

# 令和6年度継続課題に係る中間評価書

研究機関 : (国研)情報通信研究機構、大阪公立大学、  
(国研)宇宙航空研究開発機構、Space BD(株)、東京大学

研究開発課題 : テラヘルツ波を用いた月面の広域な水エネルギー資源探査

研究開発期間 : 令和3年度～令和7年度

代表研究責任者 : 笠井 康子

## ■ 総合評価 : 適

(評価点 20点 / 25点中)

※ 継続評価の対象となる他の研究開発課題の実施状況との比較が容易に行えるようにするため。(1)、(4)、(5)の採点結果(点数)から評価点を算出する。

### (総論)

個別の研究項目については、それぞれ進捗しており、前回の指摘事項をよくクリアし、見通しの良いプロジェクトとなり、次年度の計画も適切に組まれている。本研究開発の成功はテラヘルツの価値を高められることにもつながると考えられ、良い受信センサが開発されているため、今後も良い成果を期待したい。

一方で、本研究開発により、科学的・技術的にどのような価値が生まれるのかについては明瞭な内容となることを期待する。また、宇宙環境で情報を得ることの重要性という観点から、最終的な評価における最低限の成果を定め、今後は、わかりやすい成果のアピールについて検討いただきたい。

### (被評価者へのコメント)

- 前回の指摘事項をよくクリアし、見通しの良いプロジェクトになっている。

- 衛星製造業者が変更されたにもかかわらず、スケジュールを合わせたチームワークを買いたい。
- 受信センサに良いものができてきたので、今後を期待したい。
- 本プロジェクトの成功はテラヘルツの価値を高められることにもつながるため、良い成果を期待したい。
- 日本の場合、ある程度の成果が出るとそこでやめてしまう傾向が強いので、真の実用化を目指し、長期スパンで研究の継続性を考えて計画してほしい。
- 個別の研究項目については、それぞれ進捗しているが、やはり、テラヘルツ波による観測で何が分かるかについては、さらなる検討が必要と思われる。
- 本研究では、おそらく新しい技術がいかに宇宙(月)環境において、機器として機能するか、と新しい技術で得られる探査情報がいかに理解可能なものとなるかが、組み合わせられているため、大変難しいと思われる。宇宙での環境にて、情報を得ることの重要性という観点から、シンプルな成果(最低限の成果)を定めておいた方がよいと思われる。
- 個別の研究の成果は、報道や広報では使いにくい部分も多いと思われるので、令和5年度までの報道件数が少ないことはいたしかたないと思われる。今後は、わかりやすい成果のアピールについて検討いただきたい。
- 月の何が見えるのか、この開発で科学的や技術的にどういう価値が生まれるのかの、わかりやすい内容が明瞭になることを期待したい。
- それぞれの課題について計画通りに成果があげられている。また、次年度の計画も適切に組み込まれているものと判断する。

(1) 当該年度における研究開発目標(アウトプット目標)の達成(見込み)状況・研究資金執行状況及び政策目標(アウトカム目標)の達成に向けた取組の実施状況

(5～1の5段階評価) : 評価4

(総論)

個々の開発や研究は、順調に推移しており、評価試験結果も良好な結果が得られているため、概ね計画通り実施している。また、研究体制を見直し、全体の統括を意識して進めることを全プロジェクトで意識し、ミッション仕様がまとめられることは、今後の最終結果を得るにあたり、実現の可能性が高くなった。

一方、テラヘルツ波による観測で何が分かるかについては、さらなる検討が必要と思われ、最終的な評価における最低限の成果を定めておいた方がよい。また、特許や論文というアウトプットは十分とは言えない。モノづくりプロジェクトは論文量産には向かないが、来年度は頑張ってもらいたい。

(被評価者へのコメント)

