

私の東京オリンピックの思い出

— 初めて太平洋横断衛星中継に貢献 —

小塩立吉

現在では衛星通信や衛星放送は常識化しているが、1964(昭和 39)年の東京オリンピックを Syncom3 という初の静止衛星を介して太平洋を越えるテレビ(TV)中継が成功したことは、特筆に値する技術革新であった。

この計画には電波研究所(当時)、NHK、NECほか、米国では^{ヒューズ}HUGHES Aircraft社、NASA、カリフォルニア州^{マグー}Point Mugu海軍基地などが参加した一大プロジェクトであった。

私はその時衛星を角度追尾する分野で参画していたが、この追尾技術を通して東京オリンピックの初の太平洋横断衛星中継が成功した前後の思い出を述べたい。

1. 電波研鹿島支所の人工衛星追尾系

私は、1959(昭和 34)に NEC に入社したが、以後初期の宇宙開発に携わる幸運に恵まれた。直径 30m の大パラボラアンテナの焦点付近に 4 個のダイポールアンテナを置き方位、仰角を追尾する方式であり、136MHz 帯既存衛星ビーコン電波を受信測角する技術と、微弱な電波を位相同期と言う方法で受信しドプラー効果を測定するシステムの開発が 1963(昭和 38 年)に完成していた。この技術は、静止衛星が静止に至るまでのデータを残しながら TV 中継に用いられ、後に我が国の人工衛星打ち上げ計画において軌道測定システムの基礎となった。



2. 欧州または米国西海岸との楕円軌道衛星短時間 TV 中継

TV の衛星中継は一足飛びに静止衛星に行ったのではなく、Telstar、Relay などの楕

円軌道衛星の遠地点が太平洋上に丁度差し掛かる 10～15 分の間衛星通信を行おうとするもので、TV 用送受信装置と追尾受信系などの開発は電波研究所および KDD で平行して行われていた。1963(昭和 38)年 11 月 22 日に KDD が行った実験の際、折しも直前にケネディ大統領が暗殺され、そのビッグニュースが急遽差し込まれて来たのだった。いやが上にも TV の衛星中継の重要性が認識されたのであった。欧州との間でも実験が行われ、電話伝送実験では電波研究所が先頭を切った。



KDD Juuou station

KDD 十王地球局で行われた Relay2 号による短時間日米間伝送実験

3. シンコム Syncom 3 による太平洋越のTV衛星通信計画

米国^{ヒューズ}HUGHES Aircraft社は、静止衛星こそ実用衛星通信の本命と睨んで^{シンコム}Syncom計画を進めていた。しかし、静止衛星の高度は 36,000kmもありTV中継に十分な中継器を積むことは困難であった。困難は承知で種々の新技術を結集して太平洋を横断して東京オリンピックを何とか中継しようと密かに計画が練られていた。

この衛星への送信周波数は 7,363MHz と高く 10mφ のアンテナおよび送信機を NEC が急造した。一方、地上受信周波数は 1,815MHz であり 30mφ パラボラはこの周波数のカセグレイン給電系に改造された。しかし、角度追尾機能は持たないため衛星が十分静止する迄は角度追尾が必須であり 136MHz 帯ビーコン波を受信追尾し、その角度を地上送信アンテナに指示することとした。

約 6° ビーム幅の 136MHz で角度追尾し、0.4° 幅の受信ビーム、さらに細い 0.3° 幅の送信ビームの中心に向ける必要があった。VHF の電波は電離層や大気屈折効果が大きいので動作状況を見ながら指示角度の微調整が必要であった。

TV 受信信号は、鏡面中心の一次ホーン背後に液体窒素で冷却するパラメトリックアンプと言う低雑音増幅器が用いられたが、その魔法瓶は 45° 傾けアンテナ仰角に関わら

