



〈研究紹介〉

太陽発電衛星——宇宙から地上へクリーンで安価なエネルギーを供給するための最適な方法

モスクワ大学物理学部門 ヴラジミール・バンケ

私は、モスクワ大学の物理学部門に所属し、本年8月から5ヵ月間、客員研究員として宇宙研に滞在している。モスクワ大学は、ロシアの偉大な科学者Michael Lomonosovによって1756年に設立された由緒ある大学である（次ページ写真）。宇宙研では衛星応用工学研究系に所属し、太陽発電衛星の研究を行っている。

◆太陽発電衛星SPSとは

エネルギー問題は人類の前途に立ち塞がっている基本的な問題であるが、その解決のための最もクリーンで有力な方法は、太陽エネルギーの利用である。ピーター・グレーザーが提案した太陽発電衛星SPS(Solar Power Satellite)は、21世紀の初頭にはエネルギー問題を解決するための切札になるであろう。

既に多くの国でSPSの研究が広範に行われている。これらの研究では、静止衛星軌道に巨大な太陽電池パネルを展開し、そのエネルギーを収束したマイクロ波ビームで地上に送電することを想定している（図1）。静止衛星軌道では、太陽エネルギーの密度も大きく（ 1.4 kW/m^2 ）、時間変化も殆どない。静止衛星軌道のSPSから、地球上の一定地域に、天候に左右されることなく常時、安価なエネルギーをマイクロ波の形で送電することができる（1台のSPS当たり5～10GW）。

◆モスクワ大学でのSPS研究

モスクワ大学では、SPSで最も重要なマイクロ波送電技術について、幅広い研究が行われている。送電アンテナからの送電パターンを最適化することにより、高効率で安全性の高いマイクロ波を地

上に送電できることを示した研究はその一例である。これにより、受電アンテナの外側では、世界で最も厳しいロシアの医学基準 ($0.1\text{W}/\text{m}^2$) を満たすだけでなく、既に地上で利用されているマイクロ波による航法や通信になんら影響を及ぼさないことを示すことができた。また、地上でマイクロ波を電力に変換する方法についても最適化を行い、半導体方式だけでなく、電子ビームを用いた大電力で高電圧の変換方式（マイクロ波から直流への変換）についての研究も行っている。

◆太陽発電衛星の意義とその実現性

太陽発電衛星の電力システムとしての原理的な利点は、良く知られているように次のような点である（図2）。

- ・熱汚染が少ない（地球環境問題の点から、非常に重要である）
- ・化石燃料（石炭、石油、天然ガス等）の代替エネルギーとなりうる
- ・環境を汚染する放射線が出ない
- ・炭酸ガスを発生しない
- ・放射性物質や放射能に汚染された装置の廃棄の問題がない
- ・極めて安全である
- ・受電地域は、実用上、工業や農業地域として併用できる
- ・マイクロ波の電力を容易に、広範囲の受電所、例えば、いろいろな国の受電所に、衛星側で切換えて供給することができる。

しかしながら、実用型のSPSとしては、以下のような大規模なものが考えられてきたため、その実現性に疑問を感じている人も多い。



モスクワ大学のメインビルディング
22,000人の学生が勉強、研究に励んでいる

- | | |
|-----------------|------------------------|
| ・太陽電池パネルの大きさ | 50km ² |
| ・送電アンテナの直径 | 1 km |
| ・総重量 | 3～5万トン |
| ・最初のSPSを作るための費用 | 10兆円以上
(打ち上げコストを含む) |

しかし、我々の生態系に関わるような問題の解決は、今日では全く不可能と思われるような巨大な規模のプロジェクトを実現することによってのみ可能であろう。

米国やロシアを含む多くの国の宇宙機関や会社は、これまでSPSに関する問題を非常に多岐にわたり分析し、研究している。それらで得られた主な結論は、SPSは非常に有望なエネルギーシステムであり、もし予算さえ充分あれば、計画がスタートしてから約20年で、最初のSPSを建設することができるというものである。また、SPSへの投資の回収は、6年以内に可能であると言われている。

