

8GHz 開口能率測定測定

藤沢健太 (山口大学)

1. はじめに

山口32m電波望遠鏡に8GHz用導波管を設置されたので、受信機本来の性能が発揮されることになった。システム雑音温度は約50Kとよい性能である。この受信システムを用いた開口能率測定を行ったので報告する。

2. 測定

2-1. 測定の概要

作業日時 9月25日(木) 01:00~03:00 (UT)

作業内容 開口能率測定 (ノイズソースによる T_{sys} 測定を並行して行う)

作業人名 藤沢、木内

その他 大気放射によるシステム雑音温度上昇の測定を行った。結果は別途報告。

2-2. 測定システム

アンテナ、受信機によって受信された信号を、周波数変換器によって中間周波数帯(100-500MHz)に周波数変換し、この信号をパワーメータで測定した。測定したパワー値をGP-IB経由でPCに取得し、測定後に解析を行った。受信した周波数帯域は8180-8580MHzなので、以後のデータ処理では中心周波数である8300MHzを用いた。使用した受信機はCH2 (RHCP)である。

2-3. 測定方法

測定は、次の手順で行った。空天(ブランク・スカイ)を見ている状態で、ノイズソースのON/OFFによってシステム雑音温度(T_{sys})を測定する。次に天体に向けてシステム雑音温度の上昇を測定する。上昇分が天体電波によるもので、これをアンテナ温度(T_a)と呼ぶ。このアンテナ温度は次の式によって開口能率と関係している。

$$2kT_a = \eta AS_\nu$$

ここで η は開口能率、 S_ν は天体のフラックス密度である。口径32mから物理開口面積 A を計算して整理すると、 $\eta = 3.432T_a/S_\nu$ となる。

基準とする天体のフラックス密度はよくわかっている必要がある。強度のよくわかった天体として3C386を選択した。3C386はVLAの校正電波源として知られている天体であり、コンパクト・強力でありながら、強度変動が小さい。これらは開口能率の測定を行う上で有利な特徴である。VLA校正電波源リストによれば、3C386のフラッ

クス密度は 5.246 Jy (8.3 GHz) である。 $3C386$ の広がりは1秒角以下であり、ビームサイズに対して十分小さく、点電波源とみなせる。

測定を行う上で注意すべき点は、山口32mはアンテナの追尾がやや大きい(~ 0.02 度)誤差を持っているため、追尾しながら測定を行うのは難しいという点である。したがって今回の測定では、待ち受け方式(ドリフトスキャン)+赤緯オフセットを採用した。この方式でも待ち受け位置に誤差が含まれているが、赤経方向には誤差のないきれいなビームパターンが得られる。赤緯方向に残留する誤差は、オフセット点数を増やすこと、測定を複数回行うことで平均化できると考えた。今回の測定では、赤緯オフセットは+3、+1.5、0、-1.5、-3分角の5点を用いた。

5点のオフセット位置での測定+ノイズソースによるシステム雑音温度測定をまとめて1スキャンとする。1スキャンに要する時間は約5分である。2時間の測定の結果、23スキャンのデータを得る事ができた。この間に仰角は45度から70度へ変化した。

測定によって得られるアンテナ温度は大気の吸収によって減衰を受けた電波強度を示している。したがって大気吸収の影響を含まない開口能率を得るためには、大気吸収量を補正する必要がある。そのため、測定の前後に大気吸収量測定を行っている。この詳細は省略する。以下では天頂での大気の吸収量 $\tau_0 = 0.0110$ を用いる。

3. 結果と考察

測定時間中にPCに取得されたパワーの時間変化を図1に示す。測定は3500秒から1100秒付近まで継続している。鋭く立ち上がっているのはノイズソースの信号を重畳した状態のパワーである。なお、測定中に2~3回、電波干渉(混信)がみられたが、測定には影響していない。

図1の6000~8000秒の範囲を拡大したのが図2である。パワーのスケールも変更している。鋭く立ち上がっているノイズ信号以外の緩やかな山形になっているのがドリフトスキャンによって得られた $3C286$ の受信強度である。この図から明らかなように、 0.04 dB (p-p) という受信強度を上回るほど大きなベースラインのうねりが見られる。このうねりは室内のエアコンの周期的動作による室内温度の影響によるものである。受信機は冷却された状態であり、また室内の温度変化の影響をうけにくい位置に設置されている。したがってこの変動は、ダウンコンバータ内の増幅器の増幅率が温度に依存して変化しているものと考えられる。

