

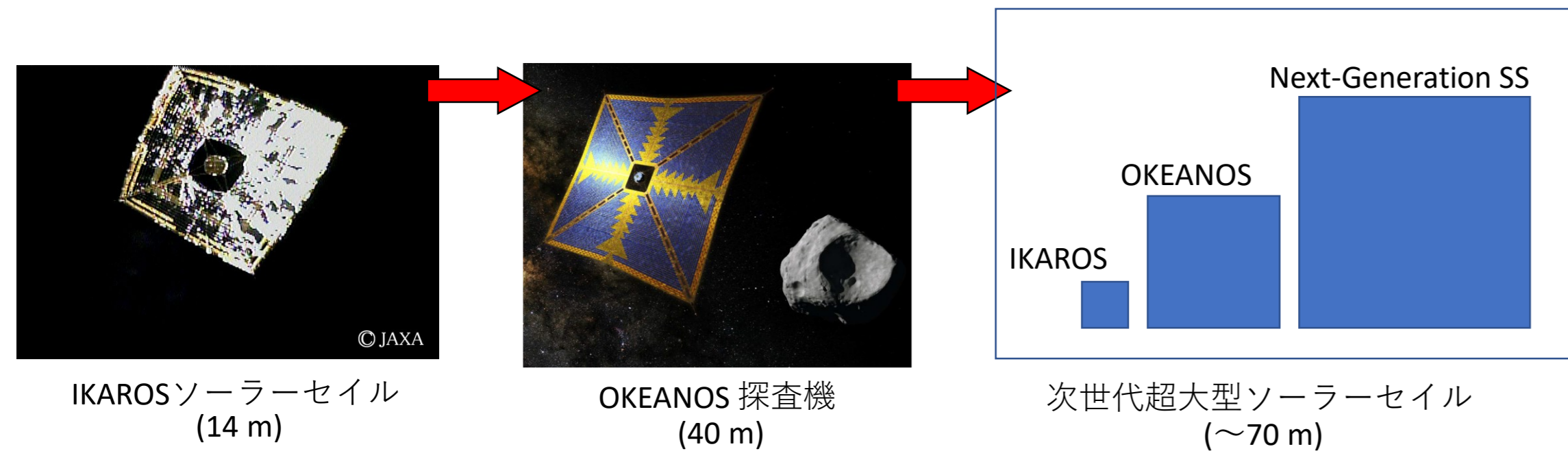


○杉原 アフマッド清志 (JAXA), 和田武尚 (FIT), 須田保 (JAXA), 名田悠一郎, 藤田雅大 (東大院), 川崎繁男, 森治 (JAXA)

