世界の幸せをカタチにする。
Creating Peace & Happiness for the World
Musashino University
武蔵野大学 学術機関リポジトリ
Musashino University Academic Institutional Repository

Development of paper models of spacecrafts and telescopes for education and public outreach

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-08-06 キーワード (Ja): キーワード (En): Spacecraft, Telescope, Papercraft, EPO, UD 作成者: 阪本, 成一 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/1335

Research on Space Education Vol. 1, 63 - 67 (2020)
ⓒ 2020. Musashino University

教材としての宇宙機と望遠鏡のペーパークラフトの開発

阪本成一

国立天文台 (NAOJ)

Development of paper models of spacecrafts and telescopes for education and public outreach

Seiichi SAKAMOTO

Abstract

Paper models of spacecrafts and telescopes were developed for education and public outreach purposes. The models are accurate because they are designed based on the drawings or measurements of the original spacecrafts and telescopes. The telescope models are steerable, and some of them have additional movable/exchangeable parts. Each set basically consists of four components - cover story, instructions, drawings, and background information. The cover story explains outline of the instrument and its technical merits. Drawings of parts fit in 2-3 sheets of A4 paper. The instructions are not friendly enough, and photographs are used instead. Finally, the background information explains specific topics related to the instrument, such as foci and telescope mounts. With these models, learners may understand basic structure of the instrument as well as some of the related key technologies. PDF files of these models are available from the webpages of NAOJ and JAXA.

Key Words: Spacecraft, Telescope, Papercraft, EPO, UD

1　はじめに

ガリレオ・ガリレイが行った望遠鏡による宇宙観測に端を発する近代的な観測天文学は、望遠鏡の性能向上や宇宙機の開発によって飛躍的に進展した。連日のように報道される華々しい科学的成果の背後には、最先端技術によって実現された高性能望遠鏡や宇宙機の存在がある。日本が ALMA やすばる望遠鏡、小惑星探査機「はやぶさ 2」などで天文学・太陽系探査の分野で世界に伍することができているのも、ものづくり大国としての高い技術力がその背景にある。また、小惑星探査機「はやぶさ」の小惑星往還は広く人々の感動を呼んだが、それは科学的成果よりはむしろ技術開発や人間ドラマに帰する部分が大きい。

したがって、宇宙関連コンテンツを教育に導入するにあたっては、その研究成果のみならず、それを支える最先端技術に着目することもまた重要である。

2　教育・広報用素材としてのペーパークラフトの可能性

ペーパークラフトは老若男女を問わない知的な趣味として楽しまれているが、材料が安価かつ入手が容易であり、製作にも特殊な工具等を必要とせず、また本人が手と頭を動かして時間をかけて取り組む必要があるため、理科･技術教育の教材としても活用できる。

また広報宣材としての観点でも、パンフレットなどと違いペーパークラフトの型紙は、それが精工なものであればあるほど、安価な割には簡単に

は捨てられず、受け取り手のアクションアイテムリストに残るか再配布され、完成品は目のつくところに置かれる。精工なペーパークラフトは予算不足に悩む科学館などでは展示品としても活用されている。

ペーパークラフトが持つこれらの特性は、研究教育機関と学校教育・社会教育の現場を Win-win の関係でつなぎうる。

3　「親子で作る動く望遠鏡の紙模型」シリーズの開発

私は上記のような理由から、望遠鏡や宇宙機をテーマに、「親子で作る 動く○○の紙模型」という教材シリーズを開発してきた。

開発の発端は 2001 年度の国立天文台の特別公開に遡る。当時の特別公開のブース責任者から私に依頼されたのが、電波望遠鏡のペーパークラフトの設計だった。期待されていたのは紙を円錐形に丸めてパラボラを作り、その下に簡単な架台部をつけるというような一般的なものだったに違いない。しかしそれでは研究者が設計する意味がないように私には思えた。そこで私が行ったのが、当時完成したばかりの ASTE(アタカマサブミリ波望遠鏡実験)の 10m サブミリ波望遠鏡を図面に基づいて展開図に書き起こし、動くペーパークラフトとすることであった。また、技術の勘所についても盛り込むようにした。完成した作品は決して簡単に工作できるものではなかったが、これがことのほか好評で、評判を聞きつけたハワイのすばる望遠鏡や水沢の VERA の関係者からも開発の依頼が舞い込むようになった。一般的にこの種の企画は単発よりもシリーズ化した方が人目につきやすく話題を集めるため、終業後の時間を利用して開発を進めることとした。

