

42年間のきせき

○鈴木和司

教育・研究技術支援室 装置開発技術系

概要

名古屋大学に就職した42年前、今の時代とは違って時間にも余裕があったおかげで、面白い（辛い、難しい）仕事を経験できた。電波や赤外線での天文観測装置、地中の構造を知る手段としての観測装置、雲水や空気中の粒子の採集による大気観測装置などの日常とはかけ離れた大型かつ複雑な装置の開発では最新の技術を駆使する喜びを感じた。それと同時に、植物の細胞内の圧力測定、実験動物の固定治具などの装置を開発する中で、身の周りにある研究にも我々技術者の出番が潜んでいることを痛感された。装置開発室はもともと理学部関係からの依頼が多い職場だが、水圏、電子顕微鏡、年代測定センターなど他部局の仕事も依頼されれば、それに応じて作業してきた。「無いものは作る。理屈に合うものは必ずできる。」を信念に、いつでもどこにおいても、その時々、場所で最大限の苦勞と工夫する楽しさを見つけられたと感じている。本発表では自分として面白かった仕事の内容とそこでの苦勞や工夫したことなどを含めまとめ報告する。

1 はじめに

一言で42年間のきせきと言え、今までの装置開発室での生活が仕事の軌跡である。最初に名古屋大学へ就職できたことが奇跡であり、さまざまな仕事や人に出会えたことも奇跡と言える。学術研究にとって技術職員は一個の基石であり、これがしっかりしていれば、どんな奇石でも輝石でも個人の努力しだいにより貴石にもかえられるかもしれない。人は誰しも可能性を持ち、鍛え磨けば必ず貴石となるだろう。しかし組織的な仕事は歯車の一個となる個人としてよい経験の一つである。先輩からよく聞いたことは、機械加工だけでなく手仕上げの大切さ、研究者と技術職員は同等の立場で議論すべきであること、開発業務の重要性である。当時は、雲の上のような存在の研究者と同等とはどういうことなのか、全く理解できなかった。

本報告では、42年間で経験した仕事をまとめたので以下に述べる。

2 装置開発の具体例

2.1 PF用ゴニオメータ α β 振動装置

図1は、PF用ゴニオメータ α β 振動装置を示す。依頼は地球科学科（現在の地球惑星科学科）の地球物理研究室であり、X線回折装置に使用する直径10mmの試料を前後に少しだけ振動させたいというもので、狭いスペースでX線をまんべんなく試料に照射するための装置である。この製作は、自在継手機構、回転軸、軸受、材質、電磁を進めた初めての仕事である。機構は単純で図2に機構概念図を示す。作用点の動きを電磁石の利用で駆動し、二箇所のタイミングを調整して

