信号とすれば、2.1章の(1)式とHIP106106までの距離の6.75光年から、その送信電力は28GWとなる。

5. まとめ

2005年3月4日・5日と国立天文台水沢VLBI観測所の10m電波望遠鏡を共同利用して、Turnbull and Tarter⁵⁾のリストにある近距離のM型・K型星21星の8GHz帯での電波観測を行った。天候に恵まれずまた装置にノイズが乗る状態で、質の良い観測は出来なかった。しかし、精度の範囲内でHIP106106以外からの電波は無いことを確認した。HIP106106についてはフレア等による電波放射の可能性があるが、結論を出すためにはいっそうの観測を必要とする。

謝辞

10m電波望遠鏡による観測は国立天文台水沢地区共同利用(NAOM 2004-5)によって行われました。この観測にあたってお世話して頂いた国立天文台の方々、特に亀谷収氏・岩館健三郎氏・浅利一善氏に感謝いたします。また、観測天体の選定では西はりま天文台の鳴沢真也氏にお世話になりました。データの解析では2005年度の九州東海大学工学部宇宙地球情報工学科卒業研究生である荒巻真治氏・宮田俊輔氏・森松和哉氏に御協力頂きました。ここに記して感謝します。

引用文献

- 1) Cocconi, G. and Morrison, P.: Searching for Interstellar Communications, Nature, 184 (1959), pp.844-846.
- 2) Drake, F. D.: How Can We Detect Radio Transmissions from Distant Planetary Systems?, Sky and Telescope, (1960), pp.140-143.
- 3) 藤下光身・鳴沢真也・藤下基線・川瀬徳一: 地球外知的生命体の探査を目的としたうみへび座領域の電波・光同時観測、九州東海大学工学部紀要、33(2006), pp.7-11.
- 4) Fujishita, M., Narusawa, S., Fujishita, M., and Kawase, T.: SETI Activities at Kyushu Tokai University, J. British Interplanetary Society, 59 (2006), pp.346-348.
- 5) Turnbull, M. C. and Tarter, J. C.: Target Selection for SETI. II. Tycho-2 Dwarfs, Old Open Clusters, and the Nearest 100 Stars, Astrophysical J. Suppl., 149 (2003), pp.423-436.