

# 金星大気のスーパーローテーションにおける Thompson のメカニズムの研究

流体地球物理学教育研究分野 1363433S 宮野 加菜

## はじめに

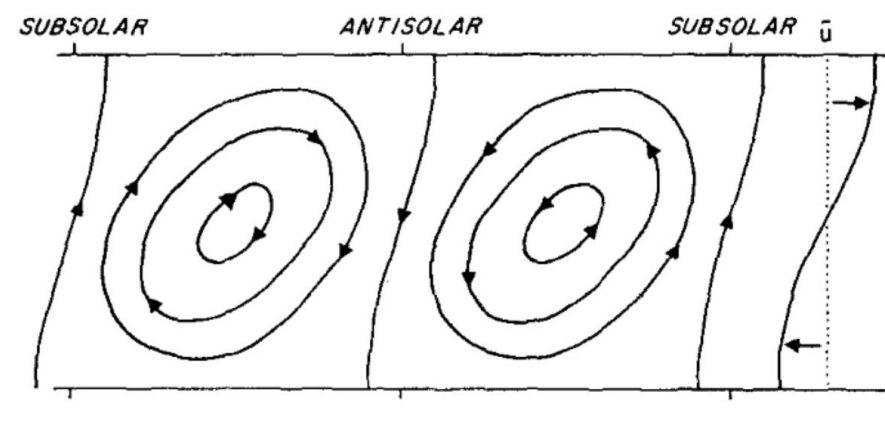
金星大気のスーパーローテーションとは、金星の自転と同じ方向に、自転速度の 60 倍で大気が回転している現象のことである。メカニズムについては現在も議論がおこなわれている(松田, 2016)。本研究では夜昼間対流を前提とした Thompson (1970) のメカニズムが成り立つかどうかを検証する。



アメリカの「パイオニア」による撮影 (NASA/JPL)

## 問題設定

- 鉛直 2 次元, Boussinesq 流体
- 鉛直方向は静水圧平衡
- 境界条件
  - 水平方向は周期境界
  - 鉛直方向は伝導性の剛体壁
- 格子点数
  - 水平方向に 10 層, 鉛直方向に 5 層
- 初期の速度摂動:  $\bar{u}(z) = 0.2 \cos z$
- t=130 で  $\bar{u} = 0.2 \cos z$  を与える
- 加熱は  $H(x, z) = (1 + z/\pi) \cos x$
- 拡散係数 E, K は E=K=1.0 から始まり徐々に減少し, t=100 以降 0.01 で一定となる



東西流と傾けられた対流セルとの間の相互作用(Thompson, 1970)

