

## <基本計画書>

### テラヘルツセンシングシステム基盤技術の研究開発

#### 1. 目的

無線通信利用の急激な増加により生じる周波数のひっ迫状況を緩和し、新たな周波数需要に的確に対応するため、より高い周波数の利用を可能とする技術が求められている。欧米等では、超高速大容量伝送を可能とする無線システム等の周波数移行先として、テラヘルツ電磁波の利用に向けた研究が進んでおり、我が国においても実用化に資するテラヘルツ基盤技術の確立が急がれる。

新たな周波数資源であるテラヘルツ波は、システム小型軽量化の実現性が高いといった優位性を有している。例えば、5GHz 帯の電磁波と比較して 0.5THz 帯では、同じアンテナ利得を得られるパラボラアンテナの直径を 1/10、面積では 1/100 にサイズを小型化することができる。近年、世界各国において数百機規模の小型衛星コンステレーション計画があり、民間企業が衛星リモートセンシングを活用した世界的な気象予報サービス等の新たなビジネスに乗り出すなど、ビジネスが宇宙圏に拡張され、これまで困難であった常時性を確保した小型衛星による 24 時間気象災害モニタリングや通信インフラ整備の実現が目前となっている。搭載機器の重量に大きな制限がかかる小型衛星において、搭載機器の小型化を実現するテラヘルツ波の利用促進が期待されている。さらに、テラヘルツ波帯のうち、500GHz 帯、700GHz 帯、800GHz 帯の周波数については、水蒸気や酸素濃度を正確に把握可能な電気的特性を有しており、激甚化している大型台風の予報等に有効であることから、欧米等の世界的な気象観測機関がテラヘルツ波の応用に注目している。このような状況の中、我が国としてもテラヘルツセンシングシステム利用に関して、宇宙産業における国際競争力の確保の視点からも研究開発に取り組む必要がある。

そこで、本研究開発では、小型衛星への搭載及び水蒸気と酸素の同時スペクトル観測が可能であり、かつ、アンテナが受信する雑音に対する耐性を有するテラヘルツセンシング分光システムの実現に向けた基盤技術の研究開発を実施する。テラヘルツ波を用いたワイヤレスシステムの早期実用化を目指すことで、新たな周波数帯の利用を促進し電波資源の拡大に資するとともに、我が国の国際競争力の強化に寄与する。

#### 2. 政策的位置付け

- ・「宇宙 × ICTに関する懇談会 報告書」（平成 29 年 8 月）

「5-4 ワイヤレス宇宙資源探査ビジネス推進戦略」において、「総務省及び NICT は関係する国内外の研究機関とも連携し、衛星センサシステムの開発を推進することが適当である。開発に取り組むべきセンサ技術としては、水、一酸化炭素、酸素の同位体を高感度で検出でき、かつセンサの小型軽量化を実現できるテ

ラヘルツパッシブセンサを対象とすることが適当である」旨の記載あり。

- ・「宇宙産業ビジョン2030」（平成29年5月宇宙政策委員会策定）

「4.2.2 国際競争力の確保（新型基幹ロケット（H3）、小型ロケット、部品・コンポーネント戦略、調達制度、技術開発）＜技術開発支援策の強化＞」において、「デブリ除去技術、小型 SAR（合成開口レーダー）やテラヘルツセンサー、測位技術、衛星通信用技術、宇宙太陽光発電など、我が国の強みや重要技術を戦略的に強化していくことも重要である。」旨の記載されている。

- ・電波政策 2020 懇談会報告書（平成28年7月）

「第3章1.（2）②（オ）電波資源拡大のための研究開発、周波数ひっ迫対策のための技術試験事務」において、「ミリ波・テラヘルツ分野は研究開発対象の一つとされており、「100GHz 超の電波を利用するための基盤技術の開発及び試験を実施する。」旨の記載されている。

また、「第2章2.（1）IoT 社会を支えるワイヤレスビジネス」において、「低軌道周回衛星によるリモートセンシングビジネスが期待されている。」旨の記載あり。

### 3. 目標

本研究開発は、世界的に周波数分配が行われていない 500GHz 帯付近のテラヘルツ電磁波を用いて、小型衛星に搭載可能な形状（一辺が 50cm の立方体より小型）・重量（10kg 以下）・消費電力（30W 以下）であって、水蒸気と酸素スペクトルの同時観測が可能であり、かつ、テラヘルツセンシング分光システム技術を確立する。また、500GHz 帯付近で動作する小型の増幅素子について、既存技術における利得が 3-4dB 程度であるところ、我が国が 300GHz 帯増幅素子で有する技術を発展させることで、既存技術の利得（3dB 程度）を超える衛星搭載可能な小型高利得増幅素子の開発・実証を行う。テラヘルツ波の実用化に資するこれらの技術を確立することにより、新たな周波数帯の利用を促進し、電波資源の拡大に資するとともに、我が国の国際競争力の強化に寄与する。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

世界的にテラヘルツ波の利用に向けた研究が進んでおり、我が国においても実用化に資するテラヘルツ基盤技術の確立が急がれるところ、テラヘルツ波は、システム小型軽量化の実現性が高いといった優位性があることから、小型衛星のセンシングシステム等への利用が期待されている。また、気象観測の分野においては、他周波数からの干渉が少ない帯域として、水蒸気や酸素の観測への利用が期待されている。そこで、本研究では既存のテラヘルツ電波有効利用で開発してきた要素開発の成果を取り入れ、世界で初めてとなる 500GHz 帯のテラヘルツセンシングシステムを開発すると共に、同周波数における小型高利得増幅素子の開発を行う。これにより、小型衛星におけるテラヘ

