

令和 6 年 4 月 22 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03629

研究課題名(和文) ミリ波サブミリ波帯における超広帯域円偏波分離器の開発

研究課題名(英文) Development of wideband circular polarizer in millimeter submillimeter wave band

研究代表者

小川 英夫 (OGAWA, Hideo)

大阪公立大学・大学院理学研究科・客員教授

研究者番号：20022717

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：ミリ波サブミリ波帯における広帯域円偏波分離器の設計開発を進めた。広帯域円偏波分離器を実現するためには、直交する直線偏波間の位相差を90度に遅延させる位相遅延器の広帯域化が重要であった。我々は、複数の導波管回路の位相遅延特性を組み合わせることで、広帯域化を妨げていた周波数依存性を打ち消し、広帯域で90度に近い位相遅延特性を実現することに成功した。210-365 GHz帯で試作した回路は、おおよそ設計と一致する傾向が示されており、今後のブラックホール観測への応用を目指している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、210-365 GHz帯における広帯域円偏波分離器の開発を行った。円偏波分離器を構成する位相遅延器と直交偏波分離器それぞれを広帯域に設計・測定し、それぞれを組み合わせた円偏波分離器として測定した。結果として、おおよそ設計と一致するような良好な結果が得られており、ブラックホール観測を含む次世代のミリ波サブミリ波帯の超長基線電波干渉法への応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：We have developed a wideband circular polarizer in the millimeter/submillimeter wave band. To realize a wideband circular polarizer, it was important to develop a wideband differential phase shifter that delays the phase difference between two orthogonal linearly polarized waves to 90 degrees. However, it is difficult for conventional circuits that use only a single type of phase shifter to obtain a constant 90 degrees phase difference because the frequency dependence of the phase difference is large. We designed and fabricated a differential phase shifter in 210-365 GHz band with a flat phase-difference characteristic by combining three different types of differential phase shifters to cancel out the frequency dependence of the phase difference. Measurement results has shown a tendency to match the design characteristics. We expect that this circular polarizer will contribute to future black hole observations.

研究分野：電波天文

キーワード：円偏波 広帯域 電波天文学 導波管

## 1. 研究開始当初の背景

Very Long Baseline Interferometry (VLBI)観測では、離れた望遠鏡を組み合わせることで高分解能な観測が実現でき、天文観測で活発に使用されている。世界で初めてブラックホールの撮像に成功した国際プロジェクト Event Horizon Telescope (EHT)においても、VLBI 観測が使用され、 $20 \mu$ 秒角までの高分解能な観測が実現した[1], [2]。EHT の観測には世界中の多くの望遠鏡が参加している。これらの望遠鏡では、地球の自転による望遠鏡間の偏波の時間変化のない円偏波が観測可能な円偏波受信機が通常使用されている(図 1)。我々は、Green Land Telescope (GLT)の両円偏波受信機の開発などに携わってきた。Next Generation EHT (ngEHT)の新たなサイエンスゴールとして、ブラックホールの詳細な構造やフレア、ジェットのプロセスを知るために、前回の観測で成功した 230 GHz に、より高周波な 345 GHz 帯を加えた 230 GHz 帯、345 GHz 帯の同時両偏波 VLBI 観測が求められている[3]。上記の同時観測を実現するためには、現状の超伝導ミキサでは周波数帯域が十分ではないため、230 GHz 帯、345 GHz 帯を分離する必要がある。近年の開発で導波管型のダイプレクサを使用することで一つのホーンアンテナを用いて 230、345 GHz 帯を同時観測が実現されている[4]。本分離方式を採用すれば、230GHz 帯と 345GHz 帯で誤差なく同一の場所を観測することが可能であり、さらに受信システムがコンパクトになる傾向にある。しかし、未だ 230、345 GHz 帯をカバーしている広帯域な偏波分離器は実現されていない。そのため、本研究では VLBI 観測で一般的に使用されている円偏波分離器に焦点を当て、広帯域な円偏波分離器の開発を進める。

