

舗装温度予測システム開発のための 顕熱モデルの検討

福田裕子¹・江川和寿²・松井邦人³

¹正会員 ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) 技術本部(〒171-0021 東京都豊島区西池袋 1-11-1)

E-mail : y-fukuda@jrc.jregroup.ne.jp

²日本石油輸送株式会社 (〒141-0032 東京都品川区大崎 1-11-1)

³フェロー会員 東京電機大学 理工学部建築・都市環境学系(〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

近年ヒートアイランド対策舗装の開発が求められ、その効果は密粒舗装の表面温度と比較することで、実験的に確認している。また、アスファルト舗装はその温度により剛性が大きく変化するので、設計・維持管理においてもその温度の変動を考慮することが重要である。このような状況により、舗装温度の変動を精度よく推定できるシステムが求められている。

本研究の目的は、材料の熱特性値が分かれば実験を行わなくても気象観測データを用いて舗装温度を精度よく予測できるシステムを開発することである。開発した温度予測システムの精度は実験データと比較することにより確認した。

Key Words : pavement temperature prediction system, meteorological data, sensible heat flux, solar radiation, infrared radiation

1. はじめに

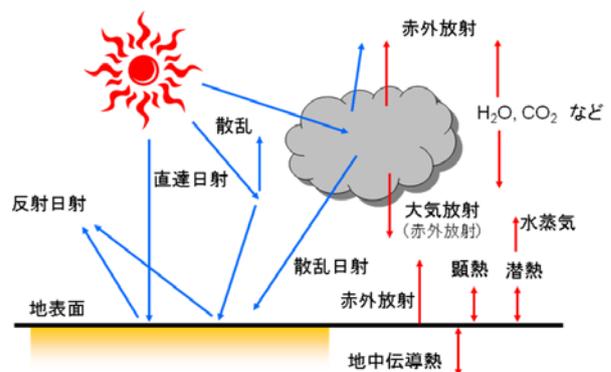
大都市における夏期のヒートアイランド現象は、気温上昇や熱帯夜の増加をもたらすだけでなく、不快さが増すだけでなく熱中症などの健康被害を生じている。その原因は多岐にわたるが、舗装もその一因をなしている¹⁾。舗装表面は気象の変化の影響をまともに受けている。舗装表面温度における熱収支は図-1のように表される。舗装温度に影響を与える因子として、舗装を構成する各層の熱容量、熱伝導係数、舗装表面のアルベドと射出率、気象に関連する因子として全天日射量、大気放射量、外気温、相対湿度、風速などがある²⁾。これらの気象因子に加え、顕熱モデル、潜熱モデル、大気放射モデルが必要である。

小沼らは、大気放射モデルに関して過去の文献を調べ、モデルの適否を評価するため東京電機大学鳩山キャンパスの舗装試験サイトで観測した大気放射量と比較している³⁾。

著者らは、気象庁がホームページで公開している気象データを用いて国内6大都市(仙台、東京、名古屋、大阪、福岡、那覇)の舗装温度の予測を行ってきた⁴⁾。その結果、風速が非常に大きい那覇の舗装表面温度は他の都市と比べ低くなった。その原因は、風速が強いと顕熱輸送量を計算する際に使用する熱伝達率の値が大きくな

り、大気への顕熱輸送量が追加、その結果表面温度が低下したと考えられる。

風速はまた、風速計の設置高度と、地表面の細かな凹凸の度合いによっても大きく変わる。風速の高度分布の変化割合は地表面に近いところで急激であり、高さとともにしだいに小さくなる²⁾。一般的に舗装の温度は、舗装表面より高い位置の風速より、比較的舗装表面に近いところの風速の影響を受けると考えられる。しかし、気象庁データの風速は、周囲の影響を受けないような建物の上など高いところで観測しているため常に大きい。そ



熱エネルギーの流れ
図-1 地表面の熱収支

れゆえ、気象庁観測データの風速を用いるとき適切な高さの風速に変換する必要がある。

近藤は、「風速計の設置高度と細かな凹凸の度合いによって、風速は大きく変わる。風速の高度分布の変化は、地表面に近いところで急激であり、高くなるにつれだいに小さくなる」と述べている。本研究では、東京電機大学鳩山校地において、気象観測施設と熱電対を埋設した試験舗装を利用して、熱伝達モデルを構築することを目指して実験を行った。試験舗装には2台の三次元超音波風速計の高さを変えて設置し、水平方向の風速の変化と顕熱輸送量を測定した。

この結果から、風速計を設置する適切な高さは1.0m程度であることが確認できた。構築した舗装温度予測システムと気象庁のデータベースを用いて、1年間の深さ方向の温度変化を計算した。深くなるほど温度のピーク値が遅れることを明らかにした。