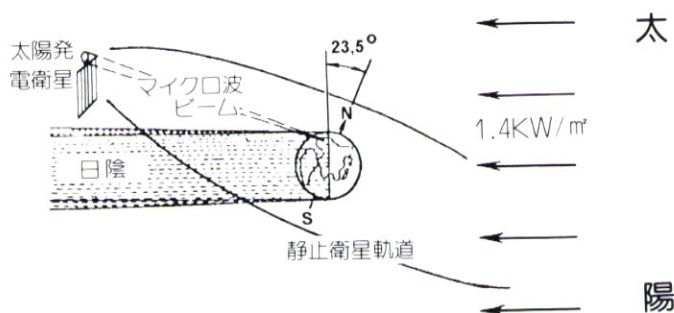


図1 太陽発電衛星(SPS)の概念。静止衛星軌道で発電し、マイクロ波で地上に送電する。

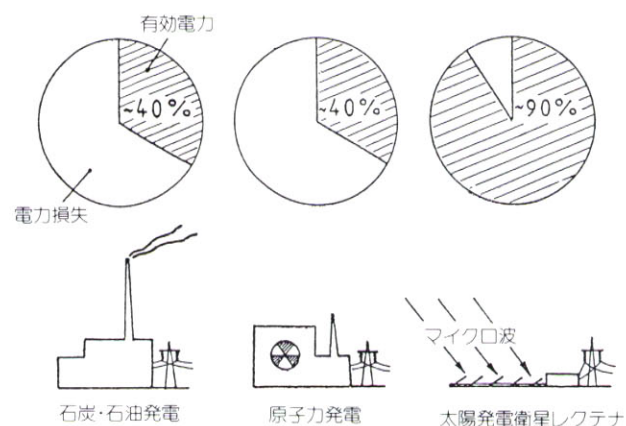


図2 地上の電力システムとSPSのエネルギー効率の比較

◆SPSを推進するために

SPSに対する人々の意見と財政上のリスクをどうするか、現在最も重要な問題である。

SPSの理念は、エネルギー工学の世界では全くの“新参者”である。この世界は、SPSの強力な競争相手によって支配されており、しばしば客観的な決定がなされないことがある。例えばロシアでは、核融合の研究については全ての学生が良く知っているが、物理や、工学や、そして宇宙工学の専門家でさえも、SPSについて十分な知識を持ち合せていないのが実情である。この状況は、勿論ロシアだけのものではなく、多くの国に共通している。もし、SPSの研究が、核融合と同じように長年よくなされていたとすれば、少なくとも実験的なSPSはもう実現していたに違いない。

SPSへの投資の回収は、最初のSPSを作ってから始まるのではなく、もっと早くから始まることに注目する必要がある。何故なら、SPSの開発段階で得られる最新の工学や科学の知識は、他の科学や工学の分野に応用できるからである。例えば米国のアポロ計画（2兆5千億円規模）は、経済的な目的をもたず、国家威信の高揚が目的であったが、上に述べたような理由で、その投資の何倍もの見返りがあったとされている。

SPSのような有望で巨大なプロジェクトを、できるだけ財政的なリスクを小さくして実現するには、国際協力で実施する以外に道はない。このようなクリーンで安価なエネルギーの潜在的なユーザーである開発途上国こそ、ただちにSPSという有望な問題に積極的に取り組むべきであろう。

◆日本とロシアのSPS共同研究

宇宙研の長友信人教授のグループが研究している10メガワットクラスのSPS2000計画は、フルスケールのSPSを実現するための、重要な第一歩である。SPS2000は、SPSの主要なアイデアを試験し、実証することができるだけでなく、実際に、赤道域の国々にクリーンで安価な電力を供給することができる。

私は、宇宙研に滞在中、モスクワ大学での研究を応用して、SPS2000のマイクロ波送電についてシミュレーション計算を行った。このシステムの送電効率はかなり高くすることができ(95~98%)

受電アンテナの外側に洩れる有害なサイドローブ波の電力密度も、ロシアの医学基準に比べてはるかに小さい値に抑えられることが分った(図3)。SPS2000は、非常に安全なエネルギーシステムであると言えよう。

私は、ロシアの科学者達が、SPS2000の設計研究や、本年2月に行われた観測ロケットによるマイクロ波送電実験(ISY-METS実験)について、もっと詳しく知る必要があると考えている。私は、日本のSPS研究者と共著で、ロシアの著名な物理学会誌であるロシア科学アカデミーの“Uspekhi Physicheskikh Nauk”に、宇宙研でのSPS研究の紹介記事を書くことにしている。また、ロシアと日本の科学的な交流を深めるため、モスクワ大学でのマイクロ波用電力素子と太陽発電衛星についての研究報告を準備している。

宇宙研での私のSPSの研究が、モスクワ大学での科学研究グループにとって非常に有益であることを確信している。我々のグループは、今後もSPSに関し、日本とロシアの共同研究を、一層発展、強化させたいと考えている。

(ヴラジミール・バンケ)