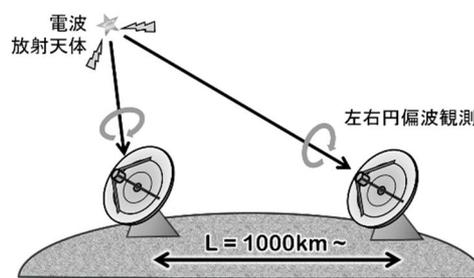


図 1. VLBI 観測の概念図

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、未だ世界で開発されていない 210-365 GHz 帯の比帯域 54 % (= 帯域幅/中心周波数) に及ぶ広帯域な円偏波分離器を開発することである。加えて、開発した回路の天文観測への応用を目指す。

## 3. 研究の方法

開発する円偏波分離器は、直交する偏波間の位相差を 90 度にする位相遅延器と直交偏波を分離する直交偏波分離器の大きく 2 種類の回路から構成されているため、まず初めにそれぞれの回路の設計・製造・測定を進め、その後組み合わせた円偏波分離器としての測定を進めた。ミリ波サブミリ波帯における広帯域な位相遅延器は未だ実現されていなかった。その理由は、高周波数帯のため回路の寸法が小さくなり加工誤差の影響を受けやすいことと、位相遅延量の周波数依存性が大きく広帯域に 90 度の位相遅延特性を得ることが難しかった。本研究では、加工誤差の影響を小さくするために、非常に高い精度で製造可能な切削加工を採用し、回路は切削加工で製造できるものに限定して設計を進める。また、位相遅延量の周波数依存性に関しては、複数の位相遅延器を組み合わせることで、位相遅延量の周波数依存性を打ち消しフラットな性能を得る方法を採用する。一方、直交偏波分離器は、67-116 GHz 帯の低い周波数帯で、非常に高性能な回路が提案されているため[5]、基本設計として参考にしながら 210-365 GHz 帯の回路を設計・製造する。

## 4. 研究成果

### 位相遅延器

我々は比帯域 50%以上の位相遅延器を開発するために、単一構造ではなく、3種類の位相遅延器を組み合わせ、位相遅延の周波数依存性を打ち消し、三次関数的な位相遅延量を得るような回路の設計を行うことにした。さらに、210-365GHz というミリ波サブミリ波帯での製作では製作誤差が特性に大きな影響を与えるため、製作精度の非常に高い切削加工が可能な構造になるように注意して設計した。我々は、3種類の位相遅延器(図 2(a))として Double-ridge 型と E-plane に取り付けられた Corrugated type 1、そして H-plane に取り付けられた Corrugated type 2 が周波数特性を打ち消す組み合わせになっていることを、シミュレーションすること確認した(図 2(b))。Double-ridge 型は 30-120deg の強い位相遅延をさせ、Corrugate 1 型では -30-50deg とし、Double-ridge 型の周波数依存性を打ち消すようにした。Corrugate 2 型では三次関数的な特性とするために、高周波でのみ位相遅延があるような設計にした(図 2(b))。それらを一つに組み合わせた位相遅延器のモデルが図 2(a)である。組み合わせた後、回路を最適化した。最適化の条件には、

230GHz 帯と 345GHz 帯に対して  $\pm 20$ GHz ずつをマージンとした 210-365GHz とし、位相遅延量が  $90 \pm 6$  度程度に相当する交差偏波分離度が全周波数帯域で 25dB、反射損失が全周波数帯域で 20dB となるようにした。位相遅延量は全帯域で  $90 \pm 6$  度以内を実現した。実際に製造した Phase shifter を図 2(c) に示した。測定には、情報通信研究機構にあるベクトルネットワークアナライザ(VNA)と 220-330GHz 帯に対応した WR-3.4(0.864mm x 0.432mm)の VDI Extender と、国立天文台にある VNA と 330-500GHz 帯に対応した WR-2.2(0.559mm x 0.279mm) VDI Extender を使用した。測定した結果、反射損失は $\sim 17$ dB 程度、挿入損失は $\sim 0.25$ dB 程度の結果が得られた。一度目の測定では、反射損失は設計に似た特性を示したものの、位相遅延量が 5 度程度シフトした結果が得られた。位相がシフトした原因を追究するために、3次元測定装置を用い、切削加工による回路部の設計とのズレを確認した。その結果、切削時に生じたと考えられるバリが残っていることがわかり、バリを付けたモデルを解析すると、反射損失に大きな影響がないが位相遅延量には大きな影響があることがわかった。追加工により、バリを除去し再測定すると、設計結果をトレースする測定結果を得ることができた図 2(d)。本開発内容を IEEE TST に投稿し、既に出版されている。

