UNIVERSITY OF CAMBRIDGE

河井宏允*

Hiromasa KAWAI

私が、ケンブリッジ大学のDepartment of Applied Mathematics and Theoretical Physics(略してDAMTP, 日本語に訳せば応用数学理論物理部門)に留学してから、早3年の月日が流れた。本当に光陰矢の如く流れ去ったこの3年であったが、いざこの原稿を書こうとして啞然としたのは、帰国当時覚えていたケンブリッジに関する記憶が、今はもう色果て、暗闇のなかに消え果てようとしていることである。

以前頓挫したよも山話しにも書いたが、私のいたDAMTPは、日本では理学部の数学、物理部門にあたり、流体力学、地球物理学、量子力学、相対性理論などの研究が行われている。独自のブラックホール理論で世界的に有名なHawking教授、乱流理論の大家でまたこの部門の創始者のBatchelor教授、現在の部門長のMoffatt教授、数値計算の大家Powell教授など、世界的に有名な研究者たちがひしめき、連日セミナーで活発な討論が行われていた。

しかし、伝統的に流体力学関係が強く、部門の研究者の約半数は流体力学に従事している。流体力学とはいっても、その取り扱う範囲はかなり広く、血液中の赤血球運動のようなものから、海洋や大気の運動まで、実に様々な分野の研究が行われている。表1は大学院生に対する研究ガイドのなかから、流体力学に関する研究題目を取り出し

たものである。多少馴染み薄い言葉もあるかと思われるが、研究内容についておよその見当はつくと思う。

部門の大部分の研究者は、理論や数値計算によって研究を行っていたが、それでもG. I. Taler教授以来の伝統か、理論や解析の結果を実験で確かめようという雰囲気も感じられた。DAMTPは3階建の古ぼけた建物の中にあつたが、この地下に、風洞や水槽などの実験施設がおかれていた。研究者のほとんどが、猫の手も借りたい程の忙しさで、到底これらの施設を使いこなす余裕はなく、実験施設は主に大学院生達によって使用されていた。実験設備自体は簡単なものが多く、またそれらのほとんどがここで働く技術スタッフの手作りのものであつたが、みな物理現象の核心の再現をねらった独創的なアイデアが盛り込まれていた。

風洞は、断面が50cm角のエッフェル型のものである。Britter博士やGartshor博士がJFMに発表した乱れの変形に関する実験は、この風洞により行われたものである。ただし、熱線流速計やデータ処理装置など、実験に必要なものは必ずしも十分とはいえず、足りないところは他の部門の設備を利用していた。

風洞のほか、多数の水槽や水路があつた。これらは、学生実験に使用されるほか、拡散や海洋の流れの研究に用いられていた。拡散の実験では、

* 東京電機大学理工学部建設工学科, 助教授
Associate Professor, Tokyo Denki University

密度の異なる流体の混合状態を、染料を利用して可視化し、その状況をビデオに写して解析していた。また温度や流速などの測定には、BBCの8ビットパソコンが使用されていた。このパソコンは、アナログ入力ポートを持ち、ペーシック上のタイマを利用して100Hz程度のサンプリング間隔でデータを収録できる能力があり、ここだけでなく、Department of Engineering やロンドン大学のImperial Collegeでも多数使われていた。

ケンブリッジ大学には、DAMTPのほか、Department of Engineering や Cavendish Laboratory において流体関係の研究を行っている。Department of Engineering では、前述したBritter博士の案内で流体関係の施設を見学したが、DAMTPと違い、大型のゲッチンゲン風洞や超音速風洞の他、多数の風洞設備があった。また、水理関係の施設も多く、多数の水路、大型のU字管、エンジンの噴射実験装置など目をみはるものが数多くみられた。

しかし、Britter博士、Maul博士などの研究には、これらの既存の大型実験装置より、むしろ手作りのエッフェル型風洞の方を使用しているようである。Department of Engineering の研究も、どちらかといえば基礎研究であり、それに使われる装置も、独自の工夫をした簡単なものが多い。

これらの装置のなかで、私が最も興味を覚えたのは煙風洞である。煙風洞といっても、通常のものとは違い、床のスリット状の穴から大量の煙をだし、その振る舞いを見ることによって、床面に発達する境界層を調べるタイプのものである。断面は1m角で長さ6m程度のものであったが、照明装置にレーザー光を用い、流れの断面を様々な角度から観察することができるように工夫されていた。煙はかなり濃く、境界層の詳細な構造をはっきりと捕えることができる。