「親子で作る動く望遠鏡の紙模型」のシリーズは、ペーパークラフトを楽しみながら作ることで望遠鏡の構造や各部の名称を理解すること、関連する「望遠鏡豆知識」で望遠鏡や天文観測に関する基礎的な理解を深めること、プロジェクトの認知度を高めることなどを目的としている。教育の観点でいうと、理科教育というよりはむしろクラフトマンシップの養成に重点を置いている。

設計にあたっては、ただ姿かたちが似ているだけでなく、機能の再現を重視し、学習のポイントや技術の勘所を再現するとともに、動作や部品交換などが可能な模型とした。また、本質的でない部分は極力省略することで型紙を A4 用紙 2-3 枚に抑える一方で、製作の手間がかからないところは図面に基づいて忠実に再現した。

図 1　最初に開発した ASTE(アタカマサブミリ波望遠鏡実験) 10m サブミリ波望遠鏡のペーパークラフト。国立天文台の特別公開の見学記念品として配布された。このモデルは仰角方向だけが動き、仰角軸には楊枝を利用、バランスウェイトにコインを利用するなど、その後のモデルとは異なる特徴を持つ。最近になって設計に変更が加えられ、紙以外の素材は廃止され、方位角方向にも動かせるようになった。

動作や部品交換などを可能にすることの代償として、子どもだけで製作できるという条件は外すことにした。子どもをだしに親が夢中で工作することで親が本質を理解し、子どもにそれを語ることで、親子セットで学んでもらおうという戦略に切り替えたのである。活動がインドア中心になりがちな今どきの親子でも、ペーパークラフトを通じてならばものづくりを一緒に体験できる。また、難度が高い方が子どもにとってもチャレンジの対象となりうると考えた。もし子どもが単独で製作できたとしたら、そのことだけで純粋にほめていいし、子どもにとっては大きな成功体験となる。

部品の配置にあたっては紙の目や部品の相対的な位置にも配慮した。実際に図面に定規とカッターを当て、あるいは紙を丸めて製作してみると、構造を少しでも強いものにしつつ、製作を少しでも容易にしたいという設計者の意図が見えてくるはずだ。