2. 熱伝導解析

(1) 支配方程式と境界条件

舗装内部の温度分布を支配する方程式として、式(1)の1次元熱伝導方程式を用いた。

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (1)$$

ここで、 $T(z,t)$ は温度[°C]、 ρ は密度[kg/m³]、 C は比熱[J/(kg·K)]、 k は熱伝導係数[W/(m·K)]、である。

自然環境下に暴露されている構造物は、さまざまな気象因子の影響を受ける。そのため、温度解析を行う上で、舗装表面で式(2)の境界条件を考慮しなければならない。

$$k \frac{\partial T}{\partial z} + q_{con} + q_{sol} + q_{rad} + q_{evp} = 0 \quad (2)$$

ここで、 q_{con} ：顕熱輸送量[W/m²]、 q_{sol} ：正味全天日射量[W/m²]、 q_{rad} ：正味赤外放射量[W/m²]、 q_{evp} ：潜熱輸送量[W/m²]である。

熱特性値の異なり互いに隣接する*i*層と*i*+1層の境界では、

$$k_i \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right)_i + k_{i+1} \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right)_{i+1} = 0 \quad (3)$$

最下面では熱の移動が起こらない断熱境界であると仮定すると、

$$k \frac{\partial T}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

(2) 正味全天日射量 q_{sol}

正味全天日射量 q_{sol} は太陽から地表面(ここでは舗

装表面)に到達する下向き全天日射量 $S \downarrow$ と地表面で反射して大気に戻る上向き全天日射量 $S \uparrow$ の差であり、舗装が吸収する太陽エネルギーを意味している。

$$q_{sol} = S \downarrow - S \uparrow = (1 - \alpha) S \downarrow \quad (5)$$

上向きの全天日射量と下向き全天日射量の比 α を通常アルベドと呼んでいる。全天日射量は太陽の放射エネルギーを地表面で全天日射計を設置して測定している。

(3) 正味赤外放射量 q_{rad}

舗装表面には大気中の温室効果気体が出す下向きの赤外放射 $L \downarrow$ と舗装表面から上向きに出る赤外放射量 $L \uparrow$ の差を正味赤外放射量と呼んでおり、式(6)-(8)で表すことができる。

$$q_{rad} = L \downarrow - L \uparrow \quad (6)$$

$$L \downarrow = \varepsilon_{sky} \sigma T_a^4 \quad (7)$$

$$L \uparrow = \varepsilon_{pav} \sigma T_s^4 + (1 - \varepsilon_{pav}) L \downarrow \quad (8)$$

ここに、 ε_{sky} は大気の射出率、 σ はステファン・ボルツマン定数(=5.67×10⁻⁸[W/(m²·K²)]、 T_a は大気温度[K]、 ε_{pav} は舗装面の射出率である。式(8)は舗装表面温度が出す赤外放射量と舗装表面で一部反射して大気に戻る大気放射の和で表すことができることを意味



図-2 風向風速計



図-3 3次元超音波風速計

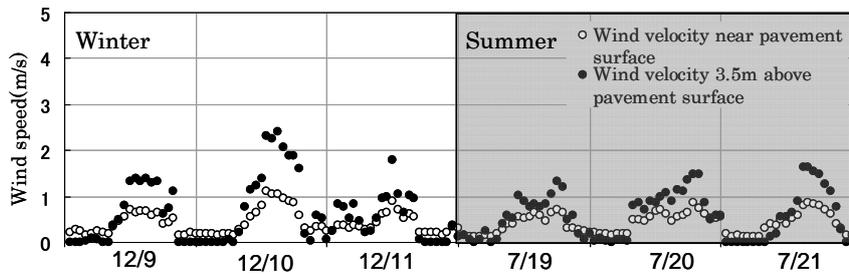


図-4 風向風速計と3次元超音波風速計で測定した風速の比較

している。舗装表面の射出率は0.85~1.0である。

(4) 顕熱輸送量

大気の流れにより大気から舗装表面あるいは舗装表面から大気に運ばれる熱エネルギーであり、一般に次のバルク式で表すことができる。

$$q_{con} = c_p \rho_a C_H U (T_a - T_s) \quad (9)$$

ここに、 T_a は大気温度、 T_s は舗装表面温度、 c_p は大気の定圧比熱、 ρ_a は大気の密度、 C_H はバルク係数、 U は風速、 $C_H U$ は顕熱輸送の交換速度と呼ばれている。式(9)は大気温度と舗装表面温度の差に比例すると考え、

