

II-355

収穫後の水田での大気境界層観測(2)——フラックスの算定と評価——

長岡技術科学大学大学院 学生員 ○ 工藤 裕己
長岡技術科学大学工学部 正 員 浅沼 順
長岡技術科学大学工学部 フェロー 早川 典生

1. はじめに

超音波風速計や湿度変動計等の乱流観測器は、現在では広く普及しており、それらを用いたデータ解析法もほぼ確立してきた。

これらを踏まえ、昨年秋に野外観測を行い、得られたデータから渦相関法による顕熱・潜熱フラックスの算定を行った。ここで行った精度の良い結果を得るための様々な補正とデータ処理法について、その評価を述べる。

2. 観測概要とデータ

新潟県南蒲原郡中之島町の水田地において1998年10月、約1ヶ月間乱流センサーによる顕熱・潜熱フラックス観測を中心とした野外観測を行った。中之島町付近一帯は、広大でかつ平坦な水田地帯であり、とりわけ観測地点は、周囲1kmに遮へい物がなかった。観測期間中は稲刈りの直後であったため水田には稲株が所々に残っていた。観測項目を表-1に示す。

乱流センサーのサンプリング周波数は20Hzとし、データの記録にはNational Instruments社のAD変換器と計測ソフトLabviewを用い、生データをすべて収録した。

3. フラックスの算定

観測値から顕熱、潜熱フラックスを算定する際に、得られたデータに適切な補正を加え、より精度の良い風速・温

表-1 観測項目

観測計器	取得データ
超音波風速温度計(SAT, Kaijo: DA600)	A, B, W, Ts
赤外線湿度・二酸化炭素変動計 (Advantec: E009B)	q
温湿度計(Vaisala: Humicap)	T, RH
傾斜計(※1)	α, β
回転台(Emotator)(※2)	dir
三杯風速計(4高度)及び風向計	風速・風向

※1 据え付けたSATの傾きを計測する。

※2 SATを風上方向に向けるための回転台。回転角を記録。

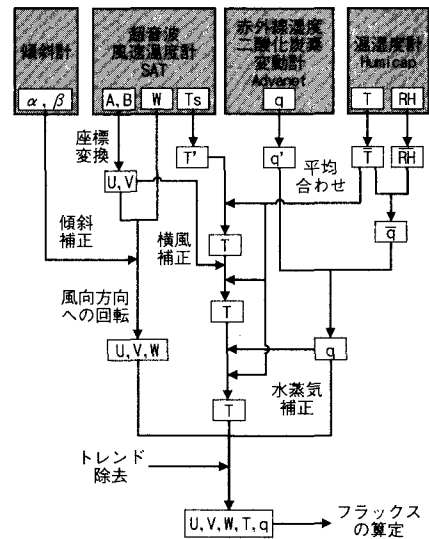


図-1 データ処理の流れ

湿度を求める必要がある。本研究では、玉川(1998)及び塚本(1998)の手法を、今回の計測システムに合わせて変更したものを用いた。全体的な処理のフローを図-1に示す。具体的な手順は以下になる。

i) 座標変換と傾斜補正

超音波風速計(SAT)の出力のうち水平成分はプローブ方向(120度交差)であるので、これを直交座標にベクトル変換する。次に、傾斜計によるSATの傾斜角より、座標系を3次元的に回転させ、SATの傾きを補正し、X, Y, Z軸を、水平、鉛直に座標変換する。最後に座標系を鉛直軸まわりに回転させ、X軸を平均風向に合わせる。以上により鉛直-主風向に固定した座標系に対する風速3成分U, V, Wが求まる。

ii) 温度・湿度の平均合わせ

SATと赤外線湿度・二酸化炭素変動計(IR)からは、変動値しか得られないため、温湿度計の平均値と組み合わせることにより、温度・湿度の絶対値を得るものとした。

[キーワード] 蒸発散, 大気境界層, 大気陸面相互作用, 地表面フラックス

[連絡先] 〒949-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1 長岡技術科学大学 環境建設系 Tel 0258-47-1611(6621)

