

傾いた側壁をもつ容器内の2次元熱対流

京都大学・情報学研究科

深澤義成, 船越満明 (Yoshinari Fukazawa, Mitsuaki Funakoshi)

Graduate School of Informatics, Kyoto University

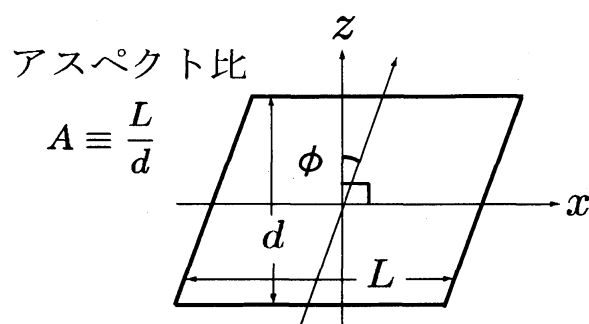


図 1. 平行四辺形容器

図 1 のように、側壁が鉛直方向から ϕ だけ傾いた、アスペクト比 A の平行四辺形容器内の 2 次元熱対流について、各壁面上の温度 T_{wall} が鉛直上向き座標 z の関数として $T_{wall} = -\beta z + c$ ($\beta > 0$) と表せ、各壁面は完全熱伝導、すべりなしとする境界条件のもとで、静止状態の線形安定性と定常対流解の分岐を、チェビシェフ多項式を用いた選点法により数値的に調べた。 A を固定し、 ϕ を増加させると、臨界レイリー数は増加し、不安定化モードの渦の数は 1 つずつ増えることがわかった。 $\phi > 0$ に対して、 A を増加させると、臨界レイリー数が減少し、不安定化モードの渦の数が 1 つずつ増え、 $\phi = 0$ の場合と定性的に同じ結果が得られた。一方、ある程度大きな ϕ に対して、 A を 0 に近づけていくと、図 2 に示すように不安定化モードの渦の数が 1 つずつ増えるなど $\phi = 0$ の場合との定性的な違いが見られた。定常対流解の分岐では、側壁が傾いていることによる、分岐の対

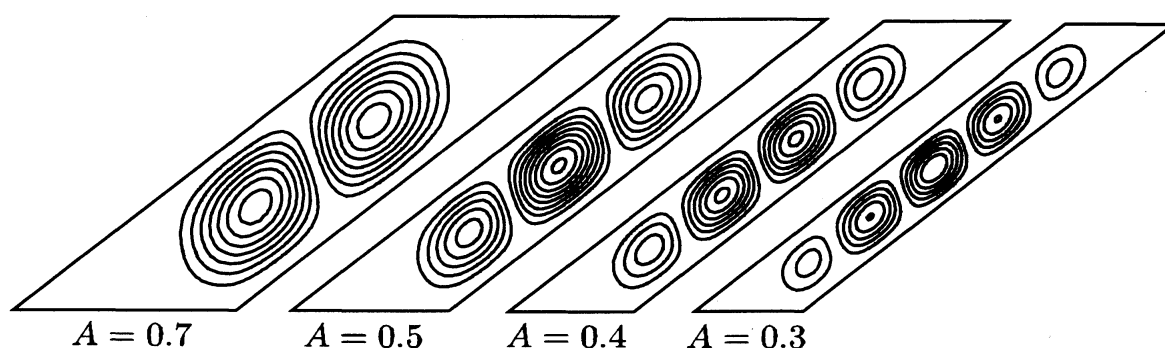


図 2. 不安定化モード $\tilde{\phi} \equiv \frac{180}{\pi} \phi = 50$

称性の破れが見られた。例えば、静止状態から分岐した、時計回りと反時計回りの渦に対応する2つの定常対流解が、 $\phi \neq 0$ では異なるレイリー数で不安定化することや、 $\phi = 0$ では超臨界熊手型分岐により生じる、2つの渦が横に並んだ安定な定常対流解は、 $\phi \neq 0$ ではサドルノード分岐により生じることなどが得られた。