0.04 dB の増幅率変動は、測定されたピーク値が約1%変動することを意味する。これはポインティング誤差など他の要因と比較して小さいため無視することにした。また、システム雑音温度はアンテナと初段の受信機でほぼ決まっているため、システム雑音温度に対する変動も無視することにした。したがって、うねっているベースラインを適当な曲線で補間し、ベースラインからの高さとして各ドリフトスキャンのピーク値を求めることにした。

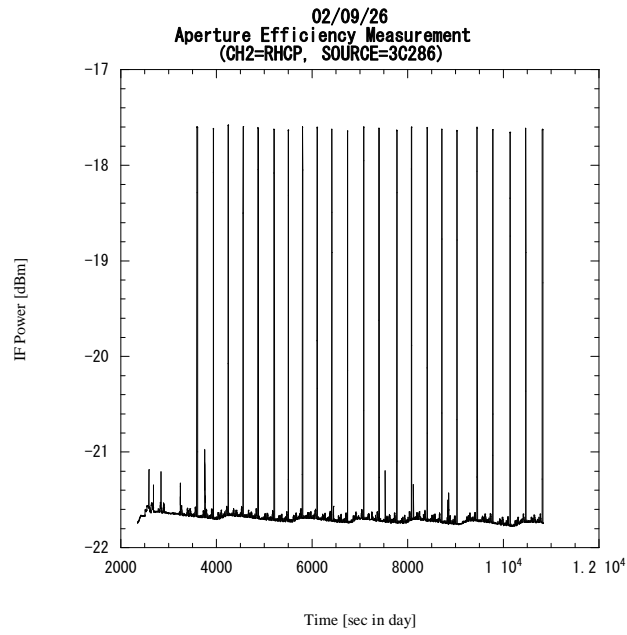


図 1. 受信パワーの時間変動 (全体)

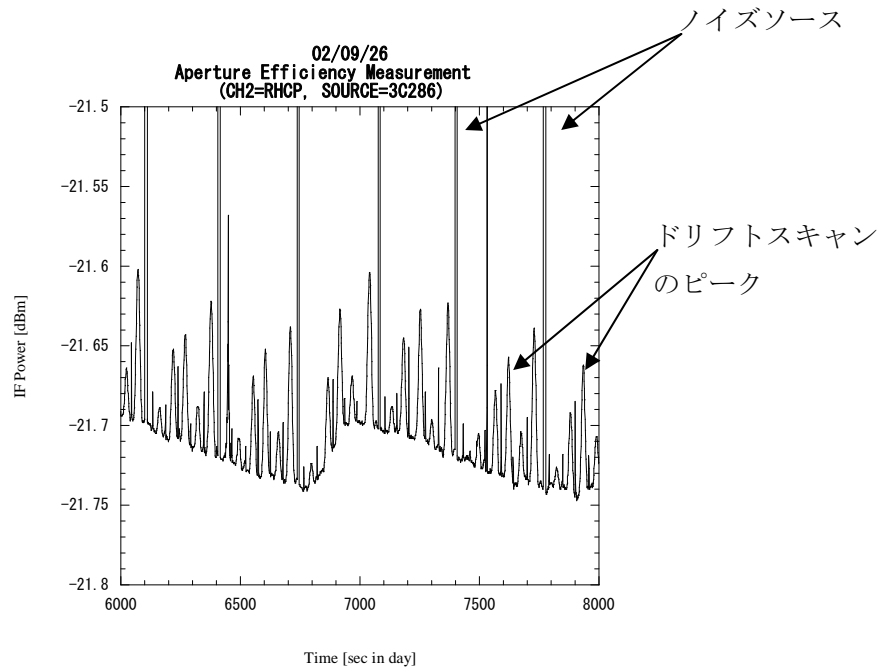


図 2. 受信パワーの時間変動 (一部拡大)

赤緯方向のフィッティングの過程は省略する。

測定結果を表 1 に示す。表は、左から各スキャンの時刻、アンテナの仰角、システム雑音温度、アンテナ温度、大気の吸収を補正したアンテナ温度、開口能率（％で表示）である。開口能率を仰角に対してプロットしたものが図 3 である。