$$q_{con} = h(T_a - T_s) \quad (10)$$

と表すことが多い。 h は熱伝達係数と呼ばれ、これまでに多くの研究がなされており、一般に風速 v [m/s] の関数として式(11)のように表されることが多い。

$$h = a + bv \quad (11)$$

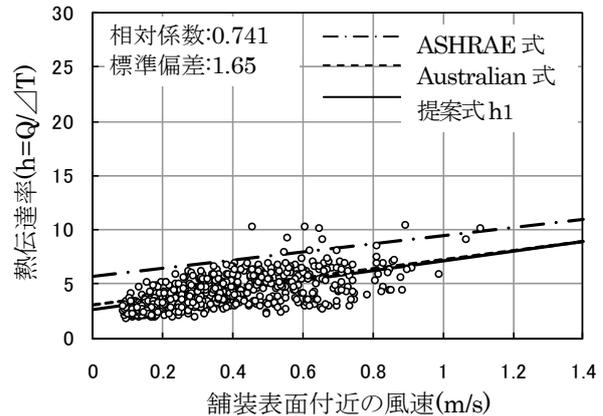
3. 舗装表面における熱伝達率のモデル化

(1) 実験概要

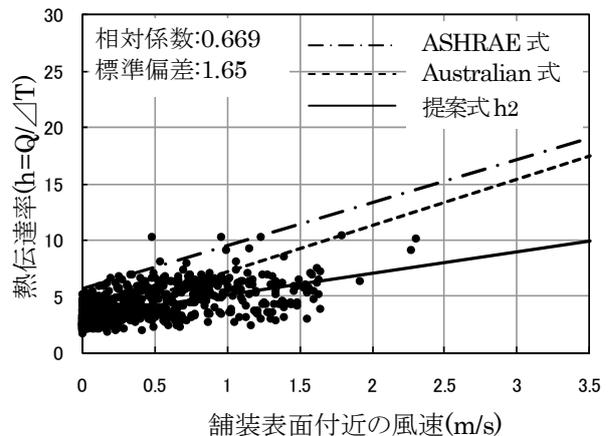
東京電機大学鳩山計測サイトでは、これまで常に風向風速計(図-2)、湿度計、長短波放射計などの気象データを毎分計測している。顕熱モデルの熱伝達係数に関して多くの研究があり、提案式が大きく異なるので、改めて顕熱モデルを検証することにした。実験は平成19年12月8日~11日(12:00)の3.5日間、平成20年7月1日~30日のうち23日間、密粒度舗装の上に3次元超音波風速計(図-3)を設置し、舗装表面付近で3次元の風速を測定した。

(2) 2種類の風速計の風速比較

風向風速計は地表面から3.5mの高さに、3次元超音波風速計は舗装表面から0.5mの高さに設置して風速を計測した。2台の風速計は数メートルの距離しか離れていないが両者の風速を図示すると図-4のように大き



(a) 風速と熱伝達率(3次元超音波風速計)



(b) 風速と熱伝達率(風向風速計)

図-5 風速と熱伝達率の関係

く異なる。同図より、全般的に見て風向風速計の風速は、3次元超音波風速計の風速計と比べ大きな値となるが、風速の弱いところでは風向風速計の風速の方が小さく、その値はほぼゼロとなっている。風向風速計は風速が弱いところでは出力の感度が少し悪いようである。また、風速計の設置位置が高いと風速が強くなることが明らかである。

(3) 熱伝達率モデル化

顕熱輸送量がヒートアイランドに大きく寄与することが知られている^{5),6)}。顕熱輸送量には熱伝達率が大きく影響し、そのモデル化としてこれまで数多くのモデ

ルが提案されてきた⁷⁾。近年 3 次元超音波風速計が開発され、渦相関法を用いて顕熱輸送量を精度良く直接求めることが可能となった。風速鉛直成分 w 、気温 T 、空気の密度 ρ 、空気の定圧比熱 C_p を用いると以下のようなになる。

$$Q = \rho C_p Cov(T, w) \quad (12)$$

ここに、 Q は 3 次元超音波風速計で測定した顕熱輸送量、 $Cov(T, w)$ は T と w の共分散である。舗装表面の顕熱輸送量は式(10)のように書けるので、渦相関法から求めた Q を式(10)の q_{con} に代入すると、 h を式(13)で計算できる。

