4 回転円筒水槽流体の流れと温度分布 の液晶による立体的観測

田島俊彦[○]、川平浩二、(富山高専)

The 3-dimensional observation of internal flow and temperature
in rotating annulus experiments with the use of liquid crystal

Toshihiko Tajima and Koji Kawahira

1. はじめに

大気大循環の実験的シミュレーションを行なう回転円筒水槽実験において、カイラルネマチック液晶を用いて流れと温度の同時可視化を行ない、流体内部の流速と温度分布の立体的観測方法を示す。三重水槽をガラスで作ри、観測流体に液晶を注入しておき、暗室の中で横から水平スリット光を当て上から回転円盤に固定されたビデオカメラで撮影すると、液晶粒子の動きから流速が、色から温度が同時に観測出来る。又、液晶及びスリット光の用い方によって、流体内部の流れと温度分布の三次元的構造をいろいろな角度から観察出来る。¹⁻⁴ 特に、異なる感温範囲を持ついくつかの液晶を同時に注入することにより、広い温度範囲に渡り流れを可視化出来るようになった。⁴⁻⁵ ビデオカメラで撮影された映像は流体内部の対流を動的に詳細に示し、気象学や流体力学の研究にだけでなく、教材として役立つであろう。ここでは以上の方法をいくつかの例によって紹介する。

2. 実験方法及び観測例

実験装置全体図を図1に示した。ターンテーブル(可変速度範囲 1~34 rpm)の上に図2のような三重層のガラスの水槽をのせ、内側の層に氷水、中間層に水道水、外側の層に熱水を入れる。中間層に温度によって定まった色を反射する液晶(カイラルネマチック液晶、感温範囲19.5~32℃; 19.5~20.5℃ 赤色、20.5~22.0℃ 緑色、22.0~32.0℃ 青色、その他は無色)を数滴入れてターンテーブルを回転させる。スリット光を水平に入射させ、テーブルに固定されたビデオカメラによりスリット光が切り出した水平断面を撮影する。また、スリットを上下動させてい

Fig.1 Overall view of the apparatus

Fig.2 Laboratory set-up of the tank

Toyama National college of Technology, 13 Hongo-machi, Toyama City 939.

ろいろな高さの水平断面を撮影する。図3に水平断面の代表的流れである傾圧不安定波のビデオ画面から得られた簡単な解析図を水深 $d = 15\text{cm}$, 回転数 $\Omega = 1.05\text{rad/s}$ (10rpm) の場合で高さ $h = 8\text{cm}$ の断面について示した(会場ではスライド及びビデオによって多くの例を示す)。実験の結果、極めて鮮明な映像が得られ、映像は流れと温度分布についての定性的観測に極めてすぐれているが、定量的にもかなりのデータを得ることができることがわかった。しかし、この時の最大の問題点は、用いた液晶の感温範囲は $19.5\sim 32.0^\circ\text{C}$ と広いが、そのほとんどの約 10°C の範囲が青色で占められている。この特性は液晶に共通していて、一種類の液晶では幅広い温度範囲で、例えば、水槽の表面から底まで、流れと温度を可視化することが出来ない。この点を解決すべく、異なる感温範囲を持つ液晶を同時に注入することを考え、試みに次の感温範囲を持つ a, b, c の3種類を用いて実験した(a; $15\sim 20^\circ\text{C}$, b; $20\sim 25^\circ\text{C}$, c; $25\sim 30^\circ\text{C}$)。この結果、水平スリット光で流体の上層部から下層部までの水平面をすべて観測できるようになった。この例として、水深 $d = 18\text{cm}$, 回転数 $\Omega = 2.10\text{rad/s}$ (20rpm) の場合で、高さ $h = 14\text{cm}$ と高さ $h = 4\text{cm}$ の断面の流れの比較を図4に示した。⁵ 次の例は、鉛直スリット光を用いて鉛直断面内を直接観測することである。この時、一つの液晶が示す色スペクトルが等温線の役目を果たすように現われ、結果として3本の等温線が流体中に描かれた。図5に鉛直断面の直接撮影の例を示した。これらはもちろんビデオカメラで撮影でき、等温線の動的変動はもちろん、液晶粒子の運動から流れまで観測出来る。

4. 参考文献

- ¹ 岩本謙治他、日本気象学会1990年秋大会。
- ² 田島俊彦、川平浩二、富山高専紀要第25号(1990)。
- ³ 田島俊彦、川平浩二、天気、印刷中。
- ⁴ T.Tajima and K.Kawahira, submitted to Letter of Physics of Fluid.
- ⁵ T.Tajima and K.Kawahira, submitted to Science.

Fig.3 Illustration of baroclinic waves in horizontal section
 ($h = 8\text{cm}$; $d = 15\text{cm}$ and $\Omega = 1.05\text{rad/s}$)

Fig.4 Illustrations of baroclinic waves in horizontal sections
 a: $h = 14\text{cm}$ and b: $h = 8\text{cm}$;
 ($d = 15\text{cm}$ and $\Omega = 1.05\text{rad/s}$)

Fig.5
 Illustration of isothermal lines in vertical sections
 A-A' and B-B' in Fig.3