

平成 30 年度卒業論文

野辺山 45m FUGIN プロジェクトで検出された
大質量原始星候補天体に対する
6.7 GHz メタノールメーザー探査

指導教員 百瀬宗武、米倉覚則

茨城大学 理学部理学科 物理学コース

15S2034L 松田幸也

概要

大質量星形成領域で 6.7GHz メタノールメーザーは検出され、多くが原始星の段階で現れる。そして可視光では観測が困難な大質量原始星を観測するにあたってメタノールメーザーでの探査はよい指針となる。本研究では、FUGIN プロジェクトによる観測より東京大学のグループが選定した、大質量星形成領域で検出されるホットコア・トレーサーと呼ばれる HNCO 、 CH_3CN の輝線が検出された、銀経 10-50 度、銀緯 ± 1 度の範囲の「ホットコア候補天体」 355 ポイントと、鹿児島大学のグループが、FUGIN C^{18}O のマップデータに対して、clumpfind(Williams et al. 1994)を用いて C^{18}O のアンテナ温度が 2K を超えているコアを銀経 10-50 度 198-236 度、銀緯 ± 1 度以下の範囲で選定した 72 ポイントについて 6.7GHz メタノールメーザーによる観測を行った。その結果、128 ポイントからスペクトルを検出、さらにその中の 5 ポイントについては新検出のメーザー源から混入したと思われるスペクトルが検出された。

目次

概要	i
第 1 章 研究背景と研究目的	1
1.1 FUGIN プロジェクト	1
1.2 大質量星と HII 領域	1
1.3 研究目的	2
第 2 章 研究方法	3
2.1 観測ポイント	3
2.2 観測方法	4
2.3 比較方法	14
第 3 章 結果	15
3.1 観測結果	15
3.2 スペクトルの比較結果	16
3.2.1 既知のメーザー源からの混入が検出されたスペクトル	16
3.2.2 ピークの視線速度が近い既知のメーザー源が見つかったスペクトル	41
3.2.3 新検出の可能性のあるスペクトル	42
3.3 視線速度の比較結果	44
第 4 章 考察	49
4.1 スペクトルの比較結果より	49
4.2 視線速度の比較結果より	49
第 5 章 まとめ	50
謝辞	50
参考文献	51
付録	51

第 1 章 研究背景と研究目的

1.1 FUGIN プロジェクト

FUGIN (FOREST unbiased Galactic plane imaging survey with the Nobeyama 45 m telescope) プロジェクトは、従来の 10 倍もの観測効率をもつ新たに搭載された FOREST 受信機を使い、45m 電波望遠鏡の高い空間分解能を生かして、大規模かつ最も詳細な天の川の電波地図を作るプロジェクトである。このプロジェクトは、2014 年から 2017 年まで 1100 時間にも渡って観測が実施され、観測領域は、銀経 10-50 度 198-236 度、銀緯 ± 1 度以下の約 83%にあたる 130 平方度の範囲である。 ^{12}CO , ^{13}CO , C^{18}O の 3 つの一酸化炭素同位体分子を同時に観測し、観測した分子ガスの分布や運動の様子だけでなく、温度や密度といった性質なども一挙に調査された。

また、CO 以外にホットコア・トレーサーと呼ばれる輝線も同時に観測された。ホットコアとは、大質量星生成領域でよく検出される高温の分子雲コア（高密度分子ガス塊）のことである。アンモニア NH_3 、シアン化メチル CH_3CN 、メタノール CH_3OH をはじめとして、ジエチルエーテル CH_3OCH_3 やシアン化エチル $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ などの大型有機分子を含むさまざまな分子種による輝線放射が顕著に見られる。

1.2 大質量星と HII 領域

大質量星とは質量が太陽の 8 倍程度以上の恒星である。大質量星は、HII 領域の形成・膨張や星風の噴出、超新星爆発による大量の物質放出などの影響を周囲に与える。これらの現象はさらなる星形成を誘起するという重要な役割をもつと考えられている。しかし次のような理由から大質量星の観測は困難である。まず、大質量星は絶対数が少なく進化のタイムスケールも短いことから、進化過程を追うことが難しい。次に、地球からの距離が遠い ($\geq 1\text{kpc}$) ため、空間分解能が悪い。最後に、高密度なガスに周囲を覆われていることから、可視光での直接観測が難しい。

大質量星は低温の分子雲内の高密度領域である分子雲コアで生まれる。分子雲コアの中心部分が自己重力及び周囲の外圧の働きにより収縮して原始星コアが形成される。原始星コアは周囲からのガス降着によって成長する。降着物質は角運動量を持っているため、原始星の周りに降着円盤が形成されることが考えられている。原始星コアの質量が十分大きくなり中心で水素の核融合反応が始まると、主系列星として輝き始める。主系列星から放出される紫外線により周囲に存在する水素が光電離を起こし、HII 領域（電離水素領域）が形成される。HII 領域は初めのうちは高密度で小さいが、外側の電離されていない星間物質より圧力が高いために膨張していく。

しかし降着円盤形成段階における星周構造の詳細は、あまり解明されていない。降着円盤形成段階における星周構造を解明するための有力なツールに 6.7GHz メタノールレーザーがある。6.7GHz メタノールレーザーは大質量星形成領域でのみ検出され、分子流中や円盤上に位置していると考えられている。

1.3 研究目的

本研究では、FUGIN プロジェクトによる観測より東京大学のグループが選定した、大質量星形成領域で検出されるホットコア・トレーサーと呼ばれる HNCO 、 CH_3CN の輝線が検出された、銀経 10-50 度、銀緯 ± 1 度の範囲の「ホットコア候補天体」 355 ポイントと、鹿児島大学のグループが、FUGIN C^{18}O のマップデータに対して、clumpfind(Williams et al. 1994)を用いて C^{18}O のアンテナ温度が 2K を超えているコアを銀経 10-50 度 198-236 度、銀緯 ± 1 度以下の範囲で選定した 72 ポイントについて 6.7GHz メタノールレーザーによる観測を行う。それらの結果から、検出されたスペクトルが既知のものであるかどうかを比較し、新検出のレーザー源を調査する。さらに、分子雲クランプやホットコア候補天体の物理状態（質量、密度、速度分散など）と大質量星形成の有無との相関を調べるのが本研究の最終目的となる。

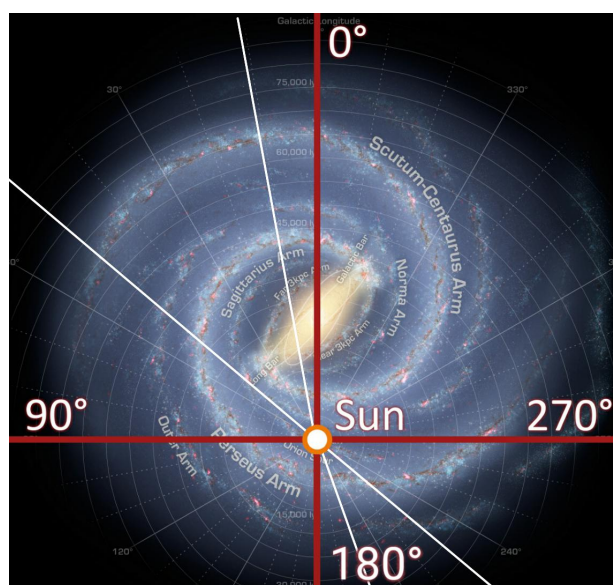


図 1. 銀河座標における観測天体の領域

第 2 章 研究方法

2.1 観測ポイント

本研究では、国立天文台が所有し茨城大学が運用する日立 32m 電波望遠鏡を用いて、6.7GHz メタノールメーザーのサーベイを行った。しかし、観測ポイントが多く、また日立局単一では分解能が低く複数のポイントが密集した領域を分離して観測が困難のため、直径 1.5 arcmin 内に複数のポイントが存在する場合は、代表 1 ポイントで観測を実施し、観測の効率化を図った。その結果、355 + 72 ポイントであったのを 271 + 72 ポイント の計 343 ポイントの観測でカバーした。また、それぞれの観測ポイントについて、8 字のポイント名を決定した。

観測は、ホットコア候補天体について 8 回、その後、鹿児島大学のポイントについて 2 回の計 10 回で行った。

表 1 観測パラメータ

空間分解能	4.6 arcmin
観測周波数	6664 - 6672 MHz
分光点数	8192
速度分解能	0.044 km/s
積分時間	(ON 点・OFF 点) 各 300 sec / source
システム雑音温度	25 - 35 K (EL > 15°)
検出感度 (1σ)	~0.15 K

表 2 観測日および観測ポイント

1 ... 2018/11/16 36 ポイント	5 ... 2018/12/23 36 ポイント
2 ... 2018/11/28 36 ポイント	6 ... 2018/12/25 31 ポイント
3 ... 2018/12/10 36 ポイント	7 ... 2018/12/27 33 ポイント
4 ... 2018/12/17 36 ポイント	8 ... 2019/01/09 27 ポイント
9 ... 2019/01/11 36 ポイント	10 ... 2019/01/17 36 ポイント

得られたメーザースペクトルにピーク（放射）が見られる場合は、放射の両端 10km/s の範囲内で標準偏差を計算し、 1σ ノイズレベルを求めた。放射強度値が 3σ を超える場合は検出とみなした。

2.2 観測方法

本観測では、天体にアンテナを向けた場合（ON 点）から周辺の天体のない場合（OFF 点）の差分を取る ON-OFF 観測を採用した。OFF 点には RA 方向に +60 arcmin 離れた位置を利用し、ON 点・OFF 点それぞれ 300sec/source の積分を実施した。

観測データの解析には普段行っているモニター観測で用いられるプログラムを流用した。そのプログラムを用いて、約半日かけて FFT することでスペクトルが得られ、また、ON 点のデータを OFF 点で減算するベースラインフィットを行い、データを取得する。しかし、この方法を実施した後もベースラインが傾くことがある。また ON 点と OFF 点の観測にもわずかな時間差があるため、同様にベースラインがうねる場合がある。そこで輝線がない部分に直線を適合させて差し引きを行い、ベースラインフィットのやり直しを行った。

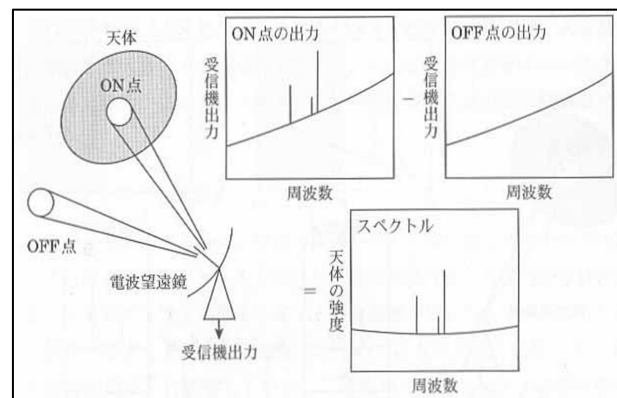


図 2 on-off 観測とベースラインフィット

以下に全観測ポイントのデータを記載する。

表 3 ホットコア候補天体観測ポイント一覧

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
10.0-0A4	10.05	-0.408	272.347	-20.444
10.0-0B4	10.081	-0.416	272.370	-20.421
10.1-0.4	10.131	-0.408	272.389	-20.373
10.1-0A3	10.145	-0.339	272.332	-20.328
10.1-0B3	10.195	-0.397	272.412	-20.312
10.1-0C3	10.178	-0.35	272.359	-20.304
10.2-0.1	10.289	-0.161	272.240	-20.115
10.2-0A3	10.203	-0.308	272.333	-20.262
10.2-0B3	10.203	-0.341	272.363	-20.278
10.2-0D3	10.22	-0.369	272.398	-20.277
10.3-0.1	10.3	-0.144	272.230	-20.098

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
10.4+0A0	10.465	0.02	272.162	-19.874
10.4+0D0	10.481	0.036	272.156	-19.852
10.6+0.0	10.673	0.095	272.200	-19.656
10.6-0.5	10.634	-0.508	272.741	-19.981
10.6-0A3	10.631	-0.372	272.613	-19.918
10.7-0.1	10.717	-0.155	272.455	-19.738
10.7-0.2	10.748	-0.216	272.527	-19.740
11.0-0.3	11.059	-0.372	272.832	-19.543
11.1-0.3	11.109	-0.388	272.872	-19.507
11.9-0A6	11.92	-0.616	273.496	-18.905
12.2-0.6	12.263	-0.626	273.678	-18.608
12.4+0.5	12.416	0.51	272.706	-17.929
12.6-0A1	12.68	-0.176	273.472	-18.027
12.8+0.4	12.888	0.49	272.963	-17.525
12.8+0.5	12.894	0.507	272.951	-17.512
12.8-0.1	12.816	-0.185	273.549	-17.912
12.8-0A2	12.81	-0.204	273.563	-17.926
12.8-0B2	12.855	-0.201	273.583	-17.885
12.9+0A4	12.911	0.487	272.978	-17.506
12.9+0B4	12.905	0.462	272.998	-17.524
13.0-0.2	13.074	-0.24	273.729	-17.712
13.1-0A1	13.185	-0.109	273.664	-17.552
13.1-0B1	13.199	-0.134	273.694	-17.551
13.2+0A0	13.202	0.057	273.519	-17.457
13.2+0C0	13.216	0.029	273.552	-17.458
13.2-0.1	13.213	-0.151	273.717	-17.547
13.3+0A0	13.302	0.018	273.605	-17.388
14.1-0.1	14.188	-0.18	274.229	-16.703
14.1-0.5	14.113	-0.569	274.550	-16.954
14.1-0A2	14.177	-0.246	274.284	-16.745
14.1-0B2	14.191	-0.221	274.268	-16.720
14.2-0.1	14.202	-0.199	274.254	-16.700
14.3-0.6	14.33	-0.644	274.726	-16.798
14.4-0.1	14.427	-0.113	274.286	-16.461
14.4-0A0	14.475	-0.077	274.277	-16.402
14.4-0B0	14.43	-0.094	274.270	-16.450

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
14.6-0.5	14.636	-0.569	274.808	-16.493
16.3-0.0	16.355	-0.071	275.195	-14.743
18.3-0.2	18.309	-0.261	276.312	-13.106
18.8+0.0	18.87	0.028	276.319	-12.475
18.9-0.0	18.909	-0.083	276.438	-12.493
19.3-0.0	19.367	-0.041	276.618	-12.068
20.0+0.3	20.026	0.35	276.579	-11.303
20.2+0.0	20.237	0.067	276.934	-11.248
20.6+0.7	20.631	0.748	276.508	-10.582
20.7+0.4	20.722	0.42	276.846	-10.654
20.7+1.0	20.747	1.007	276.330	-10.358
21.0-0.2	21.039	-0.222	277.574	-10.671
21.0-0.5	21.075	-0.58	277.914	-10.805
21.1-0.6	21.106	-0.636	277.979	-10.804
21.3-0.1	21.339	-0.147	277.648	-10.371
21.3-0.9	21.339	-0.958	278.380	-10.746
21.4-0.5	21.419	-0.544	278.044	-10.484
21.5-0.8	21.561	-0.899	278.431	-10.521
21.6-0.8	21.656	-0.808	278.393	-10.395
21.7-0.4	21.722	-0.43	278.083	-10.162
21.7-0.5	21.7	-0.561	278.191	-10.242
21.9-0.2	21.97	-0.202	277.994	-9.837
22.0+0.2	22.039	0.231	277.637	-9.575
22.1+0.0	22.114	0.061	277.825	-9.588
22.3+0.0	22.35	0.07	277.928	-9.374
22.3+0A3	22.373	0.381	277.659	-9.210
22.3+0B3	22.389	0.308	277.732	-9.229
22.4+0.3	22.417	0.328	277.727	-9.195
22.9+0.0	22.953	0.042	278.235	-8.852
23.0+0.2	23.064	0.253	278.097	-8.656
23.0-0.0	23.095	-0.075	278.406	-8.780
23.0-0.4	23.061	-0.416	278.697	-8.968
23.1-0.3	23.145	-0.361	278.686	-8.868
23.2-0.0	23.297	-0.066	278.492	-8.597
23.2-0A2	23.267	-0.252	278.645	-8.709
23.2-0A3	23.2	-0.377	278.726	-8.826

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
23.2-0B2	23.272	-0.205	278.606	-8.683
23.2-0B3	23.247	-0.35	278.724	-8.772
23.2-0C3	23.272	-0.358	278.743	-8.754
23.3+0.4	23.389	0.456	278.067	-8.274
23.3-0.1	23.386	-0.189	278.644	-8.575
23.3-0A2	23.311	-0.236	278.652	-8.663
23.3-0C2	23.331	-0.283	278.703	-8.667
23.3-0E2	23.37	-0.252	278.693	-8.618
23.3-0G2	23.375	-0.283	278.724	-8.628
23.3-0H2	23.384	-0.205	278.658	-8.584
23.3-0I2	23.384	-0.258	278.705	-8.608
23.3-0N2	23.397	-0.236	278.692	-8.586
23.4+0.0	23.486	0.092	278.439	-8.356
23.4+0.1	23.481	0.1	278.429	-8.357
23.4-0.0	23.425	-0.03	278.520	-8.467
23.4-0.5	23.411	-0.511	278.945	-8.701
23.4-0A1	23.4	-0.172	278.636	-8.554
23.4-0B1	23.428	-0.186	278.661	-8.536
23.4-0C1	23.436	-0.161	278.642	-8.517
23.4-0D1	23.456	-0.169	278.659	-8.503
23.4-0D2	23.414	-0.247	278.709	-8.576
23.4-0F1	23.475	-0.15	278.651	-8.478
23.4-0H2	23.442	-0.266	278.739	-8.560
23.4-0I2	23.478	-0.208	278.704	-8.502
23.5+0A0	23.559	0.006	278.550	-8.331
23.6+0.1	23.686	0.159	278.472	-8.148
23.8-0.1	23.87	-0.108	278.797	-8.108
23.9+0A1	23.956	0.139	278.615	-7.918
24.0+0.0	24.009	0.053	278.717	-7.910
24.0+0A2	24.036	0.223	278.577	-7.808
24.1+0.0	24.153	0.045	278.791	-7.786
24.1+0.3	24.189	0.373	278.514	-7.603
24.1+0.7	24.183	0.781	278.146	-7.420
24.1+0.8	24.164	0.815	278.107	-7.421
24.2+0.1	24.225	0.195	278.690	-7.653
24.2+0.6	24.283	0.62	278.337	-7.406

