

山口大学機関報告

2016年7月26日

VLBI懇談会役員会

藤沢健太 (山口大学)

1. 人員体制

(ア) 藤沢、新沼 (期限なし教員)、青木 (研究員)、松本 (特命助教、国立天文台と兼職)

(イ) 大学院生 D : 0, M : 6, B : 6、秘書 : 1

2. 研究内容

(ア) JVNを用いたメタノール・メーザ、AGN、その他の観測的研究、2016年度は茨城 - 山口基線の長時間観測を行いたいと考えている

(イ) 単一鏡によるメタノール・メーザの研究

(ウ) 山口干渉計、関連する観測システム開発

3. 山口32mの状況

(ア) 駆動システム、受信機 (6 / 8 GHz 受信機) は正常に動作中

(イ) 水素メーザは保守を行って、現在は安定に動作中

(ウ) VLBIバックエンド : ADS1000 / OCTAVIA 動作中

(エ) ADS3000+の試験観測を実施、山口相関器の立ち上げ (新沼)

4. 山口第2、山口干渉計

(ア) 追尾システムは完成、信号伝送は成功、フリッジ検出に成功

(イ) 広帯域化、2偏波化、長時間積分、校正、ソフトウェアの整備が課題

(ウ) 短時間強度変動をする天体などを中心にしたモニター観測を行う

大学VLBI連携

2016年7月26日
VLBI懇談会役員会
藤沢健太（山口大学）

- (1) 大学VLBI連携の現状
 - (ア) 観測局 2015年度末で北大・苫小牧11mが観測を終了
 - (イ) 観測実施状況 年間250時間程度の観測を実施（6，8，22GHz）
 - (ウ) 成果 PASJ特集号：2015年度中に受理、2016年8月発行予定で進行中、VLBIが8編、光赤外線が2編
- (2) 大学連携ワークショップ
 - (ア) 2016年7月9－10日@茨城局
 - (イ) 各大学・研究機関が成果と今後の研究計画を深く議論した
- (3) 2016年度およびその後の計画
 - (ア) メタノール・メーザ（茨城大学が核）
 - (イ) 銀河系内コンパクト電波源の系統的観測（山口大学が核）
 - (ウ) 少数高感度基線の長時間観測、イメージングをせず多数の天体の検出・統計的研究・基礎カタログ作成
 - (エ) 大阪府大を中心とした広帯域受信機開発
 - (オ) 他の研究も継続
 - (カ) 東アジアVLBIへの展開

国土地理院 機関報告

国土地理院 川畑 亮二

1. つくば32mアンテナの状況
 - (1)年度計画
 - ・ 24時間観測48回、1時間(UT1)観測146回
 - (2)運用予定
 - ・ 12月末まで観測
 - ・ 観測終了後、解体
 - (3)その他
 - ・ 最後のコロケーション観測を実施予定(10月頃)
2. 石岡VLBI観測施設の状況
 - (1)石岡測地観測局の整備
 - ・ 観測局舎完成(2016年2月)
 - ・ 一般向け施設説明会(4月27日)
 - ・ 施設の本格運用(5月1日)
 - (2)従来型S/X観測
 - ・ 2015年2月以降、月数回のペースで実施(今年度は39回の24時間観測を予定)
 - ・ 2016年1月～3月は観測局舎工事に伴う停電で観測中断、4月から観測再開
 - (3)広帯域観測
 - ・ 2016年8-9月にIVSによる広帯域観測に参加予定
 - ・ NICTとの共同観測も計画
 - (4)今後の予定
 - ・ 2017年以降は、石岡1局のみでIVSの観測に参加
3. つくば相関局・解析センターの状況
 - (1)年度計画
 - ・ AOV観測3回、1時間(UT1)観測101回
 - ・ グローバル解析2回
4. その他
 - (1)IVS評議会
 - ・ 2015年10月：カナダ・ペンティクトン
 - ・ 2016年3月：南アフリカ(IVS総会)
 - (2)AOV会議
 - ・ 2015年11月：オーストラリア・ホバート
 - ・ 次回は2017年7-8月の神戸の国際測地学協会会議に合わせて開催予定

VLBI 懇談会 2016 年度第 1 回役員会

(2016 年 7 月 26 日)

筑波大学 機関報告

○人員体制 (宇宙観測研究室)

