マルチ衛星間通信品質評価試験装置 一式
仕様書

令和８年10月

国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学

Ⅰ 仕様書概要説明

1. 調達の背景及び目的

国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 情報科学領域 ネットワークシステム学研究室では、令和 8 年度総務省「電波資源拡大のための研究開発」のうち「低軌道衛星と地上端末直接通信における周波数共用を可能とするナローマルチビーム形成技術の研究開発」に取り組んでいる。本研究の技術課題ア「アンテナ素子再構成技術」では、編隊飛行を行う多数の超小型低軌道衛星間で RF 信号の中継を行い、大規模アレイアンテナを構成するシステムの実現を目指している。

この中で、特に、1 素子あたりの信号対雑音比（S/N）が熱雑音支配（低 S/N）となる環境下において、1bit ADC が理論的な性能劣化（理想 ADC 比 −1.96dB 程度）に留まる特性を利用し、将来的な衛星搭載機器の小型・低消費電力化を目指している。

本研究の目的達成には、16 台の模擬衛星（子局）および親局からなるマルチ衛星通信ネットワーク環境を構築し、低 S/N 環境下における 1bit ADC アレイの有効性を実証し、時空間ハイブリッド合成による確実な信号復元を確認するためのテストベッド構築が必須である。したがって、本調達において「マルチ衛星間通信品質評価試験装置 一式」を導入するものである。

2. 調達物品及び構成内容

マルチ衛星間通信品質評価試験装置 一式は、最低限、以下の構成機器を有し、組み上げられていること。

区分	構成機器・要素	数量
模擬地上波（送信系）（1 式）	1.7GHz RF パワーアンプ	1 台
	16 分配器	1 台
模擬衛星（子局）エッジ処理装置（16 式）	SDR 受信用 USB ドングル	16 個
	エッジ処理用 SoC/FPGA ボード	16 台
模擬衛星（親局）集約処理装置（1 式）	集約処理用 SoC/FPGA ボード	1 台
	システム制御・評価用 PC	1 台

ネットワーク・電源・配線機器（1 式）	イーサネットハブ（Ether-HUB）	1 台
	接続ケーブル・電源配線	1 式

以上、搬入、据付、配線、ソフトウェアの組み込み及び調整一式を含む。

3. 技術的要件の概要

3.1 本調達物品に係る性能、機能及び技術等（以下「性能等」という。）の要求要件（以下「技術的要件」という。）は「Ⅱ 調達物品に備えるべき技術的要件」に示すとおりである。

3.2 技術的要件は、全て必須の要求要件である。

3.3 必須の要求要件は、本学が必要とする最低限の要求要件を示しており、入札機器の性能等がこれを満たしていないとの判定がなされた場合には不合格となり、落札決定の対象より除外する。

3.4 入札機器の性能等が技術的要件を満たしているか否かの判定は、本学「マルチ衛星間通信品質評価試験装置 一式」技術審査職員が、入札機器に係る技術仕様書、その他入札説明書で求める提出資料の内容を審査して行う。

4. その他

4.1 技術仕様等に関する留意事項

入札機器は、原則として入札時点で製品化されていること。入札時点で製品化されていない機器によって応札する場合は、本仕様書に示す技術的要件を全て満たすことを証明する資料及び納入期限までに製品化され納入できることを保証する確約書等を提出すること。

4.2 提案に関する留意事項

4.2.1 提案に際しては、提案装置が本仕様書の要求要件をどのように満たすか、あるいはどのように実現するかを要求要件ごとに資料を添付する等して、具体的かつ分かりやすく記載すること。特に、組み込みソフトウェア機能要件に関しては、開発手法や実現アプローチを明記すること。本仕様書の技術的要件に対して、単に「はい、できます。」、「はい、有します。」といった回答の提案書であるために評価が困難であると調達側で判断した場合には、技術的要件を満たしていない提案とみなし、不合格とするので十分に留意して作成すること。

4.2.2 提案書においては、本仕様書の技術的要件とそれに対応する提案内容を明確かつ簡潔に示した対照表を添付すること。

4.2.3 提案書においては、提案装置が本仕様書の技術的要件を満たしていることを提出資料のどの部分で証明できるか、参照すべき箇所を対照表に明示すること。参照すべき箇所が、カタログ・性能仕様書・説明書等である場合、アンダーラインを引いたり、色付けしたりする等して該当部分を明示すること。

