

西独ボン大学滞在記

吉野 泰 造*

1. ボン滞在のはじまり

科学技術庁の長期在外研究員として昭和60年10月1日より10カ月間、西独のボン大学測地学研究所 (GIUB = Geodätisches Institut der Universität Bonn) に滞在了。西独は欧州 VLBI の中心的役割を果たしており、天文・測地 VLBI に大きな成果をあげている。現地では事前に計画していた日独 VLBI 実験の調整、遂行、データ解析を行うと共に、欧米の研究者との交流から、最近の VLBI の調査を行なった。

最初に降り立ったケルン／ボン空港は本当に森のまんなかにポツンと出来た小さな施設であり、清潔な印象を与えてくれた。アウトバーンを通してボンに向かう車窓の景色もすべて緑一色であった。ボンは人口約30万という小さな町で、規模からは首都とはとても思えない。ライン川に沿った政府公館、大使館そして大学がこの町の雰囲気を作っている。大都市と言えば北に50kmほどのところに大聖堂で有名なケルンがある。こちらは商業都市の趣が強く、フォトキナのような国際見本市も盛んである。ライン川沿いは気候も比較的穏やかで雪は降っても悩まされる程ではない。

ボンに到着した翌日、マックスプランク研究所 (MPI = Max Planck Institut für Radioastronomie) の宿泊施設から MPI の建物の最上階の食堂に向かう途中、建物内部を見ていると日本語が聞こえ、中をのぞくと日本から訪独中の祖父江、藤本、井上の三氏が討論をしているところであり、初めから驚ろかされたものである。

2. ボン大学とその周辺の研究施設

ボン大学は西独でも指折りの大きな総合大学である。測地学研究所 (GIUB) はその中で歴史的な経緯から農学部へ属する。GIUB そのものは小さく職員数は60人位であるが、欧州 VLBI のパイオニアであり実験のアレンジ、衛星計画の委員、学会誌の審査、等々多忙な James Campbell 教授、そして GIUB の所長であり政治家タイプの Hermann Seeger (ゼーガーと読む) 教授があり、南ドイツにあるウエッツェル観測所の20mアンテナ (VLBI 専用) を使って地球回転及び測地の研究を続けている。西独では大学入学時の半分以下の学生しか卒業できないが、学生はこれらの教授を慕ってか卒業試験が他の大学より厳しいにもかかわらず GIUB は盛況であった。

ここには、若手の研究者で Harald Schuh がおり筆者の滞在中、VLBI による地球回転の研究で学位を取った。またこの際、講演とパーティにも参加することがで

きた。そして、たまたまボンを訪れた米国の NGS の D. Robertson も列席することとなった。GIUB ではおもに測地分野の理論及びデータ解析がおこなわれている。しかし、所長の Seeger は必要に応じてすぐ隣の物理学部から卒業間近の優秀な人材を引抜いて、新しい機器開発にあたらせている。西独は就職難の時代にあり、これは人材の発掘になかなか有効な手段のようであった。GIUB の Gundolf Reichert も同様で、日本円にして四千万円をかけ低雑音の VLBI 用水蒸気ラジオメータの開発にあたっていた。また、逆に GIUB から物理学部へは、地下に設置されている大型シンクロトロンの開発に必要な精密測量に専門家を向けている。その他 GPS のソフトウェアに関して NGS と共同開発している。

