

# 教育研究器材の改良ならびに開発

— 教育研究を技術的側面から支えて 40 年 —

山形大学工学部技術部

機器分析室技術長 四釜 繁

『東大には優秀な技術職員が不要かもしれない。しかし、山大には優秀な技術職員が必要である』東大生より理論は少し劣っても、足腰の強い山大生を社会に送り出したいからである。そう言う思いで 40 年間、学生実験や卒業研究に取り組んできた。本稿では、その一部を紹介する。

## はじめに

冒頭の言葉は、大学という教授中心の組織の中で、技術職員としての自分の存在を肯定するために編み出した言葉かもしれない。例えそうであるとしても、私は「探求するのが好き、実験するのが飯より好き」であることは偽りのない本音である。

ここでは、その飯より好きだったものを 2～3 自慢させて頂きたい。

## I 教育関連

筆者は文系出身であるが、試作ものづくりや実験が好きであり、物理学実験では、学生数 700 人、実験テーマ数 12、実験装置 96 セットの修理改善を 1 人で担当していた。

10 年程経験した後は、熱学力学分野 3 テーマのテキスト執筆と実験指導を任せられ、やりがいを感じながら週 4 回の学生実験をこなしていた。

何よりも楽しかったことは、実験装置を改良し、それを自慢に物理教育学会に出かけ議論し、それを学生実験に生かしたことである。

### 1) マグジャイロ

角運動に関するテーマの中では自称「マグジャイロ」という実験装置を試作開発し、実験に取り入れた。

回転していないコマは直ぐ倒れるが、回転しているコマ（角運動体）は、傾いても倒れず首振り運動（歳差運動）する。

- ①もし重力を取り去ればコマの歳差運動は停止するはず。
- ②もし重力が逆様になれば歳差運動方向は逆になるはず。

③もし重力が大きくなれば歳差運動は早くなるはず。

これらの事は、数式上納得しても、現実に体験することができない。そこで筆者は、これらの現象を実際に観察することのできる装置を試作開発した。



図 1 角運動スピンを理解するために試作開発したマグジャイロ

重力を磁力に置き換えるため、ジャイロの回転軸には永久磁石を組み込んでおり、コイル磁界を印加・反転・停止することによる歳差運動の様子を監察する。

ところで、コマの芯軸の磁気モーメントを  $M$ 、ヘルムホルツコイル磁界を  $H$ 、コマの慣性モーメントを  $I$ 、コマの角速度を  $\omega$  とすると、歳差運動の角速度  $\Omega$  は

$$\Omega = MH / I \omega \quad \text{で表される。}$$

本装置では、コマの角速度  $\omega$  とヘルムホルツコイル磁界  $H$  を任意に変えて、定量的な観察ができる。

また、この装置は NMR や ESR の原理を理解するのに役立ち、何人かの先生方に講義用デモ器として貸し出していた。

（詳細は後掲参考論文 1) 2) を参照）

## 2) ワーキンピストン

熱力学に関するテーマの中では自称「ワーキンピストン」という実験装置を試作開発し、実験に取り入れた。

空気などの作業気体をピストンの中に入れ、外から仕事をする（ピストンを押す）と気体の温度は上昇する。逆に、気体が外に仕事をする（ピストンが重りを上げる）と気体の温度は下降する。ここでも保存則が成り立つはずであるが、実際の実験では全く成立しない。現実の装置では断熱状態などあり得ず、増えたエネルギーは一瞬にして断熱壁から逃げていくからである。

そこで、筆者は熱電対温度計のレスポンスを上げるため超極細熱電素子  $25\mu\text{m}\phi$  を輸入し、更に感温部の表面積を大きくするため先端を扁平に加工した熱電対を作製した。その結果、今まで捕らえることが出来なかった瞬時の温度変化を捉えることができた。

その熱電対を利用し、熱機関を理解するために図3に示すような実験装置、エア槽付き圧縮機と  $\mu\text{V}$  オーダーの微小電圧を増幅する熱電対アンプを試作開発した。