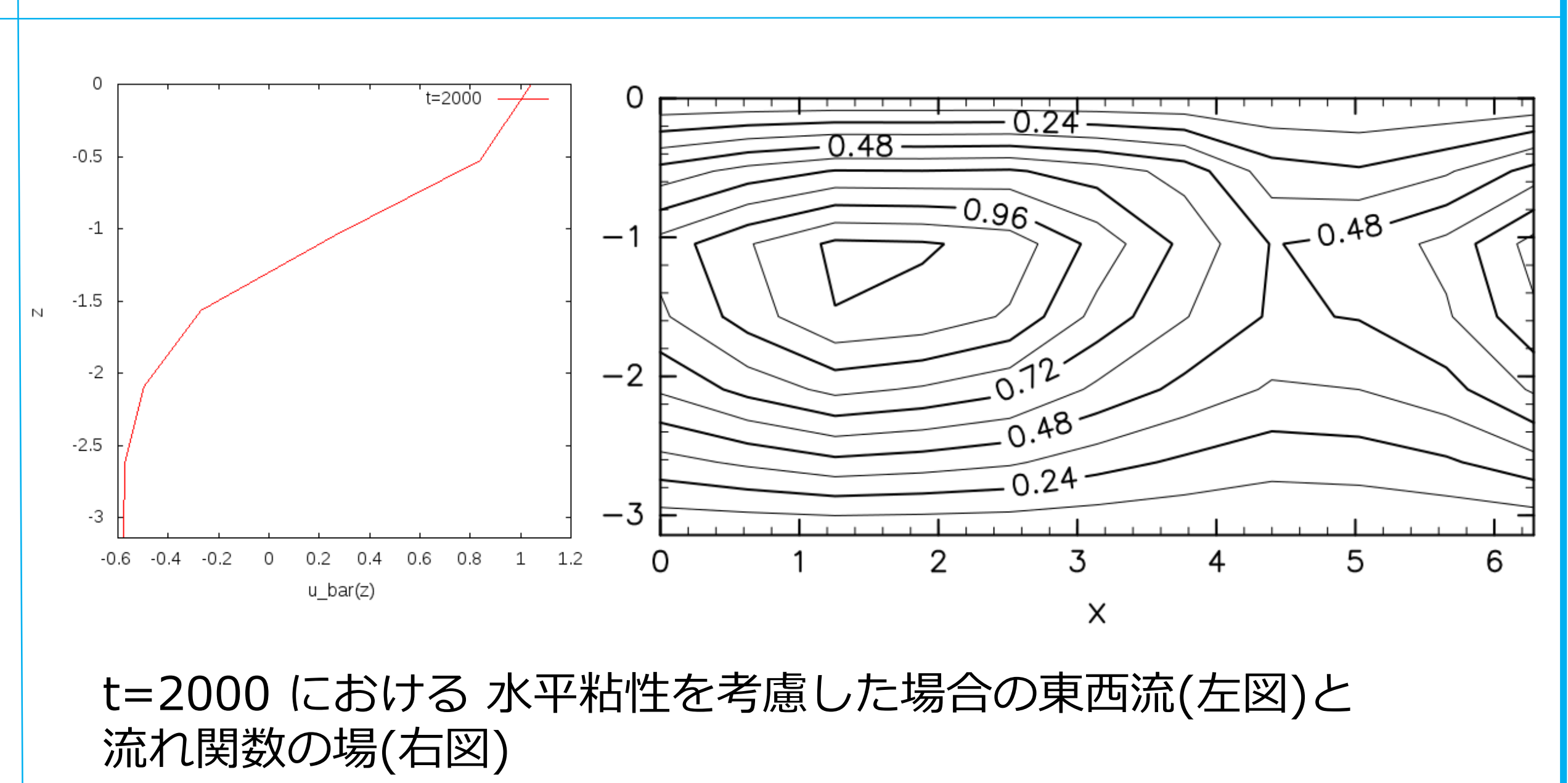
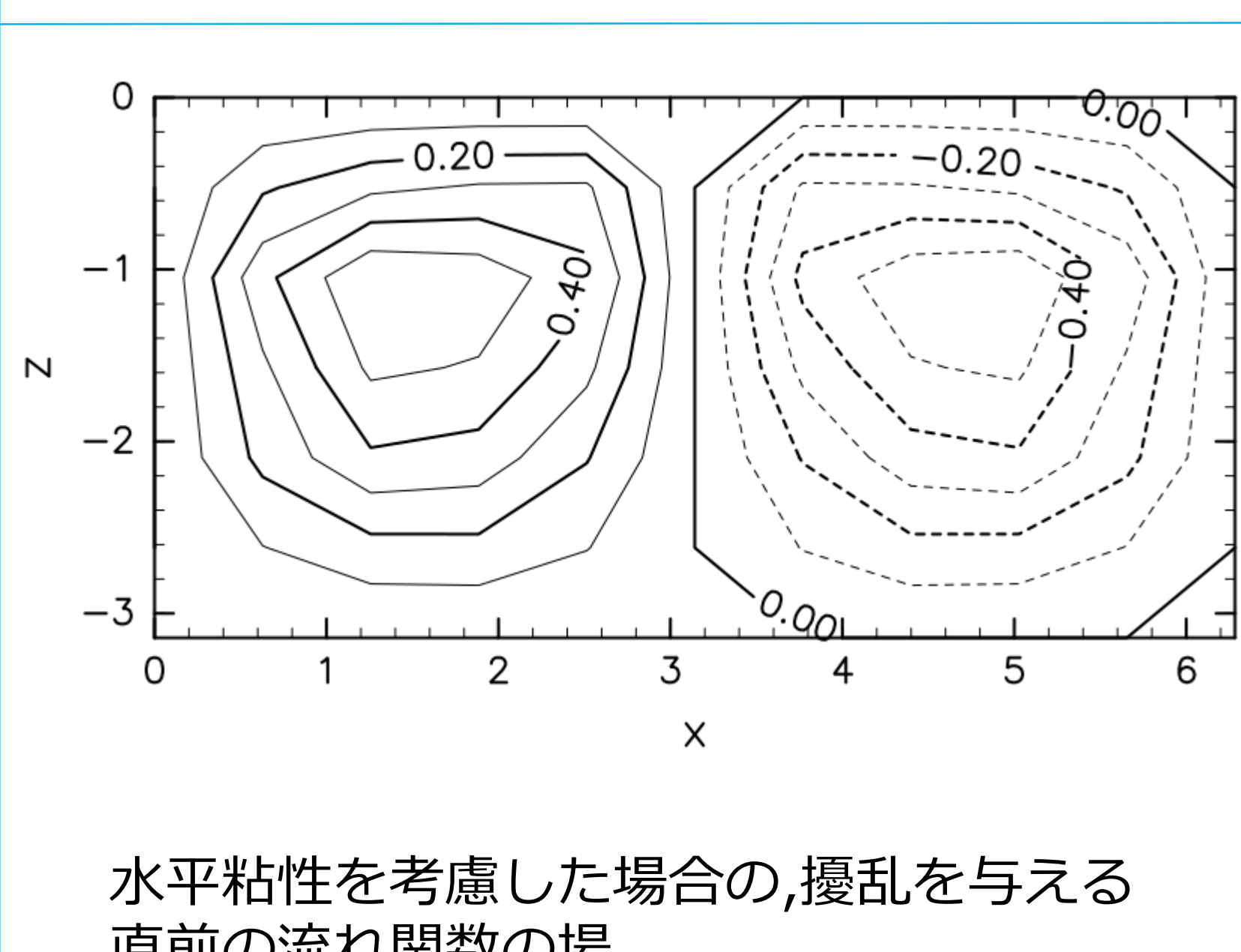
