

6.7 GHz メタノールメーザの視線速度ドリフト現象

下村 忠資 (山口大学大学院 理工学研究科)

Abstract

我々の研究グループは、山口 32m 電波望遠鏡を用いたメタノールメーザの観測を行っている。2011 年に視線速度ドリフトを調査するために 13 天体を対象とした単一鏡モニター観測を行った。その結果、11 天体の 18 成分でドリフトが検出された。そして 2012 年度に同 13 天体及び MonR2 を対象に再び視線速度ドリフトのモニター観測を行った。今回は 2012 年度の結果を示し、2011 年度とさらに過去の観測データとを比較をした結果、過去データと 2011 年のドリフトにおいて違う傾向が見られたことに関して報告する。

1 目的

6.7GHz メタノールメーザは、大質量星形成領域の初期段階において、原始星周辺から検出される。即ち本メーザは大質量星周囲の運動や強度変動のその場での物理状態の解明に役立つと考えられる。2009 年の山口 32m を用いたモニター観測により、大質量星形成領域 Mon R2 のメタノールメーザで視線速度ドリフトが初検出された(志野渚 . (2012))。そこで、視線速度ドリフトが Mon R2 特有のものなのか、メタノールメーザに一般的な現象かどうかを明らかにし、ドリフトの頻度、傾向、大きさ、年ごとの変動を調査するために 13 天体および Mon R2 を対象とした高頻度単一鏡のモニター観測を行った。このように視線速度ドリフト現象を研究する事は、大質量星形成領域の動力学的な加速度現象を解明するうえで役立つと期待される。

2 視線速度ドリフト候補天体

今回の観測対象となった天体(以下候補天体と記述)と、その選別方法を説明する。母体として使用したのは Torun32 m(pestalozzi et al. (2005)) のデータと山口 32 m 電波望遠鏡で 2004 年から 2007 年まで観測したデータで 155 天体である。これらのデータにはシステムの誤差が含まれ、その値は視線速度においては、およそ 0.3km/s の揺らぎがある。それに対し志野 2009 年に検出された視線速度ドリフトは -7.3×10^{-2} km/s/yr という非常に小さな値なの

で、これらのデータから視線速度ドリフトの絶対速度を比較し、候補天体を決定することは非常に難しい。そこで、Torun 及び山口の過去データにおいて、特定の成分は視線速度が変化しないと仮定し、その視線速度を基準とにおいて、他のデータを視線速度方向にシフトするという作業を行った。例として今回の視線速度ドリフトの候補天体である 14.09+ 0.10 を挙げるこの天体においては一番強い成分(図 1 の矢印で示した成分)を基準とした。

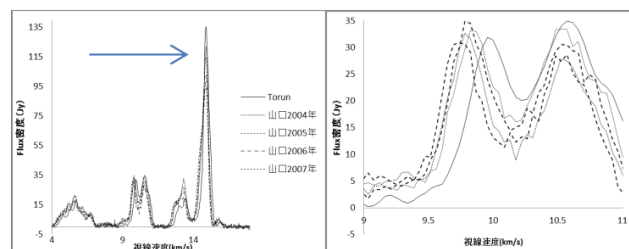


図 1: 14.09+ 0.10 における Torun 及び山口 32m のスペクトル

図 1 (右) より、視線速度 9.7 km/s 付近の成分が Torun から山口 (2007) のデータになるにつれて、負の向きに視線速度が変化している傾向が確認できる。以上の手順を 155 天体に行い、経年変化の傾向がみられるものを候補天体とした。この手順により選出された視線速度ドリフト候補天体を表 1 に示す。

3 観測

山口 32 m 電波望遠鏡を用いて、6.7 GHz z メタノールメーザの観測を 2011 年、2012 年に行った。RMS ノイズ $1\sigma = 1.4\text{Jy}$ 、速度分解能 $= 0.044\text{ km/s}$ である。観測頻度の詳細は表 2 参照

表 1 視線速度ドリフト候補天体

天体名	RA			Dec.			V_p [km/s]	F_p [Jy]
	(h)	(m)	(s)	($^{\circ}$)	($'$)	($''$)		
12.02-0.03	18	12	1.0	-18	31	55.7	107.4	82
11.90-0.14	18	12	11.4	-18	41	28.6	42.6	49
12.62+0.00	18	13	11.3	-17	59	57.6	14.4	13
14.09+0.10	18	15	45.8	-16	39	9.4	15.1	135
11.49-1.48	18	16	22.1	-19	41	27.1	6.2	116
13.65-0.57	18	17	24.3	-17	22	12.5	51	33
15.67-0.48	18	20	59.8	-15	33	10.0	-3.4	33
18.65+0.04	18	24	51.1	-12	39	22.5	80.2	22
18.26-0.27	18	25	5.0	-13	8	23.2	75.2	13
19.48+0.15	18	26	0.4	-11	52	22.6	20.7	19
18.84-0.30	18	26	25.8	-12	3	52.0	25.3	37
28.30-0.38	18	44	22.0	-4	17	38.5	80.7	62
111.53+0.76	23	13	45.4	61	28	10.6	-62	296
MonR2	6	7	47.9	-6	22	55.2	13	150

