

宇宙デブリの光学観測  
Optical Observation of Space Debris  
平山 智啓  
Tomohiro HIRAYAMA  
国立天文台  
National Astronomical Observatory

## Abstract

A lot of space debris (dead satellites, launching rockets, etc and fragments of them) are orbiting the Earth. It presents a difficult problem for manned space activities, and obtaining precise information of the debris is an important requirement nowadays. For lower orbits (say 1000 km) radar or lidar would be the best methods. But for higher orbits (e.g., 36000 km of geosynchronous satellites) passive optical or infrared observation would be more sensitive. We tried optical observations and determination of orbits using meteorological satellites by Schmidt telescopes at the Kagoshima Space Center and Kiso Observatory.

## 1. 背景

ミッションをおえた人工衛星，打ち上げロケット，それらの破片などスペースデブリが地球周辺に数多く存在している．1957年にスプートニク1号が打ち上げられて以来の三十数年間このような人工物体は増え続け，直径1mm程度までを含めれば数百万個あるなどと言われているが，個数などの基礎的データは今のところ不十分である．米国宇宙司令部（USSC）の宇宙監視網がレーダ観測による人工衛星の軌道決定を行っており，数百kmの距離ならば直径10cmまで捕捉できると言われているが，最も重要な軌道である静止軌道に関しては高度が約36000kmと大きいため小さな破片までは観測が難しいものと思われる．このような高い軌道の観測には，信号が距離の4乗で減衰するレーダに比べて，距離の2乗で減衰する太陽反射光（あるいは赤外線）による観測が有利となる．本研究は静止軌道衛星の光学観測から軌道を決定しようという試みである．

## 2. 観測

未知の衛星の軌道を決定するのが目的であるが，決定した軌道の誤差評価のため，現在運用中の静止衛星を観測した．放送衛星，気象衛星などの実用衛星では，定期的に（1～2ヵ月毎）軌道修正を行って，いろいろな摂動による静止軌道からのずれを直している．これらの衛星を用いて，デブリの観測の模擬実験をする場合，その軌道決定は軌道修正のされない期間の観測のみから行われなければならない．本観測では軌道修正の間隔の比較的長い（2ヵ月）気象衛星，GMS-4（ひまわり4号）を用いた（Table 1）．

Table 1. The target satellite.

COSPAR designation	National name	Launch date	Longitude	Period
1989-79A	Himawari 4	1989 Sep 5	140°E	1436 min

観測は宇宙科学研究所鹿児島宇宙空間観測所（鹿児島県肝属郡内之浦町）および東京大学理学部天文学教育研究センター木曾観測所（長野県木曾郡三岳村）のシュミット望遠鏡を使用して行われた（Table 2）。

Table 2. Schmidt telescopes used.

Site	Aperture	Focal length	Field	Mounting
KSC	0.50 m	0.75 m	4°.2 × 14° (film)	4-axis
Kiso	1.05 m	3.30 m	6°.3 × 6°.3 (plate)	equatorial

KSC: Kagoshima Space Center, Institute of Space and Astronautical Science

Kiso: Kiso Observatory, Institute of Astronomy, The University of Tokyo

鹿児島での観測は軌道決定のための位置データを得るためのものであり、木曾での観測はより暗い衛星がどのくらい写るかを調べるためである。観測の概要をTable 3に示す。

Table 3. Synopsis of the observations.

Site	Series	Period	Number of frames	Measured frames
KSC	No. 1	1991 Oct 1-17	75	41
KSC	No. 2	1991 Nov 6- 9	37	16
Kiso		1991 Dec 18	1	
Kiso		1992 Feb 5	2	

内之浦での観測は望遠鏡を静止衛星に向けて停止し、2分間露光した。静止衛星像をフィルム上のキズなどと区別するために、露出のほぼ中央で、望遠鏡の方向を南北に瞬間的に移動して、2個の点像を得るようにした。木曾では、恒星追尾時計仕掛を停止して、2分あるいは8分の露光を行った。

### 3. 撮影結果と整約

内之浦では4°.2 × 14°の視野に最大7個の衛星が写った。これらの衛星のうちひまわり4号の予報に近い2個について位置（赤経，赤緯）を線状に写っている回りの恒星（8～9個）の位置から計算した。木曾の観測でもこれら2個の衛星が撮影された。検出の限界等級は17等程度と思われる。写っている2個は（明るさは変化しているが、平均）12等程度なので、それより5等級暗い（100分の1の明るさ）ものまで写るはずだが、たまたま視野内に前記の2衛星以外は見つからなかった。軌道決定は現在進行中である。

内之浦の観測については、宇宙科学研究所鹿児島宇宙空間観測所の永楽正光さんに非常にお世話になった。ここに感謝申し上げる次第です。