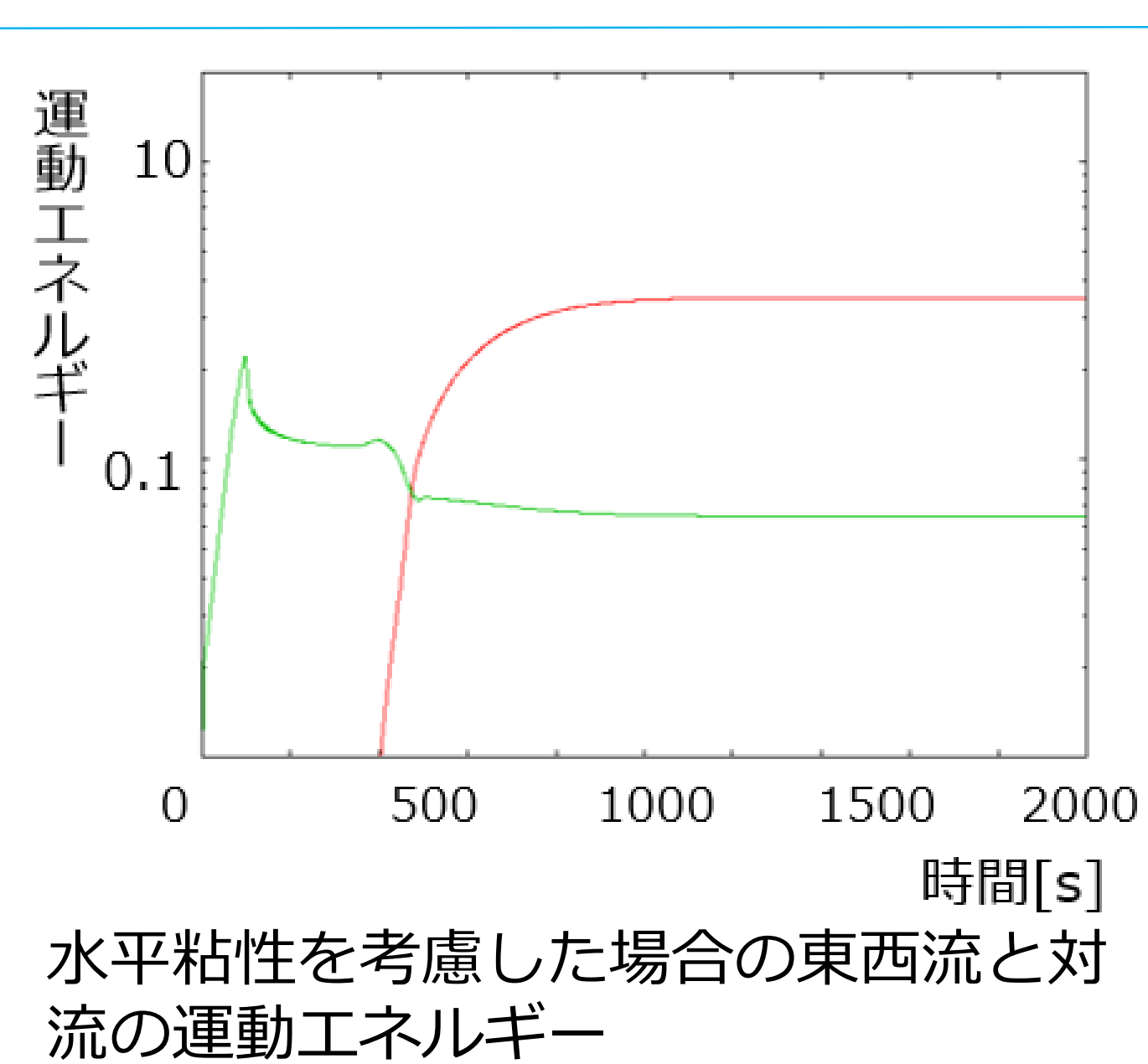