V_p : ピークフラックスにおける視線速度 F_p : ピークフラックス密度

表 2.2011 年 2012 年度の観測概要

	2011 年度	2012 年度
観測期間	9 月 14 日~11 月 30 日	9 月 28 日~11 月 11 日
観測頻度	3 日に 1 回	基本 3 日に 1 回、最長 10 日の空き
※MonR2	1 日おき 2 日連続	最短 1 日、最長 4 日おき

4 結果

現在まとめの最中であり、全体としてどの程度ドリフトが検出できたかまたその変化率の値はまだ把握できていない。よって今回はドリフトが初めて検出された天体である Mon R2 の結果のみを示す。図 2 は通算日 279 におけるスペクトルである。視線速度の値が小さいものから順に成分を各~とする。各成分の視線速度の変動を図 3 に示す。誤差バーは速度分解能と絶対誤差を考え 0.045 km/s としてある。

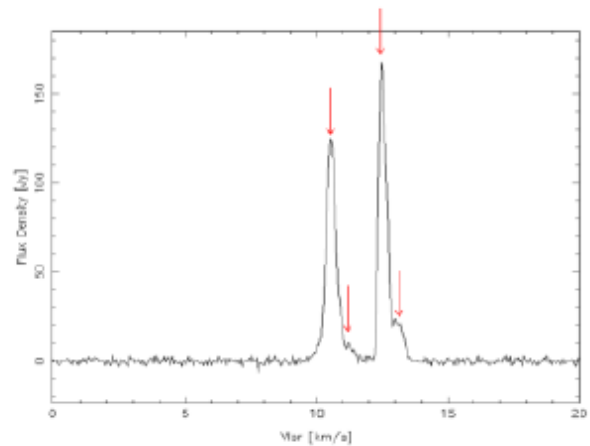


図 2: Mon.R2 の通算日 297 におけるスペクトル

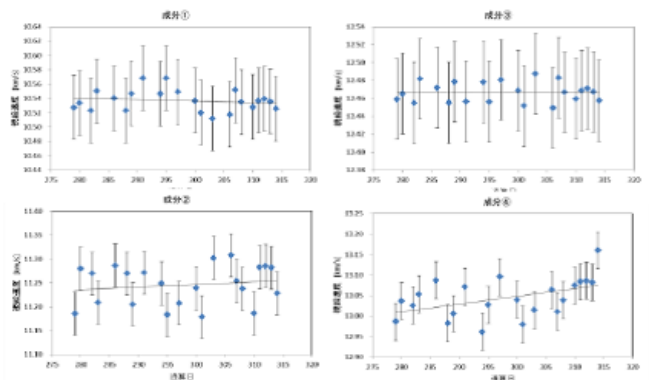


図 3: 各成分における視線速度の変動

成分において $1.88 \times 10^{-2}\text{ km/s/yr}$ の視線速度の変動が見られる。フラックス密度の変動との相関は現在調査中である。

・比較に用いるデータ以下より 3 つのデータを用いて比較した結果を示す。その際に用いるデータを以下のように記述する。長期 :2004 年~2011 年 (7 年間) 短期:2011 年度のデータ (83 日間) 短期:2009 年のデータ (76 日間) ※ Mon R2 のみ

・長期/短期の比較今回比較するデータは、それぞれの観測年で成分が同定でき、スペクトルが大きく変化していない天体のみを対象とした。図 4 は例として成分を基準とした Mon R2 の長期における相対