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
24.2+0A2	24.228	0.24	278.651	-7.630
24.2+0B2	24.245	0.204	278.692	-7.631
24.2+0C2	24.286	0.265	278.656	-7.567
24.3+0.9	24.334	0.942	278.073	-7.212
24.3+0A0	24.3	0.081	278.827	-7.639
24.3+0A1	24.303	0.137	278.779	-7.610
24.3+0B1	24.336	0.14	278.791	-7.580
24.3+0B2	24.358	0.281	278.675	-7.495
24.3+0D0	24.347	0.081	278.849	-7.597
24.3+0E0	24.353	0.045	278.884	-7.608
24.3+0H0	24.386	0.02	278.922	-7.591
24.4+0A0	24.425	0.098	278.870	-7.520
24.4+0A2	24.417	0.24	278.739	-7.462
24.4+0A3	24.436	0.365	278.636	-7.387
24.4+0A4	24.467	0.473	278.554	-7.310
24.4+0B1	24.408	0.145	278.820	-7.514
24.4+0B3	24.486	0.301	278.717	-7.373
24.4+0B4	24.467	0.487	278.541	-7.304
24.4+0C0	24.483	0.079	278.914	-7.477
24.4+0C2	24.45	0.251	278.745	-7.428
24.4+0D0	24.497	0.054	278.943	-7.476
24.4+0E1	24.417	0.104	278.861	-7.524
24.4+0K1	24.458	0.195	278.799	-7.446
24.5+0.0	24.547	0.081	278.942	-7.420
24.5+0.3	24.528	0.354	278.689	-7.311
24.6+0.2	24.645	0.234	278.850	-7.262
24.6+0A1	24.633	0.145	278.925	-7.314
24.6+0B1	24.633	0.173	278.899	-7.301
24.7+0.6	24.795	0.629	278.567	-6.947
24.7+0.8	24.742	0.884	278.314	-6.877
24.7+0A0	24.731	0.081	279.027	-7.256
24.7+0A1	24.722	0.156	278.956	-7.230
24.7+0B1	24.725	0.109	278.999	-7.249
24.7+0C0	24.778	0.081	279.049	-7.215
24.7+0D1	24.767	0.117	279.012	-7.208
24.7+0F0	24.797	0.07	279.068	-7.203

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
24.8+0.4	24.861	0.431	278.774	-6.980
24.8+0A0	24.8	0.087	279.054	-7.192
24.8+0B0	24.803	0.034	279.103	-7.214
24.8+0C0	24.867	0.015	279.149	-7.166
24.9+0.0	24.917	0.073	279.121	-7.095
24.9+0.2	24.917	0.223	278.986	-7.026
24.9+0.7	24.95	0.79	278.495	-6.735
25.0+0.5	25.078	0.52	278.795	-6.746
25.1+0.1	25.186	0.137	279.188	-6.826
25.2+0.2	25.225	0.284	279.074	-6.724
25.3+0.0	25.378	0.042	279.362	-6.700
25.3+0.1	25.383	0.181	279.240	-6.631
25.4+0.0	25.486	0.081	279.377	-6.586
25.5+0.1	25.561	0.142	279.357	-6.491
25.5+0.5	25.589	0.542	279.012	-6.282
25.6+0.2	25.642	0.231	279.315	-6.378
25.7+0.1	25.792	0.106	279.496	-6.302
25.7+0A2	25.717	0.206	279.372	-6.323
25.7+0C2	25.792	0.287	279.334	-6.219
25.7+0D2	25.797	0.262	279.359	-6.226
26.1+0.1	26.181	0.131	279.653	-5.945
26.2+0.0	26.234	0.095	279.710	-5.915
26.3+0.3	26.367	0.348	279.545	-5.680
26.5+0.2	26.509	0.281	279.670	-5.585
26.8+0A2	26.811	0.228	279.857	-5.341
26.9+0.7	26.928	0.739	279.454	-5.003
27.0-0.7	27.022	-0.724	280.804	-5.589
27.1-0.5	27.106	-0.558	280.694	-5.438
27.1-0.9	27.108	-0.972	281.065	-5.626
27.2+0.1	27.286	0.148	280.146	-4.955
27.2-0.5	27.206	-0.597	280.775	-5.367
27.3+0.0	27.339	0.02	280.285	-4.967
27.3-0.1	27.367	-0.169	280.467	-5.028
27.3-0.4	27.358	-0.499	280.757	-5.187
27.5+0.0	27.589	0.017	280.403	-4.746
27.5+0B0	27.564	0.079	280.336	-4.740

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
27.5-0.9	27.556	-0.935	281.237	-5.210
27.7+0.0	27.778	0.051	280.459	-4.562
27.7-0.2	27.714	-0.291	280.735	-4.776
27.8+0.2	27.881	0.201	280.372	-4.402
27.9+0.0	27.975	0.065	280.537	-4.381
27.9-0.5	27.959	-0.558	281.085	-4.680
28.1+0.2	28.156	0.284	280.425	-4.120
28.1+0A1	28.153	0.17	280.525	-4.174
28.1-0.0	28.197	-0.055	280.746	-4.238
28.2+0.9	28.239	0.984	279.839	-3.725
28.2+0A0	28.245	0.062	280.663	-4.142
28.2+0D0	28.295	0.003	280.739	-4.124
28.2-0.1	28.272	-0.166	280.879	-4.222
28.2-0.2	28.203	-0.202	280.880	-4.300
28.3+0A0	28.3	0.07	280.681	-4.089
28.3+0B0	28.336	0.056	280.710	-4.064
28.3+0B1	28.339	0.12	280.655	-4.032
28.3+0D0	28.395	0.073	280.722	-4.004
28.3+0E0	28.397	0.037	280.755	-4.018
28.4+0.1	28.461	0.181	280.656	-3.895
28.4+0.2	28.47	0.245	280.603	-3.858
28.4+0.3	28.489	0.395	280.478	-3.773
28.4+0A0	28.431	0.056	280.754	-3.979
28.5+0.0	28.547	0.092	280.775	-3.860
28.5-0.3	28.58	-0.338	281.174	-4.027
28.5-0A2	28.525	-0.241	281.062	-4.031
28.5-0B2	28.567	-0.23	281.071	-3.989
28.6+0A0	28.622	0.028	280.866	-3.822
28.6+0B0	28.664	0.023	280.890	-3.787
28.6-0.3	28.603	-0.349	281.194	-4.011
28.7+0.7	28.747	0.792	280.243	-3.362
28.7-0.3	28.719	-0.302	281.205	-3.887
28.8+0.0	28.867	0.062	280.948	-3.589
28.8+0.1	28.825	0.17	280.833	-3.577
29.0+0.0	29.031	0.031	281.051	-3.457
29.1+0A0	29.12	0.034	281.089	-3.377

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
29.2+0.0	29.253	0.048	281.137	-3.252
29.3+0.2	29.348	0.217	281.030	-3.090
29.5+0.3	29.531	0.312	281.029	-2.884
29.6+0.7	29.681	0.728	280.728	-2.560
29.8+0.1	29.856	0.103	281.364	-2.690
29.8+0A0	29.856	0.017	281.441	-2.729
29.9+0.0	29.9	0.006	281.471	-2.695
33.1-0.0	33.128	-0.097	283.035	0.130
33.2-0.0	33.283	-0.027	283.044	0.300
33.3-0.5	33.317	-0.513	283.492	0.109
33.4-0.0	33.439	-0.041	283.127	0.433
33.4-0.5	33.475	-0.566	283.611	0.225
33.5-0.0	33.553	-0.058	283.194	0.526
33.5-0.2	33.564	-0.227	283.350	0.459
33.5-0.6	33.583	-0.694	283.774	0.263
33.6-0.0	33.625	-0.038	283.209	0.600
33.9-0.6	33.947	-0.641	283.893	0.611
33.9-0A0	33.964	-0.019	283.347	0.910
33.9-0C0	33.989	-0.094	283.425	0.898
34.0+0.0	34.086	0.023	283.365	1.038
34.1+0.0	34.17	0.095	283.340	1.145
34.2+0.9	34.284	0.915	282.662	1.620
34.2+0A1	34.217	0.126	283.333	1.201
34.2+0A2	34.236	0.22	283.258	1.261
34.2+0B1	34.223	0.156	283.310	1.220
34.2+0F1	34.248	0.198	283.284	1.262
34.2+0G1	34.256	0.153	283.327	1.248
34.2+0I1	34.281	0.181	283.314	1.283
34.4+0.9	34.461	0.937	282.723	1.788
34.4+0A2	34.406	0.226	283.331	1.415
34.5+0.1	34.589	0.126	283.503	1.532
34.6+0.2	34.664	0.201	283.471	1.633
34.7+0.4	34.798	0.481	283.282	1.880
34.8+0.4	34.85	0.428	283.353	1.902
34.9+0.3	34.975	0.387	283.447	1.995
34.9+0.7	34.992	0.748	283.133	2.174

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
34.9+0.8	34.992	0.881	283.015	2.235
35.0-0.4	35.083	-0.486	284.273	1.693
35.1-0.1	35.144	-0.133	283.987	1.908
35.1-0A7	35.186	-0.744	284.550	1.666
37.0+0.3	37.012	0.322	284.435	3.778
38.3-0.1	38.373	-0.151	285.481	4.772
38.9-0.4	38.94	-0.456	286.014	5.136
43.1+0.0	43.17	0.009	287.560	9.106
44.3+0.0	44.307	0.041	288.064	10.129
45.0-0.1	45.063	-0.176	288.616	10.698
45.1-0.7	45.138	-0.782	289.197	10.482
49.2-0.0	49.265	-0.001	290.472	14.494

表 4 鹿児島大学選定観測ポイント一覧

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
KAGO0001	44.311	0.039	288.068	10.132
KAGO0002	49.491	-0.420	290.963	14.495
KAGO0003	21.558	-0.132	277.737	-10.170
KAGO0004	21.374	-0.228	277.737	-10.377
KAGO0005	19.359	-0.031	276.605	-12.070
KAGO0006	19.398	-0.013	276.608	-12.027
KAGO0007	19.290	0.076	276.476	-12.081
KAGO0008	19.080	-0.302	276.718	-12.443
KAGO0009	19.394	-0.056	276.645	-12.051
KAGO0010	18.906	-0.629	276.931	-12.750
KAGO0011	18.870	-0.469	276.769	-12.707
KAGO0012	19.084	-0.286	276.705	-12.432
KAGO0013	19.015	-0.075	276.481	-12.395
KAGO0014	18.951	0.050	276.337	-12.393
KAGO0015	18.932	-0.032	276.402	-12.448
KAGO0016	18.873	0.057	276.294	-12.459
KAGO0017	18.867	-0.298	276.612	-12.630
KAGO0018	18.554	-0.088	276.272	-12.809
KAGO0019	18.349	-0.273	276.342	-13.077

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
KAGO0020	18.313	-0.389	276.430	-13.163
KAGO0021	18.255	-0.257	276.282	-13.152
KAGO0022	18.166	-0.304	276.282	-13.253
KAGO0023	18.000	-0.346	276.241	-13.419
KAGO0024	18.233	0.657	275.443	-12.743
KAGO0025	17.474	-0.235	275.886	-13.832
KAGO0026	16.825	-0.347	275.675	-14.458
KAGO0027	17.247	0.786	274.849	-13.552
KAGO0028	16.970	0.960	274.557	-13.714
KAGO0029	16.599	-0.052	275.296	-14.519
KAGO0030	16.366	-0.085	275.213	-14.740
KAGO0031	16.365	-0.214	275.330	-14.801
KAGO0032	15.367	-0.420	275.031	-15.779
KAGO0033	15.031	-0.665	275.091	-16.190
KAGO0034	14.894	-0.401	274.781	-16.187
KAGO0035	14.613	-0.565	274.793	-16.512
KAGO0036	14.714	-0.152	274.464	-16.227
KAGO0037	14.689	0.026	274.288	-16.165
KAGO0038	14.631	0.304	274.005	-16.084
KAGO0039	14.565	-0.603	274.804	-16.572
KAGO0040	14.532	-0.767	274.939	-16.679
KAGO0041	14.426	-0.698	274.823	-16.739
KAGO0042	14.370	-0.628	274.731	-16.756
KAGO0043	14.317	-0.499	274.586	-16.741
KAGO0044	14.228	0.511	273.615	-16.339
KAGO0045	14.454	-0.102	274.289	-16.432
KAGO0046	14.431	-0.161	274.332	-16.481
KAGO0047	14.100	-0.141	274.150	-16.762
KAGO0048	13.951	-0.450	274.360	-17.040
KAGO0049	13.918	-0.502	274.391	-17.094
KAGO0050	13.656	-0.600	274.351	-17.371
KAGO0051	13.896	-0.121	274.030	-16.932
KAGO0052	13.714	-0.086	273.907	-17.076
KAGO0053	13.825	0.208	273.692	-16.838
KAGO0054	13.884	0.275	273.660	-16.754
KAGO0055	13.884	0.275	273.660	-16.754

観測ポイント名	銀経(度)	銀緯(度)	赤経(度)	赤緯(度)
KAGO0056	13.585	0.840	272.993	-16.746
KAGO0057	13.334	-0.071	273.703	-17.403
KAGO0058	13.213	0.038	273.542	-17.457
KAGO0059	13.202	-0.132	273.693	-17.548
KAGO0060	13.066	-0.327	273.805	-17.760
KAGO0061	12.940	-0.249	273.670	-17.834
KAGO0062	12.923	-0.256	273.668	-17.852
KAGO0063	12.402	-0.469	273.603	-18.411
KAGO0064	12.798	-0.202	273.555	-17.936
KAGO0065	12.715	-0.210	273.521	-18.013
KAGO0066	12.631	-0.017	273.301	-17.994
KAGO0067	12.894	0.513	272.945	-17.509
KAGO0068	12.780	0.339	273.048	-17.692
KAGO0069	12.416	0.504	272.712	-17.932
KAGO0070	12.230	0.141	272.952	-18.270
KAGO0071	224.274	-0.833	107.335	-10.465
KAGO0072	201.446	0.638	98.141	10.503

2.3 比較方法

観測よりスペクトルが得られたデータに関しては、既知のメーザー源との比較を行う。比較には、普段のモニター観測で得られたスペクトルを使用する。まず、スペクトルが検出されたポイントと、既知のメーザー源のポイントを比較し、近いものからスペクトルを確認していく。およそ±0.5 度以内に存在する全てのメーザー源との比較を行い、観測されたスペクトルが既知か新検出かを判断する。

表 5 使用したモニター観測のデータ一覧

M18326S	M18343S	M19001S
M18304S	M18353S	M19023S
M18336S	M18359S	M19026S

また、既知のメーザー源からの混入が判明したものに関しては、離角の計算も行う。2 点間の離角 θ の導出には (赤経 [度], 赤緯 [度]) = $(\alpha_1, \delta_1), (\alpha_2, \delta_2)$ として次式を用いた。

$$\theta = \sqrt{\cos^2\left(\frac{\delta_2 + \delta_1}{2}\right)(\alpha_2 - \alpha_1)^2 + (\delta_2 - \delta_1)^2} \quad (1)$$

第 3 章 結果

3.1 観測結果

観測を行った 343 ポイントの中から、128 ポイントからスペクトルが検出された。そのうちの 100 ポイントがホットコア候補天体からの検出であり、28 ポイントが鹿児島大学の選定したポイントであった。

表 6 スペクトルが検出されたホットコア候補天体ポイント名一覧

10.2-0.1	18.9-0.0	23.4-0A2	24.8+0A0	29.6+0.7
10.3-0.1	19.3-0.0	23.4-0B1	24.8+0B0	29.8+0A0
10.4+0A0	20.2+0.0	23.4-0F2	24.8+0C0	29.8+0.1
10.4+0D0	22.0+0.2	23.4-0C1	24.9+0.0	29.9+0.0
10.6-0A3	22.3+0.0	23.4-0F1	24.9+0.7	33.1-0.0
11.9-0A6	22.3+0A3	23.4-0I2	25.4+0.0	33.4-0.0
12.4+0.5	22.3+0B3	23.4+0.1	25.6+0.2	33.5-0.2
12.6-0A1	22.4+0.3	23.4+0.0	25.7+0A2	33.9-0A0
12.8-0A2	23.0-0.4	24.1+0.0	26.9+0.7	34.0+0.0
12.8-0.1	23.1-0.3	24.3+0A1	27.2+0.1	34.2+0A1
12.8-0B2	23.2-0A3	24.3+0.9	27.3-0.1	34.2+0B1
12.8+0.4	23.2-0B3	24.3+0B1	27.5+0A0	34.2+0F1
12.8+0.5	23.2-0A2	24.4+0A3	28.1-0.0	34.2+0G1
12.9+0B4	23.2-0B2	24.4+0K1	28.3+0B0	34.2+0I1
12.9+0A4	23.2-0C3	24.5+0.3	28.3+0D0	34.4+0A2
13.0-0.2	23.3-0A2	24.7+0B1	28.3+0E0	34.5+0.1
13.2+0A0	23.3-0H2	24.7+0A0	28.4+0A0	34.6+0.2
14.6-0.5	23.3-0.1	24.7+0D1	28.6+0A0	34.9+0.3
18.3-0.2	23.3-0N2	24.7+0C0	28.7-0.3	35.1-0A7
18.8+0.0	23.4-0A1	24.7+0F0	28.8+0.0	43.1+0.0

