

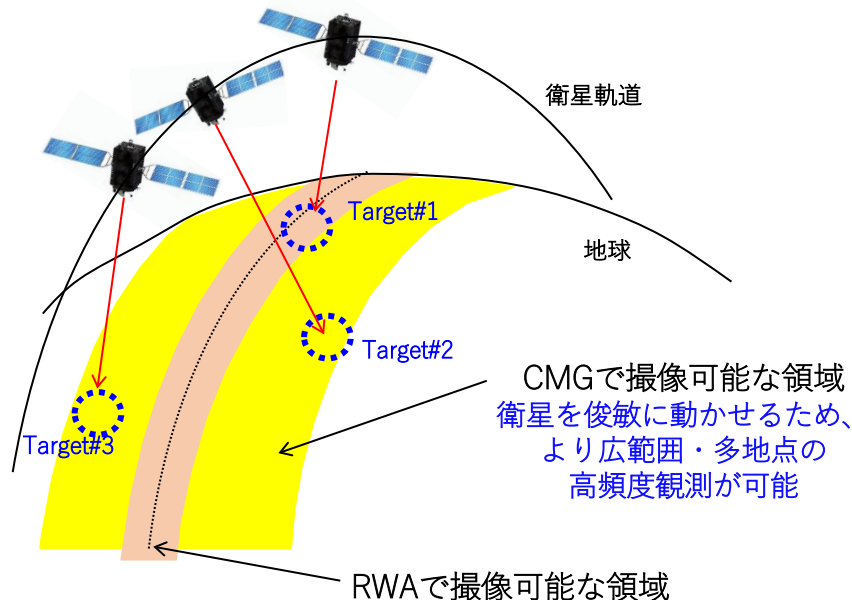
スターダストプログラム 「小型衛星コンステレーション関連要素技術開発 (推進系技術、軌道・姿勢制御技術、電源系技術)」

姿勢制御系(超小型CMG)成果報告

令和8(2026)年7月14日

1. 研究の背景・目的

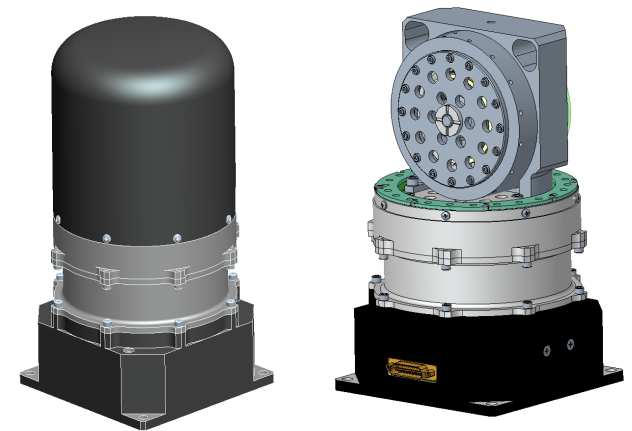
- 小型観測衛星コンステレーションの構築を進める企業が増加しつつある中、更なる衛星利用拡大には観測の高頻度が重要となっており、撮像要求から撮像までの時間短縮が求められている状況となっている。
- 小型観測衛星の姿勢制御能力を向上し、撮像の高頻度化を可能とするため、従来のリアクションホイール(RWA)よりも角運動量やトルクを大幅に改善した超小型コントロール・モーメント・ジャイロ(CMG)の開発を行う。
- 開発を行うCMGは、海外製を上回る性能を有した製品とすることで、競争力において優位な製品とすることが重要との位置づけ。



1. 研究の背景・目的(つづき)

