

# VERA単一鏡レーザー源観測の実績と今後の課題

鹿児島大学理工学研究科 上田耕佑

面高俊宏 亀野誠二 今井裕 中川亜紀治 永山匠 武田孝司 中村佳代子 松本尚子 松井真 安藤和真 並河大地 丹生大輔 恵川司 川村麻紀 澤口真弓 中武明葵 松井隆正 (鹿児島大学) 亀谷收 水沢局研究支援員 小笠原局研究支援員 (国立天文台)

## • Abstract

鹿児島大学VERAチームでは、国立天文台VERA20m電波望遠鏡を使いH<sub>2</sub>OレーザーとSiOレーザーの単一鏡観測を行ってきた。2003年7月から始まった単一鏡観測は、2007年現在入来局と小笠原局でH<sub>2</sub>Oレーザーの観測を、水沢局でSiOレーザーの観測を行っており、その観測データは卒業論文、修士論文にも活用され、またVERAのVLBI観測へのフィードバックの役目も担っている。

## • Background

国立天文台VERAプロジェクトチームでは2003年7月からH<sub>2</sub>OレーザーとSiOレーザーの単一鏡観測を行ってきた。

入来局：2003年からH<sub>2</sub>OレーザーとSiOレーザーの観測を開始し、現在は本格化するH<sub>2</sub>OレーザーのVLBI観測に併せてH<sub>2</sub>Oレーザーの観測を行っている。

水沢局：分光点数の多い分光器RFDを活かして、2005年2月頃からSiOレーザーの観測を行っている。

小笠原局：2005年4月頃からH<sub>2</sub>Oレーザーの観測を開始したが、トラブルや天候、運用状況などの問題によって観測時間の少ない状態が続いている。

石垣島局：基本的に単一鏡観測は行っていない。

## • Purpose

• 相対VLBI観測の準備段階としての観測候補天体の探査とモニター

VERAでは銀河系内で1000天体の距離を測定し、銀河系の立体地図を作成することを目指している。そのため距離測定に用いるH<sub>2</sub>OレーザーまたはSiOレーザーを持つVERAで検出できるレーザー源 (young stellar object (YSO)やAGB星に付随) を1000天体以上探す必要がある。またこのようなレーザー強度は一定ではないため、強度を監視し、明るくなったらVLBI観測を実行に移すという具合に、VLBI観測スケジュール上での工夫が必要になる。

• レーザー放射のメカニズムの解明

YSOからのアウトフローや星周円盤、AGB星からの質量放出や脈動変光に連動して時間変化するH<sub>2</sub>Oレーザー・SiOレーザーの性質について、多くのレーザー源データを用いた統計的解析に基づいて理解する。それにより、YSOやAGB星を取り巻くガス雲自身の状態の推察に結びつく。

## • Quality and Source List

VLBI観測の候補天体を見付けるため、すなわちVLBI観測でのcross-powerで1Jy以上になると予想されるものが検出できるように、単一鏡観測ではr.m.s.が0.05K以下になるように観測時間(積分時間)を決めている。

H<sub>2</sub>Oレーザーのリストは主にArcetriカタログとNRO H<sub>2</sub>Oレーザーサーベイの天体で構成され、SiOレーザーのリストは主にNRO point sourceカタログとSiOレーザーサーベイの天体で構成されており、観測時間や状況に併せて適宜編集されてきた。現在H<sub>2</sub>Oレーザーのリストには、モニター天体(1-3カ月間隔で定期的に観測する対象天体)が542天体、サーベイ天体(レーザー源の有無を確認する対象天体)が380天体あり、入来局でモニター観測とサーベイ観測を行っており、小笠原局でもサーベイ観測を行う予定になっている。SiOレーザーのリストには、モニター天体が73天体、サーベイ天体が234天体あり、モニター、サーベイ観測ともに水沢局で行っている。

今年度からはVLBI観測による年周視差も求まり始めたことを受け、距離測定1000天体を目指して観測候補天体を増やすためにサーベイ観測(IRAS天体、NRO point source、短周期変光AGB星など)に力を注いでいる。

## • Results

• モニター観測

• 観測の結果、H<sub>2</sub>Oレーザーで約200天体、SiOレーザーで約60天体が常に検出できることを確認できている。またAGB星の一部ではレーザーの放射強度が周期的に変化していることも確認できている。これらのことはVLBI観測へのフィードバックはもちろん、科学的成果として査読論文にもまとめつつある(Shintani et al. 2008, PASJ, in preparation)。

• サーベイ観測

入来局でH<sub>2</sub>Oレーザー源が、水沢局でSiOレーザー源が、新たに単一鏡観測で検出できることが確認できている。(澤口2007年度卒業論文、上田)。一定の強度以上で検出できたレーザー源は、今後モニター観測へ移行することを検討している。