表 7 スペクトルが検出された鹿児島大学選定ポイント名一覧

KAGO0002	KAGO0013	KAGO0029	KAGO0052	KAGO0065
KAGO0004	KAGO0015	KAGO0031	KAGO0056	KAGO0066
KAGO0005	KAGO0016	KAGO0033	KAGO0060	KAGO0067
KAGO0006	KAGO0017	KAGO0035	KAGO0061	KAGO0069
KAGO0009	KAGO0021	KAGO0038	KAGO0062	
KAGO0011	KAGO0024	KAGO0050	KAGO0064	

3.2 スペクトルの比較結果

スペクトルが検出された全 128 ポイントについて、既知のメーザー源との比較を行った。また、OFF 点からの混入が検出されたスペクトルに関しては、OFF 点付近の既知のメーザー源と比較を行った。その結果、121 ポイントについては既知のメーザー源からの混入が確認された(3.2.1 節)。残りの 7 ポイントのうちの 2 ポイントについては、ピークの視線速度が近いが、少しずれている既知のメーザー源が見つかった(3.2.2 節)。残りの 5 ポイントについては、混入したと思われる既知のメーザー源が見つからなかったため、新検出である可能性が高い(3.2.3 節)。

3.2.1 既知のメーザー源からの混入が検出されたポイント

既知のメーザー源からの混入が検出されたポイントについて、以下の表 8 にまとめた。観測されたメーザー源のスペクトルを A、混入した既知のメーザー源のスペクトルを B としている。また、スペクトルについても図 3 ~図 103 にまとめた。スペクトルの図は全て、横軸が視線速度(km/s)、縦軸がアンテナ温度(K)である。

表 8 既知のメーザー源からの混入が検出されたポイント一覧

ポイント名 (A)	A のピークの 視線速度(km/s)	A のピークの アンテナ温度(K)	混入メーザー源 (B)	B のピークの アンテナ温度(K)	離角(arcmin)
10.2-0.1	10.183	11.502	10.323-0.160	17.113	2.015
10.3-0.1	10.143	12.840	10.323-0.160	17.113	1.649
10.4+0A0	75.019	9.398	10.472+0.027	10.400	0.620
10.4+0D0	75.059	9.353	10.472+0.027	10.400	0.738
10.6-0A3	4.985	1.479	10.627-0.384	1.503	0.787
11.9-0A6	32.147	7.012	11.936-0.616	8.470	0.959
12.4+0.5	39.657	-1.016	12.909-0.260	55.823	4.436
12.6-0A1	58.483	253.487	12.681-0.182	227.702	0.375
12.8+0.4	33.750	18.212	12.889+0.489	17.363	0.054
12.8+0.5	33.746	14.017	12.889+0.489	17.363	1.111
12.8-0.1	58.471	8.964	12.681-0.182	227.702	7.156
			12.909-0.260	55.823	8.128
12.8-0A2	58.492	9.627	12.681-0.182	227.702	6.807
			12.909-0.260	55.823	7.875
12.8-0B2	58.571	1.660	12.681-0.182	227.702	4.790
			12.909-0.260	55.823	10.527

ポイント名 (A)	A のピークの 視線速度(km/s)	A のピークの アンテナ温度(K)	混入メーザー源 (B)	B のピークの アンテナ温度(K)	離角(arcmin)
12.9+0A4	33.770	15.753	12.889+0.489	17.363	1.353
12.9+0B4	33.746	14.495	12.889+0.489	17.363	1.912
13.0-0.2	39.977	0.745	12.681-0.182	227.702	10.002
			12.909-0.260	55.823	23.859
13.2+0A0	46.665	0.717	13.179+0.061	0.605	1.417
14.6-0.5	25.208	1.920	14.631-0.577	1.975	0.563
18.3-0.2	73.416	2.340	18.262-0.244	5.486	3.000
18.8+0.0	38.751	1.785	18.874+0.053	2.082	1.539
18.9-0.0	55.008	0.808	19.009-0.029	13.313	6.787
19.3-0.0	25.300	6.107	19.365-0.030	7.040	0.670
20.2+0.0	72.139	6.713	20.24+0.08	4.984	1.112
22.0+0.2	54.420	3.123	22.05+0.22	3.100	0.518
22.3+0.0	80.151	4.255	22.36+0.06	4.792	0.442
22.3+0A3	75.138	-0.604	23.01-0.41	114.936	11.964
22.3+0B3	75.263	-1.248	23.01-0.41	114.936	13.670
22.4+0.3	75.342	-0.695	23.01-0.41	114.936	11.631
23.0-0.4	74.836	44.251	23.01-0.41	114.936	3.098
23.1-0.3	74.807	3.410	23.01-0.41	114.936	8.647
			23.19-0.38	7.492	3.830
23.2-0A2	64.169	1.143	23.24-0.24	1.411	0.926
23.2-0A3	81.764	7.352	23.19-0.38	7.492	0.401
23.2-0B2	64.050	0.838	23.24-0.24	1.411	2.318
23.2-0B3	81.764	2.690	23.19-0.38	7.492	2.930
23.2-0C3	77.486	1.237	23.19-0.38	7.492	4.092
23.3-0.1	102.928	4.040	23.43-0.18	11.109	3.254
23.3-0A2	64.168	0.659	23.43-0.18	11.109	8.375
23.3-0H2	102.899	2.802	23.43-0.18	11.109	3.617
23.3-0N2	102.990	3.181	23.43-0.18	11.109	4.123
23.4+0.0	87.756	1.199	23.48+0.08	1.283	0.311
23.4+0.1	87.619	1.225	23.48+0.08	1.283	0.269
23.4-0A1	102.988	7.511	23.43-0.18	11.109	2.467
23.4-0A2	103.003	3.259	23.43-0.18	11.109	3.365
23.4-0B1	102.971	11.095	23.43-0.18	11.109	0.744

ポイント名 (A)	A のピークの 視線速度(km/s)	A のピークの アンテナ温度(K)	混入メーザー源 (B)	B のピークの アンテナ温度(K)	離角(arcmin)
23.4-0C1	103.017	8.487	23.43-0.18	11.109	1.295
23.4-0F1	97.654	4.376	23.43-0.18	11.109	2.864
23.4-0F2	102.926	2.797	23.43-0.18	11.109	3.564
23.4-0I2	102.962	4.908	23.43-0.18	11.109	2.763
24.1+0.0	17.746	1.713	24.14+0.00	6.827	3.255
24.3+0.9	110.907	-18.801	24.78+0.08	22.479	1.310
24.3+0A1	110.301	2.089	24.33+0.14	2.710	1.596
24.3+0B1	110.333	2.439	24.33+0.14	2.710	0.512
24.4+0A3	109.239	0.649	24.54+0.32	2.393	6.473
24.5+0.3	109.299	1.399	24.54+0.32	2.393	1.984
24.7+0A0	110.428	3.546	24.78+0.08	22.479	3.518
24.7+0B1	110.435	1.139	24.78+0.08	22.479	4.171
24.7+0C0	110.410	21.324	24.78+0.08	22.479	0.708
24.7+0D1	110.424	8.023	24.78+0.08	22.479	2.436
24.7+0F0	110.389	23.859	24.78+0.08	22.479	0.912
24.8+0A0	110.412	21.910	24.78+0.08	22.479	0.664
24.8+0B0	110.369	12.493	24.78+0.08	22.479	3.063
24.8+0C0	110.123	0.797	24.78+0.08	22.479	6.193
24.9+0.0	53.323	2.087	24.93+0.08	1.476	1.547
24.9+0.7	95.871	-0.726	25.38+0.00	1.162	5.967
25.6+0.2	95.949	0.887	25.53+0.38	0.501	10.807
25.7+0A2	95.080	0.625	25.53+0.38	0.501	14.944
26.9+0.7	101.314	-11.044	27.36-0.16	13.423	1.645
27.2+0.1	115.235	0.875	27.22+0.13	5.629	3.847
27.3-0.1	100.746	13.945	27.36-0.16	13.423	0.230
28.1-0.0	101.099	1.223	28.20-0.05	1.377	0.354
28.3+0B0	71.470	0.920	28.39+0.08	7.520	3.891
28.3+0D0	71.416	7.023	28.39+0.08	7.520	0.321
28.3+0E0	71.424	3.304	28.39+0.08	7.520	1.978
28.4+0A0	71.447	4.072	28.39+0.08	7.520	2.074
28.7-0.3	83.427	0.775	28.83-0.25	20.128	7.408
28.8+0.0	104.950	1.441	28.86+0.07	0.883	0.643
29.6+0.7	105.395	-0.991	30.20-0.17	5.023	3.719

ポイント名 (A)	A のピークの 視線速度(km/s)	A のピークの アンテナ温度(K)	混入メーザー源 (B)	B のピークの アンテナ温度(K)	離角(arcmin)
29.8+0.1	96.033	0.977	29.86-0.04	28.141	8.826
			29.95-0.02	58.872	9.303
29.8+0A0	101.443	4.638	29.86-0.04	28.141	3.679
			29.95-0.02	58.872	6.290
29.9+0.0	96.002	10.981	29.86-0.04	28.141	3.734
			29.95-0.02	58.872	3.582
33.1-0.0	73.201	3.632	33.13-0.09	3.488	0.363
33.4-0.0	105.626	0.855	33.40+0.01	4.570	5.052
33.5-0.2	60.326	2.342	33.64-0.21	38.144	4.581
33.9-0A0	59.602	0.769	33.97-0.00	0.690	0.655
34.0+0.0	56.000	1.360	34.10+0.01	1.498	1.065
34.2+0A1	56.686	3.117	34.24+0.13	6.437	1.688
34.2+0B1	57.655	4.686	34.24+0.13	6.437	1.874
34.2+0F1	57.663	1.948	34.24+0.13	6.437	3.901
34.2+0G1	57.668	6.556	34.24+0.13	6.437	1.388
34.2+0I1	57.625	2.882	34.24+0.13	6.437	3.624
34.4+0A2	55.632	2.284	34.39+0.24	3.574	0.919
34.5+0.1	28.956	-1.920	35.20-0.74	47.190	9.190
34.9+0.3	44.299	1.234	35.02+0.35	4.189	3.725
35.1-0A7	28.406	51.180	35.20-0.74	47.190	0.661
43.1+0.0	9.282	9.133	43.17-0.00	8.694	12.214
KAGO0002	59.277	165.964	49.49-0.39	226.195	1.944
KAGO0004	89.060	1.380	21.41-0.25	2.520	2.512
KAGO0005	25.269	6.862	19.365-0.030	7.040	0.371
KAGO0006	25.326	2.267	19.365-0.030	7.040	2.223
KAGO0009	25.283	3.348	19.365-0.030	7.040	2.328
KAGO0011	55.504	0.800	18.888-0.475	0.973	1.153
KAGO0013	54.892	6.680	19.009-0.029	13.313	2.769
KAGO0015	54.858	1.064	19.009-0.029	13.313	4.597
KAGO0016	38.810	2.012	18.874+0.053	2.082	0.224
KAGO0017	41.221	0.894	18.834-0.300	1.123	2.002
KAGO0021	73.438	5.175	18.262-0.244	5.486	0.893
KAGO0024	38.632	-1.126	18.733-0.224	1.682	2.857

ポイント名 (A)	A のピークの 視線速度(km/s)	A のピークの アンテナ温度(K)	混入メーザー源 (B)	B のピークの アンテナ温度(K)	離角(arcmin)
KAGO0029	62.186	16.525	16.585-0.051	18.256	0.827
KAGO0031	51.867	0.765	16.302-0.196	3.071	3.936
KAGO0033	21.387	15.105	15.034-0.677	17.082	0.760
KAGO0035	25.088	1.695	14.631-0.577	1.975	1.330
KAGO0050	51.280	8.589	13.657-0.599	8.459	0.062
KAGO0052	43.514	8.778	13.713-0.083	8.239	0.160
KAGO0060	40.046	0.809	12.909-0.260	55.823	10.257
KAGO0061	39.273	35.817	12.909-0.260	55.823	2.003
KAGO0062	39.283	51.672	12.909-0.260	55.823	0.903
KAGO0064	58.440	5.061	12.681-0.182	227.702	7.141
			12.909-0.260	55.823	7.502
KAGO0065	58.451	140.534	12.681-0.182	227.702	2.649
KAGO0066	21.520	5.145	12.625-0.017	4.847	0.376
KAGO0067	39.290	15.539	12.889+0.489	17.363	1.463
KAGO0069	40.521	-0.778	12.909-0.260	55.823	4.751