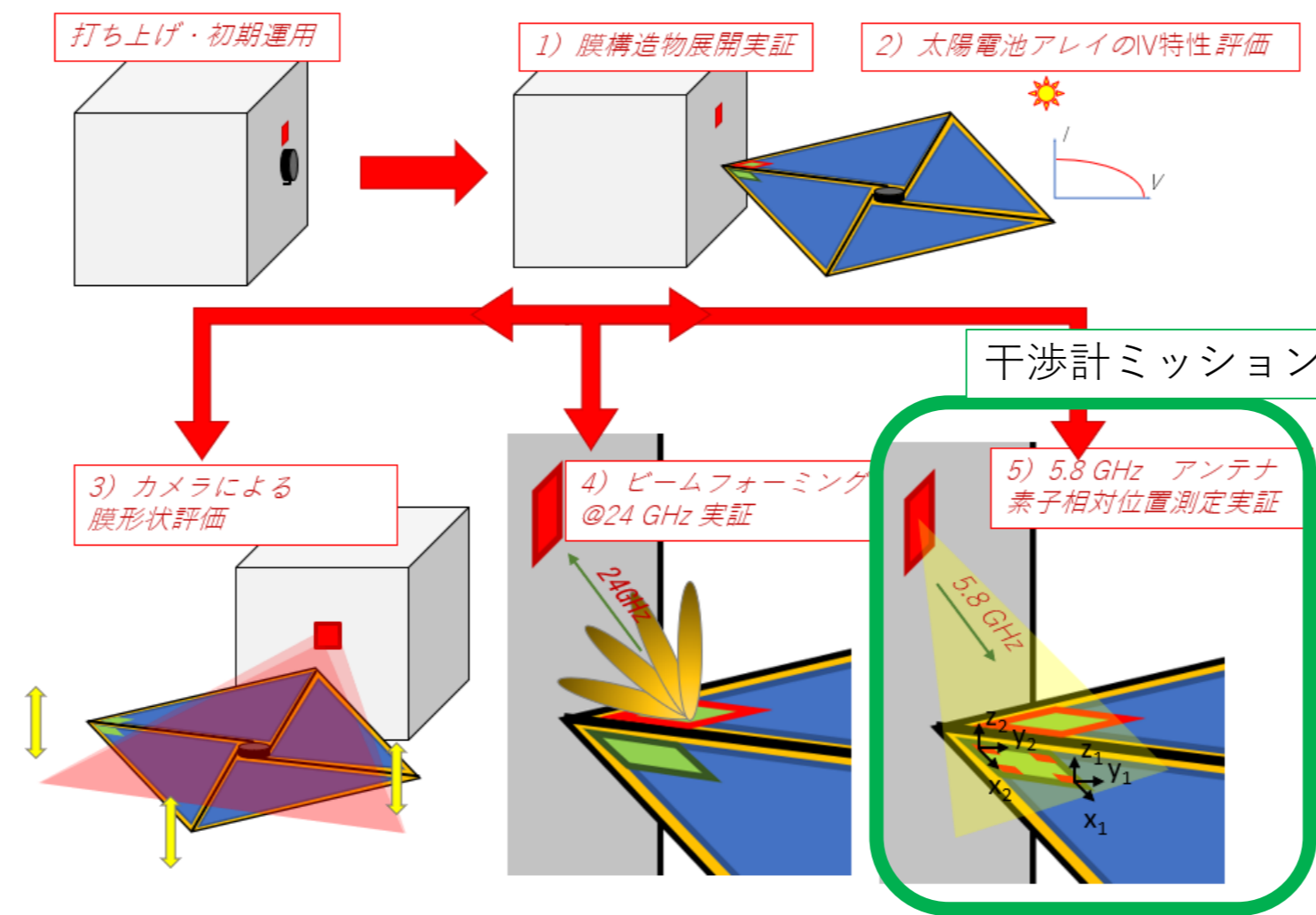
## 多機能膜構造物実証機HELIOSのミッション概要

HELIOSはソーラーセイル技術を発展させた多機能超軽量宇宙膜構造物の実証を目的とする。JAXAは世界初のソーラーセイル実証機IKAROSの打ち上げ運用に成功し、木星トロヤ群小惑星探査機OKEANOSの開発を進めている。さらに、次世代ソーラーセイルとして70~100m級のソーラーセイルの概念検討も進めている。

HELIOSではこのような大型ソーラーセイルに高効率薄膜太陽電池、薄膜アンテナアレイ、