

ノイズソースの交換と注入雑音温度

藤沢健太

(1) はじめに

山口32mのシステム雑音温度校正にはノイズソースが使われている2007年10月にノイズソースの1つが故障したので、代替品を購入し、12月に設置した。この交換作業と現在のシステム雑音温度について報告する。

(2) 山口32mのノイズソース

山口32mで利用したことがあるノイズソースは合計4個である。区別のためにNo.1~4の名前をつけて、それぞれ説明する。

No. 1. 2002年から継続的に利用しているノイズソース。山口用。アジレント346C。これに関する最初のレポートは“8GHz導波管設置設置後020912.doc”。ほとんどの期間、CH1用として使われてきたが、2007年10-12月の間だけ、CH2に設置された。

No. 2. 2003年から2005年11月29日までCH2に利用された。宇宙研からの借用品。アジレント346C。2005年末に、宇宙研で22GHz観測をするから返してほしいと要請され、返却した。代りに次の346Bを借用した。このときのレポートは“ノイズソースの交換051201.doc”。

No. 3. 2005年11月29日から2007年10月31日までCH2に使われた。宇宙研からの借用品。HP346B。2007年10月31日に給電部を交換した際、突然信号が出なくなった。故障したと考えられる。このときのレポートは“ノイズソース故障071108.doc”。アジレントから新品(次のNo.4)を購入することにした。

No. 4. 2007年12月25日に設置された新しいノイズソース、346C。CH2用。

現在は、CH1にNo. 1、CH2にNo. 4のノイズソースを設置して観測に利用している。CH1の注入雑音温度は以前の通り($T_N=72.51$ K)であるが、CH2の注入雑音温度が未定となっていた。

(3) 注入雑音温度

3-1. ENRと結合度から推定

ノイズソースの注入雑音温度は以下の式で得られる。

$$T_{NS} = 290 \cdot 10^{\frac{ENR}{10}} \cdot 10^{\frac{C}{10}} = 290 \cdot 10^{\frac{ENR-C}{10}}$$

ここで ENR は超過雑音比、C はクロスガイドカプラの結合度である。山口 3 2 m に設置した No. 4 のノイズソースについて、ENR の周波数特性を示したものが図 1 である。

