



P.G. Drazin and

W.H. Reid 著

Hydrodynamic StabilityCambridge University Press, 1981,
A 5 判, 525頁

しばらく前に絶版になっていた Lin (1955) の古典的教科書 “The theory of hydrodynamic stability” に代って、ケンブリッジの Monographs on Mechanics and Applied Mathematics のシリーズに新たな 1 冊が付け加わった。Drazin と Reid による “Hydrodynamic Stability” である。Drazin は現在 Bristol 大学で数学の講師 (lecturer) をしている。気象学を学ぶ我々にとっては、ロスビー波の鉛直伝播に関する Charney-Drazin の定理で馴染み深い。平行流や重力波の安定性についての研究も多い。一方、Reid はシカゴ大学の応用力学の教授である。平行流の安定性やベナール対流についての研究があるが、近年は Orr-Sommerfeld 方程式の解の一樣漸近近似 (Uniform asymptotic approximation) についての論文が多い。

全体は 7 つの章から成っている。Reynolds の有名な実験の引用に始まる第 1 章は、不安定性についての基本的な概念を導入する。アメリカのコロラド州で撮られたという Kelvin-Helmholtz の不安定によって生じた渦列の美しい写真は、読者を不安定論の世界に引き込まずにはいない。

第 2～4 章は、古典的な線形不安定論の成果の紹介である。著者はまず、数学的記述の比較的容易な外力型不安定、とりわけベナール対流から書き始める (第 2 章)。続いて第 3 章では遠心力の寄与する不安定をとりあげる。同心円筒間の粘性流 (Couette 流)、曲率のある水路中の粘性流、曲率のある壁面上の境界層流の不安定がこれにあたる。章の初めに述べてある回転系と成層系のアナロジーは、Couette 流の安定性 (特に 2 つの円筒が逆向きに回転する場合) を理解する上での手助けとなる。平行シア流の安定性についての第 4 章は、粘性のある流れと、ない流れに分けて書かれている。粘性が不安定化効果を持つ流れにおいて、発見的方法に基づいた種々の解が与える中立曲線の比較をしてあること等、数多くの粘性流の安定性をこれほど丁寧にまとめた本は他に例がない。

しかし、本書の最大の魅力は、何と云っても Lin (1955) や Chandrasekhar (1961) 以後に研究の進んだ課

題についての記述である (第 5～7 章)。発見的方法による解は臨界層のすべての近傍で一樣に有効ではないし、更に高次の近似を得るアルゴリズムがない。これらの点を改善したのが第 5 章で紹介される一樣漸近近似である。この近似に基づいた解を使うと、発見的方法に較べて飛躍的に正確な中立曲線が得られる。

第 6 章では、第 2～4 章で記述し残した線形不安定論におけるいくつかの話題をとりあげる。成層シア流の安定性、傾圧不安定 (Eady 問題)、非定常流 (特に振動流) の安定性等がそれである。安定成層がなければ安定な流れが、成層がつくと不安定になる例など興味深い例が紹介される。

第 7 章は非線形の不安定現象の非常によくまとまったレビューになっている。ランダウ方程式の導入に始まり、波の共鳴不安定、分枝や catastrophe 理論への入門的解説、非線形臨界層の話が続く。最後に、第 2～4 章で線形安定性を考察した現象の非線形領域での安定性を理論・実験の両面から記述してある。この最後の部分 20 ページは、これから非線形の不安定現象を学ぼうとする方には是非とも読んで頂きたい優れたレビューである。

これだけ多彩な話題を 1 冊にまとめるには、ずいぶん惜しいと思う内容も割愛せざるを得なかったことと思う。著者は多くの場合、本文では現象に最も本質的な部分を詳しく述べる努力をしている。ただ、そこから派生する様々な variation についても、参考文献をあげながら簡潔かつ適切な紹介を怠っていない。又、全体を通して、理論のみに片寄ることなく実験結果との比較も豊富に記述してある点で、Lin (1955) や巽・後藤 (1976) と好対照をなしている。各章の終りには数題の練習問題が用意されているが、これがまた普通の意味の練習問題と少し違う。例えば、第 2 章の本文では純粋なベナール対流のみしか書いていない代りに、回転流体中の対流等は練習問題として参考文献と共に与えられている。解答集も用意されているらしく、著者にコピー代と郵送料を送ることによって請求できるそうである。このように、大学院生の教科書としての用途から第 1 線の研究者の手引としての用途まで幅広い需要に対応できる本であると言える。