膜形状測定系を搭載する事で多機能膜構造物技術を実証すべく、革新的衛星技術実証3号機の実証テーマの一部として2022年度に打ち上げられる。



HELIOSでは次の5つの実証テーマを搭載する。(それぞれ世界初)



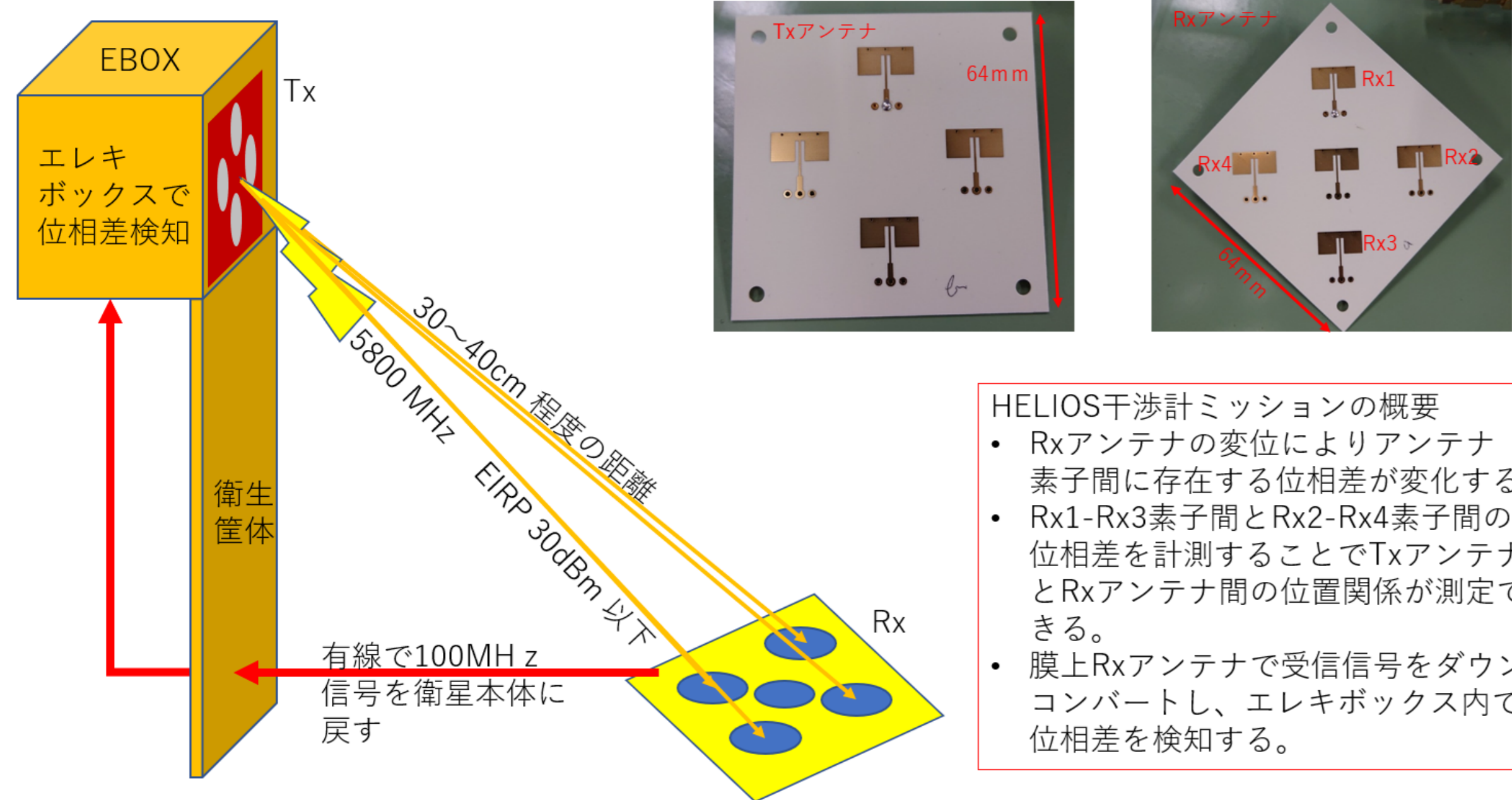
1. 多機能膜構造物の収納展開技術
2. ソーラー電力セイルによる世界最軽量発電機構
3. カメラによる膜形状モニタリング
4. 24 GHz帯の薄膜アンテナ用5G通信ICの実証
5. 5.8 GHz帯干渉計による膜形状測定技術の実証