ボンにはもう1つ強力な VLBI の施設がマックスプランク研究所 (MPI) にある。西独には50を超す MPI の科学研究所があるが、ボンのそれは電波天文を目的とする。人員約200名で、外国人の比率が非常に高い。また、MPI とは棟続きでボン大学電波天文教室がある。MPI の観測施設としては世界最大の口径を誇る100mアンテナ (ボン郊外、エフェルスバーク) とミリ波用30mアンテナ (スペイン、ピコ・ペレッタ) があり、現在サブミリ用10mアンテナ (米国、アリゾナ) の建設計画を進めるなど非常に精力的である。特に100mアンテナを使った VLBI 観測は頻繁に行われており、天体電波源の解析が進められている。しかし100mアンテナも十数年を経てポインティング計算機の入替え故障の修理 (Az レールのひびで1週間観測がストップしたこともある) 等をきついついテレスコープタイムの中でやりくりしていた。MPI は欧州で唯一の VLBI 関連器を持っており、欧米各地から VLBI データが送られてくる。壁には MPI で関連処理を行ったすべての局のアンテナ写真が掲示されていた。GIUB は MPI の関連器の使用料の25%を負担していて、1カ月に1週間 IRIS のデータ処理に使用している。GIUB と MPI は多方面でコンタクトがとられており、筆者もしばしば図書館を利用する他、MPI 内で討論の機会を持った。なおここでは日本の VLBI の文献に注目しているのを発見し心強く思った。MPI は契約期間が短い。そして短期で論文をまとめようとして欧州各地から訪れる人は多い。個室または2~3人部屋で計算機の端末に向かい、まとめられたレポートは次々に通路の壁に美しく貼られていた。これらは見るものに非常にアピールしていた。

3. 日独 VLBI 実験とウエッツェル局

今回の滞在中におけるテーマは、GJRO (German, Japa-

* 電波研鹿島 Taizoh Yoshino: A Stay in Bonn University for VLBI research

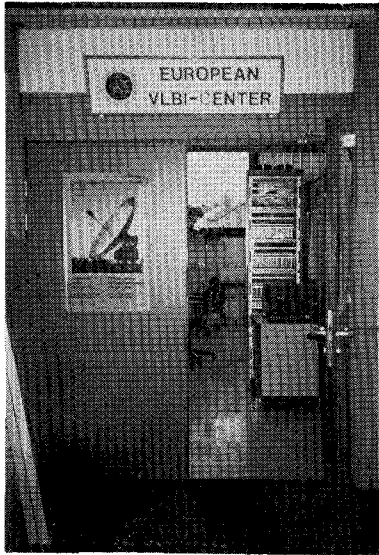


写真1 ボンのMPIにあるデータ処理センター

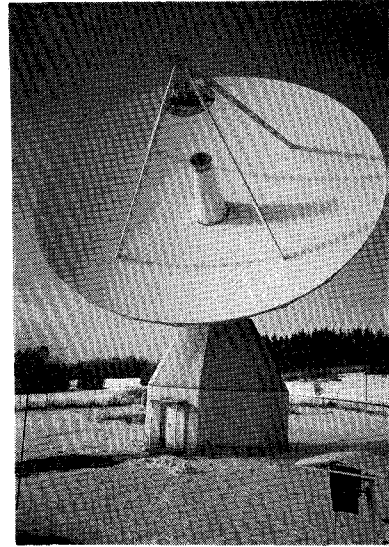


写真2 ウェッツェルの20mアンテナ

nese Earth Rotation Observation) と名付けた日独間の14日間の集中 UT1 観測であった。実験は1985年11月23日より12月6日にかけて実施され、この期間の VLBI UT1 観測に成功した。その結果日独間 8500 km という長い基線長と、ほぼ東西に伸びる基線ベクトルが手伝って、独立な米欧基線実験との比較から1基線でも 0.2 ms 以下という高精度の UT1 値が得られることがわかった。更にこの2週間の UT1 短周期変動と見られる理論値からのずれも検出した。以上は換言すれば地球回転角を表わす UT1 と原子時系との精密結合およびその差の高時間分解能観測が実施されたことになる。解析結果は1986年6~7月の COSPAR で発表した。

ウェッツェルは現在最も多忙な VLBI 観測局の1つでスケジュールは過密状態にある。VLBI 国際実験の開始は鹿島局とほぼ同時であるが、ここは「高品質データの安定生産基地」として徹しているの、実験数は鹿島局よりはずっと多い。アンテナは西独の M.A.N./KRUPP 2社の製作である。この2社はエフェルスバークの100m鏡を作った経験を持つ。この20mアンテナは VLBI 用に作られたため、静止衛星追尾用や通常の電波天文用に比べ、乱暴に天空のあちこちの星に向けても心配の無いほど駆動系がしっかりしている。そして駆動速度は Az 方向で 3 deg/s, El 方向で 1.5 deg/s と非常に速い。また構造がシンプルなので故障に対しパーツ交換ですぐに対処できる。そして基準点である Az-El 両軸の直交点をアンテナ駆動によっても不動とするため、駆動用のギアを出来るだけ近づけてある。ウェッツェルの VLBI 部門のチーフである Richard Kilger は、将来測定精度が上がった時最も信頼できる局になるだろ

