

強制渦による平均流生成の回転水槽実験

馬谷, 紳一郎
九州大学応用力学研究所 : 助手

<https://doi.org/10.15017/4743721>

出版情報 : 應用力学研究所所報. 60, pp. 431-435, 1984-09. 九州大学応用力学研究所
バージョン :
権利関係 :

強制渦による平均流生成の回転水槽実験

馬 谷 紳 一 郎*

概 要

β -面水槽において、等地衡流線に沿って、正、負の渦を強制し、平均流生成の実験をおこなった。等地衡流線が閉じている時には、 β の値が大きければ平均流が生成するが、等地衡流線が閉じていない時には平均流の生成が起りにくいことが実験的に示された。

Key words: β -plane, forced eddy, mean flow.

1. 序

本実験は回転系であり、しかもその回転の効果が場所によって異なるという特性を持つ β -面水槽による実験である。地球の海洋は等地衡流線が閉じない β -面の例であり、大気は等地衡流線の閉じた β -面の例である。そこに存在する大規模な流れに対する本実験の適用が期待されるが、本論ではその点には言及しない。

McEwan *et al.*³⁾ は、 β -面水槽に渦の強制を配置し、その配置を移動させることにより平均流が生成することを示したが、本実験ではその配置の移動は必要ではなく、配置が固定された渦の強制によっても平均流が生成することを示す。また平均流の生成に関しては、等地衡流線が閉じていることが重要であることを示す。

2. 実験装置と実験方法

図-1 に実験装置の概略図を示す。内径 23.0 cm のアクリル樹脂製の円筒形水槽を、その中心軸が回転軸と一致するように、 Ω (>0) で回転する回転テーブル (T) 上に設置する。回転による空気の流れの影響を除くために、水槽には透明なふたがしてある。作業流体は水であり、これが水槽底面の吸い込み用の小孔から流出し、分水器 (D) で一つにまとまり、ポンプ (P)、及びフローメータ (F) を経由し、分水器で分配されて湧き出し用の小孔から再び水槽内に流入する。

図-2 が吸い込み (sink) と湧き出し (source) の小孔の配置図である。12 個の小孔 (内径 4 mm) が水槽の中心から 7.0 cm の位置に同心円状に等間隔に配置されている。

回転の為に、この流体に生じる流れは水平方向に二次元的となり、鉛直構造を持たなくなる。また表面は自由表面であり、回転による水深の変化で β -効果が実現される。この時水槽は、中心が北極に相

* 九州大学助手、応用力学研究所

ある。3.2 節で示すように、この仕切板は平均流生成に関して重要な影響を与える。

可視化は自由表面に浮べたアルミ粉末によっておこない、写真撮影とビデオカメラによる観察をおこなった。

3: 実験結果

実験は湧き出し、吸い込みの流量と、回転数を設定し、スピナップ・タイムの3～4倍経過した後の、ほぼ定常状態に達した時の表面流を調べた。尚、ここに示した写真の露光時間はすべて0.5秒である。また β の値は渦の強制位置での値であり、 $\beta = \frac{f}{H} \frac{dH}{dr}$ 、で定義されている。

3.1. 閉じた等衡流線を持つ場合

図-3 に β -効果が弱い場合の表面流が示されている。湧き出しと吸い込みの小孔に対応して、各々負の渦と正の渦とが強制されているのが観察される。しかしながら、各々の渦は独立しており、平均流の生成は観察されない。これは β -効果が弱い為に、強制された渦が誘起する渦度が弱く、従ってそこに生ずる非線形効果も弱い為である。

図-4 は β -効果が前例の4倍の強さの時の表面流を示している。正の渦は中心よりに、負の渦は周辺よりに変位する傾向が現われ、明瞭ではないが平均流が生成しはじめているのが観察される。

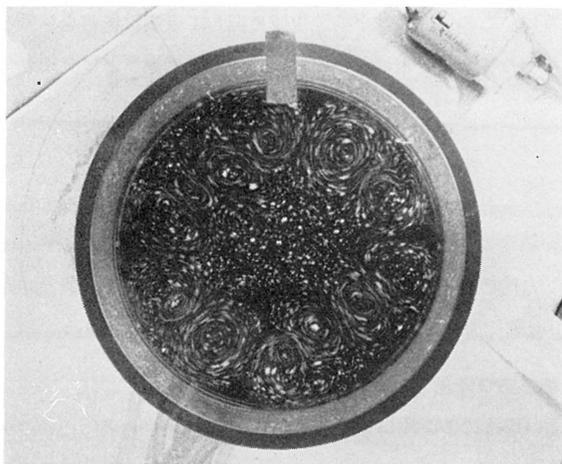
図-5 に β -効果が強い場合（図-3 の時の8倍）の表面流が示されている。正の渦は中心側（極側）へ、負の渦は側壁側（赤道側）へ変位している。これが β -効果と非線形性の効果である。この変位に伴い、渦の強制領域付近に強い反時計回りの平均流（西風ジェット）が生成している。この流れは蛇行しながらほぼ等衡流線に沿って水槽を一巡している。非対称性があるがこれは強制された渦の強さに若干の違いがある為である。しかしこの非対称性は平均流の生成に関しては本質的な問題ではない。また渦の強制領域の内側と外側には時計回りの平均流が生成するはずであるが、ここでは観察されていない。より大きな実験水槽を用いれば観察されるはずである。

