


# 消散法による水・熱フラックスの算定と その水田上への応用



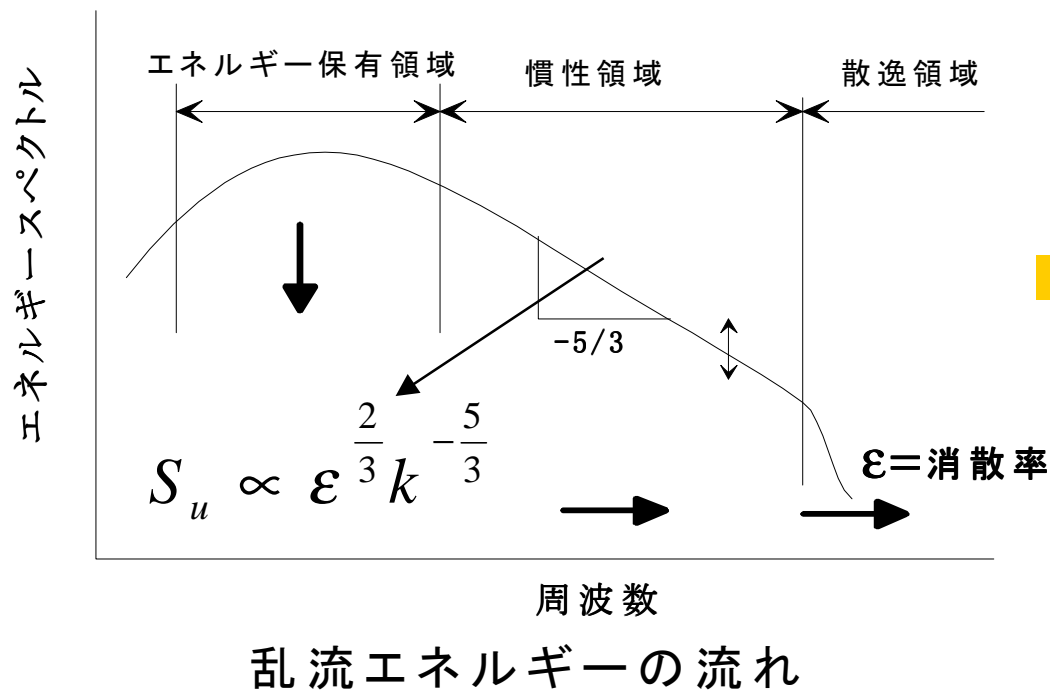
筑波大学陸域環境研究センター

浅沼 順

CTISサイエンスシステム(株)

工藤 裕己

# 消散率と消散法



## ■ 消散率(散逸率, Dissipation)

- 乱流エネルギー(運動エネルギー)が分子粘性で熱エネルギーに変換される率。
- 温度・湿度(比湿)に対しても同様に定義される。
- 運動量・熱・水蒸気の輸送と関連

消散率

算定

消散法

H: 顕熱フラックス

E: 潜熱フラックス

$u_*$ : 摩擦速度

(運動量フラックス)

# 解析データ

## ■ 中之島境界層観測

### ■ 観測場所

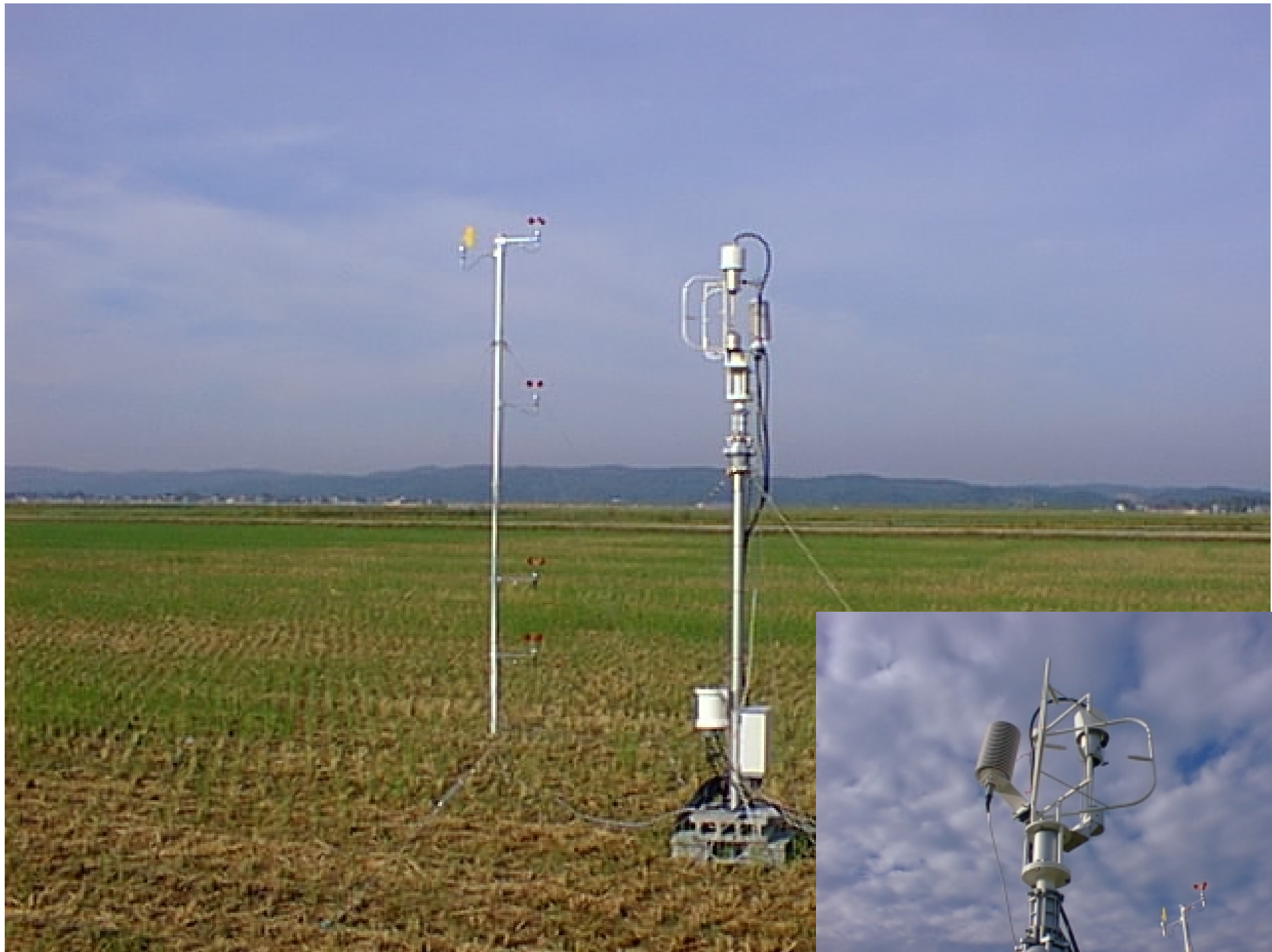
- ｜ 新潟県南蒲原郡中之島町土地改良区内
- ｜ => 平坦でほぼ一様な水田地帯(～半径1km)