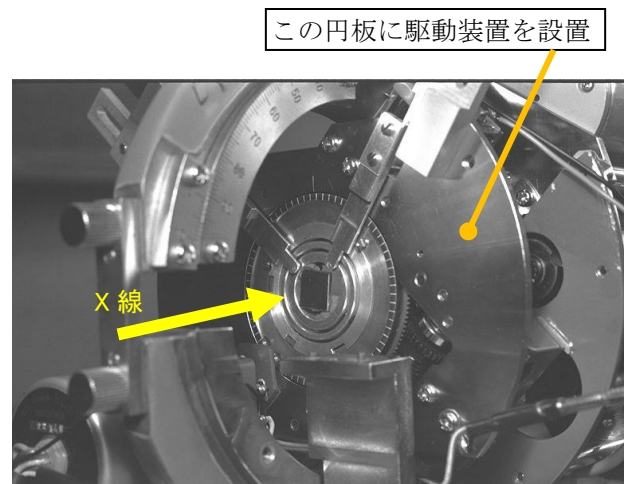


図1 PF用ゴニオメータ α β 振動装置

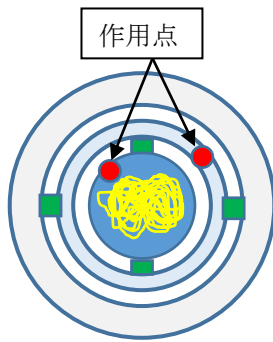


図2 振動装置機構概念図

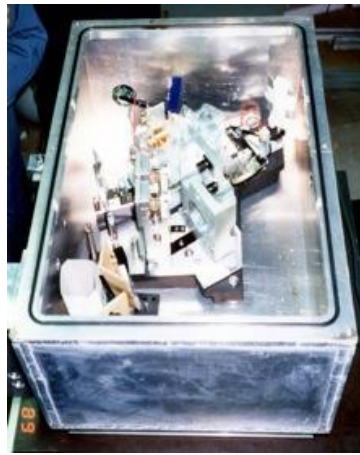


図3 工学系を設置した遠赤外顕微分光装置



図4 遠赤外顕微分光装置容器のアルミ溶接作業

動きを制御した。

大きさは片手に載るくらいの小さな装置ではあったが、自分にとってはとても重要であり、新しいものを製作する難しさ、苦しさ、作る楽しさを教わった大きな仕事であった。

2.2 遠赤外顕微分光装置容器のアルミ溶接

化学科固体化学研究室からの依頼で製作したアルミ製の密閉容器である。図3に光学系を設置した遠赤外顕微分光装置を示す。容器に使用された材料はアルミニウム合金（A5052製）の厚さ15mmの板材でありフタも含め6面に同じ厚さの板を使用した。熱伝導の良く熱容量のあるアルミニウム合金の溶接は、通常の溶接感覚では難しい。TIG溶接では表面付近の溶接は簡単にできるが、接合部の内側までアルミニウムが溶け込みにくいいため、温度が下がってくると同時に割れが生じた。最終的にはガスコンロを2台使用で余熱し200℃程度にした後、パルス制御を使用し最高電流300Aの交流TIG溶接により組み立てた。図4は余熱しながらの溶接作業を示す。

2.3 赤外線望遠鏡搭載クライオスタット製作

物理学科赤外線天文学研究室（UIR研）からの依頼であり、赤外線望遠鏡に搭載するクライオスタットである。図5に製作したクライオスタット、図6は図7の光学系にシールドボックスを設置したものである。受信機は液体ヘリウムで冷却され、スリット及びフィルターが変更できるよう常温側から操作する機構、グレーティングを回転させる駆動機構を装備している。通常、外国製のクライオスタットを使用するが、今回は全ての部品を製作した。光学系は遮光のためシールドボックスをアルミ鋳物により一体で製作し、各駆動軸も光が入りにくい構造にしてある。



図5 製作したクライオスタット
(右から真空断熱容器、液体ヘリウムタンクおよび液体窒素タンク、ふた)

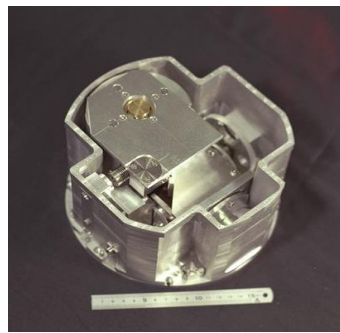


図6 シールドボックスを設置した光学系
(下側フランジは液体ヘリウム面に接する)

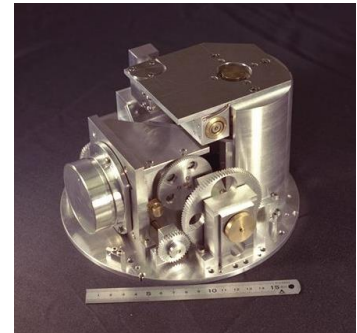


図7 光学系(左側ミラー、右側グレーティング、手前フィルター)

2.4 観測ロケット (S520-10 号機) 搭載赤外線観測装置

赤外天文学研究室からの依頼で図 8 の観測装置を製作した。図 8 は GFRP の強度試験のため振動試験機に設置した S520-10 号機搭載赤外線観測装置である。図 9 は観測装置をノーズコーン内に設置した観測ロケット先端部と筆者である。通常、環境試験を合格した装置だけを打ち上げることが常識ではあったが、この時の GFRP は共振点での保持時間により破損することを実験実証し、打ち上げ前に新品に交換するという実例を作った。この破損による証明と対処方法は、これ以降の飛翔体観測に役立っていると思う。



図 8 ロケット搭載赤外線観測装置 (振動試験機による GFRP の強度実験)