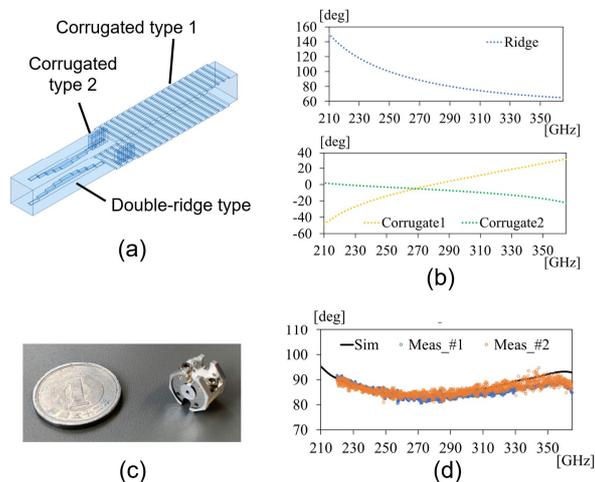


図 2. (a) 3 種類の位相遅延器を組み合わせた解析モデル、(b) 各位相遅延器の位相遅延特性、(c) 製造した広帯域位相遅延器の写真、(d) 測定した位相遅延量と設計結果の比較

### 直交偏波分離器

67-116 GHz 帯の低い周波数帯で高性能な回路が開発されていたため[5]、本設計を参考にし、Double-ridge 型の直交偏波分離器の設計を進めた。最適化の方法として、Double-ridge 部、マッチング回路、バンド導波管、コンパイナなどの要素ごとの特性を最適化し、その後組み合わせた。最適化後の解析モデルを図 3(a) に示した。設計の最終結果として、210-365 GHz 全帯域での反射損失が 21dB 以上と良好な設計解を得られたため、回路の製造を進めた。製造した回路の写真を図 3(b) に示した。測定には、位相遅延器と同様に VNA と 2 種類の Extender を使用した。測定した結果を図 3(c) に示した。220-375GHz 帯を測定した結果、H-pol の挿入損失は 0.6dB 以下であり、V-pol では 0.8dB 以下であった。H-pol は設計した値と一致する結果が得られているが、V-pol ではワイヤー放電加工とスプリット面の影響により、設計よりも損失が大きくなっていると予想される。反射損失は約 17dB 程度であり、設計より 3-4 dB ほど劣化した結果が得られている。交差偏波分離度は $\sim 30$ dB 以下であった。一部設計よりも劣化した特性が確認されたが、従来の直交偏波分離器と比べて良好な結果を示しており、円偏波分離器としての測定を進めることとした。

### 円偏波分離器

開発した位相遅延器と直交偏波分離器を用いて、円偏波分離器としての特性を評価した。円偏波を分離するために位相遅延器は直交偏波分離器に対して、45 度傾いて設置されている。そのため、位相遅延器と直交偏波分離器の間には、低損失に偏波を合成可能な 45 度導波管変換が必要であった。45 度導波管変換には、正方形-円形導波管変換 2 つと円形導波管 1 つを用いて設計し

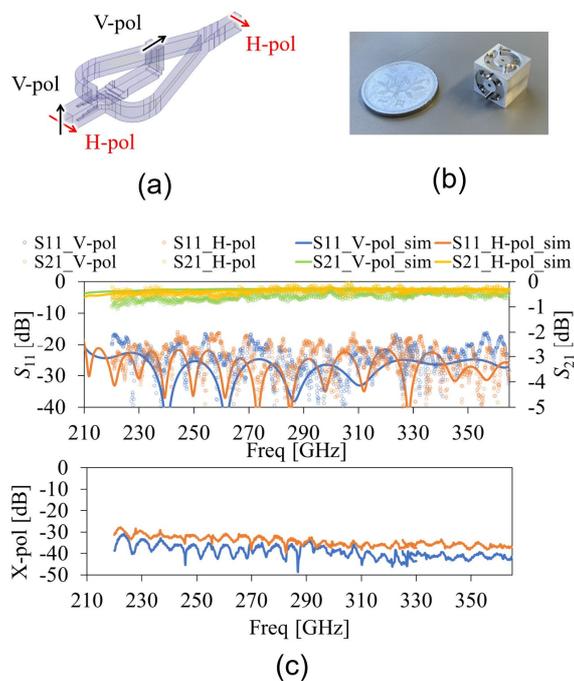


図 3. (a) 最適化後の直交偏波分離器の解析モデル、(b) 製造した広帯域直交偏波分離器の写真、(c) 測定した通過・反射損失と設計結果の比較および測定した交差偏波分離度