うととても自慢気であった。

フロントエンドはエフェルスバークから移設されたものを使用している。2周波給電のデザインは JPL タイプである。バックエンドには Mark III を導入したが、これには内部でも議論があったようだ。とにかく割り切って導入したが、このハードウェアに精通した人ができるまでは大変な苦勞であったと言っていた。この点はボンの MPI の相関器導入でも同様でヘイスタックの技術者の現地調整の後、まるで新しい装置を開発する位の努力が必要だったと聞いた。やはり実験室で扱う肝腎の測定装置は何とか、国内で自主開発していきたいものだ、と感じた。感心したのは周波数標準の充実ぶり、所長の Wolfgang Schlüter がこの分野の専門家でもありなかなかこっている。Cs, Rb 原子標準がともに数台あり自局の時系をマイクロステップで合成するところまでやっていた。VLBI 用には2台の水素メーザを持ち、以上の原子標準のほとんどがスイスのオシロクオーツ製であった。なお、オシロクオーツのメーザはウェッツェルにある一号機をはじめとしてポローニャ(イタリア)、南アフリカ等に出始めている。価格はウェッツェルの一号機が二千万円と聞いて、その安さに驚かされた。そして原子標準の設置環境もシールドルーム、空調、振動対策と観測局の設備としては第1級であった。またメーザの設置場所は PTTI (Precise Time and Time Interval) の会議で電波研(森川)より報告された、アンテナ駆動によるメーザへの影響を考慮して地下にされた。ただしメーザの調整は全くやらない、なぜなら実験が毎日あるのでいじれないからである。そこで、「お前のところのメーザは何カ月メンテナンス・フリーで動作し続けるか」

という質問を受けた。

ウエッツェルは人口がたったの500人というバイエルン州の小さな村のはずれにあり、ボンからは特急を乗り接ぎ、最後のローカル列車も車輪が段々と短くなり、やっと着いた駅から迎えの車で更に1時間かかるという大変な田舎であった。折しも雪が強く降っており、ウエッツェルには缶詰めの状態で実験が進められた。ウエッツェルはVLBIの他にレーザ、GPSそして周波数標準をも備えた総合測地観測局である。今後も活躍が期待される。

4. COSPAR

今回の第26回COSPARはハレー彗星が目玉で、この話題を中心に広く宇宙技術の専門家が集まった。期間が6月30日から7月11日迄と長く、12のシンポジウムに16のワークショップそして30近くの会議そして特別講演と大規模なもので、日本人も数多く参加していた。日独実験についての講演は“Applications of Space Techniques for Geodesy and Geodynamics”というシンポジウムで行った。そこにはVLBIではD. Robertson, SLRではテキサスのB. E. SchutzそしてJ. B. Minster, I. I.-Müller, Ch. Reigber等の大物が参加していた。SLRグループもなかなか意気軒昂に精度の向上や、プレート運動の測定結果について発表していた。

興味ある講演としては

- (1) SLRとVLBIの結果を比較すると2ミリ秒角の差があり、ドリフトが見られる(Shutz)。
- (2) IRISによるVLBI地球回転モニタにより、メキシコ大地震で励起されたと見られる自由コア章動を発見(Robertson)。(しかし、この発表結果は後に重大なソフト上の誤りとわかり取消された。)
- (3) IRISの5~6年間のデータによれば、米国の1枚のプレート上にある2局間に-7mm/年の短縮を見出した(Robertson)。
- (4) SLRによれば下里局はユーラシアプレートではなく、太平洋プレートにのっているように見える(Reigber)。

GJROについての質問は簡単なものであったが、後でBIHの人に呼び止められ、計算の基準となったBIHの極運動データについて討論を行なった。

5. VLBI 関連機関の動向

西独にいるとはいえ日本との地理的条件の違いから、欧米各地のVLBIの情勢が次々と飛び込んで来た。各国間の研究交流もまるで日本国内の研究者同士が行うような気楽さであった。ここでは欧州のVLBI関係の動きをひろってみたい。