- この技術が有効かを規定する TSUKIMI ミッションでターゲットとする 100 K 以下の領域において、誘電率の温度依存性を考慮する必要がないことがわかったことは大きな前進と考える。
- EM (Engineering Model) の振動試験等わかりやすい図があり、イメージが得やすくなった。
- 受信機がいろいろのものができた。
- 今年度の論文はない。今年は売り物になる月シミュレータ MoonScope を作れたところが評価ポイントと考える。モノづくりプロジェクトは論文量産には向かないが、来年度は頑張ってもらいたい。
- 多重散乱テラヘルツ電磁波伝搬モデルの構築の成功、アンテナ放射特性でビーム幅は約 0.13 度(予測値と 0.001 度の差)、多チャンネルセンサ宇宙品の開発で目標 5000 K より優れた感度性能を実現できる見込み、情報通信研究機構担当部分はアンテナ光学系、校正源を含むセンサ部構造EMの開発を完了、衛星バス詳細設計および新規開発要素のベースライン文書制定等、着実に成果をまとめている。
- 研究体制を見直し、全体の統括を意識して進めることを全プロジェクトで意識し、ミッション仕様がまとめられたことは、今後の最終結果を得るにあたり、実現の可能性が高くなったと評価したい。
- 個別の研究項目については、それぞれ進捗しているが、やはり、テラヘルツ波による観測で何が分かるかについては、さらなる検討が必要と思われる。
- 本研究では、おそらく新しい技術がいかに宇宙(月)環境において、機器として機能するか、と新しい技術で得られる探査情報がいかに理解可能なものとなるかが、組み合わせられているため、大変難しいと思われる。宇宙での環境にて、情報を得ることの重要性という観点から、シンプルな成果(最低限の成果)を定めておいた方がよいと思われる。
- 特許や論文というアウトプットは十分とは言えない。
- 個々の開発や研究は、順調に推移しており、評価試験結果も良好な結果が得られている。
- 今年度に計画した全ての項目について目標を達成または達成見込みであり、概ね計画通りに成果を得ていると判断する。
- 研究資金執行状況及び政策目標の達成に向けた取組についてもほぼ計画通り実施していると判断する。

## (2) 現在設定されている最終目標への到達可能性

(5～1の5段階評価) : 評価4

### (総論)

昨年気になっていた衛星デジタル処理技術に関して、ソフトウェアで軌道上処理を行わないと決めたため、無理のない技術構成となり、設定目標に対しては順調に開発が進んでいることから、到達目標への到達可能性はあると判断する。

機器の実装や模擬試料の追加などをしてさらなるデータベースの精度向上を期待すると共に、水資源の有無の確認とは別に、結果として何が得られるかについては再検討もあるかと思われる。

### (被評価者へのコメント)

- 昨年気になっていた衛星デジタル処理技術に関して、ソフトウェアで軌道上処理を行わないと決めたため、無理のない技術構成になった。
- なんらかの形でテラヘルツ波による観測を行える機器の設計ができると思われる。
- テラヘルツ波による観測の結果が今後の月観測において、有効であるという点については、水資源の有無が確認できるかどうかの当初の目的であるが、結果として何が得られるかについては、機器の実装などと合わせて、再検討もあるかと思われる。
- 設定目標に対しては、順調に開発が進んでいる。
- 資料に関しては、何がポイントで、どこを成し遂げたというような点が即座に見てわかりやすいとは言えない。
- 到達目標への到達可能性はあると判断する。
- テラヘルツ波物質データベースが本研究開発には、極めて重要と思われるので、模擬試料の追加などをしてさらなるデータベースの精度向上を期待したい。

### (3) 現在設定されている最終目標の妥当性

(5～1の5段階評価) : 評価4

#### (総論)

プロジェクトの進捗状況から考えて、最終目標を達成できる可能性は高く、最終目標は妥当と判断できる。一方、装置の基本スペックである受信センサにおける感度について、中間評価の段階でも妥当性を明示できないのは好ましくない。水資源の有無については、実際に測定を始めなければ情報の精度を担保できないと思われるが、従来から得られている情報を事前に十分に検討し、シミュレーション等に反映することが望ましい。

#### (被評価者へのコメント)

- プロジェクトの進捗状況から考えて、最終目標を達成できる可能性は高い。
- 打ち上げられる機器、デバイス(アンテナを含む)の堅牢度なども、今後の宇宙環境におけるテラヘルツ波を含めた電波観測において有用であると期待する。
- 水資源の有無については、どれぐらいの解像度で、どのような範囲で情報の精度が担保できるのかは、実際に測定が始められないと、かなり難しい点もあると思われる。従来から得られている月の情報を精査し、異なる環境における測定誤差、測定値の期待値などについては、事前に十分に検討を行い、シミュレーション等に反映することが望ましい。
- 今後の月開発への副産物として、MoonScope は大変興味深いと思われる。
- センサの受信機の空間分解能には裁量の余地は少ないが、感度に関しては、自由度がある。5000K との設定と、それで月面で見えるかの関連が不明瞭。正確な解析に時間を要するのは理解できるが、装置の基本スペックである感度が、中間評価の段階でも妥当性を明示できないのは好ましくない。
- 最終目標は妥当と判断する。