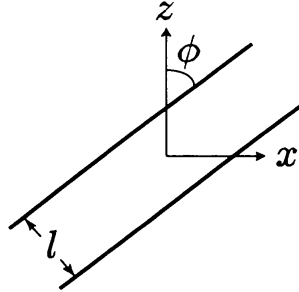


図3．傾いた無限流体層

次に、図3のように、鉛直方向から ϕ だけ傾き、距離 l だけ離れて置かれた無限に長い平行な壁の間の2次元熱対流についても、平行四辺形容器の場合と同じ境界条件のもとで、壁と平行な方向に周期性を仮定した上で、静止状態の線形安定性を調べた。 $0 \leq \tilde{\phi} \leq 20.8$ では、臨界レイリー数が $\frac{(2\pi)^4}{\cos^2 \phi}$ と解析的に表現でき、不安定化モードは壁と平行な方向に一樣になることが得られた。 $\tilde{\phi} = 34.8$ で臨界レイリー数は最大値をとり、 $\tilde{\phi}$ を90に近づけていくと、図4に示すように、不安定化モードの渦の縦横比が1に近い値に近づくことなどが得られた。さらに、平行四辺形容器の静止状態の線形安定性と比較し、平行四辺形容器における臨界レイリー数は、各 ϕ に対し $A \rightarrow 0$ の極限で傾いた無限流体層の臨界レイリー数に一致することや、図2のような現象が $\tilde{\phi} > 20.8$ で起こることを解析的に示すなどの結果を得た。

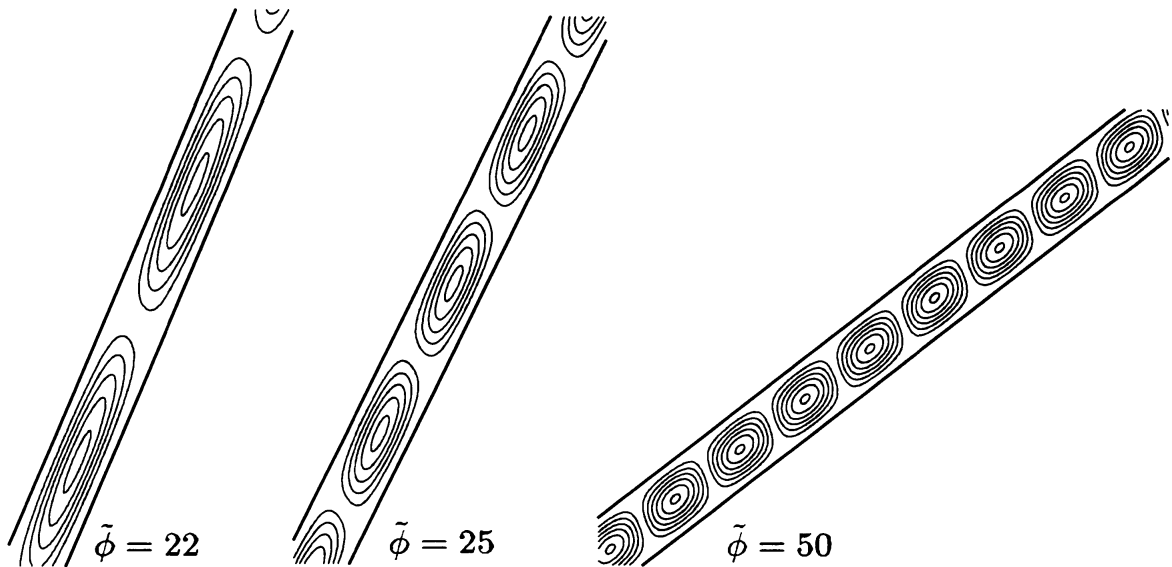


図4．不安定化モード