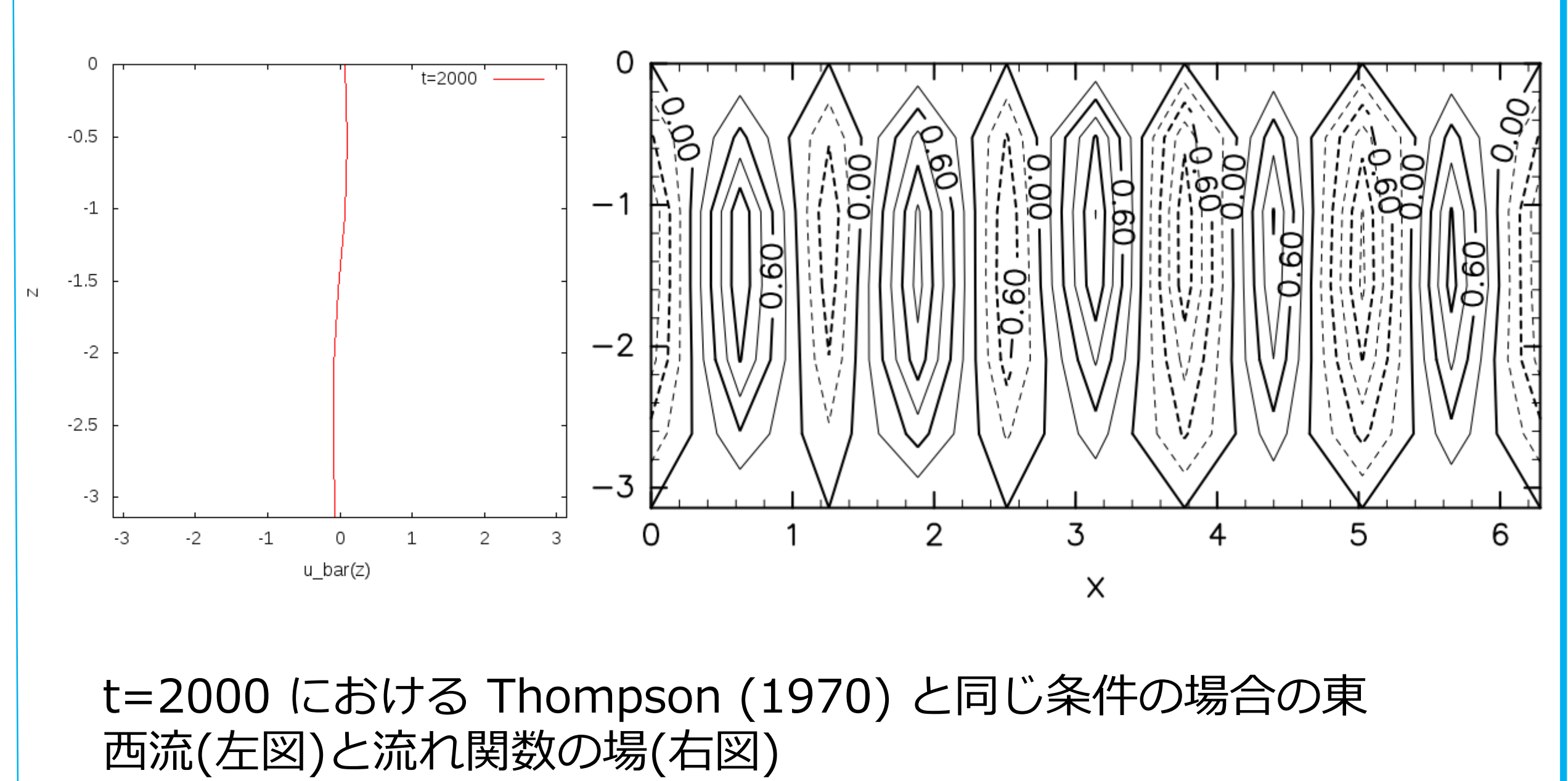
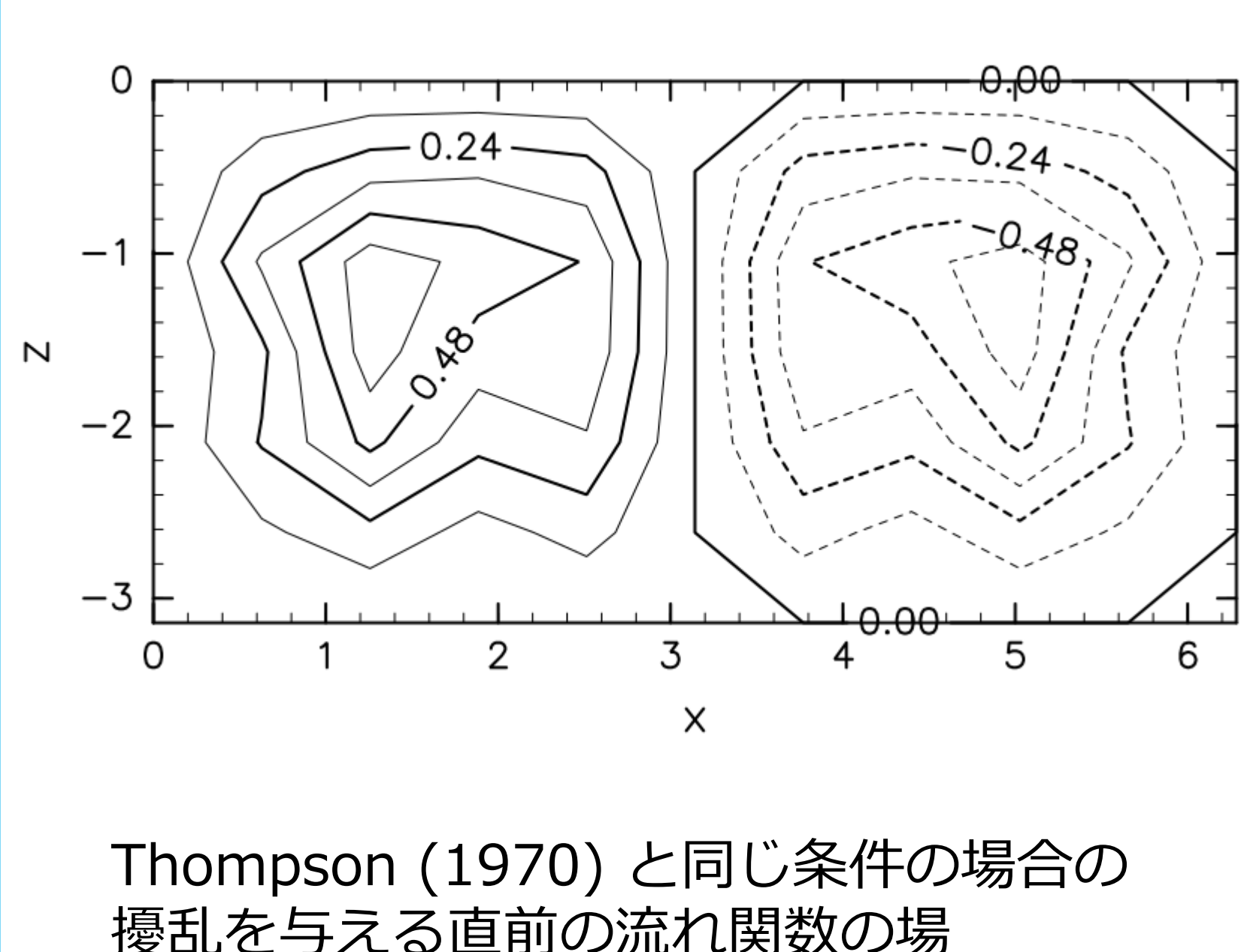