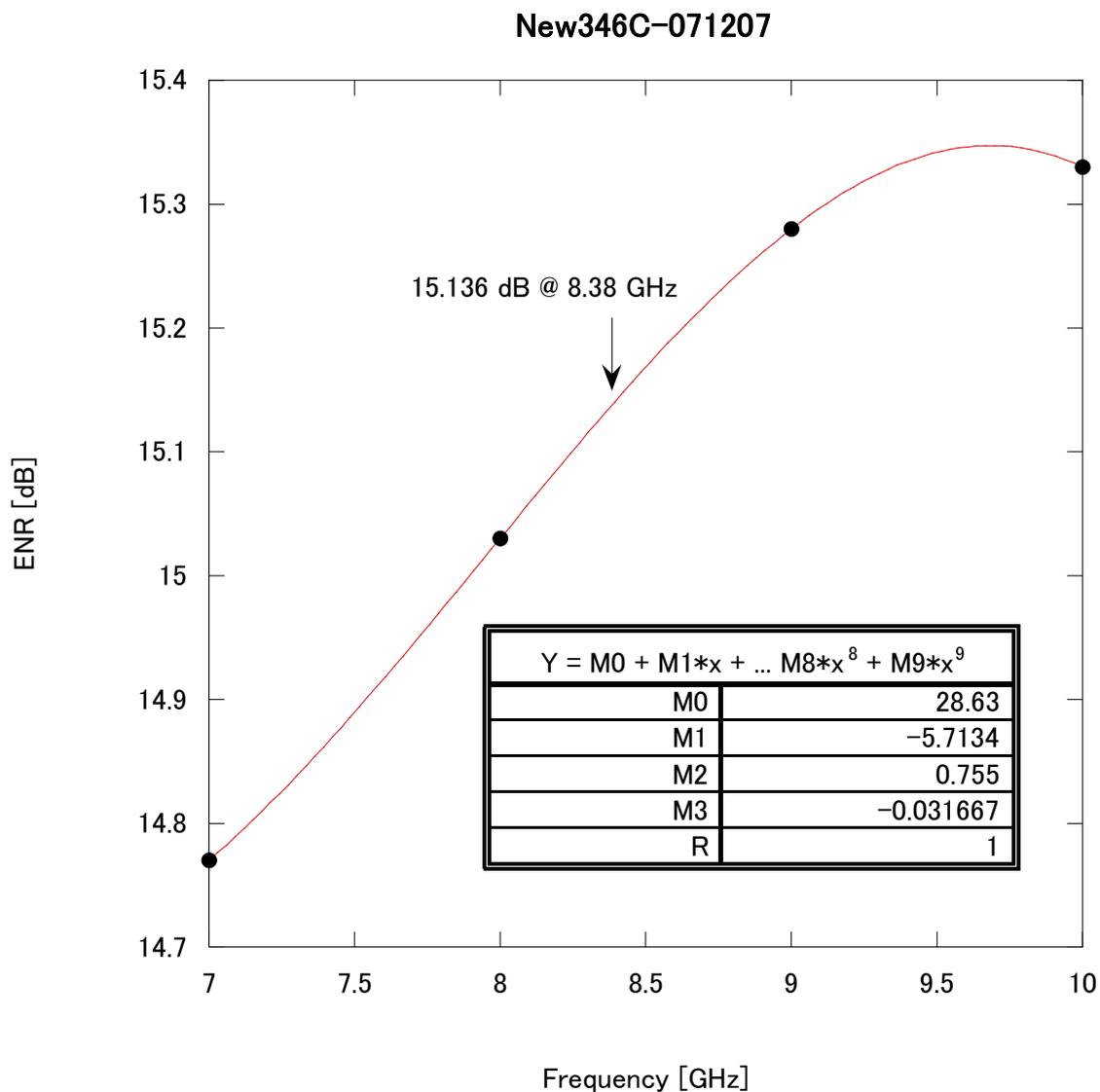


図 1. ノイズソース No. 4 の ENR (8.5 GHz 付近)

観測の中心周波数は 8.38 GHz であり、この周波数での ENR は 15.136 dB と推定される。

一方、クロスガイドカプラの結合度は 8.38 GHz で 21.2 dB である(日本通信機社の資料)。これから、注入雑音温度は

$$T_{NS} = 71.78 \text{ [K]}$$

を得る。

3-2. 天体観測による評価

3-2-1. 考え方

ノイズソースのENRおよびクロスガイドカプラの結合度にはそれぞれ誤差がある。またノイズソースの設置の都合上、ベンドコネクタを使っており、これによる損失も誤差要因となりうる。推定された注入雑音温度の正しさを評価するために、フラックス密度のわかった天体を観測する方法を試みた。

まず、次の仮定をする：

- CH1の注入雑音温度 ($T_{N1}=72.51\text{ K}$) は正確と仮定 (誤差はおそらく数%)。
- 開口能率はCH1とCH2で等しいと仮定 (誤差はおそらく1%以下)。
- 観測する天体は無偏波 (円偏波成分は無い) と仮定 (誤差はおそらく1%以下)。

この仮定のもと、点状天体を観測し、アンテナ温度をCH1/2でそれぞれ測定する。システム雑音温度校正が正しい、すなわち注入雑音温度が正確なら、得られたアンテナ温度はCH1/2で一致するはずである。逆に、得られたアンテナ温度に違いがある場合は、それが注入雑音温度の誤差であると考えられる。

3-2-2. 観測

観測は2回行った。観測した天体は十分強力な点状天体という条件を満たす3C454.3を選んだ。観測のパラメータを表1に示した。

表1. 観測パラメータ

	観測1	観測2
観測日	2007/12/26	2008/01/07
観測時間 UT	04:18 ~ 05:50	10:20 ~ 12:00
仰角範囲	39 - 55 deg	23 - 41 deg
天気	良	良
計算に使った T_N	72.51 K	71.78 K

観測の結果、2回の観測ともに良好なデータが得られた。CH1、2のアンテナ温度を仰角に対して図示したものが、それぞれ図2 a, bである。アンテナ温度は約1.5 [K]である。この値は大気の吸収量の補正および仰角に依存する開口能率の補正を行っていない。仰角により T_a は変化する可能性があるが、CH1/2の比を計算する目的なので、不確定要素を持ち込む可能性がある補正は行わなかった。

CH2の T_a に対するCH1の T_a の比を各測定値について計算し、観測ごとにその平均と標準偏差を計算した。観測1の比は 0.952 ± 0.055 、観測2の比は 0.989 ± 0.023 となった。全ての測定値 (42個) の平均は 0.972 、標準偏差は 0.045 、正規分布を仮定して計算した標準誤差は 0.007 である。

