

Turnipseed AA, Blanken Pd, Anderson DE, Monson RK (2002) Energy budget above a high-elevation subalpine forest in complex topography, *Agric For. Meteorol.*, 110, 177-201.

訳題: 複雑地形・高所亜高山林のエネルギー収支 Turnipseed *et al.* (2002)

要旨: 亜高山性の針葉樹林で2年間、エネルギー収支の各成分を計測した。顕熱・潜熱フラックスは渦相関法で計測した。ボーエン比は夏期(6~9月)に土壤水分に応じて0.7から2.5の範囲で変化し、冬期(12~3月)には3~6程度と著しく大きくなった。30分平均値ベースで、エネルギー収支の閉じ具合は84%以上であり、わずかに冬期の閉じ具合が良好であった。エネルギー収支の閉じ具合は摩擦速度に依存し、摩擦速度が大きくなるにしたがって、閉じ具合が完全に近づき、摩擦速度が1m/sで完全に閉じた。この摩擦速度への依存性によって、乱流強度の強い冬期の閉じ具合が夏期に比べてよいことが説明できた。東向きの斜面上昇風の場合には、風速が弱く(4m/s以下)、摩擦速度も小さい(0.5m/s以下)ので、このときにエネルギーの閉じ具合が良くない(10%以上小さい)ことも説明できた。収支が閉じる状況では、コスベクトル強度(フラックス密度)が高周波側へ寄っていた。日中のエネルギー収支が閉じない要因は低周波変動の寄与と移流である。それらの効果は大きな摩擦速度が観測される時に小さくなった。夜間のエネルギー収支の閉じ具合もまた、摩擦速度に強く依存した。摩擦速度が0.7から1.1m/sの間でほとんど完全な閉じ(90%程度)に近づいた。この範囲よりも小さな摩擦速度の時には、樹冠内の空気流れは樹冠上の流れと剥離した。また、この範囲より大きな摩擦速度の時には、音波風速計の不十分な温度分解能が小さな温度変動を覆い隠し、測定を困難とした。

1. Introduction

山岳地形 = フラックス観測には不向き 本当か?

山岳域でも観測は必要 不可能なのか?

そんなことないだろう。本研究で検証

2. Site description (Fig. 1, Table 1)

Niwot Ridge AmeriFlux site, Roosevelt National Forest, Rocky Mt., Colorado (40.0N, 105.5W, 3050m)

3. Materials and methods

3.1. Measurement of turbulent fluxes (Fig. 2)

固定用 SAT: CSAT-3, Campbell Sci, 10Hz

比較用 SAT: ATI-K, Applied Tech. Inc, 200Hz

10or20Hz (高周波 aliasing なし)

Open-path: KH20, Campbell Sci, Krypton hygrometer

Closed-path: LI-6262, Li-Cor Inc, IRGA, チューブ長

1.3m, 8.5L/min(4L ballast), 窒素ガスリファレンス, 4

時間毎に CO2 スパンガス校正

3.2. Supporting meteorological and energy balance measurements

地中熱フラックス: 熱流センサー, 7-10cm, 2枚

+ 地温計(土壤水分は時々) G

バイオマス貯熱: 熱電対で樹幹温度測定 S_b

+ 気温から葉温推定 S_n

気柱の貯熱: 温湿度計で顕熱・潜熱を測定 S_H, S_{LE}

4. Results

4.1. Evaluation of turbulent flux quality (Fig. 3)

平均時間: 30分、品質管理: 17%のデータを却下

温度変動: aliasing (>1Hz) <2.5% loss

水蒸気: 高周波減衰(>0.6Hz) 3~7% loss

4.2. Energy balance measurements (Fig. 4-9)

夏期・冬期の平均的な日変化: GとSは小さい(<8%)

ボーエン比と熱収支残差の季節変化: 水分効果も有

夏期・冬期のエネルギー収支(0.84・0.88)

摩擦速度とインバランス率(昼と夜)

摩擦速度と温度変動(昼と夜)

高周波ノイズの効果(昼のみ図示) not affected

フラックスの過大評価を導かない。

摩擦速度大の夜は顕熱フラックスHがほぼゼロ。

ノイズはwと相関なく、共分散に寄与しない。

訳注: ノイズとフラックスについて

$$\overline{w'T'} = (\overline{w - \bar{w}})(\overline{T - \bar{T}})$$

$$= \overline{w_{real}' T_{real}'} + \overline{w_{real}' T_{noise}'} + \overline{w_{noise}' T_{real}'} + \overline{w_{noise}' T_{noise}'}$$

$$\left(\overline{w_{noise}} = \overline{T_{noise}} = 0, \overline{w_{real}} = \bar{w}, \overline{T_{real}} = \bar{T} \right)$$

ノイズが完全にランダムであり、それぞれの相関がなければ、フラックスへの影響はない。ノイズ同士またはノイズと真の変動との相関が少しでもあれば(第2~4項ゼロ)、ノイズによる誤差が生じる。

真の変動による共分散(第1項=フラックス)が小さい時(夜間)に、相対的にノイズによる誤差の寄与が大きい。摩擦速度が大きい時は、 w_{real} の分散が大きく、第2項の寄与が大きいかもしれない。しかし、選択的に過小評価となる要因とはならない。他の要因が寄与している

5. Discussion

5.1. Components of the energy balance and seasonal trends

季節変化、ボーエン比、貯熱・地中フラックスの寄与

5.2. Seasonal and directional dependence of the energy budget (Fig. 10)

概ね、乱流強度(摩擦速度)の違いで説明

5.3. Night-time energy balance

大気安定時、乱流強度が小 流れが樹冠を境に乖離

中立時、乱流強度がやや大 乖離が解消し地表面の

熱交換を反映したフラックスを検知

乱流強度が非常に大 顕熱フラックスがゼロに接近

温度変動が小 & 高周波 風速変動は大

訳注: 摩擦速度と温度変動について

$\overline{w'T'} = u_* T_*$ フラックス $\overline{w'T'}$ が同じならば、 u_* と T_* は逆相関 u_* が大きければ、 T_* の変動は小さい。SATの分解能(0.01)の問題というよりは、変動がノイズレベルを大きく下回るのが問題。

5.3. Evaluation of the energy budget deficit (Fig. 11)

平均化時間のチェック

Lee(1998)の鉛直移流を計算。値はばらつくが、 u_* が小

さい時に大きく、 u_* が大きい時に移流がゼロに接近。

温度勾配(差)がほとんどなくなる。

6. Conclusions (省略)