### ■ 観測期間

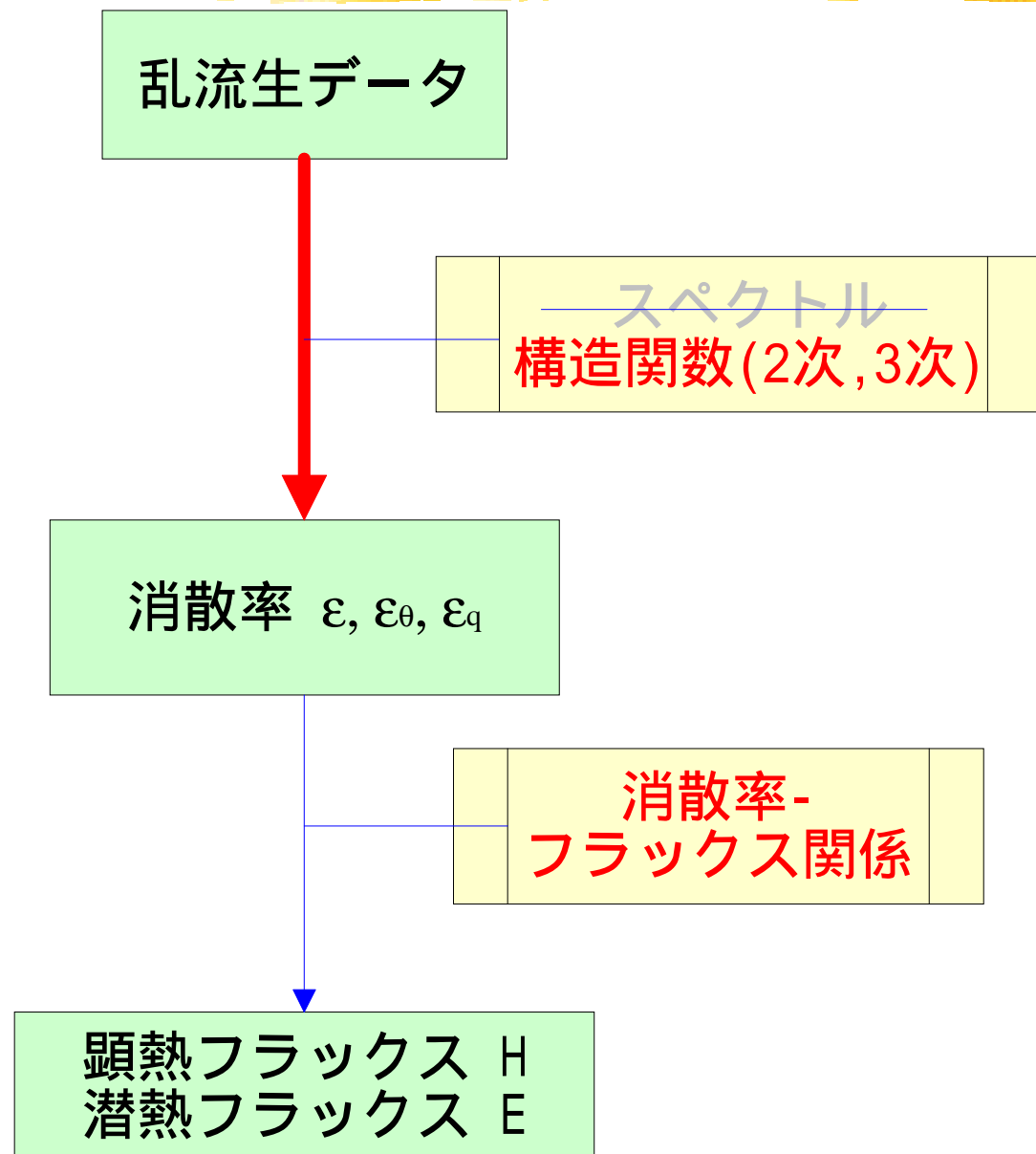
- ｜ 平成10年度 10月9日～29日 (刈り入れ後)
- ｜ ~~平成11年度 6月6日～10月9日~~

