

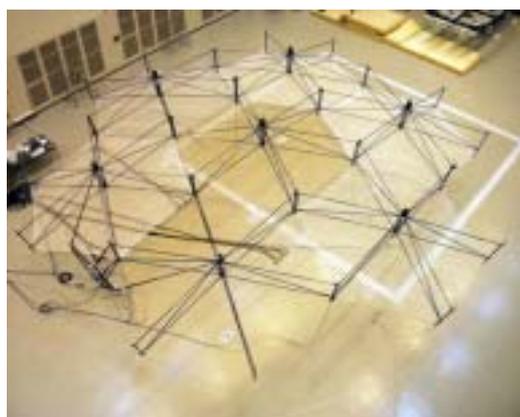
衛星通信と私

NTT 未来ねっと研究所

仙北谷 由美

私は入社以来、通信衛星搭載用の大型展開アンテナの研究を続けています。通信衛星はこれまでは、離島などの遠隔地の通信の中継、地上回線の混雑時や故障時の迂回中継、専用線、災害時の緊急通信回路などに主に使われてきましたが、これからは、携帯端末のアクセス基地、大容量通信回路としての利用が期待されています。これらの実現のためには携帯端末の小型化による利便性の向上と、伝送容量の増大という問題等が挙げられますが、通信衛星に搭載するアンテナのアンテナ利得をあげることで解決することができます。アンテナ利得を向上する方法の一つとして、アンテナの大型化により、アンテナから照射されるビームを絞ることが挙げられます。開口径が 10m 以上の大型のアンテナは、そのままの形ではロケットへの収納が困難であるため、ロケット打ち上げ時には小さく折り畳んで収納し、宇宙で展開する展開型のアンテナである必要があります。しかし、大型展開アンテナはロケットの重量制限から軽量でなければならないので、結果として柔軟な構造物になってしまいます。そこで、構造物として必要な剛性を保ちつつ、かつ軽量の大型展開アンテナを実現するために、私たちの研究グループでは研究を進めています。

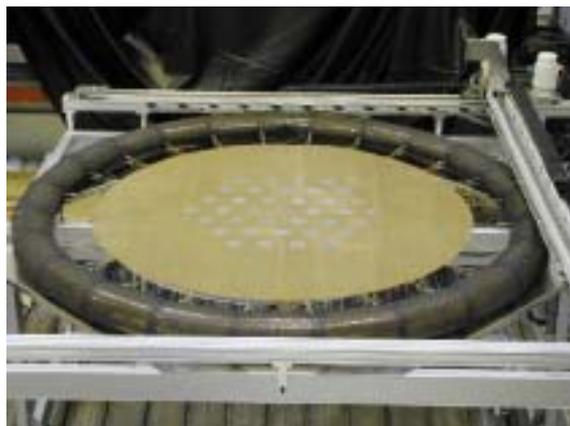
私はこれまでに二つのタイプの大型展開アンテナの研究に従事しました。一つ目は、トラス構造と呼ばれる骨組み構造を展開型にし、それに電波反射膜面を張架したタイプのものです。この大型展開アンテナでは、トラス構造がモジュールと呼ばれる単位構造物を形成し、そのモジュールを複数組み合わせるものに、電波反射面となるケーブルネットワークによって支持された金属メッシュが取り付けられています。モジュールの一つ一つが展開収納することによってアンテナ全体の展開収納を行うことができます。二つ目は、柔軟な材料でできた袋状の構造物を風船のように、宇宙で膨張展開させるインフレータブル構造と呼ばれる構造物を用いたアンテナです。現在はこの研究を行っています。インフレータブル構造を利用することはロケットへの収納性や軽量であることに加え、低コストであることもメリットとして挙げられます。トラス構造の場合は大型化を進めていくと、モジュール数が増えることから、トラス構造を構成する部材やヒンジの数が増え、アンテナの重量はどんどん重くなってしまいますが、提案のインフレー



トラス構造を用いた大型展開アンテナ

ダブル構造の場合はインフレーターブル構造だけでなく、アンテナ面にも柔軟で軽量の膜材を用い、ヒンジ等を使用しないため、大型化しても、トラス構造ほど重量が増えることはありません。このような大型のインフレーターブル構造が好適な例として、通信衛星搭載用のアンテナ以外にも、太陽発電衛星の集光鏡や送信アンテナなどが挙げられます。私たちが提案するインフレーターブル構造を用いたアンテナは、チューブ状のインフレーターブル構造を円環にしたものの円の内側に、円形の膜を張り、平面アンテナとして機能させるというものです。インフレーターブル円環はチューブの内部