まず欧州全体ではEVN(European VLBI Network)と称して、主として天文用に欧州のアンテナを組んで像合成を行っている。これに米国の局を随時加えて解像度

を上げるという計画である。また宇宙空間VLBIの為のQUASAT計画がESAとNASAの協力で進行中である。

西独 天文用にエフェルスバークの100mアンテナ、測地・位置天文用にウエッツェルの20mアンテナを持ち、ボンにはMk II及びMk IIIのVLBI相関器と解析用システムを備えているため、システムとして完備しており欧州ではVLBIについて主導権を握っている。このためウエッツェル局では米国とのVLBI実験の頻度は連日となるに到っている。Mk III型相関器の能力は1986年中に5局処理になる予定。相関処理は学生のアルバイトもあり24時間体制である。

ウエッツェル局は、IRIS及びCDPの局として稼動しており、米国ウェストフォード局とのUT1連日モニタ実験も行っている。さらに、極運動の連日モニタ実験を行うため、欧州から見て南に位置する南アフリカ共和国のHartebeesthoek局20mアンテナを結んだ特別実験を、NGSの協力の下に実行している。問題は、まだ本格的に活動していない南ア局の座標、まだ十分とは言えない南天の星の座標に加えて極運動データを推定するため、解析は困難性を持っていた。

ボン大学ではG. Reichertが低雑音の水蒸気ラジオメータの製作を進めている。製作および特性測定においては、MPIのアンテナ研究室、ミリ波研究室が協力している。1986年中に組み上げ試験を始め、続いてスウェーデンのオンサラ局で開発したシステムと比較試験を行う。また同じくボン大学のH. SchuhはIBM大型計算機上で自作のBVSS(Bonn VLBI Software System)を作った。HP-1000を使う会話型のシステムと異り、高速の演算によるVLBIのデータ解析が特徴である。VLBIの予測値演算ソフトウェアCALCではOcean Loadingのルーチン等で寄与している。

新しい国際地球回転観測に対しては、ボン大学のグループが解析センタとして立候補する予定と聞いた。また以前からSchuhは米国と地球上で反対側のVLBI網を考えており、第2IRIS構想と呼んでいた。アジアでは上海天文台の6mアンテナがエフェルスバークの100mと結ばれて以来、中国との協定があり(1986年失効前に再延長の意向であった)、中国が含まれる。これについてはIERSの成立過程で議論されるであろう。

イタリア VLBIに非常に意欲的で、天文VLBIは既にMk II, Mk III双方のシステムで行われている。観測局はボローニャのMedicinaにあり32mアンテナが稼動している。測地用の周波数バンド(S/X)の内、Xバンド受信器は既に完成し、1986年末にSバンド受信器もそろったのでIRIS網に加わる意向である。またイタリアは更に32mアンテナをシシリー島のNotoに建設中で

ある。この局はポーニャとは異なるプレート(アフリカ)上に位置しているので地中海地域の複雑な動きをモニタできるのではないかと考えている。しかし、アンテナ建設によって、ただでさえ少いポーニャ大学のマンパワーが食われると嘆いていた。なお水素メーザはポーニャにある2台の内1台を Noto に移設する予定である。

フランス 宇宙開発では大国のフランスも VLBI に関しては目立った寄与がない。問題は VLBI に使えるアンテナが無いことで、スペインに残された NASA の深宇宙探査計画用のアンテナに期待している。また、若手が JPL に留学している。数少ない実験例として Nancy の電波天文用アンテナを用い Mk II で 1.66 GHz 帯による測地実験がオンサラ、南ア、Kourou (ギアナ)、Atibaia (ブラジル)、スペインの局を相手に 1985年6月に行われた。勿論、電離層補正の問題が大きい。