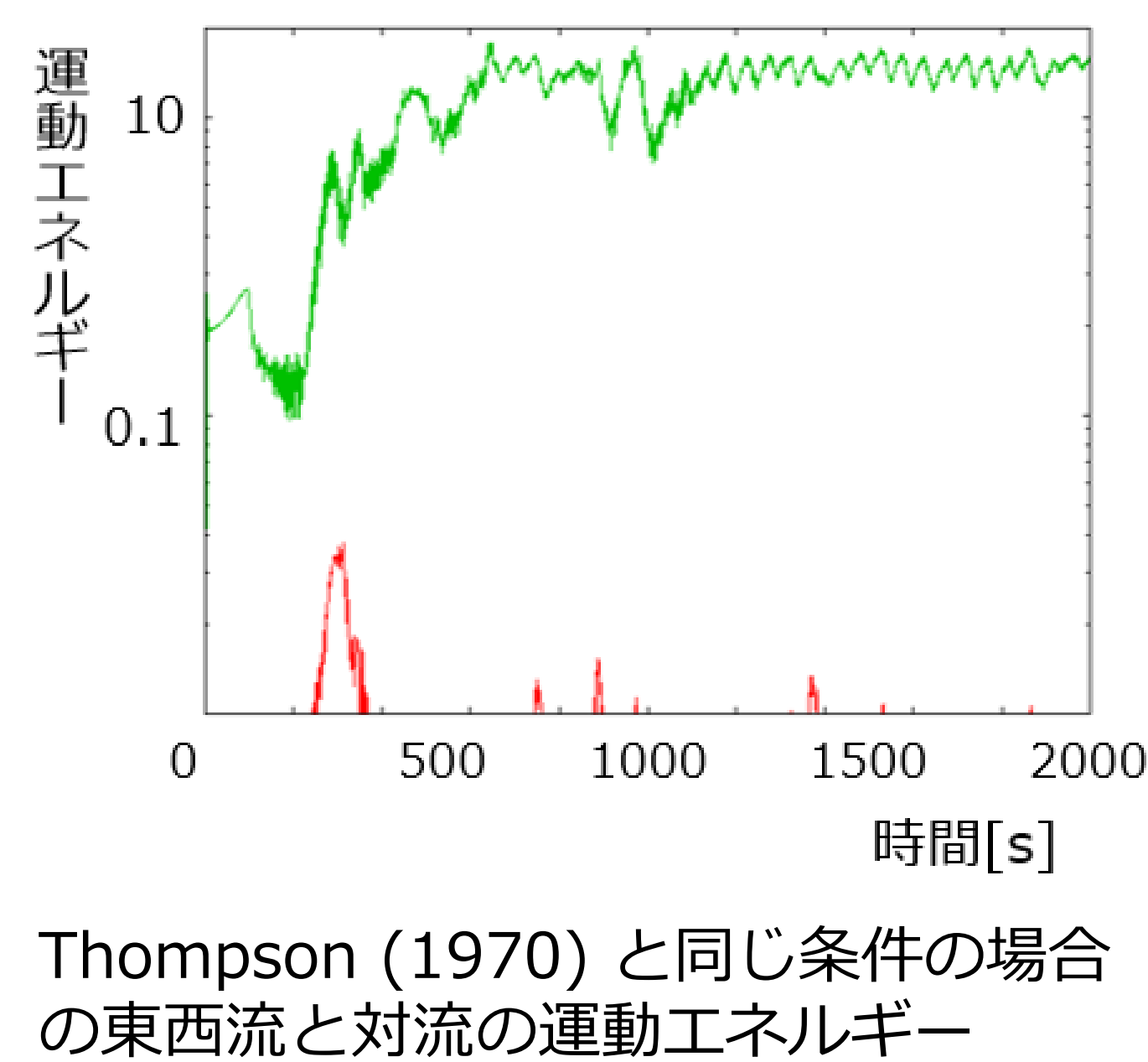
