



山口第一電波望遠鏡におけるノイズソースを用いたシステム雑音温度測定法の構築

榊原将吾 (山口大学 修士1年) 新沼浩太郎 藤澤健太 (山口大学)

2020年度
VLBI懇談会
シンポジウム

背景、研究目的

現在、山口第一電波望遠鏡 (以下、山口32 m鏡) では、観測の前後に望遠鏡を山: 仰角5度とsky: 仰角40度に向けて各電力を測定し、システム雑音温度: T_{sys} を算出している (山を用いたR-sky法)。現状の問題点として、以下の2つが挙げられる。

- ①観測中の T_{sys} の変化が分からない。
- ②望遠鏡の向きを変える手間がかかる。

これらの問題を解決するために、ノイズソースを用いて既知量の雑音電力をフィードホーンに注入し、随時 T_{sys} を測定するシステムを構築することが本研究の目標である (NS法、図1参照)。現状の課題は次の2つである。

- ①ノイズソースから注入される雑音電力の大きさが分かっていない
- ②R-sky法とNS法による T_{sys} 測定結果が一致するかが分かっていない

これらについて実験を行ったので本ポスターでは以上2点について報告する。

また、図1より、本発表では T_{sys} を以下の式で定義する。

$$T_{sys} = T_{cmb}e^{-\tau} + T_{atm}(1 - e^{-\tau}) + \frac{T_{amb}(1-L_1)}{L_1} + \frac{T_{amb}(1-L_2)+T_{rx}}{L_1L_2}$$