図 9 観測ロケット (S520-10 号機) 先端部と筆者

装置の軽量化のためチタンを使用し真空容器を図 10 のように製作した。チタンの溶接は溶かして接合するという過程のみであればステンレスの溶接と同様に簡単だが、溶接後と接合部裏側での酸化に注意しなければ組織が脆くなり割れを生じてしまう。図 11 はチタンの TIG 溶接時に酸化を防止するために使用したジグである。このように酸化しやすい材料の溶接とハンダ付けには苦勞したが、最終的には振動試験での破損があったため、チタン製ではなくステンレス製の容器を用いた。

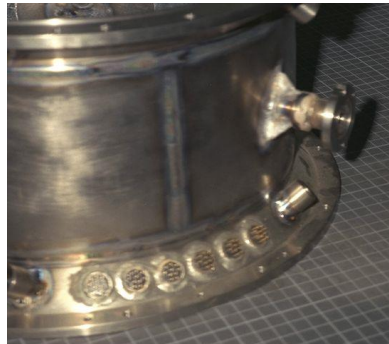


図 10 チタン製観測装置 (チタンの TIG 溶接およびハーチックシールの半田付け)



図 11 チタン TIG 溶接用治具 (裏側などの酸化防止用)

図 12 は液体ヘリウムを減圧するために使用した配管をロケットの発射数分前に外すためのクイックコネクターである。ロケットの発射台には回転力でトルクを伝える機構が付いているが、コネクターは直線的に動かさないと外れないため、ガス圧を使用する機構を採用した。液体ヘリウムの減圧時に生じる凍結を防止するため、加熱窒素ガスを通すカバーを装着した。

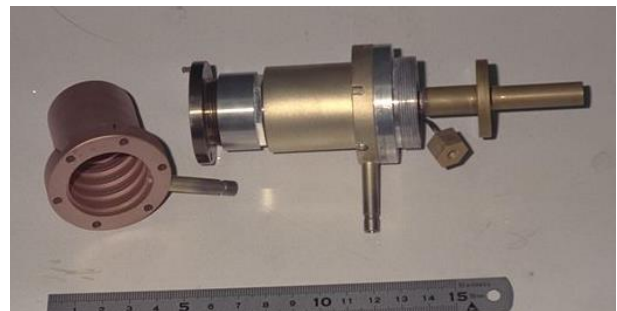


図 12 ガス圧作動方式クイックコネクター (左側は凍結防止カバー、右側は本体)

2.5 100GHz 帯電波受信機システムの開発

電波天文学研究室からの依頼で、100GHz 帯用の電波受信機のシステムの開発に携わることができた。

図 13 は受信機の一つであるクロスガイドカプラであり、幅 0.2mm 長さ 1.1mm の十字形結合孔作製し、3枚のブロックを一体化し使用するものである。この加工が、私にとっての微細加工の始まりである。

図 14 はハイブリッドカプラという受信機の一部である。電波の入力信号の位相を 90 度変える部分、Lo 信号とミキシングする部分を兼ね備えた受信機である。90° スリット部分は幅 0.2mm 深さ 1.27mm の溝を 6 本切っており、3dB スリット部分は 0.3mm の溝を 2 本切っている。この溝加工には 1 分間に最高 5 万回転する高速スピンドルを使用し NC フライス盤により加工した。

図 15 は ALMA 仕様の観測装置をチリの標高 4,800m のアタカマ砂漠にある国立天文台の ASTE 望遠鏡へ搭載しているところである。ここは後に名古屋大学の NANTEN II が設置される場所でもある。日本から送った装置の高さが観測室に合わないため、急遽、現地の木材を使用して支柱を作製し、搭載テストを終えることができた。フィールドでの作業ではその環境に応じ、道具と材料のない場所でいかに効率よく対処できるかという現場での発想および対応能力が必要であることを痛感した。