この結果は、ENRと結合度から計算した注入雑音温度が誤差3%程度とかなり良い推定値であることを示している。しかし、CH1を正しいと仮定して基準にするなら、注入

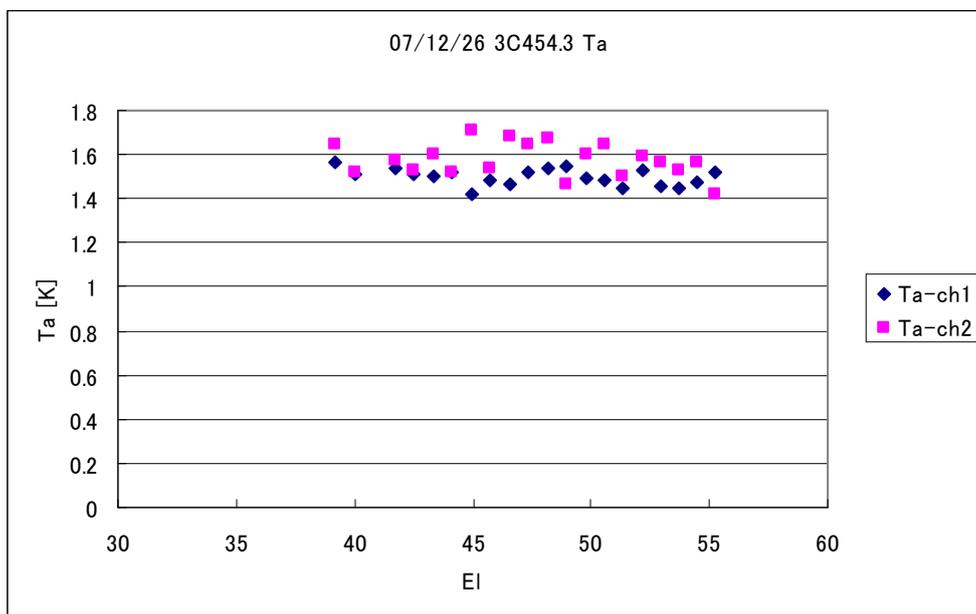


図 2 a. 観測 1 (07/12/26) で得られた Ta

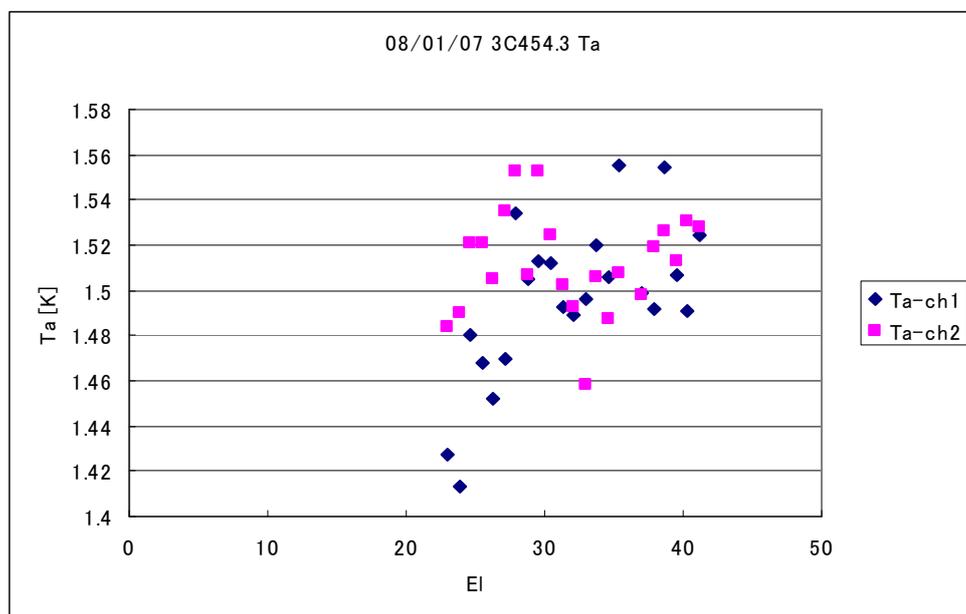


図 2 b. 観測 2 (08/01/07) で得られた Ta

雑音温度は

$$71.78 \times 0.972 = 69.77 \text{ [K]}$$

を用いるべきであることも意味する。

1つの観測局内でCH1とCH2で同じ天体を観測した場合の測定結果に差があることは合理的ではない。測定結果の系統的誤差はCH1/2に共通であるべきである。

(4) 結論

上記の測定と考察にしたがって、2007年12月25日以降、見直しがあるまでの間、CH2の注入雑音温度として $T_{N2} = 69.77 \text{ K}$ を採用する。