3.2. 等衡流線が閉じない場合

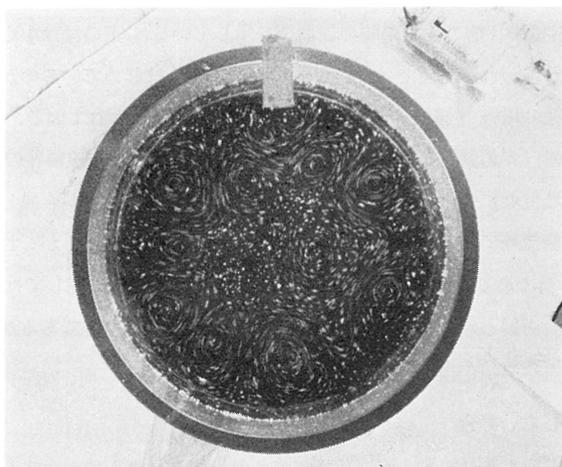
図-6 には、図-5 と同じ条件であるが、仕切板を入れた場合の表面流が示されている。水槽の中心から左上の側壁までの白い線がそれである。中心から右下へかけての白い線は支持の為の棒であって流体運動には影響を与えていない。ここに示された流れは、実験パラメーターは β -効果が強い図-5 と同じであるにもかかわらず、そこには反時計回りの平均流がまったく観察されない。強制渦による平均流の生成という点では β -効果は無論重要な因子であるが、等衡流線が閉じるか、閉じないかという境界条件もまたそれに劣らず重要な因子であるといえる。

4. 結論

閉じた等衡流線を持つ β -面において、等衡流線に沿って、複数の正・負の渦を配置した場合、 β の値が大きくなるとは渦の強制領域付近に平均流が生成することを実験的に示した。この場合、渦の配置は固定されていてもかまわない。



図—3 表面流; $\beta=3.2 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$, closed geostrophic contour



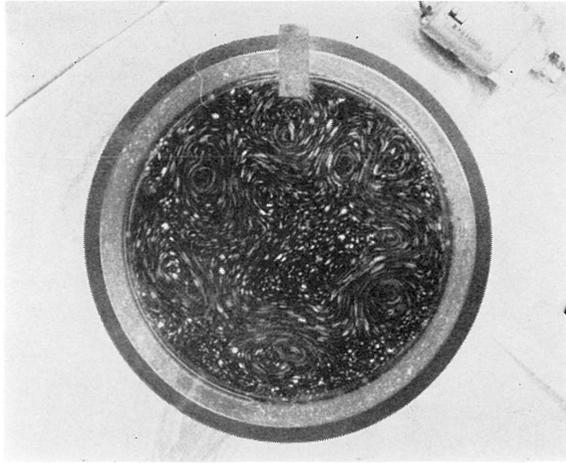
図—4 表面流; $\beta=1.3 \times 10^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$, closed geostrophic contour

等地衡流線が閉じていない場合には、それが閉じている場合に比べて平均流の生成がおこりにくいことを実験的に示した。

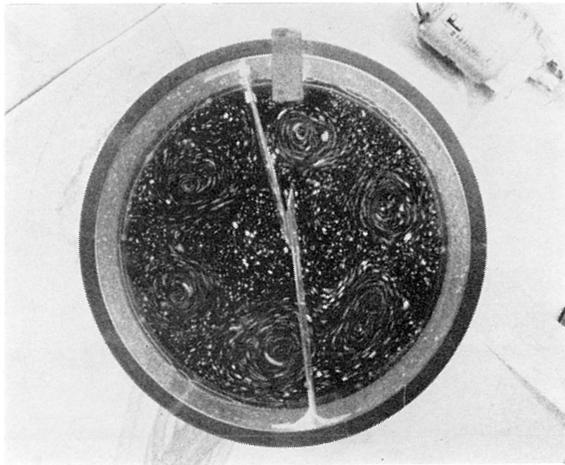
謝 辞

本研究を行なうにあたり、問題提起をされた山形俊男助教授と、有益な助言をいただいた、九州大学理学部の守田治氏に感謝します。また図面の作成と原稿清書をして下さった砂辺久美子嬢、写真撮影を手伝って下さった北統夫技官に感謝します。

本研究は文部省の科学研究費の援助により行われた研究の一部です。



図—5 表面流; $\beta = 2.6 \times 10^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$, closed geostrophic contour



図—6 表面流; $\beta = 2.6 \times 10^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$, unclosed geostrophic contour

参 考 文 献

- 1) Colin de Verdière, A.: Quasigeostrophic flows and turbulence in a rotating homogeneous fluids, Ph. D. thesis, Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts, 1978.
- 2) Colin de Verdière, A.: The influence of meridional boundaries upon Rossby wave rectification processes, Marine Turbulence, Elsevier, Amsterdam, 1980.
- 3) McEwan, A. D., R. O. R. Y. Thompson and R. A. Plumb: Mean flows driven by weak eddies in rotating systems, J. Fluid Mech., **99**, 1980, 655-672.

(昭和59年6月31日 受理)