- ・スタッフ 4 (教授 2、助教 1、研究員 1)
- ・大学院生 14 (後期 2、前期 12) (うち 32m 関係 2 名)
- ・大学卒研究生 3

(昨年度末)

- ・博士取得終了 1
- ・修士取得終了 6 (うち 32m 関係 2 名)
- ・大学卒業 3 (うち 32m 関係 1 名)

○VLBI、国土地理院 32m 関係の活動

- ・ X 帯、K 帯の大学連携 VLBI 観測 (32m 担当)
- ・ 単一鏡観測
 - ・ 銀河面 (銀河中心) アンモニアマッピング
 - ・ W3 のアンモニアマッピング
 - ・ AGN の水メーザー探査
 - ・ 電波銀河のアンモニア吸収線探査
- ・ 32m の K 帯の周波数保護申請が承認された。

○今後の予定

- ・ 32m の観測は本年 12 月まで
- ・ K 帯受信システム (FE, IF, BE) の今後を検討
- ・ 南極サブミリ波 VLBI の検討 (周回気球搭載望遠鏡を含む)
南極 10m テラヘルツ望遠鏡には 200GHz 帯受信機+を塔載予定

・VLBI 関係

臼田 64m

性能測定を鹿児島大の協力を受けて行っている。

観測時間は適宜確認中

軌道決定 VLBI 観測

VLBI 以外にも低周波の基線の観測、パルサーの観測など

臼田 10m

22 GHz の常温受信機を搭載し、K5/VSSP, ADS-3000+を接続し、VLBI 観測可能としている。

臼田後継局 (54m)

2015 年 11 月にプロジェクト発足。現在基本設計を行っている。

審査会等にコミュニティからもご協力いただいている。

建設地の伐採が済み、造成作業開始している。

2019 年度までの整備をめざしている。

気球 VLBI

現在 JAXA 大樹航空宇宙実験場にて作業中

・その他

国土地理院との研究協定を 2016 年度も延長させていただいた。

宇宙研の公開日 (7/29,30 であるが電波 Gr は人がおらず、展示縮小)

・メンバー

スタッフ：坪井、岩田、村田、土居 (ほか、気球 VLBI にはさらに多数の協力者)、
竹内 (軌道決定 VLBI ほか)

学生：D2 2名、M2：1名

大阪府立大学(機関報告)

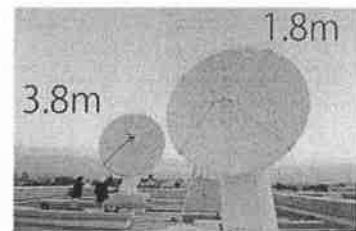
◆ 体制

- スタッフ 4名 (大西、小川、前澤、村岡)
- 研究員 4名(阿部、西合、黒岩、木村)、
- 学生 院生 16 学部生 4

◆ 活動内容

● VLBI 関係

- 大阪府大屋上望遠鏡群(3.8m 鏡、1.8m 鏡)の移設
 - ✓ 2014年11月 3.8m 鏡 from 新十津川局
 - ✓ 2014年12月 1.8m 鏡 from 小金井
 - ✓ 2016年 原子時計 from 北大



○太陽を用いたビームパターン測定等の望遠鏡立ち上げ。

○茨城大協力のもと、原子時計を用いた VLBI 試験観測を実施中 (2016年7月)

- グリーンランド望遠鏡(GLT・台湾)への協力
 - ✓ 230GHz 帯受信機の開発
 - ✓ 3カートリッジ型受信機の開発
- 気球望遠鏡開発への協力(PI 土居さん)
 - ✓ 2016年7月現在 大樹航空宇宙実験場にてフライト準備中(府大から2名参加)
- 野辺山 45m に搭載する周波数選択膜を用いた多周波同時観測システムの開発協力 (HINOTORI 計画、PI 今井さん)
 - ✓ 初めに 22,43GHz 同時観測を進め、今後 86GHz 帯の追加を目指す。

- 府大 1.85m 電波望遠鏡を用いた一酸化炭素分子輝線(J:2-1)の系内サーベイ
- SPART(野辺山 10m 鏡)を用いた惑星大気観測
- ALMA や ASTE を用いた天文学