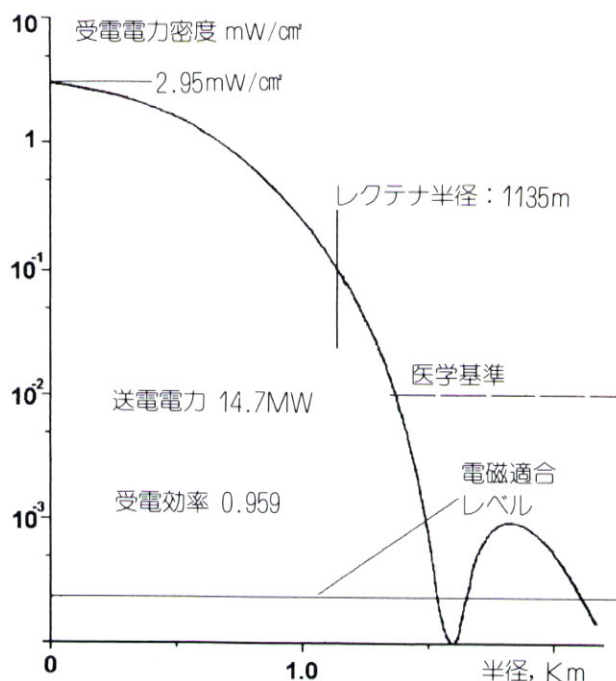


図3 SPS2000でマイクロ波ビームを最適化した場合の地上でのマイクロ波のエネルギー密度

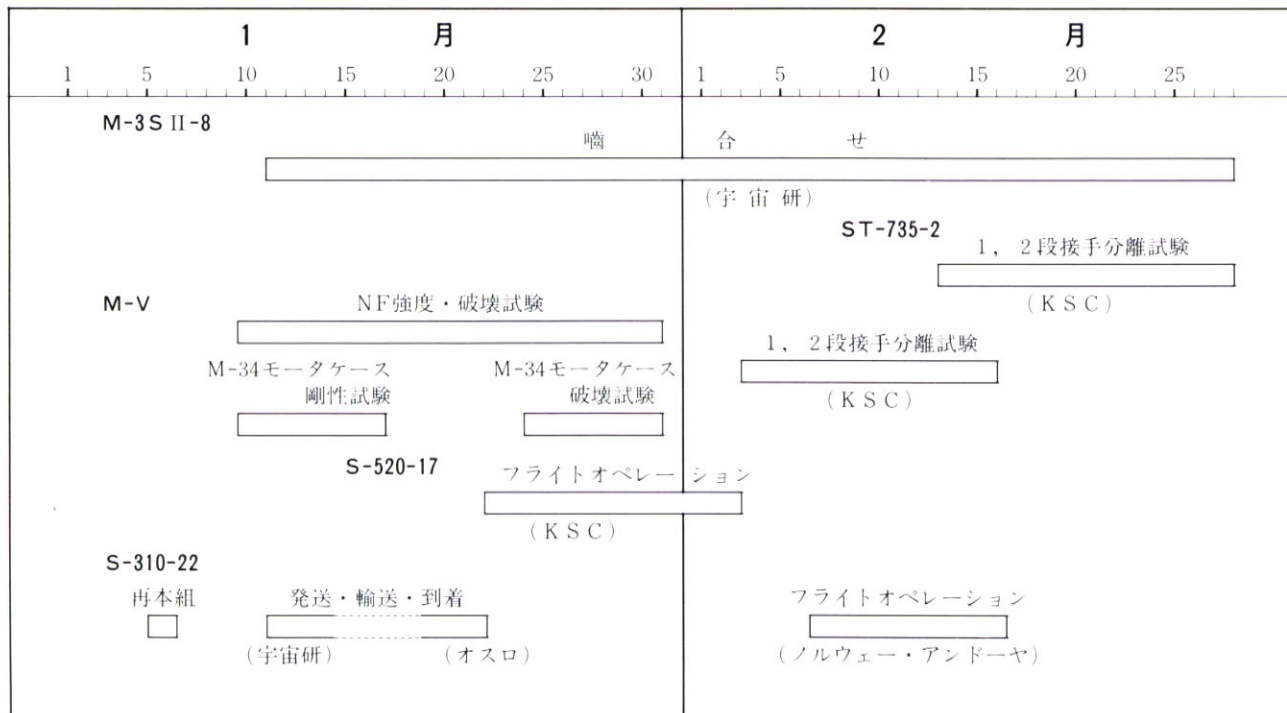
お知らせ



★シンポジウム開催予定

宇宙放射線シンポジウム		大気圏シンポジウム	
開催日	平成6年1月13日(木)～14日(金)	開催日	平成6年1月27日(木)～28日(金)
場 所	宇宙科学研究所本館2階会議場	場 所	宇宙科学研究所本館2階会議場
宇宙エネルギーシンポジウム		◇問合せ先：宇宙科学研究所研究協力課 共同利用係 0427(51)3911 (内線 2234,2235)	
開催日	平成6年1月24日(月)～26日(水)		
場 所	宇宙科学研究所本館2階会議場		

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール(1月・2月)

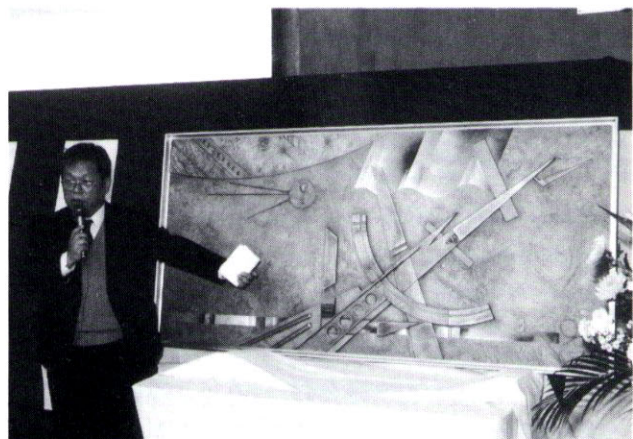


★鹿児島宇宙空間観測所(KSC)開設30周年記念式典および祝賀会 (表紙写真, 撮影：前山勝則)

11月19日11時30分からKSC管理棟大会議室において標記式典が行われた。鹿児島県および内之浦町の各宇宙空間観測協力会の方々(鹿児島県知事代理松田史郎出納長, 増當可也内之浦町長ほか), 地元OBの方々(久木元峻元町長, 田中キミ元婦人会長ほか), 東大生研・宇宙研OBの先生方(初代東大宇宙航空研究所長高木昇先生, 齋藤成文先生ほか)など外部から約50名の方々にご臨席賜り, 宇宙研からは秋葉所長, 田中企画調整主幹, 山本管理部長ほか約30名が出席した。