### ■ 観測機器と観測項目

- ｜ 乱流計測
  - ・ 超音波風速温度計 カイジョー DAT600
  - ・ 赤外線湿度計 Advanet E009B
- ｜ 風速の鉛直プロファイル



# 解析のフロー



# 消散率の算定

## ■ 2次・3次構造関数

- 慣性小領域において、構造関数と消散率は以下の関係を持つ

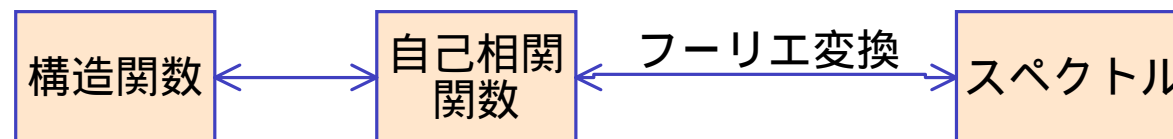
- 2次構造関数  $D_{uu}(r) \equiv \overline{\{u(x+r) - u(x)\}^2} = 4.0\alpha_{uu}\varepsilon^{\frac{2}{3}}r^{\frac{2}{3}}$

$$D_{\theta\theta}(r) \equiv \overline{\{\theta(x+r) - \theta(x)\}^2} = 4.0\alpha_{\theta\theta}\varepsilon_{\theta}\varepsilon^{-\frac{1}{3}}r^{\frac{2}{3}}$$