4.2.4 提出資料等に関する照会先を明記すること。

4.2.5 提案された内容等について、ヒアリングを行う場合があるので誠実に対応すること。

4.3 導入に関する留意事項

4.3.1 導入スケジュールについては、本学職員と協議し、その指示に従うこと。

4.3.2 搬入、据付、配線、ソフトウェアの組み込み及び調整に要する全ての費用は、本調達に含む。

Ⅱ 調達物品に備えるべき技術的要件

（性能、機能に関する要件）
マルチ衛星間通信品質評価試験装置 一式は以下の技術的要件を満たすこと。

1. 各機器の詳細要件

1.1 模擬地上波（送信系）（1 式）

1.1.1 1.7GHz RF パワーアンプ（1 台）：動作周波数範囲 1.6 GHz - 1.8 GHz、最大出力 1 W 以上、利得 20 dB 以上を有すること。

1.1.2 16 分配器（1 台）：1.7GHz 帯に対応し、入力信号を 16 系統に均等分配する機能を有すること。また、入出力端子は SMA コネクタ仕様であること。

1.2 模擬衛星（子局）エッジ処理装置（16 式）

1.2.1 SDR 受信用 USB ドングル（16 個）：USB 3.0 または USB 2.0 接続に対応し、1.7GHz 帯の IQ データを受信・出力する機能を有すること。

1.2.2 エッジ処理用 SoC/FPGA ボード（16 台）：以下の仕様をすべて満たす SoC/FPGA 評価ボードであること。

1.2.2.1 プロセッサ部：64bit クアッドコア ARM プロセッサ（動作周波数 1.2 GHz 以上）およびリアルタイム処理用デュアルコア ARM プロセッサ（動作周波数 500 MHz 以上）を内蔵していること。

1.2.2.2 FPGA 部：システムロジックセル 250,000 個以上、DSP スライス 1,200 個以上、ブロック RAM 5 Mbit 以上を有すること。

1.2.2.3 メモリ：4 GB 以上の DDR4 メモリを搭載していること。

1.2.2.4 インタフェース：USB 3.0（Type-A）ポートを 2 ポート以上、および 1000BASE-T イーサネットポートを 1 ポート以上備えていること。

1.2.3 構成機器の同一性：上記 1.2.1 の SDR 受信用 USB ドングル（16 個）および 1.2.2 のエッジ処理用 SoC/FPGA ボード（16 台）は、ドライバの互換性および実験条件・保守管理の均一性を確保するため、それぞれ 16 台すべてが同一メーカー、同一型番、かつ同一ハードウェア仕様（同一バージョン・リビジョン）の製品であること。

1.2.4 エッジ処理用 SoC/FPGA ボード（16 台）には、あらかじめ以下の信号処理機能（FPGA ロジック）が組み込まれていること。

1.2.4.1 SDR 信号受信機能: USB 接続された SDR からベースバンド信号（I/Q データ）を連続して取得する機能を有すること。

1.2.4.2 リファレンス信号による同期・位相補正機能: 本学支給の信号発生器により主信号帯域外近傍に重畳されるリファレンス信号（パイロット信号）をデジタルフィルタにて抽出し、各子局 SDR の独立ローカル発振器に起因する周波数オフセットおよび位相ドリフトを観測・推定し、デジタル信号処理により主信号の位相・周波数偏差を補正する機能を有すること。

1.2.4.3 ガウス雑音付加機能: 補正後の受信信号に対し、指定された信号対雑音比（SNR）となるようデジタル領域で加法的白色ガウス雑音（AWGN）を生成し付加する機能を有すること。

1.2.4.4 雑音の相互独立性: 各子局で生成されるガウス雑音は、それぞれ異なるシード値に基づく擬似乱数生成回路により生成され、16 台の子局間における雑音の相互相関係数が 0.05 以下であること。

1.2.4.5 1bit 量子化模擬機能: 雑音付加後のベースバンド信号に対し、コンパレータによる符号判定を用いてI 相・Q 相それぞれを 1bit（2 値）に量子化する処理機能を有すること。

1.2.4.6 データ転送機能: 1bit 量子化された信号データをイーサネットパケットに変換し、イーサネット経由で親局へ伝送する機能を有すること。

1.3 模擬衛星（親局）集約処理装置（1 式）

1.3.1 集約処理用 SoC/FPGA ボード（1 台）は、上記 1.2.2 の仕様をすべて満たす SoC/FPGA 評価ボードであり、あらかじめ以下の信号処理機能（FPGA ロジック）が組み込まれていること。

1.3.1.1 データ集約機能: イーサネット経由で 16 台の子局から送信される 1bit 量子化信号データを欠損なく受信・集約する機能を有すること。

1.3.1.2 重み付け合成・再構成機能: 受信した 16 系統の 1bit 量子化信号に対し、個別の複素ウェイト（重み付け）を乗算し、空間合成（加算処理）を行って信号を再構成する機能を有すること。