$$h = \frac{Q}{(T_a - T_s)} \quad (13)$$

式(11)の v は水平方向成分の風速である。風速は 3 次元超音波風速計の風速の水平成分、あるいは風向風速

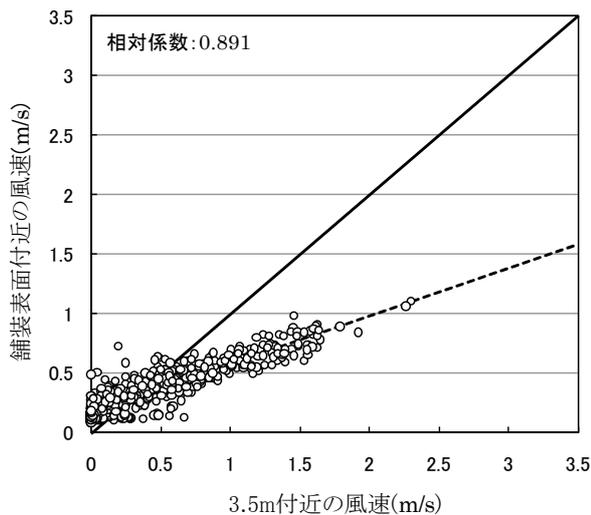


図-6 風速比較

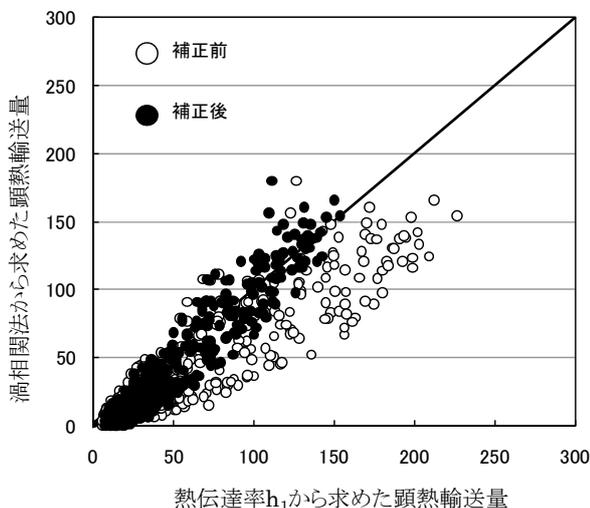


図-7 渦相関法と熱伝達率から求めた顕熱輸送量

計の風速を用いることが考えられる。式(13)から求めた h と、その時の 3 次元超音波風速計および風向風速計から求めた風速をプロットすると、それぞれ図-5(a), (b)のようになる。これまでの経験から^{3),4),7),8)}、ASHRAE Handbook⁹⁾と Australian Standard¹⁰⁾に記載されている熱伝達係数の式が、観測値との一致度が比較的良好いことから、同図に併記した。しかし、これらの式は舗装ではなくプールを対象として得られた熱伝達率のモデルである。そこで、舗装面上で観測したデータから熱伝達率のモデルを誘導する。最小 2 乗法を用いて式(11)の係数を求めると、

$$h_1 = 4.5v_1 + 2.6 \quad (14)$$

$$h_2 = 1.9v_2 + 3.2 \quad (15)$$

式(13)の右辺の分母が小さいとき誤差が増幅すると考えられるので、 $|T_s - T_a| < 2^\circ\text{C}$ のデータを除いたものをプロットしている。 h_1 と h_2 はそれぞれ 3 次元超音波風速計の風速と風向風速計の風速から求めた熱伝達係数である。

(4) 顕熱輸送量と風速

図-6 に風向風速計の風速 (横軸) と 3 次元超音波風速計から求めた水平方向の風速 (縦軸) との相関を記した。両者の間の相関係数は 0.891 と高く、次式のよう



図-8 実験風景

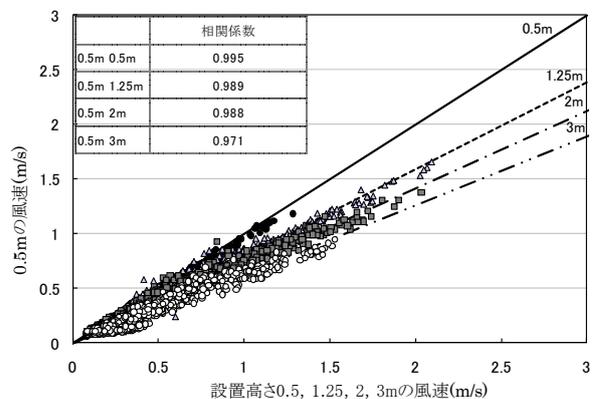


図-9 風速の関係 (m)

な関係が見られる。

$$v_1 = 0.401v_2 + 0.181 \quad (16)$$

舗装の温度解析を行うとき、顕熱輸送量を精度良く推定できることが重要である。顕熱輸送量の推定には風向風速計や気象庁データの風速を用いることが多く、これらは、一般に舗装表面からかなり高い位置で測定されたものである。そこで、渦相関法の式(12)から得られる顕熱輸送量を縦軸に、横軸には式(11)の風速に、風向風速計の出力値を用いて式(10)より計算した顕熱輸送量およびその出力値を式(16)で変換した風速を用いて顕熱輸送量を算出し、その結果を図-7にプロットした。風向風速計の風速を変換して算出した顕熱輸送量と渦相関法で求めた顕熱輸送量の相関が良いことが明らかになった。風速の測定位置が顕熱輸送量の推定に大きく関係していることが明らかとなった。

ここでは舗装表面付近を 0.5m として風速を比較したが、温度解析を行うとき、何 m の高さで計測した風速を用いるのが一番良いのか明らかでない。次に風速計の設置高さを検討することにした。

