

ムーンウォッチ計画/ Operation Moonwatch

(スプートニク時代の衛星観測)

2018. 9. 8

放送大学大学院 / 天体望遠鏡博物館

白川 博樹



1. ムーンウォッチ計画とは
2. 時代背景
3. 計画の目的
4. 方法
5. 準備
6. 観測開始
7. 成果
8. 最後に



1. ムーンウォッチ計画とは



ムーンウォッチ計画 (Operation Moonwatch) とは

世界初の人工衛星打上の為に準備した目視観察計画

国際地球観測年(1957.7.1~1958.12.31)、人類初の人工衛星打上に対し、世界中のアマチュア天文家を巻き込んだ歴史に残る一大イベント



Detail from letterhead of the Terre Haute Moonwatch team

W.Patrick McCray:「Keep Watching the Skies」(Princeton University Press.2008.アメリカ).P106

2. 時代背景



○アメリカとソ連の冷戦

- ・第二次世界大戦(1939-1945)中から、関係が悪化していた米ソだが、スターリンの死(1953)後は若干雪解けムードもあった。
- ・戦後のドイツから、アメリカはV2ロケットとフォン・ブラウン氏を連れ帰った。ソ連は荒らされた奥から次期ICBMのA10の設計図や、画期的な発明品(誘導装置、強力なエンジン等)を見つけ、両国とも、ロケット(ICBM)の開発にしのぎを削っていた!
- ・戦後景気に湧くアメリカは原爆の量産と、核を積んで大陸を横断できる大型爆撃機(B47、B52)を増産し、経済力、軍事力でソ連を追い込んでいた。

○国内事情

- ・戦後処理のサンフランシスコ条約が締結(1952)され、占領状態が解消され、国を挙げ科学振興に取り組み、理科教育振興法(1954～)により、各学校には天体望遠鏡が納入され、宇宙への関心が育ってきた。

2. 時代背景



○国際地球観測年

1882-83 第1回国際極年 欧米12カ国が共同で北極圏を調査

1932-33 第2回国際極年 44カ国が参加し北極・南極の気象とその影響を調査

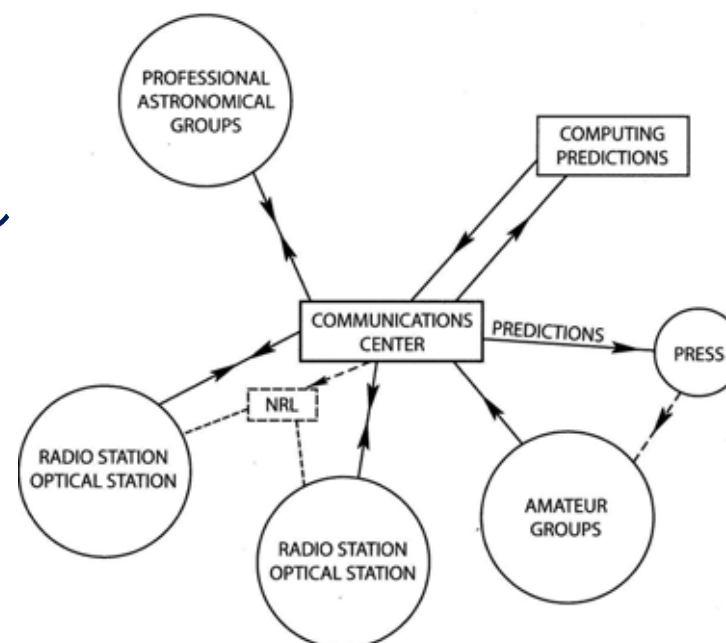
1957-58 国際地球観測年 (International Geophysical Year : IGY)