1 つの既知のメーザー源からの混入が検出されたスペクトル

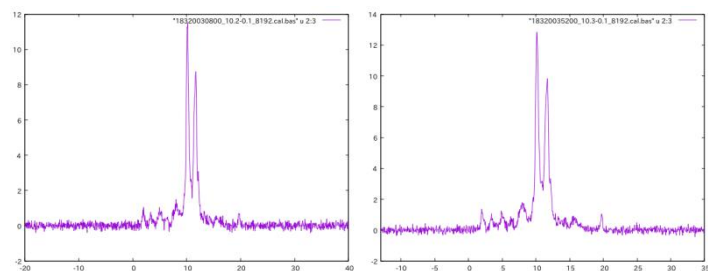


図 3 観測で得た 10.2-0.1(左)と 10.3-0.1(右)のスペクトル

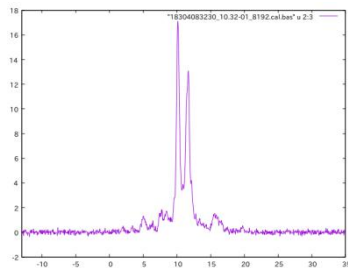


図 4 既知のメーザー源 10.323-0.160 のスペクトル

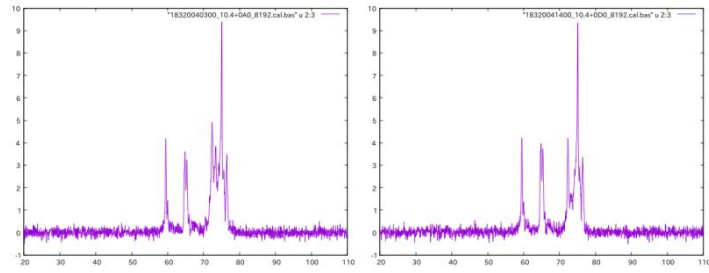


図 5 観測で得た 10.4+0A0(左)と 10.4+0D0(右)のスペクトル

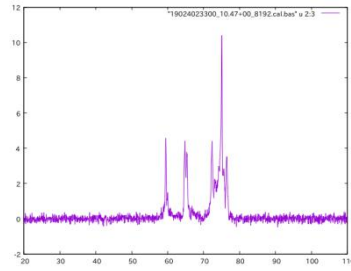


図 6 既知のメーザー源 10.472+0.027 のスペクトル

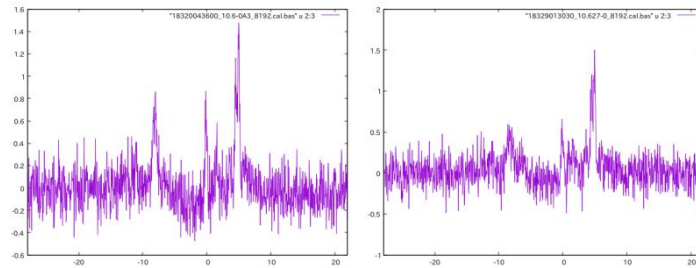


図 7 観測で得た 10.6-0A3(左)と既知のメーザー源 10.627-0.384(右)のスペクトル

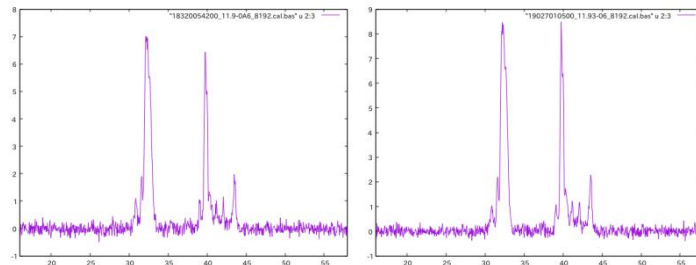


図 8 観測で得た 11.9-0A6(左)と既知のメーザー源 11.936-0.616(右)のスペクトル

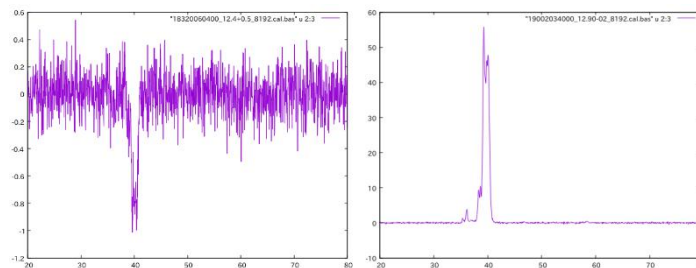


図 9 観測で得た 12.4+0.5(左)と既知のメーザー源 12.909-0.260(右)のスペクトル

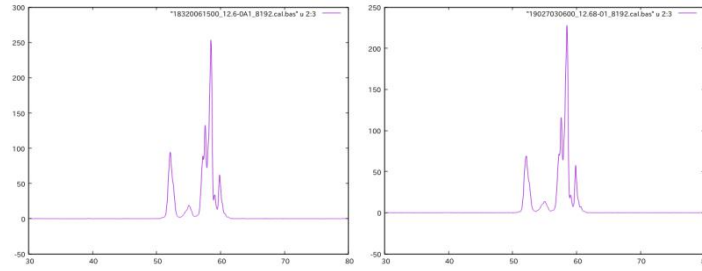


図 10 観測で得た 12.6-0A1(左)と既知のメーザー源 12.681-0.182(右)のスペクトル

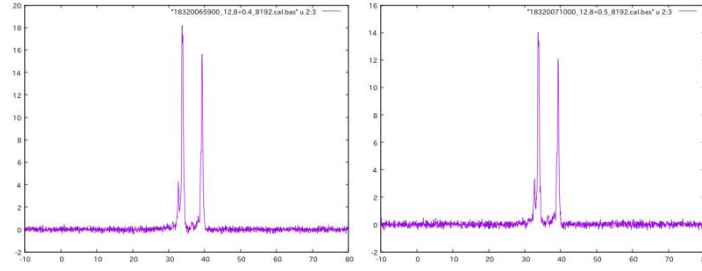


図 11 観測で得た 12.8+0.4(左)と 12.8+0.5(右)のスペクトル

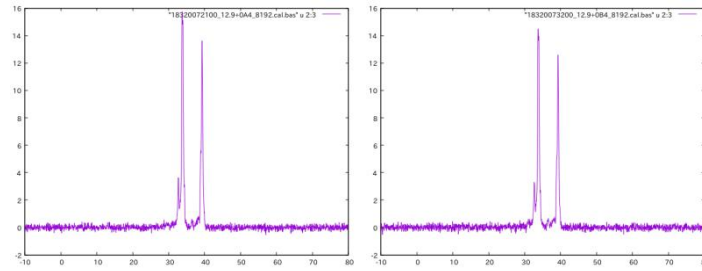


図 12 観測で得た 12.9+0A4(左)と 12.9+0B4(右)のスペクトル

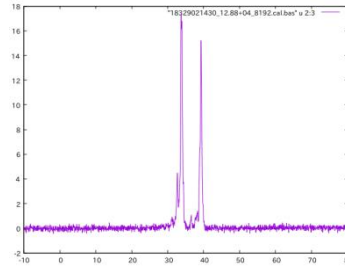


図 13 既知のメーザー源 12.889+0.489 のスペクトル

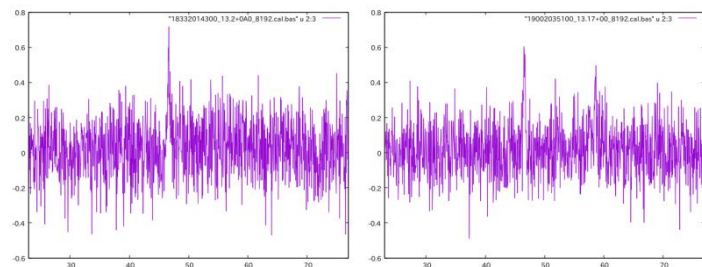


図 14 観測で得た 13.2+0A0(左)と既知のメーザー源 13.179+0.061(右)のスペクトル

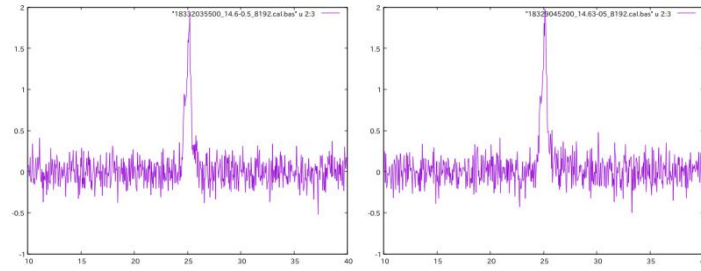


図 15 観測で得た 14.6-0.5(左)と既知のメーザー源 14.631-0.577(右)のスペクトル

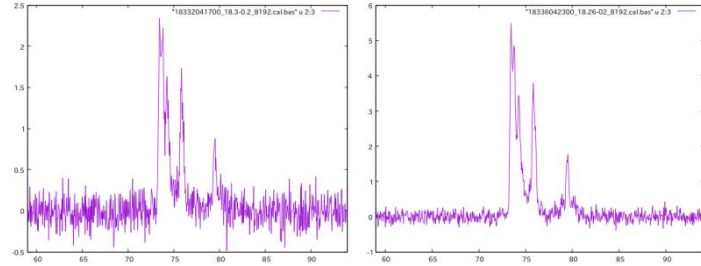


図 16 観測で得た 18.3-0.2(左)と既知のメーザー源 18.262-0.244(右)のスペクトル

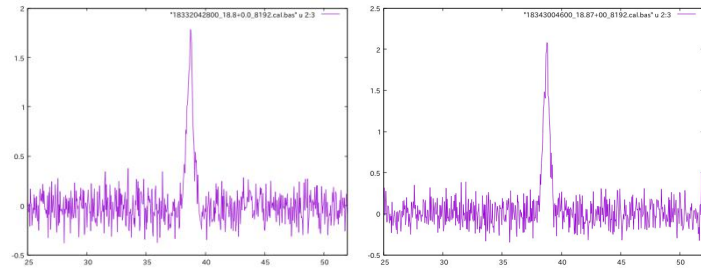


図 17 観測で得た 18.8+0.0(左)と既知のメーザー源 18.874+0.053(右)のスペクトル

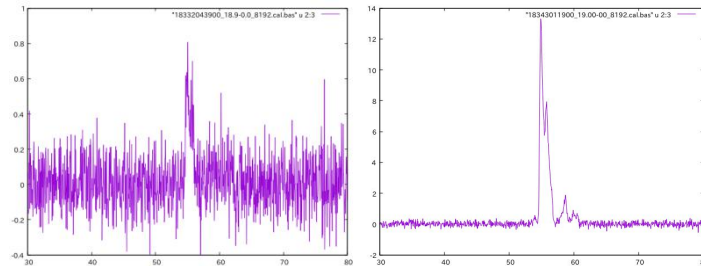


図 18 観測で得た 18.9-0.0(左)と既知のメーザー源 19.009-0.029(右)のスペクトル

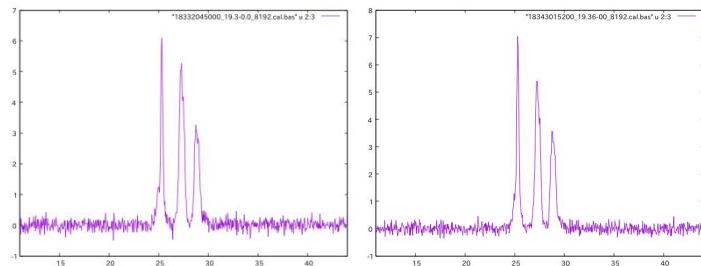


図 19 観測で得た 19.3-0.0(左)と既知のメーザー源 19.365-0.030(右)のスペクトル

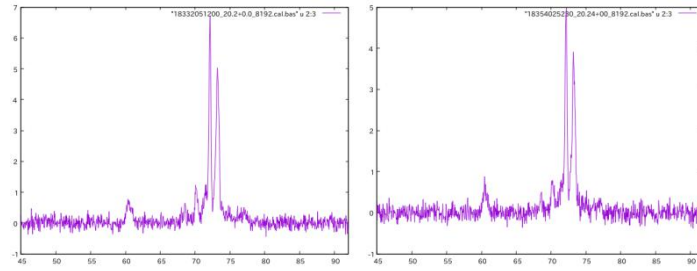


図 20 観測で得た 20.2+0.0(左)と既知のメーザー源 20.24+0.08(右)のスペクトル

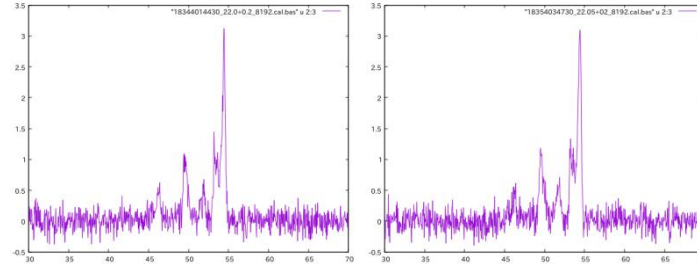


図 21 観測で得た 22.0+0.2(左)と既知のメーザー源 22.05+0.22(右)のスペクトル

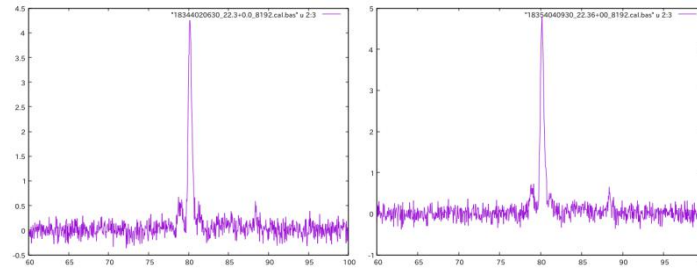


図 22 観測で得た 22.3+0.0(左)と既知のメーザー源 22.36+0.06(右)のスペクトル

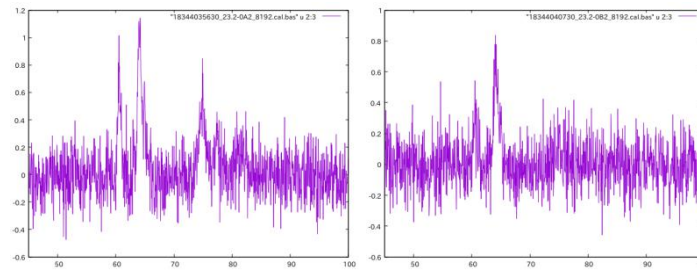


図 23 観測で得た 23.2-0A2(左)と 23.2-0B2(右)のスペクトル

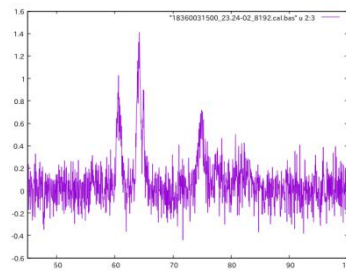


図 24 既知のメーザー源 23.24-0.24 のスペクトル

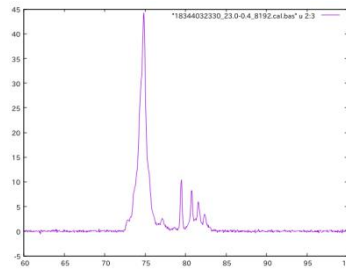


図 25 観測で得た 23.0-0.4 のスペクトル

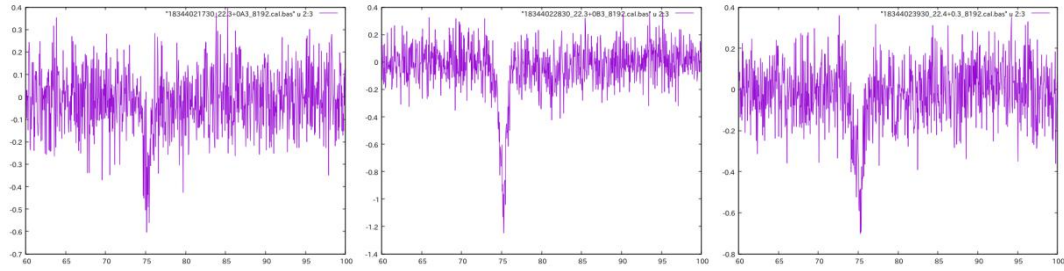


図 26 観測で得た 22.3+0A3(左)と 22.3+0B3(中)と 22.4+0.3(右)のスペクトル

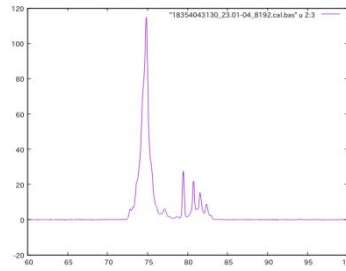


図 27 既知のメーザー源 23.01-0.41 のスペクトル

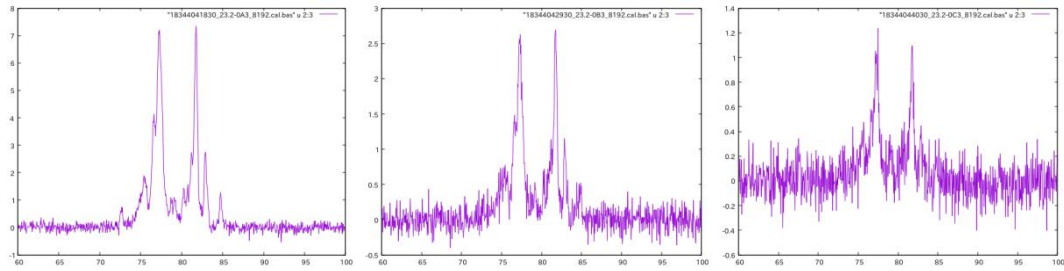


図 28 観測で得た 23.2-0A3(左)と 23.2-0B3(中)と 23.2-0C3(右)のスペクトル

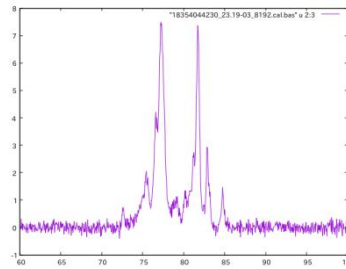


図 29 既知のメーザー源 23.19-0.38 のスペクトル

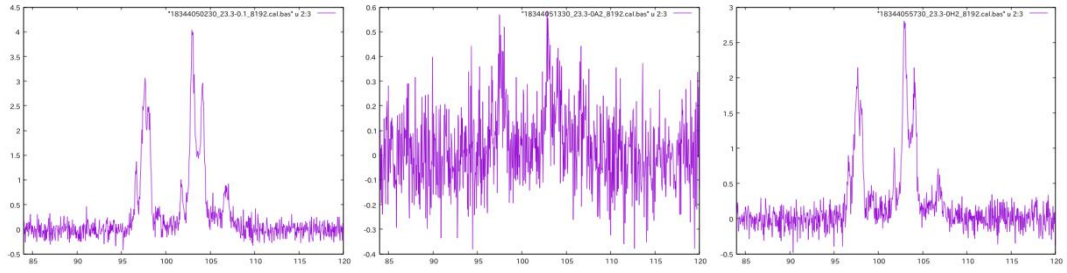


