

植生が接地境界層内の乱流特性に及ぼす影響

東北大学工学部	学生会員	○坂井 七海
東北大学大学院環境科学研究科	正 会 員	小森 大輔
東北大学大学院環境科学研究科	学生会員	SRITAWAN Ananya
東北大学大学院環境科学研究科	学生会員	SUWANNAPAT Pimisiri
東北大学大学院	学生会員	近 将史

1. はじめに

近年、地球温暖化に伴う気候変動に関する研究が進められている。人間活動がどのように生態系に影響を与えているかなどの、気候変動の原因を理解するためには、地表面から大気への熱や二酸化炭素の輸送量（フラックス）を把握することが重要である。加えて、植物の光合成による二酸化炭素固定は、グローバルな炭素循環において主要なフローの一つであり、蒸発散量やCO₂収支といった観点から、植物が大気に与える影響について研究が進められている。

実際の物質の輸送量を把握するために世界各地でフラックス観測が行われている。フラックス観測は均一地表面上で行うという制約があるため、多くは水田や草原などの均一地表面上で観測される。しかし、地球上の多くの地表面は、畑と森林が混在しているなど不均一である。また、不均一地表面がフラックスに与える影響は明らかになっている。Kim et al. (2011b) は地表面変異性をパラメータに用いて不均一度を評価できる可能性を示した。

本研究は、土地が多様に使われている不均一地表面上において、植生以外の影響因子を排除し植生のみの影響を把握するために、2つの異なる高度で観測したフラックスの値を比較、植生の影響を評価した。

2. フラックス算出、フットプリント解析及びフラックス比較手法

タイのタークを観測地点とし、地上高さ 20m 及び 30m において、10Hz 周期でxyz方向の風速、気温、CO₂濃度及びH₂O濃度を観測した。キャノピー層高さは7mである。地上高さ 20m 及び 30m でのフラックス観測は同一のフラックス観測タワーで行った。観測期間は

2010年6月1日から2010年6月30日の30日間である。観測した値は渦相関法を用いて1時間毎のフラックス値に変換した。

算出したフラックスがフラックス観測タワー周辺のどの区域から来たものであるかを把握するために、Soegaard et al. (2000) が提案した手法を用いてフットプリント解析を行った。タワーを中心とした半径xmの地点の地表面の、フラックス値への寄与率をF_xとし、以下の式を用いてF_xを算出した。

$$F_x = V_a \frac{Z_m}{kx^2} e^{-(V_a \frac{Z_m}{kx})} \quad (1)$$

ここでZ_mは測定高さ、V_aはZ_mでの平均風速と摩擦速度の比、kはカルマン定数である。

20m で観測したフラックス値と 30m で観測したフラックス値を比較するために、鉛直方向の風速分布を考慮した Monin-Obukhov 相似則を、20m 及び 30m のフラックス値に適応させた値、F_{*}を算出した。

$$F_* = \frac{F}{\phi_m} \quad (2)$$

ここでFはフラックス値、φ_mは普遍関数である。20m と 30m のF_{*}の比が 1:1 に近いほど異なる高さで同じフラックス値が観測できたことを意味し、Monin-Obukhov 相似則が成立することになる。