-など

VLBI懇談会幹事会 機関報告 極地研究所

観測体制

国内 : 土井、青山

昭和基地: 笹森・田村 (第57次越冬隊)、土井 (第57次夏隊)、早河・藤澤 (第56次越冬隊)

2015年10月～2016年4月の観測

OHIG実験: 6回実施済

AOV 実験: 1回 (キャンセル)

実験名	観測開始時刻(UT)	観測終了時刻(UT)	観測数	参加局	備考
OHIG97	2015年11月11日 18:00:00 UT	2015年11月12日 17:45:36 UT	135回	8局 Sy, Ft, Ho, Ht, Ke, Kk, Ww, Yg - Oh	
OHIG98	2015年11月17日 17:30:00 UT	2015年11月18日 17:24:48 UT	150回	8局 Sy, Ft, Hb, Ht, Ke, Kk, Ww, Yg - Oh	※1
OHIG99	2015年11月18日 18:00:00 UT	2015年11月19日 17:52:02 UT	140回	9局 Sy, Ft, Hb, Ht, Ke, Kk, Oh, Ww, Yg	
AOV07	2016年2月2日 17:30:00 UT	2016年2月3日 17:29:44 UT	150回	8局 Ho, K1, Ke, Kg, Km, Ts, Ur, Yg - Hb - Ww - Sy	※ 2, 3
OHG100	2016年2月9日 17:30:00 UT	2016年2月10日 17:24:40 UT	125回	6局 Sy, Hb, Kk, Oh, Ww, Yg - Ht - Ke	※ 2
OHG101	2016年2月10日 18:00:00 UT	2016年2月11日 17:57:40 UT	124回	7局 Sy, Hb, Ke, Kk, Oh, Ww, Yg - Ht	
OHG102	2016年2月17日 19:00:00 UT	2016年2月18日 18:37:30 UT	114回	8局 Sy, Ft, Hb, Ke, Kk, Oh, Ww, Yg - Ht	※ 4

※1: OHIG98開始直後、基地停電が発生し、観測が中断した。復旧後も、収録装置の一部のハードディスクにトラブルが発生し、全体の17%の観測が欠測となった。

※2: 第56次隊→第57次隊への引き継ぎ。

※3: AOV07の準備期間中の1月31日、ビデオ変換出力レベルがほぼ0になる不具合が発生し、本番をキャンセルした。2月5日、アンテナフロントエンド部のダウンコンバーターを調整し、信号が回復した。また、基地発電機の不調に伴い、K5の電源モジュールとマザーボードが故障し、予備機と交換を行った。

※4: 2月16日に水素メーザ時刻同期用GPS時計(時刻監視装置)が異常停止(故障)していることが分かった。予備機がないため、時刻同期を行わず、OHG102実験を行った。

OHG103 (2015年11月8日), OHG104 (11月9日), OHG105 (11月16日)に参加予定。

観測設備状況

- ◆ 2013年12月に昭和基地に持ち込んだアンリツ製 第3世代水素メーザ (SD1T03B) を周波数基準として運用している。トラブル無く、順調である。2015年1月に持ち込んだ水素メーザ2号機は、2016年4月から立上げ作業を開始し、7月に立ち上げを完了した。現在、予備機として運用している。
- ◆ マザーボードを交換したK5のユニットの動作が不安定であるため、2017年1月に、VSSP64システムに更新を予定している。

処理・解析状況

- ◆ OHIG97～99、OHG100～101の観測データは昭和基地より国内に持帰り済み。NICT鹿島の協力を受け、全データをBonnの解析局に転送し、相関処理が終了している。AOV002の観測データも持帰り、国土地理院に転送し、相関処理が終了している。

その他

- ◆ 平成28年度の概算要求で12m級アンテナ+トリバンド受信機+レドームの構成で予算申請を行った。機構の審査を通った後、文科省から、南極観測の概算要求に移し替えて、5年くらいのプロジェクトにするよう指示があり、それに従って申請書を書き換え、提出した。が、他の南極観測関連の予算が優先され、VLBI関係の予算はつかなかった(平成29年度も外される模様)。
- ◆ レドームの老朽化のため、2020年1月に解体が予定されているので、レドームを更新し、現在のアンテナを改善し、VLBI観測を継続するプランも並行して考慮している。
- ◆ 9月初旬に、主にVLBIとSLRをターゲットとした「極域での GGOS 中核局構築に向けた必要技術検討」の研究集会を極地研で開催する予定。