第1項と第2項は望遠鏡に入る雑音、第3項と第4項は望遠鏡から生じる雑音を表す。

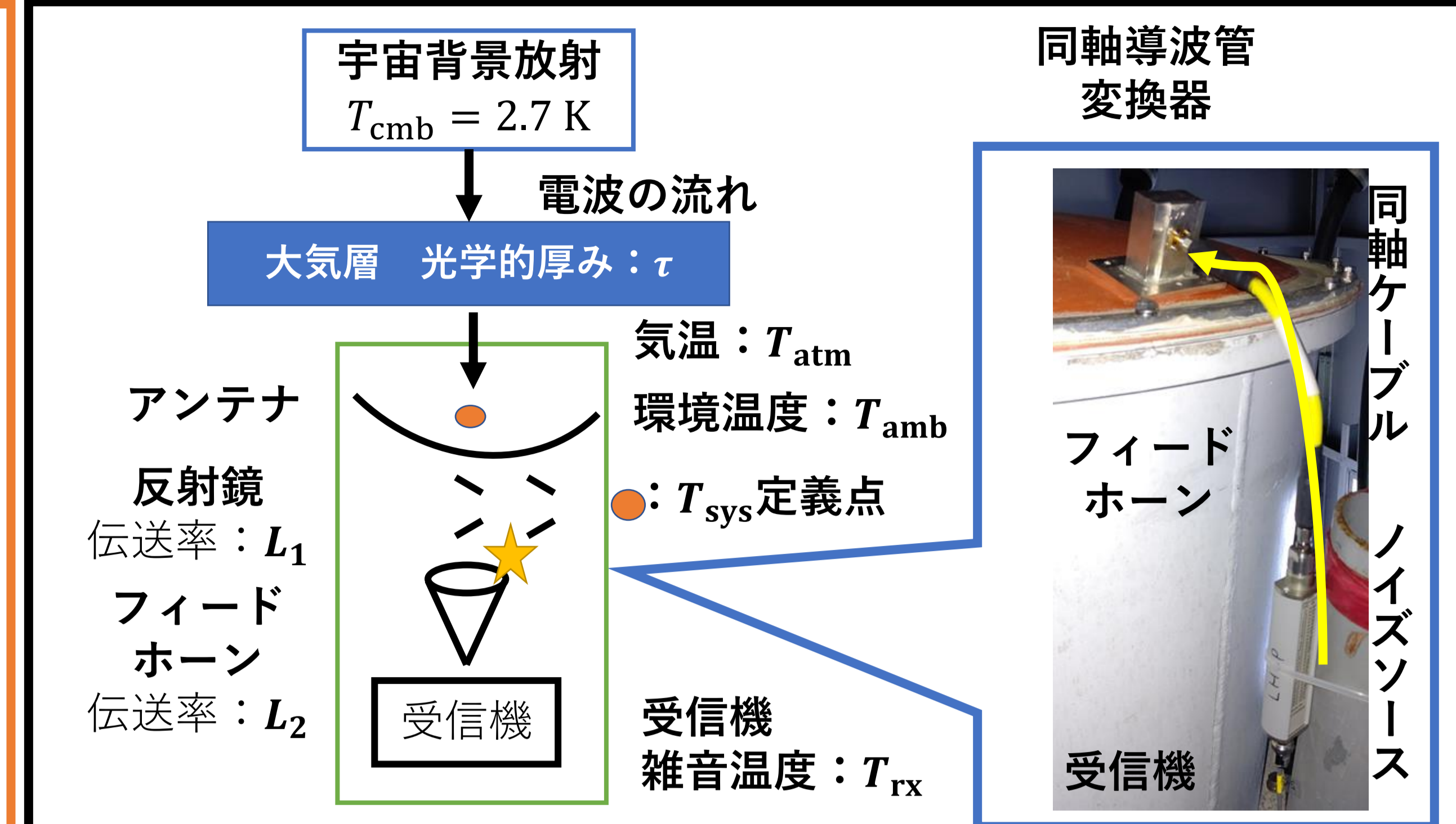


図1: 天体のない空を観測した際の電波信号経路およびノイズソースをフィードホーン開口部端に固定した様子

使用したノイズソースと同軸導波管変換器

山口32 m鏡の観測周波数 (C-Band, X-Band) に対応し、直流電圧28 Vで動作するノイズソース (図6) と同軸導波管変換器 (図5) を使用した。