1950.4 第3回国際極年をアメリカが提案。後に国際学術連合で、対象を地球内部、気水圏、周辺空間まで広げ、名称を「国際地球観測年」に決まった。

1955.7 アメリカがIGY期間中に人工衛星打上「バンガード計画」を発表。

1955.11 スミソニアン天体物理天文台所長ホイップル
ムーンウォッチ計画を表明。
全世界に協力を要請。

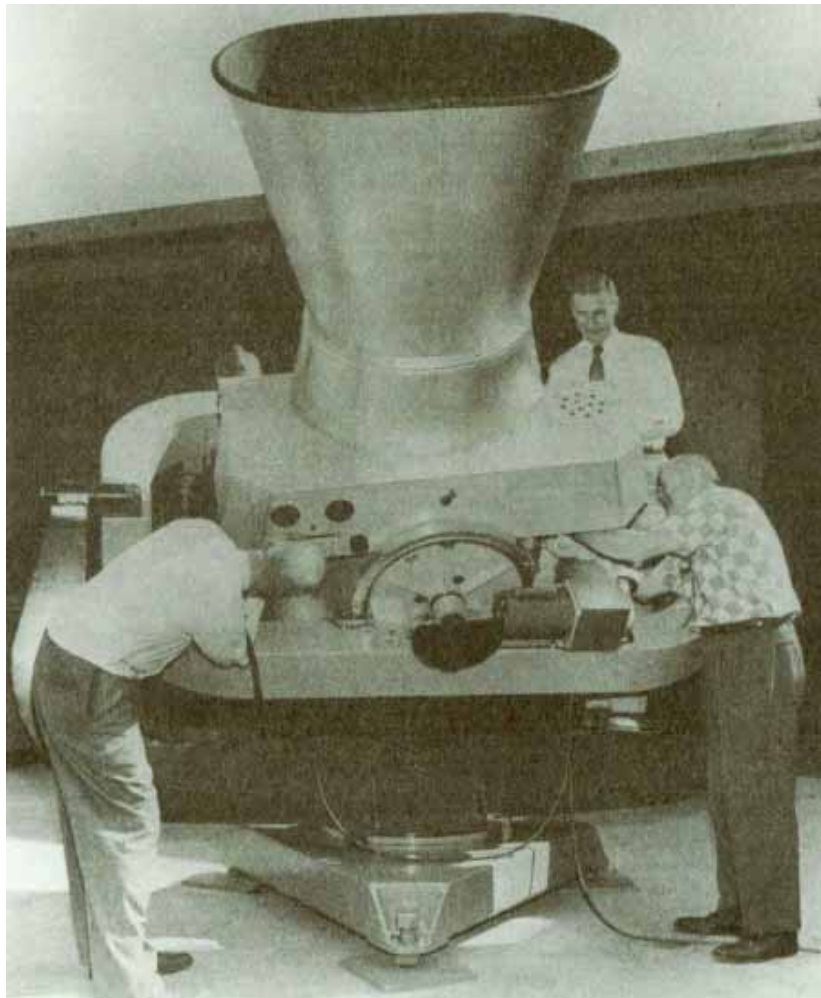
1956 ソ連も人工衛星打上を表明



3. 計画の目的

ムーンウォッチ計画の目的

人工衛星打上初期に、精密観測用の
ベーカー・ナン・シュミットカメラが捕捉可能
とする精度の軌道を求めること。



W.Patrick McCray:「Keep Watching the Skies」(Princeton University Press.2008.アメリカ).P77

ベーカー・ナン・シュミットカメラ

このカメラは、全世界12カ所(ニューメキシコ、フロリダ、ハワイ、スペイン、日本(三鷹)、南アフリカ、インド、イラン、ペルー、アルゼンチン、アンティル諸島、オーストラリア)に計画、設置された。
当初は、1958年1月頃には全台設置完了の予定が、大きく遅れ
国立天文台(三鷹)には、5号機が1958年3月に納入された。

口径	500mm
焦点距離(F値)	500mm(1.0)
フィルムサイズ	300×50mm
光学構成	補正板(レンズ3枚)+反射鏡(球面)

極限等級	固定撮影	6.6等(角速度42分/sの場合)
	追尾撮影	11.6等(同、追尾誤差10%とした場合)

- 撮影手順 時間を正確に記録しながら、一回の観測で
A→B→Cと撮影
- A. 固定撮影・・・衛星は線状に、背景の恒星は
ほぼ点に写るが、途中シャッターが閉じ、
衛星の位置をマーキングする。
 - B. 追尾撮影・・・衛星は点だが、恒星が線に写る。
途中シャッターが閉じ、恒星の位置をマーキング
する。



国立天文台(三鷹)に納入された5号機
(現在は姫路科学館に保存、展示)

