

車両下の路面雪氷層の融解に関する一考察

福井大学大学院工学研究科

正会員 ○藤本 明宏

福井大学大学院工学研究科

学生会員 齊田 光

福井大学大学院工学研究科

正会員 福原 輝幸

1. はじめに

冬期夜間、信号待ち車両のある交差点の路面温度は車両の熱的影響(車両熱)により周辺の路面温度と比べて高くなることがある。実際に一般国道 416 号の交差点で撮影した熱画像(図 1)では、信号待ち車両のある車線の路面温度は、信号待ち車両のないそれよりも 2 ～3℃高い。このように車両熱は気象や交通条件によっては、路面温度に対して無視し難い因子になりえる。

これまでに筆者らは、冬期道路の安全性向上と冬期道路管理の適正化を目的に、車両熱を考慮した熱収支路面温度モデルを構築した¹⁾。また、路面雪氷層の熱収支と固(氷)－液－気相の質量(体積)収支による熱・水分収支路面雪氷状態モデルを構築し、室内レベルでモデルの妥当性を検証した²⁾。

本研究では、車両底面からの輻射熱(車両輻射熱)を考慮した熱・水分収支路面雪氷状態モデルの開発を目的として、車両輻射熱による路面融雪実験を実施したので、結果の一部をここに紹介する。

2. 車両輻射熱による路面融雪実験

図 2 は、2011 年 1 月 27 日 21:00 から翌日 3:00 に亘り、福井大学文京キャンパス構内のアスファルト舗装で実施した車両輻射熱による路面融雪実験の概要図である。実験は次の手順で行った。(i)初期の雪氷厚さ z_s (m)および雪氷密度 ρ_s (kg/m³)を測定する、(ii)車両をアイドリング状態で融雪実験区域(図中の破線に囲まれたエリア＝車両停止区域)に停止させる、(iii)1 時間おきに車両を融雪実験区域から移動させ、 z_s および ρ_s を測定し、路面雪氷状態を撮影する。 z_s および ρ_s は図中に示す車両の前部(m.p.-F)、中部(m.p.-M)および後部(m.p.-R)の地点で、ノギスおよび円管サンプラーでそれぞれ測定した。気温および大気相対湿度は温湿度計(HMP45, Vaisala 製)で、風速は風向風速計(Weather wizard III, DAVIS 製)で、天空放射熱フラックスは放射収支計(CNR1, Kipp & Zonen 製)で、それぞれ 1 分

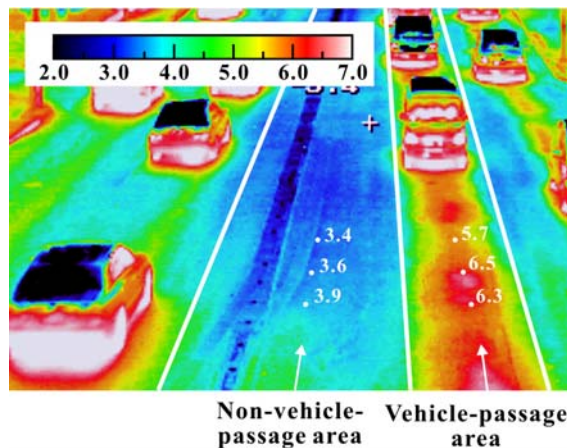


図 1 路面温度分布
(一般国道 416 号, 2009/12/29 21:00)

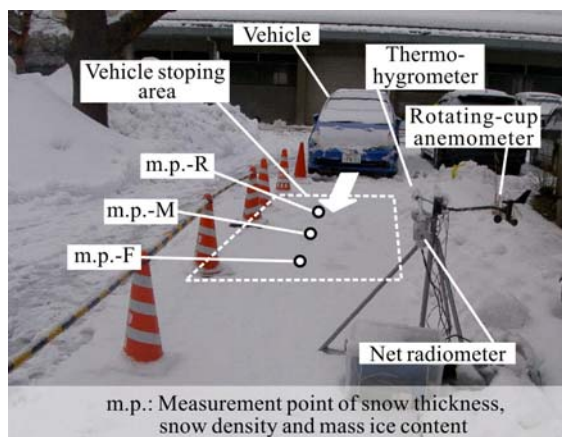


図 2 実験概要図

毎に測定した。累計積雪量は、車両の影響を受けない場所で降雪板を用いて 1 時間毎に測定した。車両底面温度 T_v (℃)は、適宜サーモグラフより求めた。

3. 実験結果

3.1 気象条件

気温は約 0℃、相対湿度は約 90%、天空放射熱フラックスは約 310 W/m²で大きな変化はなかった。また実験の間、断続的な降雪があり、累計積雪量は時間とともに増大し、実験終了 3:00 に 61 mm となった。

キーワード : 車両底面温度, 車両熱, 路面雪氷状態, 冬期道路

連絡先 : 〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部建築建設工学科環境熱・水理研究室 Tel:0776-27-8595