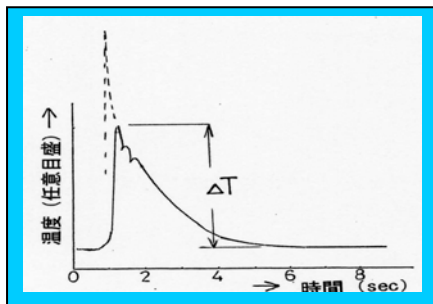


図2 ピストンに押した場合の  
ピストン内部の気体の温度変化



図3 熱機関の原理を理解するために  
製作したワーキンピストン

ピストンの上に質量  $m$  の重りを載せ、高さ  $h$  だけ下がった時の仕事は  $mgh$  であり、その時の気体の温度上昇が  $\Delta T$  であるとすれば、増加したエネルギーは  $C\Delta T \times (\text{モル数})$  である。エネルギー保存を考えれば、両者は等しい関係にある。

$$mgh = C\Delta T \times (\text{モル数})$$

$C$  は気体モル比熱で、空気では  $(5/2)R$  である。 $R$  は気体定数。

注意しなければならないのは、質量  $m$  である。重りの質量だけでなく、ピストンの質量を考慮しなければならないのは当然であり、更に大気圧の質量換算分（ピストンの断面積  $1\text{cm}^2$  当たり  $1\text{kg}$ ）を加えなければならない。

（詳細は後掲参考論文3）を参照）

## II 技術研究関連

筆者は、独自の技術研究や教員学術研究支援において「学術論文」の他に自称「技術論文」と称する技術報告を100篇以上残した。『成果は必ず文章にしておきなさい』という先輩教官技官の教えがあったからである。

（後掲参考論文1）9）参照）

### 1) 研究実験装置の試作開発

昭和40年代50年代、研究実験装置の殆どが手づくりであった。技術職員の能力が研究を大きく左右した時代である。

そのような状況の中で、筆者は購入すれば1000万円を超す「磁気トルクメータ」や「振動試料型磁力計」を手作りした。試作しただけでなく、その装置は10年間ぐらいの間、研究室の主力機器となっていた。

昭和50年代を越し、測定器は市販のものを利用するようになり、筆者は研究室に必要な特殊な実験装置を設計試作開発していた。

その中で最も思い出に残るのは、磁気テープ試作装置の製作である。部品からすべて筆者1人の手づくりである。

装置の大きさは、高さ1.5m 長さ4m程度であり、中は簡易クリーンルームにしている。

この装置は、厚さ  $10\mu\text{m}$ 、幅  $10\text{cm}$  のフィルムに  $1\mu\text{m}$  厚の磁性層を均一に塗布す

る装置である。しかも磁性層内部の磁性微粒子を種々の方向に配向することができる。

10  $\mu$  m厚のベースフィルムに 1  $\mu$  m厚の磁性層を均一に塗布するには、ベースフィルムのスムーズな走行が必要であり、また、磁性塗料の塗布行程、磁性微粒子配向行程、乾燥のタイミングなどにノウハウが詰まっている。

この装置は、磁気テープ製造メーカーが見学に来たぐらいの装置であり、他大学では作れず、研究室では多くの論文を残すことができた。

(後掲参考文献 4) ~7) を参照)

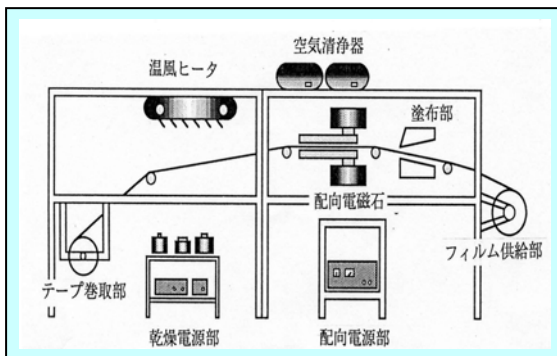


図 4 磁気テープ試作装置の模式図



図 5 自作した磁気テープ試作装置

## 2) 独自技術の提案

考え悩むのが好きな筆者は、市販の測定器を利用し、測定器本来の使用目的を越した新奇の測定法も幾つか提案した。

一つは、『試料振動型磁力計 (VSM) を利用した異方性分散測定法』の提案である。この手法は、磁性を測定する VSM を用い、磁気テープ内の磁性微粒子の配向方向を測定する手法である。

高密度磁気記録を達成するためには、磁気

テープの磁性微粒子の配向方向が大切である。従来は、電子顕微鏡でテープ断面を観察し、数百個の微粒子の配向方向を測定し平均配向角度を求める必要があった。本手法によればその必要がない。

測定原理は非常に複雑で、最初は研究室でも学会でも理解してもらえなかった。詳細は後掲参考文献 8) を参照してもらいたい。

また、微小部分の元素分析をする機器である X線マイクロアナライザーを利用し、磁気テープの記録状態 (微小漏洩磁界) を観察する手法『コロイド EPMA 法』を提案した。

この手法は、とんでもない発想のように思えるが、実際に記録状態を観察し、そのデータを公表した。(詳細は後掲参考文献 9) を参照)

## III 地域貢献関連

平成 16 年独立行政法人化後、地域貢献の必要性が叫ばれた。筆者も「地域のニーズを探れ」という学部長の命令により、社会福祉協議会の要望等を調査し、屋根雪対策などの実験を行いその結果を報告している。