森庶務課長の司会のもとに, 秋葉所長の挨拶,

雛田教授の経過報告, 土屋鹿児島県知事および増當町長からのご祝辞, 内之浦町への記念レリーフ贈呈, 関係者(協力会の17機関と2個人)への感謝状贈呈と滞りなく進められた。



このレリーフは彫刻家久保田晴彦氏のご好意によって制作されたもので、未知なる宇宙と文明による探査を観念的に再構築したタテ1 m×ヨコ2 mの重量感ある作品である。なお、レリーフの制作に当っては(財)宇宙科学振興会の全面的なご協力があった。

式典終了後「おおすみ」記念碑の前で記念撮影を済ませ、引続き約1時間祝賀会がもたれた。高木先生に乾杯のご発声をお願いし、また齋藤先生、久木元元町長、田中元婦人会長など諸先輩の方々からKSC開設前後や「おおすみ」打上げの頃のことなどを中心にお話頂き、先達のご苦勞に改めて感謝しつつ会を終えた。(籬田元紀)

★宇宙科学講演と映画の会(東北)開催される

東北地区における「宇宙科学講演と映画の会」が11月7日(日)午後2時から仙台市科学館において開催された。

この会は、昨年関西地区において行われ、本年は東北地区において宇宙科学研究について広く一般の理解を深めるため実施されたものである。

当日は、雲一つない晴天のなかで約270名の来場者があった。司会は、ベテランの小山助教授、田中企画調整主幹の挨拶により開演され、講演は東北大学理学部大家寛教授による「宇宙科学観測の歩みー我国のロケット開発とともに」及び本研究所の高野雅弘教授による「ペンシルからM-V型ロケットまで」を講演した後、聴衆からの熱心な質疑が行われ、映画「Welcome to ISAS」が上映され盛況裡のうち午後6時過ぎ無事終了した。

(高橋義昭)



★ISAS/NASDA連絡会

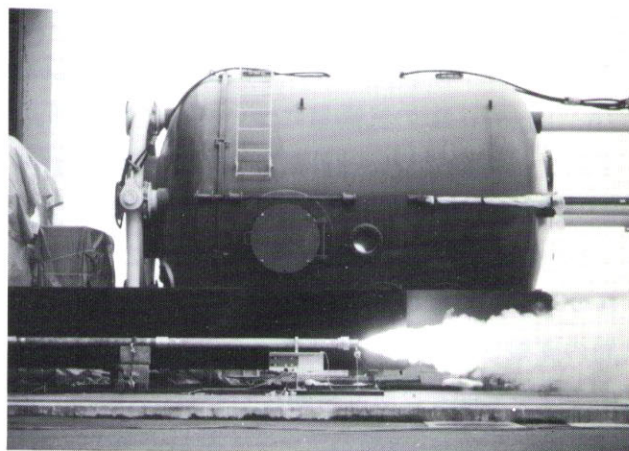
ISAS/NASDA連絡会が11月24日に、ISAS側からは田中副所長以下、NASDA側からは松井副理事長以下が出席して宇宙開発事業団で開催された。双方から“あすか”の成果、M-V開発の進捗状況、TR-1による宇宙環境利用実験の成果、H-IIの準備状況等に関する報告ののち、将来計画についても説明があり、種々意見が交換された。またアークジェットについての共同研究実施の方向が了承された。終了後には懇親会が開かれ、正式会合を超える成果があったことを付記しておきたい。

(松尾弘毅)

★第3回M-V推進薬燃焼安定性評価試験

ロケットモータは音響発生場であり、推進薬の燃焼現象と共鳴すると音圧の変化に燃焼速度が敏感に反応して強い燃焼振動が発生する。本実験は過去2回にわたり重ねてきた実験の締めくくりに、燃焼器の長さをM-V第2段モータの相当長4500 mmまで伸ばし、推進薬BP-204Jを対象として燃焼面積の急速拡大法により縦方向の音響振動を強制的に発生させ、燃焼安定性を見極めることが主題である。

このように長い燃焼器を組立て、前側820 mmの長さのみに装填された推進薬を後方から静かに着火する作業には難渋したが結局4回の実験を行ったうち3回についてデータが取得できた。推進薬BP-204JはL820, 1620, および3500 mm(それぞれの長さに対応する基本音響周波数は約650, 325および150 Hz)の燃焼器では十分計測できる強さの振動を発生、応答関数も求められるレベルであった



が、L4500mmになると基本周波数108～113Hzが辛うじて検出し得る程度までしか燃焼振動が現われず、この推進薬を装填量70トンの初段モータ（基本周波数50Hz）、同じく30トンの第2段モータ（基本周波数125Hz）に適用して音響的異常燃焼を起こす恐れはかなり薄いとみられ、本年度末から行われる地上燃焼実験にも安心して臨めそうである。そのほか、推進燃料研究室で開発した水素化ポリイソブレン（HHTPI）系推進薬を装填した厚肉φ100mmモータおよびポリブタジエン推進薬を装填したφ100mm薄肉モータによる燃焼実験も無事終了、特にHHTPI系推進薬については現在コンポジット推進薬の主流を占めているポリブタジエン系より比推力の面で3～4sは勝っていることが立証できた。

なお、今回でM-Vロケットの開発関連の実験としては終了するが、L5500mm燃焼器によるデータの取り残しなどがあり、我々は機会を得てこの実験を続行したいと切望している。（岩間 彬）