図1の様に、同軸ケーブルと接続してフィードホーン開口部端に固定した。

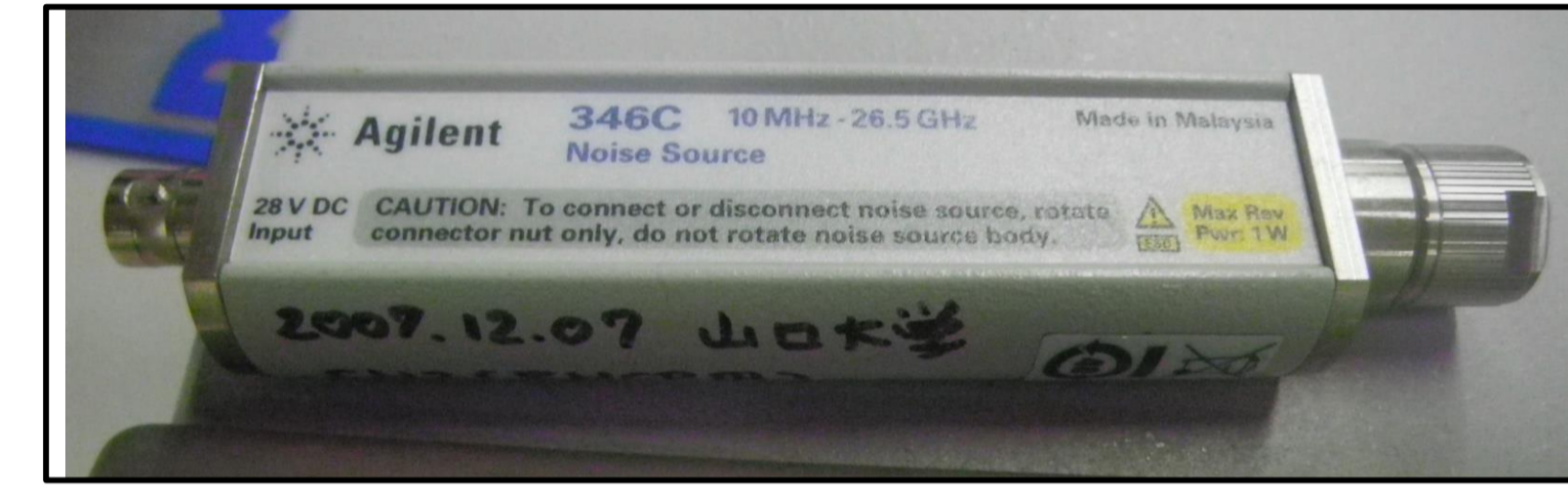
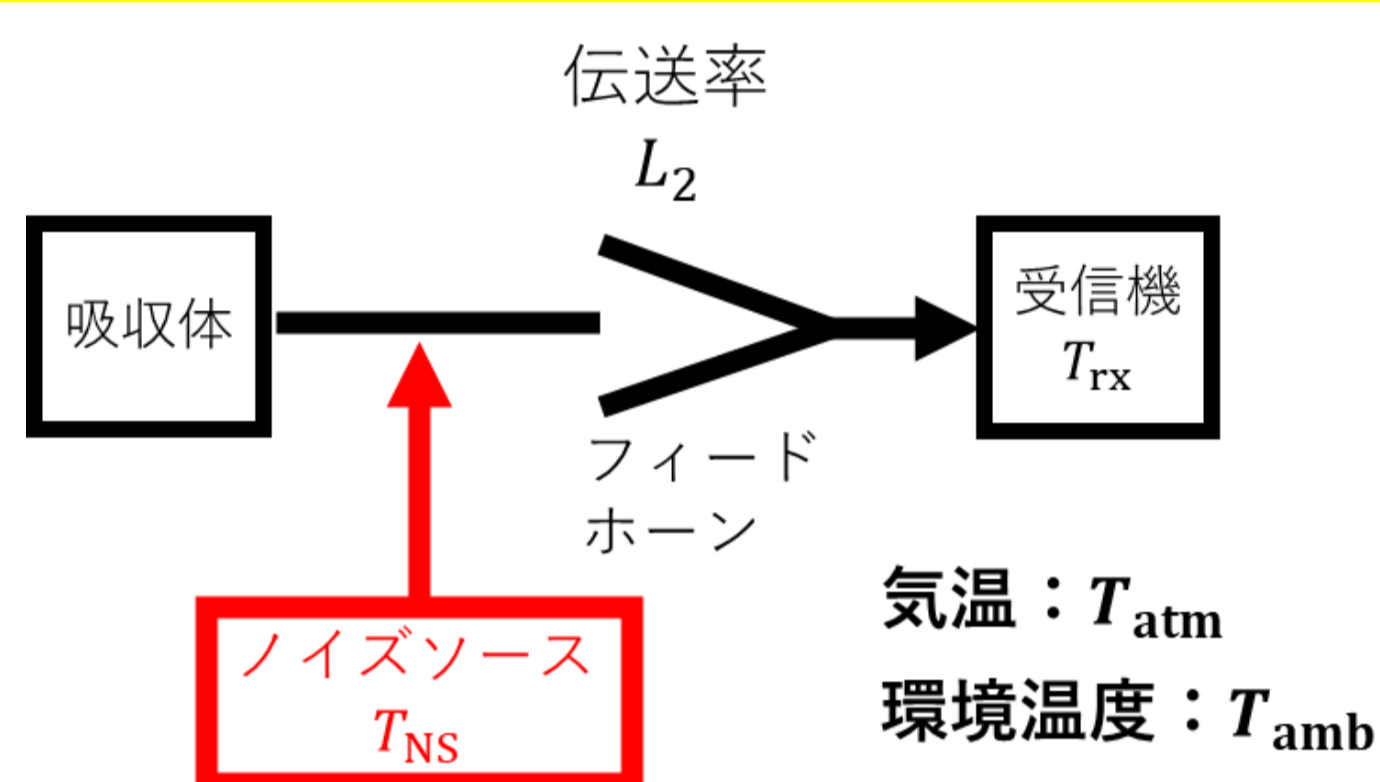