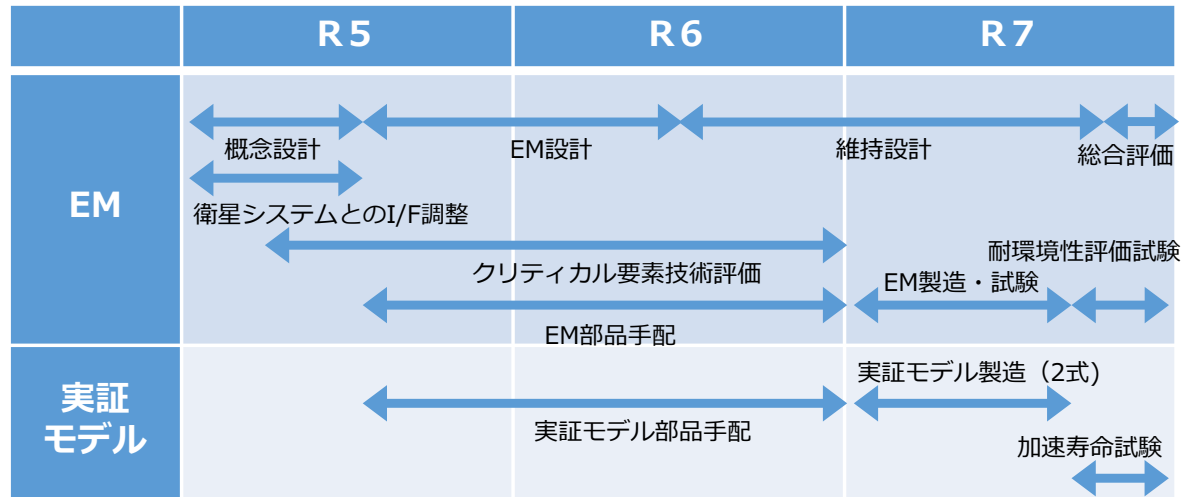
- 開発を行う超小型CMGの開発目標仕様は角運動量/出力トルクを海外製CMG上回る以下の性能を設定した。
- 海外製CMGに比べてサイズが同等、質量が大きくなるものの、衛星システムメーカーとのヒアリングにおいて、搭載性に問題なく、総合的な性能で競争力を有していることを確認済。

	超小型CMG 開発目標仕様	MicroCMG (VEOWARE社)
通信I/F	CAN,RS422	CAN,RS422
サイズ [mm]	100 × 100 × 184.5	97 × 97 × 189
質量 [kg]	4.0	2.4
角運動量 [Nms]	1.0	0.7
出力トルク [Nm]	1.2	1.1
電源電圧 [V]	18-32	26-32



2. 実施項目

令和5年度～7年度にかけて、超小型CMGのエンジニアリングモデル(EM)と実証モデル製造し、各試験実施後、総合評価を行い令和7年度で事業を終了した。委託事業終了後の取組み状況については後述の通り。