Figure 1: H<sub>2</sub>Oレーザー新検出のIRAS16438-1133

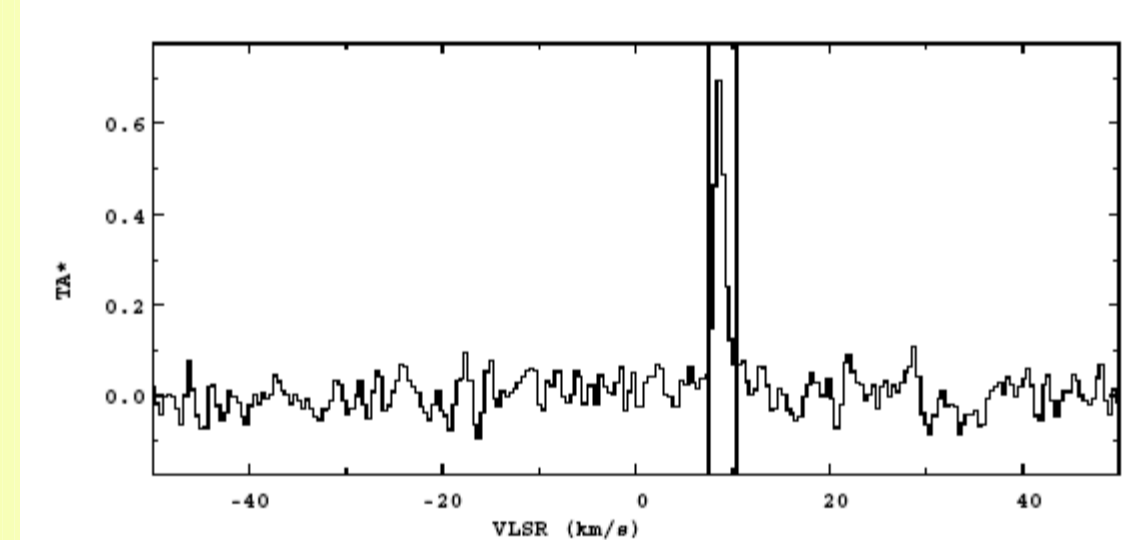


Table 1: 各局の現状

局	モニター数	モニター頻度	サーベイ数	サーベイ検出率(*2)
入来	542	3ヶ月に1回(*1)	332	4.6%(7/152)
小笠原	0	—	48	0%(観測未実施)
水沢	73	2ヶ月に1回	234	12.8%(30/234)

\*1: AGB星レーザーに対する頻度であり、YSOレーザーに対する頻度は不定である。

\*2: 小笠原局、水沢局ではタイプが既知または他のレーザー放射が検出されているものが観測対象であるのに対して、入来局では鹿児島大学1m光赤外望遠鏡で周期が求まったIRAS天体が観測対象であるので、検出率の直接比較はできない。

• 卒業論文

- 永吉(2003年度): IRASカラーと検出/未検出の比較
- 新谷(2004年度): スペクトル解析ツールの開発
- 黒木(2006年度): 星形成領域水レーザー源の統計的性質 (新しい相関関係を見出すには至らなかった)

• 修士論文

- 新谷(2006年度): 変光星水レーザー源の統計的性質  
水レーザー強度と可視光光度曲線間に位相差0.5-0.9のラグを見つけた。また時間差ラグについては、星周エンベロープ膨張速度と相関があることを見つけた。

→PASJ論文化に向けて英訳中

• VERAアストロメトリ観測へのフィードバック

- 星形成領域: ρ Oph East, WB724 (G192.16-3.84), TMR-1, Serpens SMM1, L1204
- 脈動変光星: RX Boo, T Lep, S Crt, WX Psc, R UMa, AP Lyn, SY Scl, Z Pup, S Gem

## • Future Works

• 鹿児島大学1m光赤外望遠鏡・6m電波望遠鏡との共同研究

VERA単一鏡モニター観測で得られたレーザー放射の強度変化は、可視・赤外線の変光周期と比較することによってAGB星の星周構造の研究に利用できる。また1m光赤外望遠鏡ではVERAとの共同研究として周期光度関係に注目し、変光星約600天体の周期を求めようとしている。これらのデータを外部のデータと比較した研究はこれまでも行われている(宮原2005年度修士論文、Shintani et al. 2008 PASJ, in preparation)。これからはVERAチーム・光赤外チームの協力の元、独自のデータでさらなる研究の発展を目指したい。

6m電波望遠鏡では、VERAの観測対象になりうるH<sub>2</sub>Oレーザー源を多数モニターしており、その頻度はVERAでの単一鏡観測よりも高い。そのため単一鏡観測時間が減少する今、6m電波望遠鏡でのデータも活用することが検討されている。

• データベースの開発

1000天体を超えるレーザー源の観測データや、上記研究に活用したい他周波での観測データを管理するために、データベースの開発が必要となっている。開発計画は2005年に一度中断されたが、必要性が再認識され、今年度から拡張性のあるデータベースの開発が計画され始めている。

• デジタル分光計での単一鏡観測

現在、最も単一鏡観測を頻繁に行っている入来局に、鹿児島大学で開発中のデジタル分光計VESPA(武田2007年度修士論文)を導入する計画がある。この導入によってVERA特有の機構である2ビーム機構が単一鏡観測にも使えるようになり、観測効率の向上が期待されている。また現在は水沢局(のRFD)のみで観測が可能となっているSiOレーザーのv1,v2両輝線の同時観測が入来局でも可能となり、単一鏡観測の幅を広げることができる。

Table 2: VESPAのスペック

周波数帯域	8, 16, 32, 64, 128, 256MHz (Digital Filterのモードによる)
分光点数	最大8192点(2の累乗で任意に設定可)
分解能	上記周波数帯域と分光点数の兼ね合い