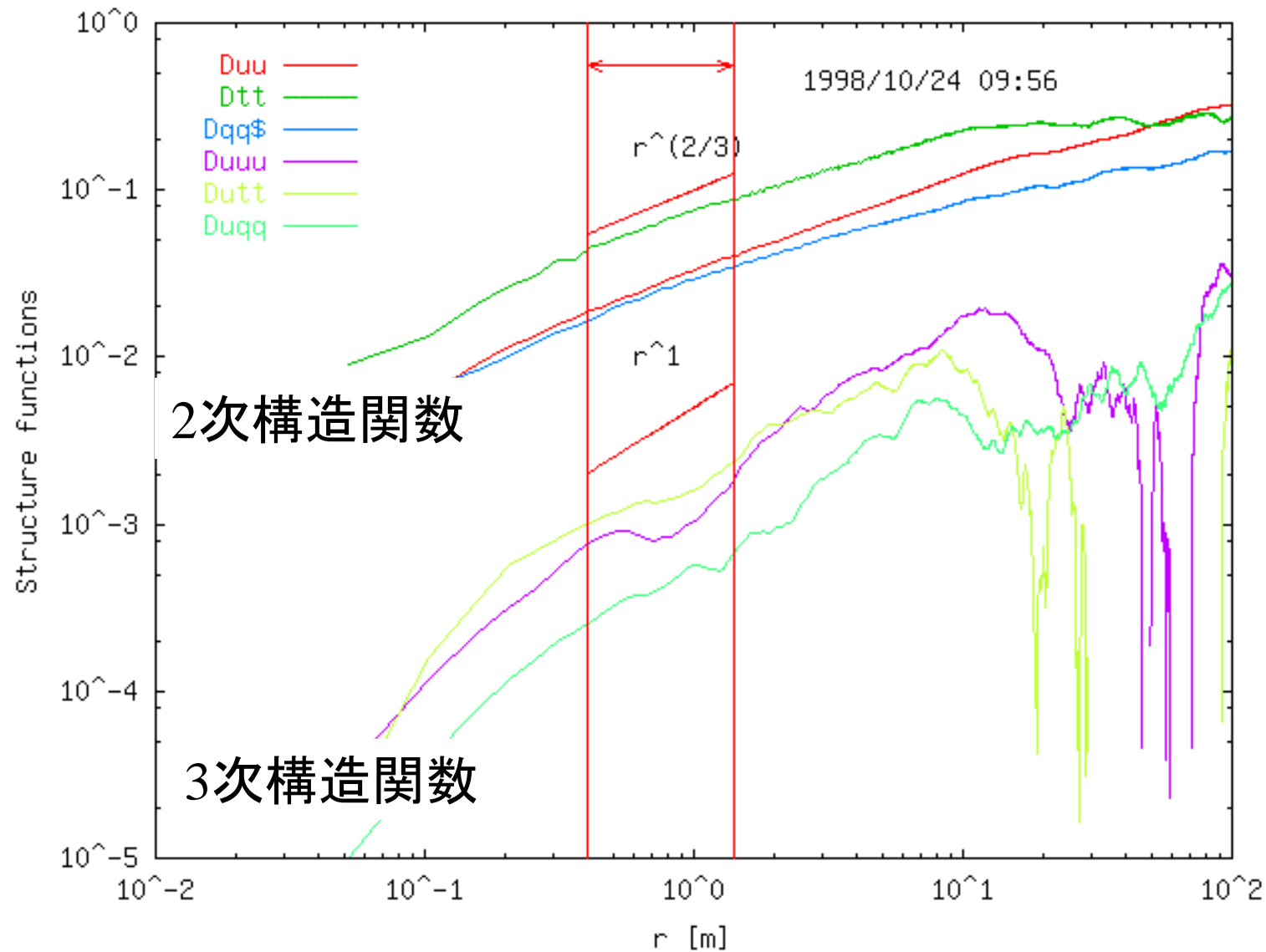
- 3次構造関数

$$D_{uuu}(r) \equiv \overline{\{u(x+r) - u(x)\}^3} = -\frac{4}{5}\varepsilon r$$

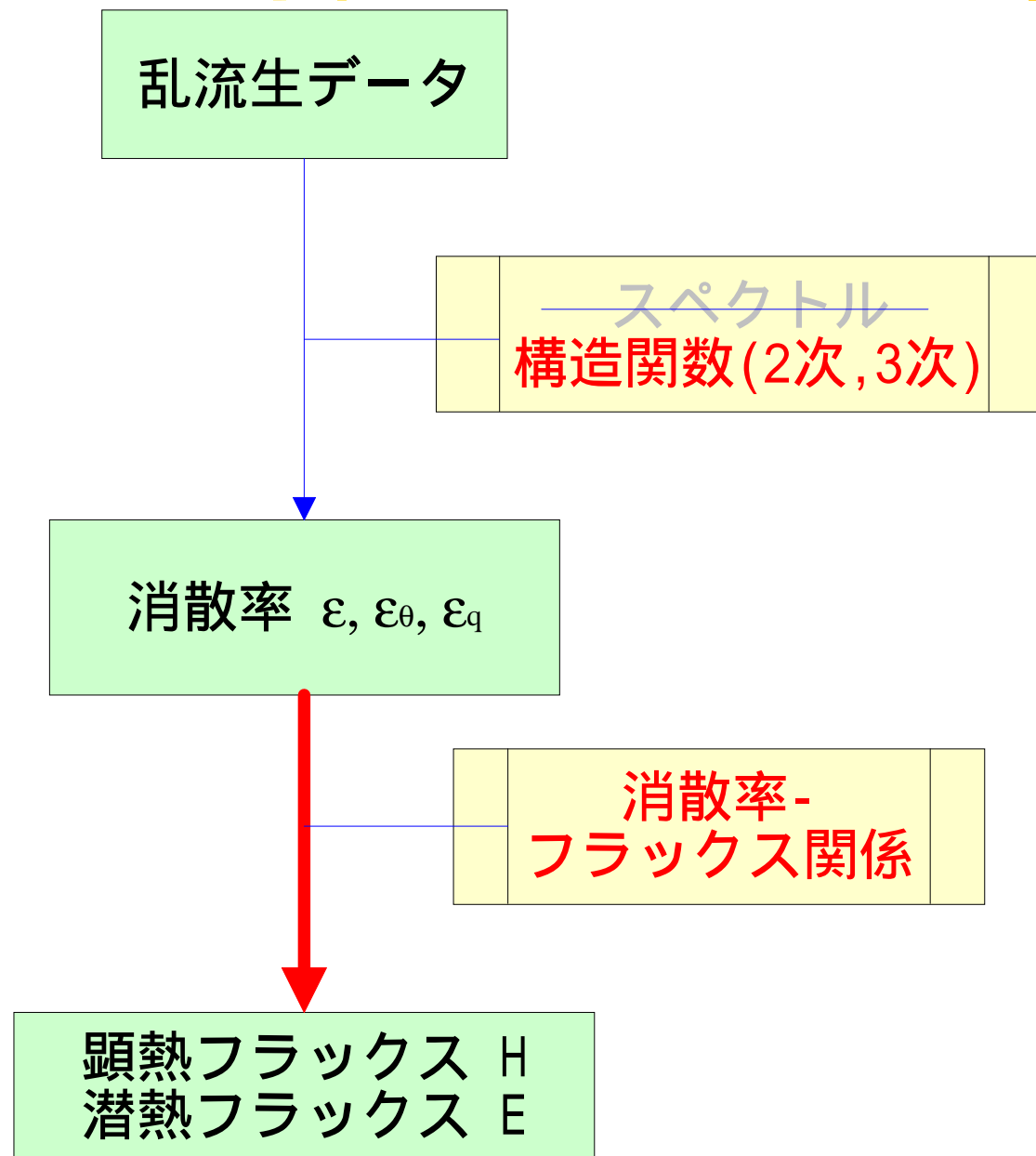
$$D_{u\theta\theta}(r) \equiv \overline{\{u(x+r) - u(x)\}\{\theta(x+r) - \theta(x)\}^2} = -\frac{4}{3}\varepsilon_{\theta}r$$



# 消散率の算定 ー結果



# 解析のフロー





# 消散率－フラックス関係

- 一様で平坦な地表面上では、モニン＝オブコフ相似則が成り立つ。

$$u_* = \frac{kz\varepsilon}{\phi_\varepsilon(\zeta)} \quad \zeta \equiv \frac{z}{L} = \frac{kgz(H / C_p T_a + 0.61E)}{-u_*^3 \rho}$$

$$H = \rho C_p \frac{kzu_*\varepsilon_\theta}{\phi_{\varepsilon_\theta}(\zeta)} \quad E = \rho L_e \frac{kzu_*\varepsilon_q}{\phi_{\varepsilon_q}(\zeta)}$$