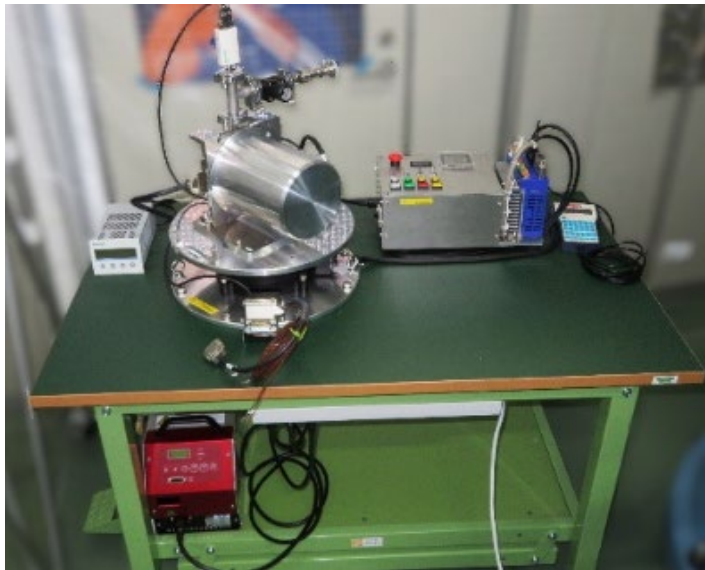
- クリティカル要素技術評価
- EM/実証モデル製造および各試験

3. 実施結果

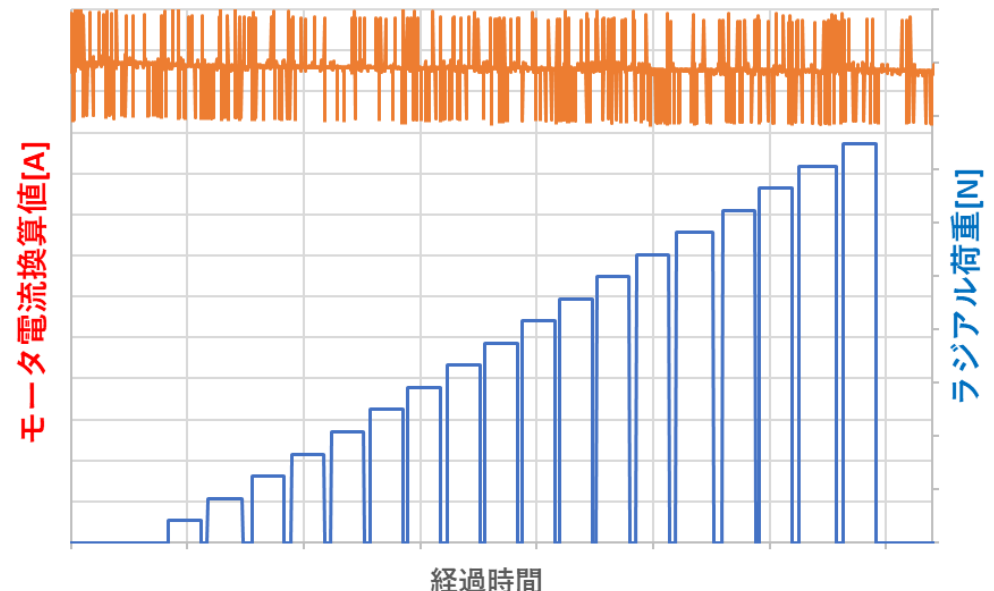
3.1 クリティカル技術要素評価

(1) 真空/ラジアル荷重印加時におけるスピン軸受回転トルク評価

- ・真空容器内に角運動量を一定に保持したリアクションホイールを設置し、レートテーブルを揺動させることで、CMGを模擬。
- ・CMG駆動時のラジカル荷重が印加されたスピン軸受の回転トルクが一定で、変動がないことをリアクションホイールのモータ電流値換算値で確認した。
- ・これにより、超小型CMGのスピン軸受の設計の妥当性を確認した。



試験風景



試験結果

3. 実施結果

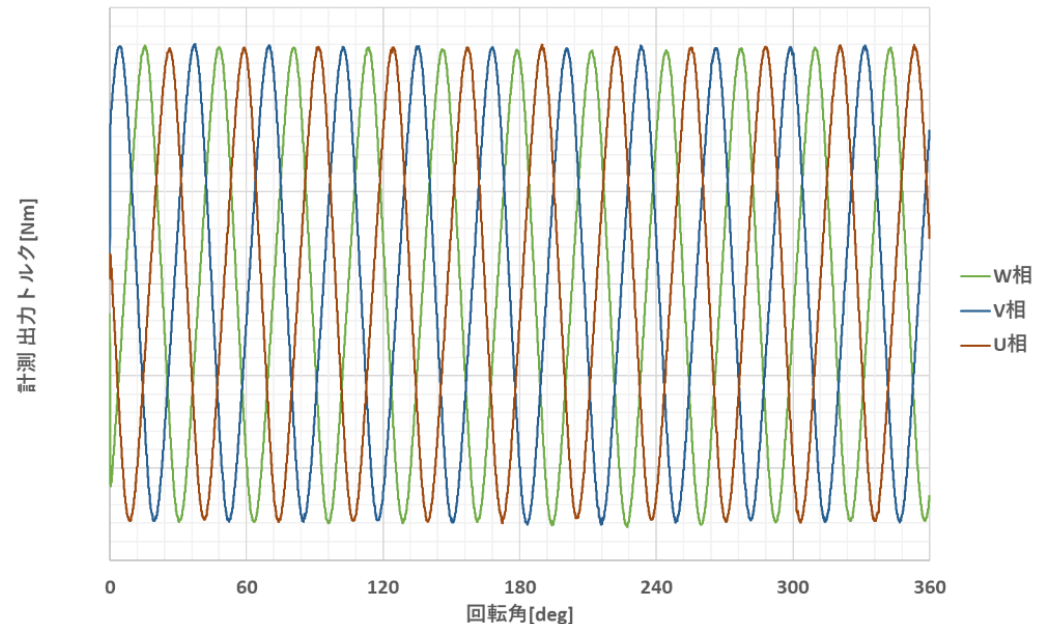
3.1 クリティカル技術要素評価(つづき)