図6: 使用したノイズソースAgilent 346C

ノイズソースを用いた T_{sys} 測定実験: 実験手法

C-BandとX-BandのLHCPを用いて実験を行った。

① 吸収体を用いたノイズソースからの雑音電力 T_{NS} の測定



電源オン: P_{R+NS}
電源オフ: P_R
を測定することにより、ノイズソースからの雑音温度 T_{NS} を算出

$$T_{NS} = \frac{T_{atm} + T_{rx}}{L_1 L_2} (Y_1 - 1)$$

$$* Y_1 = \frac{P_{R+NS}}{P_R}$$

図2: ノイズソースからの雑音温度測定

② R-sky法とNS法による T_{sys} 測定

15度から85度までの26点の仰角において、R-sky法を用いて T_{sys1}^* とNS法を用いて T_{sys2}^* (図3, 4参照) の測定を行った。

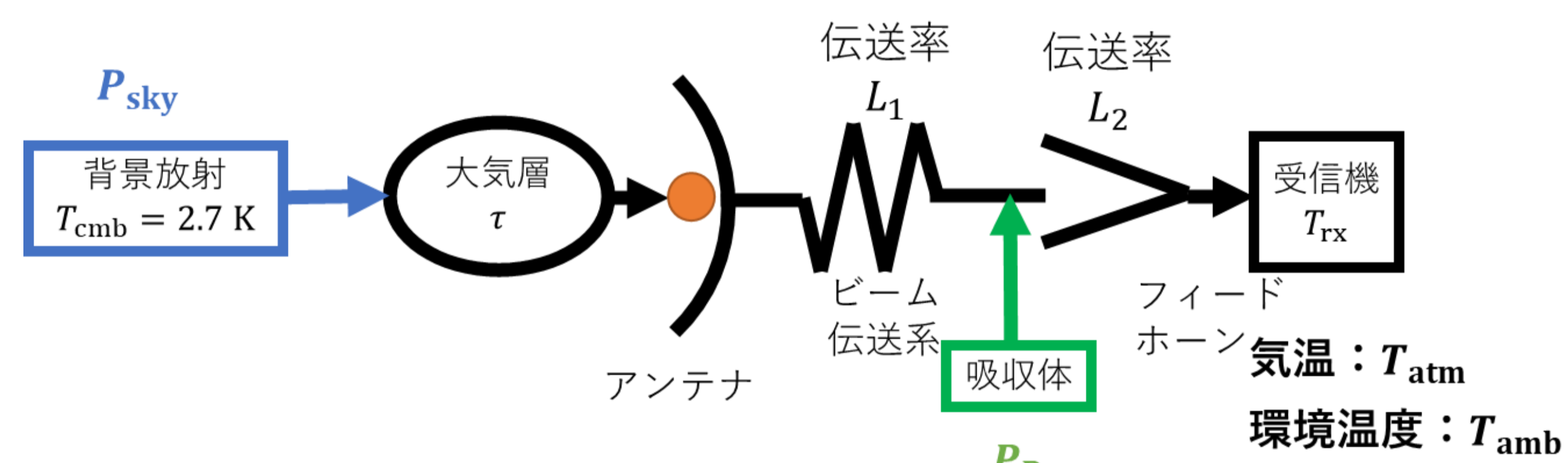


図3: R-sky法による T_{sys} 測定

①フィードホーン開口部に吸収体をかぶせた時

②天体のない空を観た時

①、②の電力を測定することにより算出

$$T_{sys1}^* = e^{\tau} T_{sys} = \frac{T_{atm} - T_{cmb}}{Y_2 - 1} * Y_2 = \frac{P_R}{P_{sky}}$$

