

地表面での熱収支と表面温度

長崎大学工学部 学員 〇永野 康裕 正員 古本 勝弘
正員 武政 剛弘 正員 薦田 広章

はじめに

地表面の温度は、接地気層内の熱環境を解析する上で重要であるが、正確に測定することが難しい。本報告では、比較的簡単にかつ正確に測定できる地表面下の温度から地表面の温度を推定する方法について検討し、さらに、地表面の熱収支について若干の考察を行っている。

観測方法

本観測は、長崎大学文教キャンパス内で地表面条件が芝地とアスファルトの異なる二カ所で、1995年11月16日から18日の晴天日に行った。地表面での放射収支量は、放射収支計（フリード社製、PDX-III）を用いて2分間隔で測定した。地温と気温は、熱電対を用いてそれぞれの地表面下0cm, 2cm, 5cmの地温と、約15cmの丈を有する芝生内2cm, 5cm, 10cmの温度及び両者の地表面上30cmの気温を10分間隔で測定した。

観測結果と考察

地表面温度は、周期変動すると仮定して、フーリエ級数で表示した①式で与える。この場合1日の地温変化は、1/3日周期項まで採用して充分実測値を表現できるものとする。

$$T = T_m + A_{1,0} \cos(\omega t - \phi_1) + A_{2,0} \cos(2\omega t - \phi_2) + A_{3,0} \cos(3\omega t - \phi_3) \quad ①$$

①式において、右辺第2項の一日周期項について検討を行う。今、地表面温度(T_0)として、任意の深さ z の地温も①式と同様に表現式で与えて、一日周期項を T_g で与える。

$$T_0 = A_{1,0} \cos(\omega t - \phi_1) \quad ②$$

$$T_g = A_{1,z} \cos(\omega t - \varepsilon_1 - \phi_1) \quad ③$$

ここで $A_{1,0}$ と $A_{1,z}$ は、それぞれ表面と任意深さ z の1日周期項温度振幅、 ω は一日周期の角速度、 ε_1 は地表面温度に対する深さ方向の位相の遅れである。 $A_{1,0}$ と $A_{1,z}$ の関係は④式で表される。

$$A_{1,z} = A_{1,0} \exp[-z(\omega/2a)^{1/2}] \quad ④$$

ここで、 a は地中の熱拡散係数である。今、深さ2cmと5cmの地温の振幅を $A_{1,2}$ 、 $A_{1,5}$ とすると、熱拡散係数 a は、⑤式で与えられる。

$$a = \frac{(0.05-0.02)^2 \omega}{2(\ln A_{1,2} - \ln A_{1,5})^2} \quad ⑤$$

また、地表面温度に対する地温の深さ方向の位相の遅れは、

$$\varepsilon_1 = z(\omega/2a)^{1/2} \quad ⑥$$

で表される。

今、深さ2cmと5cmの測定値を調和分解し、一日周期項の $A_{1,2}$ 、 $A_{1,5}$ の値を用いて④式から $A_{1,0}$ を求める。さらに、⑤式で得られた熱拡散係数 a を用いて、⑥式から算出される ε_1 が求まる。同様の算出を各項について行い、それらの値を①式に代入するとアスファルトの地表面温度は、

$$T_A=17.35+10.8\cos(\omega t-0.38)+5.23\cos(2\omega t-0.42)+1.76\cos(3\omega t-0.29) \quad (7)$$

で表される。

芝地についても同様のことを行くと、芝地の地表面温度は、

$$T_P=13.52+2.90\cos(\omega t-0.57)+1.28\cos(2\omega t-0.76)+0.35\cos(3\omega t-0.42) \quad (8)$$

の結果を得る。

図1と図2は、地表面に熱電対を直接置き、その上に直接日光が当たらないように砂で覆い、測定した地表面温度と、⑦式と⑧式の比較である。図1によれば、アスファルトの実測地表面温度が最高温度になった後、急激に下がっているため実測値と推測値の差が大きくなっている。この差は日陰となったために起ったものと考えられ、その影響のなくなる夜間には、両者はほぼ一致している。また図2によれば、実測値より推測値が夜間に0.5℃高くなっている。これは芝生の丈が15cmほどあり、地表面の被覆材の役目を果たしており、推測値では、その条件を考慮していないために実測値より大きい値を得たと考えられる。このように、地表面で急激な温度変化が起こらない限り地表面下の地温から地表面温度を推測することは充分可能であると考えられる。

図3の、放射収支量(下向きを正)の変化では、昼間の放射収支量は、アスファルトの方が芝地よりも高くなっている。これはアルベドがアスファルトでは1~15%であるのに対し、芝地ではアルベドは15~25%とアスファルトより大きいために、この現象が生じたと考えられる。なお、放射収支量と地中への熱流束の関係についての検討は割愛する。

【参考文献】

- (1) 近藤純正, 1992: 地表面温度と熱収支の周期解及びその応用, 農業気象48巻3号, 265-275
- (2) 小林哲夫: 農業環境物理学, 54-74
- (3) 竹内清秀・近藤純正, 1981: 大気科学講座1・地球に近い大気, 113-120
- (4) DON KIRKMAN・W. L. POWERS, 1972: Advanced Soil Physics, EILEY-INTERSCIENCE, 480-481

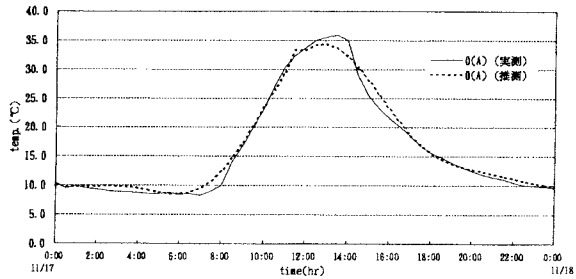


図1 地表面温度の実測値と推測値(アスファルト)

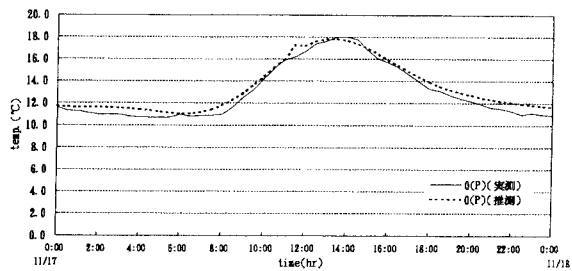


図2 地表面温度の実測値と推測値(芝地)

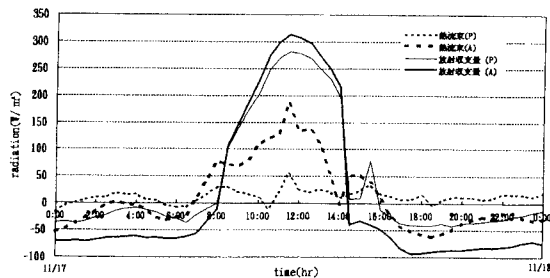


図3 芝地(P)とアスファルト(A)の放射収支量と熱流束