

II-357 FIFE における航空機データを用いた地表面フラックスの算定について

長岡技術科学大学大学院 学生会員 小林 昭規
 長岡技術科学大学 正会員 浅沼 順
 長岡技術科学大学 フェロー 早川 典生

1. はじめに

大気―陸面相互作用の解明において、熱・水蒸気輸送量の定量的な推定がもっとも基礎的な課題である。近年、広域の輸送量を直接計測可能な測器として航空機が注目されている。これは乱流フラックスの線平均を測定するものであるが、同高度の水平面を繰り返し観測することにより、面平均フラックス及びフラックスの分布を算定できるという特徴をもっている。しかしながら、現状では未解決な問題が確認されている。そこで本研究では、First ISLSCP Field Experiment(FIFE)における航空機観測を対象に、航空機による乱流フラックスの観測値を地上での観測値の広域的な代表値と比較することにより、航空機によるフラックス観測の特性を明らかにする事を目的とする。

2. FIFE プロジェクトと解析データ

本研究では、1987 年に行われた First ISLSCP Field Experiment(FIFE)の集中観測における航空機による乱流フラックスの観測データを解析対象とした。この観測は米国カンザス州の 15 km 四方の草原丘陵地帯で行われ、地上約 50~800m の高度を航空機(カナダ NAE Twin Otter)が 1 バス(約 15km)を約 5 分ほどで飛行し、上空の乱流フラックスの時空間分布を観測している。比較に用いた地上での観測値は航空機の飛行している時間に対応する 22 地点での渦相関法とボーエン比法による顕熱・潜熱フラックスの中間値である。以上のデータは、公開中の FIFE Data Set に収録されている。また、ゼロ面変位、接地境界層、逆転層等の標高は、ラジオゾンデ観測(Brusaert and Sugita, 1990 他)によるものを使用した。

3. 解析

(1)航空機によるフラックスでのトレンド除去

航空機搭載乱流センサーによる風速・温度・湿度の計測値には、乱流変動成分のみでなく、地被状況に応じた様々なスケールでのトレンド成分も含まれており、トレンド成分をフィルター処理によって除去した後に渦相関法によってフラックスを計算するのが一般的である。Field Data Set には、トレンド除去の方法として線形トレンドフィルター、距離定数 5 km のハイパスフィルターの 2 種類が使用されている。そして、それぞれの方法によるトレンド除去後の算定フラックスについてトレンド除去の効果の定量的な比較を行ったところ、ハイパスフィルター後の算定フラックスは過小評価される傾向がある(図.1)。

(Grossman, 1992) そこで地上での計測値と航空機による計測値の比較の際には線形トレンド除去後の算定フラックスを使用した。

(2)外挿方法

ここでは 2 種類の外挿方法によって地表面での値を算定し、地上での観測値と比較した。

比較 1: 接地層内の観測地を直接使用する方法

比較 1 は接地層の近似値の高さを海拔 $407\text{m} < z < 559\text{m}$ (Brusaert and Sugita 1990) とし、この高度範囲での顕熱・潜熱フラックスの観測を地表面フラックスとし、地上での観測値と比較するものである。

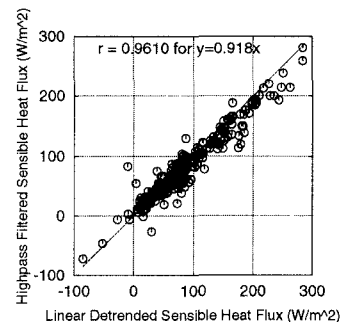


図.1 トrend除去法による顕熱フラックスの比較

キーワード: 大気境界層、逆転層、乱流計測、蒸発散、大気―地表面相互作用

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 Tel 0258-47-1611(6622)

比較2：逆転層フラックスを使用する方法

日中の不安定条件下の大気境界層内では、顕熱フラックスは直線的に減少し、地上1～2km付近の逆転層の下端では、顕熱フラックスは下向きになる。温度勾配を一定と仮定すると以下の式で表される。

$$\overline{\omega\theta} = \overline{\omega\theta}_0(1-z/h) + \overline{\omega\theta}_h(z/h) \quad (1)$$