速度の変動を示したものである。

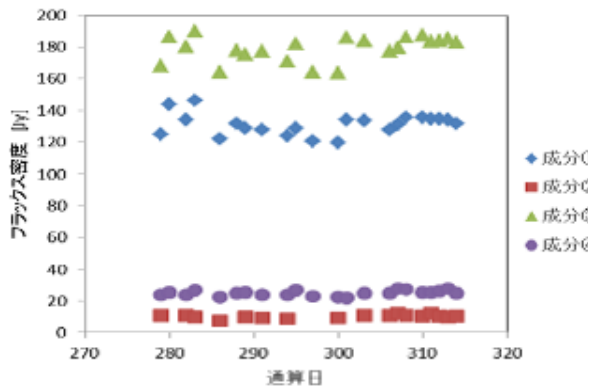


図 4: 長期で見た Mon R2 視線速度の変動

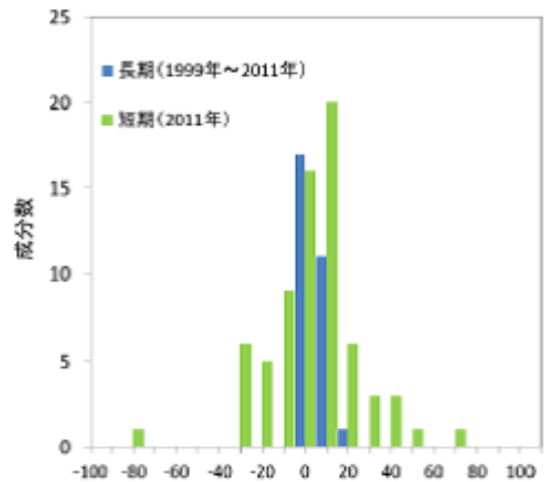


図 6: 長期・短期での視線速度の変化率

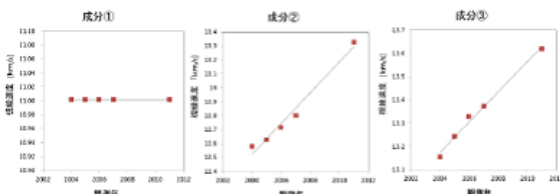


図 5: 長期・短期での視線速度の変化率の分布

図 6 に他天体を含めた長期の視線速度の変化率の分布を示す。加えて、短期での視線速度の変化率の分布も並べて示す。その結果長期では $\pm 20 \times 10^{-2}$ km/s/yr 以内に全ての成分が分布しているが、短期での変化率は大きいもので 80×10^{-2} km/s/yr となっており、それぞれの変化率の分布に違いが見られる。

・ Mon R2 を対象とした比較 Mon R2 の短期データは短期に加えて、視線速度ドリフトが初検出された短期データが存在する。よって長期と短期と短期の 3 データの比較が可能である。図 7 に Mon R2 のスペクトルを示し、視線速度の値が小さいものから順に成分を各 1~3 とし、各期間での視線速度の変化率を表 3 に示す。

表 3 より、短期の結果は成分が成分のへ接近していき、成分との間隔は狭まるという結果になった。しかし短期での結果、及び長期での結果は、反対に成分との間隔は広がる結果となった。加えて、短期と短期を比較すると、全成分の変化率の向きが逆になっている結果となった。

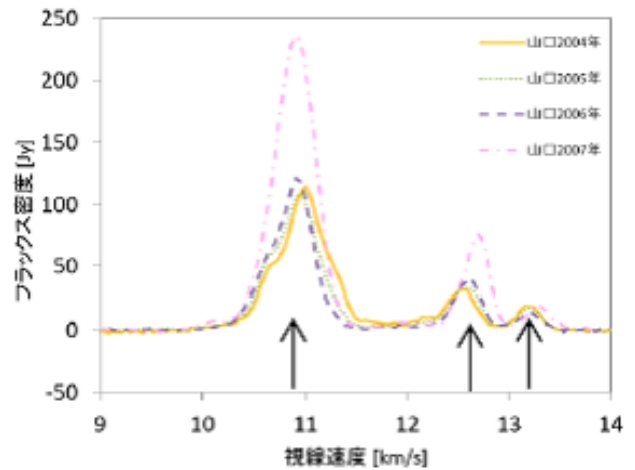


図 7: Mon R2 のスペクトル

表 3. 短期、長期での視線速度の変化率

	短期 (2009)	短期 (2011)	長期
	$[\times 10^{-2} \text{ km/s/yr}]$		
成分①	-5.90 ± 0.2	23.34 ± 8.61	基準
成分②	0.96 ± 0.3	-4.42 ± 3.54	11.05 ± 0.97
成分③	2.00 ± 1.0	-21.50 ± 9.55	6.50 ± 0.36

5 考察

短期と長期の比較を行ったところ、長/短期における視線速度変化率の分布が両者異なる結果になった。また、Mon R2 に注目して結果を比較したところ、同様に短期と長期で異なる傾向が見られた。加えて短期/長期の比較を行ったところ、正負逆の変化率を示し、異なる傾向を示したことから、短期でのドリフトの性質として、変化率が一定でない可能性が挙げられる。これらの結果より、短期でのドリフトは長期でのドリフトの一部を見ているのではなく、局所的な視線速度の変動であることが推測され、短期、長期のドリフトはそれぞれ別の加速機構によるものだと考えられる。

6 今後

ガウス関数でのフィッティングを試みて、より精度よく視線速度の値を求める。また、Mon R2 以外天体においても長/短の比較を行う。最終的に短期それぞれの加速機構を考えるには各成分の空間分布が必要となるので、VLBI 観測を行い、空間分布を求める。

Reference

志野渚. 2012. 卒業論文

Szymczak et al. 2013. A&AS,143. 269

pestalozzi et al. 2013. A&AS,432, 737