<人員>

学生：博士課程 3（うち海外1）、修士課程 13

スタッフ：半田、今井、永山、中西(イギリス滞在中)、中川、面高、赤堀

<観測装置、関連プロジェクトなど>

・VERAによる星形成領域、晩期型星のVLBI観測。VERA入来局は現在、2か月にわたる夏の保守期間中。8月上旬から観測再開。通常のVLBIが行われたい空き時間には水メーザーの単一鏡モニターや探査を行っている。

・1m光赤外線望遠鏡による測光観測モニター観測。突発天体の観測にも対応。また3色を同時に測光できる赤外線カメラを開発中（永山）。

・野辺山45m望遠鏡

バックアップ観測を利用してアンモニアの観測を進めている。学生が出張してバックアップ観測に臨むやりかた。

・錦江湾6m望遠鏡

ソフトウェア分光計を調整中。アンテナは駆動するが定常的な観測は中断している。

・宇宙研の64メートル望遠鏡を使った1.6GHz観測も中西グループで進行中。

<最近の成果>

<2016年>

○題名：Parallax of a Mira variable R Ursae Majoris studied with astrometric VLBI

著者：Nakagawa, Akiharu; Kurayama, Tomoharu; Matsui, Makoto; Omodaka, Toshihiro; Honma, Mareki; Shibata, Katsunori M; Sato, Katsuhisa; Jike, Takaaki

掲載誌：2016, PASJ, Accepted (arXiv:1607.01090)

○題名：H₂O masers in a jet-driven bowshock: Episodic ejection from a massive young stellar object

著者：Burns, R. A.; Handa, T.; Nagayama, T.; Sunada, K.; Omodaka, T.

掲載誌：2016MNRAS.tmp..735B

○題名：Molecular jet emission and a spectroscopic survey of S235AB

著者：Burns, R. A.; Handa, T.; Hirota, T.; Motogi, K.; Imai, H.; Omodaka, T.

掲載誌：2016A&A...586A..34B

<2015年>

○題名 : A `water spout' maser jet in S235AB-MIR

著者 : Burns, R. A.; Imai, H.; Handa, T.; Omodaka, T.; Nakagawa, A.; Nagayama, T.; Ueno, Y.

掲載誌 : 2015MNRAS.453.3163B

○題名 : Annual parallax measurements of a Mira variable star, U Lyncis

著者 : Kamezaki, Tatsuya; Nakagawa, Akiharu; ほか

掲載誌 : 2015, PASJ, 208

○題名 : Outer rotation curve of the Galaxy with VERA. II. Annual parallax and proper motion of the star-forming region IRAS 21379+5106

著者 : Nakanishi, Hiroyuki; Sakai, Nobuyuki; ほか

掲載誌 : 2015, PASJ, 176

以上

茨城大学機関報告

米倉覚則（茨城大学宇宙科学教育研究センター）

1. 人員体制

平成27年度		平成28年度
米倉、(百瀬)、作間（技術補佐員）	→	
杉山孝一郎（大学連携研究員：2014/04-）	→	
澤田佐藤聡子（大学連携研究員：2015/04-）	→	
D3(1)	→	齋藤悠（大学連携研究員：2016/04-）
M2(4)		（全員就職）
M1(5)	→	M2(5)
B4(4)	→	M1(2)
		→B4(4)

茨城局を研究のメインテーマとする大学院生／学生数
(大学院生／学生は、「電波天文観測研究室」(百瀬)所属)。

2015年度修士論文4編

- * 銀河系遠方腕における水及びメタノールメーザーの探査（沖本有）
- * 日立局・高萩局を結合した二素子干渉計の立ち上げ（加古琳一）
- * G014.23-00.50 に付随する 6.7GHz メタノールメーザーの高頻度モニター観測（永瀬桂）
- * Lomb-Scargle 法を用いた 6.7GHz メタノールメーザー強度変動周期の導出（安井靖亮）

2015年度卒業論文4編

- * 日立 32m 電波望遠鏡によるモニター観測データを用いた突発変動天体のサーベイ（青木健悟）
- * 日立 32m 電波望遠鏡を用いた、周期的な強度変動を示すメタノールメーザー源のサーベイ ～30 日未満の短周期検出を目指した高頻度モニター～（山口貴大）
- * 銀河系遠方腕におけるメタノールメーザーの探査（亀海真美）
- * 6.7GHz メタノールメーザーの強度変動の周期解析に用いた Lomb-Scargle 法の精度検証（石井啓太）

