

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：82636

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03828

研究課題名(和文) ミリ波で観る地球 - 高精度水蒸気モニターで切り拓く次世代自然ハザード精密予測

研究課題名(英文) Development of novel ground-based microwave radiometer for earth science

研究代表者

市川 隆一 (ICHIKAWA, Ryuichi)

国立研究開発法人情報通信研究機構・電磁波研究所電磁波標準研究センター・研究マネージャー

研究者番号：40359055

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,600,000円

研究成果の概要(和文)：局地的な突発気象や地震火山活動の監視の高度化を目的とし、水蒸気の動態把握のための超高感度ミリ波放射計を開発した。COVID-19の影響下で実証実験に多大な支障をきたし、フィールドで運用可能な可搬型試作放射計の完成には至らなかったものの、水蒸気(16-32 GHz)、雲中の液水(28-38GHz)、及び酸素(51-62GHz)の吸収帯の強度を測定可能な広帯域受信系の開発に成功し、試験的な観測でその性能を確認することが出来た。また、超高感度ミリ波放射計により得られる湿潤遅延量を評価するための廉価版マルチGNSS受信機ロガーと数値予報データを用いた湿潤遅延シミュレーションツールの開発にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

突発気象の予測や地殻変動の精密監視、火山活動の推移把握には大気中の水蒸気の時空変動把握が不可欠である。本研究では、これを高精度かつリアルタイムに検知可能な測器の開発を進めた。フィールド実証には一歩及ばなかったが、要の広帯域の信号を受信可能な受信機開発には成功し、これを要素技術とした実運用可能な測器の実現に大きく近づくことが出来た。また、この技術は電波天文学の分野にも多大な進展をもたらす可能性も示すことが出来、新たな科研費獲得にも繋がった。

研究成果の概要(英文)：We have developed a wideband receiver system to apply a next-generation microwave radiometer to millimeter-wave spectroscopy for the high-resolution and high-precision monitoring of water vapor behavior. The new radiometer is suitable for not only space geodetic techniques such as very long-line baseline interferometry (VLBI) and GNSS, but also field measurements such as monitoring volcanic activities and cumulonimbus cloud generation. We have succeeded in developing a prototype of the complete receiver system, which has a wide-bandwidth feed of 16-62 GHz for measuring three frequency bands, namely, 16-32 GHz (water vapor), 28-38 GHz (liquid water), and 51-62 GHz (oxygen), although we were forced to change our schedule owing to the COVID-19 pandemic. We have also developed low-cost multi-GNSS receivers and a simulation tool to estimate tropospheric wet delays using a numerical weather model in order to evaluate the values obtained using the new radiometer.

研究分野：宇宙測地学

キーワード：可降水量 超高感度ミリ波放射計 GNSS VLBI

## 1. 研究開始当初の背景

研究開始時に設定した、本研究の学術的背景、研究課題の核心をなす学術的「問い」は、地球科学の様々な分野に共通する、「大気中の水蒸気の動態を把握すること、つまり、水蒸気量が「いつ」、「どこで」、「どのように」変動するのか？を正確かつリアルタイムに知ること。」であった。水蒸気の動態把握は、「局地的な突発気象の早期検知」、「地震火山活動に伴う地殻変動の監視」、あるいは「火山での熱エネルギー放出量の変動監視」の高度化に不可欠である一方で、既存の水蒸気観測手法では、高精度・高時空分解能かつリアルタイムに水蒸気変動を捉えることが出来ないことであった。

## 2. 研究の目的

当時、高エネルギー加速器研究機構(KEK)がミリ波センシング技術を応用して試作したミリ波放射計「KUMODeS」では、図1に示すような、水蒸気吸収帯の20-30GHzの信号に加えて50-60GHzの酸素吸収帯信号を各々交互に受信可能な受信系と、前者を冷却することで高感度を実現した仕組みが主要な要素技術として革新的であった。本研究では、先に述べた地球科学的な観点からの応用を念頭に、

- ・ 積乱雲や火山噴煙内部の水蒸気の空間分布を少なくとも500m以下の空間分解能で検出できる指向性
- ・ 様々な方位・仰角にアンテナを向けて全天の観測が出来る駆動性能
- ・ 多点展開に必須な小型化と低消費電力化
- ・ 火山地域や海域等の過酷な環境のフィールド観測でも利用可能な耐候性能