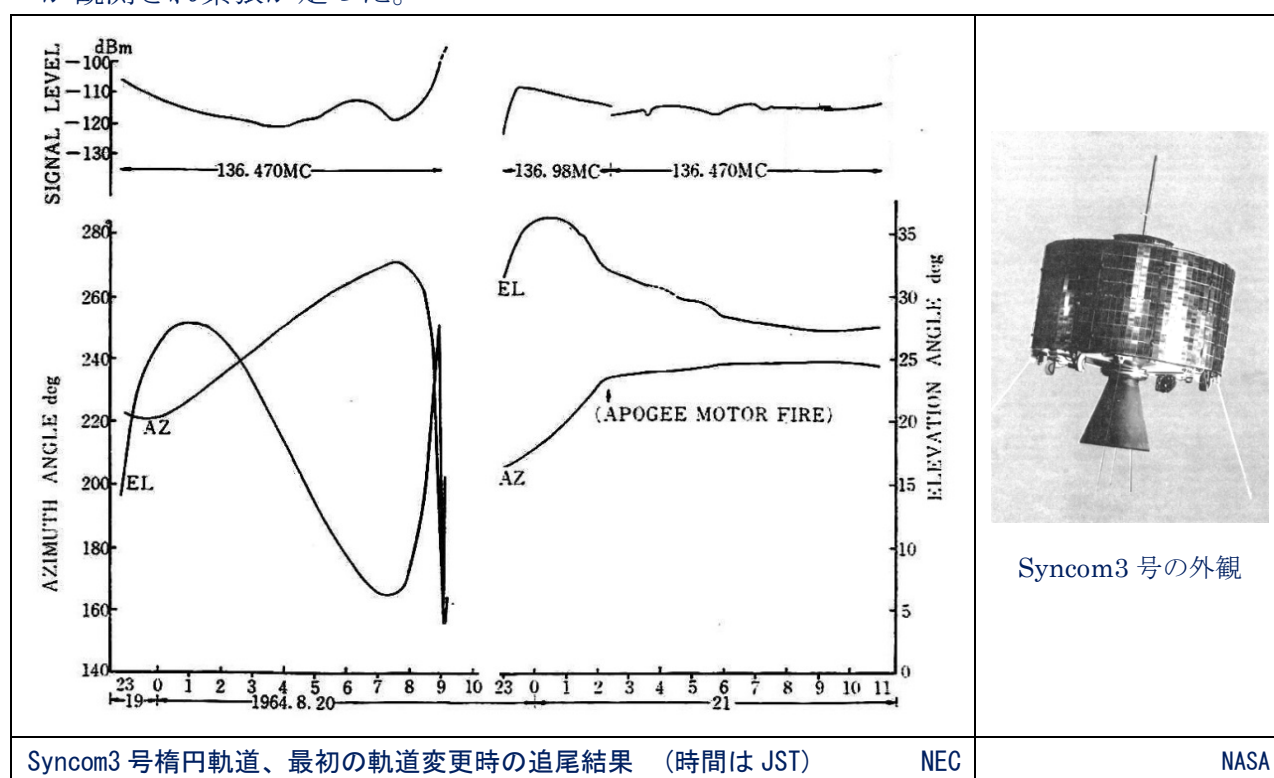
ず動作するよう工夫された。TV 受信信号は弱く、FM 波の雑音を低減する位相同期による「高感度受信方式」が採用され、これは 2) 項の受信機が用いられた。

4. Syncom3 打ち上げと追尾、衛星中継成功まで

この衛星は、本来 TV 中継用ではなく FM 変調幅は 13MHz と狭く、TV 帯域幅は 2Mz 程度に限られ、さらに衛星送信電力が 2W と少なく、TV 信号を何とか通すには種々の工夫が必要であった。結局 NHK の正極同期非直線プリエンファシス方式と言う方式が採用された。送信装置は 10kW 級であり導波管が温度上昇し風冷が必要であった。

8 月 19 日 12:15(UT 世界標準時)に打ち上げられ、80 分後から鹿島で 136MHz により追尾が始まった。

下図のデーターは、打ち上げ直後の鹿島地上局から見た緯度(EL)、経度(AZ)の変化を示している。最初の楕円軌道では鹿島から見て真西を越え AZ : 270°、EL : 7° と低くなりインド洋に当たる。この楕円軌道が遠地点(APOGEE)に達した 1964.8.20 日 2 時過ぎ、静止軌道に移行するため軌道変更が行われ、この間周波数の変更も行われている。しかし、新軌道は僅か予定より高めであり、毎日さらに 3.25° 西へずれて行くのが観測され緊張が走った。