2. 2015年度実績（2015/08-2016/07）

日立：6-9 GHz 運用（毎日14時間程度）

高萩

2015/04-2015/12：運用停止（モータートラブル）

2016/01-2016/03：6-9 GHz 運用（2素子干渉計）

2016/03-2016/07：22 GHz 運用（気球 VLBI）

VLBI 運用：208 時間

6 GHz（日立）83 時間、8 GHz（日立）43 時間、22 GHz（高萩）82 時間

3. トラブルなど

(あ) 高萩アンテナモーター 5 台オーバーホール／修理／リビルト

2015/12 修理完了

(い) 日立アンテナブローモーターオーバーホール

2016/03 完了

(う) Signal generator 2 台故障 (Keysight E8257D)

2016/04, 07 にそれぞれ 1 台ずつ電源が入らなくなった

(え) O/E (RX) 5 台故障

3 台修理完了、2 台故障中（原因：瞬停、入力オーバーなど）

4. 2015 年度予定

VLBI 運用／観測

メタノールレーザー単一鏡毎日モニター観測、新レーザー源探査

日立・高萩 2 素子干渉計立ち上げ（専用相関器）

少数基線 VLBI（山口-茨城、他）

NICT 機関報告

2016年7月26日 NICT 関戸 衛

1. メンバー異動なし：9名

パーマネント職員：関戸衛、川合栄治、主任研究員（有期）：岳藤一宏、氏原秀樹、
研究技術員（有期）：近藤哲朗、堤正則、派遣職員：長谷川信吾、宮内結花、篠塚久美子

2. 観測施設：

(ア) 34mアンテナ：特に大きなトラブルなく運用中

観測プロジェクト（GALA—V 周波数比較実験関連[Wideband]、IVS 測地観測[S/X]、J-NET 観測[X/K/C]、木星観測（東北大）[S/X]、気球 VLBI 観測[K]

(イ) 小金井 1.1mアンテナ：特に大きなトラブルなく運用中

ステレオ衛星ダウンリンク（NICT 宇宙環境研究室）[X]、IVS 測地観測[S/X]

(ウ) 鹿島 1.1mアンテナ：特に大きなトラブルなく運用中

IVS 測地観測[S/X]

3. 研究開発

- 広帯域フィードの開発：広帯域フィード試作 2 号器 3-14GHz を 34m アンテナに設置(2015/7 月)、SEFD 測定（1500-2000Jy）、現在直線 1 偏波、今年中に 2 偏波に改造予定。
- 小型アンテナと周波数比較実験：小型アンテナ(1.6m, 1.5m)を産総研と NICT 小金井に設置し、2016 年から本格的な広帯域(3-11GHz から 1GHz 幅 x 4 バンド)で精度検証の実験を行っている。2016 年 3 月に、小金井 1.5m アンテナを、氏原設計フィードを使って 2.4m カセグレン焦点に変更。小型アンテナ間でも通常の測地実験程度の精度は出ている(遅延残差 20-30ps)。大気推定が精度をリミットしていると考えられ、最終的には VGOS 局との高速スリュー観測を目標としている。広帯域 VGOS 試験観測を 8 月中石岡局との間で実施する予定。



34m アンテナに設置した広帯域フィードと常温 LNA(左写真)

2.4m カセグレン焦点に変更した小金井 2 号館屋上の MARBLE2(右写真)

4. その他

- 6 月 30 日：IVS 技術開発センターシンポジウム開催（参加者数：30 名、発表件数 16 件）
- 7 月 30 日：NICT 鹿島宇宙技術センター一般公開