の機能・仕様を備える新たな超高感度ミリ波放射計の開発を主目的に据えて研究を進めた。

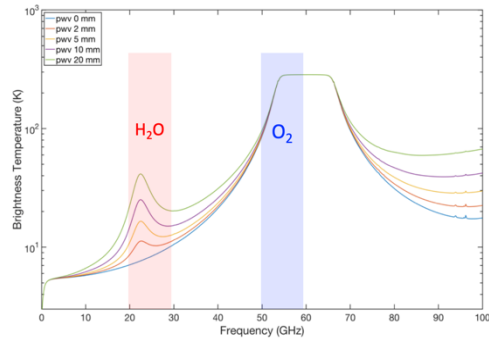


図1 超高感度ミリ波放射計で観測する周波数帯域

## 3. 研究の方法

本研究の開始当初の概略計画では、

【2018年度～2019年度】従来型 KUMODeS の性能評価と、それを踏まえた超高感度ミリ波放射計試作機の開発。また、同放射計の気象・測地応用の検討。

【2020年度～2021年度】超高感度ミリ波放射計試作機の実フィールドにおける実証実験の実施。

としていた。特に研究の中核となる超高感度ミリ波放射計の開発では、前述の KUMODeS の仕様である、水蒸気と液水、及び酸素の吸収帯受信を踏襲しつつ、これらの帯域を一度に同時受信可能な広帯域受信系の完成が鍵となっていた。さらに、この放射計を実際のフィールド観測に供することを想定して、

- 積乱雲や火山噴煙内部の水蒸気の空間分布を少なくとも500m以下の空間分解能で検出できる指向性
- 様々な方位・仰角にアンテナを向けて全天の観測が出来る駆動性能
- 多点展開に必須な小型化と低消費電力化
- 火山地域や海域等の過酷な環境のフィールド観測でも利用可能な耐候性能

といった仕様を満たすこととしていた。また、計画の後半に実施を想定したフィールド実証観測では、国土院が全国展開する電子基準点網(GEONET)、東北大学や九州大学が火山地域等に展開するGNSS稠密観測網を対象地域として、超高感度ミリ波放射計、GNSS、及び地上気象観測を並行して行い、得られた水蒸気情報の精度評価を目指していた。

しかしながら、後述のように特に計画後半期間でのコロナ禍の影響は深刻であり、超高感度ミリ波放射計の要素技術の確立をミニマムサクセスとする計画変更を余儀なくされた。また、研究分担者が所属する各機関での出張制限が長期に渡って継続したため、研究代表者が所属する情報通信研究機構(NICT)の施設内で極めて限定された範囲でのフィールド実証実験とせざるを得なかった。

## 4. 研究成果

### 4.1 超高感度ミリ波放射計の開発

実際の研究について、各年度毎の成果を下記にまとめる。

- 2018年度

KEKが保有する、KUMODeSの小型版試作機「ミニデス」、GNSS、Radiometrix社製マイクロ波放射計MP3000、及び地上気象測器による水蒸気変動計測を気象研究所で行い、観測結果を踏まえ

て超高感度ミリ波放射計の超広帯域受信系の仕様を固めた。策定した超広帯域受信系のブロックダイアグラムを図2に示す。図1に示した20-60GHzの全帯域を受信可能な広帯域フィードとその後段で導波管型偏波分離器(OMT)を用いて、①水蒸気と液水の吸収帯を含む20-30GHz帯と②酸素の吸収帯である50-60GHz帯の2系統を取り出す設計とし、まず常温受信系の試作を進めるための電子部品調達を進めた。なお、データ取得は、汎用のスペクトルアナライザ(スペアナ)を使用し、帯域は広く確保できるものの3