ここで、 $\overline{\omega\theta}_h$ = 逆転層下端での $\overline{\omega\theta}$ 、 $\overline{\omega\theta}_0$ = 地表面での $\overline{\omega\theta}$ 、 z = 地表面からの高さ、 h = 境界層下端高さである。次に逆転層フラックスと地表面フラックスの関係は式(2)で表される。

$$\overline{\omega\theta}_h = \alpha \overline{\omega\theta}_0 \quad (2)$$

定数 α は大気の安定度などに依存し、おおむね $-0.2 \sim -0.4$ の範囲であるが、ここで $\alpha = -0.2$ と仮定する。式(1)(2)より、

$$\overline{\omega\theta}_0 = \overline{\omega\theta} / [1 + (\alpha - 1)z/h] \quad (3)$$

式(3)より航空機による観測地から地表面フラックスを算出した。

4. 考察

地上での観測値と比較すると、航空機により計測された潜熱フラックスは、約20%小さく、同様に顕熱フラックスは約35%小さい。これは接地層内の顕熱・潜熱フラックスについて顕熱・潜熱フラックスの鉛直勾配を加味した外挿が必要と考えられる。(図2.3)

比較2で外挿後は、外挿した算定フラックスが地上での観測値より約20%小さく、外挿前と比較すると地上での観測値に接近したことが分かる(図4)。しかし、依然として外挿後の算定フラックスは、地上での観測値より小さく、ばらつきも発生している。

これらの原因として考えられるのは平均化距離の問題である。今回使用した航空機の1パスの距離は約15kmなので、このスケール以上の渦によるフラックスへの寄与が乱流センサーによって補足されていないと考えられる。

第2の原因は、使用データがFIFEサイトの起伏の激しい地表面上の計測値であり、地表面の状態の非一様性が強いと考えられる。航空機の計測値は、上空の線平均値であり、風上側の移流による効果を強く反映していると考えられる。そこで比較に用いた地上での観測値の取り扱いにおいて、すべての観測点からの代表値は適切でないと考えられる。

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。

5. 今後の課題

今後は地表面の非一様性からの局所的な移流効果を検討するために、航空機のFootprint(Source Area)を考慮した地表面フラックスの推定手法を開発していくつもりである。

参考文献

小林・浅沼・早川(1999): 関東支部技術研究発表会要旨集; 浅沼・Brutsaert(1997): 水文水資源学会研究発表会要旨集; Brutsaert・Sugita(1990): Journal of Geophysical Research (FIFE Issues), Vol 95, No. D6, D7; Grossman(1992): Journal of Geophysical Research (FIFE Issues), Vol 97, No. 17

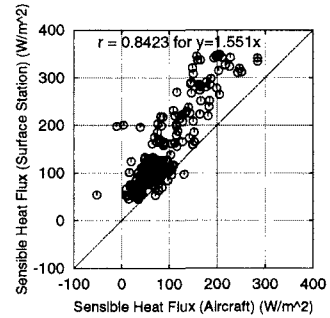


図.2 比較1による顕熱フラックス

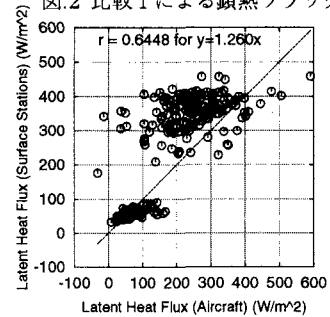


図.3 比較1による潜熱フラックス

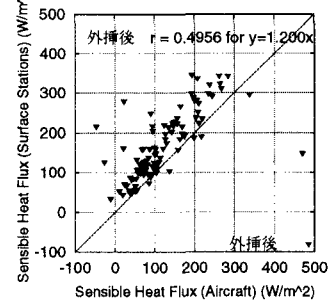


図.4 外挿後の顕熱フラックス（比較2）