2.6 航空機搭載用空気採集器

大気水圏科学研究所雲物理学研究室からの依頼の装置であり、実際に航空機に搭載し、なおかつ観測飛行機に搭乗し観測実験に参加した。

図 16 は筆者が実際の観測飛行機に搭乗し観測機器の操作をしているところである。図 17 は現場での組立作業を行っているところである。



図 16 観測飛行機搭乗し観測機器操作中の筆者



図 17 現場での組立作業

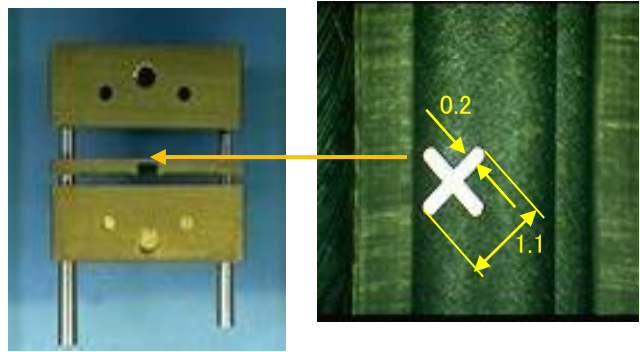


図 13 100GHz 帯クロスガイドカプラおよび十字形結合孔

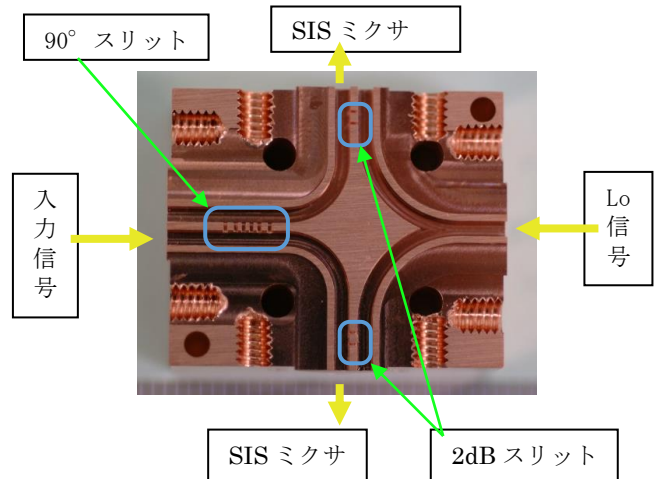


図 14 100GHz 帯ハイブリッドカプラ

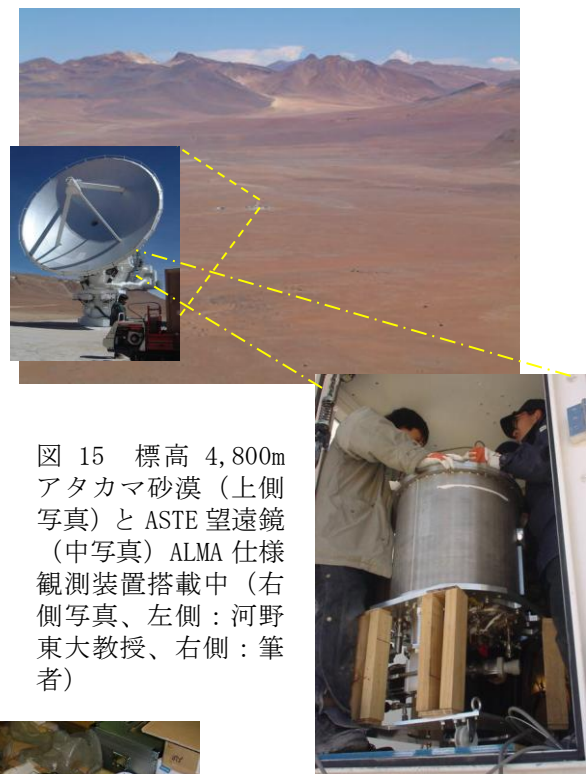


図 15 標高 4,800m アタカマ砂漠 (上側写真) と ASTE 望遠鏡 (中写真) ALMA 仕様観測装置搭載中 (右側写真、左側：河野東大教授、右側：筆者)