(2)ジンバルモータの性能評価

- ・CMG駆動時に発生する制御トルクの性能を把握するため、ジンバルモータのトルクリップル、トルクスケールファクタ、モータトルクの性能を取得。
- ・取得した各モータ性能が所定の性能を有し、課題がないことを確認した。
- ・これにより、超小型CMGのジンバルモータの設計の妥当性を確認した。



試験風景



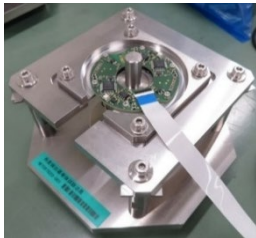
試験結果

3. 実施結果

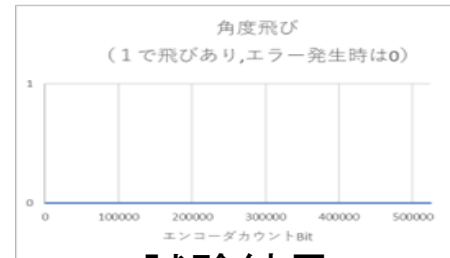
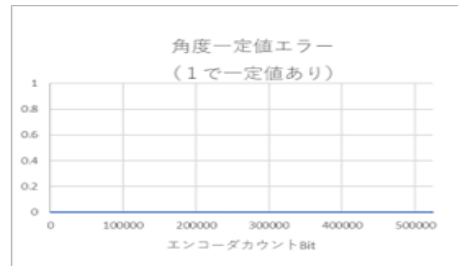
3.1 クリティカル技術要素評価(つづき)

(3) 角度検出機構の性能評価

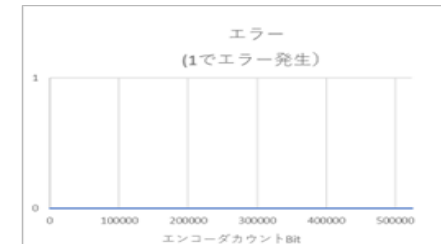
- ・CMG駆動時に発生する制御トルクを一定に保つ必要があるため、角度検出機構の真の角度からのオフセット誤差や出力角度の連続性の性能を取得。
- ・取得した各性能に課題がないことを確認した。
- ・これにより選定した角度検出機構が妥当であることを確認した。



試験風景

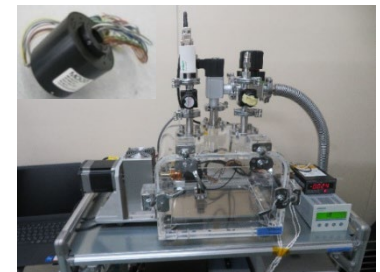


試験結果



(4) 真空環境下によるスリップリング寿命評価

- ・真空容器内にスリップリングを設置し、真空環境下でCMGのジンバル駆動を模擬した動作パターンでスリップリングを100万サイクルを超えて駆動。
- ・選定したスリップリングが駆動の経過に応じて、抵抗ノイズの増加や摩擦トルクの増加がないことを確認した。
- ・これにより選定したスリップリングが妥当であることを確認した。



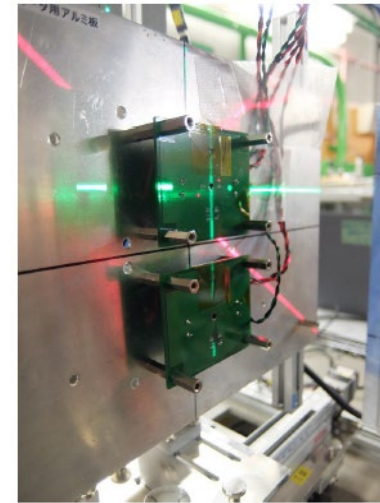
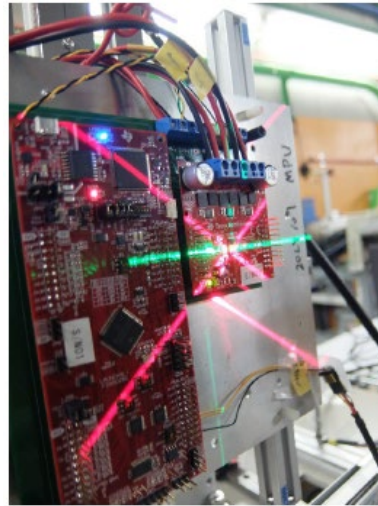
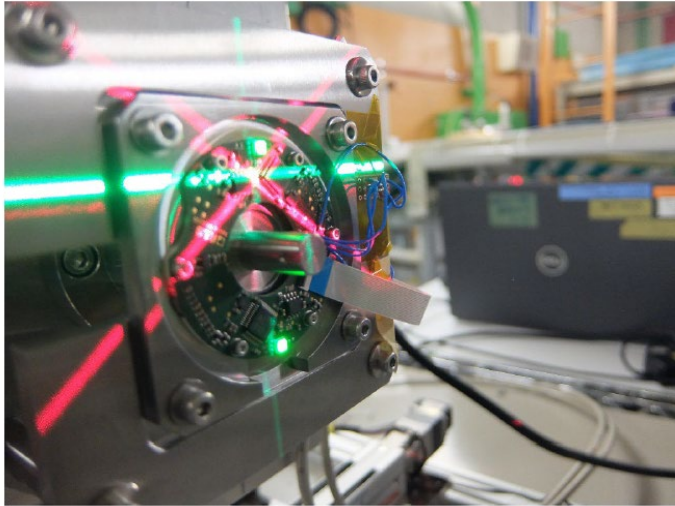
試験風景