5.8 GHz帯薄膜干渉計の実証は次の技術の実現に貢献する。

1. 薄型送受信アンテナによる無線情報通信エネルギー技術 (ICET) 薄膜デバイスに通信機能と無線電力伝送機能を持たせることで、宇宙機システムのハーネス除去による飛躍的簡略化や、地上運用における大規模なセンサネットワークの展開が可能になる。
2. 膜面干渉計による大集光面積電波放射計技術 前代に無い大面積で世界最高の角分解能の実現。これにより静止軌道からの電波地球観測や、木星などのガス惑星の大気深層部の観測、複数の衛星を使用した電波天文学 (スペースVLBI) 等が世界で初めて可能になる。
3. ソーラーセイル膜形状測定制御技術 ソーラーセイルの姿勢運動と軌道運動はセイル膜面の形状に強く依存する。形状を正しく測定することで膜面形状のフィードバック制御が可能になり、より自由なソーラーセイルの航行が可能になる。

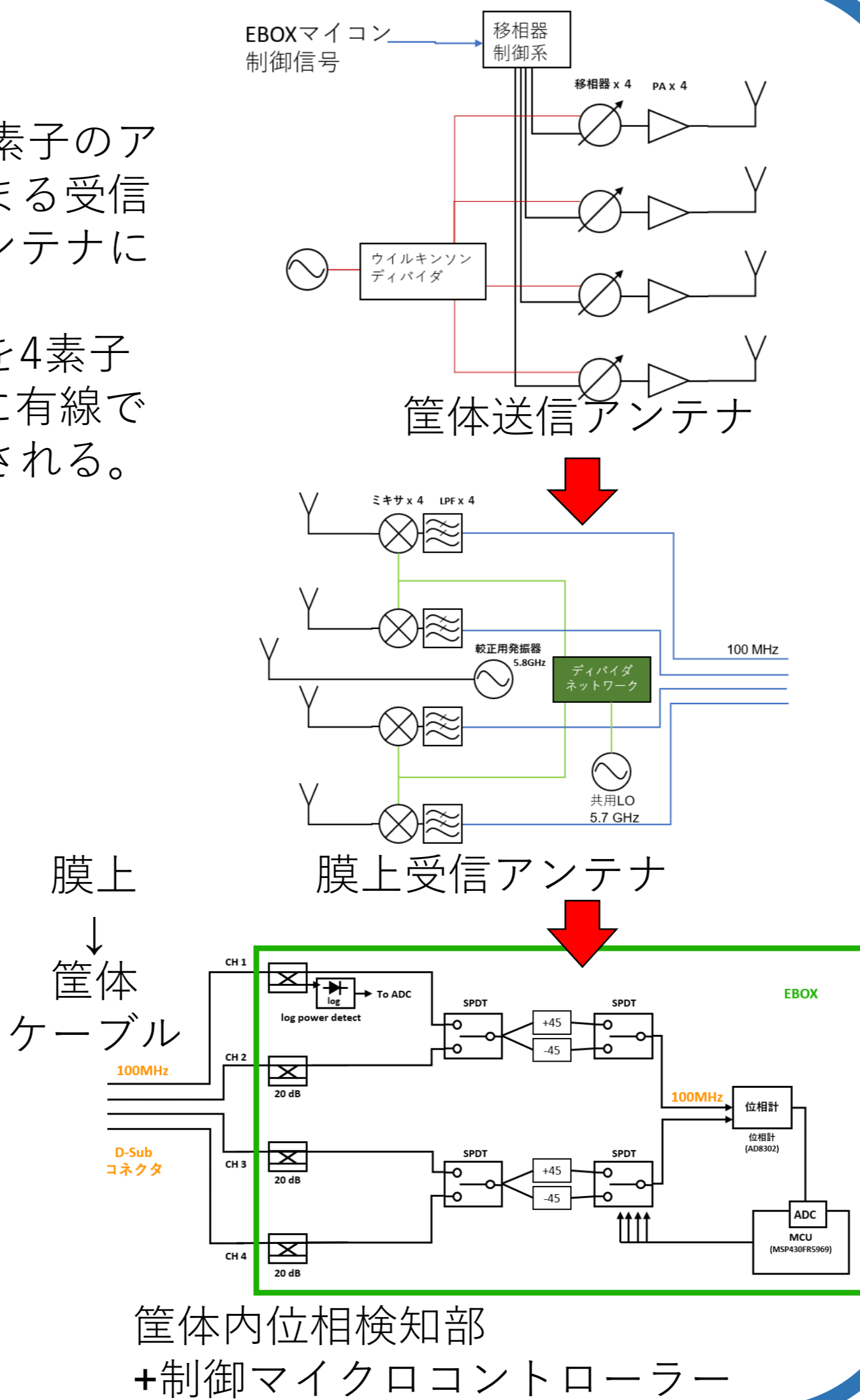
## 干渉計ミッションの概要

HELIOS干渉計では位置の確定している送信系から電波を送信し、膜面搭載の4素子のアンテナアレイで受信する。アレイ素子間では送受信アンテナ間の位置関係が決まる受信信号の位相差が存在する。受信された信号の位相差を検知することで、送信アンテナに対する受信アンテナの傾きを計測する。周波数帯はISM帯である5.8GHzを採用する。受信部は5.8GHzで受信した信号を4素子内で同相でダウンコンバートし、IF信号を筐体内のエレキボックス位相検知部に有線で伝送する。位相検知部で測定した位相差情報は衛星本体を経由し地上局に伝送される。



HELIOS干渉計ミッションの概要

- Rxアンテナの変位によりアンテナ素子間に存在する位相差が変化する。
- Rx1-Rx3素子間とRx2-Rx4素子間の位相差を計測することでTxアンテナとRxアンテナ間の位置関係が測定できる。
- 膜上Rxアンテナで受信信号をダウンコンバートし、エレキボックス内で位相差を検知する。



## 回線設計

システムブロック図と展開膜構造物の寸法から幾何学的に定まる送受信アンテナ間の距離から回線設計を行う。電力の見積もりから市販品のVCO、アンプ、ミキサ、位相計などのコンポーネントを選定する。選定した位相計の要求入力電力を満足できるコンポーネントを選定した。

伝送距離が数十cmと短いため、受信機版ではLNAを用いずアンテナ出力は直接ミキサに接続する。

2x2アレイアンテナ送信		
Rxアンテナまでの回線		
Txゲイン	6.1 dBi	EIRP
空間ロス	-37.5 dB	22.1 dBm
VCO出力	11.0 dBm	
各ブロックのゲイン		
VCOアンプ	0 dB	11.0 dBm
ディバイダx2	-7.0 dB	11.0 dBm
1.2 移相器	-5.0 dB	4.0 dBm
1.3 Power Amp	11.0 dB	-1.0 dBm
アンテナ数 倍率	6.0 dB	10.0 dBm
アンテナx4 出力		16.0 dBm
EIRP		22.1 dBm