図 30 観測で得た 23.3-0.1(左)と 23.3-0A2(中)と 23.3-0H2(右)のスペクトル

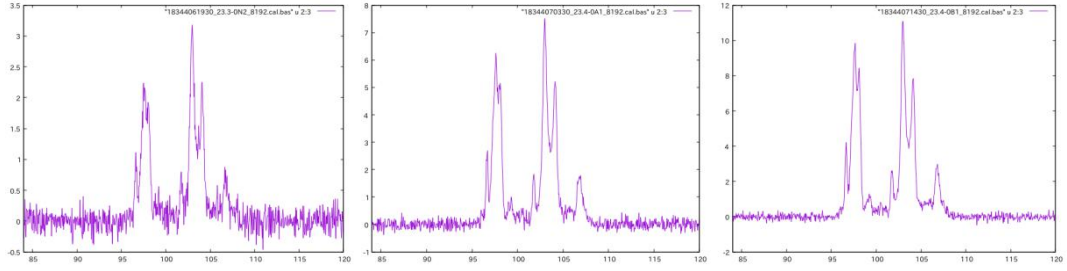


図 31 観測で得た 23.3-0N2(左)と 23.4-0A1(中)と 23.4-0B1(右)のスペクトル

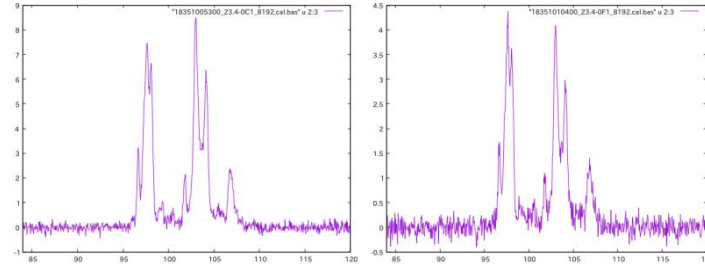


図 32 観測で得た 23.4-0C1(左)と 23.4-0F1(右)のスペクトル

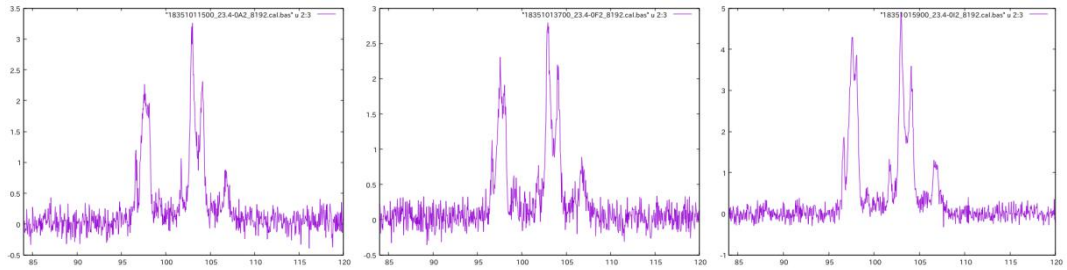


図 33 観測で得た 23.4-0A2(左)と 23.4-0F2(中)と 23.4-0I2(右)のスペクトル

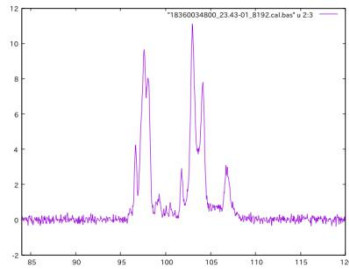


図 34 既知のメーザー源 23.43-0.18 のスペクトル

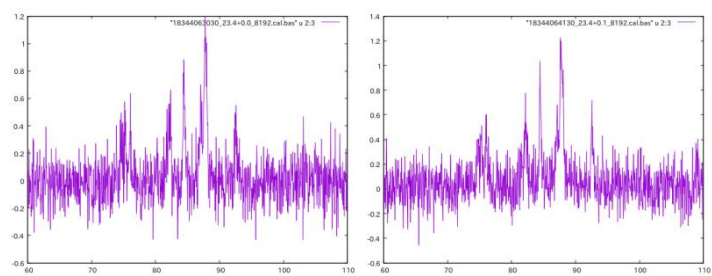


図 35 観測で得た 23.4+0.0(左)と 23.4+0.1(右)のスペクトル

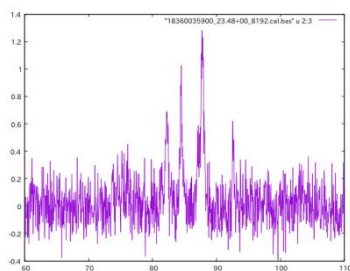


図 36 既知のメーザー源 23.48+0.08 のスペクトル

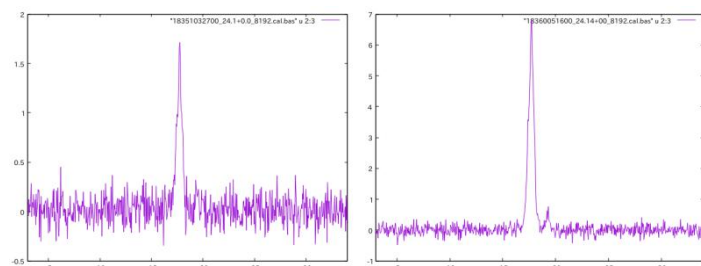


図 37 観測で得た 24.1+0.0(左)と既知のメーザー源 24.14+0.00(右)のスペクトル

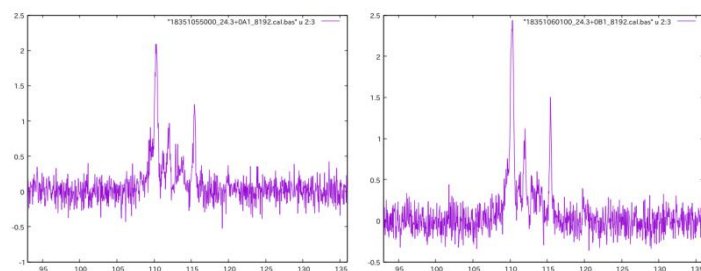


図 38 観測で得た 23.4+0A1(左)と 23.4+0B1(右)のスペクトル

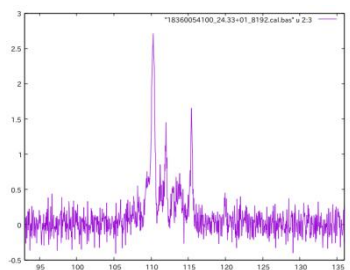


図 39 既知のメーザー源 24.33+0.14 のスペクトル

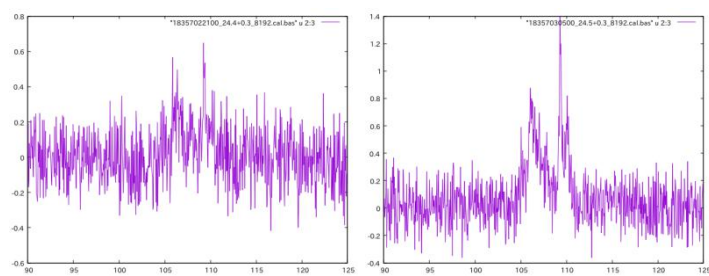


図 40 観測で得た $24.4+0.3$ (左)と $24.5+0.3$ (右)のスペクトル

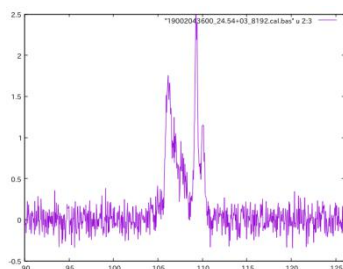


図 41 既知のメーザー源 $24.54+0.32$ のスペクトル

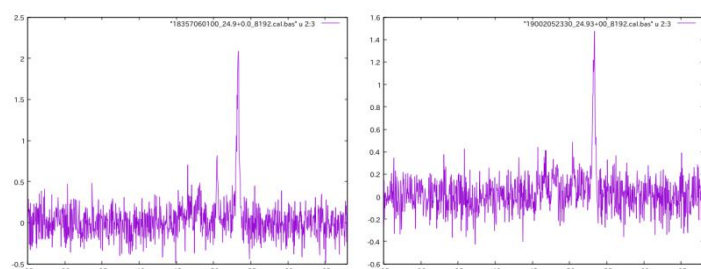


図 42 観測で得た $24.9+0.0$ (左)と既知のメーザー源 $24.93+0.08$ (右)のスペクトル

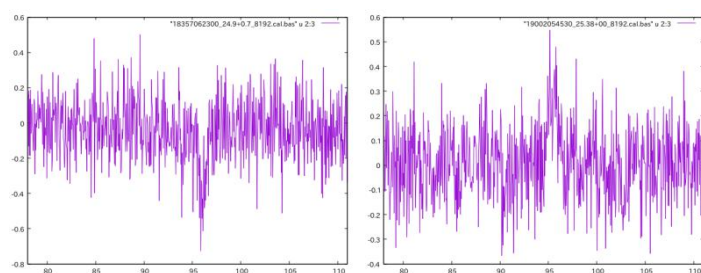


図 43 観測で得た $24.9+0.7$ (左)と既知のメーザー源 $25.38+0.00$ (右)のスペクトル

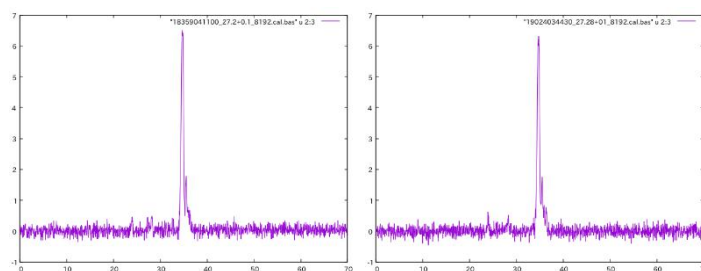


図 44 観測で得た $27.2+0.1$ (左)と既知のメーザー源 $27.28+0.15$ (右)のスペクトル

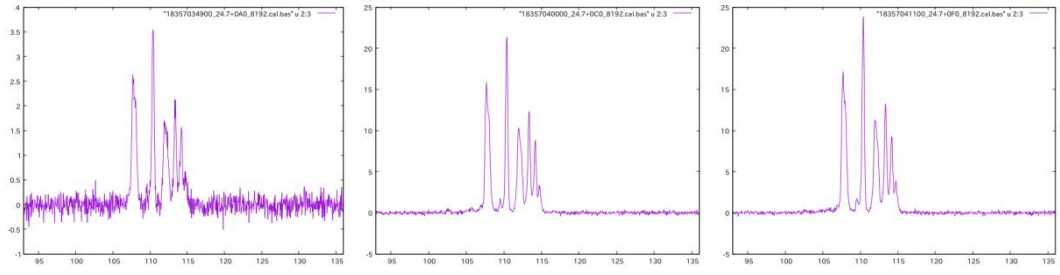


図 45 観測で得た 24.7+0A0(左)と 24.7+0C0(中)と 24.7+0F0(右)のスペクトル

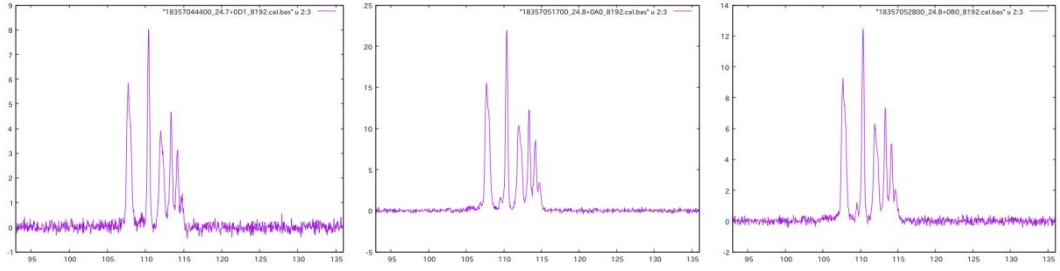


図 46 観測で得た 24.7+0D1(左)と 24.8+0A0(中)と 24.8+0B0(右)のスペクトル

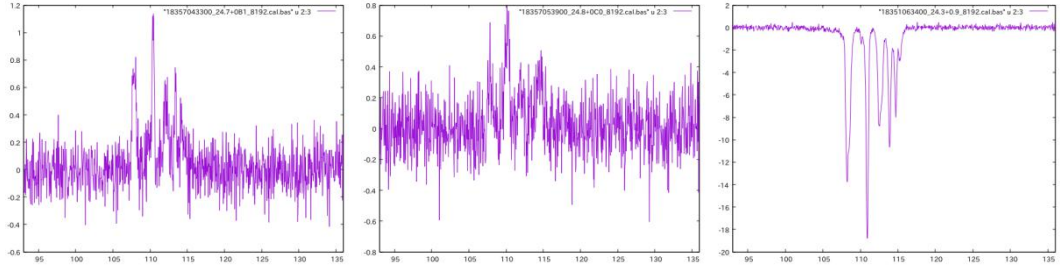


図 47 観測で得た 24.7+0B1(左)と 24.8+0C0(中)と 24.3+0.9(右)のスペクトル

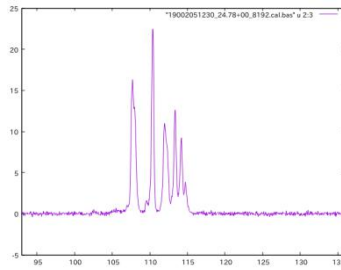


図 48 既知のメーザー源 24.78+0.08 のスペクトル

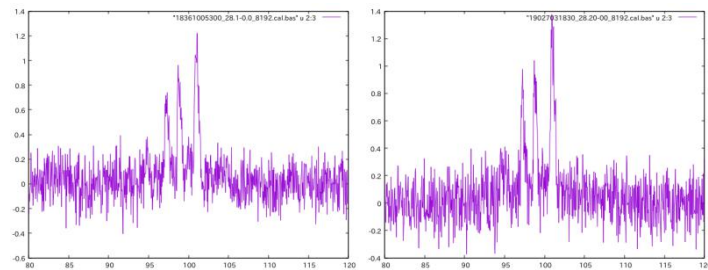


図 49 観測で得た 28.1-0.0(左)と既知のメーザー源 28.20-0.05(右)のスペクトル

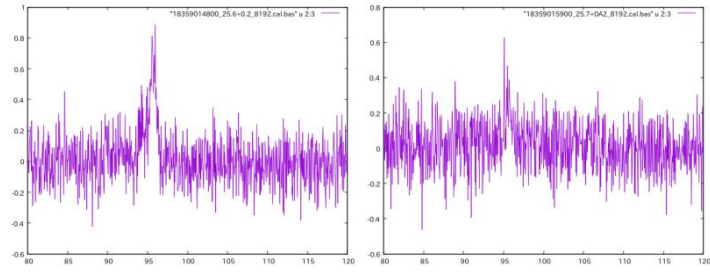


図 50 観測で得た $25.6+0.2$ (左)と $25.7+0.2$ (右)のスペクトル

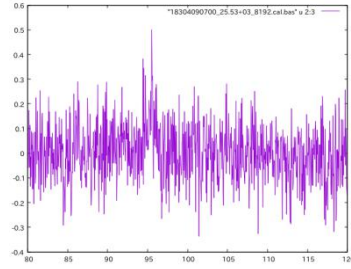


図 51 既知のメーザー源 $25.53+0.38$ のスペクトル

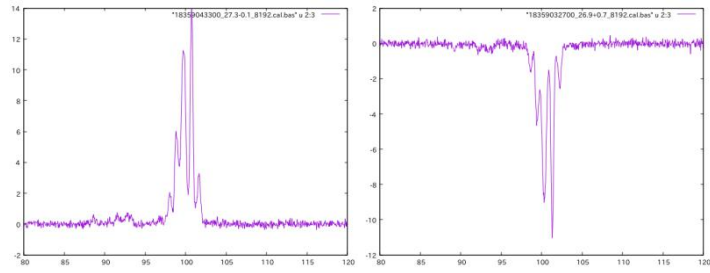


図 52 観測で得た $27.3-0.1$ (左)と $26.9+0.7$ (右)のスペクトル

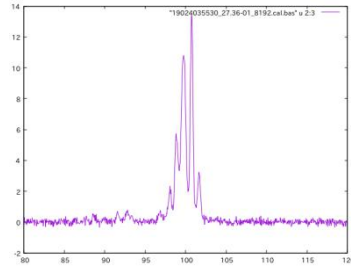


図 53 既知のメーザー源 $27.36-0.16$ のスペクトル

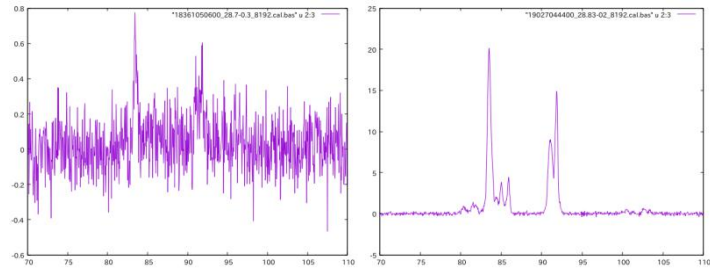


図 54 観測で得た $28.7-0.3$ (左)と既知のメーザー源 $28.83-0.25$ (右)のスペクトル

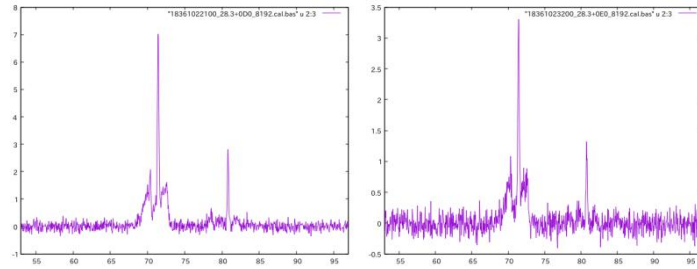


図 55 観測で得た 28.3+0D0(左)と 28.3+0E0(右)のスペクトル

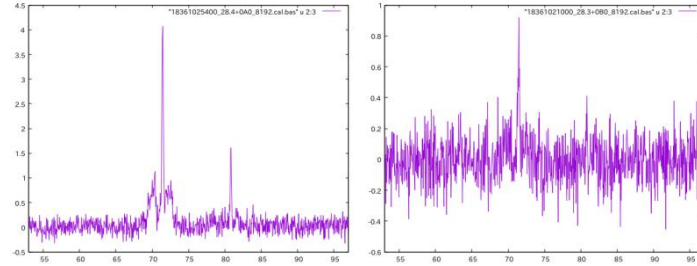


図 56 観測で得た 28.4+0A0(左)と 28.3+0B0(右)のスペクトル

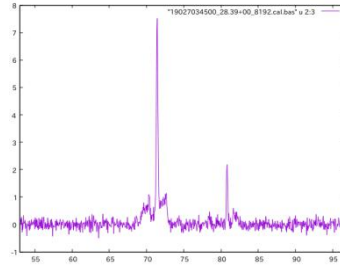


図 57 既知のメーザー源 28.39+0.08 のスペクトル

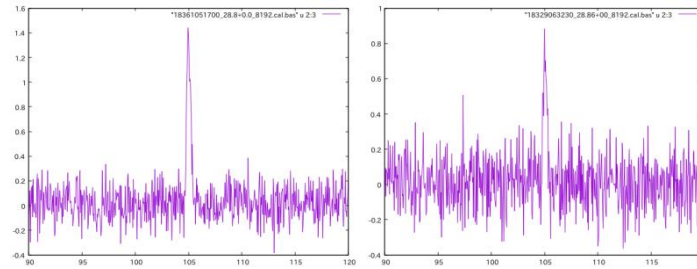