#### (4) 研究開発実施計画・予算計画及び政策目標(アウトカム目標)の 達成に向けた取組

(5～1の5段階評価) : 評価4

##### (総論)

当初の予定から衛星製造業者が変わったにもかかわらず、PDR(基本設計審査)で審査された設計結果を基にEMを制作し、体制を強化したことで順調にプロジェクトは進んでいるため、次年度の実施計画も妥当であると判断する。EMの評価試験結果等を確実に次年度のPFM(Proto-Flight Model)の製造・試験に反映し、実現可能性を念頭において、本プロジェクトの有用性についてアピールいただきたい。

##### (被評価者へのコメント)

- PDRで審査された設計結果を基にEMを制作。全コンポーネントが搭載可能、計装類の接続の正当性、打上環境の耐久等やインターフェースの整合性を確認している。
- 衛星製造業者が変わったにもかかわらず、順調にプロジェクトは進んでいる。
- 実現可能性を念頭において、本プロジェクトの有用性についてアピールいただきたい。
- 体制を強化したり、順調である。
- 今年度の研究開発実施計画・予算計画及び政策目標に従って、それぞれの課題について適切に遂行されたものと判断する。また、これを踏まえて、次年度の実施計画も妥当であると判断する。
- 令和5年度はEMとPFMの開発が重複しているが、EMの評価試験結果等を確実に令和6年度のPFMの製造・試験に反映してほしい。

## (5) 実施体制

(5～1の5段階評価) : 評価4

### (総論)

代表研究責任者とビジネスプロデューサの体制に対して、新たにプロジェクトマネージャ(PM)を入れる等により、体制のばらつきが是正された。論文の執筆、投稿や掲載を今後も積極的に進める等の成果に対する体制の強化も望む。

### (被評価者へのコメント)

- 代表研究責任者とビジネスプロデューサの体制から、PI(研究代表者)下に幹事会を設け、プロジェクトの担当委員以外に新たにPMを入れて、幹事会に権限も持たせた体制に移行した。ばらばら感が是正されたと考える。
- 各サブテーマ間の連携はわかりやすくなっている。ただし、時間軸の進め方を別のスライドで説明しているので、それらの説明は連続してあったほうが、全体の進め方がよく理解できると思う。
- 研究開発による成果は目標数に対する実績の書き方だと評価しやすい。目標より多いと主張していると解釈した。
- 各項目間において、さらなる緊密な打合せを行うと共に、「科学的に先進性」と「実機実現による可能性」のトレードオフを早目に検討し、今後も実機開発を進めてほしい。
- JAXAが入っているため、心配はしていないが、本来、計測器が打ち上げられると、その計測機器を交換することは出来ないため、陳腐化などが生じても継続的な観測体制が取れることが望ましい。
- 連絡を密にしたり、順調である。
- 論文等の成果に対する体制の強化も望む。
- 到達目標に従って、体制が適切に組みれているものと判断する。
- 若手人材の育成や確保の観点から、さらなる大学での講義の実施や、本研究開発の課題に関連した若手研究者からの論文投稿や掲載を今後も積極的に進めてほしい。

## (6) 研究開発の成果展開について

(5～1の5段階評価) : 評価4

### (総論)

世界でトップレベルの反射損失を有する宇宙用テラヘルツ帯の輝度温度校正源(準光学な無反射終端)、準光学で周波数分離を行うための周波数選択膜の実用化には期待している。

個別の研究の成果は、報道や広報では使いにくい部分も多いと思われるので、今年度までの報道件数が少ないことはいたしかたない。シミュレータ等、展開の目は出ているため、学会等での発表や報道においてさらに積極的に展開し続けることを期待する。

### (被評価者へのコメント)

- 世界でトップレベルの反射損失を有する宇宙用テラヘルツ帯の輝度温度校正源(準光学な無反射終端)、準光学で周波数分離を行うための周波数選択膜の実用化には期待している。
- 個別の研究の成果は、報道や広報では使いにくい部分も多いと思われるので、令和5年度までの報道件数が少ないことはいたしかたないかと思われる。
- 今後は、わかりやすい成果のアピールについて検討いただきたい。
- シミュレータ等、展開の目は出ているが、広報的なものも含めて、もう少し期待したい。
- テラヘルツ波分野の新たな研究開発であり、その成果を学会等での発表や報道においてさらに積極的に展開し続けることを期待する。
- 査読付き論文や特許についての設定目標が具体的に示されていないが、それらの件数が少ないので今後の課題としてほしい。また、今後に出願予定や論文の投稿予定や投稿済みなどの論文があれば具体的に記載してほしい。