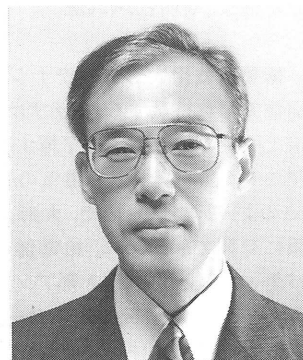


## 新任教員紹介

# 航空宇宙学科 航空宇宙学専攻・教授 角田博明

### 略歴

- 1956.8 神奈川県生まれ
- 1975.3 神奈川県立川和高等学校卒業, 1980.3 早稲田大学理工学部機械工学科卒業
- 1982.3 早稲田大学大学院理工学研究科機械工学専攻博士前期課程修了
- 1982.4 日本電信電話公社(現 日本電信電話株式会社)入社. 横須賀電気通信研究所配属
- 1993.3 早稲田大学 博士(工学)取得
- 2004.5 早稲田大学大学院理工学研究科(現 理工学術院)客員教授
- 2007.3 日本電信電話株式会社退職
- 2007.4 現職



### 担当科目

- 振動工学, 振動工学特論
- 応用数学及び演習, 航空宇宙学通論(共担), 航空宇宙応用実験(共担)

### 研究活動内容

#### 概要

衛星通信の普及や新たな衛星通信サービスの導入への期待を背景に, 経済的な通信衛星の実現および衛星通信システムの構築に向けた研究開発を行ってきた。通信衛星の経済化には, 通信容量の拡大が不可欠であり, 限られたスペースに高密度実装された中継器の排熱処理に関する研究や, 移動体衛星通信の実現に向けて大形化・複雑化された衛星搭載アンテナの熱設計に関する研究を行ってきた。携帯端末の小形化に欠かせないのは, 衛星に搭載するアンテナの大形化である。Sバンドを使った場合, これまで3.5 m程度の開口径だったアンテナを十数メートルにする必要が生じた。このために, 柔らかい金属メッシュを鏡面に使ったアンテナの実現に向けた構造設計・アンテナシステム設計に関する研究開発を行ってきた。これらの技術は, 実用通信衛星の導入や技術試験衛星による宇宙実証などに役立っている。

アンテナの一層の大形化は, 移動体衛星通信だけでなく, 電波観測衛星や太陽光発電衛星などでも必要とされるようになった。また, 展開構造物として見ると, アンテナだけでなく, ソーラーアレー・センサ用マスト・サンシールド・居住空間や物資保管空間の確保手段などにも利用範囲が拡大されようとしている。このような, 広い利用範囲を想定し, 超軽量・高収納性構造技術として近年注目を集めている膜構造に着目し, 中でも気体を導入して膨張させるインフレータブル構造を中心に, 大学やベンチャー企業, 宇宙開発機関等と連携して実用化を目指した研究開発を推進してきた。

インフレータブル構造や膜構造技術は, 大形構造だけでなく, 搭載スペースの制約が非常に厳しい小型衛星でも有効である。また, 宇宙用だけでなく地上用の構造物への用途拡大も可能と考えられる。今後は大学において, 宇宙用の大形展開構造に加えて様々な用途を対象を広げて研究を進めていく予定である。

#### 最近の研究活動

##### 1. 宇宙構造の構成法と人工衛星搭載用大形メッシュアンテナ反射鏡に関する研究

通信衛星では, 地球局端末の小形化と周波数有効利用のためのマルチビーム化により, 搭載用アンテナが大きくなる傾向にある。また, 電波天文衛星でも大形アンテナが必要とされている。このような背景のもとで, 金属の細線を編んだ金属メッシュを反射鏡の鏡面に使ったメッシュアンテナについて研究を行った。鏡面は柔らかいので, それをケーブルネットワークで張架支持し, さらに展開トラス構造やリブ構造で支持する。このような, 複雑な大形宇宙構造について設計の拡張性と試験評価の観点で優れるモジュール構成法についても研究を行った。