なお、本書は流体力学における不安定現象を扱ったものであるから、当然ながら気象学に特有な不安定性を網羅してはいない。又、記述があっても必ずしも我々にとって十分ではないことも多い。考えてみると、大気中の中立波動に関する教科書は多いのに、不安定現象を集大 (250頁に続く)

いられる煙流モデルと呼ばれるものであるが、そのほかにも第5表に示すような種々の拡散モデルがある。拡散計算の詳細については、紙面の都合上省略するので、文献を参照されたい。

まとめ

戦後のわが国における大気汚染は、昭和20年代から30年代初期に至る、すす、粉じんによる『ばい煙汚染』の経済復興期をへて、その後十数年間は、石油系燃料消費量の急速な増大に伴う硫黄酸化物汚染の高濃度期を迎え、大気汚染による環境問題は、最も社会的に注目されてきた。

硫黄酸化物による高濃度汚染の時期においては、濃度と気象条件との相関関係に関する調査研究の成果をもとにして、大気汚染予報、注意報等が発令され、緊急的な対策に活用された。しかし、昭和40年代後半に入って、硫黄酸化物汚染が危機的な状態を脱し、抜本的対策を旨とする段階に至って、その具体的な対策手法として、大気拡散モデルを用いてシミュレーションを行い、その結果が発生源に対する規制計画決定の重要な根拠として利用されるようになっていく。昭和53年度に大気汚染防止法に基づいて実施された硫黄酸化物の総量規制も、このようなシミュレーションを基礎に主要発生源に対する硫黄酸化物排出量の総量規制基準が決定され、大阪市において、昭和54年度以降、全測定局で厳しい二酸化硫黄の環境基準を達成したものをはじめ、全国的にも大きな成果をおさめている。

また、現在最も問題となっている窒素酸化物汚染対策

としても、固定発生源に対する総量規制の実施が昭和56年度に大気汚染防止法に基づいて決定され、近く大気拡散シミュレーション等を利用した総量規制マニュアルが環境庁から出されることになっている。

なお、暖候期に発生する光化学スモッグについては、現在においても緊急対策を必要とする注意報（1時間値0.12 ppm以上）が発令が行われており、そのため気象庁の大気汚染気象センターでは、その予報を大気汚染気象情報として、前日に発表している。しかし、光化学スモッグの抜本的対策を追求する立場から、これについてもシミュレーションのための調査研究がこの数年進められている。光化学スモッグについては、大気拡散モデルのほかに光化学反応を再現するための反応モデルを必要とし、炭化水素の排出量を把握しなければならないことなどから、まだ実用的なシミュレーションモデルを確定するには至っておらず今後の重要課題となっている。

文献

- 気象庁編, 1976: 大気汚染気象予報指針, 日本気象協会.
- 森口 實, 1961: 大気汚染と制御 (伊東暉自編), 地人書館.
- 日本化学会編, 1977: 窒素酸化物, 丸善 KK, 100-123.
- 鈴木武夫, 1972: 環境の科学, 毎日新聞社, 52-55.
- T.R. Oke (斎藤直輔, 新田 尚訳), 1981: 境界層の気候, 朝倉書店,
- 大気汚染研究全国協議会編, 1980: 大気汚染ハンドブック (3) 気象編, コロナ社.

(236頁より続く)

成した本は世界的にも見当たらない。大気の運動のかなりの部分が、もとをただせば何らかの不安定の結果として生じていることを考えれば、気象学、或いは地球流体

力学の視野に立った不安定論の本が登場しても良いような気がする。しかし、少なくともそういう時が来るまで、我々はこの本を手離すわけにはいかないであろう。

(新野 宏)