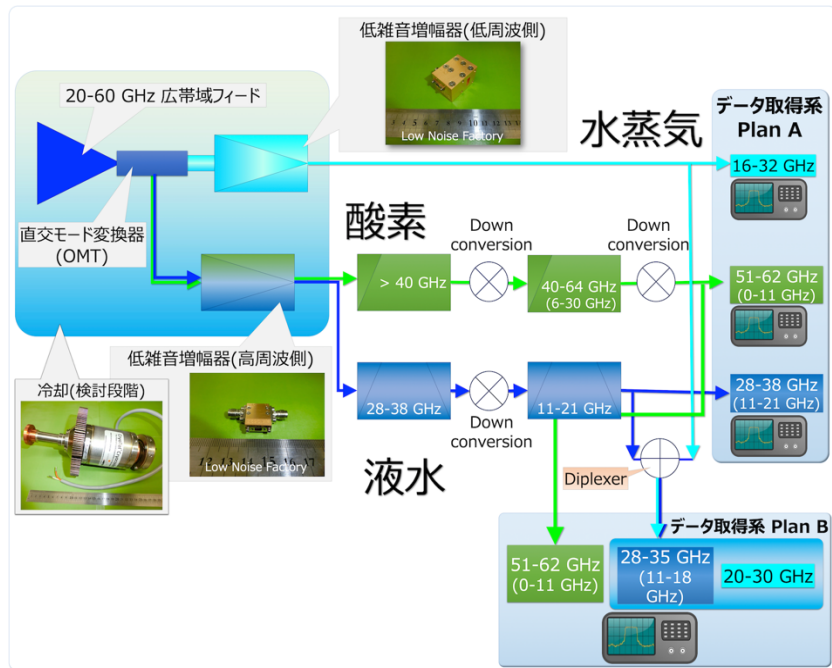


図2 本研究で開発した超高感度ミリ波放射計の広帯域受信系のブロックダイアグラム

台のスペアナを要する案、及び帯域の広さを多少犠牲にしてスペアナ1台で全帯域のデータを取得する案の2案で検討をすすめることとした。

● 2019年度

前年度に確立させた超高感度ミリ波放射計の概念設計を踏まえ、広帯域受信系フィードと(OMT)の設計とシミュレーションを進めた。これは、フィードと OMT については全くの新規開発であり、市販品で応用可能な部品が存在しないため、試行錯誤を重ねる必要があると判断したことによる。当初は、情報通信研究機構の試作室での内製で試験的な制作を試み、その結果を踏まえて外注で高精度な部品製作を進めた。このシミュレーションには膨大な計算量が必要であり、試行錯誤の過程を含め、ほぼ年度の全期間を費やした。一方、入手した電子部品のうち、水蒸気受信の要となる17-30GHz帯用の低雑音増幅器(LNA)の受信試験をNICT 沖縄電磁波技術センターに設置されている3.7mパラボラアンテナに搭載して試験観測を行った(図3)。

本研究で開発する超高感度ミリ波放射計は、図4に示すように搭載するパラボラアンテナの口径によって空間分解能を選択可能である。例えば、3.7m口径のアンテナであれば、10kmの距離離れた場所からであれば空間分解能50m、また、機動観測を想定した口径90cmの可搬型放射計を想定した場合でも200m以下の空間分解能で水蒸気の動態を把握出来る想定となり、これは従来の観測手法では実現していない分解能である。3.7mアンテナ近傍では、しばしば積乱雲の発達が見られることから、雲とその周辺の水蒸気分布の検出を先の観測では企図した。

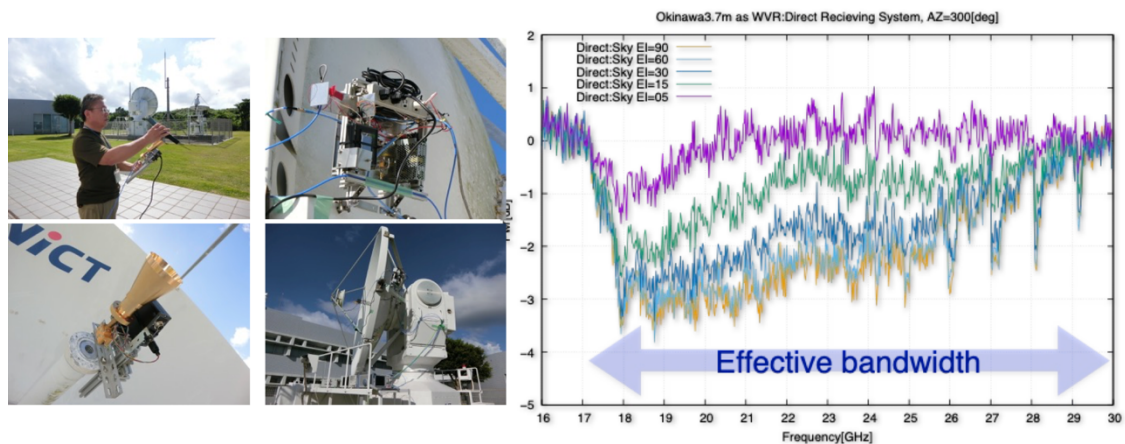


図3 NICT 沖縄電磁波技術センターにおける受信系試験の様子。右図は測定された信号強度であり、水蒸気の吸収帯である20~23GHz帯で仰角依存性が顕著に確認でき、水蒸気の吸収を捉えていることを示唆する。



この観測では、天頂から仰角 5 度までの仰角依存性を持つ水蒸気信号の受信に成功し、受信系の基本機能に問題ないことが確認できた。本来はこのアンテナを用いた試験観測を重ねつつ、受信系の改良を進める予定であった。しかしながら、コロナ禍による出張制限が 2020 年 2 月下旬以降厳しくなり、この後、1 年以上に渡って実際のパラボラアンテナを用いた試験観測の実施を断念せざるを得なくなった。

#### ● 2020 年度

前年度のシミュレーションを踏まえ、OMT と広帯域フィードの試作初号機の製作に成功した。並行して酸素の吸収帯 (50-60GHz 帯) を受信可能な高周波数部も組み上げ、前年度までに形になっていた 17-30GHz 帯域の低周波数受信部も加えて、図 5 に示す実質的な有効帯域 18-58GHz の常温受信系完成にこぎつけた。

