

ウンシュウミカン樹における葉面温度を用いた気孔コンダクタンスの推定 Estimating stomatal conductance from leaf temperature in Citrus unshiu

○畑田舞*, 中村公人*, 濱 武英*

HATADA Mai, NAKAMURA Kimihito, HAMA Takehide

1. はじめに 高糖度ウンシュウミカンの安定生産のために、果樹園において、広範囲に得られる遠隔情報に基づいた灌水情報の提供を目指している。たとえば、UAVによる空撮熱画像から得たミカン樹の葉面温度を用いて葉の水ポテンシャル（以下、LWPとする）を推定し、LWPを組み込んだ蒸散量の推定をすることで灌水すべき水量を算出するシステムの構築を模索している。葉面温度に着目する理由は、(1) 葉面温度はidso (1980) が提案している CWSI (crop water stress index) 等の水ストレス指標に使用され、LWPとの関係があることが示されていること、(2) 葉面温度は蒸発散量の推定式の一変数として含まれることがあり、蒸散と関連すること、(3) UAVを用いれば広範囲の葉面温度を容易に測定できることの3点である。本報告では、第一段階として、葉面温度を用いた気孔コンダクタンス g_s の推定を検討した。

2. 方法

2.1 調査地 調査地は和歌山県有田市宮原に位置する果樹園である。マルドリ栽培が実施されているウンシュウミカン樹を一本選定した。

2.2 観測概要 g_s はポロメータ SC-1 Leaf Porometer (Meter社製) を用いて10時から日没まで約2時間毎に測定し、傷や病害のない葉5枚の平均値を測定値とした。測定は2021年7月14日、23日、31日、8月29日、9月11日、21日、10月9日、11月13日の計8回行った。葉面温度計 SI-431 (Apogee社製) を測定領域に対象樹の樹冠の一部が入るように、樹冠上部に設置して経時測定した。また、気象観測装置 ATMOS-41 (Meter社製) を調査樹付近に設置した。これらの測定間隔は7月23日以前では30分、7月24日以降では5分である。

2.3 気孔コンダクタンスの推定式 葉の熱収支式は式(1)、潜熱フラックスは式(2)のように表すことができる (Maes, 2012)。 $G=0$, $S=0$ と仮定して式(2)を用いて式(1)を変形すると、式(3)の g_s の推定式を得ることができる。

$$S = R_n - (H + \lambda E + G) \quad (1)$$

$$\lambda E = \frac{\rho_a c_p}{\gamma \left(\frac{1}{g_s} + \frac{1}{g_{av}} \right)} \{ \Delta(T_L - T_A) + VPD \} \quad (2)$$

$$g_s = \left[\frac{\rho_a c_p \Delta(T_L - T_A) + VPD}{\gamma R_n - (H + G + S)} - \frac{1}{g_{av}} \right]^{-1} \quad (3)$$

ここで、 S は地上部の貯熱量 (W m^{-2})、 R_n は純放射量 (W m^{-2})、 H は顕熱フラックス (W m^{-2})、 λE は潜熱フラックス (W m^{-2})、 G は地中熱フラックス (W m^{-2})、 g_s は気孔コンダクタンス (ms^{-1})、 g_{av} は水蒸気輸送に対する境界層コンダクタンス (m s^{-1})、 ρ_a は空

*京都大学農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University
キーワード：気孔コンダクタンス、葉面温度、熱収支

気密度 (kg m^{-3}), c_p は空気の比熱 (J kg K^{-1}), γ は乾湿計定数 (0.066 kPa K^{-1}), Δ は気温 T_A での飽和水蒸気圧曲線の勾配 (kPa K^{-1}), T_L は葉面温度 (K), T_A は気温 (K), VPD は飽差 (kPa) である.