★NASA・ISASネットワーク運用会議

11月5日、8日、9日の3日間、NASAと宇宙研との間のネットワーク運用会議が開催された。この会議は、宇宙研の衛星に対するDSN地上局の支援に関してNASA担当者と議論を行うためのものであり、定期的に毎年秋に開催されている。今年は以下のような議題について議論が行われた。

「ようこう」、「あすか」、「GEOTAIL」の三衛星については、DSN局でのテレメトリ受信と宇宙研へのデータ伝送が定期的に行われている。これらの衛星の支援に関しては特に大きな問題はなく、ほぼ順調に支援が行われていることが双方により確認された。将来ミッションであるMuses-B、Lunar-A、Planet-Bの三衛星については、宇宙研よりミッション概要や軌道計画について説明を行い、DSN局の支援の可能性などについて議論を行った。

SFUは、宇宙開発事業団のGMS-5と同一のH-IIロケットで打ち上げられ、どちらの衛星もDSN局の支援を必要としている。そのため、SFUについては事業団と合同で会議が行われ、SFUとGMS-5との間でのDSN局のアンテナ割当方針や宇宙研・

事業団・NASA三者で行われる合同リハーサルの計画などが議論された。

これらの会議には、NASAからはNASA本部の地上ネットワーク部門の担当者とJPLのDSN運用部門の担当者が参加し、宇宙研からは各プロジェクトの運用担当者やミッション計画担当者が議論に加わった。毎年ほぼ同じ顔ぶれで行われていることもあり、友好的な雰囲気のもとで議事が進行し、有意義な議論を能率よく行うことができた。

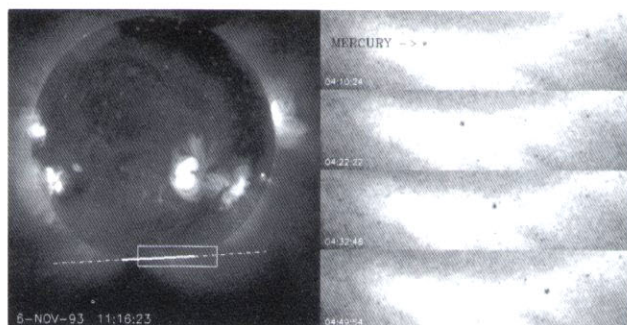
（山田隆弘）

★水星の太陽面通過をX線で撮像

今年11月6日、7年ぶりに水星の太陽面通過があった。全般的に天候はあまり良くなかったが、日本各地でも観測が試みられた。「ようこう」衛星は大気圏外からこの現象をX線で撮像することができた。下の写真は、水星が太陽面を通過した軌道をしめす。実線の部分が、太陽面を通過する範囲で、その左右の点線は軌道が外側のコロナに重なった部分である。水星はこの線にそって左から右に移動し、約2時間かかって太陽面上を横切った。その様子を細長い四角の範囲を拡大して、時間を追って示したのが右の上下に並べた4枚の写真である。上から順に水星（黒い点状のもの）がゆっくりと右へ移動しているのが、背景の太陽面コロナの放射するX線の上に影としてみえる。

水星の直径は、約10秒角程度である。水星のX線望遠鏡による撮像はもちろん初めてのことで、大変珍しい写真であるが、同時にまたこの撮像により、X線望遠鏡の解像力とコントラストについて貴重なデータが得られた。このような現象が次におこるのは1999年である。

（小川原嘉明）



— シリーズ —

銀河の仲間たち(6)

クエーサー(QSO), セイファート銀河

榎野 文命

1960年代は天文学の大発見の時代であった。クエーサーもその一つである。1962年に月の掩蔽を利用して電波源3C 273の位置が初めて正確に求められた。その位置に、シュミットは可視光で13-等の青い星のような天体を見つけた。驚いたことには、この天体からくる光のスペクトルは16%も赤い方へずれていた。ハッブルの法則に従えば、この天体は30億光年という遠方にあり、しかも、その明るさは銀河系の明るさの100倍以上もあるということになる。更に過去に撮影された写真乾板を調べると、この天体の明るさが1年程度の間に変化していることがわかった。天体の強度変化の時間に光速をかけたものは光の発生領域の大きさと考えてよいから、1光年つまり銀河系の大きさの1万分の1の大きさの領域から銀河系の100倍のエネルギーを発生していることになり、大きな論議を呼び起こした。これが今日クエーサーと呼ばれている天体である。月の掩蔽による電波の観測では同時に、3C 273の電波源が二つに分かれていることがわかっていて、可視光の観測によりそのうちの一つの電波源は3C 273のジェット状の中心部から吹き出している構造（ジェットと呼ばれる）に対応することが明らかとなった。

一方、1943年にセイファートは渦巻銀河の中心の星のように小さく見える領域から銀河全体に匹

敵するほど明るい光を放つ中心核を伴う銀河があることを発見した。その中心からは電離した原子からの強い輝線が観測される。これらの銀河はセイファート銀河と呼ばれる。セイファート銀河と同じような電離した原子からの輝線はクエーサーにも見られた。