また、2018 年度に、データ取得系について、スペアナを 3 台使用する案と 1 台で全帯域信号のデータ取得する案を候補としたが、実際の受信系開発の過程で、観測の効率化や低コスト化を考慮し、後者案で開発を進めることとした。一方で、この年内には出張制限の緩和はなく、同受信系の試験観測を NICT 鹿島宇宙技術センターで年度末に実施したのみにとどまる。

#### ● 2021 年度

前年度末に完成した広帯域常温受信系の性能向上をミニマムサクセスに据え、ダウンコンバータ部のミキサに入力する信号のレベル調整、LNA 電源交換による受信部初段アンプ周辺の小型化と電子部品レイアウトの改善による受信系全体をコンパクトに改良し、実運用面での改良を図った。また、ネットワークアナライザを用いた広帯域 OMT の透過損失測定結果を踏まえ、さらなる高感度に向けた改善が必要なものの、広帯域フィードと OMT は 16-64GHz のほぼ全域で受信可能との確証を得た。そこで、特に 32GHz 受信性能向上のための LNA 交換やケーブル損失補償のための広帯域アンプ導入等を進め、その改良型広帯域受信系の性能試験観測を京大宇治キャンパス屋上及び情報通信研究機構本部で実施。その結果、期待した性能向上が確認でき、フィールド実証には至らなかったものの、本格的な可搬型超高感度ミリ波放射計の実現に繋がる要素技術の確立に成功した。

#### 4.2 研究分担者による成果

気象研究所及び沖縄での試験実験については、NICT リモートセンシング研究室との連携で実施した。東北大学については、廉価版のマルチ GNSS モジュールを搭載した受信機開発を進め、測地型受信機と遜色ない測位解析が可能であることを示した(図 6)。2021 年度までには、複数周波数受信可能なマルチ GNSS 受信機へと性能向上をはかり、かつデータ欠損を起こしかねない瞬断にも対応可能な堅牢なシステムとすることに成功した。これらの開発

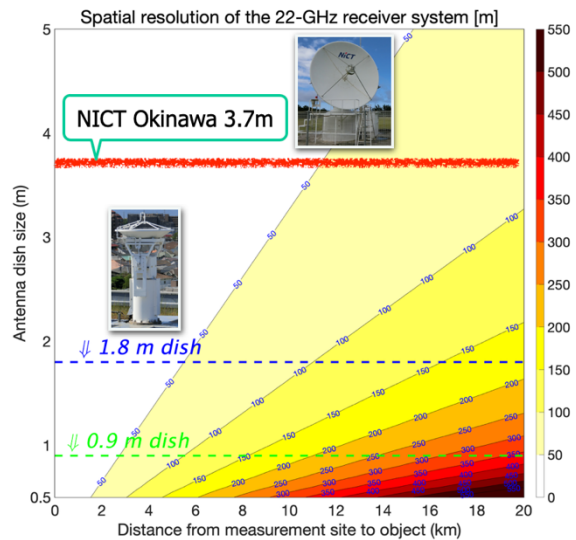


図 4 パラボラアンテナの口径による空間分解能の違い。横軸は観測対象からの距離であり、例えば 3.7m 口径のアンテナを用いると、10km の距離から 50m の空間分解能で水蒸気の空間変動を検知できる。