岐阜大の機関報告

スタッフ

高羽 准教授

須藤 助手

学生

M2 1名

4年生 4名

11mアンテナ

3月に修理完了、立ち上げ中

一昨年の落雷で以下のものが故障

エンコーダーA z, E 1

E 1エンコーダーケーブル断線

A C U

D C P A電源

A zブレーキ（1年以上駆動できなかつたために固着）

観測制御計算機（P C 9 8 0 1）

受信機

観測制御計算機をL i n u x F S 9にしてポインティング観測を実施中

Hメーザーの1 p p s出力の故障もあり、K 5 / V S S P 3 2の時刻がずれていることに気が付かず、多くのデータが無駄になっている。

南極テラヘルツ望遠鏡
感度

○システム雑音温度 T_{sys}

大気外で考える

$$T_{sys} e^{-\tau} \eta = T_{RX} + \eta T_{atm} (1 - e^{-\tau}) + (1 - \eta) T_{amb} \quad (1)$$

τ : 大気の光学的厚み、 η : アンテナ効率、

T_{RX} : 受信機雑音温度、 T_{atm} : 大気の温度、 T_{amb} : 望遠鏡 (アンテナ) の周囲温度

右辺第1項

$$\text{ヘテロダイン受信機 } T_{RX} > \frac{h\nu}{k} = 4.8 \left(\frac{\nu}{100 \text{ GHz}} \right) \text{ K (量子雑音)}$$

右辺第2項 = $\eta T_{atm} (1 - e^{-\tau}) \approx 0.9 \times 200 \times (1 - e^{-\tau}) \approx 17 \text{ K } (\tau = 0.1) \sim 114 \text{ K } (\tau = 1)$

右辺第3項 = $(1 - \eta) T_{amb} \approx (1 - 0.9) \times 200 = 20 \text{ K}$

○南極テラヘルツ望遠鏡 + ヘテロダイン受信機

システム雑音温度

$$T_{sys} = [T_{RX} + \eta T_{atm} (1 - e^{-\tau}) + (1 - \eta) T_{amb}] \frac{e^{\tau}}{\eta} \quad (2)$$

PWV=0.14mm (ドームふじ)

rms=20 μ m \rightarrow 開口能率 (η_A : 最後の表)、 $\eta_o=0.70$

$\eta = 0.9$

$T_{atm} \approx T_{amb} \approx 200 \text{ K}$ (ドームふじ)、

周波数帯	受信機雑音	大気透過率	<u>T_{sys}</u>
		$e^{-\tau}$	
220 GHz	50 K	0.95	92 K
350 GHz	50	0.92	102
400		0.85	
460	100	0.80	223
500		0.70	
650	160	0.60	467
850	320	0.55	850

1.0 THz	340 (量子×7)	0.20	2200
1.3	440 (量子×7)	0.20	3360
1.5	500 (量子×7)	0.13	5780

検出感度

$$\Delta V = 1 \text{ km/s}$$

$$\Delta T(\text{rms}) = \frac{2T_{\text{sys}}}{\sqrt{B2\tau}}$$

周波数帯	$\Delta \nu$	感度(5 σ rms for $\Delta V=1\text{km/s}$)		
		$\tau=60\text{sec}$	1hour	10hours
220 GHz	$7.33 \times 10^5 \text{ Hz}$	0.098 K	0.013 K	0.0040 K
350 GHz	1.17×10^6	0.086	0.011	0.0035
460	1.53×10^6	0.165	0.021	0.0067
650	2.17×10^6	0.289	0.037	0.012
850	2.83×10^6	0.461	0.060	0.019
1.0 THz	3.33×10^6	1.10	0.142	0.045
1.3	4.33×10^6	1.47	0.190	0.060
1.5	5.00×10^6	2.36	0.305	0.096

南極10m テラヘルツ望遠鏡
感度

○システム雑音温度 T_{sys}

大気外で考える

$$T_{sys} e^{-\tau} \eta = T_{RX} + \eta T_{atm} (1 - e^{-\tau}) + (1 - \eta) T_{amb} \quad (1)$$

τ : 大気の光学的厚み、 η : アンテナ効率、

T_{RX} : 受信機雑音温度、 T_{atm} : 大気の温度、 T_{amb} : 望遠鏡 (アンテナ) の周囲温度

右辺第1項

$$\text{ヘテロダイン受信機 } T_{RX} > \frac{h\nu}{k} = 4.8 \left(\frac{\nu}{100 \text{ GHz}} \right) \quad (\text{量子雑音})$$

$$\text{直接検出器 } T_{RX} \approx 1 \text{ K}$$

$$\text{右辺第2項} = \eta T_{atm} (1 - e^{-\tau}) \approx 0.9 \times 200 \times (1 - e^{-\tau}) \approx 17 \text{ K } (\tau = 0.1) \sim 114 \text{ K } (\tau = 1)$$

$$\text{右辺第3項} = (1 - \eta) T_{amb} \approx (1 - 0.9) \times 200 = 20 \text{ K}$$