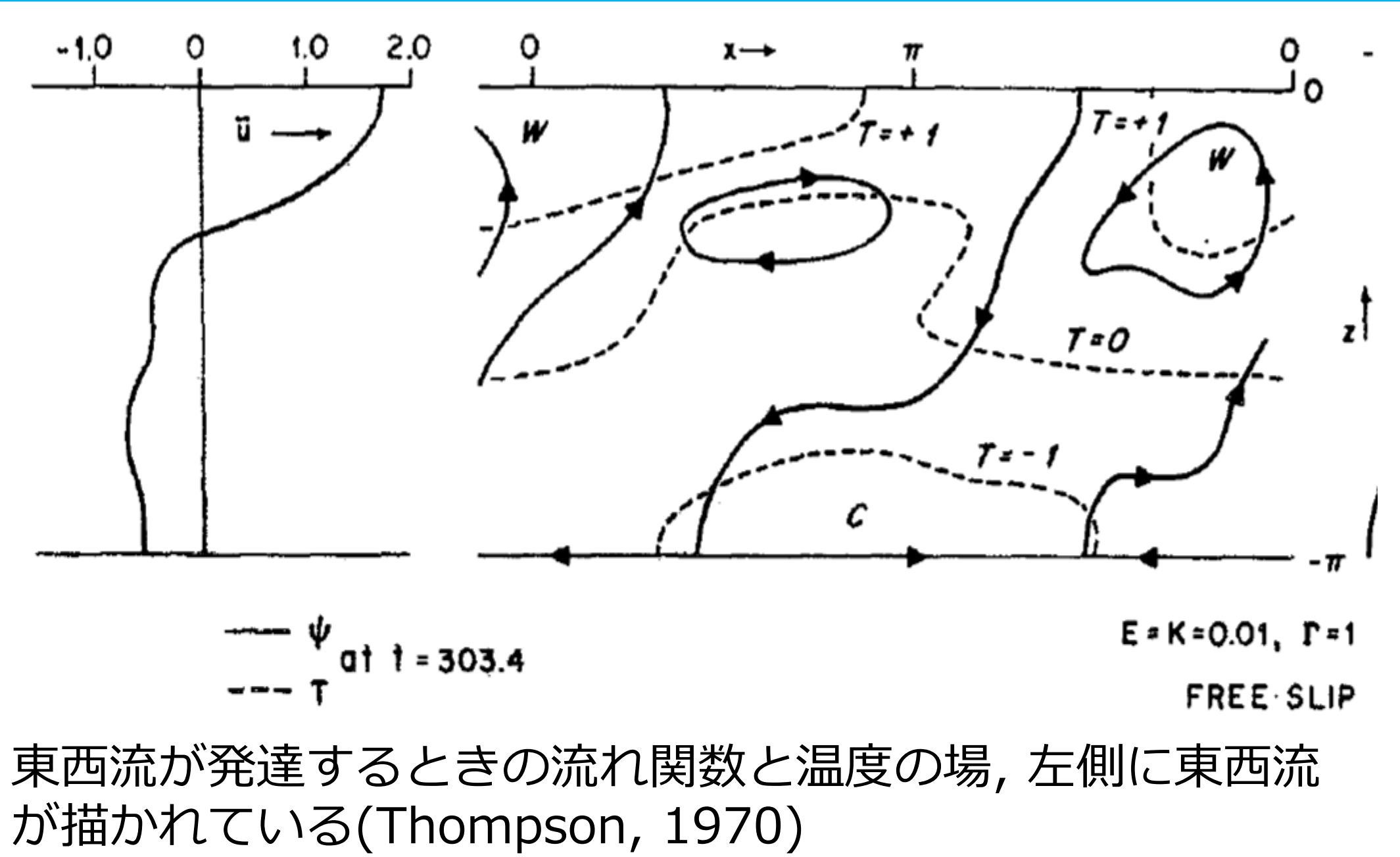
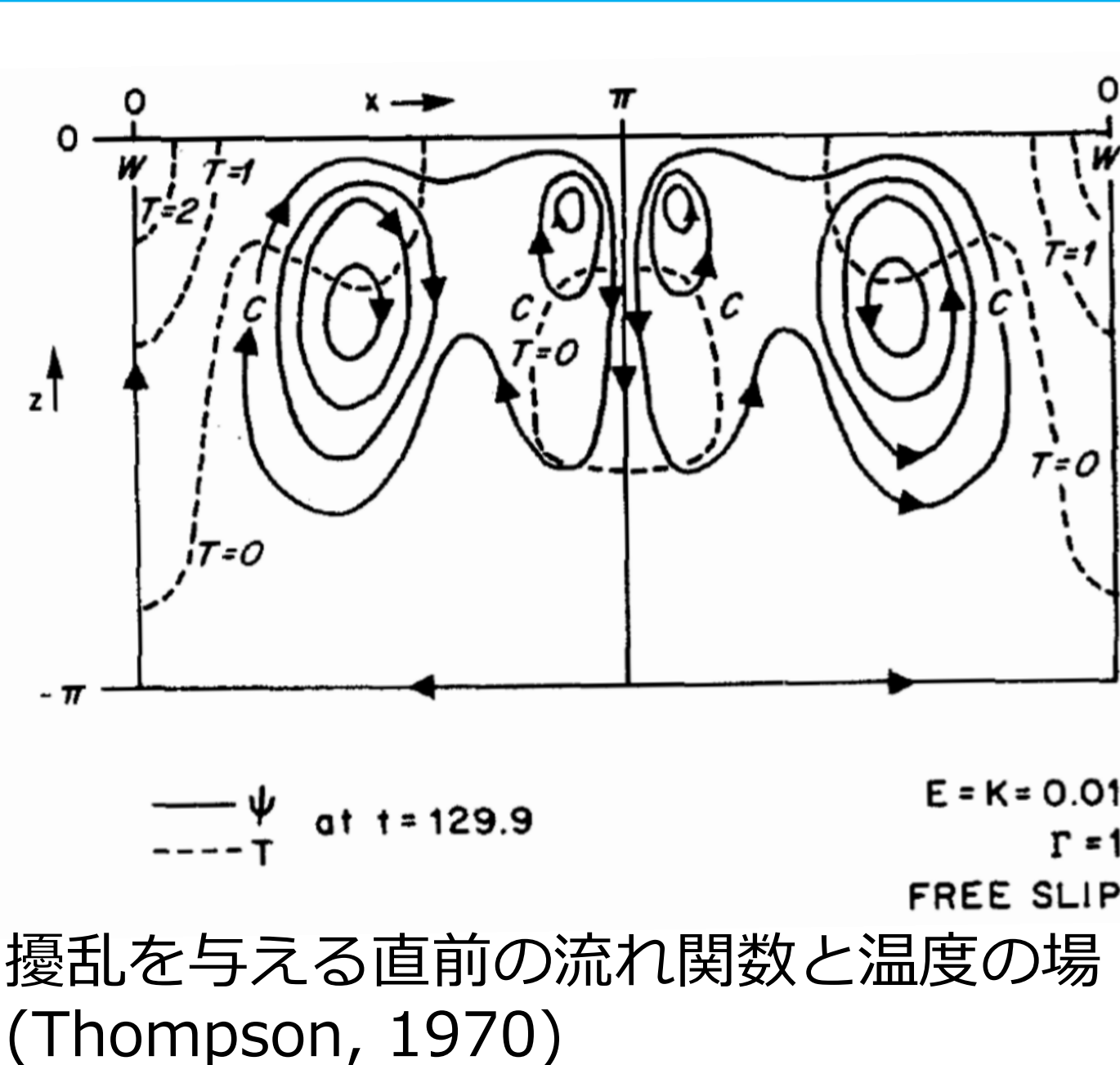
