

ジェット気流の発見－大石和三郎と C.G.ロスビー

(6) アメリカへ

ストックホルムのウェザーセンターでの定期的な予報作業は、ロスビーにとって満足できるものではなかった。1925年、彼はストックホルムのスウェーデンアメリカ財団に親書を提出し、フェローシップを受けることになった。後に、ロスビーがアメリカに渡った少なくとも表向きの理由について、ホレス・バイヤーズ著作のロスビー伝記 (Byers, 1960) をみると、米国国立アカデミーへ送った書簡に記述された渡航目的は、「極前線の理論をアメリカの天候に適用するため」というものだったことが示されている。この「極前線の理論」こそ、ビヤークネス以来ベルゲン学派が最も得意とする気象理論だった。

ストックホルムのスウェーデンアメリカ財団によると、ロスビーは90人の応募者のなかから採用された6人のうちの1人であったと記述されている (Mundebo, 1997)。その際に提出した研究テーマは「力学的な気象研究」で、これに対し1,000ドルの助成金が支払われた。

研究助成金として、この額はかなりのものだった (1923年ごろの1級教授の年収は1,860ドル)。1926年にアメリカ気象局予報部の助教授であり、後日MIT (マサチューセッツ工科大学) の教授となったハード・ウィレットは、MIT気象部50周年記念誌に、ロスビーが気象局の地下室に実験装置を設置して行った回転水槽実験 (図8) に強く引き付けられたと述べている。こうしてロスビーのアメリカでの研究が始まったが、最初の出版物はこの実験装置の設計に関するもので、前線理論でも力学的解析で

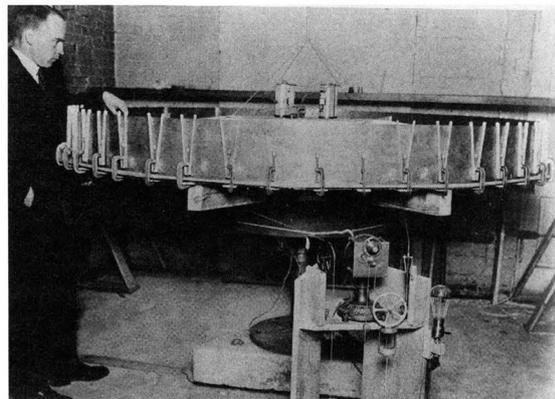


FIG. 8. Rossby standing beside his rotating tank in the basement of the U.S. Weather Bureau in 1926. (Reproduced from Lewis 1992.)

図8 自身が設計した回転水槽実験装置の横に立つロスビー (1926年、アメリカ気象局の地下室にて)

は無かった。最初の出版物の質についてとやかく批評することは適切ではない。それがどのようなものであれ、このフェローシップはアメリカの気象学・大気科学を発展に導く非常に重要な引き金になった。

ここで、回転水槽実験について簡単に説明しよう。上述したように、ハード・ウィレットが注目した理由は、そこに極前線の形成とジェット気流の発現を理論付ける重要な

要素が取り扱われていたからである。この連載の最初に示した図 1 を思い出していただきたい。赤道でエネルギーが地球内部に貯められ、極で地球から宇宙空間へ失われる。この緯度断面でのエネルギー不平衡を設定した実験で、はたしてロスビー循環の説明ができるだろうか。

ロスビーが着任したシカゴ大学では、1947 年ごろ、大規模な大気運動に関する研究がおこなわれるようになった。回転水槽実験のその一つで、一見すると定性的な流れのパターンが力学的な解明に役立つという兆候が、デイブ・フルツらの研究で明らかになった (Fultz, 1949)。この実験では、地球の北半球に見立てた半円形の容器に液体を入れ、全体をターンテ

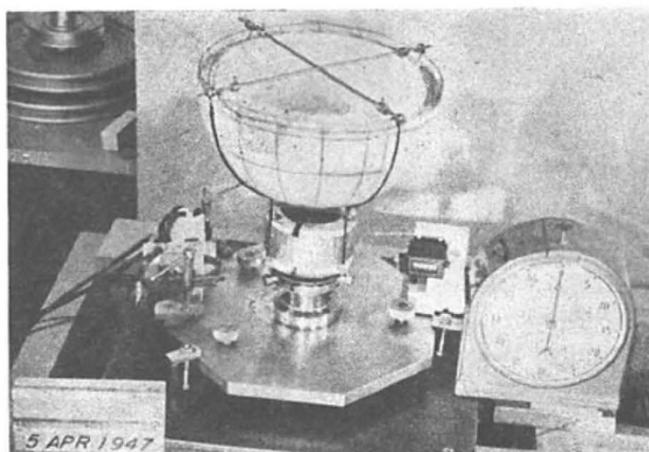


Fig. 2. Photograph of the hemispherical shell from above. Note the rods which hold down the inner flask, and the pellets floating in the liquid.