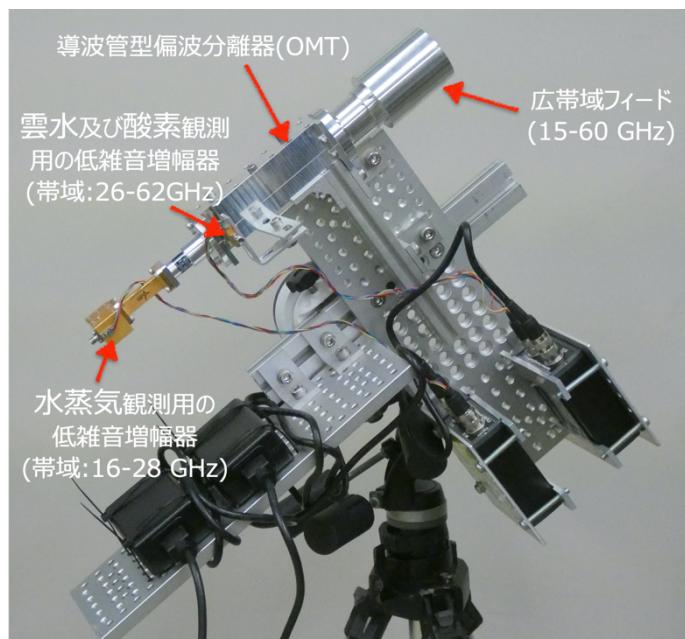


図 5 広帯域受信系試作初号機。一つのフィードで 16-62GHz もの広帯域信号を受信し、水蒸気、雲水、及び酸素の各信号強度を個別に取り出すことが出来る。

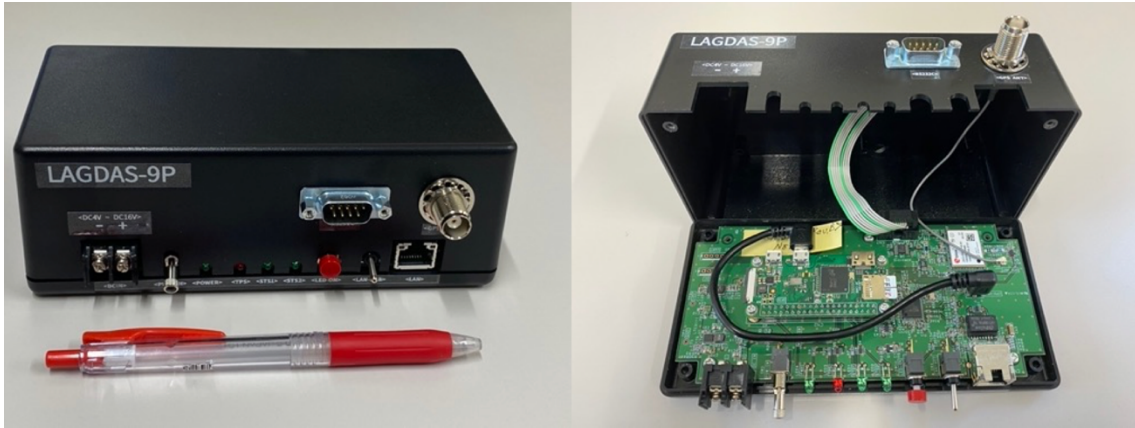


図 6 u-blox F9P を用いた低廉マルチ GNSS データロガーシステム

は、桜島火山や船上での実証試験観測を経て得られた知見を踏まえたものであり、低コストでのフィールド多点観測の実現可能性を示したと言える。また、国土地理院については、フィールド実証実験に向けて、GNSS 連続観測データから精密単独測位解析により観測局位置情報と湿潤遅延量を定常的に推定するシステムの開発、及び気象庁メソ数値予報モデル (MSM) を初期値・境界値とする高分解能数値気象モデルを用いた湿潤遅延量推定ツールの開発に成功した。図 7 は、後者のツールを用いた解析例であり、ツールにより推定された測位誤差が、実際の GNSS 解析で推定される局位置誤差と調和的であり、ツールの妥当性が示唆される。

#### 4.3 成果のまとめ

本研究の核心である超高感度ミリ波放射計の開発について、残念ながらコロナ禍の影響を受け、当初目標であったフィールドで運用可能な試作機の完成には至らなかった。その一方で、常温受信系とは言え、当初目標とした、水蒸気、雲の中の液水、及び酸素の吸収帯を同時受信可能な広帯域受信系の開発に成功したのはミニムサクセスと位置づけることができる。

本研究で未達成な主な開発要素としては、

- 広帯域受信系の全てを冷却しての感度向上
- 90cm 程度の超小型パラボラアンテナに搭載しての高空間分解能化

の 2 点である。前者については、従来の液体窒素冷却に変えて、スターリング冷凍機による 100K 冷却(図 2 参照)を試みる価値があると考えており、これが実現すれば観測前の受信機校正が簡略化され観測効率が向上する。後者については、後述の科研費課題での開発に一部引き継ぎ、検討を進めることにしている。

ここで開発した受信系では、実は 16-62GHz の全帯域で信号を抽出可能な拡張性も確認出来ており、例えば電波天文学への応用等新たな用途への展開に繋がる開発となった。具体的には、新たな科研費研究(基盤研究(A)「地球と宇宙の時空計測の地平を拓く超広帯域大気スペクトル計測システムの開発(21H04524)」)において、本研究の成果が大きく寄与すると期待される。