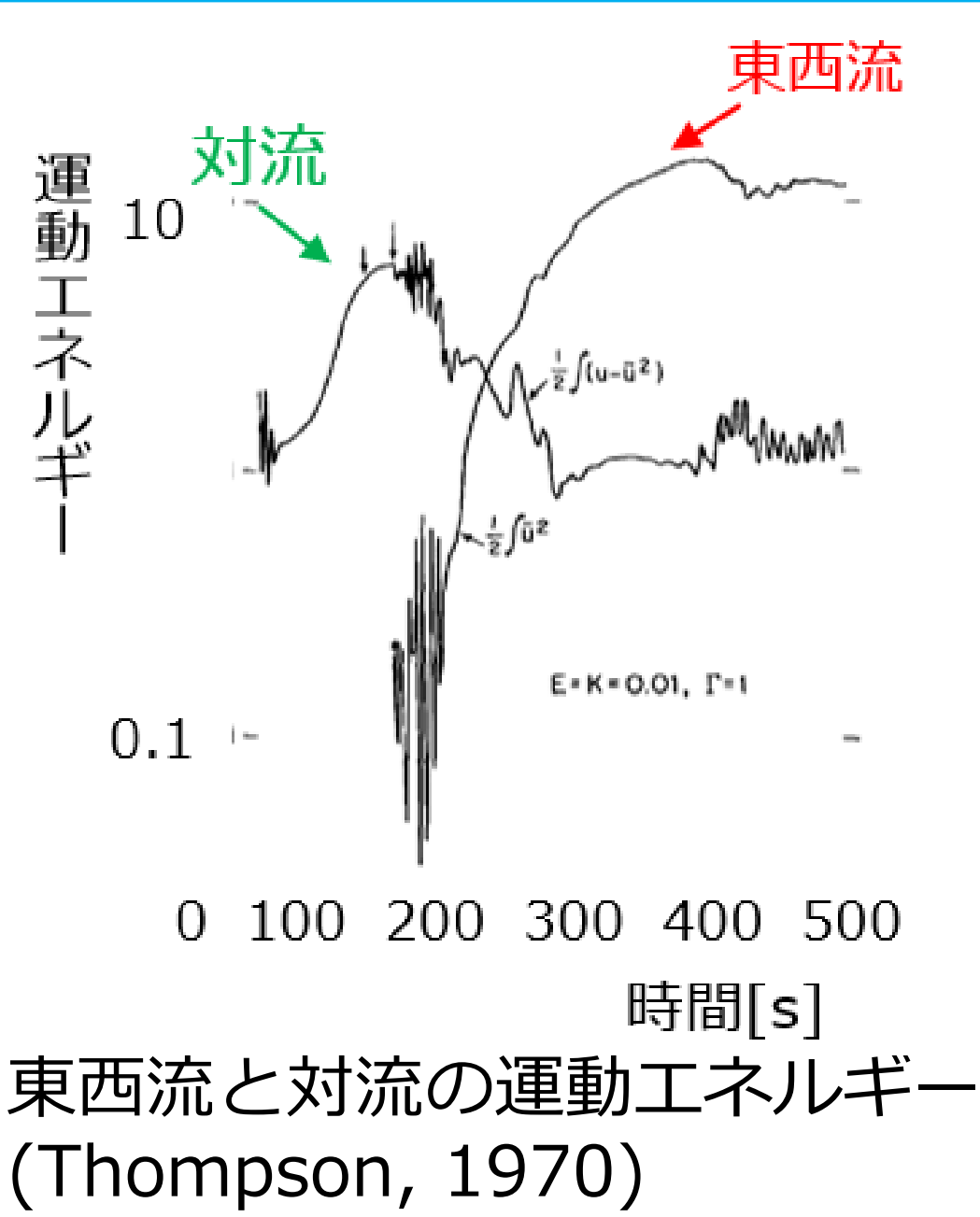
## 支配方程式, 数値計算法