2.4 気孔コンダクタンスの算出 式 (3) を用いて, 葉面温度, 日射量, 気温, 湿度, 風速から g_s を推定した (風速は g_{av} を求めるときに使用される). 葉面温度は変動が激しいため, 入力データ (葉面温度, 日射量, 気温, 湿度, 風速) は 30, 60, 120, 180 分平均したものの 4 パターンを用いた.

3. 結果と考察 g_s の推定結果 (180 分平均) と実測値を図 1 に示す. 日中の推定値と実測値は近い値を示していることから, 熱収支式における $G = 0$, $S = 0$ の仮定には問題がないと思われる. しかし, 昼間に大きな値をとり日没前に低下するという g_s の実測値の特徴が反映されていない. g_s 主に温度, 飽差, 土壌の水ポテンシャル, 光合成有効放射によって変化することが知られているが (小杉ら, 1995), 式 (3) では光合成有効放射を考慮していないことが主な原因であると考えている.

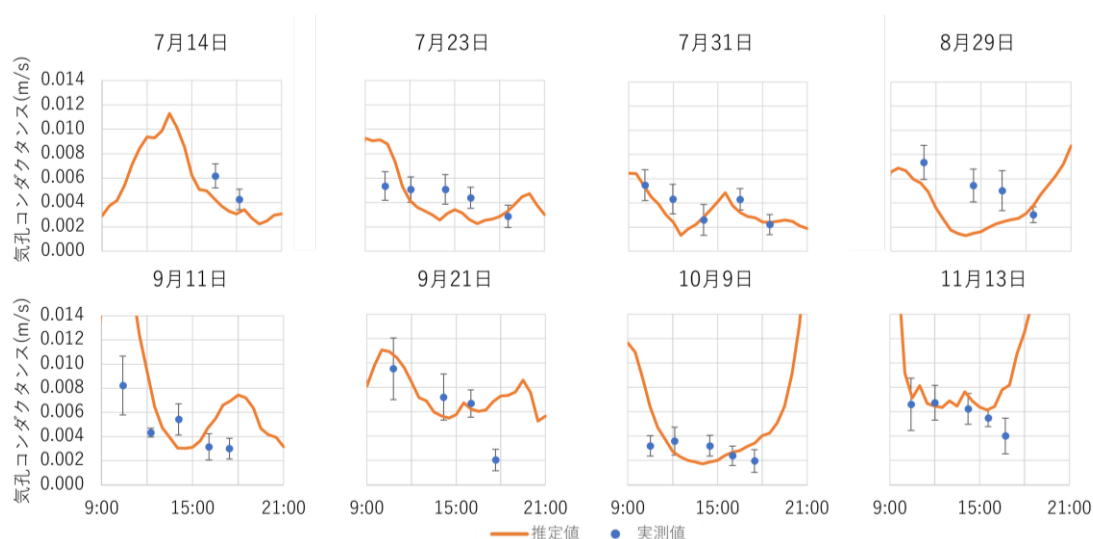


図 1 g_s の推定結果. 入力データは 180 分平均値, エラーバーは標準偏差を示す.

Fig. 1 Diurnal changes of observed and simulated g_s . Input data is averaged every 180 minutes. Error bars indicate the standard deviation.

4. 今後の課題 気象要因が g_s にどの程度遅れて影響するかという視点から検討を加えるとともに, 光合成有効放射を推定に組み込むことでより正確な g_s の値の推定を試みる予定である.

謝辞: 調査にご協力いただいた株式会社早和果樹園の皆様には心から感謝申し上げます.

参考文献 1) Idso, S.B., et al. (1981): Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agricultural meteorology*, 24, pp. 45-55. 2) Maes, W.H. and Steppe, K. (2012): Estimating evapotranspiration and drought stress with ground-based thermal remote sensing in agriculture: a review. *Journal of Experimental Botany*, 63(13), pp.4671-4712. 3) 小杉緑子, 小橋澄治, 柴田昌三 (1995): 数種常緑広葉樹における気孔コンダクタンスのモデル化. *日本緑化工学会誌*, 20(3), pp.158-167.