ソ連 広い国土に7つの VLBI 局を持つ。この内、外国との実験にはクリミアの Simeiz 局が最も活躍している。バックエンドは Mk II で、1基線分の相関器を持つと言われる。最近のイベントとしては 1985年6月にソ連のハレー探査機ベガが金星に落としたバルーン的位置を国際的に(米、ソ、独、仏、スウェーデン) VLBI で (Mk II, 1.66 GHz) 決定した。将来の計画としてスペース VLBI に意欲的で、宇宙の電波望遠鏡“RADIO-ASTRON”は既に国内で承認された。この時地上局は、改良型 Mk III 方式で対応する。また欧米のスペース VLBI 衛星“QUASAT”と周波数を共通にしており、ハレーの観測時と同じく宇宙での平和国際協力が見られるものと期待される。

スウェーデン オンサラ局は欧州で早くから VLBI を続けており、米欧間のプレート運動を論ずる時に重要な局である。また現在も IRIS, CDP 等のプロジェクトに積極的に参加している。オンサラで開発した水蒸気ラジオメータは大変評判が良い。また中国人の湯国強氏が電波源構造のカタログ作りとその定期的モニタに乗り出した。

ポーランド 天文バンドでの VLBI が Torun の 15 m 鏡で行われている。また VLBI 用に 32 m 鏡建設計画が進行している。デザインは西独の 100 m 鏡に良く似ている。これには英国が技術協力をしている。

オランダ 天文 VLBI のため Westerbork の 14 素子干渉計(各 25 m, 3 km 基線)を合成して、Mk II および Mk III での VLBI を行っている。主に EVN 網を活用し 5 GHz までの周波数を使用している。次の目標としているのは超大型 VLBI データ処理センターであるが、まだ検討段階である。

6. 研究の進め方

西独は日本と同様、輸出指向型の先進工業国を指向し

ているので生活水準を保障するためにも科学研究は重大な意味を持っている。1975年から1982年の間に国家全体で研究開発費は78%上昇している。

西独の VLBI 関係の予算の獲得には複雑な背景があり、不明な点も少なくなかったが、研究者のレベルでは契約した点について所定の期間で成果を出すという単純明解なしくみである。契約という意味での厳しさは米国と日本の中間位であろうかという話を聞いた。研究者は個人として最大の成果を得るための工夫を自ら行い、時にはボスに更に予算を要求し、時には未開決の問題を討論しにちこち議論して回る。そしてまたある期間旅行などで完全にオフの状態を作って再スタートする、という具合である。このへんの自由度は大きいようであった。要するに研究は組織が行うものではなく、組織はこれをサポートするように働くということである。従って要素としての個人が活性化されていなければならないから、契約期間毎の見直しがある。ただ誰も永久職を持ちたいと考えるので最後は教授職(永久職)が狙われる。

一日の拘束時間については、大学の場合いづこも同じで勤務の開始終了時間は個人により大きな差があった。MPI では朝の時間がきちんとしている分、終了もはっきりしており5時にはほとんどの人が消えてしまう。これでどんだんペーパーが出てくるのだから大したものである。精神の集中という言葉がよく聞かれた。文字通り雑音の少ない国だからできることなのだろうか。日本と比べて大変印象的であった。

また、日本人の技術開発について、「欧米で完成した製品は日本人が写真を撮って行き、1週間後には日本ブランドで市場を回るのさ」と言って笑っているの聞き、皮肉が的を得ているだけに複雑な気持になった。

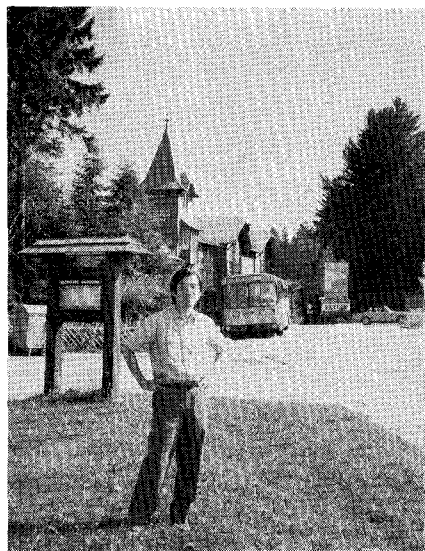


写真3 黒い森にて(シュバルツバルト)