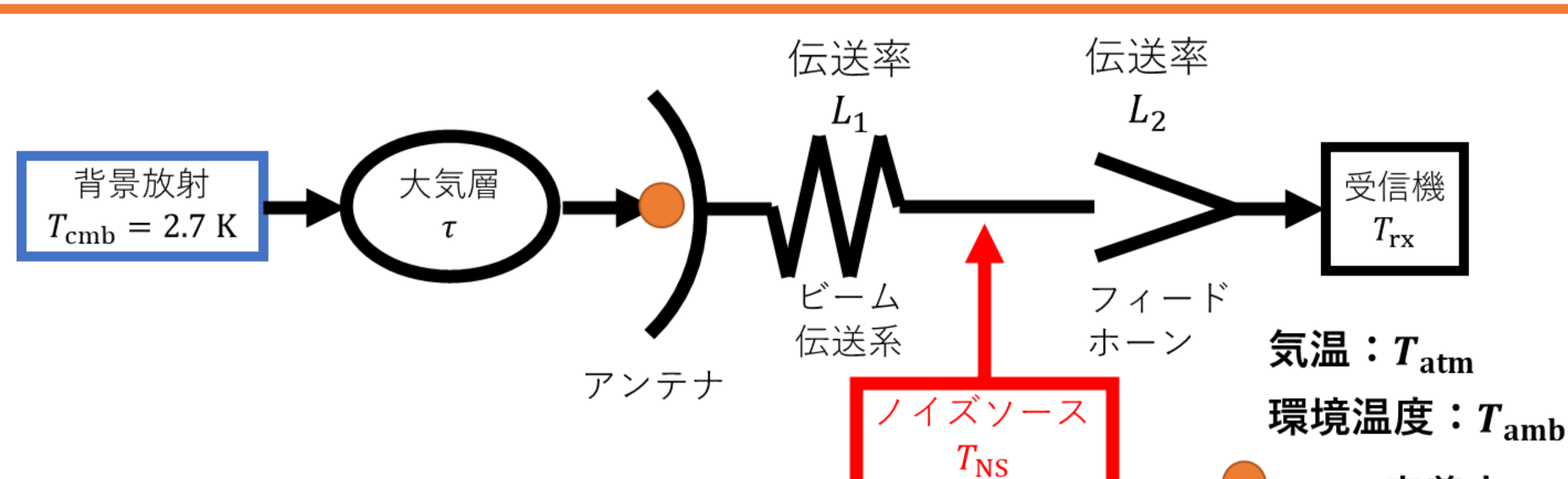


図4: R-sky法による T_{sys} 測定

望遠鏡を天体のない空に向けて

①ノイズソースの電源オンの時

②ノイズソースの電源オフの時

①、②の電力を測定することにより算出

$$T_{sys} = \frac{T_{NS}}{Y_3 - 1} * Y_3 = \frac{P_{sky+NS}}{P_{sky}} \rightarrow T_{sys2}^* = T_{sys} e^{\tau}$$