ルツ波の利用を実現し、新宇宙産業における対し我が国の革新的イニシアティブを促進する。

## (2) 技術課題および到達目標

### 技術課題

#### ア 小型・軽量・低電力な衛星搭載テラヘルツセンシングシステム開発

小型衛星への搭載に向け、小型（一辺 50cm の立方体以下）、軽量（10kg 以下）、低電力（30W 以下）であって、水蒸気と酸素スペクトルの同時観測が可能なヘテロダイン検波等を用いたテラヘルツセンシング分光システムを開発する。既存の類似の日本保有技術では国際宇宙ステーション搭載の超伝導サブミリ波サウンダ（平成 21 年打上げ）があるが、サイズ 1.85m×1m×0.8m、質量は 475kg、電力 340W であり、いずれも 1/10 倍程度となる大幅な改善が必要となる。

#### イ 500GHz 帯電磁波増幅素子の高度化・広帯域化

既存の 300GHz 帯で成立している技術を発展させることにより、500GHz 帯で動作する増幅素子の高度化・広帯域化技術を確立する。500GHz 帯で動作する増幅素子とは、①増幅素子単体で 500GHz 帯を出力する方法、もしくは②増幅素子と逡倍器などを組み合わせて 500GHz 帯を出力する方法の両方を対象とする。500GHz 帯においては 300GHz 帯に比べて 40%程度の増幅素子の微細化が必要となることを考慮すると、増幅素子の利得及び帯域幅への組立誤差の影響が 300GHz 帯に比べて大きくなり、目標とする増幅性能を確保することが課題となる。また、設計・製造技術は高周波増幅器として動作できるように、他の構成部品との整合性や電力損失の低減等を考慮しなければならない。このため、研究開発期間が 3 年間であることを踏まえ、①、②の提案があった場合、増幅性能、電力の安定性、更なる高い周波数帯での増幅素子への発展に繋がる要素技術の開発を含むか等の観点から評価する。

### 到達目標

#### ア 小型・軽量・低電力な衛星搭載テラヘルツセンシングシステム開発

下記の性能を有するテラヘルツセンシングシステムを開発する技術を確立する。

- ・一辺 50cm の立方体より小型、重量 10kg 以下、消費電力 30W 以下
- ・500GHz 帯付近の電磁波を用い、衛星軌道から水蒸気と酸素スペクトルの同時計測が可能なヘテロダイン検波等による分光システム
- ・センシングシステムのシステム温度で算出するノイズレベルは 10K 以下
- ・衛星搭載品として必要な各種耐性を備えている
- ・得られる酸素と水素の存在量高度分布の解析シミュレーションが可能である

#### イ 500GHz 帯電磁波増幅素子の高度化・広帯域化

下記の性能を有する増幅素子を開発する技術を確立する。

- ・アのテラヘルツセンシングシステムで使用する周波数の電磁波を増幅可能
- ・既存の 500GHz 帯電磁波増幅素子(3dB 程度) より高利得であること
- ・出力電力は 4mW 以上とし、増幅性能及び電力安定性を提案により示すこと。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下の例を想定している。

#### <平成 30 年度>

##### ア 小型・軽量・低電力衛星搭載テラヘルツセンシングシステム開発

テラヘルツ波の実用化において必須となる信頼性確保のための電波較正系技術を確立すると共に、衛星搭載可能なテラヘルツセンシングシステムのブレッドボードモデルを開発し、全体構成や設計の検討を行う。

##### イ 500GHz 帯電磁波増幅素子の高度化・広帯域化

500GHz 帯電磁波増幅素子の設計環境の整備、試作素子の評価環境の整備等を行う。また、素子の微細化に向けた製造プロセスの高度化方法を検討する。

#### <平成 31 年度>

##### ア 小型・軽量・低電力衛星搭載テラヘルツセンシングシステム開発

テラヘルツセンシングシステムのエンジニアリングモデルを開発し、衛星搭載成立性と信頼性を確認する。

##### イ 500GHz 帯電磁波増幅素子の高度化・広帯域化

増幅素子の試作を行い、電気特性（高周波特性等）や機械特性を確認するとともに、成立性を評価し、製造プロセスの改良を行う。

#### <平成 32 年度>

##### ア 小型・軽量・低電力衛星搭載テラヘルツセンシングシステム開発

テラヘルツセンシングシステムのフライトモデルを開発し、目標の性能を有していることを確認する。

##### イ 500GHz 帯電磁波増幅素子の高度化・広帯域化

改良された製造プロセスによる増幅素子の試作を行い、目標とする性能を有していることを実証する。

## 5. 実施期間

平成 30 年度から 32 年度までの 3 年間

## 6. その他

### (1) 成果の普及展開に向けた取組等

#### ①国際標準化等への取組

国際競争力の強化を実現するためには、本研究開発の成果を研究期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準化規格・機関・団体へ提案を実施することが重要である。このため、研究開発の進捗に合わせて、国際標準への提案活動を行うものとする。なお、提案を想定する国際標準規格・機関・団体及び具体的な標準化活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

#### ②実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き取り組む予定の「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成 35 年度までの実用化・製品展開等を実現するために必要な取組を図ることとし、その活動計画・実施方策については、提案書に必ず具体的に記載すること。

### (2) 提案および研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めること。また、従来技術との差異を明確にした上で、技術課題及び目標達成に向けた研究方法、実施計画及び年度目標について具体的かつ実効性のある提案を行うこと。

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

なお、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。