これらの地域貢献的なテーマに関しては、幸いにも、着手以来毎年、科学研究奨励研究費や民間団体の研究支援金を受けることができ、地域貢献につながる技術報告ができた。

平成 16 年度 雪国高齢者世帯の耐雪安全

ランプシステムの開発 (科学奨励研究)

平成 17 年度 雪国高齢者世帯の屋根雪監視

システムの開発 (科学奨励研究)

平成 18 年度 地熱利用多目的地下水槽の

研究開発 (東北建設協会)

平成 19 年度 磁気を利用した地域小河川の

水質改善に関する研究 (科学奨励研究)

地熱利用多目的地下水槽の研究開発 II

(東北建設協会)

屋根雪対策の実験では、自前で中古住宅を購入し、雪の重みと梁の撓み等の関係を調査し、者雪下ろし時期を知らせる装置等を開発した。

地熱利用多目的地下水槽の研究開発では、庭先の地下に簡易地熱利用処置を施した地下水槽をつくり、庭先の融雪や夏の令風扇に

利用する手法を提案した。

磁気を利用した地域小河川の水質改善に関する研究では、ペテン師されるこの分野の実験研究の真相を明かそうと密かに実験を重ね、磁気の直接・間接的な作用によって水の浄化作用ありうることを明らかにするデータを得ている。



図6 屋根雪監視に関する専用実験棟  
天井を取り去り梁の撓みを計測

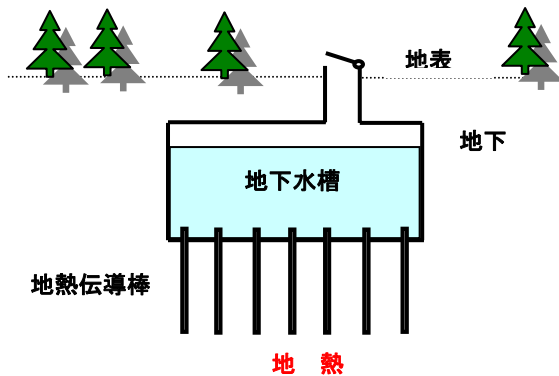


図7 多目的地下水槽の模式図



図8 多目的地下水槽上の花壇

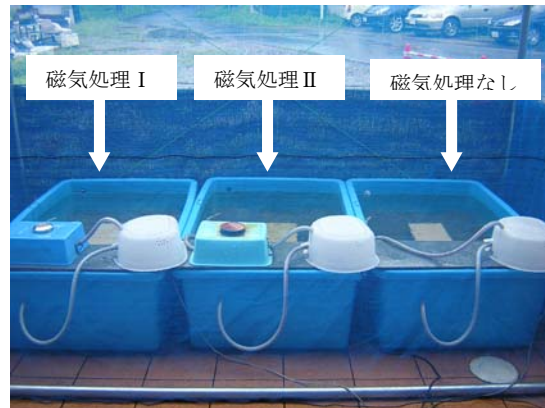


図9 磁気による水の浄化実験の様子

### おわりに

筆者は、実験するのが飯より好きである。真実が知りたいのであり、偽りの論文など書いても満足できるものではない。

探究や実験が好きで、常にその事に取りつかれていた。大学という自由な研究機関に居て幸運だったよう気がする。

### 参考文献

- 1) 四釜、磁氣的ジャイロスコープの製作  
高エネ研技術研究会論文誌、1992
- 2) 大坪、四釜、磁氣的歳差運動兼用ジャイロ  
日本応物学会論文誌、1991
- 3) 大坪、四釜、熱機関理解のための気体の実験  
日本応物学会論文誌、1988
- 4) S. Shikama, Y. Satoh High-Density recording characteristics of the obliquely oriented particulate media. J. Magn. Soc. Jpn. 1994
- 5) 四釜、佐藤、斜め配向塗膜テープの作製と電磁変換特性、日本応用物理学会誌、1994
- 6) 四釜、佐藤、斜め配向磁気テープのカレンダー配向戻り層の除去による高密度特性の改善  
日本応用物理学会誌、1993
- 7) S. Shikama, Y. Satoh High-Density recording characteristics of the obliquely oriented particulate magnetic tapes by removal of disoriented surface layer. IEEE. Trans. Mag. 1993
- 8) 四釜、佐藤、メタル粒子による揃った斜め配向テープの作製と斜め配向角度の評価、電子通信情報学会講演予稿集、1993
- 9) 四釜、EDX-SEMによる磁気記録媒体の漏洩磁界観察技術の開発、国立分子科学研究所  
技術研究報告集、1992