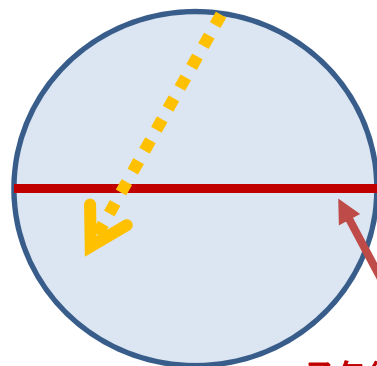
4. 方法



天球上の子午線

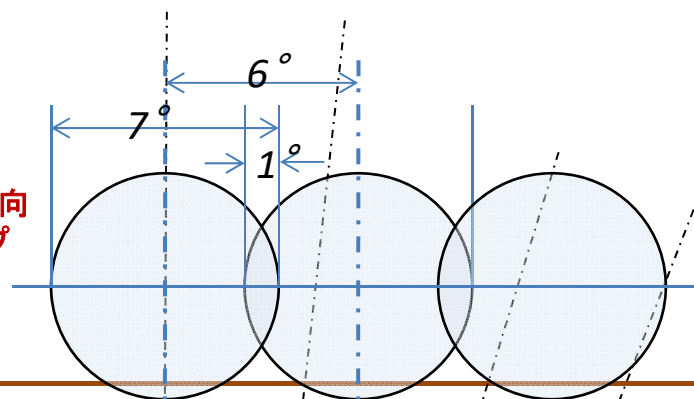
当初、スミソニアン天文台が提唱した観測方法

衛星の光度は6-7等以下と予想され、小型望遠鏡の利用が必須。
望遠鏡で観測し、人工衛星が子午線を通過する高度と時間を正確に記録する。

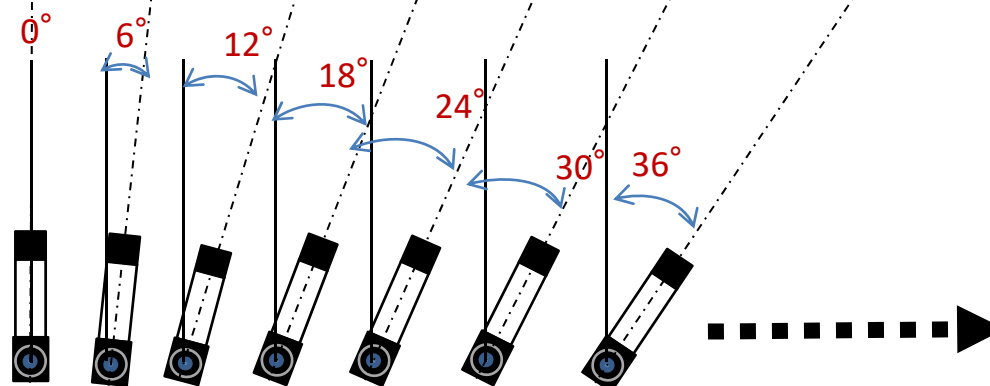
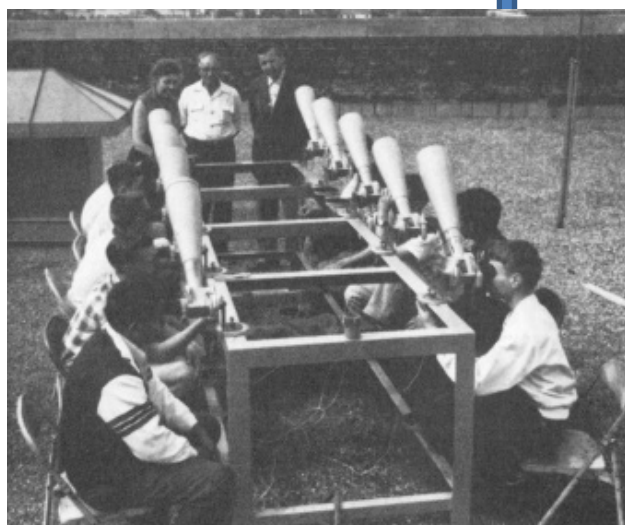