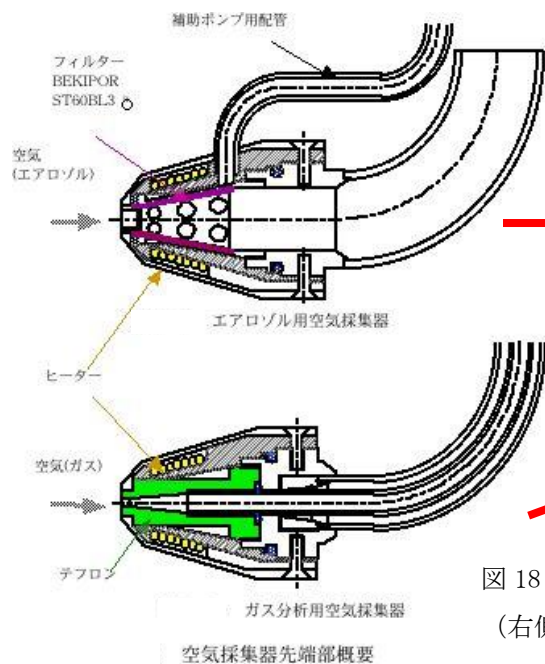


図 18 空気採集器先端部概要および航空機に設置した空気採集器 (右側はレーザーを使用した粒径測定装置)

図 18 は航空機に搭載した空気採集器である。図 18 左の上側はエアロゾル用空気採集器であり、空気の乱流を防止するため、先端周りを減圧する三重構造をしている。三重構造を持つ中間には SUS316 製の不織布で作製したフィルター (BEKIPOR ST 60BL3; Bekaert 社製) を円錐上に組立装備した。図 18 左の下側はガス分析用空気採集器であり、空気の通り道は全てフッ素樹脂製とした。先端外側にはヒーターを巻く付け、着氷を溶かす工夫をした。

2.7 植物細胞内圧力測定装置

生物学科植物生理学研究室からの依頼で製作した装置である。この装置は直径数十ミクロンの細胞に直径数ミクロンの水と油が入ったガラスパイプを刺し、パイプ内で水と油との境界線を一定にすることにより細胞内の圧力を測定するものである。細胞に極細パイプを刺すとき細胞の壁を壊すことなく、振動のない確実な挿入ができる駆動系として液圧を用いた。また、水と油の境界線の調整も液圧で行えるようにした。この場合、駆動媒体の液体を保持したまま極細ガラスパイプを移動できるようベローズの弾力を使用し、駆動にはマイクロメータヘッドを使用した。ベローズと接続パイプ内の駆動液の選択には試行錯誤を繰り返し、最終的には、イソプロピルアルコールを用いた。駆動液への空気の混入が無いような組み立て方を工夫し測定装置として完成した。

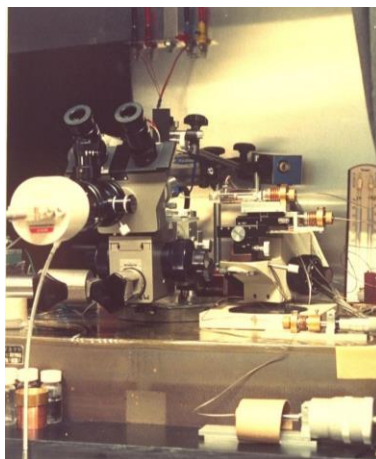


図 19 顕微鏡に設置した植物細胞内圧力測定装置



図 20 駆動液挿入用真空デシケータ (減圧により配管内に空気の混入が無い駆動液のみを挿入)

2.8 精密制御定常震源（ACROSS）の開発

地球惑星科学科地球物理学研究室からの依頼で製作した装置であり、地球内部の構造および変化を観測するために使用する。装置の構造は簡単で、偏心した回転体を回転させ遠心力を発生力として地中に伝えるものである。

