

第3部 高性能アレイ・アンテナ&基本数理

第1章

超高性能！宇宙用フェーズド・アレイ・アンテナの研究

超小型衛星を多数並べて 宇宙に超大型アンテナを作る

森岡 澄夫 Sumio Morioka

本稿では、近未来の実用化を目指して基礎研究が活発化している、宇宙通信用超高性能アレイ・アンテナを紹介します。「エレキ万博2025」に続き、どのような技術検討が行われているかを説明します。

超小型衛星を並べた 超大型アンテナで広がる世界

● 超小型衛星を多数用いて大型アンテナにする

紹介するアンテナのイメージ図を図1に示します。やろうとしていることは、非常に利得の高いアンテナを宇宙に設置し、通信衛星として利用することです。

しかし、従来の通信衛星とは著しく異なる発想を使います。それは、数cmの大きさの超々小型衛星、つまりキューブサットよりも小さい衛星を多数集めて飛ばし(編隊飛行、あるいはフォーメーション・フライトと呼ばれる)、それを利用することです。図1におけるそれぞれの粒々が超々小型衛星であり、1個の衛星がアレイ・アンテナの1素子～数素子ぶんの機能を持ちます。全体として1万個以上の衛星を使い、それらを

数cm～数十cm間隔で配置して、直径20～数十m級の強力なフェーズド・アレイ・アンテナを構成します。

このような規模の宇宙アンテナは、機械設計上のさまざまな限界から、現実的成本での構築が従来困難だったものです。しかし編隊飛行を用いれば、さらに大きくすることも決して不可能ではありません。

なお、実際には図1のようにすべてが同一の超々小型衛星ではなく、軌道制御用のスラスタをもつ衛星(アンカ衛星)や、やや形状/機能の異なった衛星が混在することになりそうですが、ここでは詳細は割愛します。

● 地上並みの高速ネットワークを衛星通信で実現する

この編隊飛行アンテナを高度数百kmの地球低軌道(LEO: Low Earth Orbit)に配置し、地上系ネットワーク(TN: Terrestrial Network)では到達できない地域にあるさまざまな端末機器とTNとの橋渡しをさせます(図2)。つまり、非地上系ネットワーク(NTN)の構成要素とするわけです。また、低軌道上を移動する編隊飛行は地上のサービス地点の上空に約10～15分しか滞在できないため、常時接続できるよう複数の編隊飛行を用意し、コンステレーション化します。

ここまでは有名なStarlinkなどと同じですが、決定的に異なるのは通信速度です。最近、地上機器に追加アンテナなどを取り付けることなく、衛星と直接に通信ができるサービス(いわゆるD2D: Direct-to-Device)が登場していますが、現水準よりも大幅に性能アップし、地上系ネットワークと同水準の高ビットレート、低遅延、遅延保証型のD2D通信が可能になります。これは、図1なみに衛星側アンテナを強力にすることで、初めて達成できることです。

このような高性能D2Dが可能になると、あらゆる地域でのブロードバンド接続が必要な産業サービス、例えば遠隔運転や自動運転、広域屋外センシング(CPSなど)の実現が、一気に現実味を帯びてきます。

● 構想は古くからあるが実装可能になったのは最近

図1のような編隊飛行アンテナのアイデアは、特定

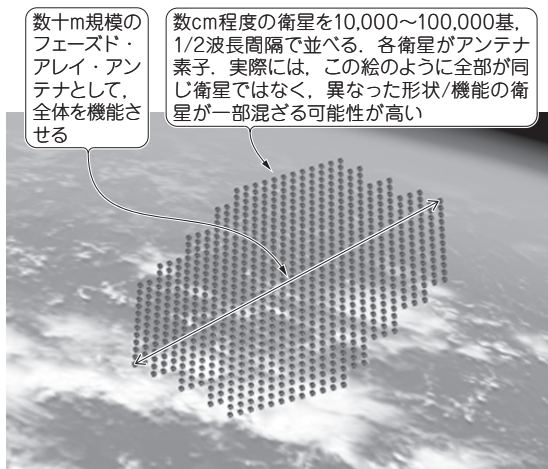


図1 超小型人工衛星の編隊飛行(フォーメーション・フライト)を用いた大規模宇宙アンテナ構築の構想