3. 実施結果

3.1 クリティカル技術要素評価(つづき)

(5) 放射線試験による部品耐性評価

- ・CMGに適用する民生電子部品に対して、放射線試験による部品耐性評価を実施。
- ・放射線耐性を有する民生部品を回路設計に反映した。
- ・その結果、超小型CMGとして放射線耐性を十分有することを確認した。



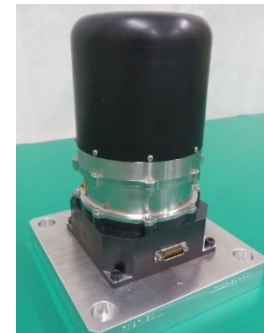
試験風景

3. 実施結果

3.2 EM/実証モデル製造および各試験

- ・クリティカル技術要素評価をもとに、EM設計を実施し、EM(1式)と実証モデル(2式)を製造し、性能試験を実施。
- ・性能試験を実施した結果、目標としていた以下の開発目標仕様どおりの結果が得られた。
- ・また、耐環境性評価試験(振動試験、熱真空試験、衝撃試験)を実施し、機械環境、熱環境の各試験前後の性能試験において、性能変化や劣化がないことから耐性を有することを確認した。
- ・以上より、超小型CMGの設計が妥当であること、クリティカル技術要素評価において、スリップリングが100万サイクルの揺動耐性も確認しており、技術課題がないことを確認した。

	超小型CMG 開発目標仕様	MicroCMG (VEOWARE社)
通信I/F	CAN,RS422	CAN,RS422
サイズ [mm]	100 × 100 × 184.5	97 × 97 × 189
質量 [kg]	4.0	2.4
角運動量 [Nms]	1.0	0.7
出力トルク [Nm]	1.2	1.1
電源電圧 [V]	18-32	26-32