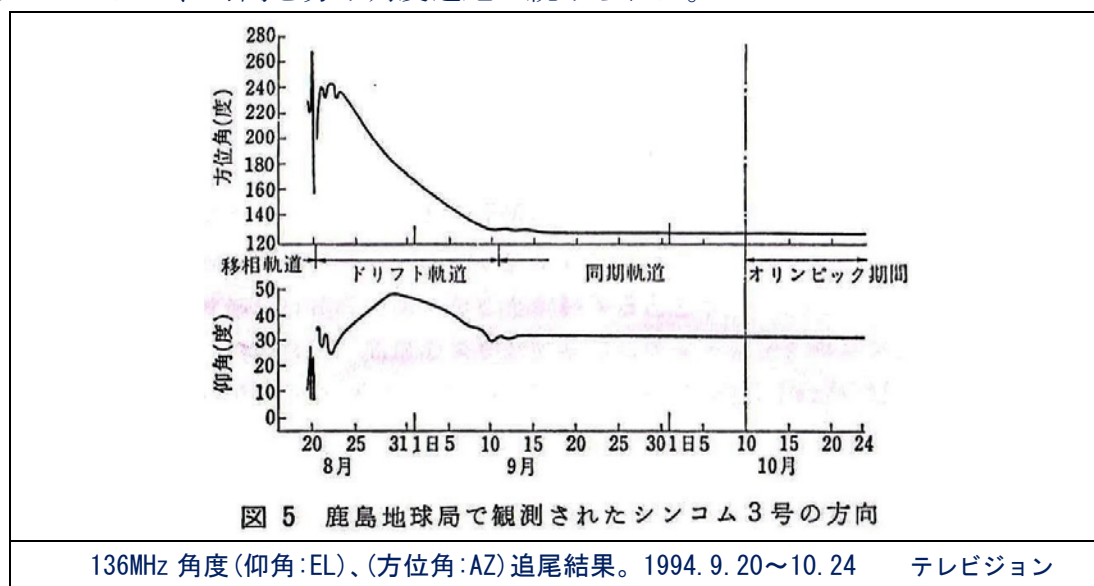


次のグラフは、動きが緩やかになり日単位のグラフである。静止に至る過程とオリンピック期間中を含む 136MHz の AZ、EL 追尾結果である。

極僅か低めの軌道への修正が行われ 22 日以降毎日約 6° ずつ東に移動し始め、8 月末に鹿島南方を通過し、この頃から安堵感が広がった。

この頃から TV 用給電系工事、パラメトリックアンプの調整などアンテナに集中し、

また室内機器の取り付け調整、総合調整など各種作業が輻輳し、連日の徹夜体制ともなっていたが、時間を分け角度追尾が続けられた。



何回かの微修正もあり 9 月 5 日には衛星位置もほぼ落ち着き徐々に目標の日付変更線に近づいて行き、10 日過ぎには角度も計算値の AZ:125.5° EL:31.4° 付近に達した。12 日には米国より一足早く鹿島局と衛星間折り返しの試験が始まり、Point Mugu 局からは当初は見えない状態であったが 10 月 1 日から Point Mugu 局も折り返し試験に成功し、対米伝送試験に移ることができた。続いて NBC などの放送関係者の評価が行われ「十分放送に耐える品質」と評価された。TV 専門家によれば種々の新技術が奏効し画像評価として信号対雑音比 35dB に相当する迄に達したと報告されている。

衛星経由では 0.26 秒遅延があり、一方、音声信号は衛星に乗らないため海底ケーブルが用いられ、海底ケーブルなどの遅延は 0.1 秒足らずであり、米国側で特殊なテープレコーダーを用い 0.17 秒の遅延調整が行われた。