図 58 観測で得た 28.8+0.0(左)と既知のメーザー源 28.86+0.07(右)のスペクトル

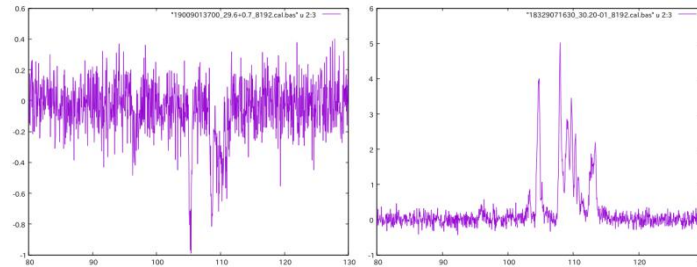


図 59 観測で得た 29.6+0.7(左)と既知のメーザー源 30.20-0.17(右)のスペクトル

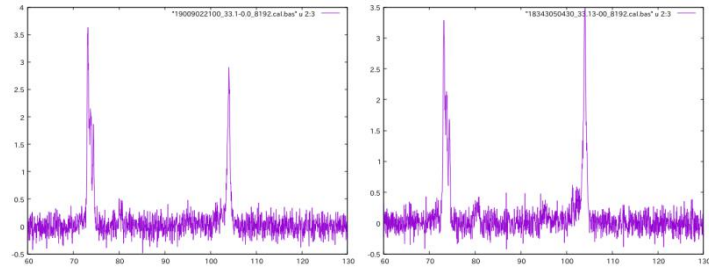


図 60 観測で得た 33.1-0.0(左)と既知のメーザー源 33.13-0.09(右)のスペクトル

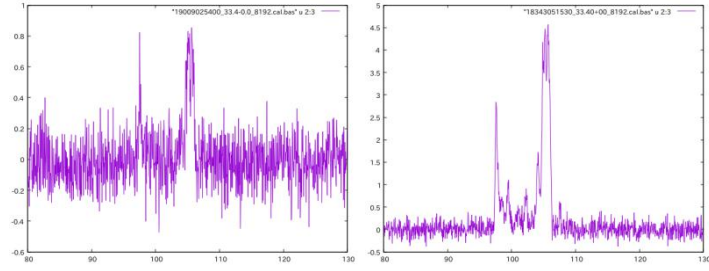


図 61 観測で得た 33.4-0.0(左)と既知のメーザー源 33.40+0.01(右)のスペクトル

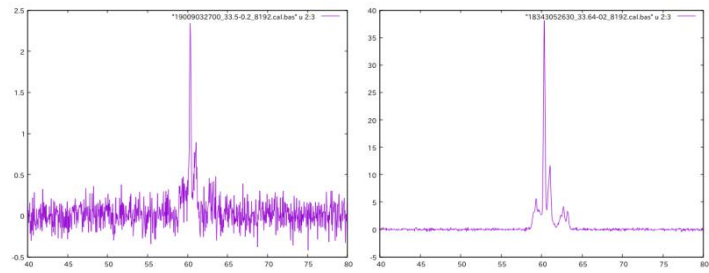


図 62 観測で得た 33.5-0.2(左)と既知のメーザー源 33.64-0.21(右)のスペクトル

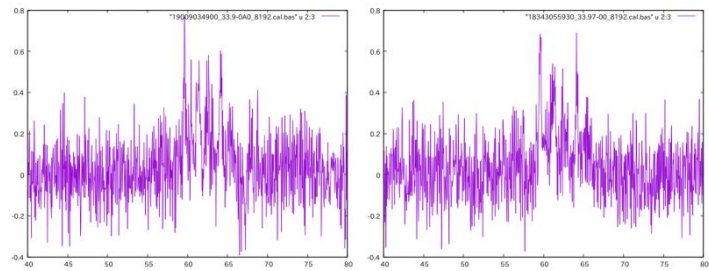


図 63 観測で得た 33.9-0A0(左)と既知のメーザー源 33.97-0.00(右)のスペクトル

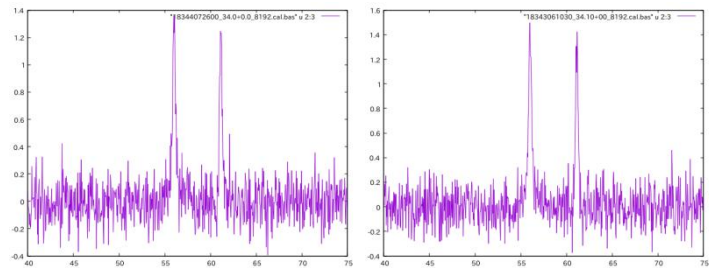


図 64 観測で得た 34.0+0.0(左)と既知のメーザー源 34.10+0.01(右)のスペクトル

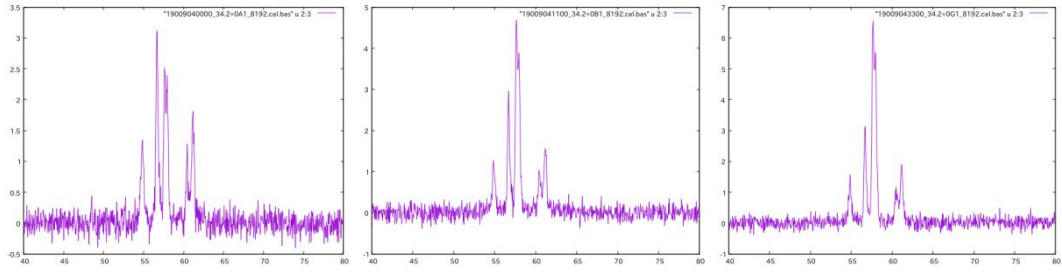


図 65 観測で得た 34.2+0A1(左)と 34.2+0B1(中)と 34.2+0G1(右)のスペクトル

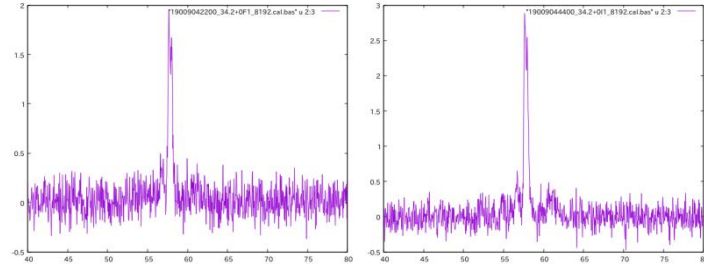


図 66 観測で得た 34.2+0F1(左)と 34.2+0I1(右)のスペクトル

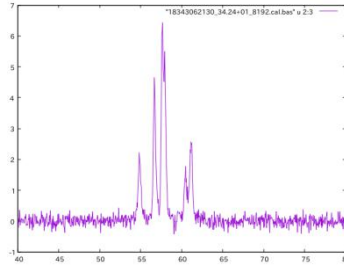


図 67 既知のメーザー源 34.24+0.13 のスペクトル

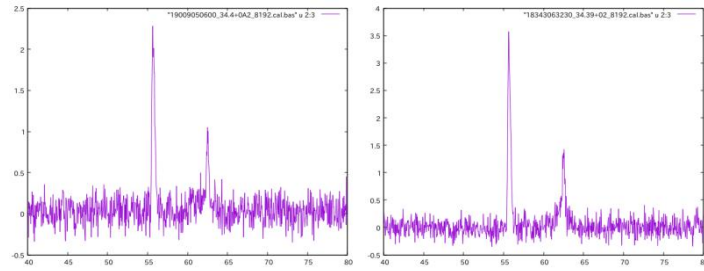


図 68 観測で得た 34.4+0A2(左)と既知のメーザー源 34.39+0.24(右)のスペクトル

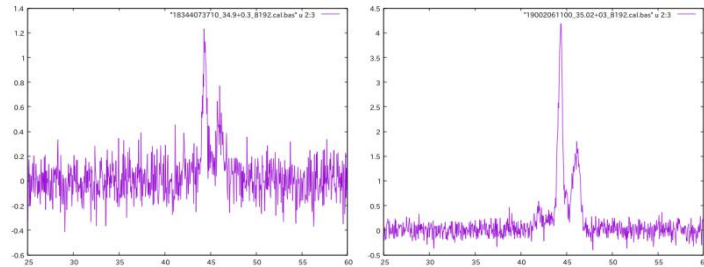


図 69 観測で得た 34.9+0.3(左)と既知のメーザー源 35.02+0.35(右)のスペクトル

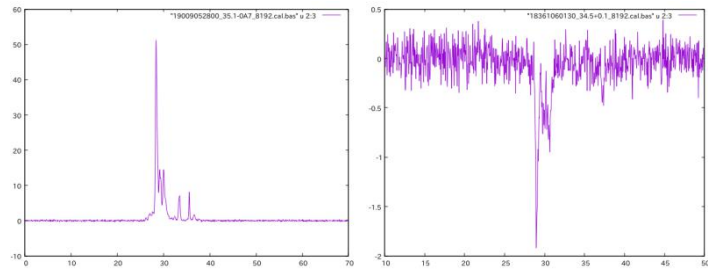


図 70 観測で得た 35.1-0A7(左)と 34.5+0.1(右)のスペクトル

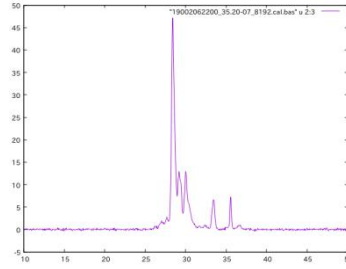


図 71 既知のメーザー源 35.20-0.74 のスペクトル

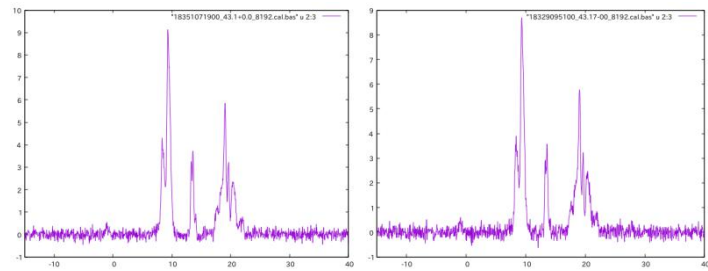


図 72 観測で得た 43.1+0.0(左)と既知のメーザー源 43.17-0.00(右)のスペクトル

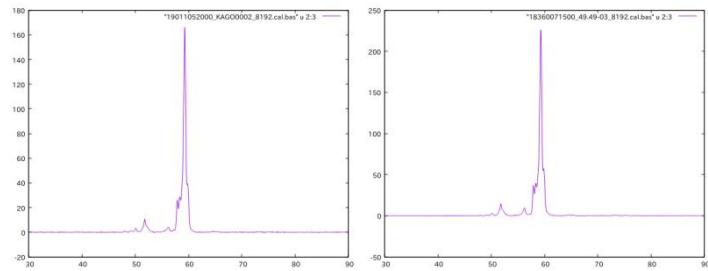


図 73 観測で得た KAGO0002(左)と既知のメーザー源 49.49-0.39(右)のスペクトル

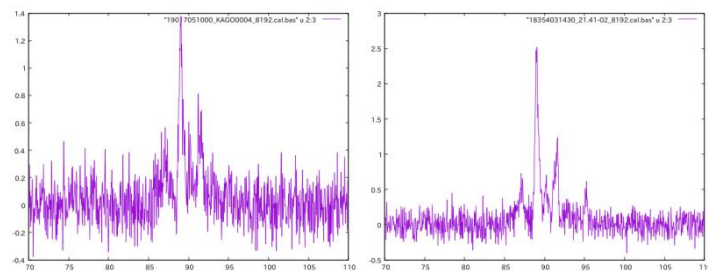


図 74 観測で得た KAGO0004(左)と既知のメーザー源 21.41-0.25(右)のスペクトル

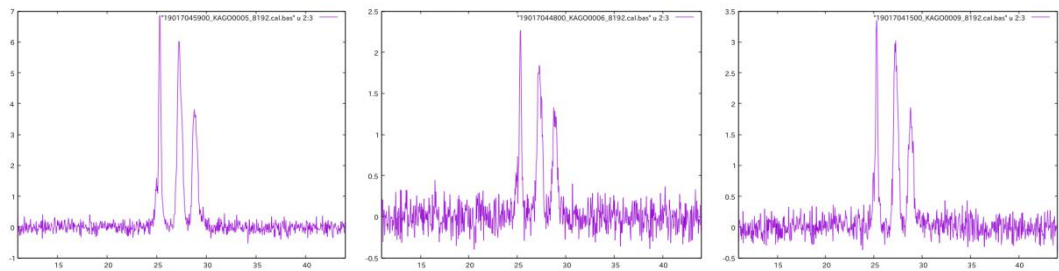


図 75 観測で得た KAGO0005(左)と KAGO0006(中)と KAGO0009(右)のスペクトル

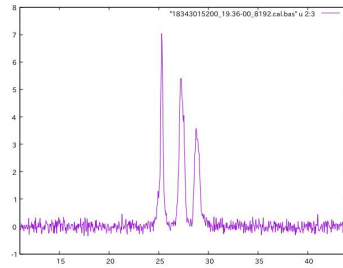


図 76 既知のメーザー源 19.365-0.030 のスペクトル

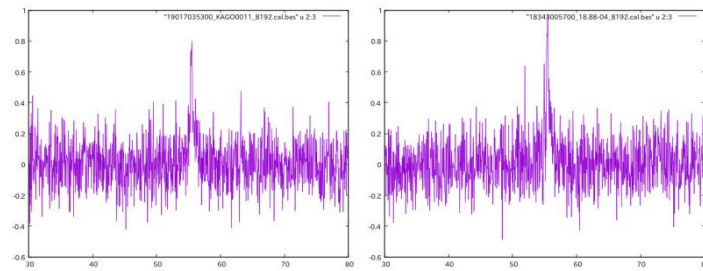


図 77 観測で得た KAGO0011(左)と既知のメーザー源 18.888-0.475(右)のスペクトル

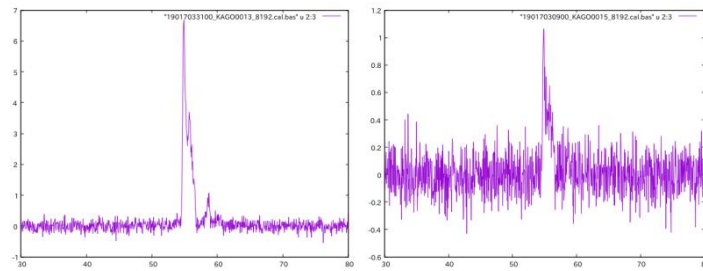


図 78 観測で得た KAGO0013(左)と KAGO0015(右)のスペクトル

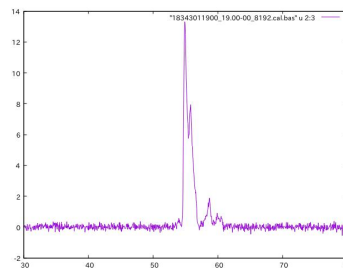


図 79 既知のメーザー源 19.009-0.029 のスペクトル

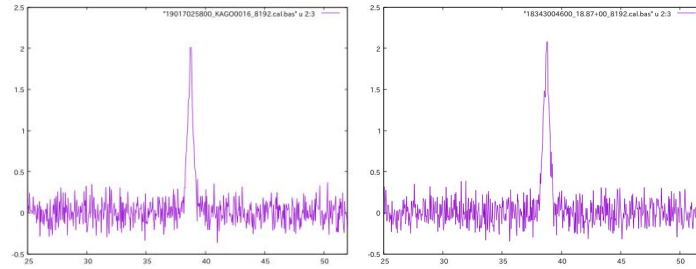


図 80 観測で得た KAGO0016(左)と既知のメーザー源 18.874+0.053(右)のスペクトル

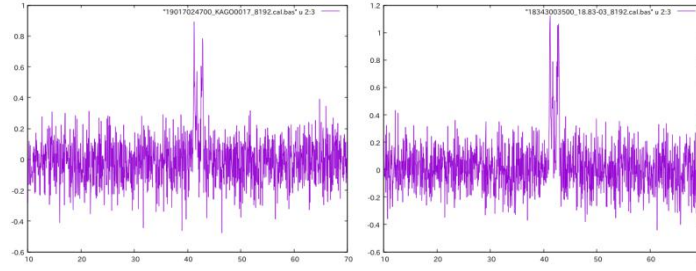


図 81 観測で得た KAGO0017(左)と既知のメーザー源 18.834-0.300(右)のスペクトル

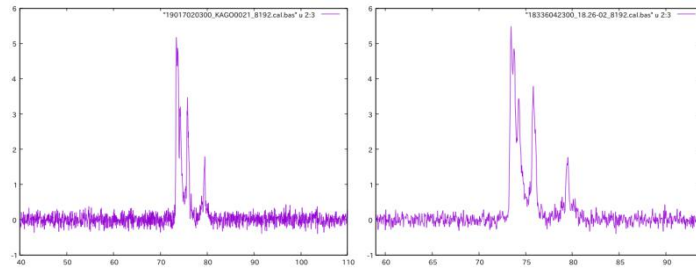


図 82 観測で得た KAGO0021(左)と既知のメーザー源 18.262-0.244(右)のスペクトル

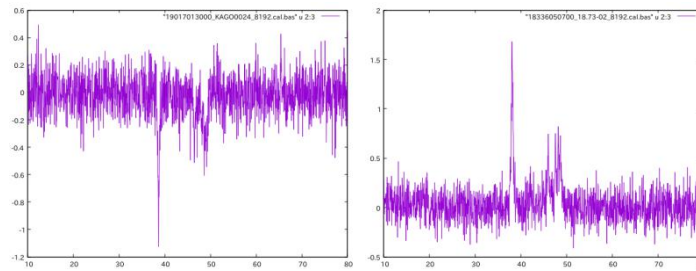


図 83 観測で得た KAGO0024(左)と既知のメーザー源 18.733-0.224(右)のスペクトル

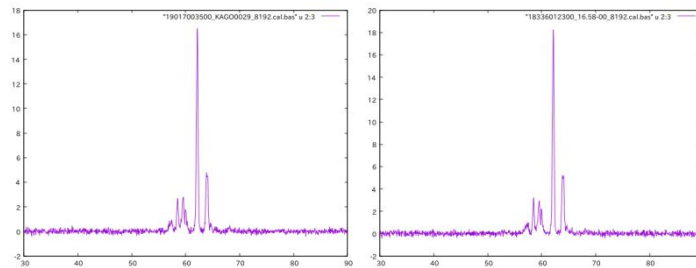


図 84 観測で得た KAGO0029(左)と既知のメーザー源 16.585-0.051(右)のスペクトル

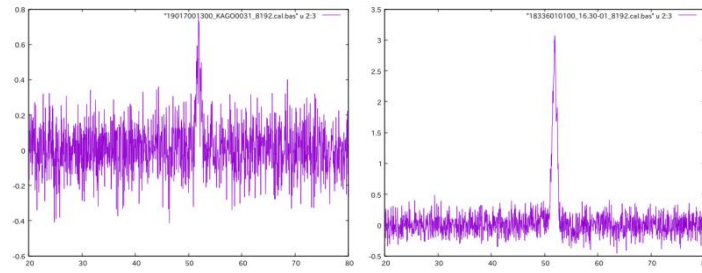