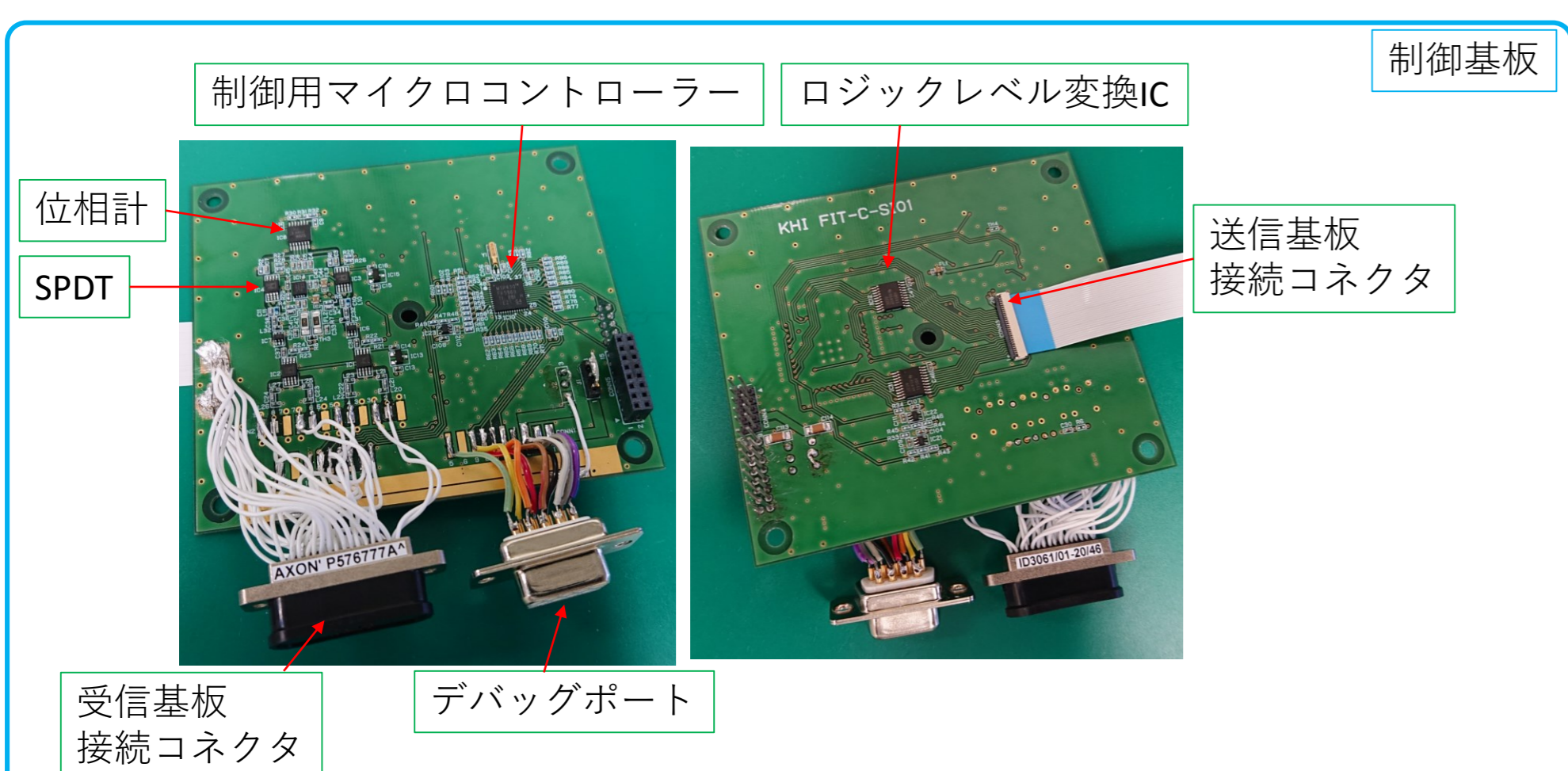
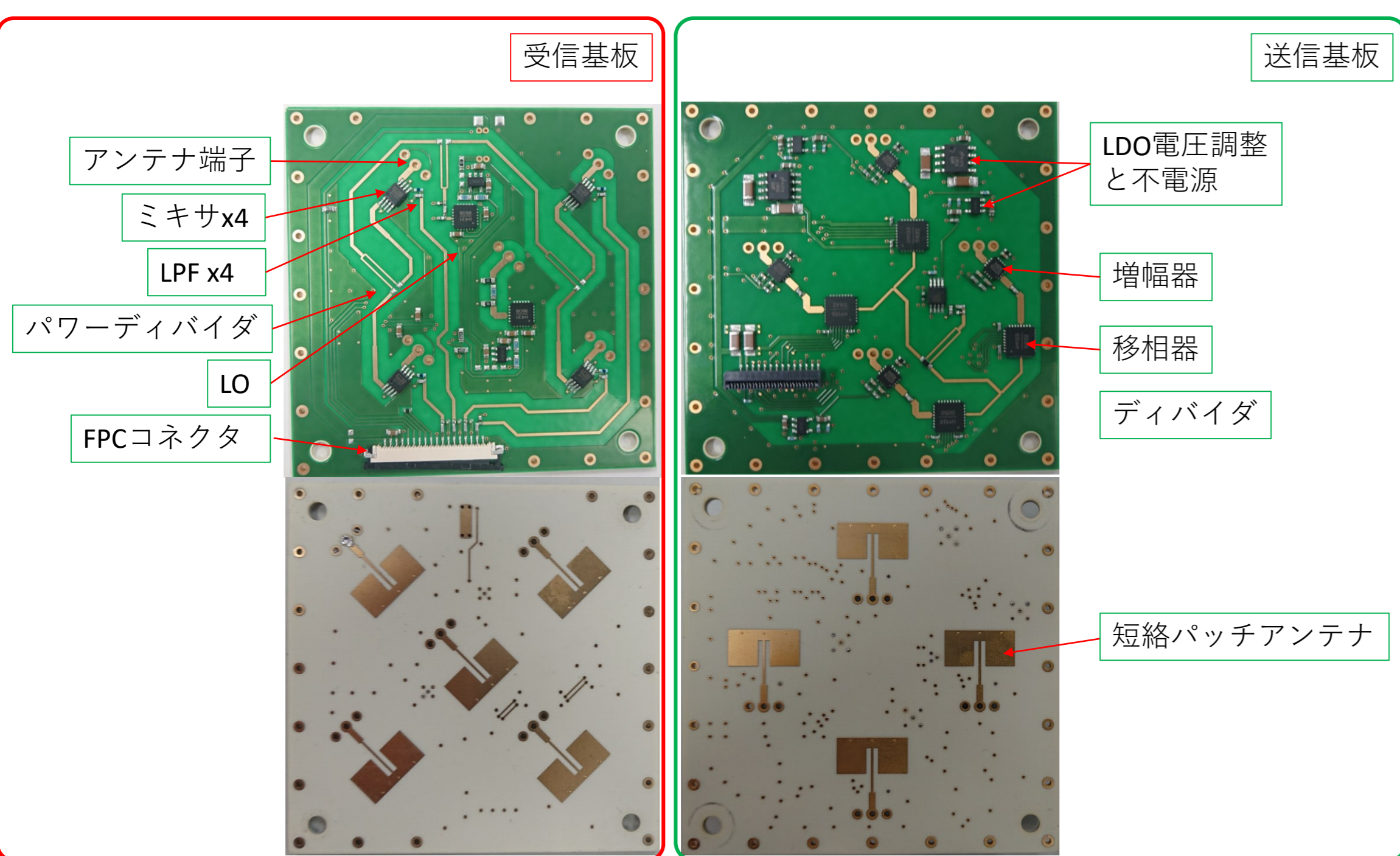
膜上受信系 回線設計		
Rxアンテナまでの回線		
送信系 EIRP	22.1 dBm	
空間ロス	-37.5 dB	
Rxゲイン	-2 dBi	
アンテナ端子入力	-17.4 dBm	
各ブロックのゲイン		
2.1 ミキサ1	-7.0 dB	-17.4 dBm
2.2 LPF	-0.5 dB	-24.4 dBm
ケーブルロス	-5.0 dB	-24.9 dBm
EBOXへの入力電力		-29.9 dBm