子午線(ロープ)を
通過した時間と
位置(角度)を記録

子午線(南北)方向
に張られたロープ



実視界7° 又は2.25° の
アポジテlescopeが配布された。
7° のものでも90度をカバーするのに
15台の望遠鏡が必要だった



<実視界7° の望遠鏡での観測例>

4. 方法

まず、日本が改善した観測方法

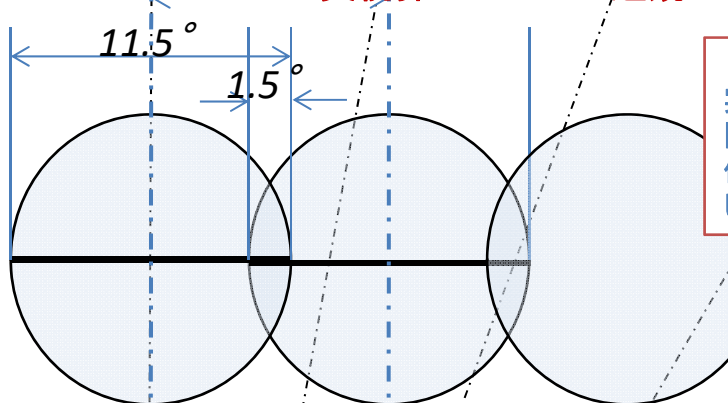
方法は同じだが、望遠鏡とセッティング方法を改善

天球上の子午線

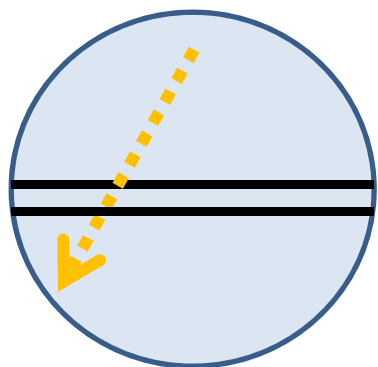


時間はJJYの時報とともに観測者の声をテープレコーダーで保存し、後でチェックする方法が取られた

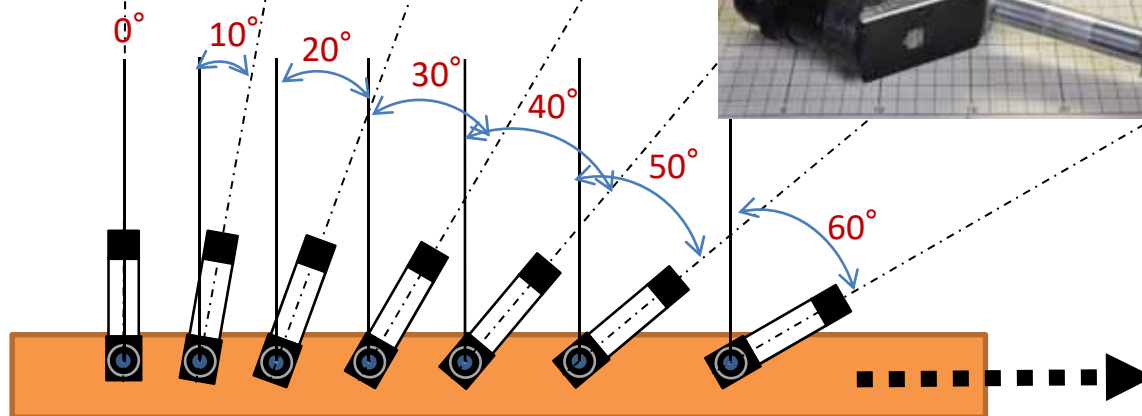
10° 実視界11.5° の望遠鏡での観測例>



接眼部直前で90曲げ見やすくした
実視界10° 以上の広視野の望遠鏡が
開発された。
例では90度を9台の望遠鏡でカバー
した。



子午線に合わせた1本、
または2本の線材を
接眼部に仕込み、
子午線ロープを省略
(時間と角度を読むのは同じ)



正確に子午線(南北)方向に渡した横木を基準とし、それに望遠鏡
固定した。

5. 準備



ムーンウォッチ計画の準備

- 1955.11 スミソニアン天体物理天文台所長ホイップル(Fred Lawrence Whipple)はムーンウォッチ計画を表明。全世界に協力を要請。
- 1956.(秋) 国際地球観測年特別委員会、人工衛星分科会、国際的連絡者コーディネーター、宮地雅司(東京天文台長)名にて日本天文学会、日本天文研究会、東亜天文学会、生駒山天文協会にムーンウォッチ計画参加の要請

要請を受け、各団体は新聞社の後援を得て、各地に募集を募る。

結成した各班には、新開発の衛星観測用望遠鏡(ムーンウォッチャー)とJJY受信用短波受信機及びテープレコーダー等が配布される。

主体	日本天文学会	東亜天文学会	日本天文研究会	生駒山天文協会	宇宙旅行協会	(中日新聞?)
後援	毎日新聞社	大阪読売新聞社	東京読売新聞社	朝日新聞社	朝日新聞社	中日新聞
組織した観測班	旭川、仙台、東京、豊橋、名古屋、高松、金光、中津、福岡、長崎、他	東京、真鶴(神奈川)、上諏訪、新潟、高岡、富山、静岡、宮崎、高知、金屋、大津、広島、大阪、四日市、橿原、京都(2)、諫早(計18班)他		(情報無)	(情報無)	(名古屋近郊の数班)
望遠鏡	日本光学製	アストロ光学 MT3				

1957.4 国内で25班が公認。その後も班の結成、登録活動を推進

1957.10 衛星打ち上げと共に38班が追加され、計63班が一挙に登録される。

海外では(日本以外)