クエーサーは電波源として発見されたが、後に電波を出さないクエーサーが多数発見される一方、電波銀河と呼ばれる電波の強い銀河にも明るい中心核があることがわかり、これらの天体をまとめて活動銀河核と呼ぶようになった。電波銀河には見事なジェットを伴うものが多く見られる。クエーサーもおそらく銀河の中にあると思われるが、遠方であるために銀河は見え、特に明るい中心核だけがあたかも星のように見えるのであろう。近年の観測技術の向上で、近傍のクエーサーで明るい中心核を取り巻く銀河がいくつか観測されている。クエーサーは観測できる最も遠い天体である。同じく1960年代に活動銀河核からX線及びガンマ線を強く放射していることが発見された。

活動銀河核の特徴は次のようなものである。

- 1) 星のように見える明るい中心核
- 2) 分から年以上の時間尺度での強度変化
- 3) 電波からガンマ線に至るすべての放射
- 4) ジェットの放出
- 5) 電離した原子からの強い輝線の放射

明るい中心核の正体は何であろうか。エネルギー発生率の大きさから、巨大質量のブラックホールとする説が有力になっている。我々の銀河やアンドロメダ銀河の中心にもブラックホールが存在すると言われているが、これも活動銀河核と共通の問題であろうか。

活動銀河核の正体を探るべく、MUSES-BによるスペースVLBI計画は電波の画像を1秒角の千分の一（ミリ秒角）以下の分解能力で得ることを可能とし、活動銀河核の巨大なエネルギーを発生している中心核をまさに直接覗こうとしている。また高性能化されたX線衛星「あすか」は最も遠いクエーサーの探索を始めている。

(まきの・ふみよし)

「訪 台 の 記」

小 山 孝 一 郎

11月8日朝、前日行われた本研究所の「講演と映画の会」後の慰労会の酔いをいささか残して、仙台、東京を經由し、約1時間遅れの飛行機で成田から台湾へと向かった。赤道電離圏のCOSPAR Colloquiumに出席するためである。従ってこれはわが「南船北馬」の記である。

台湾は地面に水平に走る地球磁場と東西方向の電場によって上方へ持ち上げられたプラズマによって作られるいわゆる赤道異常帯に位置し、地球物理的にはユニークな場所である。台湾の往中正国際空港に着いた時は、既に夜10時に近かった。Local organizerの暖かい出迎えを受け、ここよりバス、タクシーを乗り継いで、科学院のゲストハウスに着いた時は既に23時を過ぎていた。まわりにレストランもなく、この夜は自動販売機のジュースをがぶ飲みし(台湾の生水は飲めない)、空腹を抱えて朝を待った。9日の夜は静かにゲストハウスで中華料理らしき食事をとり、10日の夜、前日に集めた人口270万の台北市の食事情をもとに、日本人参加者10名で台北市のレストランへと繰り出し、四川料理と老酒を楽しみ、最後にデザートに芝麻球<ツマチヨ>(胡麻粒をまぶした直径3センチ程の丸い餡入りのお菓子)が出る頃には「もうtoo muchヨ!」と通信総合研究所の小川さんが叫んだ。

11日のExcursionは朝7時にゲストハウス前をバスで出発。台北市より東へ走り、太平洋に面する海岸の景色を楽しんだ。昼食は新鮮な刺身と中華料理、その後、台湾の村々をバスの窓越しに眺めつつ、交通渋滞で有名な台北市を抜けゲストハウスに着いたのは夜7時で、この後すぐにバンケットとなった。ここでも中華料理を楽しんだ。

12日の夜、また日本人参加者で台北市での最後の夜の台湾料理。是非試したいと思った蛇料理への夢は、前田女史とその同調者の造反によってあえなくついていた。故宮博物館等のsightseeingは、残念ながら短い滞在でできなかったが、とりあえず、食に関しては極めて充実したものであった。

はてさて、「よく遊び、よく学べ」の「学」の方はどうなったのでしょうか。9日より11日のexcursionを挟んで4日間にわたって開かれたColloquiumには、ISレーダによるプラズマバブルの研究を続けている日系3世の日本語の話せないSRIのTsunoda、二次元フォトメータでバブルの動きを追う、早口のMendillo、バブルの発達過程を見事にISレーダで捉えたプエルトリコのWoodman、赤

道帯のプラズマドリフトに関しては今一番活躍しているユタのFejer、そして70才になり自らをOld manと称しつつ、依然として活発に研究を続けるテキサスボーイのHanson、C.H.Liu、K.C.Yeu等のつい最近まで米国で活躍していた台湾人研究者、これに日本の通総研、名大、京大、東北大等からの12名を加えて総勢60名程が参加した。

8時に始まり、1時間のlunch breakを挟んで午後5時に終わるハードなスケジュール(11日のバス旅行もハードであった)であり、さすがのエネルギーギッシュな米国人研究者諸氏もお疲れのようであった。ましてや我々日本人(少なくとも私には)終日の英語によるconversationとlisteningには、いたく身だけでなく心も疲れた。

科学衛星をこれまで持った事のない台湾研究者の講演はほとんどが地上観測であったが、米国での長期滞在の経験を持つこれら研究者の研究は質が高いと感じた。プラズマバブルのシミュレーションを発表した若き女性研究者には、質問が集中した。台湾の人々の朝は早く、ようやく明るくなり始める朝6時頃には、公園での体操を終えた御老人達が、朝もやの中にゆっくりと消えて行く。朝の早いのは老人だけではない。先の女性研究者の指導教官であるKuo教授から、「朝7時半からDiscussionはいかが?」と持ちかけられた時には、驚きのあまり声も出ず、気を取り直して丁重に御辞退申し上げた。