下の世界地図には、Syncom3 が静止に至る経過、電波経路、空輸ルートを示しており、カナダ CBC へは Burbank 空港から Toronto、Montreal へ空輸され、EBU へはマイクロ回線で Mont Real に至り空港で録画し大西洋を越え Hamburg へ空輸された。



5. 鹿島局の全体像は次の写真に示すとおりである。



左 送信アンテナ 10mφ 右 受信アンテナ 30mφ (遠方にあり小さく見える。)



1, 815MHz 副反射鏡と 136MHz 4本のダイポール



地上高 40m の支柱頂点の筆者

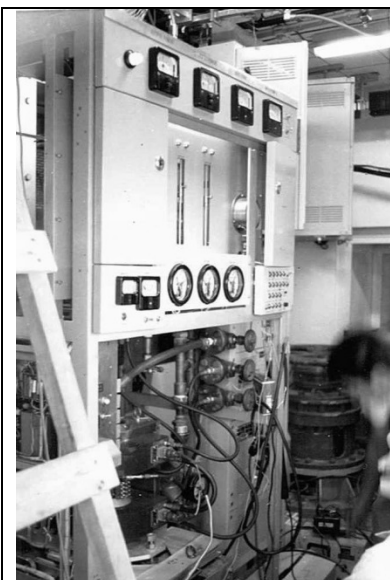
鹿島局での問題は、写真に示すようにカセグレイン副反射鏡の前に 136MHz ダイポールがあり TV 受信利得が 1dB 強低下し鹿島局の TV 画像品質が落ちることであった。幸い Point Mugu の画質が落ちる懸念はなく、侃々諤々の議論の末、電波研幹部の決

断で 136MHz 追尾機能を残すことに決定した。やがて打ち上げられた Syncom3 号の打ち上げ直後から静止に至る貴重な追尾データを残すことができた。

静止衛星を含め初期の衛星は円柱のような形状でその軸周りに回転(spin)させ姿勢を保っており Syncom3 の場合 2.75rpm であった。このため送受信ビームが衛星から幾分外れると、この周期で画像に雑音が増えることを経験した。Syncom3 号を介し衛星通信が進むにつれて 1 日の変動が 0.1° 台に収まることが実感され始めた。

6. 6GHz 帯送信装置

6GHz 帯の送信を行うため、急遽クライストロン送信装置が製作された。



6GHz 帯クライストロン送信機

○30m の大型パラボラアンテナの設計は 6GHz 帯での使用を想定しておらず、Syncom3 号送信用として 10m アンテナと送信機が急遽製作された。

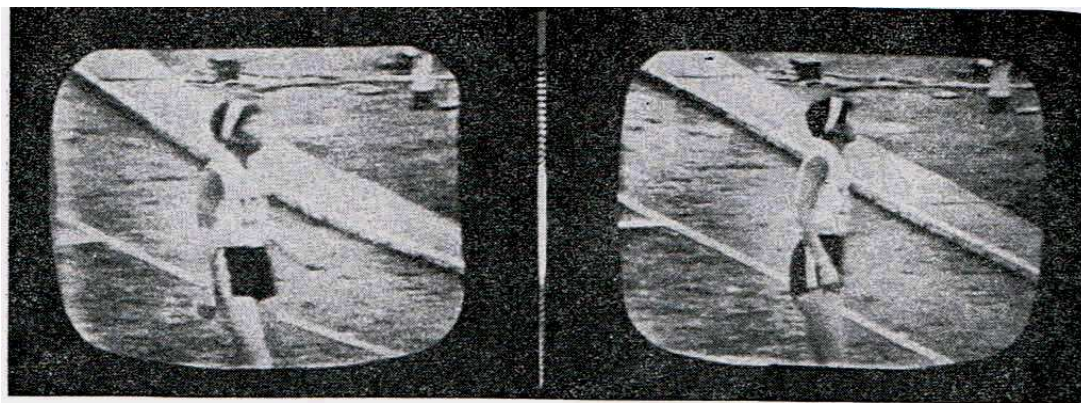
○ アンテナに角度追尾機能はなく当初は 30m パラボラの 136MHz の追尾角度を貰い手動で AZ,EL を調整した。全系が動作し始め、また衛星の軌道が静止軌道になるに従い細いビームの衛星通信の状況から角度の微調整が行われた。