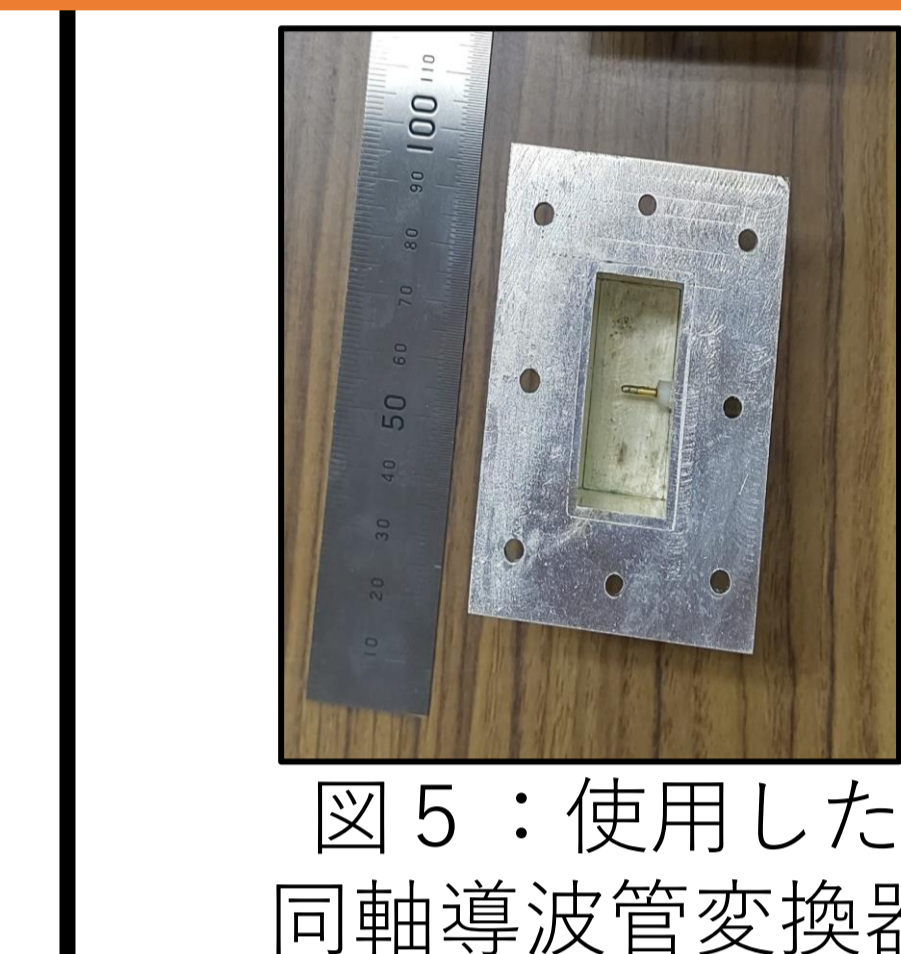


図5: 使用した同軸導波管変換器

実験結果

T_{NS} 測定結果

表1: 測定環境および T_{NS} 測定結果

実験日 (Y/M/D)	天候	気温 [K]	C-Band T_{NS} [K]	X-Band T_{NS} [K]
実験 I 2020/01/17	晴れ	289	12.9	5.7
実験 II 2020/02/13	曇り	289	16.6	6.6
実験 III 2020/07/16	曇り	300	11.0	5.5

各測定結果の比較

次の式より、相対比を計算した。

$$(\text{相対比}) = \frac{|T_{sys1}^* - T_{sys2}^*|}{T_{sys1}^*}$$

表2: 各実験、各周波数帯における相対比の計算結果

実験	周波数帯	相対比 [%]
実験 I	C-Band	13 - 15
	X-Band	10 - 14
実験 II	C-Band	0.5 - 2
	X-Band	6 - 10
実験 III	C-Band	22 - 30
	X-Band	6 - 19