(以下「平均合わせ」と呼ぶ)。これにより求めた比湿 q は最終値とするが、温度 T はさらに以下の iii)、iv) の補正を行う。

iii) 横風補正

横風補正は、プローブに垂直の風速成分に応じた超音波の伝播経路の変化により、見かけ上低くなった温度を補正するものであり、次式で行う。

$$Ts = Ts(uncor) + Vn^2/403$$

ここで $Ts(uncor)$ は、SAT から得られる音仮温度である。求めた温度 Ts と温湿度計の温度 $\bar{T}$ とで平均合わせを行なう。

iv) 水蒸気補正

上記の音仮温度は、水蒸気の変動成分を含んでいるので、理論的には水蒸気補正が必要である。水蒸気補正は比湿 q を用い、音仮温度を次式により補正する。

$$T = Ts(1 + 0.51q)$$

再度、温湿度計の温度 $\bar{T}$ との平均合わせを行い、求めた温度 T を最終値とする。

v) テンドの除去

テンドの除去はデータのテンド成分を除去し、真の乱流成分としての変化を得ようとするものである。

ここでは次式(カイマル, 1998)を U, V, W, T, q に適用する。

$$y_i = ay_{i-1} + (1-a)x_i, \quad a = \exp(-\Delta t / \tau_0)$$

ここで、 x_i と y_i は、それぞれ元の時系列とテンド成分であり、 Δt はデータ間隔、 τ_0 は時定数である。

以上によって求めた U, V, W, T, q より地表面フラックスを渦相関法により次式で算定する。

$$\text{顕熱 } H = \rho C_p \overline{W'T'}, \quad \text{潜熱 } E = \rho L \overline{W'q'}$$

図-2 にその一例を時系列で示す。

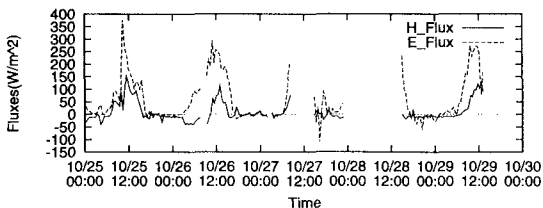


図-2 フラックスの時系列グラフ

(図は10月25日から29日まで)

[参考文献](1)塚本, 京都大学防災研究所共同研究, pp.1-14-3, 1998, (2)玉川, 水文・水資源学会誌, pp.130-138, 1999,

(3) JC カイマル, 微細気象学, 1998

本研究の一部は文部省科学研究費(奨励研究、課題番号 10750386)の援助を受けた

4. 補正効果の検証と考察

各補正の効果を今回の観測条件でのケーススタディーとして検証するため、補正の有無でフラックスを比較したのが図-3～図-6である。

傾斜補正は、20～30W/m²の影響があり(図-3)、全体的に補正効果が効いている。この変化は妥当であることから、観測したデータに常に傾斜補正を行うか、または SAT を正確に水平に据え付ける必要がある。

横風補正は、全体的に変化は小さいものの、Run によっては 10W/m²程度の差があり(図-4)、強風時に対応している。また水蒸気補正は、補正を行った場合の方が、平均で 1%程度上回るのみとなった(図-5)。この2つの補正は、フラックスにして1～2%の影響しかないことから、信頼できるデータがあれば、工学的にも行う必要がある。

テンドの除去においては、100W/m²程度の大きな変化があった(図-6)。今回用いたテンドの除去法は、すべての場合に適応しているとは言えないので、正確な手法の確立が必要である。

(単位 W/m²)

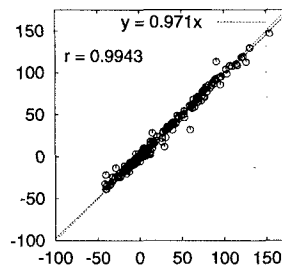


図-3 傾斜補正効果

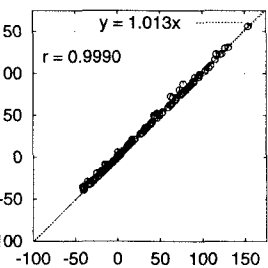


図-4 横風補正効果

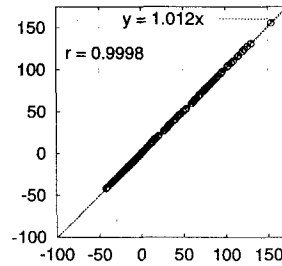


図-5 水蒸気補正効果

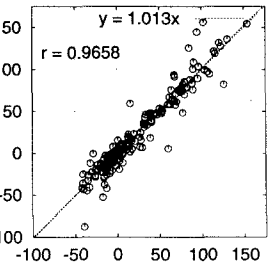


図-6 テンド除去効果

図-3～図-6: それぞれの補正を行った場合と行われない場合の顕熱フラックスの比較。すべての横軸は、データに傾斜・横風・水蒸気の補正を行い、テンドの処理を行わない場合のフラックスであり、縦軸は、傾斜補正なし(図-3)、横風補正なし(図-4)、水蒸気補正なし(図-5)、テンドの処理あり(図-6)の場合のフラックスである。