4. 風速と高度

(1) 実験概要

平成 20 年 6 月 20 日～7 月 30 日、11 月 17 日～12 月 12 日の期間測定を行った。鳩山計測サイトにおいて、図-8 のように密粒度舗装の上に 2 台の 3 次元超音波風速計の高さを変えて設置して計測を行った。2 台の風速計の 1 台を舗装表面から 0.5m の高さで固定、もう 1 台は舗装表面から 0.5m, 1.25m, 2m, 3m と設置高さを変えて風速の計測を行った。次に固定する高さを 1m として、もう 1 台の高さを 1m, 1.5m, 2m, 3m と変えて風速の計測を行った。それぞれの高さの組み合わせで 7 日間継続して観測を行った。2 台の風速計から測定されたデータを基に風速と高さの関係を求めるのが目的である。

(2) 風速の変換式のモデル化

設置高さを 0.5m に固定して計測を行った風速を縦軸に、設置高さを変化させて計測を行ったその時の風速を横軸にしてプロットした結果は図-9 のようになる。また、最小 2 乗法を用いてそれぞれ直線式を求めた。相関係数は 0.98 以上と非常に高く、設置高さが高くなるに連れて風速が大きくなっていることがこの図からも明らかである。同図から設置高さ 0.5m に固定した風速計の風速が、0.5m/s, 1m/s, 1.5m/s の時の設置高さを変えたときの風速を直線式から算出し、設置高さとその設置高さの風速の関係を示したのが図-10 で

ある。○は 0.5m の高さの風速が 0.5m/s のとき、高さ 1.25m, 2.0m, 3.0m の高さの風速である。△は 0.5m の高さの風速が 1.0m/s のとき、高さ 1.25m, 2.0m, 3.0m の高さの風速であり、□は 0.5m の高さの風速が 1.5m/s のとき、高さ 1.25m, 2.0m, 3.0m の高さの風速である。

測定値から算出された値は、曲線を描き指数関数グラフのような形をしている。同図を基に、高さ H m で測定された風速を、設置高さ 0.5m, 1m の風速に変換を行うため式(17), (18)のような形の変換式を考え、図-10 の測定値と一致するように最小二乗法で未知パラメータ α を求めた。

$$H = 0.5 \exp \left(\alpha \frac{V_H - V_{0.5}}{V_{0.5}} \right) \quad (17)$$

$$H = 1.0 \exp \left(\alpha \frac{V_H - V_{1.0}}{V_{1.0}} \right) \quad (18)$$

H は風速の測定されている高さ[m], $V_{0.5}$ は 0.5m の高さでの風速[m/s], $V_{1.0}$ は 1m の高さでの風速[m/s], V_H は高さ H m の風速[m/s]である。

未知パラメータ α を求めると $\alpha = 3.106$ となる。高さ H m の風速を高さ 0.5m の風速に変換する式は式(20)

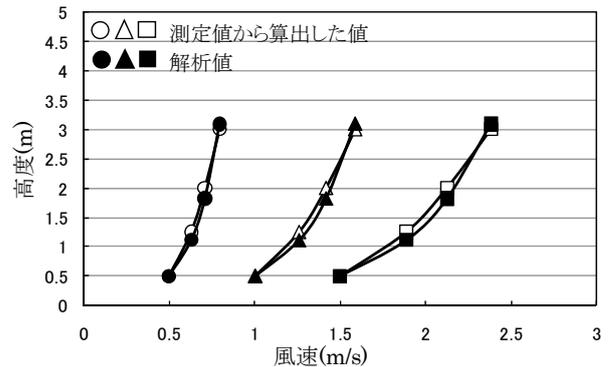


図-10 高さによる風速の変化

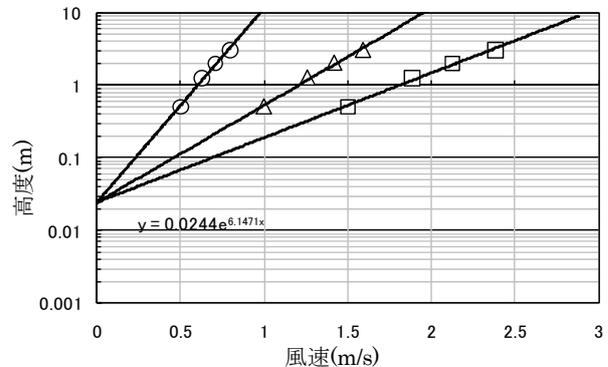


図-11 舗装表面の粗度

表-1 熱特性値

	層厚(m)	密度(kg/m ³)	比熱(J/kg K)	熱伝導率(W/m K)
表・基層	0.25	2300	900	2.0
路盤	0.35	1800	1000	1.5
路床	3.00	1800	1000	1.6