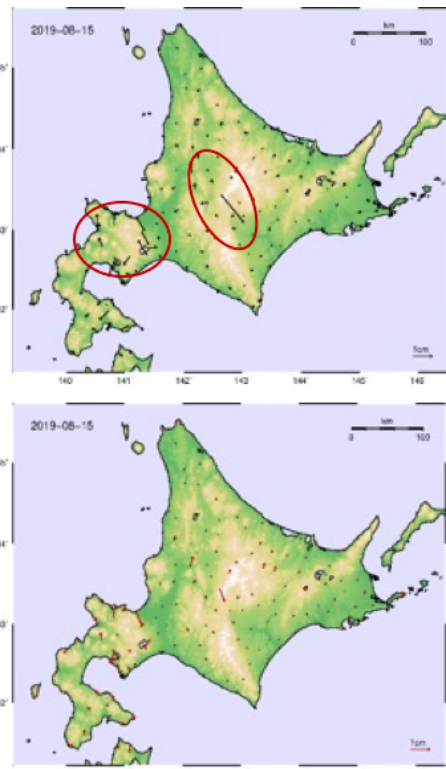


図 7 GNSS 解析結果(上段)及び高分解能数値気象モデルを用いて推定した水蒸気による誤差(下段)。解析日は 2019 年 8 月 15 日。GNSS 解析結果で見られる変位(上図の赤丸)が水蒸気による影響であることが示唆される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Kagawa T. and Y. Ohta	4. 巻 15
2. 論文標題 Prior and Real-Time Estimations of Ground Motions, Tsunamis, and Other Geodynamic Hazards	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Disaster Res.	6. 最初と最後の頁 144-151
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jdr.2020.p0144	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 ICHIKAWA Ryuichi, NAGASAKI Taketo, TAJIMA Osamu, TAKIGUCHI Hiroshi, and ARAKI Kentaro	4. 巻 -
2. 論文標題 Half-year Comparison of Precipitable Water Vapor Retrieved with Novel Ground-based Microwave Radiometer and GPS Receiver at Tsukuba and Numerical Weather Analysis Data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IVS 2018 General Meeting Proceedings	6. 最初と最後の頁 247-250
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 S. Yasuda R. Ichikawa Y. Hanado S. Kawamura H. Hanado H. Iwai K. Namba Y. Okamoto K. Fukunaga T. Iguchi N. Shiga	4. 巻 -
2. 論文標題 Horizontal Atmospheric Delay Measurement Using Wireless Two Way Interferometry (Wi Wi)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radio Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2018RS006770	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Masato Iguchi, Haruhisa Nakamichi, Hiroshi Tanaka, Yusaku Ohta, Atsushi Shimizu, and Daisuke Miki	4. 巻 14
2. 論文標題 Integrated Monitoring of Volcanic Ash and Forecasting at Sakurajima Volcano, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 798-809
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jdr.2019.p0798	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ichikawa Ryuichi, Nagasaki Taketo, Tajima Osamu, Takiguchi Hiroshi, Araki Kentaro, Tajiri Takuya	4. 巻 なし
2. 論文標題 Half-year Comparison of Precipitable Water Vapor Retrieved with Novel Ground-based Microwave Radiometer and GPS Receiver at Tsukuba and Numerical Weather Analysis Data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Technical Meeting of The Institute of Navigation	6. 最初と最後の頁 660-664
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.33012/2019.16716	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Yusuke, Ohta Yusaku, Miyazaki Shin'ichi	4. 巻 46
2. 論文標題 Real-Time Coseismic Slip Estimation via the GNSS Carrier Phase to Fault Slip Approach: A Case Study of the 2016 Kumamoto Earthquake	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 1367 ~ 1374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GL080741	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計35件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 氏原秀樹・市川 隆一・関戸衛・宮原伐折羅・宗包浩志・小林智勝・寺家孝明・小山友明・竹内央・今井裕
2. 発表標題 次世代マイクロ波放射計兼広帯域VLBI受信システムの開発(I)
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 氏原秀樹・市川 隆一・佐藤晋介・関戸衛・太田雄策・宮原伐折羅・宗包浩志・小林智勝・長崎岳人・田島 治・荒木健太郎・田尻拓也・松島健・瀧口博士・竹内央・今井裕・寺家孝明・小山友明・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健志
2. 発表標題 次世代超高感度マイクロ波放射計用広帯域受信機の開発(II)
3. 学会等名 日本測地学会第136回講演会(オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 氏原秀樹・市川 隆一・佐藤晋介・関戸衛・太田雄策・宮原伐折羅・宗包浩志・小林智勝・長崎岳人・田島 治・荒木健太郎・田尻拓也・松島健・瀧口博士・竹内央・今井裕・寺家孝明・小山友明・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健志
2. 発表標題 広帯域アンテナの開発(II)
3. 学会等名 2021年度VLBI懇談会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 市川 隆一・氏原秀樹・佐藤晋介・太田雄策・宮原伐折羅・宗包浩志・長崎岳人・田島治・荒木健太郎・田尻拓也・松島健・瀧口博士・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健志
2. 発表標題 Development of Wideband Receiver for Nobel Ground-based Microwave Radiometer -field experiments of the new 20-60 GHz wide-band receiver-