今回の台北訪問の一番の収穫は、私達のごく近くに、少なくとも地上観測において十分な研究能力を持つグループがいることを知ったことである。正に「燈台下暗し」のGood exampleであった。赤道帯電離圏、大気の力学に人々の目が少しづつ再び向けられ始めた今、地球物理的にユニークな場所にあり、かつ、同じような現象に興味を持つ台湾研究者との交流をこれまでのインド、インドネシア、ブラジル等との交流に加え、今後、ますます発展させ、そしてまた少なくとも私達の分野にかぎってでもアジア地域研究者を組織化する必要があるのではないかと感じた次第である。

終わりに、本Colloquiumの開催にあたって、お世話になったlocal organizing committeeのKuo教授以下、memberの方々に、12名の日本人参加者を代表して、この場を借りて謝意を表すると共に、現在、計画されている台湾初の人工衛星Roc Satの実験成功を心から祈る次第である。

(おやま・こういちろう)

人工衛星の姿勢制御の話

第二回 スピン安定化

二宮 敬 虔

衛星にスピンを持たせることによって、ジャイロ剛性で姿勢をできるだけ一定に保つという考えは、アメリカの初めての衛星Explorer-I〔図1〕以来現在に至るまで多くの実用例がある。スピンを与えることは、姿勢の安定化のほかに温度の均一化、搭載観測機器視野の自動走査、ワイヤアンテナのような搭載装置への遠心力場の付与などの意味を持つ。スピン衛星では、希望のスピン軸が慣性主軸となるように調整する、いわゆる動釣合の調整が重要となる。

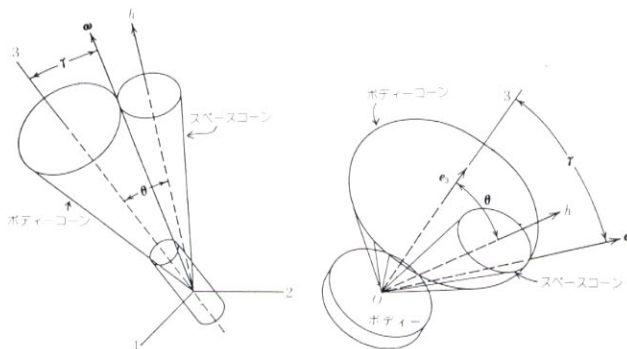
ところでExplorer-Iでは、電波信号の示すところによると、軌道に乗って数時間後にはスピン軸の首振り運動が顕著になり（ニューテーションと呼ばれる）、その振幅が不安定に増大して（フラットスピン化という）、やがて地上との通信が途絶えてしまった。この経験により初めて、理想的な剛体ではない実際の衛星では、最大慣性主軸まわりのスピンだけが安定であり、最小慣性主軸回りのスピンではニューテーションが増大して発散することが知られるようになった（Explorer-Iの場合は通信用のアンテナが柔軟で、その振動を通じて運動エネルギーが消散されたとされる）。我国初の人工衛星「おおすみ」は熱的原因で短時間で死んだが、数ヵ月後にオーストラリアの天文台が撮った写真では、フラットスピン化した様子がうかがわれた。

スピン衛星に外乱が加わると、角運動量ベクトルの方向（ニューテーション運動の中心方向）が変化し、スピン軸は新しい角運動量の回りにニューテーション運動を続ける〔図2〕。また、地磁気に原因して衛星構体内に発生する渦電流によるなど、ある種の外乱ではスピン速度も低下する。

従って一定のスピン状態を維持するためには、ニューテーションの減衰制御、スピン軸の方向制

御、およびスピン速度の制御が必要である。さらに、ロケットの燃焼中の姿勢安定をはかるために与えられた高いスピン速度を、軌道上での姿勢安定に必要な適切値に低減したり、スピン軸の向きを次々と変更する必要が生じることも多い。

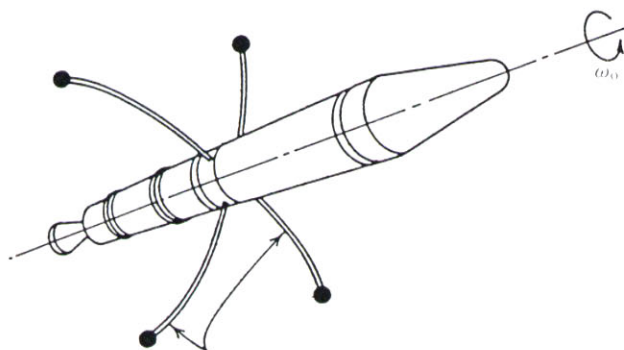
ニューテーションの減衰制御に関しては、スピン軸が最大慣性主軸に選ばれた通常のスピン衛星では、ニューテーション運動のエネルギー消散機構を設けるだけでこの運動を減衰させることができるため、粘性流体や渦電流損による「受動的な」ニューテーションダンパが用いられる。しかし最終段ロケットと結合した衛星の場合のように、スピン軸が最小慣性主軸となっている場合には、ニューテーションの発散を防ぐためには、ニューテーションを検出して必要な制御力を発生する「能動的な」制御が必要となる。ニューテーションの検出には、各種ジャイロや加速度計が通常用いられるが、場合によっては地磁気センサを使うことができる。制御力を発生するアクチュエータとしては、リアクションジェット装置が通常用いられるが、ニューテーションの発散率が小さい場合には電磁石により得られる磁気力を利用できる。スピン軸方向及びスピン速度の制御については、デュアルスピン衛星について説明する次回でふれることにしよう。（にのみや・けいけん）