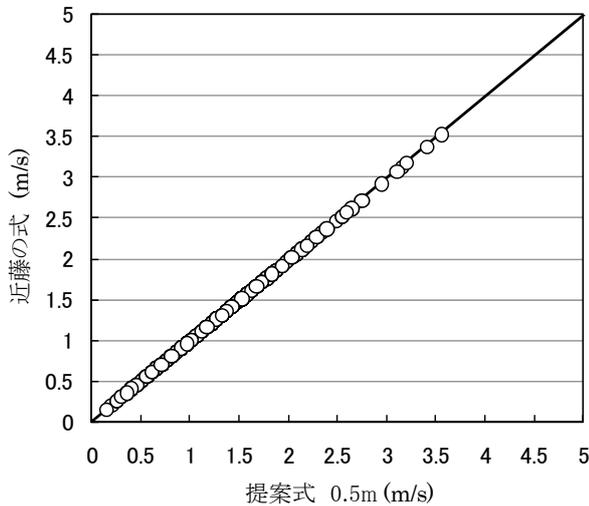


図-12 変換式の比較(高さ0.5m)

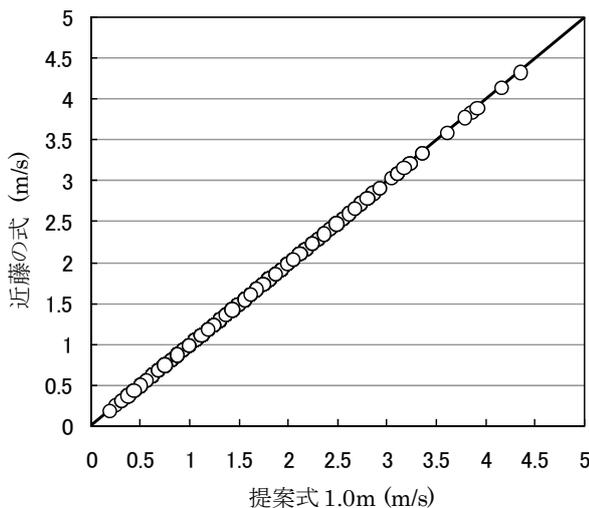


図-13 変換式の比較(高さ1m)

のようになる。同様に高さ H m の風速を高さ 1m の風速に変換を行うため式(18)の関係を仮定して、測定データより未知パラメータ α を求めると、 $\alpha=3.790$ となる。その結果、高さ 1m の風速への変換式は式(21)のように書くことができる。

評価関数：

$$J = \min_{\alpha} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^m \{u_i^p - H_i(\alpha)\}^2 \quad (19)$$

高さ 0.5m の風速の変換式：

$$V_{0.5} = V_H \times \frac{3.106}{\ln(H/0.5) + 3.106} \quad (20)$$

高さ 1m の風速の変換式：

$$V_{1.0} = V_H \times \frac{3.790}{\ln(H/1.0) + 3.790} \quad (21)$$

(3) 風速の変換式の比較

近藤は高度 H の風速 V_H と高度 H_B の風速の関係式として式(22)を提案している¹⁾。

$$V_B = V_H \times \frac{\ln(H_B/Z_0)}{\ln(H/Z_0)} \quad (22)$$

すなわち、高度 H の風速を測定すると、高度 H_B の風速 V_B を上の式から計算できる。ここに、 Z_0 は地表面の粗度である。近藤の式は任意の 2 つの高さの関係を示しているのが便利であるが、粗度を求めないと使用することが出来ないのが難点である。そこで、図-10 を近藤が提案しているように縦軸を対数目盛として図示すると、図-11 のようになる。図-11 の測定値を直線で結び舗装表面の方に延長すると近藤が定義する粗度 Z_0 が求まる。実験結果をあてはめると、実験結果を当てはめると粗度は $Z_0=0.024$ となった。1m のときの粗度も同様に $Z_0=0.024$ となった。以上の値を、式(20)~(21)に代入し、相関図を描くと図-12, 13 のようになる。0.5m, 1m 両者の提案式、近藤の式は共に非常に良く一致していることが明らかである。また、気象庁データの風速と高さ 0.5m の風速の比は、近藤の式では $V_B/V_H = 0.503$ 、提案式では $V_{0.5}/V_H = 0.509$ と非常に類似している。さらに設置高さ 1m の風速の比は $V_B/V_H = 0.622$ 、提案式では $V_{1.0}/V_H = 0.618$ と 0.5m 同様に非常に類似している。よって、今回提案した風速の変換式は信頼性があると考えられる。

(4) 実測温度と風速を変換した解析値の比較

温度解析を行うとき、高さ何 m の風速を使用するのが、一番精度が良いのか検討を行う。風速は、鳩山計測サイトで測定している 3.5m の風速と、3.5m の風速を提案式(17)(18)から設置高さ 0.5m, 1m の風速をそれ