3. 学会等名 JPGU2021(地球惑星科学連合大会/オンライン)(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 市川 隆一・氏原秀樹・佐藤晋介・太田雄策・宮原伐折羅・宗包浩志・小林知勝・長崎岳人・田島治・荒木健太郎・田尻拓也・松島健・瀧口博士・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健志・関戸 衛・寺家孝明・小山友明・竹内央・今井裕
2. 発表標題 Development of Wideband Receiver for Novel Ground-based Microwave Radiometer -field experiments of the new 20-60 GHz wide-band receiver and its implications to new development of the wide-band
3. 学会等名 IAG Scientific Assembly 2021(中国/オンライン)(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 優介・太田 雄策・宮崎 真一
2. 発表標題 GNSS搬送波位相変化から直接断層すべりを推定する手法で得られた2011年東北地方太平洋沖地震の初期余効すべり
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会(オンライン)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 太田雄策
2. 発表標題 低価格多周波GNSS観測システムの開発とその性能評価
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会(オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 優介・太田 雄策・宮崎 真一
2. 発表標題 PTS解析による地震時の動的な破壊過程から初期余効すべりまでの連続的な推定 ~2011年東北地方太平洋沖地震の事例~
3. 学会等名 日本地震学会2021年度秋季学術大会(オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 優介・太田 雄策・宮崎 真一
2. 発表標題 PTS解析による2011年東北地方太平洋沖地震の地震時すべりから初期余効すべりまでの連続的な推定
3. 学会等名 日本測地学会 第134回講演会(オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 朝倉 由香子・西村 太志・太田 雄策・加納 将行
2. 発表標題 桜島の噴火に伴うGPS衛星電波の搬送波位相遅延量の変化 - 2013年から2019年のデータ解析 -
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (online)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 朝倉 由香子・西村 太志・太田 雄策・加納 将行・井口 正人
2. 発表標題 GPS搬送波位相遅延量を利用した噴煙検知 - 2013年8月18日桜島噴火の解析 -
3. 学会等名 日本火山学会 2020 年度秋季大会(オンライン会議)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中 優介・太田 雄策・宮崎 真一
2. 発表標題 PTS解析による2011年東北地方太平洋沖地震の地震時すべりから初期余効すべりまでの連続的な推定
3. 学会等名 日本地震学会 2020年度秋季大会(オンライン会議)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中 優介・太田 雄策
2. 発表標題 Performance assessment of the GNSS carrier phase to fault slip approach and its feasibility for seismic monitoring
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (online)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中 優介・太田 雄策・宮崎 真一
2. 発表標題 PTS 解析による2011 年東北地方太平洋沖地震の地震時すべりから初期余効すべりまでの連続的な推定
3. 学会等名 日本測地学会 第134回講演会(オンライン会議)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村松 弘規・阿部 聡・川元 智司・太田 雄策
2. 発表標題 Operation of REGARD: Real-Time GNSS analysis system in Japan
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (online)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田 雄策・井口 正人・Gunawan Hendra・Umar Rosadi・Estu Kriswati
2. 発表標題 Detection of the volcanic plume by 19 February 2018 eruption of Mount Sinabung deduced from GNSS post-fit phase residual analysis
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (online)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 氏原秀樹・関戸衛・市川隆一・岳藤一宏
2. 発表標題 広帯域フィードの開発(XVII)
3. 学会等名 日本天文学会 春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 氏原秀樹・関戸衛・市川隆一
2. 発表標題 広帯域フィードの開発(XVIII)
3. 学会等名 日本天文学会 秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 氏原 秀樹
2. 発表標題 広帯域アンテナの開発
3. 学会等名 VLBI懇談会シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 氏原秀樹・市川隆一・佐藤晋介・太田雄策 宮原伐折羅・宗包浩志・長崎岳人・田島 治 荒木健太郎・田尻拓也・松島 健・瀧口博士・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健司
2. 発表標題 次世代超高感度マイクロ波放射計用広帯域受信機の開発
3. 学会等名 測地学会第134回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 氏原秀樹・関戸衛・市川隆一
2. 発表標題 広帯域フィードの開発(XIX)
3. 学会等名 日本天文学会 秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 市川隆一・氏原秀樹・佐藤晋介・太田雄策 宮原伐折羅・宗包浩志・長崎岳人・田島 治 荒木健太郎・田尻拓也・松島 健・瀧口博士・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健司
2. 発表標題 Development of novel ground-based microwave radiometer for earth science -results of the first measurements-
