

# 深宇宙探査機の通信および観測用軌道上巨大アンテナの製造方法の提案

“第12回君が作る宇宙ミッション MUSES 班”

田端 信哉(高3)【国立奈良工業高等専門学校】

小田 銀河(高2)【早稲田高等学校】

白井 悠太(高2)【浜松学芸高等学校】

田中 勇輝(高2)【渋谷教育学園幕張高等学校】

遠藤 優美(高1)【神奈川県立相模原青陵高等学校】

小倉 弓枝(高1)【西宮市立西宮高等学校】

## 概要

人類の地球外進出のためには、遠距離間の通信を可能にするための中継点として、巨大アンテナが必要である。そこで今回、アンテナ構成要素の中で重要である主鏡の製造方法として、宇宙環境を有効に利用した「シャボン玉方式」を提案する。

## 1. 背景・目的

地球外進出技術の一つとして、深宇宙探査機(以下探査機)との通信に、中継点となる大きなアンテナがあると望ましい[1, 2]。また、電波天文学などの観測天文学分野においても大きなアンテナは求められている。

地上設置のアンテナにおいて、以下のような問題点が考えられる。

- (1) 広大な場所の必要性
- (2) 重力の影響によるひずみの出現
- (3) 巨大アンテナを支える支柱の必要性
- (4) 湿度や天気の変化による、アンテナ鏡面の損傷

これら上記の問題は、宇宙空間に設置することで解決することができる。

一方で、地上でアンテナを製造し、宇宙空間にそのアンテナをロケットで打ち上げる方法では、以下の問題点が考えられる。

- (1) 大きさの制約
- (2) 重力変化によるアンテナのひずみ

そこで我々は、系外惑星に行く探査機との通信や天体観測に用いるための巨大アンテナの主鏡部分を宇宙空間で製造するための手法を提案する。

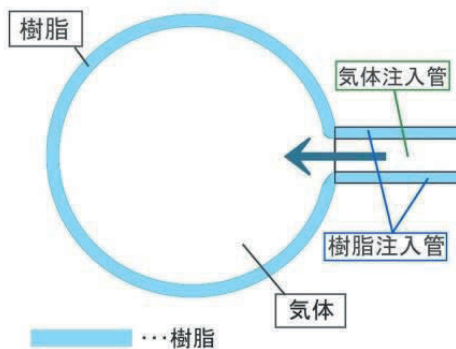


図1 球面アンテナの製造方法

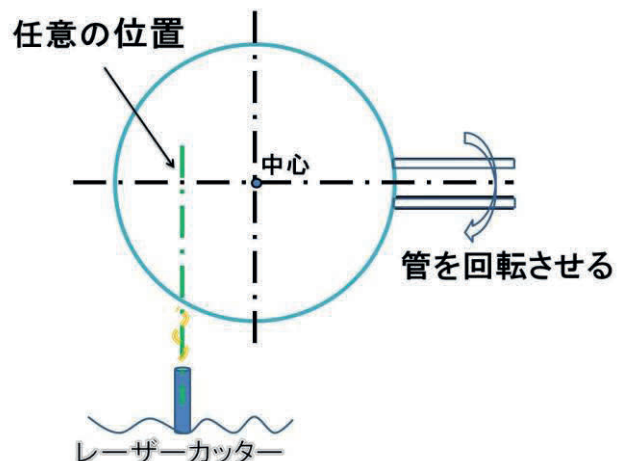


図2 切断加工方法

## 2. 製造方法

宇宙空間でアンテナの主鏡を作る手法として、作業工程が簡単で、宇宙空間の広大さ、真空・微小重力という環境を活用した「シャボン玉方式」を提案する。以下に球面状アンテナの製造工程を示す。

### (1) 球面アンテナの成形

宇宙空間に主鏡の基材となる液状の樹脂を注入管から押し出し、気体を用いてシャボン玉のように膨らませる。図1のように、注入管は二重構造となっており、外側の樹脂注入管から熱硬化樹脂を押し出し、内側の希ガス注入管からアルゴンガスを注入し、樹脂を球形に成形する。

