

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

* 浅沼 順 (筑波大学陸域環境研究センター), 工藤 裕己 (CTIS サイエンスシステム)

1. はじめに

熱/水/二酸化炭素などの乱流フラックスの観測法は、直接計測である渦相関法を除いては、何らかの物理法則を前提とした間接計測である。ここでは、間接計測の一つである消散法 (Dissipation method, Dissipation technique) を、水田上において得られたデータに適用し、その実用的な特性を把握するとともに、接地層乱流の消散特性を調べることである。

2. 水田上における乱流観測

解析に用いたデータは、1998 年 10 月に新潟県南蒲原郡中之島土地改良区内の刈入れ後の水田において行われた乱流観測によって得られたものである。観測地点の周囲は約 5km × 20km の広大でほぼ様な水田地帯が広がっているが、観測地点近傍においては、畦道や隣接する水田との段差などで、方角によっては必ずしも水平一様を満たしてはいない。データのサンプリングは 20Hz で、1run=30 分として取り扱い、前処理として玉川 (1999) によるものを使用測器にあわせて採用している。

3. 消散法

消散法によるフラックス算定は、1) 乱流データより乱流エネルギー、あるいはスカラー分散値の消散率を求め、2) これらの消散率と運動量あるいはスカラー量のフラックスを計算する、という2段階からなる。

1) 消散率の算定 一般に消散率は, 風速やスカラー量の高周波スペクトルから求めることができるが, ここでは Albertson et al. (1996) に習い, 2 次, 3 次の構造関数より, 慣性小領域において成り立つ, 以下の式を用いて求めることとする.

$$D_{uu}(r) = 4.0\alpha_{uu}\epsilon^{\frac{2}{3}}r^{\frac{2}{3}} \quad D_{cc}(r) = 4.0\alpha_{cc}\epsilon_c\epsilon^{-\frac{1}{3}}r^{\frac{2}{3}}$$

$$D_{uuu}(r) = -\frac{4}{5}\epsilon r \quad D_{ucc}(r) = -\frac{4}{3}\epsilon_c r$$

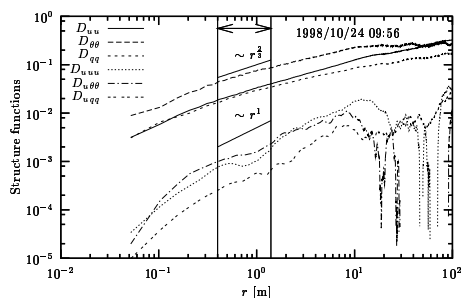


図 1: 構造関数の一例. 矢印は慣性小領域の範囲.

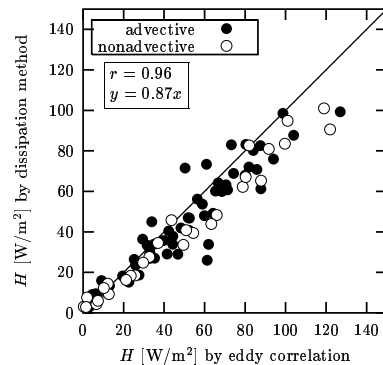


図 2: 潜熱フラックスの渦相関法との比較 (3 次構造関数).

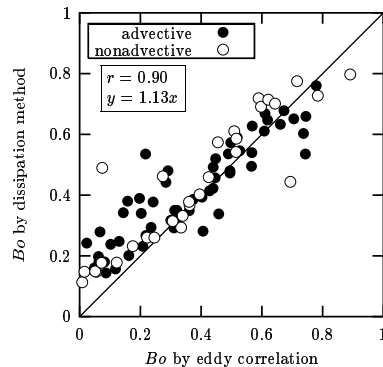


図 3: ボーエン比の渦相関法との比較.(2 次構造関数)

ここで, $D_{ab}(r)$, $D_{abc}(r)$ はそれぞれ 2 次, 3 次の構造関数である. 図 1 は構造関数の例である.

2) フラックスの算定 モニン=オブコフ相似則を仮定すると, 上式によって求められた乱流エネルギー ϵ および温度/湿度の分散の消散率 $\epsilon_\theta, \epsilon_q$ より, 以下の式により乱流フラックスが求められる.

$$u_* = [kz\epsilon/\phi_\epsilon(\zeta)]^{\frac{1}{3}}$$

$$H = \rho C_p [kzu_* \epsilon_\theta / \phi_{\epsilon_\theta}(\zeta)]^{\frac{1}{2}} \quad E = \rho \ell [kzu_* \epsilon_q / \phi_{\epsilon_q}(\zeta)]^{\frac{1}{2}}$$

また、 $\phi_{\epsilon_\theta} = \phi_{\epsilon_q}$ (スカラー同士の相似) を仮定すれば、
ボーエン比法の消散率への拡張となる。

$$Bo = (C_p/\ell)(\epsilon_\theta/\epsilon_q)^{1/2} \quad (3)$$

以上のようにして求めたフラックスを図 2 に、ボーエン比を図 3 に示す。

参考文献

Albertson, Kiely, and Parlange (1996): In *Radiation and Water in the Climate System*, volume 45 of *NATO ASI Ser. I*

玉川 (1999): 水文・水資源学会誌, 12(2)