##### 1.1 大形宇宙構造のモジュール構成法および展開構造に関する研究

複数の同一形状のモジュールを組み合わせて大形な宇宙構造を構築するモジュール構成法は, 設計の共通化や地上での分割試験評価が容易といった観点で, 大形化する宇宙構造を効率良く構築する上で重要な技術である。このコンセプトを導入した通信衛星用の大形展開アンテナを対象に, 折り畳まれた時の形態を考慮した展開構造について研究を行い, コンパクトで衛星への搭載性に優れたアンテナ構成を明らかにした。

##### 1.2 地上における大形宇宙構造の展開試験法に関する研究

大形宇宙構造は, 地上の重力環境下で宇宙での展開特性を評価することが大きな課題である。大形展開アンテナは展開時の剛性が低いため, 地上での試験を困難なものにしている。このような背景から, 天井から長さや張力を制御したケーブルで吊り下げた状態で, かつ吊り下げ点を極めて小さな摩擦係数で水平方向に移動できる展開試験装置を研究開発した。また, この装置を使って, 大形メッシュアンテナの展開試験を行い, 設計の評価を行うのに十分な精度で展開試験が行えることを明らかにした。[磁気支持

スライダを用いた大形宇宙構造物の展開試験装置, 計測と制御, 38-2 (1999-2), 122-124]

### 1.3 大形宇宙構造物の展開試験による設計の評価に関する研究

展開構造は, これまでの成果をベースに, 部材に作用する荷重に基づく構成品の最適配置を徹底し, 一層の軽量化を行った. 展開力の評価では, 機構の摩擦や非同期性による展開抵抗力などを定量的に評価し, また前述の展開試験装置を用いた展開実験から, 展開力設計の評価を行い, 設計の妥当性及非同期性に伴う不確定性などを明らかにした.

## 2. 衛星搭載用大形アンテナシステムに関する研究

通信衛星に搭載するアンテナは, 構造設計・機械設計を基礎に, 宇宙で所望の電気性能を発揮するように電気設計を行う必要がある. ここでは, 構造・機械と電気各設計の連携が極めて重要である. このような背景のもとで, 大形メッシュアンテナがその特徴を最大限に発揮できるように, 給電部の設計からアンテナ全体での放射パターン設計まで, 大形アンテナシステムとして実現に向けた研究を行った. 本研究の成果の一部は, 技術試験衛星 ETS-VIII の電気開口径 13m (機械寸法約 18m) の大形展開アンテナの開発に反映された.

### 2.1 アンテナの指向方向制御や展開後の指向誤差の補正に関する研究

これまでアクチュエータで駆動してアンテナの指向方向の調整を行っていた. これに対して, 構成が簡単で信頼性が高い方式として, 給電部における励振位相と励振振幅を電気的に制御するフェーズドアレー給電反射鏡アンテナシステムに関する研究を行った. 変形したビームパターンを補正するため, それを開口径 13m の離焦点給電反射鏡アンテナに応用するためのアンテナ設計法について研究を行った. また, 給電部の試作を行い, その一次放射パターンの測定, および反射鏡を介した二次放射パターンの解析による予測から, アンテナ設計の妥当性を評価し設計技術を確立した.

### 2.2 高性能な大形アンテナシステムに関する研究

ビーム方向の修正はできないものの, 大形メッシュ反射鏡を使い簡単な構成でより高利得なアンテナを実現する方法として, ローレベビーム形成回路を用いたクラスタ給電反射鏡アンテナシステムについて研究を行った. アレーアンテナを給電部とする大形アンテナシステムにおいて, 高出力増幅器に信号を入力する前段に配置するビーム毎の励振振幅・励振位相を調整する装置の研究開発を行い, 部分モデルの試作と実験による特性測定から, 本手法の妥当性を明らかにした.