EBOX内信号処理系		
各ブロックのゲイン		
EBOXへの入力電力		-29.9 dBm
3.3 ハイブリッドカップラ	-3.3 dB	-29.9 dBm
3.4 SPDT	-0.4 dB	-33.2 dBm
3.5 位相計への入力電力		-33.6 dBm
位相計の電力要求 (目標)		-50.0 dBm
マージン		16.4 dB

利得・減衰特性をデータシートから。伝送・ケーブルロスは最悪値を使用。

## 基板の製作

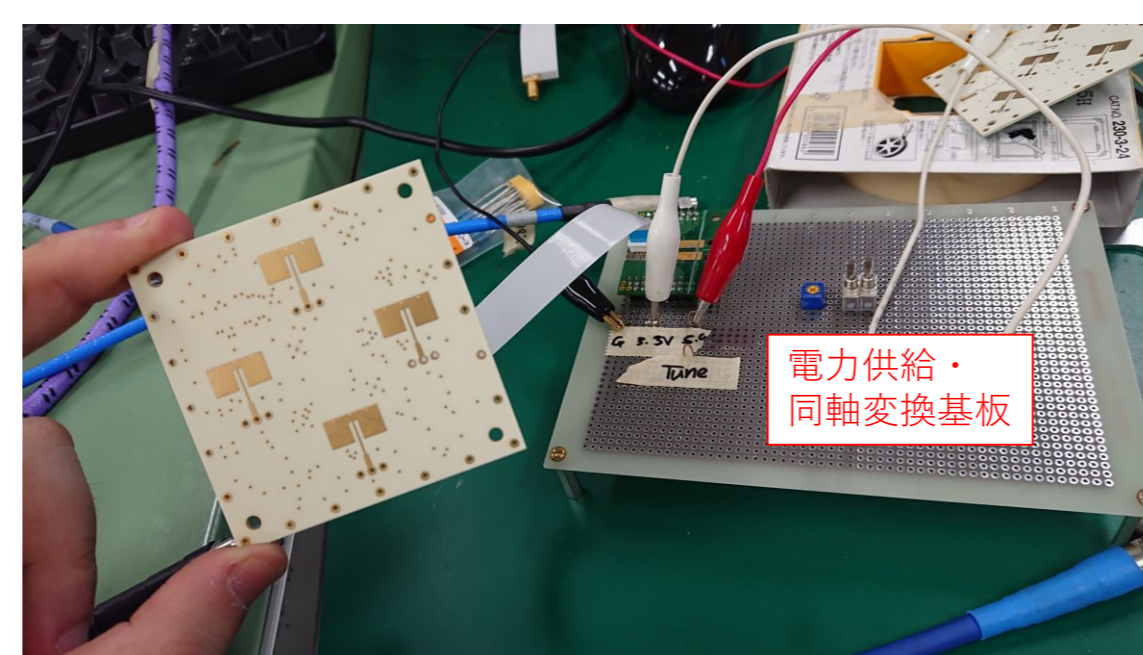
部品の選定後、送信基板、受信基板、制御基板をそれぞれ制作した。完成した各基板の試作品は以下の通り。アンテナは実装できる面積が限られているため、片側短絡型パッチアンテナを採用している。