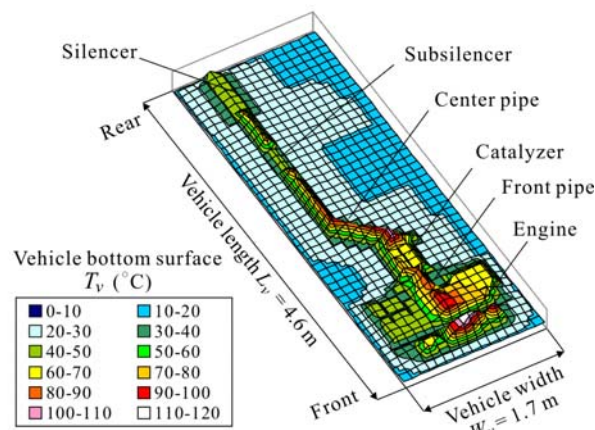


図3 車両底面温度の空間分布

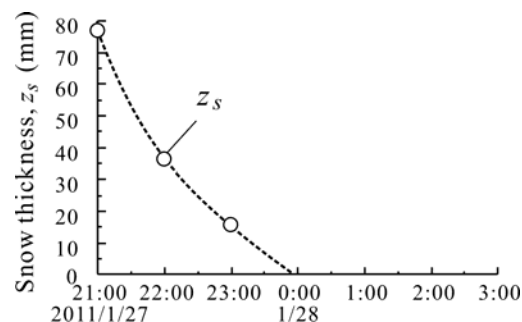


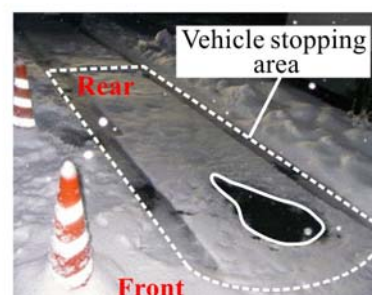
図4 雪氷厚の時間変化(m.p.-F)



(a) 2011/1/27 21:00



(b) 2011/1/27 22:00



(c) 2011/1/27 23:00

図5 路面積雪・融雪状況

3.2 車両底面温度

図3は車両底面温度 T_v (°C) の空間分布を示す。 T_v は 110~120°C のエンジン部で最も高く、エキゾーストマニホールド→フロントパイプ→キャタライザー→センターパイプ→マフラーといった排気ガスの通過経路に沿って 60~100°C 程度で著しく高い。しかしながら、排気ガスの通過経路から離れるにつれて低下し、車両中部から後部の大部分で 10~30°C 程度であった。なお、 T_v の平均 30.8°C、車両底面の射出率を 0.90 と仮定すると、車両輻射熱フラックスは 436 W/m² となり、実験期間中の天空放射熱フラックス (約 310 W/m²) より約 40% 大きい。

3.3 路面雪氷状態

図4は m.p.-F における雪氷厚 z_s の時間変化を示す。 z_s は車両輻射熱フラックスにより、21:00 (実験開始) の 77 mm から 1 時間後 36 mm、2 時間後 16 mm に低下し、1/28 0:00 までに完全に融解した。本論文に示していないが、この融解により ρ_s は実験開始の 169 kg/m³ から 2 時間後 (23:00) の 398 kg/m³ に増大した。

図-5(a)~(c)は路面積雪・融雪状況の時間変化を写真で示す。図中の破線内は融雪実験区域を、実線内は舗装の露出面 (乾燥, 湿潤, 黒シャーベット状態の路面)

である。実験開始の路面は一様な積雪状態であった (図-5(a) 参照)。1 時間経過後 (22:00), 積雪に凹凸 (融解) が現れ、車両前部中央付近には露出面が認められる (図-5(b) 参照)。露出面は時間とともに拡大した。図-5(c) に示す 2 時間後 (23:00) の露出面形状は図-3 の 60°C 以上の T_v 分布と類する形になった。

4. おわりに

車両輻射熱フラックスは路面雪氷層を融解させ、特に車両前部付近では 1 時間程度で約 80 mm の融解があり、アスファルトが露出した。今後は車両輻射熱フラックスを組み込んだ熱・水分収支路面雪氷状態モデルを構築し、本実験結果との比較からモデルの妥当性を検証する。なお、本研究は科学研究費補助金の交付を受けて行った。

参考文献

- 1) 藤本明宏, 渡邊洋, 福原輝幸: 車両熱のモデリングと乾燥路面温度への影響評価, 土木学会論文集, Vol. 63, No. 2, 2007, pp. 250-261.
- 2) 藤本明宏, 渡邊洋, 福原輝幸: 輻射-透過を伴う路面薄雪氷層の融解解析, 土木学会論文集, Vol. 63, No. 2, 2007, pp. 156-165.