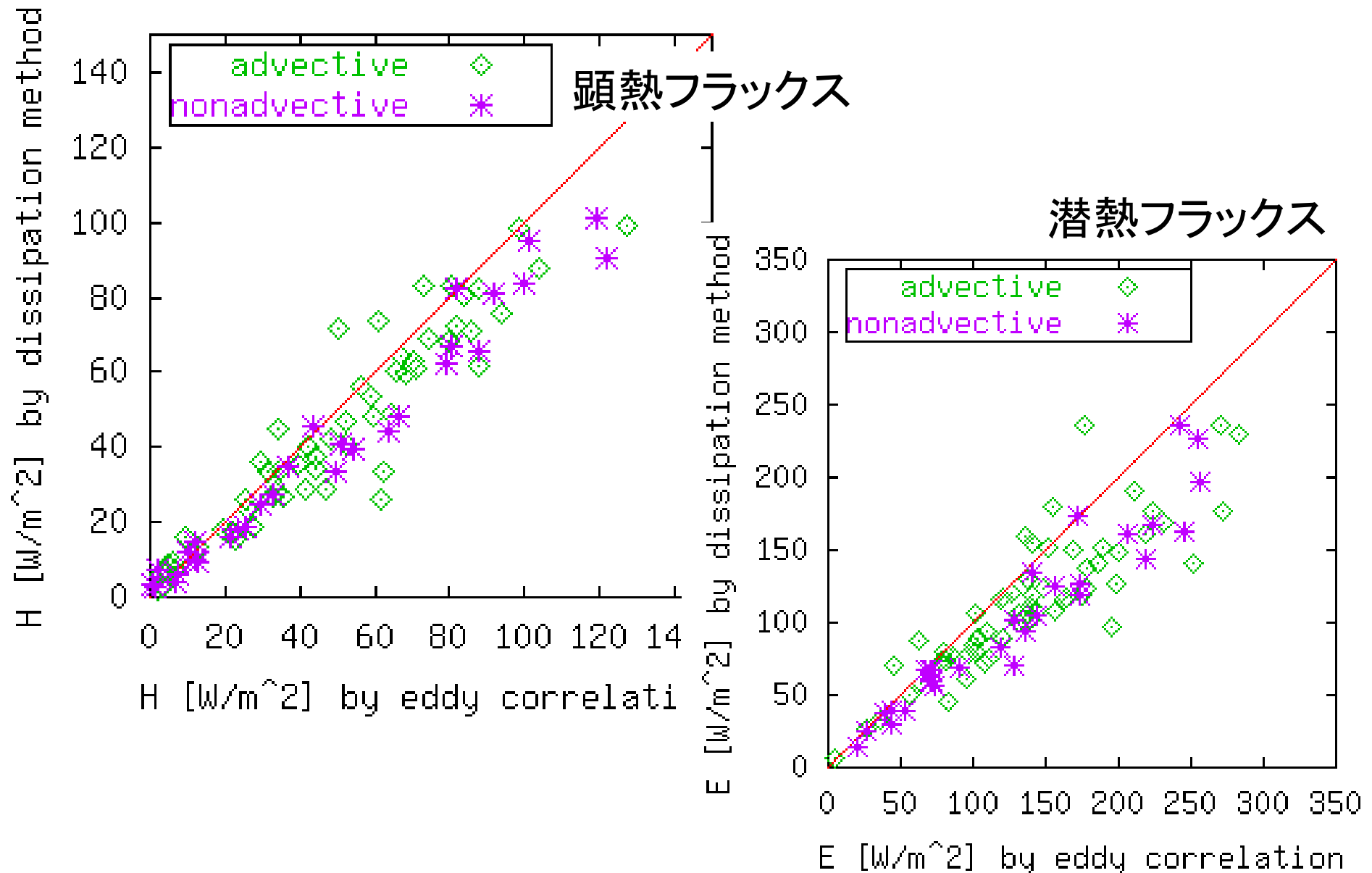
- 上式は、 $\phi$ を経験的に与えれば、未知数4個( $H, E, u^*, \zeta$ )に対する4つの方程式である。



- 繰り返し計算によって、解ける

# 消散法によるフラックス算定結果

## 3次構造関数＋繰り返し計算



# まとめ

## ■ 消散法の適用結果