た。製造した 45 度導波管変換を用いて、円偏波分離器の測定を進めた。円偏波分離器を精度よく測定するために、製造した 2 つの円偏波分離器を鏡面对称に接続し、円偏波分離器 2 つ分の反射損失、交差偏波分離度、挿入損失を測定した。測定結果より、反射損失と挿入損失では予想通りの結果が得られた。交差偏波分離度に関しては、一部問題があり、調査した結果、測定時に接続している直線の正方形導波管が交差偏波の劣化の原因であることがわかった。正方形導波管を省いて円偏波分離器の測定を進めたが、接続に難しさがあり正確な測定が不可であった。正方形導波管の特性改善を目指して、正方形導波管の再製作を進めたが、本年度内での測定が実施できず、来年度に測定を進める予定である。

<引用文献>

- [1] The Event Horizon Telescope Collaboration et al., “First M87 event horizon telescope results. I. The shadow of the Supermassive Black Hole,” *ApJL*, vol. 875, no. 1, Apr. 2019.
- [2] The Event Horizon Telescope Collaboration et al., “First M87 event horizon telescope results. II. Array and instrumentation,” *ApJL*, vol. 875, no. 1, Apr. 2019.
- [3] Cornell University. (2019, November 8). Studying black holes on horizon scales with VLBI ground arrays. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1909.01411>
- [4] S. Masui, et al., “Development of a new wideband heterodyne receiver system for the Osaka 1.85 m mm-submm telescope: Receiver development and the first light of simultaneous observations in 230 GHz and 345 GHz bands with an SIS-mixer with 4-21 GHz IF output,” *Publ. Astron. Soc. Japan*, vol. 73, no. 4, Pages 1100-1115, Aug. 2021, doi: 10.1093/pasj/psab046
- [5] A. Gonzalez and S. Asayama, “Double-ridged waveguide orthomode transducer (OMT) for the 67-116-GHz Band,” *J. Infrared Milli. Terahz. Waves*, vol. 39, no. 8, pp. 723-737, June 2018, doi: 10.1007/s10762-018-0503-5