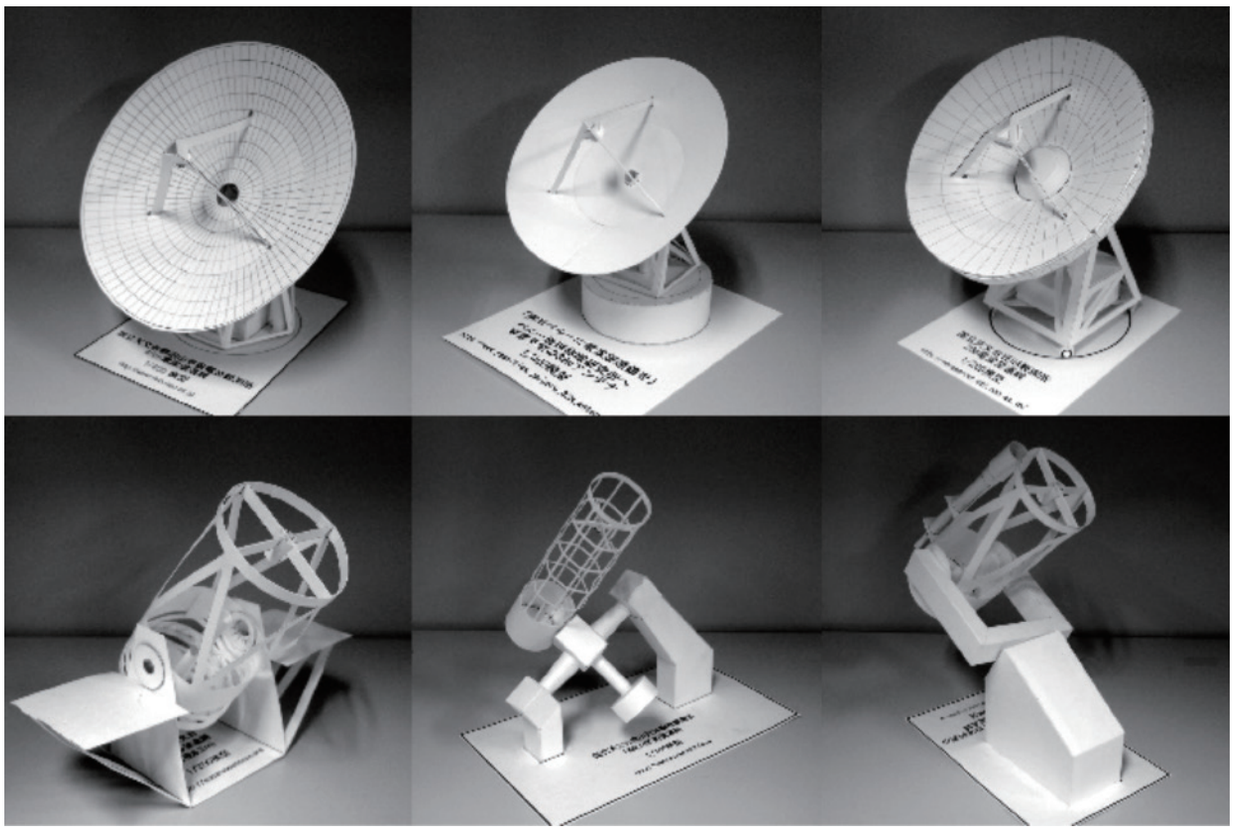


図 2　左上から右へ順に、野辺山 45m 電波望遠鏡、ペルー IGP 32m 電波望遠鏡(国立天文台の茨城・山口の VLBI 局と同型機)、VERA 20m アンテナ、さらに、すばる望遠鏡、岡山 188cm 望遠鏡、岡山 91cm 望遠鏡。動かせるようにしつつ A4 用紙に収めなければならない関係で、縮尺はバラバラである。

このようなコンセプトに沿って「動く望遠鏡の紙模型」シリーズの開発は順次進められ(阪本 2004[1]、Sakamoto 2006[2])、現在までに 11 種類のペーパークラフトの開発を終えた。ラインナップには、最初に開発されたアタカマサブミリ波望遠鏡実験(ASTE) 10m サブミリ波望遠鏡に加え、アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計(ALMA)の 12m アンテナと 7m アンテナとその移動台車、野辺山 45m 電波望遠鏡、VERA 20m アンテナ、野辺山電波ヘリオグラフ、東大 60cm サブミリ波望遠鏡、ペルー IGP 32m 電波望遠鏡(国立天文台の茨城・山口の VLBI 局と同型機)といった電波望遠鏡群に加え、すばる望遠鏡、岡山 188cm 望遠鏡、岡山 91cm 望遠鏡などの光学望遠鏡がある。

シリーズ化されたこの取り組みは高く評価され、2004 年 10 月 4 日付の読売新聞で取り上げられたほか、「パリティ」などの雑誌の折り込み付録となり、また第 44 回日本 SF 大会では星雲賞自由部門の候補作 4 点の 1 つとして選出された。

なお、これらの型紙は国立天文台のホームページで公開されており、個人としての利用のほか、教育目的であれば自由に利用可能である。また、ALMA や VERA などのいくつかのモデルについては型抜きされた型紙も作成され、イベントなどの際に配布されている。

4　「親子で作る動く宇宙機の紙模型」シリーズの開発

開発者の JAXA 宇宙科学研究所への異動に伴い、開発の対象を JAXA の太陽系探査機と天文衛星にも広げることとなった(Sakamoto 2008[3])。一般的に宇宙機は角柱型や円筒型をしているものが多くつまらないが、コンパクトに収納した状態で打ち上げられ、宇宙空間で展開されるため、その運用手順に応じて形状を変化させることができれば面白い。

そこで、この発想に基づいて月周回衛星「かぐや」、小惑星探査機「はやぶさ」、惑星分光観測衛星「ひさき」のペーパークラフトを開発した。これらの宇宙機のモデルは、打ち上げ後の運用手順に沿った動きが可能であり、宇宙科学研究所の展示室にある同縮尺のロケット模型のノーズフェアリングに格納可能である。これらのモデルは JAXA の報道対応においても利用された。