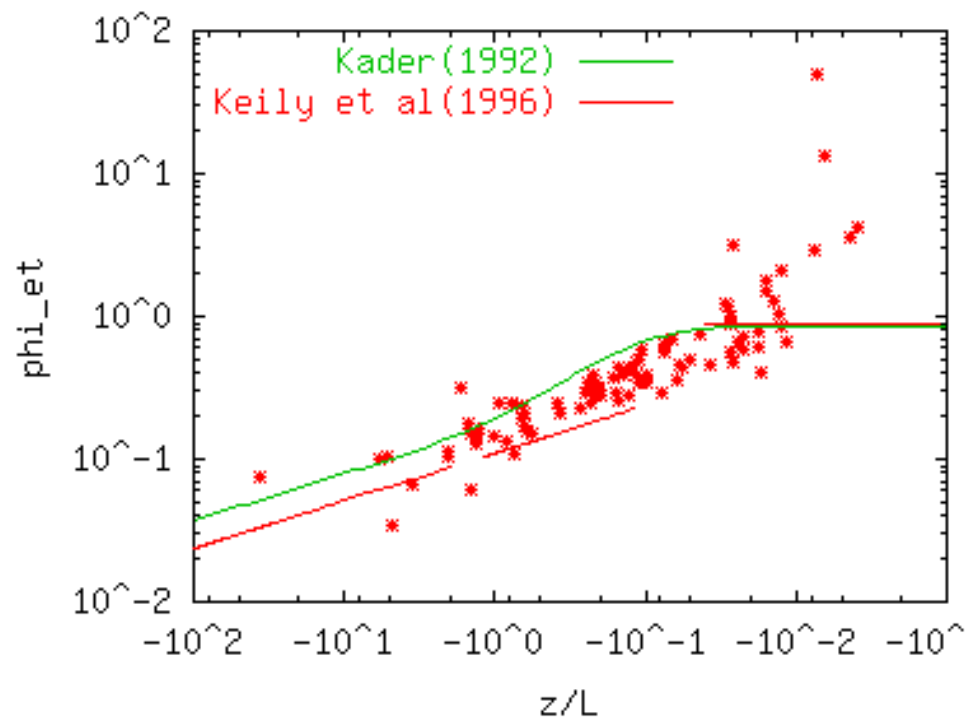
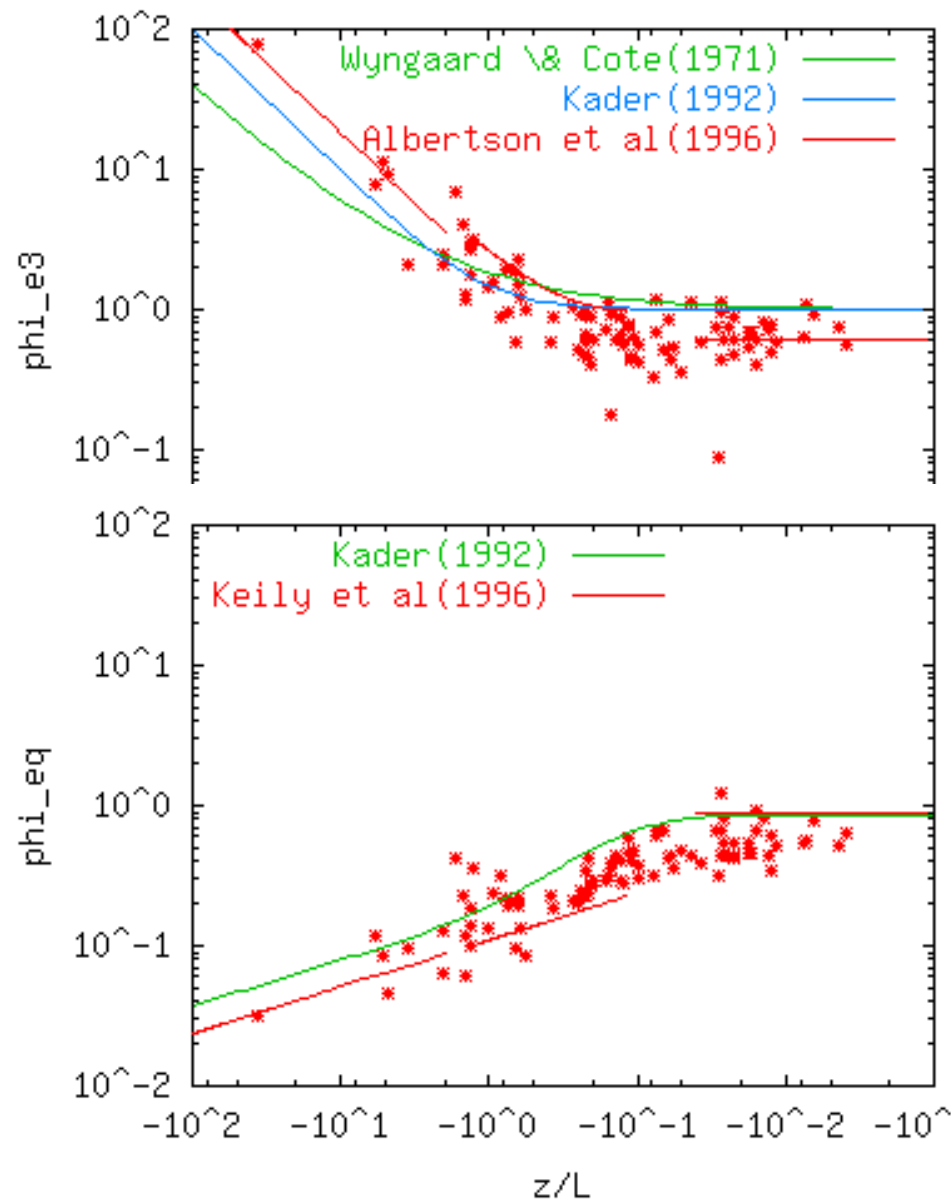
- おおむね良い適用結果。=> 消散法適用の可能性
  - 問題点: 普遍関数  $\phi(\zeta)$  の不一致 => 過小・過大評価
- 移流の影響を強く受けない(分散法と比較して)?
- 拡張ボーエン比法も良い適用結果