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Masui Sho, Hasegawa Yutaka, Ogawa Hideo, Kojima Takafumi, Onishi Toshikazu	4. 巻 12
2. 論文標題 210-365 GHz 90° Differential Phase Shifter for Wideband Circular Polarizer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology	6. 最初と最後の頁 527 ~ 534
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/THZ.2022.3191851	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yamasaki Y., Hasegawa Y., Yoneyama S., Kawashita S., Chinen T., Masui S., Nosohara C., Sun H., Dakie S., Kameyama A., Fujitomo I., Nishikawa Y., Ogawa H., Tatematsu K., Nishimura A., Miyazawa C., Takahashi T., Maekawa J., Gonzalez A.I., Kojima T., Imada H., Kaneko K., Sakai R., Sakai T., Onishi T.	4. 巻 75
2. 論文標題 Development of seven-beam optics using dielectric lenses for a new 72-116 GHz receiver in the Nobeyama 45-m telescope	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 499 ~ 513
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psad015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Masui S., Yamasaki Y., Ogawa H., Kondo H., Yokoyama K., Matsumoto T., Minami T., Okawa M., Konishi R., Kawashita S., Konishi A., Nakao Y., Nishimoto S., Yoneyama S., Ueda S., Hasegawa Y., Fujita S., Nishimura A., Kojima T., Uemizu K., Kaneko K., Sakai R., Gonzalez A., Uzawa Y., Onishi T.	4. 巻 73
2. 論文標題 Development of a new wideband heterodyne receiver system for the Osaka 1.85 m mm-submm telescope: Receiver development and the first light of simultaneous observations in 230 GHz and 345 GHz bands with an SIS-mixer with 4-21 GHz IF output	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1100 ~ 1115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psab046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamasaki Y., Masui S., Ogawa H., Kondo H., Matsumoto T., Okawa M., Yokoyama K., Minami T., Konishi R., Kawashita S., Konishi A., Nakao Y., Nishimoto S., Yoneyama S., Ueda S., Hasegawa Y., Fujita S., Nishimura A., Kojima T., Kaneko K., Sakai R., Gonzalez A., Uzawa Y., Onishi T.	4. 巻 73
2. 論文標題 Development of a new wideband heterodyne receiver system for the Osaka 1.85 m mm-submm telescope: Corrugated horn and optics covering the 210-375 GHz band	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1116 ~ 1127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psab062	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計25件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 亀山晃
2. 発表標題 ブラックホール解明に向けた86GHz帯低雑音受信機の開発
3. 学会等名 日本天文学会2023年秋季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近藤奨紀
2. 発表標題 86GHz帯常温受信機を搭載したVERA水沢局での試験観測と性能評価
3. 学会等名 日本天文学会2023年秋季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 亀山晃
2. 発表標題 VERA20m望遠鏡水沢局に搭載した86 GHz帯受信機を用いた試験観測
3. 学会等名 第24回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ 2023年度理研-NICT合同テラヘルツワークショップ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近藤 奨紀
2. 発表標題 VERA 86 GHz化に向けた水沢局での常温受信機試験
3. 学会等名 2023年VLBI懇親会シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 亀山 晃
2. 発表標題 ブラックホール解明に向けた86GHz帯低雑音受信機の開発
3. 学会等名 2023年VLBI懇親会シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akira Kameyama
2. 発表標題 Development of 86 GHz low noise receiver system at VERA
3. 学会等名 The 14th East Asian VLBI Workshop (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 孫赫陽
2. 発表標題 3Dプリンターによる6.5 - 12.5 GHz 帯直交偏波分離器製作の考察
3. 学会等名 日本天文学会2023年秋季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sho Masui
2. 発表標題 Development of a wideband multi-channel receiver for simultaneous observations in 230 and 345 GHz bands with dual-polarization
3. 学会等名 URSI GASS 2023 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 増井翔
2. 発表標題 210-365 GHz帯 広帯域円偏波分離機の開発
3. 学会等名 フォトニックネットワークシンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川下紗奈、増井翔、山崎康正、知念翼、米山翔、抱江柊利、野首原千晟、孫赫陽、澤田-佐藤聡子、長谷川豊、大西利和、小川英夫、小嶋崇文
2. 発表標題 1.85m電波望遠鏡搭載受信機の 高感度化・広帯域化に向けた開発
3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川下紗奈、小嶋崇文、増井翔、大西利和、小川英夫
2. 発表標題 マイクロ波帯増幅器の出力における信号雑音比について
3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 知念翼, 孫赫陽, 抱江柁利, 米山翔, 川下紗奈, 増井翔, 山崎康正, 野曾原千晟, 長谷川豊, 澤田-佐藤聡子, 岡田望, 小川英夫, 大西利和, 米倉覚則, 清水裕亮, 新沼浩太郎, 藤澤健太
2. 発表標題 茨城観測局電波望遠鏡搭載 広帯域CX帯受信機の開発3
3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 抱江柁利, 孫赫陽, 野曾原千晟, 知念翼, 米山翔, 川下紗奈, 山崎康正, 増井翔, 長谷川豊, 澤田-佐藤聡子, 大西利和, 小川英夫, 米倉覚則, 清水裕亮, 新沼浩太郎, 藤澤健太
2. 発表標題 広帯域CX帯同軸導波管変換の開発とそれを用いたTRL校正
3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 孫赫陽, 抱江柁利, 野曾原千晟, 知念翼, 米山翔, 川下紗奈, 山崎康正, 増井翔, 長谷川豊, 澤田-佐藤聡子, 大西利和, 小川英夫, 米倉覚則, 清水裕亮, 新沼浩太郎, 藤澤健太
2. 発表標題 茨城観測局電波望遠鏡搭載広帯域CX位相遅延器の開発
3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 知念翼, 孫赫陽, 抱江柁利, 米山翔, 川下紗奈, 増井翔, 山崎康正, 野曾原千晟, 長谷川豊, 澤田-佐藤聡子, 岡田望, 小川英夫, 大西利和, 米倉覚則, 清水裕亮, 松原空洋, 新沼浩太郎, 藤澤健太
2. 発表標題 茨城観測局電波望遠鏡搭載 広帯域CX帯受信機の開発4
3. 学会等名 日本天文学会2023年春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	秦和弘, 上野祐治, 小山友明, 鈴木駿策, 砂田和良, 本間希樹, 山内彩, 山下一芳 (国立天文台), 小川英夫, 亀山晃, 近藤奨紀, 澤田佐藤聡子, 抱江柊利, 増井翔, 山崎康正, 岡田望, 小山翔子, 新沼浩太郎, 紀基樹, 高村美恵子
2. 発表標題	EAVN/VERA 86GHz 帯を用いた巨大ブラックホールの観測に向けて
3. 学会等名	日本天文学会2023年春季年会
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	T. Chinen, K.Son, S.Dakie, S.Yoneyama, S.Kawashita, S.Masui, Y.Yamasaki, C.Nosohara, Y.Hasegawa, S.Sawada-Sato, H.Ogawa, T.Onishi, N.Okada, Y.Yonekura, Y.Simizu, T.Matsubara, K.Ninuma, K.FuJisawa
2. 発表標題	Development of circular polarizers in 6.5-12.5 GHz band for the Ibaraki and Yamaguchi 32m radio telescopes
3. 学会等名	23rd East Asia Submillimeter-Wave Receiver Technology Workshop jointly with the Riken-NICT Joint Workshop on Terahertz Technology (招待講演)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	S. Yoneyama
2. 発表標題	First light of 7 BEam Equipment with 3-frequencyband in 72-116 GHz for multi-line observations on the Nobeyama 45-m telescope: (1) Receiver system and its performances
3. 学会等名	23rd East Asia Submillimeter-Wave Receiver Technology Workshop jointly with the Riken-NICT Joint Workshop on Terahertz Technology
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	増井翔, 長谷川豊, 大西利和, 小川英夫
2. 発表標題	Development of wideband circular polarizer
3. 学会等名	ngVLA-J Development Days 2021
4. 発表年	2021年

