

# 可変符号化変調(VCM)を用いた 衛星—地上局間高速データ伝送技術の獲得

SATテクノロジー・ショーケース2024

## ■ はじめに

災害時の広範囲な状況把握や地球資源／地球環境のモニターなど様々な分野で活躍している地球観測衛星の観測データは、衛星—地上局間のダウンリンク回線を介してユーザーの元に伝送される。地球観測衛星のようなLEO(\*1)衛星では、地上局が見られる10分程度に可視時間が限られるため、データ欠損が発生した場合、地上側でどの範囲のデータを再送するかを可視中に判断できないと次の可視(数十分～半日後)まで再送ができず、ユーザーへのデータ提供に大幅な遅延が発生する。限られた可視時間で欠損なく確実にデータ伝送するため、従来は衛星と地上局が最も遠く離れていてもデータ欠損が発生しない伝送速度に固定するCCM(\*2)が採用されてきた。

しかしながら、近年衛星の観測範囲拡大・画像の高分解能化に伴って観測データ量が飛躍的に増大しており、データ伝送が賄いきれなくなってきた。解決策の1つとして、衛星-地上局間の距離により変動する地上局の受信電力に応じて伝送速度を柔軟に変更できるVCM(\*3)が注目を浴びている(図1)。

## ■ 活動内容

放送衛星向けの標準規格(DVB-S2X)では、送信側で設定情報を送信信号のヘッダに格納し、受信側でそれを解読してレート可変に自動追従するVCMの通信システムが規定されている。ただし本規格は、通信距離、即ち受信電力の時間変動が小さい、かつデータ欠損時の再送が許容されやすいGEO(\*4)衛星向けのものであり、受信電力の変動が大きくデータ欠損が発生しやすいLEO衛星では、これまでVCMの適用が困難とされてきた。

そこでJAXAは、LEO衛星にもVCMを適用できるよう、伝送速度を変更しても周波数領域での送信波形が変化しないデジタル変調方式を採用して受信機の信号同期外れを防ぐ仕組みを取り入れた送信機を製造し、2021年11月打ち上げの小型実証衛星2号機に搭載して軌道上実証した[1]。実証中の運用イメージを図1に示す。

軌道上にてQPSK～64APSK(\*5)までの変調方式を動的に切り替えた結果、全17回の運用で、可視時間中一度も欠損なく連続的にデータ伝送することができた[2]。運用初期の1可視中のデータ伝送量は、CCMに対して1.6倍増加しており(図1)、更に運用を重ねた結果、最終的に1.8倍までデータ伝送量を増加させることに成功した。

## ■ まとめ

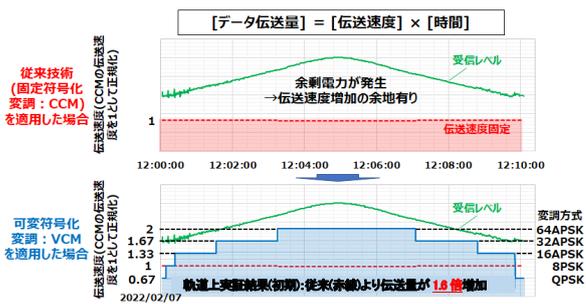
LEO衛星—地上局間の通信においてQPSK～64APSKの変調方式を動的に切り替えてもデータ欠損なく連続的に伝送できることを世界で初めて実証した。本研究成果は搭載リソース制約が厳しい小型衛星にも適用可能であり、昨今プレーヤーが増加している衛星コンステレーション等への技術展開も期待される。

## ■ 関連情報等

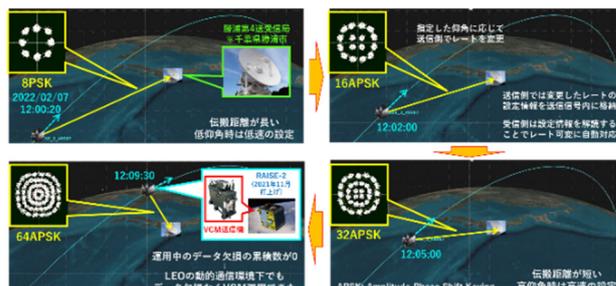
[1] JAXA | 宇宙航空研究開発機構 Youtube 公式チャンネル(本研究開発紹介動画)

<https://www.youtube.com/watch?v=zbFNruLWA7g>

[2] C. Kato, et al., “On-orbit demonstration experiment of VCM technology based on DVB-S2X”, 9th TT&C International Workshop, November, 2022.



【図1】CCMとVCMのデータ伝送速度比較(送信電力固定時)



【図2】軌道上実証中のVCM運用イメージ

(\*1) Low Earth Orbit (\*2) Constant Coding and Modulation (固定符号化変調)

(\*3) Variable Coding and Modulation (可変符号化変調) (\*4) Geostationary Earth Orbit

(\*5) Amplitude and phase-shift keying

代表発表者 **加藤 智隼(かとう ちはや)**  
所属 **国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 研究開発部門 第一研究ユニット**  
問合せ先 **〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1  
宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター  
TEL:070-1170-3271 FAX:029-868-2978  
kato.chihaya@jaxa.jp**

■キーワード: (1) 衛星通信  
(2) 地球観測衛星  
(3) 可変符号化変調 (VCM)

■共同研究者:  
(研究開発部門 第一研究ユニット) 中台 光洋  
(研究開発部門 第一研究ユニット) 増倉 明寛