## ■ 今後の課題

- 消散率算定法について
  - 凍結乱流仮説が妥当性か
  - 慣性小領域の範囲は?
  - スペクトルによる方法との比較
  - 式中の定数値の妥当性(普遍定数)
- フラックスの算定について
  - 普遍関数の妥当性の検討

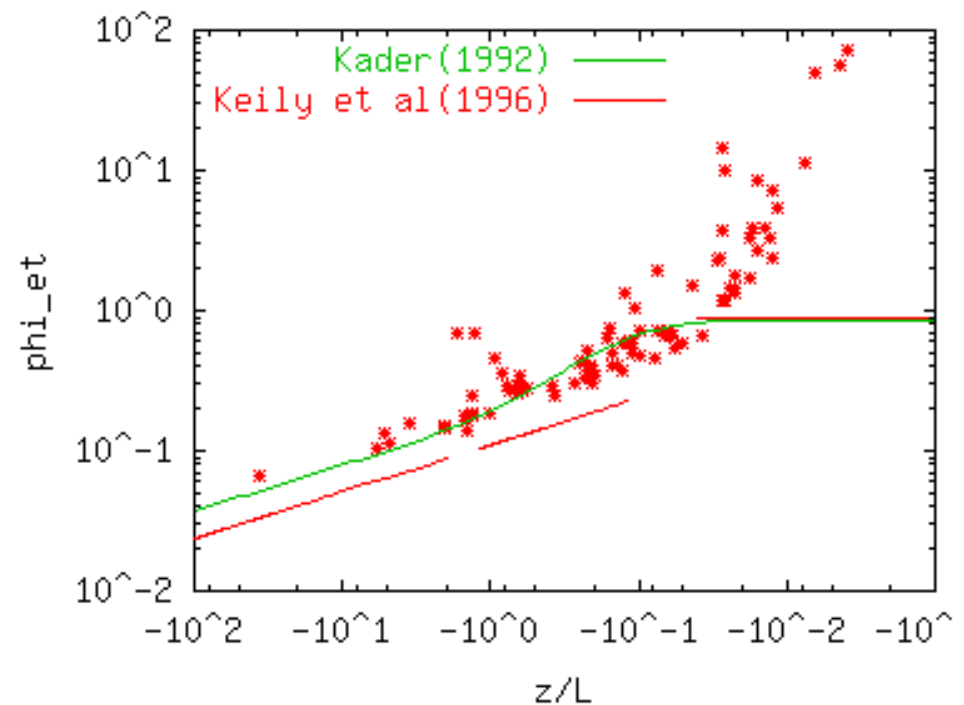
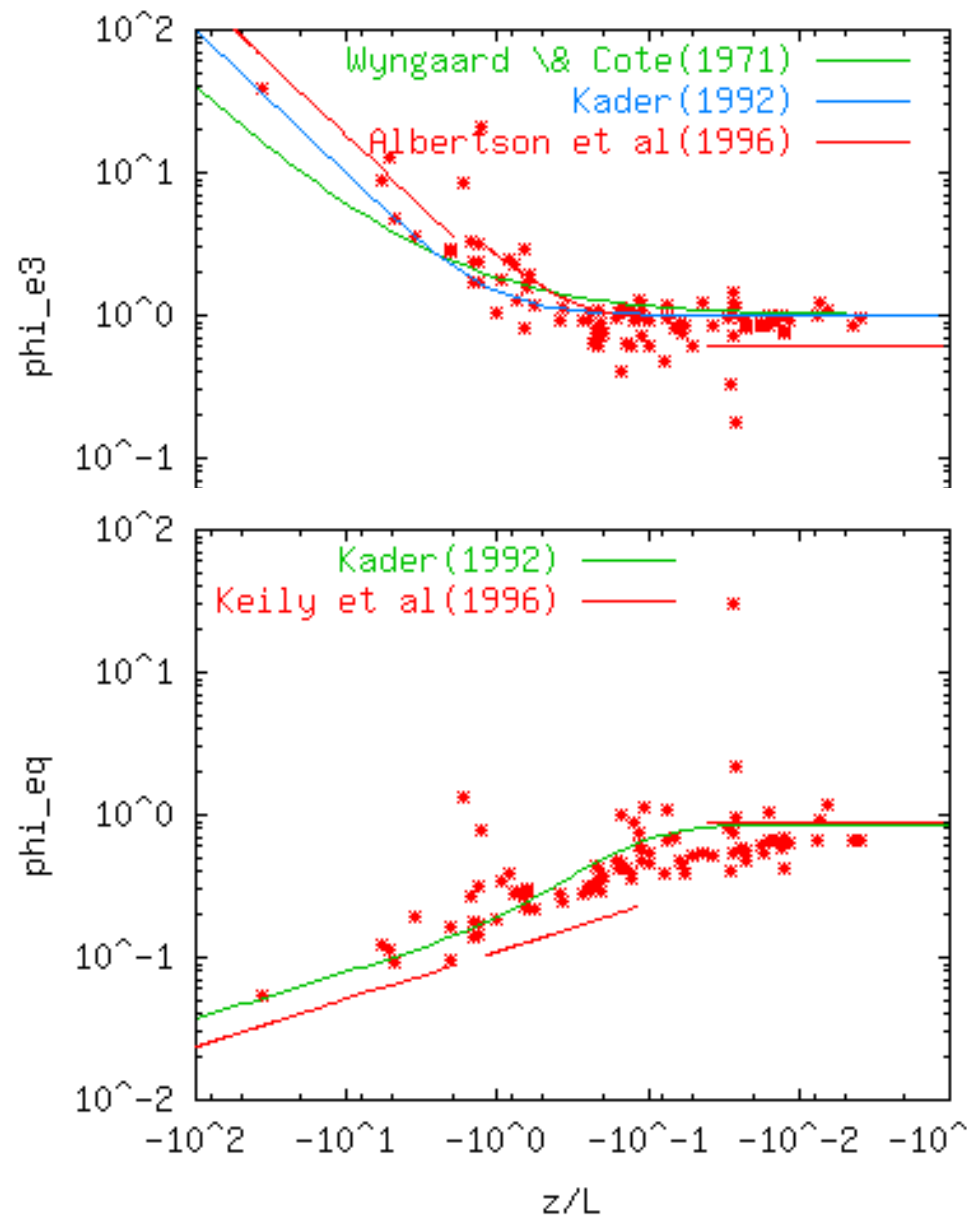
# モニン=オブコフ相似則の検証