1. 発表者名 長谷川豊, 米山翔, 知念翼, 増井翔, 小川英夫, 大西利和, 立松健一
2. 発表標題 Design of the wideband waveguide OMTs for the ngVLA
3. 学会等名 ngVLA-J Development Days 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masui, S., Yamasaki, Y., Hasegawa, Y., Ogawa, H., Onishi, T., Kojima, T., Gonzalez, A.
2. 発表標題 Development of 230 and 345 GHz simultaneous observation receiver with dual-polarization
3. 学会等名 From Vision to Instrument: Designing the Next-Generation EHT to Transform Black Hole Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増井翔, 長谷川豊, 山崎康正, 小川英夫, 大西利和, 小嶋崇文
2. 発表標題 ミリ波サブミリ波帯における広帯域円偏波分離器の開発
3. 学会等名 VLBI懇談会シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川下紗奈, 増井翔, 山崎康正, 知念翼, 米山翔, 抱江柊利, 野首原千晟, 孫赫陽, 長谷川豊, 大西利和, 小川英夫, 小嶋崇文
2. 発表標題 1.85m鏡230GHz,345GHz帯同時観測のための一体型周波数分離フィルターの開発
3. 学会等名 第22回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増井翔
2. 発表標題 電波天文観測における広帯域RF, IF受信機技術の最新動向及び大阪府大1.85m望遠鏡での広帯域観測
3. 学会等名 宇宙電波懇談会シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増井翔
2. 発表標題 次世代電波望遠鏡に向けた広帯域受信機の開発と将来開発
3. 学会等名 新学術領域「星・惑星形成」2021年度大研究会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>世界初！宇宙空間の多くの分子からの電波を同時に受信するシステムの開発に成功  <a href="https://www.osakafu-u.ac.jp/press-release/pr20210708/">https://www.osakafu-u.ac.jp/press-release/pr20210708/</a></p>
---

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------