図 85 観測で得た KAGO0031(左)と既知のメーザー源 16.302-0.196(右)のスペクトル

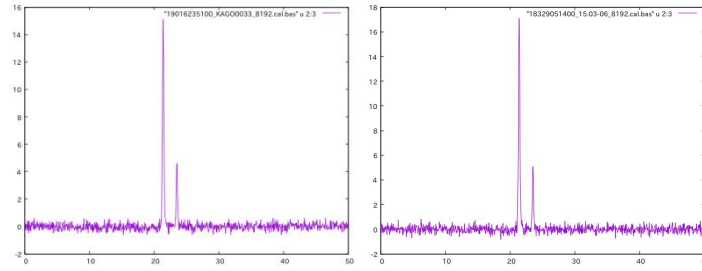


図 86 観測で得た KAGO0033(左)と既知のメーザー源 15.034-0.677(右)のスペクトル

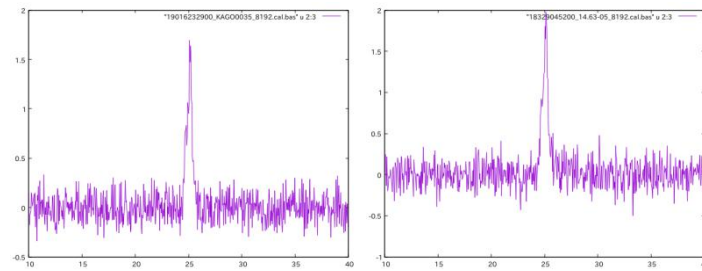


図 87 観測で得た KAGO0035(左)と既知のメーザー源 14.631-0.577(右)のスペクトル

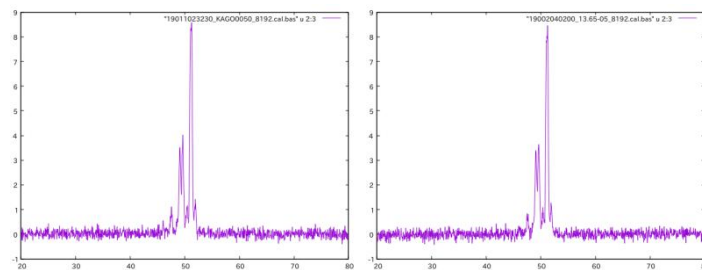


図 88 観測で得た KAGO0050(左)と既知のメーザー源 13.657-0.599(右)のスペクトル

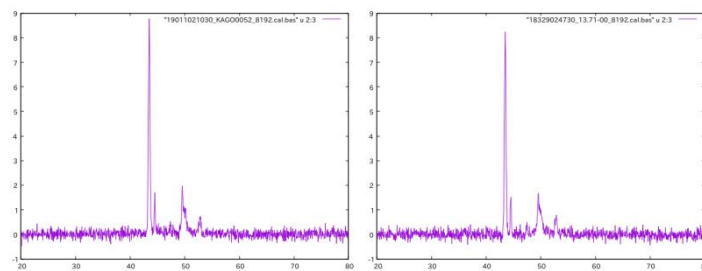


図 89 観測で得た KAGO0052(左)と既知のメーザー源 13.713-0.083(右)のスペクトル

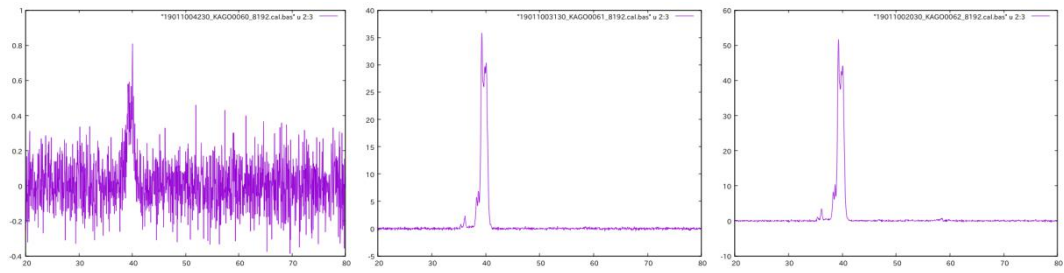


図 90 観測で得た KAGO0060(左)と KAGO0061(中)と KAGO0062(右)のスペクトル

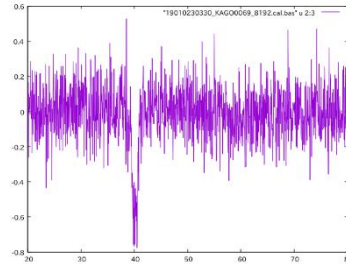


図 91 観測で得た KAGO0069 のスペクトル

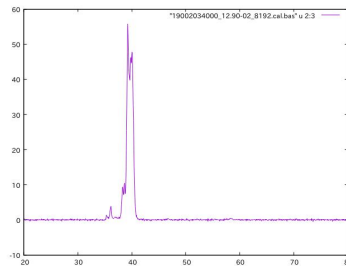


図 92 既知のメーザー源 12.909-0.260 のスペクトル

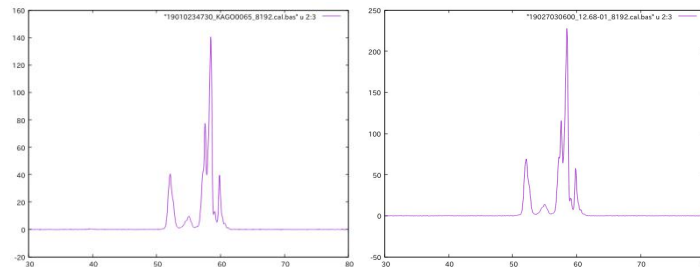


図 93 観測で得た KAGO0065(左)と既知のメーザー源 12.681-0.182(右)のスペクトル

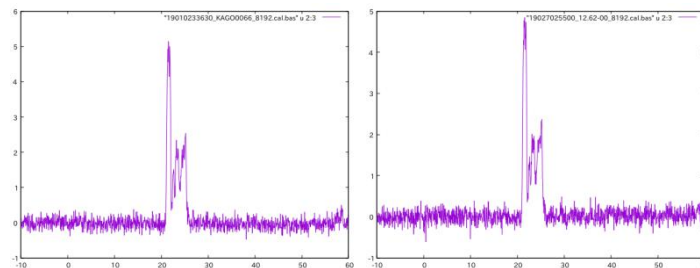


図 94 観測で得た KAGO0066(左)と既知のメーザー源 12.625-0.017(右)のスペクトル

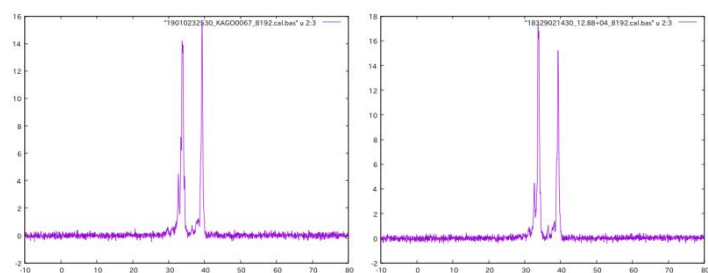


図 95 観測で得た KAGO0067(左)と既知のメーザー源 12.889+0.489(右)のスペクトル

複数の既知のメーザー源からの混入が検出されたスペクトル

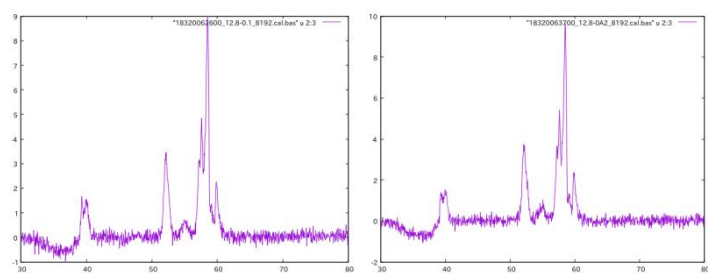


図 96 観測で得た 12.8-0.1(左)と 12.8-0A2(右)のスペクトル

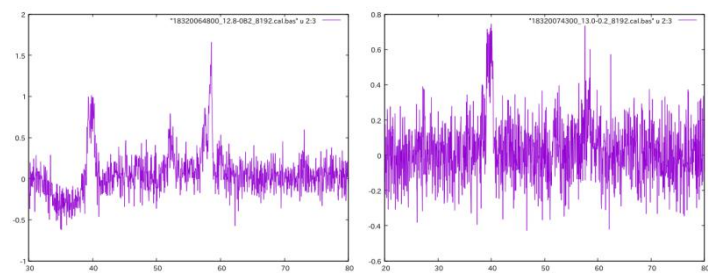


図 97 観測で得た 12.8-0B2(左)と 13.0-0.2(右)のスペクトル

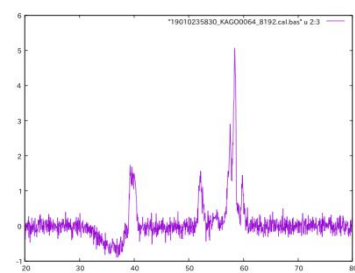


図 98 観測で得た KAGO0064 のスペクトル

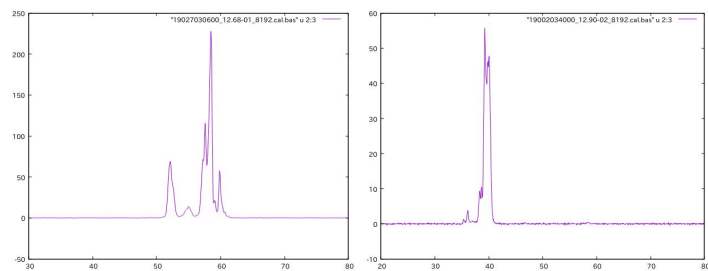


図 99 既知のメーザー源 12.681-0.182(左)と 12.909-0.260(右)のスペクトル

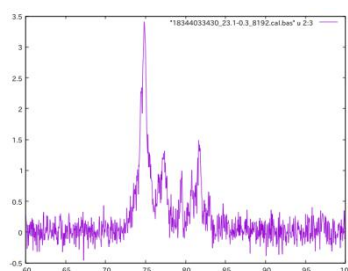


図 100 観測で得た 23.1-0.3 のスペクトル

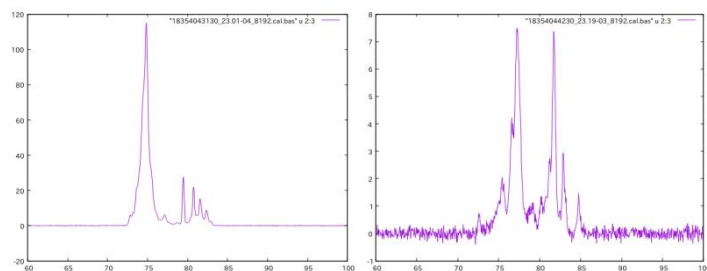


図 101 既知のメーザー源 23.01-0.41(左)と 23.19-0.38(右)のスペクトル

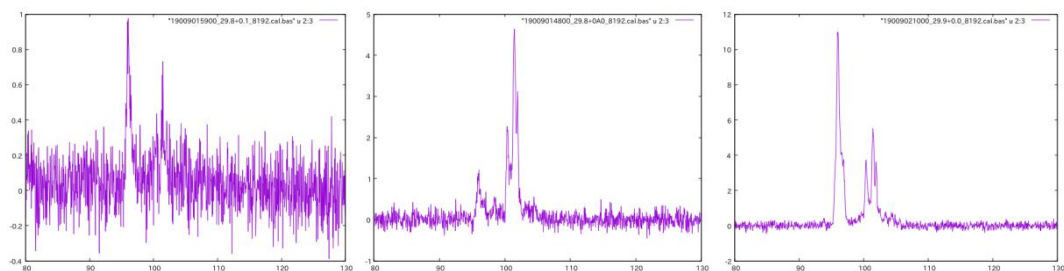


図 102 観測で得た 29.8+0.1(左)と 29.8+0A0(中)と 29.9+0.0(右)のスペクトル

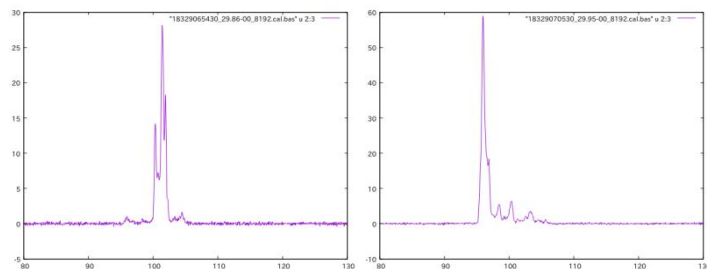


図 103 既知のメーザー源 29.86-0.04(左)と 29.95-0.02(右)のスペクトル

3.2.2 ピークの視線速度が近い既知のメーザー源が見つかったスペクトル

少しずれているが、ピークの視線速度が近い既知のメーザー源が見つかったスペクトル 2 つについて、スペクトルを図 104～図 105 にまとめた。スペクトルの図は全て、横軸が視線速度(km/s)、縦軸がアンテナ温度(K)である。

①KAGO0038

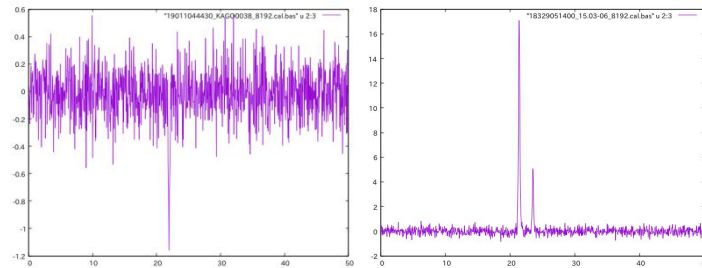


図 104 観測で得た KAGO0038(左)と既知のメーザー源 15.034-0.677(右)のスペクトル

KAGO0038 のピークの視線速度は 21.9(km/s)であるのに対して、15.034-0.677 の左のピークの視線速度は 21.3(km/s)であり、わずかであるがずれている。離角は 8.685 分角である。

②KAGO0056

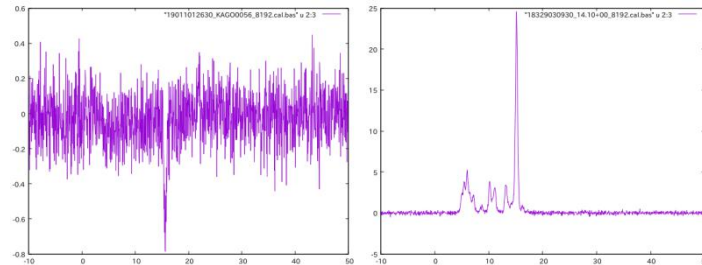


図 105 観測で得た KAGO0056(左)と既知のメーザー源 14.101+0.087(右)のスペクトル

KAGO0056 のピークの視線速度は 15.7(km/s)であるのに対して、14.101+0.087 のピークの視線速度は 15.4(km/s)であり、わずかであるがずれている。離角は 6.329 分角である。

3.2.3 新検出の可能性のあるスペクトル

新検出の可能性のあるスペクトル 5 つについて、スペクトルを図 106 ~ 図 110 にまとめた。スペクトルの図は全て、横軸が視線速度(km/s)、縦軸がアンテナ温度(K)である。

①25.4+0.0

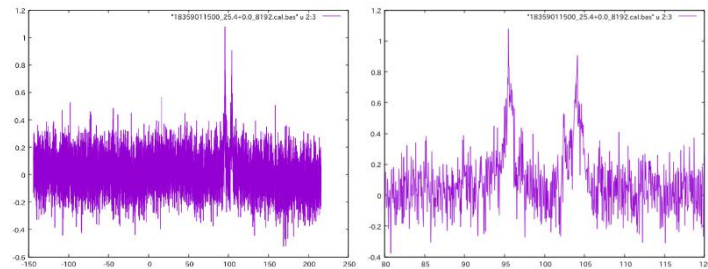


図 106 25.4+0.0 の全体のスペクトル(左)と拡大したスペクトル(右)