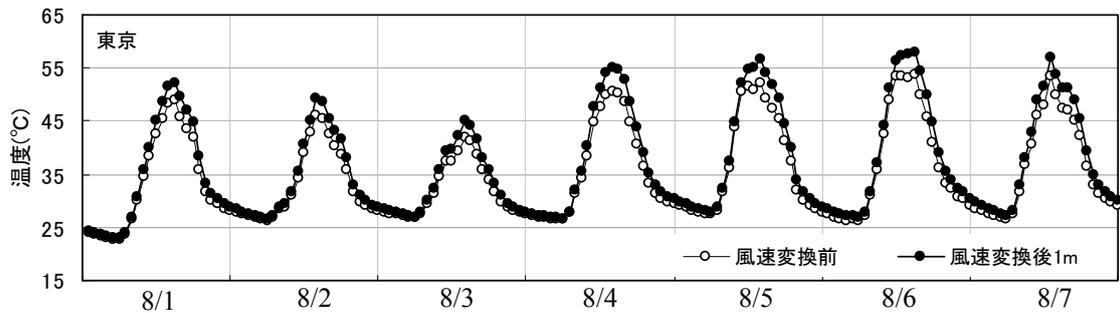


図-14 気象庁データ解析(風速の変換)

表-2 誤差評価

設置高さ(m)	評価関数
0.5	0.64
1.0	0.46
3.5	0.49

$$\text{誤差評価式} = \sqrt{\frac{\sum \{(\text{測定値} - \text{解析値}) / \text{測定値}\}^2}{n}} \quad (23)$$

n はデータ数である。式(23)から誤差を計算した結果を表-2に示す。同表から設置高さ 1m の風速を用いて解析を行うのが一番良いことが明らかになった。

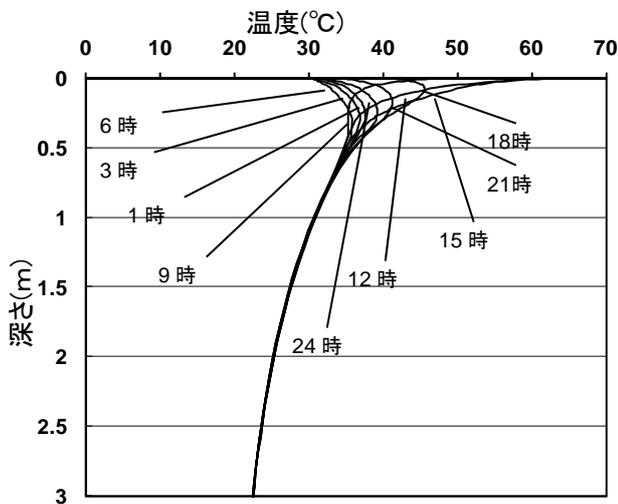


図-15 深さ方向の温度の日変動(夏)

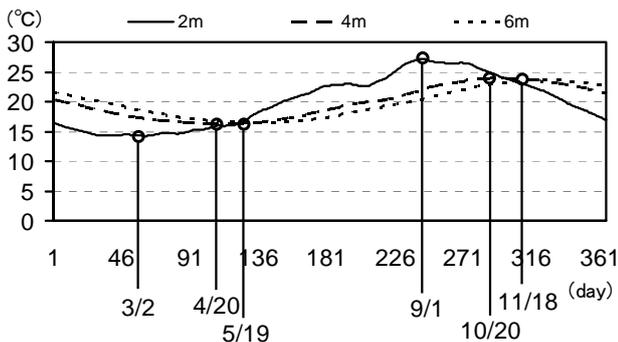


図-16 1年間の温度の変動

それぞれ、3 パターンの風速を用いて温度解析を行い、実測温度と比較を行う。解析に使用した気象データは鳩山計測サイトで測定した外気温、長短波放射、風速である。解析対象の舗装の層厚と熱特性値を表-1に鳩山計測サイトで計測した外気温、長短波放射、風速記す。熱伝達率は提案式を用いた。そこで、測定値と解析値の誤差評価式を以下のように示す。

(5) 気象庁データの風速を変換した解析値の比較

気象庁で測定している風速は、非常に設置高さが高いことから、温度解析を行うときに風速を変換する必要がある。4(2)で設置高さ 1m の風速を用いるのが良いことが明らかになったので、気象庁データの風速を、風速の提案式(21)で設置高さ 1m の風速に変換をして、風速の変換前と変換後の解析を行い、どのくらい解析温度が異なるか比較を行った。4(3)と同様の解析条件で温度解析を行った。また、熱伝達率は提案式を用いた。解析結果を図-14に示す。

同図から、風速を変換する前後では、大きく舗装表面温度に差があることがわかる。夜間は舗装表面温度の差が最高で 1.1°C とあまり変化はないが、昼間は風速を変換して解析を行ったほうが舗装表面温度は高い。8月6日の舗装表面温度は風速変換前では 53.7°C に対し、風速変換後は 58.1°C で、4、5°C の温度差がある。実際の舗装表面温度は、夏場では 60°C を超えることもあるので、風速を変換して解析を行ったほうが良いことがわかる。