1957.8 計107班

アメリカ77班、ブラジル4班、チリ4班、南ア連邦4班、ペルー3班
カナダ、オーストラリア、台湾、ニュージーランド、スペイン各2班
コンゴ、コロンビア、コスタリカ、キューバ、フランス各1班

1958.3 計238班

2) 日本アマチュア天文史編纂会編:「日本アマチュア天文史」(恒星社厚生閣、1987)、P213

5. 準備

多度津 人工衛星講演記念 1957 . 3 . 15 (香川県仲多度郡多度津町)



山本天文台資料(京都大学花山天文台蔵) より

5. 準備

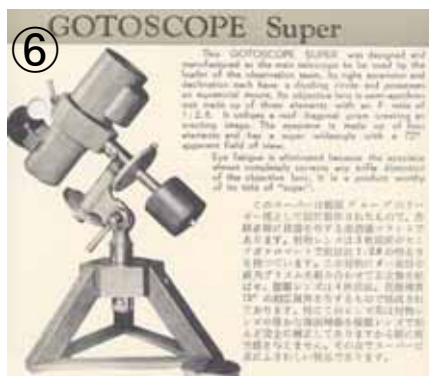
準備された衛星観測用望遠鏡(ムーンウォッチャー)



メーカー		日本製 (輸出有)						米国製 (輸出有)			
		日本光学工業	アストロ光学			五藤光学研究所		日本精光研究所	Edomond	(米軍払下品)	
型式			MT-1C	MT-3	MT-4	Junior	Super			アポシテレスコープ	
口径 (mm)	対物レンズ有効径	45	50	50	50	42	42	50	(40-50?)	50	120
	射出瞳孔計算値*1	39	50	37	43	35	42	42	39	50	120
焦点距離 (mm)			185	185	185	150	120				
倍率 (X)		5.5	7	5.3	6.2	5	6	6	5.5	8	21.5
視野角 (度)	見かけ	60	50	60	68	50	72	72	(60~70度?)	56	48
	実視野	11	7.1	11.3	11	10	12	12	(11~12?)	7	2.25
限界等級	メーカー公称					10	10				
	計算値 *2	9.7	10.3	9.6	9.9	9.5	9.9	9.9	9.7	10.3	12.2
光学仕様	天頂光学系	天頂プリズム	天頂プリズム	天頂プリズム	筒先反射鏡	天頂ミラー	ダハプリズム	天頂プリズム	筒先反射鏡	天頂正立プリズム	
	観察像	裏像	裏像	裏像	裏像	裏像	正立像	裏像	裏像	正立像	
架台		無 (角材取付用)	卓上三脚 仰角目盛付 経緯台	経緯台 赤道儀アタッチ メント有	仰角目盛付 卓上経緯台	仰角目盛付 卓上経緯台	赤道儀経緯 台兼用型目 盛付	赤道儀経緯台兼 用型目盛付	卓上三脚 仰角目盛付経緯 台		
売価 (発売当時)			8,000	20,000	13,200	8,000	25,000				
備考		日本天文学会が 使用		東亜天文 学会、日本天文 研究会が開 発し使用			対物レンズはセ ミアポ		()内は推定	スミソニアン天文台が 全世界に配給	
No.		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

注) *1: 射出瞳孔径が7mmを超える場合、視く人の瞳孔(7mm)で集められる光量から逆算した等価口径(=倍率×7mm)

*2: *1の値から計算 (極限等級 = $1.77 + 5 \log D$ $D=(*)$)





世紀の挙壮 人工衛星発射さる

②



MT-1C型 (普及型)

補助観測及び訓練用に製作されたもので、ワーク架組持台にマウントされ、水平と上下に自由に回転でき、高さの加減もできます。子午線ワイヤーは入っていませんが、ダイヤゴナルプリズムで光軸を直角に曲げ、常に観測ができるようになっています。卓上型三脚並びに仰角目盛付。

★光学的性能	
口径	50mm
焦点距離	185mm
倍率	7x
実視野	7°
★付属品	
接眼鏡(セルフレ35mm60°)	1
ダイヤゴナルプリズム	1
¥	8,000

③

MT-3型

人工衛星観測東日本本部の創業により特別に設計製作したもので、性能のよいところからケンブリッジの観測本部に推薦されている優秀品です。光学系内にプリズムを置き光軸を直角に曲げ、水平の位置で観測ができるような架台にマウントされています。接眼鏡には径1mmの子午線ワイヤーを張ってあります。