EM

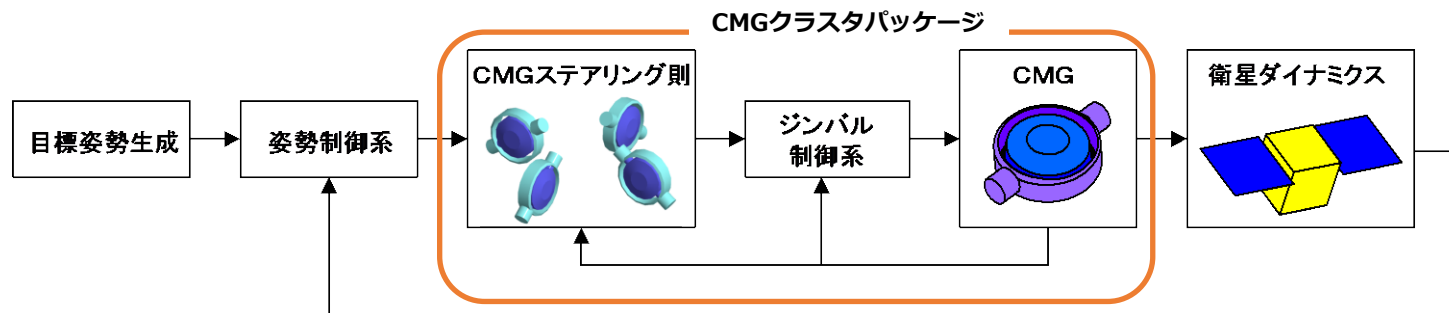


実証モデル

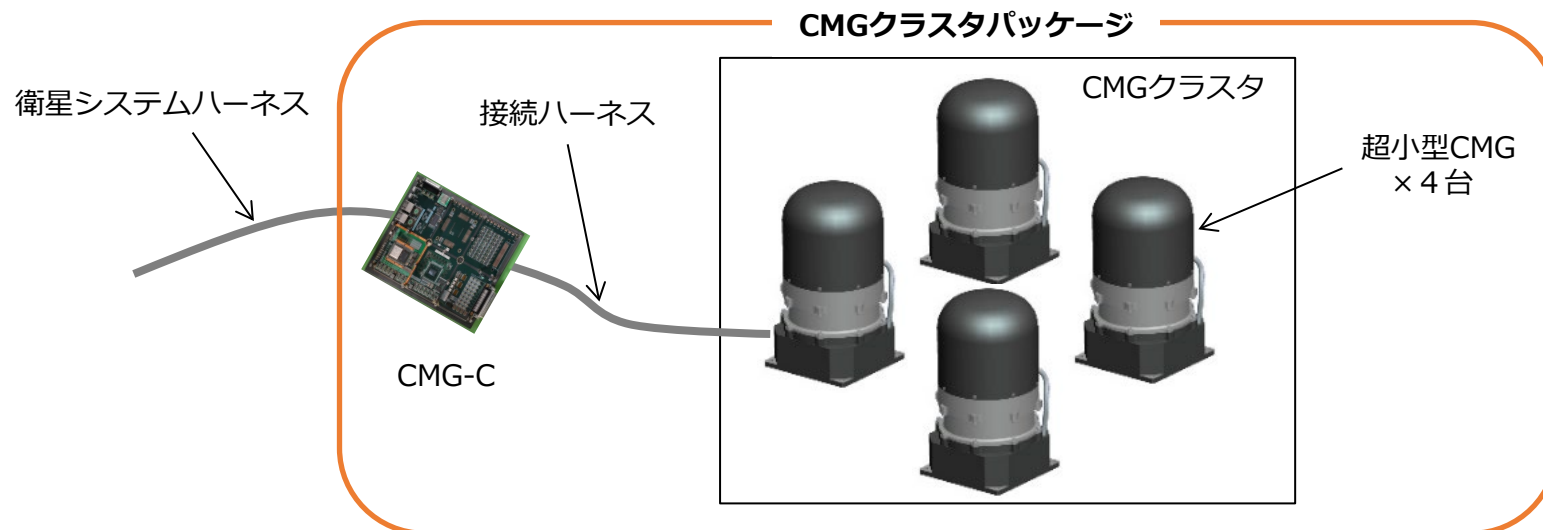
4. 委託事業終了後の取組み状況

4.1 CMGクラスタパッケージの検討

・継続的に衛星システムメーカーにヒアリングを実施した結果、超小型CMG採用に向けて、4台搭載したクラスター化とCMG制御パッケージについて検討が必要な状況となっており、CMGクラスタパッケージにMPC社内研究で検討を実施している。



衛星姿勢制御系におけるCMGクラスタパッケージの位置付け



4. 委託事業終了後の取組み状況(つづき)

4.2 軌道上実証の検討状況

- ・超小型CMGの軌道上実証は、CMGが高トルクを発生させ、衛星の姿勢制御に影響を与えるため、実証プラットフォームでは他の実証機器に影響を与える恐れがあることから、各システムメーカーに実証モデルを提供し、システムに組み込んでもらうことによる実証を検討している状況。

- ・また、これまではレーダ/光学衛星のシステムメーカーとともに既存の衛星の量産が最優先となることに加え、制御側の構築に大きな労力がかかることから超小型CMGの実証搭載についての調整が停滞していたが、新たな衛星事業者が、超小型CMGに興味を示しているため、超小型CMGの開発完了後に実証搭載に向けて、詳細な調整をしたいと考えている状況。

海外顧客からの商談・問い合わせはない状況であるため、使用が見込まれる顧客について調査中である。

- ・なお、軌道上実証ではないが、大型パワードローンへのCMG搭載についても検討中。