○ 送信出力は 10kW クラスであり、送信ライストロンは水冷管であり、総消費電力は大きく熱交換器など、小さい建物内で担当者は大変苦労した。

○送信すると導波管も高温となり風冷が必要であった。

7. Syncom3 による衛星中継画面

公刊文献から拾い Syncom3 を介して衛星中継された映像の幾つかを紹介したい。



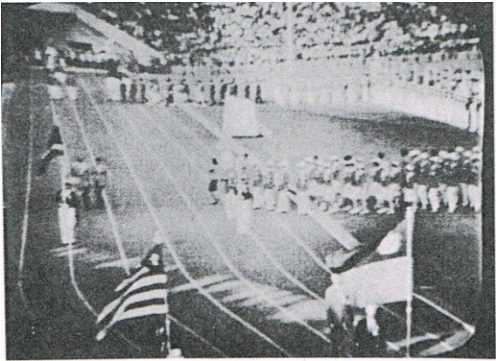
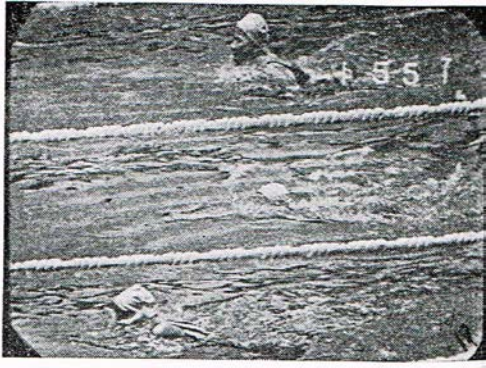
左: 受 信

右: 送 信

写真 4 鹿島地球局衛星折り返し試験時のテレビ画像 テレビシステム No. 1, 期日 1964.9.26

鹿島局衛星折り返し試験時の映像 右送信画面、左受信画面では選手の動作が遅れる初の経験。

1964.9.26 テレビジョン

	
鹿島折り返し画像例 テレビジョン	Point Magu 局での画像例 NHK
 図2.4.17(1) 米国ポイントマグー地球局受信画像 (NHK提供)	 写真 6 ポイントマグー地球局で受信されたテレビ画像
Point Mugu 局での画像例 NHK	テレビジョン

米国への TV 伝送は、NHK と NBC の契約により 1 日 15 分の要約版を放送することとなっていた。欧州各国は TV 方式が異なり変換で見難くなるものの空輸画像を 1 時間楽しんでいるのに、米国は 15 分と短く、もっと活用すべきと競合放送網 ABC、CBC から不満が出て紛争が起きたほどであった。

重量挙げの三宅義信選手、東洋の魔女日本女子バレー、アベベのマラソン優勝も世界を駆け巡った。

参考文献：文中簡単な名称で表示した資料、画像等の出展を正式名称で記し、謝意を表します。

1. [テレビジョン]：テレビジョン学会誌 第 19 巻第 3 号 特集 東京オリンピックのテレビ放送 国会図書館蔵
2. [NHK]：NHK における宇宙中継技術に関する技術開発史 兼六出版(株) 1994 国会図書館蔵
3. 開発物語 東京オリンピックのテレビ映像を世界のお茶の間へ 村主幸康、石沢禎弘 通信ソサエティマガジン No.11 冬 2009
4. [NEC]：雑誌 NEC No.72 1965 自己所蔵。あるいは NEC 広報室。
5. [JAXA]：JAXA website より。
6. [おすすめ諸元]：Wikipedia おすすめ より。
7. [NASA]：Syncom3 写真、性能等。 NASA website より。
8. [Google map]メルカトール世界地図。
9. 参考に調査した資料 第十八回オリンピック大会公式報告書 下 1955.7 東京大学図書館蔵ほか
9. 特に記述なしは、プロジェクト参画時にその都度入手した資料あるいは自己撮影写真、自己所蔵。