マウントメントを用いMT-3型を赤道儀とした場合



★光学的性能	
口径	50mm
焦点距離	185mm
倍率	5.3x
実視野	11.3°
★付属品	
接眼鏡(セルフレ35mm60°)	1
大型ダイヤゴナルプリズム	1
三角台	1
¥	20,000

専用赤道儀タアツチメント ¥ 3,000

④



ニフタネーム
"キヤット"

MT-4型

対物レンズのところに45°に取り付けられた平面鏡により星像を筒内に入射するようになっていいますから、観測は常に打うことができます。平面鏡を外し3×のビント・テレスコープを付けると18×の地上用望遠鏡となるのをはじめ、6×の汎用望遠鏡用レンズ、また2×のパーローレンズを用いると9×~70×の天体望遠鏡となる万能型です。接眼鏡は子午線ワイヤー入り、架台には仰角目盛付。

★光学的性能	
口径	50mm
焦点距離	185mm
倍率	6.2x
実視野	11°
★付属品	
接眼鏡(セルフレ35mm60°)	1
反射鏡 60mm×90mm	1
¥	13,200

3×ビント・テレスコープ ¥ 1,800

MT-4型の利用法

- ① MT-4型の平面鏡を外しますと、これが直ちに微光星や変光星の観測用及び星の精密用望遠鏡となり、また小型のビント・テレスコープとして銀河星雲をはじめ大形の星雲星団の観測も可能ですし、星座観望用として、例えばかんむり座の全体を同一視野内に見ることができる超広角望遠鏡になります。
- ② MT-4型の平面鏡を外し、接眼鏡のキヤップになっているデニロン・カラーをゆるめ、ここへ3×ビント・テレスコープを取り付けますと、これが18×実視野11°の地上用望遠鏡となります。
- ③ MT-4型にカメラを接写させますと、そのまま望遠レンズの代用になります。平面鏡を付けますと、物像から相手に写付かれないで、写真の撮影ができますが、大抵の場合は平面鏡をとって撮影します。この場合の合成焦点距離は、カメラレンズの焦点距離に6.2×の倍率をかければよいのです。つまり50mmのレンズを用いれば、合成焦点距離は310mmになるわけで、この場合撮像が焦点面で3mm径の大きさに写ります。撮影に使うカメラは一眼レフが最適ですが、二眼レフの場合は、次回Aのようにビント・レンズの方でビント・横間をきめてカメラを上におき、下の撮影レンズの方で撮影します(写点参照)。(次頁につづく)



5. 準備



地球観測年を前に、1957年3～6月頃には各国で体制が整い、模擬演習など、訓練を開始した。

航空機を使った一斉演習や、プラネタリウムや暗室で光点を検知したりする方法がとられた。



6. 観測開始



1957.10.4、ソ連がスプートニク1号を発射。打上成功



スミソニアン天文台は、全世界にスプートニク1号の観測を指示
ムーンウォッチ計画スタート

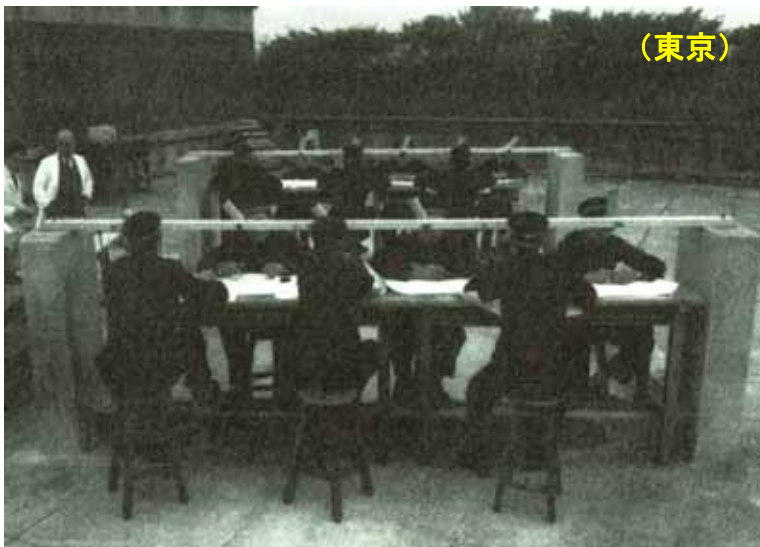
但し、問題点はあった

- 問題点① 時期が早すぎて、ベーカー・ナン・シュミットカメラが完成していない。
- 問題点② ヴァンガード計画と傾斜角が違い、子午線方向をチェックするのは効率が悪い。
- 問題点③ 周波数が違う為、電波観測機器が使えない。