- 支配方程式
  - 渦度方程式:  $\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) + J \left( \Psi, \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) = -\alpha g \frac{\partial T'}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2}{\partial z^2} \left( \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right)$
  - 熱力学方程式:  $\frac{\partial T'}{\partial t} + J(\Psi, T') - \Gamma w = H + \kappa \frac{\partial^2 T'}{\partial z^2}$
- 数値計算法
  - 空間微分: 中央差分
  - 時間微分: Runge-Kutta-Gill 法
  - 支配方程式の Jacobian: Arakawa Jacobian 法

$\Psi$ : 流れ関数  
 $u, w$ :  $x, z$  方向の速度  
 $u = -\frac{\partial \Psi}{\partial z}, w = \frac{\partial \Psi}{\partial x}$   
 $\alpha \equiv -\frac{1}{\rho_R} \left( \frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_P$   
 $\rho_R$ : 基準密度  
 $g$ : 重力加速度  
 $T'$ : 温度の摂動  
 $\nu$ : 渦粘性係数  
 $\Gamma$ : 温度減率  
 $H$ : 加熱率  
 $H(x, z) = (1 + z/\pi) \cos x$   
 $\kappa$ : 熱拡散率  
 $J(\Psi, \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2}) = -\frac{\partial \Psi}{\partial z} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) + \frac{\partial \Psi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right)$

## 結果

はじめに, Thompson (1970) と同じ条件で実験をおこなった。このとき東西流は十分に加速されなかった。Thompson (1970) の支配方程式には, 鉛直方向の粘性のみが課されており, 水平方向の粘性については考えていなかった。そこで水平粘性を考慮して実験をおこなうと東西流は十分に加速された。



## 結論

Thompson のモデルでは水平粘性を考慮しておらず, 彼の設定のもとでは東西流は充分加速されないことが分かった。東西流が充分加速されるためには水平粘性が必要である。Thompson のモデルで初期に形成される夜昼間対流の安定性について数値的に調べたところ, この対流は不安定で自発的に東西流が卓越する流れに遷移していくことが分かった。

## 参考文献

- Thompson, R., 1970: *J. Atmos. Sci.*, **27**, 1107-1116
- 松田佳久, 2016: 日本流体力学会誌, **35**, 373-378