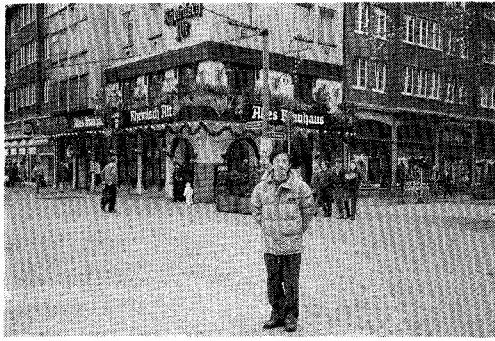


写真4 デュッセルドルフの下町にて(ビアホールが並ぶ)

7. 西独での暮らし

西独はおおむね日本人に暮らしやすい国だと言われる。ボンの緯度は 51° で夏は夜 10 時迄明るく、冬は零下 10~20° にもなるが、慣れてしまえばならん問題ではない。ドイツ語も生活用語を少し覚えれば、本当に困ったときは誰かが英語で助けてくれるからそれですむ。大学、研究所にいるとき中途半端なドイツ語を話しても先方が英語を話し始めるから、結局は英語ということになる。ただし、覚えたての気取った米語など使ってもふつつうは通じないから基礎英語を話すことになる。これは簡潔で明解で意志伝達の訓練として良い経験となった。

西独は本当に治安がよく、物価も驚く程安い。緑の多さも手伝って、外国から入ってくるとほっとする国である。しかし、日本に比べると不便な点も少なくない。日曜日に限らず買い物が出来ない時間が多く、二度足を運ぶなど、ざらである。それぞれの人が生活を大切にしているのであろう。生活のテンポもゆっくりしている。電話の呼び出し音も日本に比べれば間延びしていてストレスを感じさせない。ドイツ人は約束、時間などをよく守るが一般に言われるほど四角四面ではなく、陽気な人種である。これが仕事になると大変な集中力を発揮し、心身のタフネスを持って行動するのである。また彼らの自己主張は強いので説得には骨が折れた。

最近ドイツ人の休暇がかなりふえてきたことが報道されている。また勤務時間も長くない。しかし、研究者は少し違うようだ。残業は少ないが、日本と比べ立派な家で夜、更に仕事をしているように見受けられた。ただ確かに、休みの取り方は派手でびっくりしてしまう。それでも、人口が日本の半分、国土の面積が 70% という国で日本と同様の経済発展をしている。色々な面で日本にとって参考になる国だと思う。

最後に、このように貴重な機会を与えて下さった科学技術庁、郵政省そして電波研究所の関係各位に深く感謝致します。

天体観測専門誌

天文ガイド

9月号 定価450円千85 8月5日発売!

9月23日、秋分の日の日食

沖縄の金環食と各地の日食ガイド

構造・特徴などを詳報

名古屋市立科学館に新設の太陽望遠鏡

ニューフェイス・テストレポート

ニコンのオート・ガイド

この夏バりに本田実、関勉両氏

天文学へ貢献のアマチュア表彰

奇妙な星の話

こと座のベガ

- 9月のスター・ウォッチング ● 9月の観測資料
- 観測ガイド ● 情報ボックス... など情報満載!!

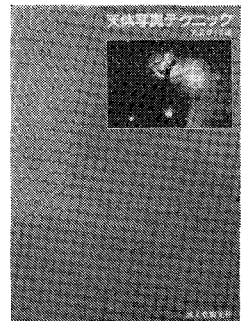
新刊・案内

天体写真テクニック

天体写真ファン待望の決定版!
大好評発売中! 定価1900円。

天体写真撮影テクニックのすべてを解説した、天体写真ファンのバイブルです。

《主な内容》 アマチュア天体写真20年の歩みと今後の動向/望遠鏡のいろいろ/固定写真の写し方/ガイド撮影のてびき/短焦点反射・ライトシュミット・シュミットカメラによる撮影/惑星・月・太陽の撮影/拡大撮影のための光学系基礎知識/天体写真の現像/天体写真の特殊技術ほか



誠文堂新光社

東京都千代田区神田錦町1-5
電03(292)1221 振替東京7-128