加えて、Kim et al. (2011b) が提案したフラックスの不確かさの指標である変動係数 ε を用い、フラックス値の精度評価を行った。

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{w\zeta}}{|F|} \quad (3)$$

ここでσ_{wζ}は鉛直風速と大気安定度の標準偏差である。本研究ではCO₂フラックスに着目するため、CO₂フラックスの不確かさをε_{CO₂}と定義する。

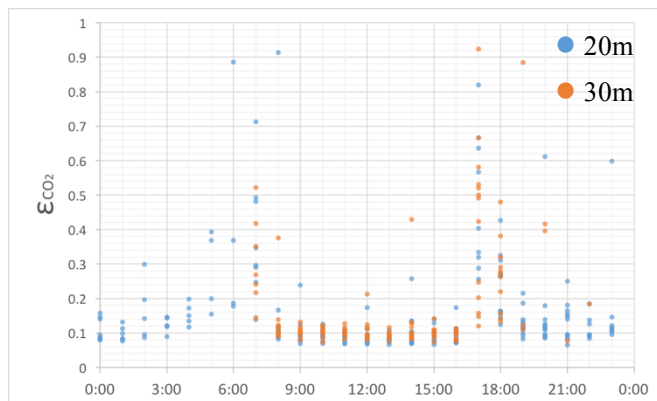


図1: ϵ_{CO_2} の時系列変化

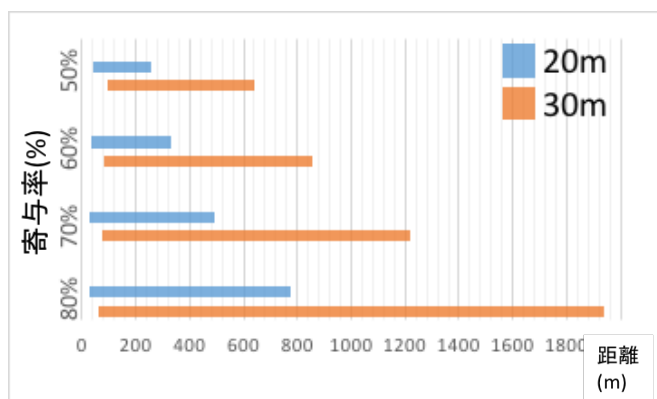


図2: フットプリント解析の結果

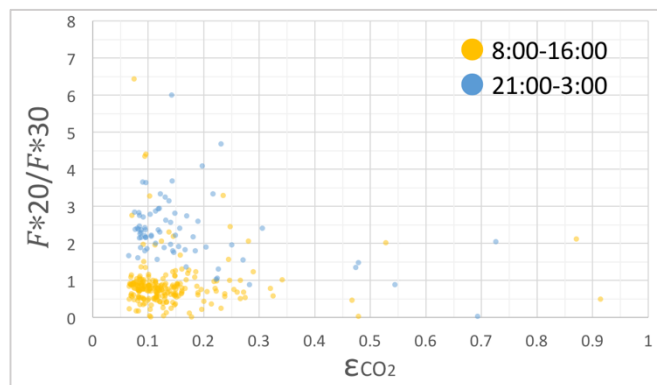


図3: F_{*20}/F_{*30} と ϵ の関係 (地上 20m)

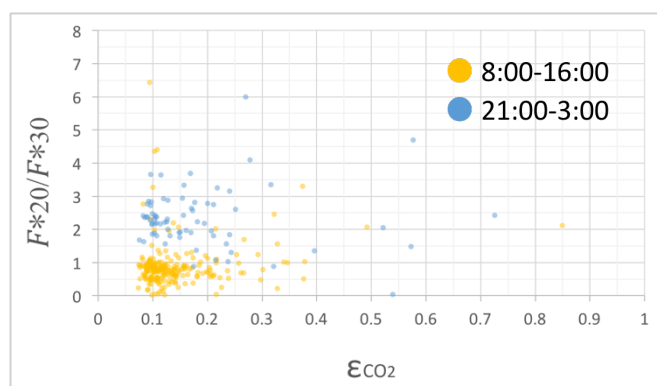


図4: F_{*20}/F_{*30} と ϵ の関係 (地上 30m)

3. 結果

30 日間の 1 時間ごとの ϵ_{CO_2} を図 1 に示す. 北を 0° とした時の東へ 90° から 135° は 6 月の主風向であるため 90° から 135° 時の値のみを使用し, 安定大気時のデータは Monin-Obukhov 相似則が成立しないため採用していない. 日射のある午前 8 時から午後 4 時は植物の光合成の影響が卓越した. 日中は夜間に比べ ϵ_{CO_2} のばらつきが小さい. 光合成は植物間で大きな差はないと言える. また 30 日間の ϵ_{CO_2} の最小値は 20m において 0.033, 30m において 0.077 であった. 20m と 30m それぞれにフットプリント解析を行い, 結果を図 2 に示す. 20m に比べ 30m の観測点がカバーする範囲は広く, より広い地表面の影響を受けるため, ϵ_{CO_2} の最小値が大きくなったと言える.

20m と 30m の F_* の比と, 各高さの ϵ_{CO_2} の関係を図 3 及び図 4 に示す. 午前 8 時から午後 4 時を黄, 午後 9 時から午前 3 時を青に色分けした. 午前 8 時から午後 4 時では Monin-Obukhov 相似則が成立している上, ϵ_{CO_2} の値が小さいものも多く, 午後 9 時から午前 3 時では, ϵ_{CO_2} の値は小さいが F_* の比が大きいものが多かった.

4. 結論

本研究から, 以下の結論を得た.

- 1) 午前 8 時から午後 4 時の ϵ_{CO_2} は午後 9 時から午前 3 時のものに比べばらつきが小さかった.
- 2) 同じフラックス観測タワーであるにも関わらず, ϵ_{CO_2} の最小値は地上 20m 地点において 0.033, 30m 地点において 0.077 であった.

謝辞

本研究 (の一部) は科学研究費補助金 (15K20858, 代表: 小森大輔) の助成を受けたものです. ここに記して感謝の意を示します. また, Wonsik Kim 先生の助言に謝意を表します.

参考文献

- 1) Henrik Soegaard, Claus Nordstroem, Thomas Friberg, Birger U. Hansen, Torben R Christensen, Christian Bay: Trace gas exchange in a high-Arctic valley: 3. Integrating and scaling CO₂ fluxes from canopy to landscape using flux data, footprint modeling, and remote sensing: GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES, VOL. 14, NO. 3, PAGES 725-744, SEPTEMBER 2000
- 2) Wonsik Kim, Daisuke Komori, Jaeil Cho: The characteristic of fractional uncertainty on eddy covariance measurement: J. Agric. Meteorol. 67 (3): 163-171, 2011