### (2) 樹脂の硬化

膨らませた熱硬化樹脂を球形に保ち、硬化させる。

### (3) 球面の切断加工

球面アンテナの主鏡として使用するために、製造した球に切断加工を施す。切断はレーザーカッターを用いる。任意の位置での切断が可能であり、ミッション要求に応じて切断面を選択する。

### (4) 主鏡表面の金属コーティング

電波を反射させるため、樹脂表面に金属コーティングを施し、アンテナとして機能させる。コーティングはスパッタリングによる金属蒸着で行う。コーティングする金属の種類は、アンテナの使用周波数に合わせて選択する。深宇宙探査機の通信で用いられる一般的な周波数である 8GHz [1] に対してはアルミが候補として考えられる。

## 3. 製造方法の評価

理想的なアンテナの形状は放物面であるが、上記の方式で製造できる形状は球面である。そのため、球面と放物面の誤差を考慮する必要がある。そこで例として、系外惑星に行く探査機との通信で一般的に用いられる周波数 8GHz の場合での許容できるアンテナ主鏡表面の誤差を検討する。

周波数 8GHz の波長  $\lambda$  [m] は、光速  $c$  [m/s] および周波数  $f$  [Hz] を用いて、以下の式(1)で表される [3]。

$$\lambda = c/f \quad (1)$$

一般的に許容できるアンテナ表面の誤差は、波長  $\lambda$  [m] を用いて、以下の式(2)で表される [2]。

$$\text{許容誤差} = \lambda / \quad (2)$$

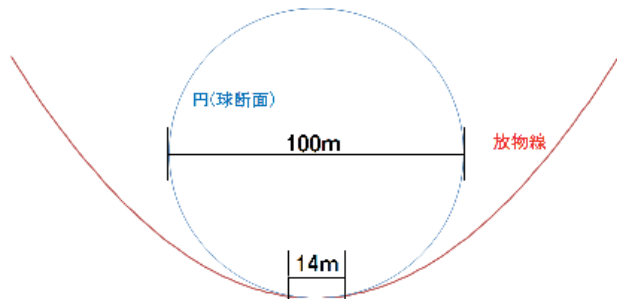


図3 球面と放物面の誤差許容範囲

式(1)および(2)より、アンテナ表面の誤差は 1.9mm 以下であることが必要となる。「シャボン玉方式」で作る球の直径を 100 m とすると、球面から切り出し可能かつ許容誤差を満足するアンテナの有効径は 14 m 程度となる(図3)。

ただし、球面アンテナ表面の凹凸は無視できるほど小さく、表面誤差に影響がないと考え、ここでは凹凸のない表面の球体を仮定している。

## 4. まとめ

今後、人類が宇宙進出するためには遠距離通信が求められる。従って、それらを可能にする第一歩として、巨大アンテナを宇宙空間に配備することが望ましい。しかし、地上で巨大なアンテナを製造することは、打ち上げ時の制約から困難である。そこで、巨大アンテナの主鏡を宇宙空間で作る手法として「シャボン玉方式」を提案する。この方式によって、作業工程を簡単にでき、宇宙空間の広大さ、真空・無重力という特殊環境を活用することができる。したがって、従来の製造方法では困難であった軌道上での巨大アンテナ製造が実現でき、遠距離間通信に大きく貢献できると考えられる。

## 5. 参考文献

- ・ [1] 高野忠ほか著 宇宙工学シリーズ4 宇宙通信および衛星放送【2001, コロナ社】
- ・ [2] 中井直正ほか著 シリーズ現代の天文学 宇宙の観測(2)-電波天文学【2009, 日本評論社】
- ・ [3] 原康夫著 第4版 基礎物理学 P177 式(4.28)【2010, 学術図書出版社】