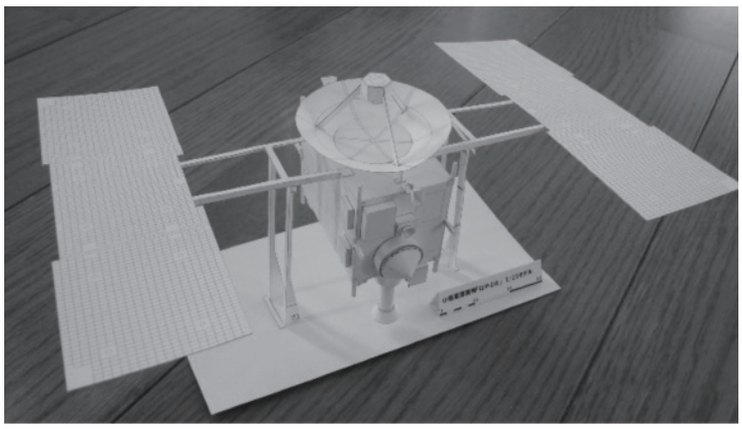


図３　展開状態の小惑星探査機「はやぶさ」のペーパークラフト。このモデルは探査機の運用手順通り以下の動作が可能である― 太陽電池パドル展開、中利得アンテナＡ駆動、サンプラーホーン伸展、イオンエンジンジンバル駆動、ターゲットマーカ分離、ミネルバ分離、再突入カプセル分離、パラシュートカバー分離。

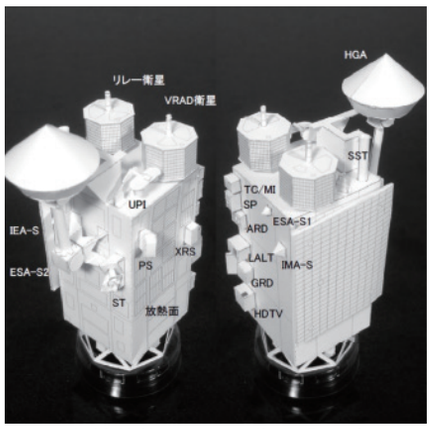


図４　収納状態の月周回衛星「かぐや」のペーパークラフト。このモデルは探査機の運用手順通り以下の動作が可能である。
― 太陽電池パドル展開・回転、ハイゲインアンテナ(HGA)展開・仰角駆動・方位角駆動、リレー衛星・VRAD衛星分離、プラズマイメージャ(UPI)展開・仰角駆動、月レーダサウンダー(LRS)アンテナ伸展、月磁場観測装置(LMAG)マスト伸展。

同時に、多様な宇宙展開構造の機能を示すため、宇宙実験・観測フリーフライヤ(SFU)の２次元展開アレイ(いわゆる「ミウラ折り」)、電波天文衛星ASTRO-G(プロジェクト中止)の展開アンテナ、磁気圏観測衛星「あけぼの」の３軸直交ループアンテナなど、展開構造部分のみの開発も行い、神奈川県内で開催された「青少年のための科学の祭典」のJAXA ブースでの演示に利用した。

なお、「かぐや」と「はやぶさ」の型紙は JAXA のホームページで公開されており、個人としての利用のほか、教育目的であれば自由に利用可能である。また、この型紙をベースにして小惑星探査機「はやぶさ 2」のペーパークラフトも他の設計者により開発されている。

5　視覚障がい者の学習などへの活用

宇宙を素材とした教育の多くは視覚教材により行われるが、視覚障がい者には宇宙をイメージすることはやや困難で、また宇宙の謎に挑戦する大型望遠鏡や宇宙機のイメージも持ちにくい。これを補うための教材としてもペーパークラフトは利用可能である。