## 3. インフレーターブル構造および軽量膜アンテナに関する研究

20m 級の大形アンテナを, 軽量・高収納効率かつ低コストに構成することにねらいを置くとともに, さらにそれに加えて様々なミッションに応用が可能なように, 基礎的な構造としてインフレーターブルチューブを取り上げて研究を進めた. [大形宇宙構造を低コストに作るために—ヒンジで結合された構造からインフレーターブル構造へ—, 日本機械学会宇宙工学部門, 日本機械学会員のための宇宙工学概論, (2004-1), 131-138]

### 3.1 硬化型インフレーターブル構造に関する研究

宇宙で硬化させる硬化型インフレーターブル構造について研究を行った. 熱硬化型のインフレーターブル構造では, 炭素繊維織物に室温で長期間保管が可能なロングライフレジンを含浸させたプリプレグを用いる方法について, 膜材の研究開発から物性評価まで幅広く研究を行った. また, 未硬化状態で

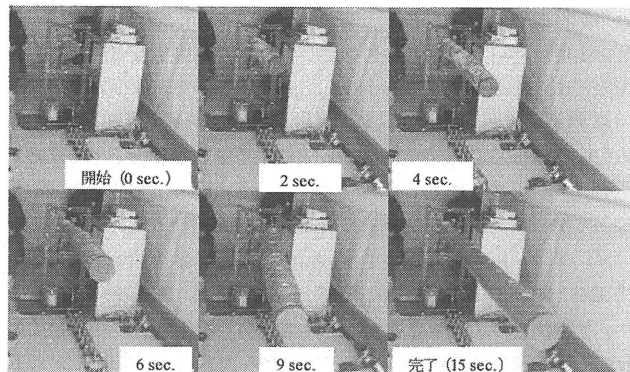
折り畳む必要があるインフレーターブル構造の硬化層を 1 層で構成できるようにするため, 低繊維密度の三軸織物を適用し, 軽量で柔軟性に富む硬化型インフレーターブル構造を実現した. また, 熱硬化型に比べて硬化時のエネルギーが小さい硬化法として冷却硬化法についても研究を行った. 冷却硬化法では, 展開前の状態で硬化層の柔軟性を確保するとともに, 長期間の常温での保存を可能にするため, 樹脂を繊維状に加工したものと強化繊維を織り込んだ混交織布 (Co-Woven) を硬化層に用いて, 極めて柔軟性・保存性に富むインフレーターブル構造を実現した. [Deployment Characteristics of Rigidizable Space Inflatable Structures, Space Technology, Lister Science, Vol. 23, No. 2-3, (2003), pp. 119-129 など]

### 3.2 インフレーターブルチューブの安定的な展開に関する研究

インフレーターブル構造は, 宇宙の微小重力環境下で安定的に展開する必要がある. このような観点から, これまでのジグザグに折り畳む方法や丸めて畳む方法に対して, 展開の安定性が高く, 内部の気体を完全に排気できる方法として多角形折りを採用した. また, インフレーターブルチューブの試作や物性評価により, 硬化後に折り目が構造特性に与える影響の評価や, 展開実験や展開解析による折り目が展開特性に与える影響を評価した. 一方, 長さ 2m のインフレーターブルチューブを用いた航空機のパラボリックフライトによる微小重力環境下での展開実験や, 長さ 30cm の供試体による多数の微小重力環境実験を行い, 折り方が展開特性に与える影響を様々な観点から評価した. [Deployment Characteristics Evaluation of Inflatable Tubes with Polygon Folding Under Airplane Microgravity Environment, Space Technology, Lister Science, Vol. 25, No. 3-4, (2005), pp. 127-137 など]

### 3.3 軽量のインフレーターブル方式のパラボラ反射鏡に関する研究

反射鏡は, インフレーターブル構造でも膜面の面積が大きいため, 全面を硬化させると質量や収納時体積が大きくなる. このため, 米国では, 宇宙で常時内圧を付与して使う方法で検討されている. ここでは, 長期間のミッションにも適用可能なように, レンズ状の反射鏡の電波反射面のみを硬化させ, 他の部分は薄いフィルムで構成する形式のインフレーターブル反射鏡について研究を行った. 20m 級の反射鏡に適用した場合のリブ材やフープ材への要求条件の剛性解析検討や, いくつかのモデルの試作と, その展開硬化実験, 硬化後の鏡面精度測定・BS受信実験・放射パターン測定実験などから, この方法によるパラボラ反射鏡の実現可能性を明らかにした.



長さ 2m のインフレーターブルチューブを用いた航空機微小重力環境における展開実験の様相

<http://smart.gifu-nct.ac.jp/sf/>