25.4+0.0 のスペクトルに混入したと思われる既知のメーザー源が見つからなかった。ピークについては以下の表のとおりである。

表 9 25.4+0.0 の右側のピークについて

視線速度(km/s)	104.1
アンテナ温度(K)	0.907

②24.4+0K1

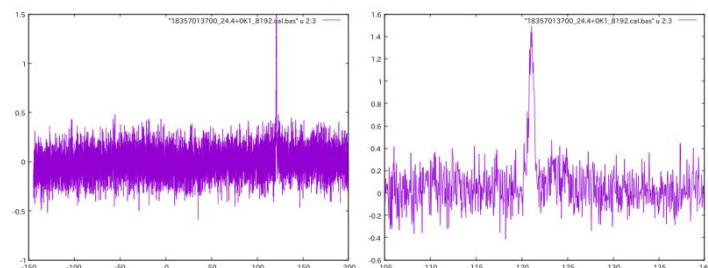


図 107 24.4+0K1 の全体のスペクトル(左)と拡大したスペクトル(右)

24.4+0K1 のスペクトルに混入したと思われる既知のメーザー源が見つからなかった。ピークについては以下の表のとおりである。

表 10 24.4+0K1 のピークについて

視線速度(km/s)	121.086
アンテナ温度(K)	1.495

③27.5+0A0

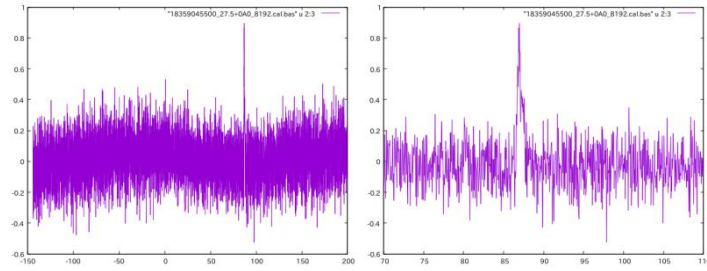


図 108 27.5+0A0 の全体のスペクトル(左)と拡大したスペクトル(右)

27.5+0A0 のスペクトルに混入したと思われる既知のメーザー源が見つからなかった。
ピークについては以下の表のとおりである。

表 11 27.5+0A0 のピークについて

視線速度(km/s)	86.974
アンテナ温度(K)	0.896

④28.6+0A0

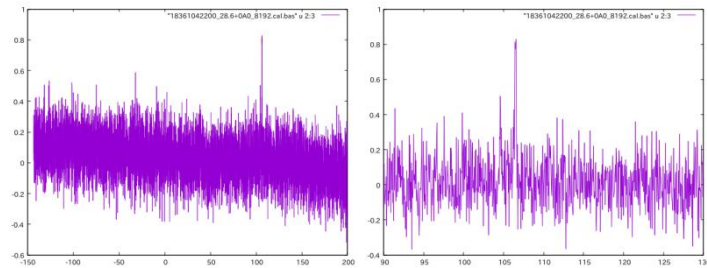


図 109 28.6+0A0 の全体のスペクトル(左)と拡大したスペクトル(右)

28.6+0A0 のスペクトルに混入したと思われる既知のメーザー源が見つからなかった。
ピークについては以下の表のとおりである。

表 12 27.5+0A0 のピークについて

視線速度(km/s)	106.554
アンテナ温度(K)	0.829

⑤34.6+0.2

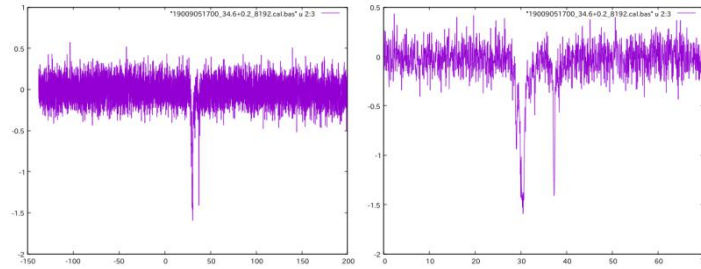


図 110 34.6+0.2 の全体のスペクトル(左)と拡大したスペクトル(右)

34.6+0.2 の OFF 点で観測されたと思われるスペクトルに混入したと思われる既知のメーザー源が見つからなかった。

ピークについては以下の表のとおりである。

表 13 34.6+0.2 のピークについて

視線速度(km/s)	30.429
アンテナ温度(K)	-1.593

3.3 視線速度の比較結果

本観測で得られたスペクトルのピークの視線速度と、FUGIN プロジェクトで得られた視線速度との差を一覧にまとめた。表の視線速度 A が FUGIN プロジェクトで得られた視線速度であり、視線速度 B が本観測で得られたスペクトルのピークの視線速度である。それぞれの差の絶対値は、そのほとんどが 0~10 以内であるが、それ以上離れたものも存在した。特に差が大きい 24.1+0.0、33.5-0.2、33.9-0A0 について、再びスペクトルを確認した。しかし、FUGIN プロジェクトの視線速度の位置にピークは見られなかった。なお、この表には OFF 点からの混入が検出されたポイントは除いている。

表 14 それぞれの視線速度とその差の一覧

既知のメーザー源からの混入が検出されたポイント			
ポイント名	FUGIN の 視線速度 A(km/s)	本観測の 視線速度 B(km/s)	視線速度の差の 絶対値
10.2-0.1	10.60	10.18	0.42
10.3-0.1	12.00	10.14	1.86
10.4+0A0	69.30	75.02	5.72
10.4+0D0	66.60	75.06	8.46
10.6-0A3	29.30	4.99	24.31

ポイント名	FUGIN の 視線速度 A(km/s)	本観測の 視線速度 B(km/s)	視線速度の差の 絶対値
11.9-0A6	36.00	32.15	3.85
12.6-0A1	56.00	58.48	2.48
12.8+0.4	34.60	58.47	23.87
12.8+0.5	34.60	58.49	23.89
12.8-0.1	36.00	58.57	22.57
12.8-0A2	33.30	33.75	0.45
12.8-0B2	33.30	33.75	0.45
12.9+0A4	32.00	33.77	1.77
12.9+0B4	32.00	33.75	1.75
13.0-0.2	37.30	39.98	2.68
13.2+0A0	52.00	46.67	5.33
14.6-0.5	18.60	25.21	6.61
18.3-0.2	70.60	73.42	2.82
18.8+0.0	49.30	38.75	10.55
18.9-0.0	46.60	55.01	8.41
19.3-0.0	26.60	25.30	1.30
20.2+0.0	69.00	72.14	3.14
22.0+0.2	51.00	54.42	3.42
22.3+0.0	85.00	80.15	4.85
23.0-0.4	77.00	74.84	2.16
23.1-0.3	57.00	74.81	17.81
23.2-0A2	79.00	64.17	14.83
23.2-0A3	77.00	81.76	4.76
23.2-0B2	79.00	64.05	14.95
23.2-0B3	77.00	81.76	4.76
23.2-0C3	77.00	77.49	0.49
23.3-0.1	99.00	102.93	3.93
23.3-0A2	81.00	64.17	16.83
23.3-0H2	99.00	102.90	3.90
23.3-0N2	103.00	102.99	0.01
23.4+0.0	85.00	87.76	2.76
23.4+0.1	85.00	87.62	2.62
23.4-0A1	99.00	102.99	3.99
23.4-0A2	105.00	103.00	2.00
23.4-0B1	101.00	102.97	1.97

ポイント名	FUGIN の 視線速度 A(km/s)	本観測の 視線速度 B(km/s)	視線速度の差の 絶対値
23.4-0C1	99.00	103.02	4.02
23.4-0F1	99.00	97.65	1.35
23.4-0F2	105.00	102.93	2.07
23.4-0I2	101.00	102.96	1.96
24.1+0.0	109.00	17.75	91.25
24.3+0A1	113.00	110.30	2.70
24.3+0B1	113.00	110.33	2.67
24.4+0A3	117.00	109.24	7.76
24.5+0.3	109.00	109.30	0.30
24.7+0A0	109.00	110.43	1.43
24.7+0B1	109.00	110.44	1.44
24.7+0C0	111.00	110.41	0.59
24.7+0D1	109.00	110.42	1.42
24.7+0F0	109.00	110.39	1.39
24.8+0A0	107.00	110.41	3.41
24.8+0B0	107.00	110.37	3.37
24.8+0C0	109.00	110.12	1.12
24.9+0.0	45.00	53.32	8.32
25.6+0.2	115.00	95.95	19.05
25.7+0A2	111.00	95.08	15.92
27.2+0.1	31.00	34.67	3.67
27.3-0.1	91.00	100.75	9.75
28.1-0.0	97.00	101.10	4.10
28.3+0B0	79.00	71.47	7.53
28.3+0D0	79.00	71.42	7.58
28.3+0E0	77.00	71.42	5.58
28.4+0A0	79.00	71.45	7.55
28.7-0.3	89.00	83.43	5.57
28.8+0.0	101.00	104.95	3.95
29.8+0.1	95.00	96.03	1.03
29.8+0A0	101.00	101.44	0.44
29.9+0.0	99.00	96.00	3.00
33.1-0.0	77.00	73.20	3.80
33.4-0.0	103.00	105.63	2.63
33.5-0.2	-17.00	60.33	77.33

ポイント名	FUGIN の 視線速度 A(km/s)	本観測の 視線速度 B(km/s)	視線速度の差の 絶対値
33.9-0A0	141.00	59.60	81.40
34.0+0.0	55.00	56.00	1.00
34.2+0A1	57.00	56.69	0.31
34.2+0B1	57.00	57.66	0.66
34.2+0F1	59.00	57.66	1.34
34.2+0G1	57.00	57.67	0.67
34.2+0I1	57.00	57.63	0.63
34.4+0A2	57.00	55.63	1.37
34.9+0.3	53.00	44.30	8.70
35.1-0A7	33.00	28.41	4.59
43.1+0.0	11.00	9.28	1.72
KAGO0002	58.20	59.28	1.08
KAGO0004	90.70	89.06	1.64
KAGO0005	26.90	25.27	1.63
KAGO0006	27.20	25.33	1.87
KAGO0009	28.40	25.28	3.12
KAGO0011	66.20	55.50	10.70
KAGO0013	62.30	54.89	7.41
KAGO0015	44.50	54.86	10.36
KAGO0016	49.80	38.81	10.99
KAGO0017	63.70	41.22	22.48
KAGO0021	67.90	73.44	5.54
KAGO0029	59.90	62.19	2.29
KAGO0031	49.00	51.87	2.87
KAGO0033	21.30	21.39	0.09
KAGO0035	18.50	25.09	6.59
KAGO0050	48.00	51.28	3.28
KAGO0052	47.70	43.51	4.19
KAGO0060	38.20	40.05	1.85
KAGO0061	35.30	39.27	3.97
KAGO0062	35.60	39.28	3.68
KAGO0064	35.60	58.44	22.84
KAGO0065	35.10	58.45	23.35
KAGO0066	21.90	21.52	0.38
KAGO0067	33.30	39.29	5.99

新検出の可能性があるポイント			
ポイント名	FUGIN の 視線速度 A(km/s)	本観測の 視線速度 B(km/s)	視線速度の差の 絶対値
24.4+0K1	119.00	121.09	2.09
25.4+0.0	109.00	95.47	13.53
27.5+0A0	85.00	86.97	1.97
28.6+0A0	101.00	106.55	5.55

第 4 章 考察

前述の結果のとおり、ホットコア候補天体 271 ポイント中 100 ポイントからスペクトルを検出、鹿児島大学が選定したコア 72 ポイント中 28 ポイントからスペクトルを検出した。これらから OFF 点からの混入がみられたポイントを除くと 91、26 ポイントとなり、それぞれの検出割合はおよそ、33.6%、36.1%となった。また、ホットコア候補天体については、確実にホットコアがある 10 ~ 20 度と、候補天体である 20 ~ 50 度のそれぞれについても検出率を算出した。結果はそれぞれ 39.6%、32.1%となった。これは、メーザー付随の割合でもある。確かに、確実にホットコアがある 10 ~ 20 度の方が検出率は高いが、あまり大きく変わらないように見える。この確率が高いのか低いのかは一概に判断できないが、今後、本観測と同じポイントを、異なる大質量星形成の指標で観測をして比較することで、大質量星の形成についてさらに深く理解できるはずである。

4.1 スペクトルの比較結果より

3.2 節の比較結果より、5 ポイントから新検出と思われるメーザー源が発見された。しかし、本観測のみでは、正確な位置の特定などはできていない。したがって、今後これらのポイントについて、より正確な位置を調べる必要がある。方法としては、今回観測したポイントを中心として、そこから赤経、赤緯をそれぞれ少し動かして観測を行う、9 点法観測などがある。また、KAGO0038、KAGO0056 についても、OFF 点だった位置を中心として観測を行い、再びスペクトルを評価する必要がある。この視線速度の違いは解析ソフトの使用に起因する可能性がある。特に今回のように OFF 点に混入した場合、ずれが生じる場合があり、観測されたスペクトルは既知のメーザー源からの混入の可能性があるため、再び観測を行い慎重に判断すべきである。

4.2 視線速度の比較結果より

3.3 節の比較結果より、それぞれの視線速度の差はおよそ 0~10 km/s 程度であった。10 km/s よりも大きい差があるものは、114 ポイント中 21 ポイントであり、約 18%の割合であった。この結果から、ホットコア・トレーサーと $C^{18}O$ の輝線と、メーザーのピークの視線速度にはある程度の相関があるといえる。しかし、特に差の大きかった 24.1+0.0、33.5-0.2、33.9-0A0 については、何か違いがある可能性がある。今後、さらに他のパラメータとの比較を行うことで、わかることがあるかもしれない。

視線速度には相関がある可能性があるため、これについても異なる指標で観測を行い比較することで、さらに発見があるかもしれない。

第 5 章 まとめ

FUGIN プロジェクトによる観測より東京大学のグループが選定した 355 ポイント中 271 ポイントと、鹿児島大学のグループが選定した 72 ポイントについて、6.7GHz メタノールメーザーによる観測を行った。その結果、128 ポイントからスペクトルを検出、さらにその中の 5 ポイントについては新検出のメーザー源から混入したと思われるスペクトルが検出された。それぞれのメーザー付随率は 35 %ほどであったが、観測されたピークの視線速度にはある程度の相関がみられた。しかし、視線速度の差が大きく異なるポイントも存在したため、このポイントについては何か異なる点がある可能性がある。今後は、新検出の可能性のある 5 ポイントについては 9 点法観測を行うなどして、正確な位置の特定を行う必要がある。また、今回観測したポイントを異なる指標で観測し、結果を比較することで、さらなる発見が期待できる。

謝辞

本研究に取り組むにあたり、指導教員の百瀬宗武教授、米倉覚則教授をはじめ、電波天文観測研究室の皆様より、多くのご指導をいただきました。ご協力いただいた皆様に、心より感謝申し上げます。また、齋藤悠研究員には、アンテナの運用方法から観測の手順、解析方法およびスペクトルデータの取得などについて、親身にご指導をいただきました。本研究を進めるにあたり大きなご協力をいただいたこと、心より感謝いたします。そして、ゼミはもとより、日頃からより一層お世話になった同期の 5 名にも深く感謝を申し上げます。

最後になりますが、こうして無事研究を終えられたこと、論文として形にすることができたこと、これは多くの皆様にご協力いただいたおかげです。改めて、皆様に心より御礼申し上げます。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] 福井康雄, 犬塚修一郎, 大西利和, 中井直正, 舞原俊憲, 水野亮編著 2008, 『星間物質と星形成』(シリーズ現代の天文学 第6巻), 日本評論社
- [2] Tomofumi, Umemoto ; Tetsuhiro, Minamidani; Nario, Kuno; Shinji, Fujita; Mitsuhiro, Matsuo; Atsushi, Nishimura; Kazufumi, Torii; Tomoka, Tosaki; Mikito, Kohno; Mika, Kuriki; Yuya, Tsuda; Akihiko, Hirota; Satoshi, Ohashi; Mitsuyoshi, Yamagishi; Toshihiro, Handa; Hiroyuki, Nakanishi; Toshihiro, Omodaka; Nagito, Koide; Naoko, Matsumoto; Toshikazu, Onishi; Kazuki, Tokuda; Masumichi, Seta; Yukinori, Kobayashi; Kengo, Tachihara; Hidetoshi, Sano; Yusuke, Hattori; Sachiko, Onodera; Yumiko, Oasa; Kazuhisa, Kamegai; Masato, Tsuboi; Yoshiaki, Sofue; Aya E. Higuchi; James O. Chibueze; Norikazu, Mizuno; Mareki, Honma; Erik, Muller; Tsuyoshi, Inoue; Kana, Morokuma-Matsui; Hiroko, Shinnaga; Takeaki, Ozawa; Ryo, Takahashi; Satoshi, Yoshiike; Jean, Costes; Sho, Kuwahara; Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 69, Issue 5, 1 October 2017 FOREST unbiased Galactic plane imaging survey with the Nobeyama 45 m telescope (FUGIN). I. Project overview and initial results
- [3] Williams, Jonathan P.; de Geus, Eugene J.; Blitz, Leo .; 1994ApJ...428..693W

付録

解析ファイルについて

本研究に使用したスペクトルファイルは、茨城大学 S709 にある penzias 内の、
penzias:~/matsuta 内に全て保存してある。特に観測されたスペクトルについては、
penzias:~/matsuta/base 内に全て保存してある。