## 3次構造関数

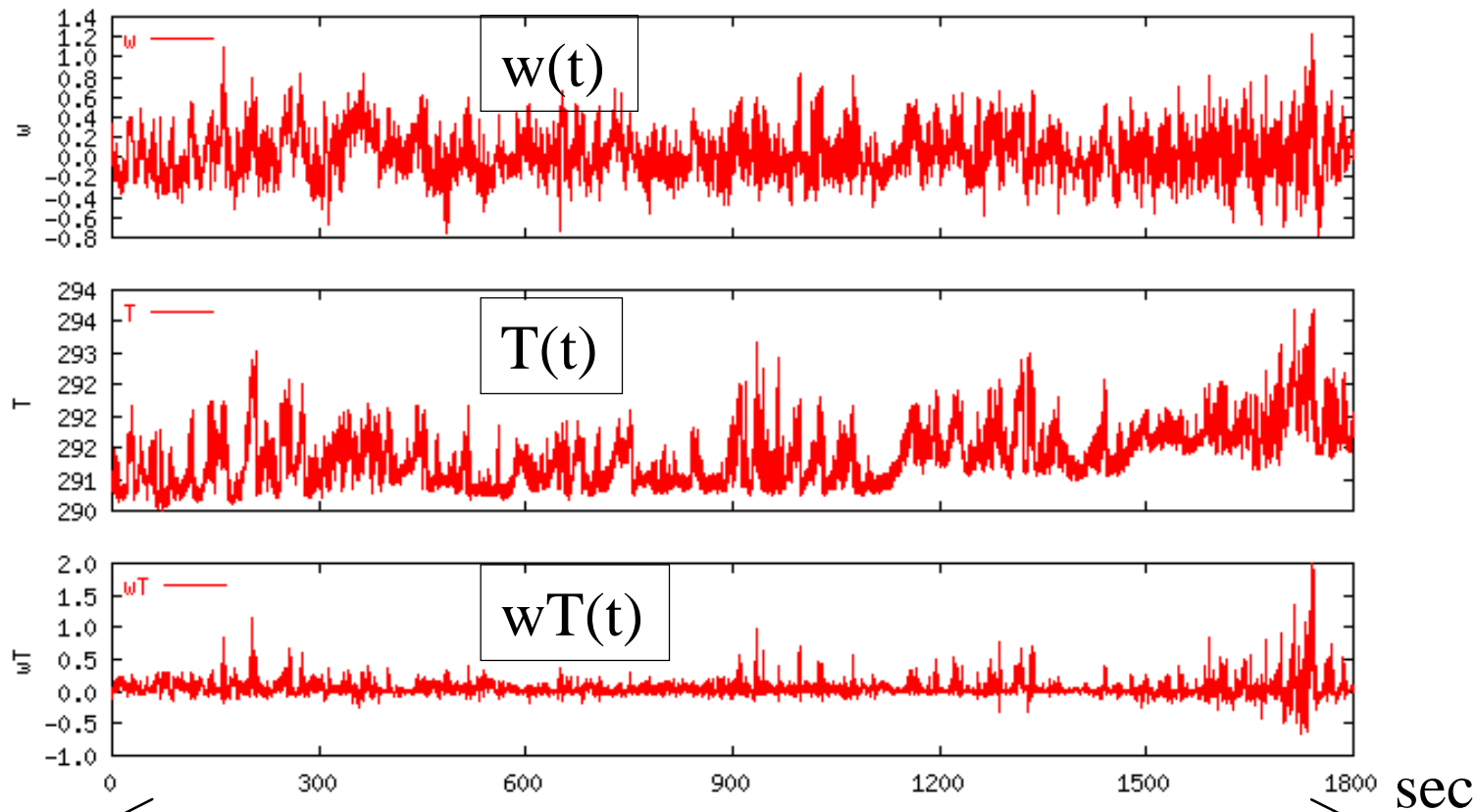


# モニン=オブコフ相似則の検証

## 2次構造関数



# 渦相関法

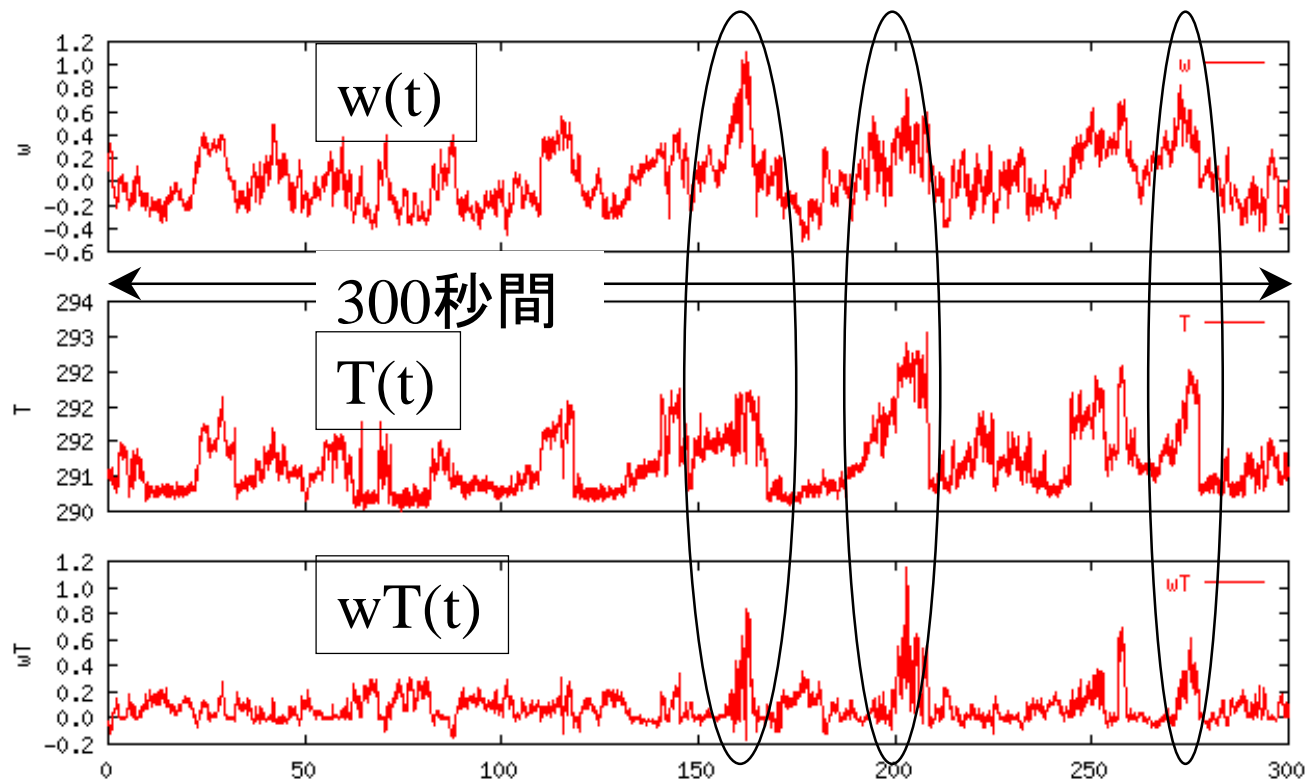


←  $20\text{Hz} \times 1800\text{秒} = 36000\text{個}$

$$\overline{w'T'} = \frac{1}{T} \int_0^T w'(t)T'(t)dt$$

72000個のデータ(情報量)  
から1つの顕熱フラックスが  
求まる

# 境界層乱流の微細構造は、...



- 境界層乱流信号(特に不安定条件下)は、互いに強い相関を持つ。(相似構造)
- 不安定条件下の熱・物質輸送は、特徴的な波形が関与する。(ramp-likeパターン)



- 共分散(渦相関法)から無くとも、顕熱・潜熱フラックスが求められる。