この装置を使って、Mumford博士は境界層の大規模構造に関するTownsendの博士のモデルの検証を行っていた。Townsend博士によれば、乱流境界

層には流れ方向に45°の角度を持つ一対の渦による大規模構造が存在するという。もし、そのような渦が存在するなら、流れがくる方向に45°傾いた断面での流れ模様の時間変化は、渦の通過に伴い、流れ模様が上から下に向かって移動し、流れ方向に45°傾いた断面ないでの流れ模様は、止まって見えるはずである。

セミナーでの博士のフィルムは、流れがくる方向の断面内で、渦が上から下に移動していく模様ははっきりと写しだされ、Townsend博士のモデルの正しさを立証していた。このように、この装置は境界層の構造を調べるといった目的には最適なものである。また、あらかじめ構造に関する知識があれば、この実験のようにちょっとした工夫によって、より正確にその構造を調べることができるようである。

一方、Cavendish Laboratoryでは、Townsend博士が研究をすすめていた。Townsend博士はすでに大学を退官していたが、日本と異なり、ケンブリッジ大学では、退官後も同じ場所で研究を続けるのが常識となっていて、退官といっても、公の職を退くといった程度の意味しかないようである。

Townsend博士は、いうまでもなく乱流せん断層の研究の世界的な権威で、博士の著書「The structure of turbulent shear flow」を読まれた人も多いと思われる。Batchelor教授と同様に、オーストラリアの出身者である。Batchelor博士の退官記念講演のなかで、博士は研究上一番充実した時期として、Townsend博士とともに行った等方性乱流や乱れの変形に関する一連の研究をあげておられた。

Townsend博士は、実験装置、センサー、アンブなど、およそ研究に必要なと思われるものはすべて自作される。写真1は、私が研究所を訪れた当時研究していた2重の回転円筒の間の流れの安定性、所謂テラー渦に関する実験装置である。博士はこの装置は勿論のこと、この装置で流れを計測す

写真-1 Townsend博士の回転円筒

写真-2 熱線流速計の較正ミニ風洞

写真-3 境界層内の底面の抗力測定装置

るX型の熱線プローブやそのアンプも自作されていた。(ちなみに、博士の学位論文には熱線流速計の詳しい回路図がのせられている。)特に熱線プローブには、工夫があり、細い支持棒の弾力を利用してワイヤーにかなりの張力を与える独特の形状をしたものであった。またこのプローブの較正には、これまた自作の小さい風洞(写真2)を使っておられた。博士は、物事を納得がいくまで自分でやらねば、気が済まない性格のようである。このことが、博士の素晴らしい研究成果を生む土台ともなっているし、また博士の研究がほとんど一人で行われている原因でもある。何才になっても、すべてを自作して納得するまで実験しようという博士の態度は、アメリカ型の物量主義に基づく研究と著しい対比をなすものとして、極めて大きな感動を受けた。

この研究所は、当時Townsend博士のほかSavill博士や前述のMumford博士などが研究を行っており、写真に見るようなフォトセルを利用した手作りの装置で、乱流境界層を物体で乱した場合の、床面の抗力を測定していた。なお、Cavendish Laboratoryは初代の所長のラザフォードを初めとして、多数のノーベル賞受賞者を出した、世界に冠たる研究所であるが、これらの研究の多くが、独自のアイデアと装置によって生まれたものである。

かなり、取り止めのない紹介になってしまったようだ。イギリスの研究で感じたのは、研究で最も必要なのは、独創性とアイデアだということである。イギリスの研究者達は、絶えず研究に自分独自の発見を主張しようとする。自分の独自性を見つけるために、現在脚光を浴びている分野のほか、いまはもう置き去りになってしまった分野までに足を踏み入れ、必死になってテーマを探す。これが、いまだにノーベル賞を生む要因の一つなのかも知れない。

表1 DAMTPにおける流体力学関係の主要研究テーマ及び研究者

GEOPHYSICAL FLUID DYNAMICS
(Dr. P. F. Linden, Dr. M. E. McIntyre)

COLLIDAL DISPERSIONS and MICROHYDRODYNAMICS
(Prof. G. K. Batchelor FRS, Dr. E. J. Hinch, Dr. J. M. Rallison)

OCEAN BOUNDARY DYNAMICS
(Prof. M. S. Longuet-Higgins FRS)

PHYSIOLOGICAL FLUID MECHANICS
(Dr. T. J. Pedley)

OCEAN ACOUSTICS
(Dr. M. Spivack, Dr. B. Uscinski)

ENVIRONMENTAL and INDUSTRIAL FLUID DYNAMICS

(Dr. J. C. R. Hunt, Dr. J. E. Simpson, Dr. R. W. Smith, Dr. T. J. Smith)