棒状物体 ($I_3 < I_1 = I_2$) の場合 円盤状物体 ($I_3 > I_1 = I_2$) の場合

図2 軸対称物体のスピン運動。

いずれの場合にも、剛体に固定したボディーコーン（その中心軸がスピン軸）が空間に固定したスペースコーン（その中心軸が角運動量ベクトル方向）に接しつつ、滑りなく転がっていく。両コーンの接線が（瞬間）角速度ベクトルの方向を表す。 θ 、 γ は剛体の慣性特性および運動の初期条件に応じてとくに一定値をとる。



ターンスタイルアンテナ (4)

図1 Explorer-Iの外観



井の中の蛙大海を知らず

野 殿 圭 佑

昭和28年夏、私は職業安定所の紹介で駒場の東京大学理工学研究所（宇宙研の前身）を訪れ、工場の職員として採用された。もっとも後日知らされたところでは正式採用になったのは数ヵ月間の試験期間が過ぎてからであったようだ。

当時の中央工場には20数名の職員がいたが、若者は数名で後は中年を過ぎた老眼鏡のお世話になっているベテラン技能者ばかりであった。そのためか、そこにはまだ徒弟制度が残っていて、私のような新人は、朝一番に出勤して守衛さんから建物の鍵を受取り部屋の掃除をし、茶を入れて先輩方の出勤を待つ。夕方作業の終業時間が近づくと風呂を沸かす。その頃の浴槽はドラム缶で、熱源は電気。電気で湯を沸すというと聞えは良いが、ボビンに裸のニクロム線を巻き付けたものをドラム缶の中へ投げこみ、200Vのナイフスイッチに電線をつないで湯を沸すという物騒な代物であった。

そのころの思い出の一つに研究所へ走って通った事がある。その頃の公務員にはまだ交通費が支給されてなかったので、私のような安月給の中から定期代を出すのが大変だった。そこで私は運動靴を買って走ることにした。私の家は恵比寿駅東口からビール会社の方へ歩いて13分位の所にあった。そこから駅前へ出て代官山の横を通り、東大裏を左へ曲がり東北沢駅の方へ行くと研究所である。どの位の時間で着いたかはっきり覚えていないが、電車の乗り継ぎで通うのと同じ位で着いたように思う。そんな通勤を数ヵ月続けていると交通費が支給されるようになったので走るのはやめてしまった。

また、加配米の支給というのもあった。ある日先輩から「あした加配米が支給されるから家に帰ったら袋を作ってもらって持って来るように」と云われ、「どうしてですか」と聞いたら「工場労働者には特別に配給があるんだよ」と云われ何回か

支給されたことがある。当時それほど食糧事情が悪かった訳ではないと思う。たぶん戦時中の配給制度の名残りだったのだろうか。

数ヵ月が過ぎて年末恒例の忘年会となった。そこで私が披露したのが神楽坂芸者が歌って流行していた「芸者ワルツ」である。子供みtainな見習い工が一人前の色気を出して歌ったものだから、謹厳実直な先輩方に大いに気にいられ、それ以後の飲み会では必ず登場した。中でも圧巻だったのは暮れの大掃除の時である。窓ガラスを拭きながら誰かが鼻歌で始めた「芸者ワルツ」、途端に老いも若きも窓枠にぶらさがりながらの大合唱となり、通りを歩いていた職員が何事ならんと飛びこんで来たことがあった。

そんな日々の中、先輩達が一人去り二人去りして十数年が過ぎ幾つかの転換期があつて、私自身も家庭と職場での責任度が大きくなり、研究所のキャンパスにどっぷりと浸かり、世の荒波に揉まれずに過ごして数十年がたった今年の初夏、竜宮城より玉手箱が届いた。中には「あなたは来年3月末で定年となりますので通知します」との老化促進剤が入っていた。その時の気持ちを落語の熊さん八つあん流に表現すれば、「何いってやんでい、べらぼうめ。休暇も満足に取れないほど毎日いそがしく働かせておきながら、年寄りになったからやめてくださいなんて冗談じゃねえやい」と云いたい所だが、何とかよりも年の功と云うではないか、そこはそれ、腹にぐっとしまいでんでこういう時に世の中よく使われる名言のように「花は桜木、人は何とか」まあ散り際綺麗にいきましょうや。と云う訳で、春になったら大きく飛びあがり、世の中ぐるっと眺め回し、日本の名城を訪れ桜の開花と共に北上し、日本列島を縦断し見聞を広めたいと思っている。（のとの・けいすけ）

ISASニュース

No.153 1993.12.

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) ☎229 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 0427-51-3911

The Institute of Space and Astronautical Science

◆ISASニュースに関するお問合わせは、庶務課法規・出版係(内線2211)までお願いいたします。