表 1. 測定結果

Time [UT]	El [deg]	T _{sys} [K]	T _a [K]	T _a * [K]	η [%]
0:59	45.79	47.00	1.145	1.162	76.04
1:05	46.97	46.89	1.153	1.171	76.58
1:10	48.03	46.84	1.120	1.136	74.35
1:16	49.1	46.80	1.117	1.133	74.13
1:20	50.15	46.75	1.093	1.109	72.56
1:26	51.31	46.65	1.059	1.074	70.27
1:31	52.32	46.68	1.061	1.076	70.38
1:36	53.33	46.56	1.075	1.089	71.27
1:41	54.13	46.61	1.028	1.042	68.14
1:46	55.44	46.59	1.035	1.049	68.61
1:51	56.57	46.56	1.098	1.112	72.76
1:57	57.71	46.51	0.992	1.005	65.77
2:02	58.84	46.40	1.106	1.120	73.29
2:08	60.36	46.38	1.072	1.085	71.00
2:14	61.17	46.33	1.079	1.093	71.49
2:19	62.27	46.31	1.102	1.115	72.97
2:24	63.33	46.28	1.086	1.099	71.90
2:29	64.43	46.30	0.993	1.006	65.78
2:36	65.88	46.24	1.011	1.023	66.92
2:42	67.01	46.23	1.069	1.082	70.78
2:48	68.26	46.28	1.029	1.041	68.11
2:53	69.37	46.19	0.973	0.984	64.38
2:59	70.6	46.24	0.997	1.008	65.96

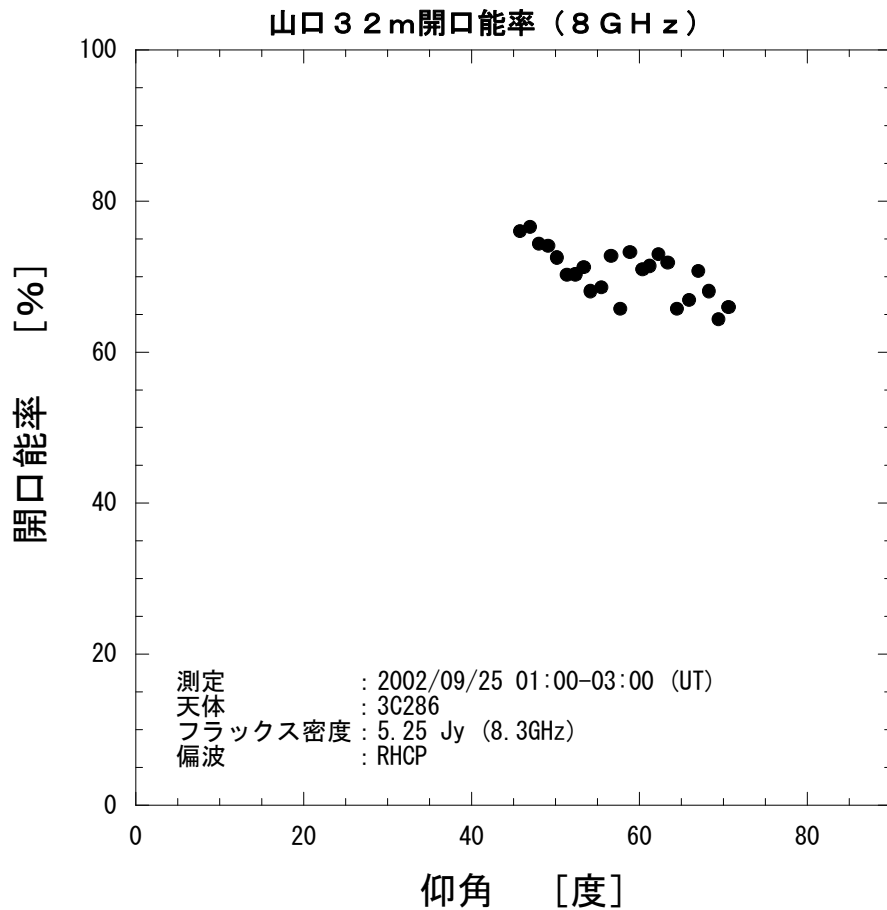


図 3. 開口能率の仰角依存性

得られた開口能率は 64.4% - 76.6% の間に分布している。ほぼ同一の仰角で最大 10% の差があるものの、よい再現性があるといえる。また、仰角が 45 度から 70 度へ変化するにつれて開口能率が低下する傾向が見られる。これは低仰角に最適化してアンテナが設計されていることが原因と考えられる。

今回の測定の結果より、平均的な条件では、システム雑音温度 = 50 K、開口能率 = 65% 程度であることが明らかになった。システム等価フラックス密度 (SEFD) は 264 Jy と低く、数 Jy の連続波天体の観測も容易である。今後は、より広い仰角の範囲 (10 - 80 度) での測定、CH1 (LHCP) での測定を行う必要がある。

==以上==