		世界初の人工衛星	1955アメリカが 発表した計画	ヴァンガード計画 初成功機	米国初の人工衛星
		スプートニク1号	ヴァンガード計画	ヴァンガード1号	エクスプローラ1号
打上日		1957.10.4	1958.1月頃を計画	1958.3.17	1958.2.1
軌道	傾斜角 (度)	65	35	34.3	33.2
	近地点 (km)	215	320	654	358
	遠地点 (km)	939	2400	3969	2550
	周期 (分)	96.2		134.2	114.8
大きさ	形状	球形	球形	球形	鉛筆型
	サイズ cm	58cmSΦ	50cmSΦ	16cmSΦ	
	重量 kg	83.6kg	100kg	1.6kg	14kg
送信機	周波数	20、40MHz	108MHz	108MHz	108MHz
	出力	1W		10mW	10mW
主導機関		ソ連コロレフ設計局	(米国海軍研究所)	米国海軍研究所	米陸軍弾道弾局

6. 観測開始

最終的には、天球上の座標と通過した時間を記録するという目的を達成する範囲で、各地で自由に工夫し観測された。



(東京)



(ニュージーランド、ミルブルック)



(アメリカ、カリフォルニア)



(南アフリカ、ケープタウン)

7. 成果



初期の成果

10.4未明 スプートニク1号打上成功

10.5 正午に米国本部から東京天文台宮地台長に連絡あり。全国の観測班に**観測開始指示**。夕刻から全国一斉に観測開始。新潟班(新潟市関屋中学/新潟大学)が観測成功と通報。海外ではアラスカ、ソ連アルマタ(カザフ共和国)で肉眼で認める

10.6 日本からは10.10迄見えないことが判明し観測中止の指示。新潟班の報告は誤報と判明

10.10 日本全土で観測再開
ソ連から、「本体は肉眼では見えない。明るく見えるのはロケットとカバー」との見解

10.11 早朝、航空機、北海道と新潟で**ロケットの一部を確認**。(他の地域は曇天で観測不可)

10.12 北海道2カ所と新潟で早朝確認。

各地で疲弊の声

11、12日に確認したのは
一番明るいロケット？

10.13 旭川、札幌、仙台、新潟、上諏訪、京都で確認。**仙台で初めて本体を検出**。

以降

～10.20 早朝の観測で、全国から135(採用75)、

10.21～24 夕方の観測で、全国から66(採用26)の結果が集まった。

7. 成果



観測結果

- ・早朝と夕刻、熱心に観測する班が多く、最終的には1968年4月まで体制は継続した。
- ・本来、数日で完了するはずの計画であったが、ベーカー・ナン・シュミットカメラが完成していないので、ずるずると終わりのない観測となった。