## 干渉計ミッションの地上評価試験

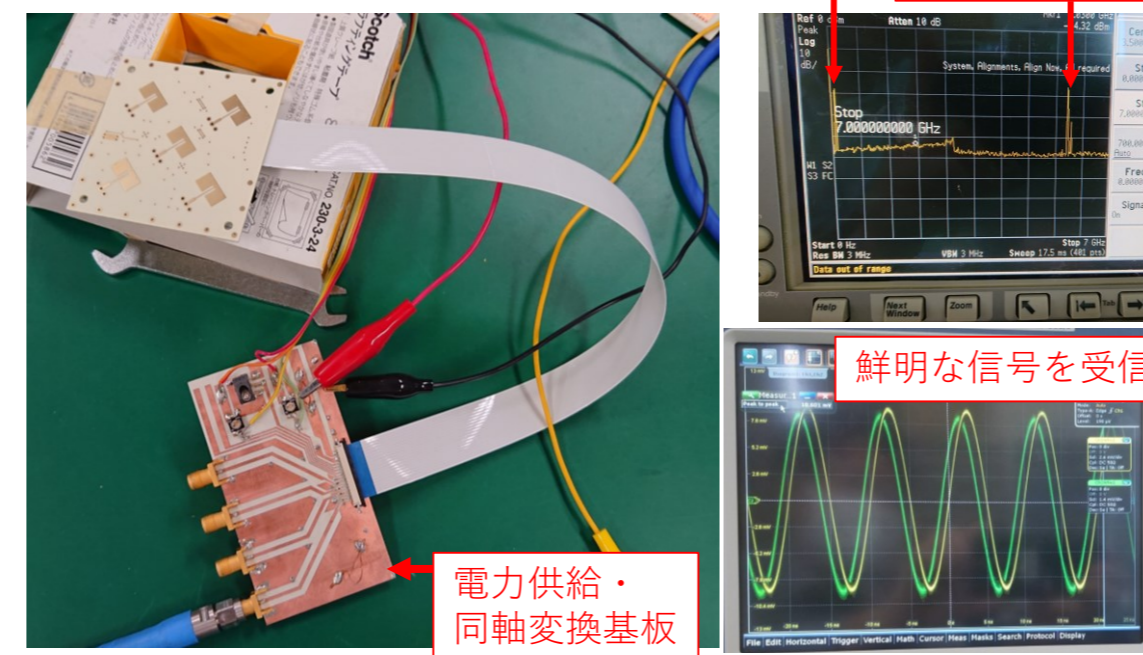
各基板の単体評価

➢ 送信基板



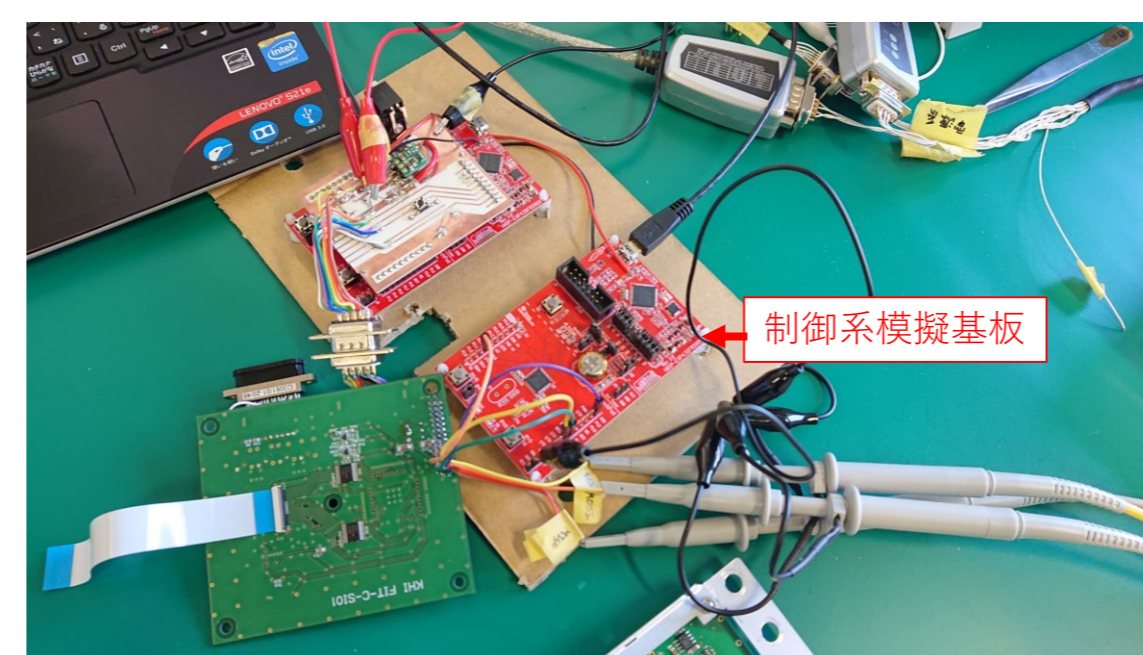
- 安定化電源から電源投入と消費電力の評価
- 送信中心周波数の評価
- 移相器の機能確認