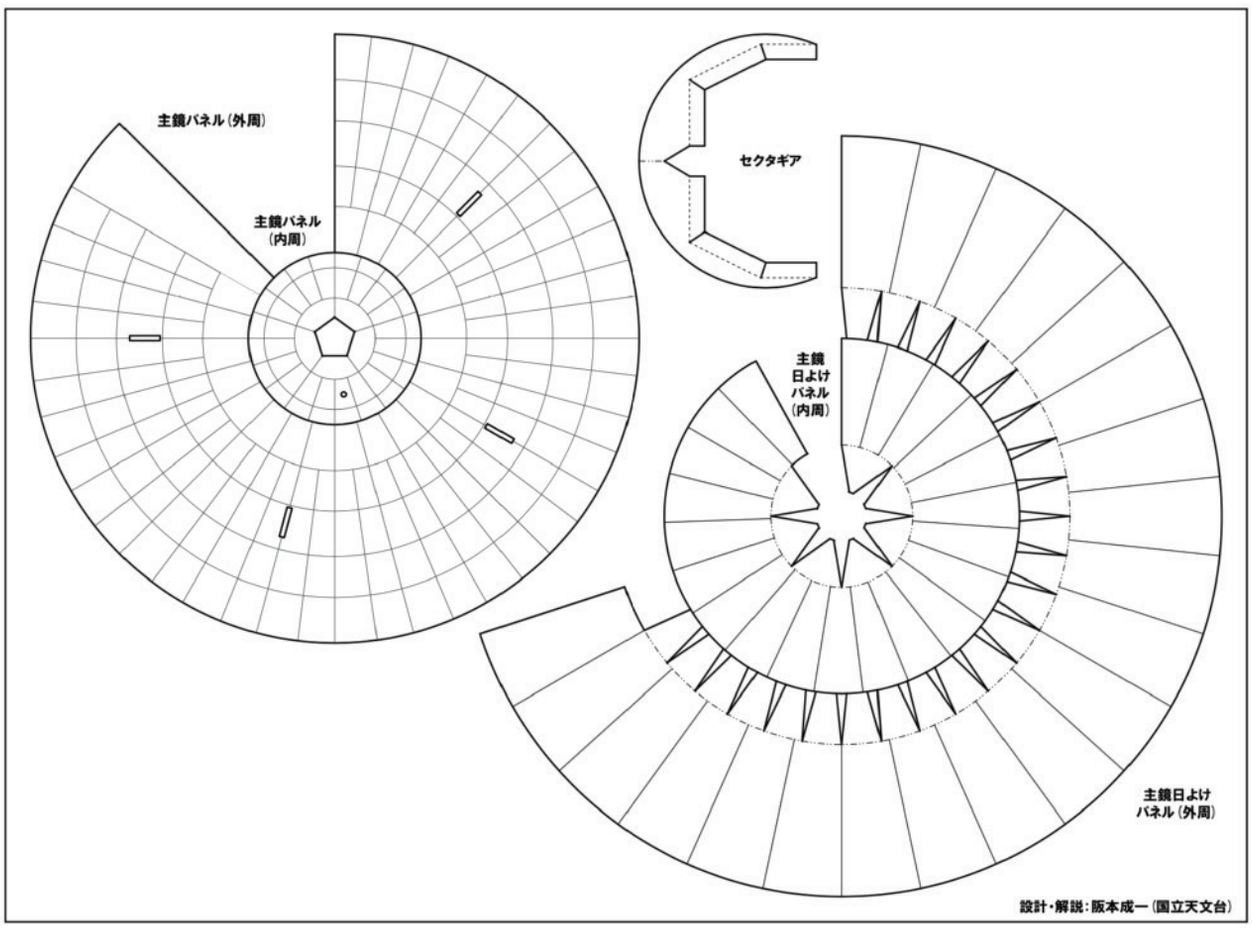
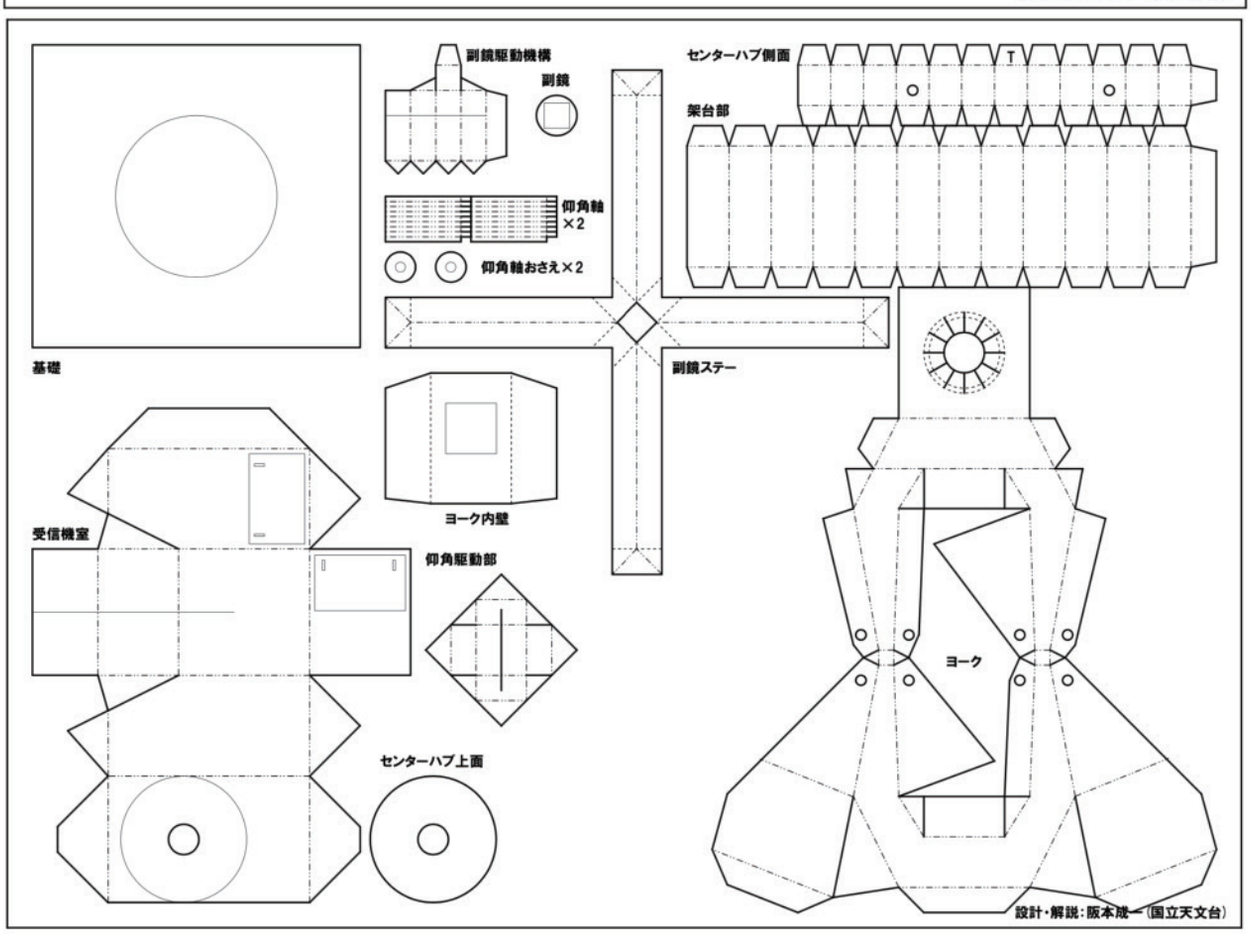
例えばチリでは、ディエゴ・ポルタレス大学の天文教育グループが、ALMA のペーパークラフトを用いた視覚障がい者向けの授業を精力的に行っている。また女子学生向けの STEM 教育イベントでも活用実績がある。

このようなペーパークラフトのより広い活用法については今後も模索していく予定である。

図５　ALMA のペーパークラフトを用いた視覚障がいをもつ児童への授業のようすはテレビでも取り上げられた。

参考文献

1) 阪本成一, 日本天文学会 2004 年秋季年会(盛岡)予稿集, Y09b, 2004
2) Sakamoto, S., Proceedings of 9th Asian-Pacific Regional IAU Meeting, 350, 2006
3) Sakamoto, S., Proceedings of 26th International Symposium on Space Technology and Science (Hamamatsu), 2008-u-19, 2008

(2020 年 1 月 19 日受付、2020 年 2 月 15 日受理)

● 頒布資料：親子で作る動く望遠鏡の紙模型