に気体を注入し、膨張展開させた後は、硬化させ、展開後に気体を抜いても、構造としての機能を失わせないようにします。しかし、宇宙でのインフレーターブル構造の利用は、世界的にもまだ始ったばかりであり、克服しなければならない技術課題が多くあります。そのうちのいくつかとして、現在私たちが研究課題に挙げ取り組んでいるのが、インフレーターブル構造の硬化法の研究とインフレーターブル構造に実装するための平面アレーアンテナの研究です。硬化法については、さまざまな硬化法の中からインフレーターブル構造に対して有効と思われる、インフレーターブル構造に熱を加えて硬化させる加熱硬化法、インフレーターブル構造がある一定の温度以下になると硬化する冷却硬化法、インフレーターブル構造に紫外線を当てて硬化させる紫外線硬化法、インフレーターブル構造に水分を含ませることで硬化する湿気硬化法などを試験片レベルで評価しました。その中でも比較的实现可能と思われる、加熱硬化法、冷却硬化法においては直径約 2m のインフレーターブル円環モデルを用いて、実験を行って評価しました。加熱硬化法では、硬化のための樹脂を含ませた炭素繊維織物で主に作成したインフレーターブル円環を、熱風を使って加熱することで硬化させました。冷却硬化法では、硬化のための樹脂が熱をかけると溶け、その熱が冷えると硬化するという特性を持ったものを用いて硬化させました。どちらの方法を用いても硬化後のインフレーターブル円環は予想される剛性を持ったものに仕上がりました。更に、インフレーターブル円環の内側に張架する、膜状の平面アレーアンテナの研究も進めています。平面アレーアンテナは複数の膜面で構成され、それらの膜面上に実装されるパッチアンテナ、マイクロストリップ線路、地導体面のアンテナとしての導電性を確保されることが必要な部分に、新しい材料を使うことを提案し、その特性について評価しています。従来、柔軟な膜面にパッチアンテナ等を実装する際にはポリイミドフィルムに銅箔を接着していました。このアンテナは折り畳んで展開収納を行うことから、アンテナ膜面自体も折り畳みに耐えうる構造でなければなりません。しかし、ポリイミドフィルムや銅箔は一度折り畳んでしまうと、皺になってしまうことからアンテナとして必要な平面度が失われてしまいます。そこで、折り畳んでも皺になりにくい素材をアンテナ膜面とパッチアンテナ等の両方の素材に使うことにしました。アンテナ



インフレーターブル構造を用いたアンテナモデル

膜面にはアラミド繊維を用いた三軸織物複合材料を用いました。三軸織物について簡単に説明します。通常、織物は二組の繊維束を 90° 方向に交差させて織ります。しかし、三軸織物では三組の繊維束を三方向から 60° ずつ交差させて織りました。こうすることで、織物がどの方向に引っ張られても変形しにくく、変形の割合も等しいという疑似等方性と呼ばれる特性を持ちます。そして樹脂で成形してあるため、ポリイミドフィルムに比べると、剛性が高く、細かい皺が寄りにくくなり、例えると、OHP シートのような硬さになります。つまり、ある程度の剛性は確保しつつ同時に、丸めて折り畳むことができるほどの柔軟性を持つことができます。パッチアンテナ等の素材としては、導電性不織布という銅などの金属繊維束を織らずに繊維がばらばらのまま、紙漉きのように漉いた状態に加工したのを使います。繊維同士が接触する部分は焼結する、つまり、熱をかけて接触部分が結合するようにすることで、導電性不織布の電氣的結合を確保します。この導電性不織布は三軸織物と一緒に樹脂を用いて成形されます。このようにして作成したパッチアンテナのアンテナ特性を、従来の銅箔を用いたパッチアンテナと比較して、アンテナとしての有効性を現在確認しつつあります。

インフレータブル構造を硬化し、構造物として適用する技術が確立されれば、現在は大型で軽量の構造物が必要な宇宙での利用分野に注目されていますが、地上でも利用の用途が広がると思われます。また、上記に紹介しました研究中のパッチアンテナもそうですが、インフレータブル構造そのものだけでなく、それに付随して使用するものの研究開発もインフレータブル構造の実現に重要な役割を担っていますので、新しい技術開発のみでなく、既存の技術の応用も含め、この新しい構造様式の発展に繋がる研究を続けていきたいと思っております。