各測定法による T_{sys}^* の測定結果

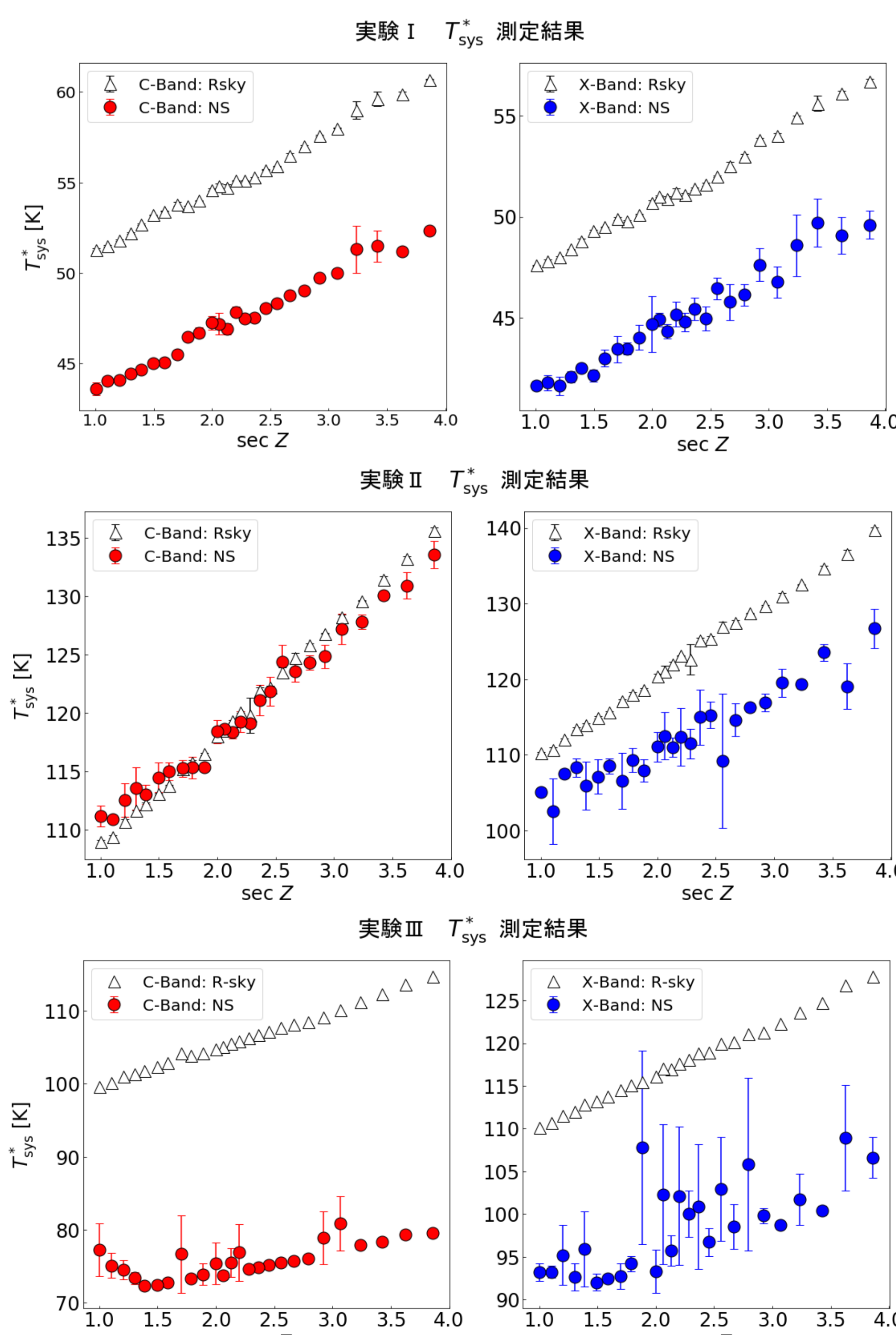


図7: R-sky法とNS法による26点の仰角における T_{sys}^* 測定結果

まとめと今後

表1より、各実験において T_{NS} の測定結果はC-Bandにおいて11 Kから16 K、X-Bandにおいて約6 Kだった。各周波数帯の結果を比較すると、C-Bandの方が2倍入っている事が分かった。また図7より、R-sky法とNS法による各 T_{sys} 測定結果は一致しなかった。 T_{sys} の測定値 (40 Kから140 K) に対してノイズソースからの雑音の量がC-Bandでは11 Kから16 K、X-Bandにおいて約6 Kと小さいこと、実験時の天気が悪かったことが原因として考えられる。今後の予定は以下の通り。

- ①天候の良い日に実験を行う
- ②ノイズソースから注入される雑音の量を大きくするため、口径15 cm四方程度のホーンアンテナと同軸導波管変換器を接続して実験を行う
- ③ノイズソースを動作制御させるプログラムを作成する

NS法による T_{sys} 測定結果を T_{sys2}^ への換算するにあたり、天頂における光学的厚み τ_0 を求める必要があるが、その方法および結果については補足資料参照。

補足資料URL

<https://drive.google.com/file/d/1SankIFeNOF51KvPFHPYEtiqz5AdZ60F/view>