1.3.1.3 ウェイトの動的変更機能: 合成に用いる各系統の複素ウェイトは、制御用 PC からのコマンドによりシステム稼働中において 1 秒以内に変更を反映する機能を有すること。

1.3.2 システム制御・評価用 PC（1 台）:ノート型 PC であり、1000BASE-T イーサネットポートを備え、専用制御アプリケーションがプリインストールされていること。システム制御・評価用 PC（1 台）は、グラフィカル・ユーザー・インターフェース（GUI）を備えた以下の専用制御アプリケーションを有すること。

1.3.2.1 各子局に対して付加する雑音の「SNR パラメータ」を一括または個別に設定・変更する機能を有すること。

1.3.2.2 親局における「重み付け合成ウェイト」を設定・変更する機能を有すること。

1.3.2.3 親局で再構成された合成後の信号データを PC ストレージ上に CSV または MATLAB フォーマットにて保存し、波形、コンステレーション、および S/N 改善効果を表示させ、使用者

が確認できる機能を有すること。

1.4 ネットワーク・電源・配線機器(1 式)

1.4.1 イーサネットハブ(Ether-HUB)(1 台):全子局(16 台)、親局(1 台)、PC(1 台)を同時接続する機能を有する 18 ポート以上の 1000BASE-T ポートを有すること。

1.4.2 接続ケーブル・電源配線(1 式):16 分配器から各子局 SDR への RF 接続用同軸ケーブル 16 本以上、カテゴリ 6A 以上の LAN ケーブル 18 本以上および全機器の給電に必要な AC アダプタ・電源タップ一式を含めること。

(性能、機能以外に関する要件)

2. 設置条件等

2.1 設置場所

国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学 情報科学棟(A 棟)4 階 A408 号室

2.2 設備要件

本学が用意する以下の一次側電源設備以外に必要な電源設備については、本調達に含むものとする。

単相 100 V 15 A 単独 3 系統の AC 電源

2.3 本システムの搬入、設置を計画する上では以下の条件を考慮すること。

(搬入に使用できるエレベータ)

積載能力 900 kg

出入口 900 mm(幅)×2,100 mm(高さ)

かご室 1,600 mm(幅)×1,350 mm(奥行)

(設置場所)

最大ドア開口部 1600 mm (幅) × 2,000 mm (高さ)

天井高 最小 2,600 mm

設置部 最大幅 2,500 mm(幅) ×1,000 mm(奥行) × 1,500 mm(高さ)

3. 搬入、据付、配線、および組み込みソフトウェアの動作確認・調整作業

3.1 搬入、据付、配線、および組み込みソフトウェアの動作確認・調整作業は、本学職員と協議の上で

その指示に従い実施すること。

3.2 設置完了後、ハードウェアおよび組み込まれたソフトウェアが正常かつ安定に動作し、即座に運用可能な状態にすること。

3.3 搬入時は、建物および設備に損壊を与えないよう、搬入口、廊下、ドア、および室内の養生を実施すること。損壊が生じた場合は速やかに本学職員へ報告し、現況復元を行うこと。

4. 教育・支援体制等

4.1 本調達物品の操作方法（プリインストール・ソフトウェアの運用方法およびパラメータ設定手順を含む）および日常保守について、本学利用者に半日以上の現場実習教育を実施すること。

4.2 教育の実施日時および場所については、事前に本学職員と協議し指示に従うこと。

5. 保守体制等

5.1 本実験装置の保守部品（交換用ユニット等）につき、障害発生連絡から 3 営業日以内に交換対応が可能な保守体制を有すること。

5.2 保証期間は検収後 1 年間とし、納入時の瑕疵に起因するハードウェア故障およびソフトウェア不具合（バグ）が発生した場合は、無償にて修理、代替品提供、または修正プログラム提供を実施すること。

5.3 障害対応完了後、7 日以内に障害原因および対応内容を記載した報告書を提出すること。

6. 納入期日

令和9年2月26日

7. 提出書類

納入時に以下の書類を各 1 部提出すること。

7.1 ハードウェア取扱説明書（日本語版） 1 部

7.2 プリインストール・ソフトウェア操作マニュアル（日本語版） 1 部

8. その他

8.1 本件についての必要な細目は、国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学が定めた物品供給契約基準によるものとする。

8.2 本件について発注者・受注者間に紛争が生じたときは、双方協議の上これを解決するものとする。

8.3 本件に関する訴えの管轄は、国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学所在地を管轄区域とする奈良地方裁判所とする。

8.4 本仕様に定めのない事項又は本仕様書の事項について疑義が生じた場合には、本学職員と協議し、その指示に従うこと。