=> サブミリ・テラヘルツ帯

ヘテロダイン受信機 : 受信機雑音が最も大きい。

直接検出器 : 大気雑音が最も大きい

(衛星搭載望遠鏡+直接検出器 : 望遠鏡雑音が最も大きい)

○南極10m テラヘルツ望遠鏡+直接検出器 (電波カメラ)

NEP

$$NEP \approx 6 \times 10^{-18} \text{ W Hz}^{-1/2}$$

受信機雑音温度

$$\begin{aligned} T_{RX} &= \frac{NEP}{\sqrt{2k\sqrt{B}}} \\ &= \frac{6 \times 10^{-18}}{\sqrt{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times \sqrt{B(\text{GHz})} \times 10^9} \\ &= \frac{9.72}{\sqrt{B(\text{GHz})}} \text{ K} \end{aligned}$$

システム雑音温度

$$T_{sys} = [T_{RX} + \eta T_{atm} (1 - e^{-\tau}) + (1 - \eta) T_{amb}] \frac{e^{\tau}}{\eta} \quad (2)$$

$$NEFD = \frac{2kT_{sys}}{A\eta_A\sqrt{B}} \approx \frac{2.76 \times 10^{-23} T_{sys}}{3.14 R^2 \eta_A \sqrt{B(\text{GHz}) \times 10^9}} = 27.8 \frac{T_{sys}}{R^2 \eta_A \sqrt{B(\text{GHz})}} \text{ [mJy s}^{1/2}\text{]}$$

PWV=0.14mm, 0.10mm (ドームふじ)、=0.60mm (チャナントール)

rms=20 μm → 開口能率 (η_A:最後の表)、η₀=0.70

η = 0.9

T_{atm} ≈ T_{amb} ≈ 200K (ドームふじ)、260K (チャナントール)

周波数帯	大気透過率 e _{-τ}		帯域幅 B(10%)	開口能率 η _A	T _{RX} [K]	T _{sys} [K]		NEFD [mJy s ^{1/2}]	
	Dふじ	チリ				Dふじ	チリ	D10m	CCAT25m
100 GHz	0.97?		30 GHz	0.695	1.77	31.1		9.1	
230	0.96?		35	0.674	1.64	33.4		9.3	
350	0.941	0.885	35	0.642	1.64	38.1	68.1	11.2	3.09 (7.1)
400	0.900	0.803	40	0.626	1.54	48.8	102	13.7	4.37
460	0.826	0.612	46	0.603	1.43	71.0	214	19.3	8.70
500	0.747	0.506	50		1.37	99.5	313		12.4
650	0.749	0.499	65	0.521	1.21	98.2	321	26.0	11.9
850	0.706	0.441	85	0.422	1.05	116	397	33.1	14.6 (22.8)
1.0 THz	0.312	0.035	100	0.347	0.972	515	8020	164.7	302
1.3	0.309	0.029	130	0.306	0.853	522	9730	165.5	423
1.5	0.282	0.029	150	0.144	0.794	591	9730	372.6	487
PWV=0.10									
850GHz	0.771		85	0.422	0.879	89.5		25.5	
1.0 THz	0.509		100	0.347	0.810	238		76.3	
1.3	0.480		130	0.306	0.710	265		84.5	
1.5	0.439		150	0.144	0.661	308		194.6	

検出感度

周波数帯	5 ΔS(rms) [mJy]				
	ドームふじ 10-m			CCAT 25-m	
	積分時間 60 sec	積分時間 1h	積分時間 10h	積分時間 1h	積分時間 10h
100 GHz	5.87 mJy	0.758 mJy	0.240 mJy		
230	6.00	0.775	0.245		
350	7.23	0.933	0.295	0.26	0.081
400	8.84	1.14	0.361	0.36	0.12
460	12.5	1.61	0.509	0.73	0.23
500				1.03	0.33
650	16.8	2.17	0.686	0.99	0.31
850	21.4	2.76	0.873	1.22	0.38
1.0 THz	106	13.7	4.34	25.2	8.0