➢ 受信機版



- 安定化電源から電源投入と消費電力の評価
- 基準信号送信アンテナの中心周波数の評価
- IF信号出力の確認と、周波数の評価

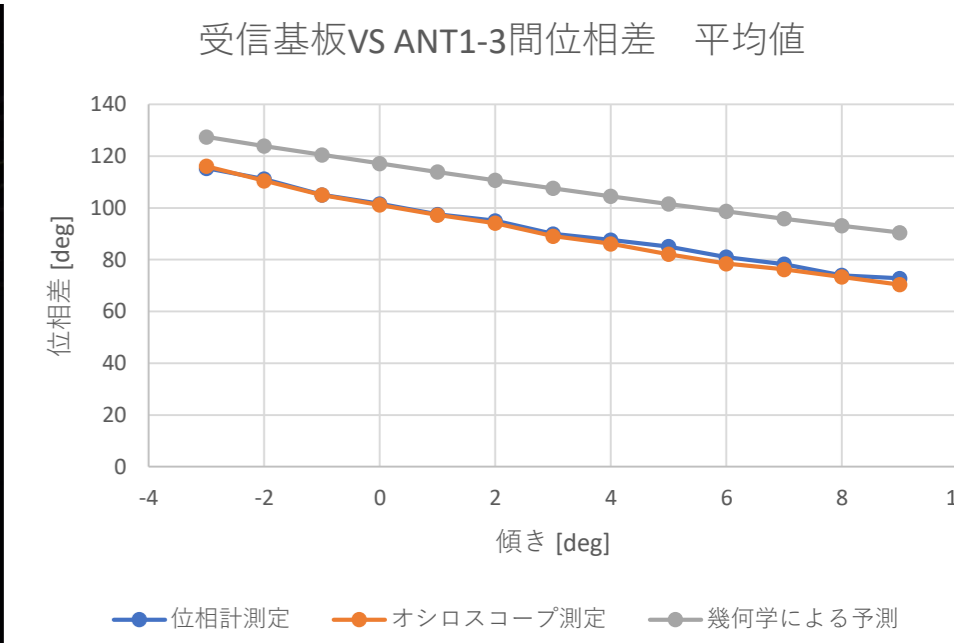
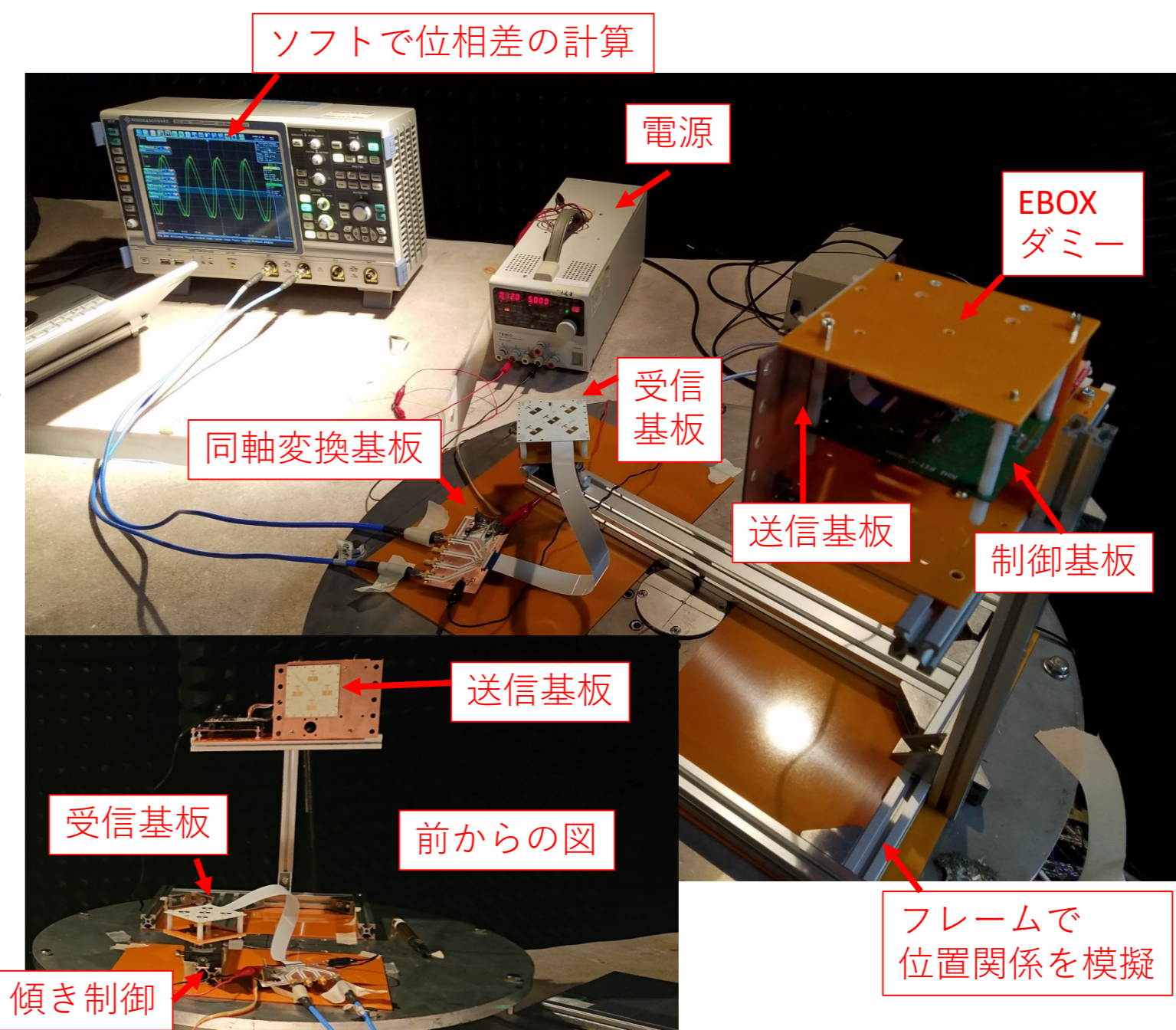
➢ 制御基板



- EBOX制御系と干渉計制御系間のSPI通信確認

干渉計システム単体試験

送信基板、受信基板、制御基板を接続し、電波の送受信試験を実施した。位相差検知の確認と、受信基板の傾きを位相差から測定できることを確認した。



干渉計基板を組み合わせ干渉計システムのための統合試験。

EBOX電気統合試験

干渉計システムをエレキボックスに統合し、機械的、電気的に整合することを確認した。エレキボックスに統合されている状態で干渉計の動作を確認した。