国内での観測採用数(=観測成功回数) 1957.10-1961.5

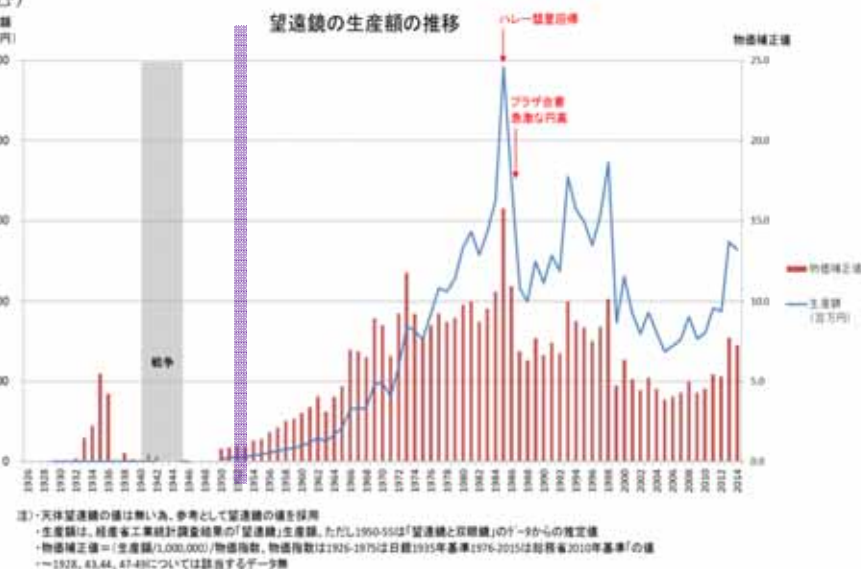
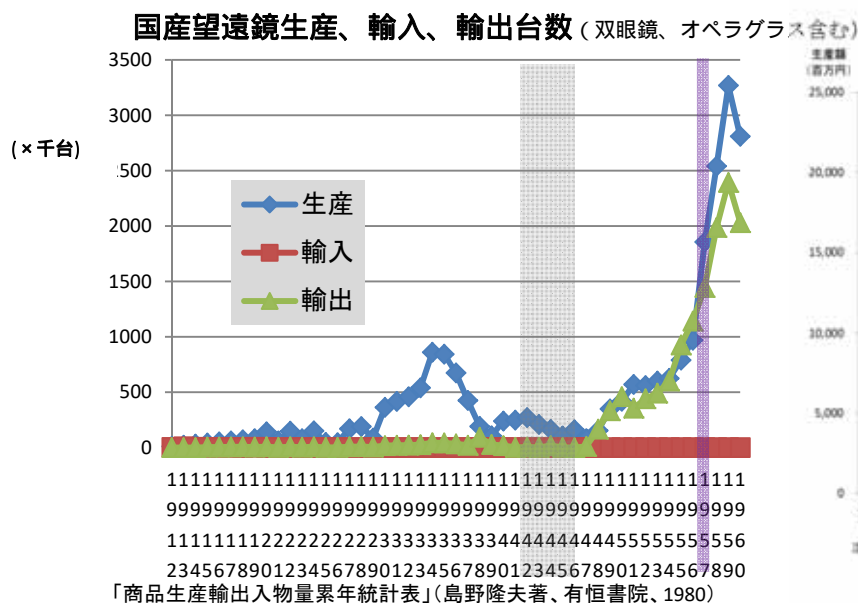
打上日	衛星名	国	識別名	大きさ			軌道				落下日	観測成功回数 (国内)
				形状	サイズ	重量	近点 (km)	遠点 (km)	傾斜角 (度)	周期 (分)		
1957.10.4	スプートニク1号	ソ	1957 α	球状	58cmS Φ	83.6kg	215	939	65.1	96.2	1958.1.4	188
1957.11.3	スプートニク2号	ソ	1957 β	円錐	4mx2m Φ	508kg	212	1660	65.3	103.7	1958.4.14	535
1958.2.1	エクスプローラー1号	米	1958 α	鉛筆型		14.0kg	358	2550	33.2	114.8	1970.3.31	36
1958.3.17	ヴァンガード1号	米	1958 β	球形	16cmS Φ	1.6kg	654	3969	34.3	134.2	現在周回中	5
1958.3.26	エクスプローラー3	米	1958 γ	鉛筆型		14.1kg	186	2799	33.4	115.7	1958.6.28	0
1958.5.15	スプートニク3号	ソ	1958 δ	円錐	3.57m	1327kg	217	1864	65.2	105.9	1960.4.6	881
1958.7.27	エクスプローラー4	米	1958 ε	鉛筆型		25.5kg	263	2213	50.3	110.2	1959.9.3	21
1958.12.18	SCORE	米	1958 ζ			68kg	183		32.3	101.5	1959.1.21	45
1959.2.17	ヴァンガード2号	米	1959 α	球形	51cmS Φ	9.5kg						34

○ アマチュアがプロの天文学者と共に、最先端の科学に接する貴重な機会であった

- 全世界の科学、天文学愛好家の間で、未来の可能性を共有できた。

- ・人類初の人工衛星打上を前に、世界中の一般人の目を向けさせたことで、その後の米ソの宇宙開発競争の過熱に対し、宇宙ブームの火付け役となった。

- 日本の光学技術を世界に知らしめることができた。





現代にどう生かせるか

我々にはこれほどの一大イベントを成した経験がある。

現代にもう一度宇宙ブームを起こしたい。

いっしょに、考えて行きましょう

放出直後の小型衛星

イリジウムフレア

ミラーボール衛星

地球でのスイングバイ

軌道上の歴史的衛星

大気圏突入前の衛星

軌道予報コンテスト

合同観測会

趣味の衛星観測



ご聴講、ありがとうございました。

参考文献

W.Patrick McCray:「Keep Watching the Skies」(Princeton University Press.2008.アメリカ)

Matthew Brzezinski著、野村香方子訳:「レッドムーン・ショック」(日本放送出版協会、2009)

日本アマチュア天文史編纂会編:「日本アマチュア天文史」(恒星社厚生閣、1987)

宮地政司:「人工衛星」(角川書店 1958)

A.シュテルンフォルト 著、金子不二夫 訳、宮地政司 補:「人工衛星」(岩波新書、 1958)

島野隆夫:「商品生産輸出入物量累年統計表」(有恒書院、1980)