(6) 夏期1日の舗装内部温度変化

舗装は一般に表面から熱エネルギーの供給を受けている。舗装内部の温度が1日でのどの程度変化するのか興味を持たれる。そこで、10年以上に亘り東京の気象データを計算した中から8月の1日だけに注目して舗装内部の温度変化を図-15にプロットした。同図より、舗装表面の最高温度は 60°C を超え、最低温度は 30°C ほどであり、1日の表面温度差は約 30°C である。また、深さ方向の温度変化は表面から 1m 以内である。

(7) 1年間に亘る舗装内部の日最高温度

上節では1日に温度が変化する範囲は舗装表面から 1m を超えないことが明らかになった、そこで 10年間

以上の温度解析の中から2007年の解析結果を図-16に図示した。同図は深さ2m, 4m, 6mにおける温度変化を表している。同図より、2mの深さでは最低温度が3月2日、最高温度が9月1日に発生している。4mの深さでは最低温度が4月20日、最高温度が10月20日、6mの深さでは最低温度が5月19日、最高温度が11月18日に発生している。舗装表面温度は通常梅雨明けの7月末から8月はじめ頃に1年間で最高温度に達成することを考えると、深くなるほど最高温度の位相差が大きいたことが明らかになった。また、1年のスパンで考えると、舗装内部の温度変化は6m以上の深さでも生じている。

5. まとめ

本研究は冬期と夏期で実験を行い、3次元超音波風速計から測定された風速と気象データを用いて舗装表面の熱伝達率、風速について検討を行った。その結果を要約すると以下ようになる。

- (1) 渦相関法で求めた熱伝達率と Australian 式では舗装温度解析で求めた舗装表面温度が非常に類似している。
- (2) 温度解析を行うときに、設置高さ1mの風速を用いるのが一番良い。
- (3) 気象庁データの風速を高さ1mの風速に変換すると、舗装表面温度は5°C近く異なることがわかった。また、風速を変換して解析を行った舗装表面温度は、60°C近くになるので、気象庁データで温度解析を行う場合、風速を変換したほうが良いことが明らかになった。
- (4) 舗装内部の温度変化は1日で表面から1m程度までである。
- (5) 1年間で起こる舗装内部の温度変化は6mの深さでも生じており、最高温度、最低温度は深くなればなるほど位相が遅れる。

謝辞

本研究で用いている試験舗装は(株)NIPPOの提供を受けた。また、(株)エコロードコンサルタントには、長期に亘り3次元超音波風速計をお借りした。ここに謝意を表します。なお、本研究は東京電機大学総合研究所研究(課題番号:Q07E-06)として行ったものである。

参考文献

- 1) 気象庁：ヒートアイランド監視報告(平成19年冬・夏—関東・近畿地方), 平成20年5月
- 2) 近藤純正：地表面に近い大気の科学—理解と応用—, 東京大学出版会, 2000.9
- 3) 福田裕子, 吉中保, 松井邦人：数値シミュレーションに基づく密粒度及び遮熱性(灰)舗装の表面温度予測システムの構築, 舗装, Vol.43 No.4, pp3-8, 2008
- 4) 小沼幸訓, 吉中保, 藤波潔, 松井邦人：鳩山試験サイトで観測した気象データを用いた大気放射モデルの検証, 土木学会舗装工学論文集, 第11巻, pp.59-66, 2006.12.
- 5) 小笠原岳, 金森博, 近藤靖史：クールペイブメントによるヒートアイランド緩和効果(その1)夏季実測と熱収支解析による顕熱削減量の検討, 30019, 第27回道路会議CD, 2007.10.
- 6) 小笠原岳, 金森博, 近藤靖史：クールペイブメントによるヒートアイランド緩和効果(その2)標準気象データに基づく全国各地における顕熱削減量の推定, 30020, 第27回道路会議, 2007.10.
- 7) 椎名貴快：輻射熱の影響を考慮した土木構造物の温度解析, 平成9年度 東京電機大学大学院 理工学研究科 建設工専攻, 修士課程研究論文, 1998.3.
- 8) 椎名貴快, 地上気象データを用いたアスファルト舗装の内部温度の推定, 土木学会舗装工学論文集, 第2巻, pp.105-112, 1997.12.
- 9) ASHRAE Handbook, HVAC Systems and Applications, 1987.
- 10) Sheridan, N. R. : Solar heating systems for swimming pools, Australian Standard A53624, 1989.

EXAMINATION OF SENSIBLE HEAT TRANSFER MODEL FOR PAVEMENT TEMPERATURE PREDICTION SYSTEM

Yuko FUKUDA, Kazuhisa EGAWA and Kunihito MATSUI

Development of pavement to mitigate heat island effect has been strongly requested in recent years and its effectiveness is verified experimentally by comparing with surface temperature of dense asphalt concrete pavement. It is also important for design, maintenance and rehabilitation because pavement stiffness greatly depends on its temperature change. Under such circumstances reliable pavement temperature prediction system has been sought.

The objective of this study is to develop the system to develop pavement temperature using meteorological data along with thermal properties of pavement. Accuracy of the system has been confirmed by comparing predicted with observed temperatures.