

「数理科学」は語る

30年前から現代へのメッセージ

異友正

1984年4月号

本稿の主題である『乱流と渦』の本格的研究は Reynolds¹⁾の乱流発生の実験に始まり、今年で丁度 130 年になる。そして本誌の創刊以来の 30 年は、その最近の期間に相等する。

この 30 年の間に、『乱流と渦』の研究分野では、どのような発展が成し遂げられたか、それは『数理科学』さらに科学技術にどのような貢献を齎したか。それを、紙数のため、対象を「乱流の統計理論」に絞って述べてみたい。

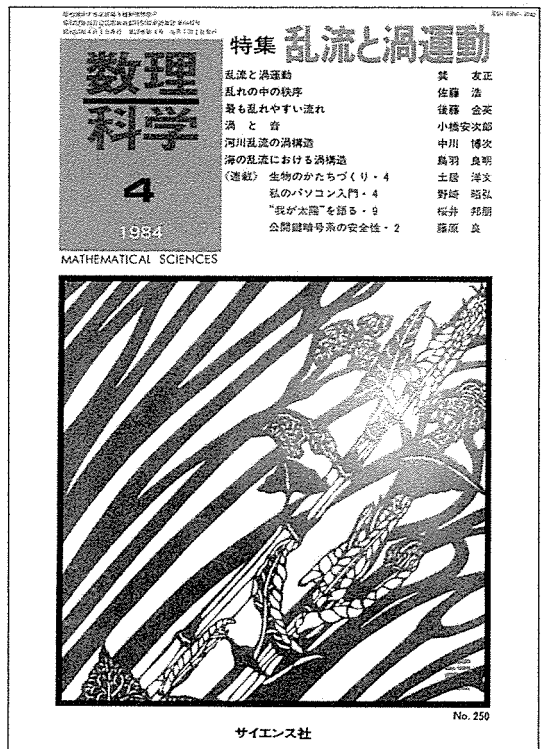
Reynolds の実験以来、研究者の関心は一貫して、乱流の「平均速度、運動エネルギー、応力」といった各次の「多点速度相関」にあった。当初は、物理的な類推や近似を用いてこれらの量を評価したが、戦後の 1950 年代になって、研究の主流は「多点速度相関」の方程式を流体の基礎方程式から導く「統計理論」に向けられた。筆者が研究者の列に加わったのはこの頃である。

この演繹的な「乱流の統計理論」には、一つの難点があった。それは、各次の「多点速度相関」の方程式が、運動方程式の非線形性によって、常に高次の速度相関を伴うため、有限の方程式系が完結しないことである。これを完結させるためには、高次の速度相関をより低次の相関と関係づける「完結仮説」が必要となる。これが、「乱流の統計理論」を理論物理学上の有数の難問の一つとする「乱流の完結問題」である。

20 世紀の後半、研究者の関心はこの「完結問題」に向けられた。この問題は乱流の理論的専門書には必ず言及されているので、参照されたい。

この「完結問題」による理論の手詰まりに原理的な突破口を開いたのが、Lundgren²⁾と Monin³⁾によって導かれた、乱流の「多点速度分布」の方程式系を対象とする「乱流の統計力学」である。この理論では、「速度分布」の特性関数が「速度相関」の母関数となるので、先の「完結問題」は自動的に解消する。ただ、この「多点速度分布」の方程式系もまた非完結であるが、これは前述の「非完結性」とは違って処理可能で、現に筆者が導入した『交差独立性完結仮説⁴⁾』によって完全に解決された。

この理論はまだ、一般の乱流に対して完結した「多



点速度分布」の方程式系が得られた段階にあるが、それでも、間欠的 (intermittent) な「局所エネルギー散逸率」を理論的に導いた点で、高 Reynolds 数乱流の完全な統計理論を与えるものと考えられる⁶⁾。

引用文献

- 1) Reynolds, O., *Phil. Trans. Roy. Soc.* **174** (1883), 935–982.
- 2) Lundgren, T.S., *Phys. Fluids*, **10** (1967), 969–975.
- 3) Monin, A.S., *PMM J. App. Math. Mech.* **31** (1967), 1057–1068.
- 4) Tatsumi, T., Kambe, T. et al. ed. *Geometry and Statistics of Turbulence*. Kluwer Acad. Publ. (2001) pp.3–12.
- 5) Tatsumi, T., *J. Fluid Mech.* **670** (2011), 365–403.
- 6) Tatsumi, T., *Theo. Appl. Mech. Japan*, **60** (2011), 3–19.

(たつみ・ともまさ、京都大学・京都工芸繊維大学 名誉教授)