図9 半球状のシェルを使用した回転水槽実験装置 (内側にもう一つフラスコがあり、流れの様子をペレットを混入して観察する)

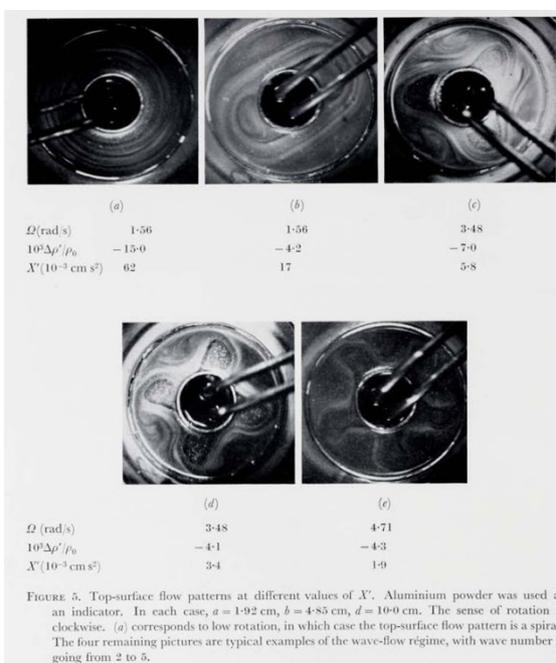


図10 異なるパラメーター(X')ごとの液体表面の流れパターン (アルミ粉を使用して可視化。プレートの回転方向は時計回り。(a)は単純なスパイラル状だが、パラメータ値が大きくなるに従い、流れの波数が2から5に変化する。)

ーブルに乗せ、さまざまな条件を設定して容器内に生じる流れを外側から観察する方式だった (図9)。この装置は、3次元的な流れの構造を観察するには優れていたが、重力ベクトルが実験と実際で異なっていた (実験では容器の中心に向かっていない点で実際と異なる)。

その後、フルツ (Fultz, 1952) らにより再現する対象を明確にした装置の改良が行われ、ディシュパン方式が考案された。この方式は、基本的に3層構造になっている容器の中心に低温を、外側に高温をつくり、全体をターンテーブルに設置して中央のドーナツ状の容器内に現れる流れを観察する。この装置を使い、中

中央の容器内に現れる速い流れのパターンの観察結果を図 10 示す (Hide, 1958)。回転 (水槽を地球の半球とすれば、自転) 速度に対する、赤道と極の温度差 (エネルギー不均衡) の比であるパラメーター (χ') の値が大きくなるにつれ、流れパターンの波数がゼロから波数 5 に変化している。

このパラメーターは外周と中心の温度差に依存する。つまり、温度差が大きければパラメーターは大きく、水流は何回も外周・中心の容器に接するように変化する。こうした、回転水槽内で可視化された流れパターンは、まさに図 1 に示した赤道と極の間に生じる熱エネルギー輸送システム、ロスビー循環である。

参考資料

1. Byers, H.: Carl-Gustaf Arvid Rossby, 1898-1957. Biogr. Mem., 34, 249-270, 1960
2. Mundebo, L.: Letter from The Sweden-America Foundation, dated 15 December 1997. Amer. Meteor. Soc., Boston, MA., 1997
3. Rossby, C.G.: On the solution of problems of atmospheric motion by means of model experiments. Mon. Wea. Rev., 54, 237-240, 1926
4. Fultz, D.: On the possibility of experimental models of the polar-front wave. J. Meteorol., 9, 379-384, 1952
5. Fultz, D.: A preliminary report of experiments with thermally produced lateral mixing in a rotating hemispherical shell of liquid. J. Meteorol., 6, 17-33, 1949
6. Hide, R.: An experimental study of thermal convection in a rotating liquid. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A, No983, 250, 441-478, 1958