3. 学会等名 EGU(European Geosciences Union) 2020 (online)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 市川隆一・氏原秀樹・佐藤晋介・太田雄策 宮原伐折羅・宗包浩志・長崎岳人・田島 治 荒木健太郎・田尻拓也・松島 健・瀧口博士・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健司
2. 発表標題 Development of novel ground-based microwave radiometer for earth science - field experiments of wide-band receiver-
3. 学会等名 AGU 2020 Fall Meeting 2020 (online)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 氏原秀樹・関戸衛・市川隆一・岳藤一宏
2. 発表標題 広帯域フィードの開発(XVII)
3. 学会等名 日本天文学会2020年春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 氏原秀樹
2. 発表標題 広帯域フィードの開発と応用
3. 学会等名 第17回水沢VLBI観測所ユーザーズミーティング
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 氏原秀樹・岳藤一宏・関戸衛・市川隆一
2. 発表標題 広帯域アンテナの開発
3. 学会等名 日本測地学会第132回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 市川隆一・氏原秀樹・佐藤晋介・太田雄策 宮原伐折羅・宗包浩志・長崎岳人・田島 治 荒木健太郎・田尻拓也・松島 健・瀧口博士・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健司
2. 発表標題 次世代超高感度マイクロ波放射計の開発 -その2-
3. 学会等名 測地学会第132回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 志賀信泰・安田 哲・川村 誠治・花土 弘・市川 隆一・岩井 宏徳・佐藤 晋介
2. 発表標題 920MHz通信無線の伝搬遅延計測による水蒸気推定
3. 学会等名 JPGU 2019(日本地球惑星科学連合2019年大会) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 市川隆一・氏原秀樹・佐藤晋介・太田雄策 宮原伐折羅・宗包浩志・長崎岳人・田島 治 荒木健太郎・田尻拓也・松島 健・瀧口博士・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健司
2. 発表標題 Development of novel ground-based microwave radiometer for earth science -preliminary report-
3. 学会等名 JPGU 2019(日本地球惑星科学連合2019年大会) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 市川隆一・氏原秀樹・佐藤晋介・太田雄策 宮原伐折羅・宗包浩志・長崎岳人・田島 治 荒木健太郎・田尻拓也・松島 健・瀧口博士・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健司
2. 発表標題 Development of novel ground-based microwave radiometer for earth science
3. 学会等名 EGU(European Geosciences Union)2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 市川隆一・氏原秀樹・佐藤晋介・太田雄策 宮原伐折羅・宗包浩志・長崎岳人・田島 治 荒木健太郎・田尻拓也・松島 健・瀧口博士・松島喜雄・桃谷辰也・宇都宮健司
2. 発表標題 次世代超高感度マイクロ波放射計の開発 -序報-
3. 学会等名 第17回IVS技術開発センターシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ICHIKAWA Ryuichi, NAGASAKI Taketo, TAJIMA Osamu, TAKIGUCHI Hiroshi, and ARAKI Kentaro
2. 発表標題 Half-year comparison of precipitable water vapor retrieved with novel ground-based microwave radiometer and GPS receiver at Tsukuba and numerical weather analysis data
3. 学会等名 IVS GM 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 市川隆一・氏原秀樹・佐藤晋介、雨谷 純、太田雄策、 宮原伐折羅、宗包浩志、長崎岳人、田島治、荒木健太郎、田尻拓也、松島健、瀧口博士、松島喜雄、桃谷辰也
2. 発表標題 次世代超高感度マイクロ波放射計の開発 -序報-
3. 学会等名 日本測地学会第130回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 市川隆一・氏原秀樹・佐藤晋介、雨谷 純、太田雄策、 宮原伐折羅、宗包浩志、長崎岳人、田島治、荒木健太郎、田尻拓也、松島健、瀧口博士、松島喜雄、桃谷辰也
2. 発表標題 次世代超高感度マイクロ波放射計の開発 -序報-
3. 学会等名 2018年度 VLBI 懇談会シンポジウム「SKA時代のVLBI」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 ICHIKAWA Ryuichi, NAGASAKI Taketo, TAJIMA Osamu, TAKIGUCHI Hiroshi, ARAKI Kentaro, and TAJIRI Takuya
2. 発表標題 Half-year comparison of precipitable water vapor retrieved with novel ground-based microwave radiometer and GPS receiver at Tsukuba and numerical weather analysis data
3. 学会等名 International Technical Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	佐藤 晋介  (SATO SHINSUKE)  (30358981)	国立研究開発法人情報通信研究機構・電磁波研究所電磁波伝搬研究センター・総括研究員   (82636)	
研究分担者	太田 雄策  (OHTA YUSAKU)  (50451513)	東北大学・理学研究科・准教授   (11301)	
研究分担者	宮原 伐折羅  (MIYAHARA BASARA)  (90825457)	国土地理院(地理地殻活動研究センター)・その他部局等・研究室長   (82116)	
研究分担者	小林 知勝  (KOBAYASHI TOMOKADU)  (40447991)	国土地理院(地理地殻活動研究センター)・その他部局等・技官   (82116)	



6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	氏原 秀樹  (UJIHARA HIDEKI)		

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