装置自身の構造は実に単純であるが、ベアリングメーカーに製作を頼もうと装置の説明をしたが、積極的には応じてもらえず結局自作することとなった。もちろん偏心したものを回転させる装置の製作経験はない。装置を設計、製作して駆動テストした時、この装置の凄さと恐ろしさを実感した。当初、単純に回すのみという考え方をし、500W程度のサーボモータを取り付けたが、慣性モーメントが大きすぎハンチング現象が起き制御不能となった。また、モータとの継手には分離型のオルダム継手を使用した。何度も加減速している間に疲労破壊を起こした。そのため、モータを1.5kWのサーボモータに変え、継手をディスク形のたわみ継手に変更した。出来上がった震源装置をフライス盤のテーブルに固定し始動したところ、回転後すぐにフライス盤全体が振動し始めたため装置を急停止させた。この震源装置の発生力は12,800Nだったので大丈夫だと考えたのだが、重量1.7tonのフライス盤では耐えられない状況であった。そのため、重量が200ton程度の1万トンプレスの土台へM20のボルトで図21に示すように強固な固定をした。この場所に、M20のめねじを付した鉄の角棒をプレス土台に溶接するため、溶接機を持ち込み現場での作業となった。また、偏心質量の回転により軸受で熱が発生しモータ出力の8割程度が熱に変わることがわかり、大きな問題となった。熱対策として、ベアリング回転部分を冷却するため、装置外側に水冷管を巻いた。ACROSSの駆動テストと観測実験では400m離れた高感度地震計でACROSS震源からの信号を観測でき、震源が目的性能を満たしていることの確認をした。その後ACROSS震源は、阪神淡路大震災の後、大型化が進められ30kwのサーボモータを含む全重量2.5tonの装置となり、兵庫県淡路島（図22）、愛知県、岐阜県、静岡県、鹿児島県の5ヶ所設置して現在も駆動している。また、現在は新たな方式による震源の開発も進んでいる。

2.9 イモリ脳固定装置の製作

分子生物学科からの依頼であり、図23はイモリ脳開頭用固定治具を示す。角膜さえも再生能力を持つイモリの脳を固定する治具である。うさぎや猿やネズミなどには固定するための治具は市販されている。しかし、イモリ用の固定治具は無く、製作依頼者は実験に対して苦労されていたようである。構造と工作はとても簡単なものなのであるが、研究者にとっては大変便利なものだと絶賛であった。

日頃、機械工作とは一見関係のない研究でも我々が必要な場合があることを確認できた仕事であった。

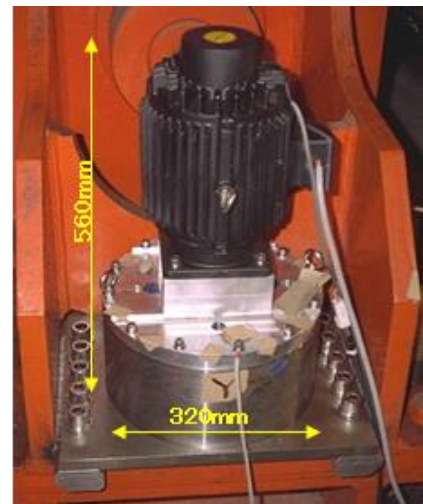


図 21 ACROSS 試作 1 号機
(背後は 1 万トンプレスの土台)



図 22 淡路島設置の大型 ACROSS



図 23 イモリ脳固定治具

3 おわりに

装置を開発する過程では、研究者との話し合いや意見交換が非常に大切であり、それによって設計製作の概念が決まる。さらに技術者が知恵、知識、経験を蓄えることによって研究の目的を理解し、実験の諸条件が満たされた装置を作り出すことができる。時には、完成した装置が最初に研究者のイメージしていたものとは異なったものになるかもしれない。しかし、これは研究者と技術者の共同作業のたまものなのだと思う。

我々技術者は、ただ単に設計製作のみをすれば良い訳でなく、常に技術者としてのアンテナを広げておくべきだと考えている。例えば、情報誌などから新しい技術、要素などを見出し、現場で使用することになったものも数多くある。現在、普通に使用しているインサートネジのタンダレスヘリサートは、柔らかい材質で分解組立が多いものには非常に便利なものである。このタイプのヘリサートは、たまたま読んでいた情報誌に載っていたものであり、「これは使える！」と確信によりいち早く取り入れ、旧タイプヘリサートの問題点を一掃した。筆者は好奇心旺盛かつ新しい物好きという考え方のため、すぐには役に立たないような情報や物品を入手することも数多くある。しかし、何事にも興味と疑問と自分なりの考えを持ち続けることができれば、その時点で使用できない知識を知恵として使うことができるようになると思っている。

42年間の仕事は、分野が広範囲であり、辛く難しい仕事を面白く楽しく挑戦できたことが本当の奇跡かもしれない。未来の技術組織が輝ける名大らしいものになっていることを願い、この場を借りてお礼を言いたいと思います。長い間お世話になり、本当にありがとうございました。