

冬期道路の走行性評価技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地交通チーム、雪氷チーム、寒地道路保全
チーム、寒地機械技術チーム

研究担当者：高橋尚人、丸山記美雄、徳永ロベルト、
金子学、安倍隆二、住田則行、川端優一、
切石亮、藤本明宏、武知洋太、大上哲也、
小宮山一重、三浦豪

【要旨】

積雪寒冷な地域では、冬期における路肩堆雪による道路幅員の減少、路面凍結による路面すべり抵抗値の低下、積雪による路面凹凸、吹雪時の視程障害等によって走行環境が悪化し、冬期旅行速度の低下、冬型事故の発生等の道路交通特性が悪化するとともに道路利用者の満足度が低下している。近年の財政的制約の中、効率的に冬期道路管理事業を進めかつ道路利用者の満足度向上を図るためには、冬期の走行環境の計測・技術の開発、冬期の走行環境が走行性に与える影響を評価するための技術開発が必要である。

本研究では、冬期道路の走行環境が走行性（運転挙動、利用者満足度等）に与える影響を評価するため、冬期道路状態（路面状態、平坦性、道路幅員、視認性、除雪レベル等による走行抵抗）の計測技術、道路利用者の視点を考慮した走行環境の評価技術の開発に取り組み、道路利用者満足度の向上及びより効果的・効率的な雪寒道路対策の実施に資することとする。本報では、平成 24 年度の研究進展状況について報告する。

キーワード：冬期道路、走行環境、走行性、運転挙動、利用者満足度、評価技術

1. はじめに

積雪寒冷な地域では、冬期の降雪及び低温によって路肩堆雪（雪山）による道路幅員の減少、凍結による路面のすべり抵抗値低下、路面の凹凸、吹雪時の視程障害等によって道路の走行環境が悪化し、旅行速度の低下、冬型事故の発生等の交通問題が発生するとともに道路利用者の満足度が低下する。一方、平成 21 年に実施された行政刷新会議（事業仕分け）で「直轄国道の維持管理」について「少なくとも 10～20%程度の予算要求の縮減を行う」との方針が出された。除雪等の道路維持管理の水準が低下することによって、冬期道路の走行環境が更に悪化し、道路交通の安全性・円滑性・快適性の低下、道路利用者満足度の低下が懸念される。効率的に冬期道路管理事業を進め、道路利用者の満足度を向上させるため、冬期の走行環境の計測・技術の開発、冬期の走行環境が走行性（運転挙動と道路利用者の満足度）に与える影響を評価するための技術開発が必要である。

以上のことから、本研究では積雪寒冷地における冬期道路の走行環境が走行性（運転挙動と利用者満足度）に

与える影響を評価するため、冬期道路状態（路面状態、平坦性、道路幅員、除雪レベル等による走行抵抗）の計測技術、道路利用者の視点を考慮した走行環境の評価技術の開発に取り組み、道路利用者満足度の向上、より効果的・効率的な雪寒道路対策の実現に資するものである。

2. 研究実施内容

平成 24 年度は、以下の事項について取り組んだ。

- ① 走行環境の測定・評価方法に関する検討
- ② 冬期走行環境が走行性に与える影響評価手法に関する試験

3. 走行環境の測定・評価方法に関する検討

3.1 路肩の雪提形状の測定技術に関する検討

走行環境のうち道路の有効幅員（写真-1）は、幅員の減少により渋滞が生じる等、冬期交通（旅行速度）に大きく影響する要因の一つである。また、有効幅員と旅行速度との関係を把握することにより、旅行速度に著しく影響する前に必要な幅員を確保する等効率的な維持管理

の計画・実施に資することが期待される。しかし、道路の有効幅員はパトロール時において目視で確認されているのが現状であり、定量的な把握は行われていない。このことから、本研究では効率的な道路有効幅員の計測手法について検討した。なお、実際の計測にあたっては、雪堤（堆雪）等の形状を測定することにより、雪堤間の道路有効幅員を把握することとした。

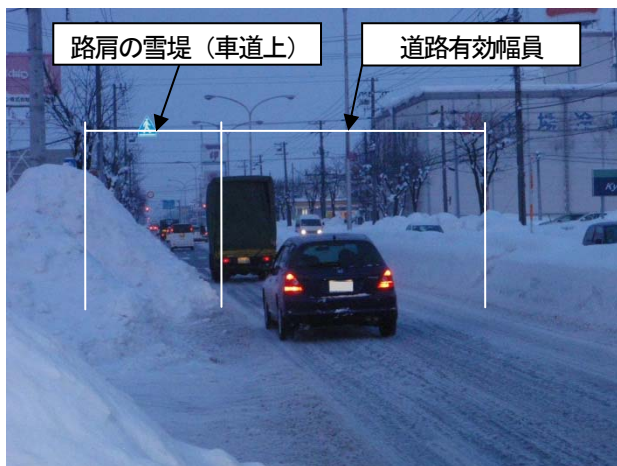


写真-1 道路有効幅員と路肩の雪堤

3.1.1 測定技術の必要条件とシステムの概要

測定技術の検討にあたっては、定量的な測定結果が得られるほか、安全性、効率性及び経済性についても考慮しなければならない。

具体的には、①測定員による車道上もしくは車道脇での測定は行わない（安全性）、②測定員以外の機器等による車道上もしくは車道脇での測定であっても、一般交通に対する影響を最小限に抑える（安全性）、③測定対象である雪堤形状は、日々の降雪や除雪により刻々と変化するため、測定及び解析が速やかに行える（効率性、経済性）という3つの必要条件を設定した。これらの必要条件を基に道路有効幅員計測システムを構築した。道路有効幅員の計測イメージを図-1に、計測システムの構成を図-2に、計測結果表示画面を図-3に示す。

測定機器には、雪の計測実績があり^{1),2)}比較的に安価でシンプルなシステム構成が可能な「レーザースキャナー」を採用した。これにより道路横断をプロファイルする。また、「GPSセンサー」を用いて測定位置、時間及び走行速度のデータを取得するほか、「WEBカメラ」により測定箇所の道路状況を撮影する。撮影した画像は、レーザースキャナーによるプロファイルデータと比較することで、計測結果を視覚的に検証することができる。これら各装置の他、

計測用ソフトウェアを搭載した端末など全ての機器を車載し、走行しながら連続して計測することにより、一般交通に対する影響を最小限に抑えることができ、安全で効率的な計測が可能になる。

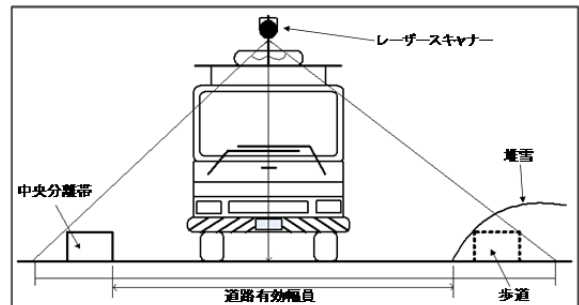


図-1 道路有効幅員の計測イメージ

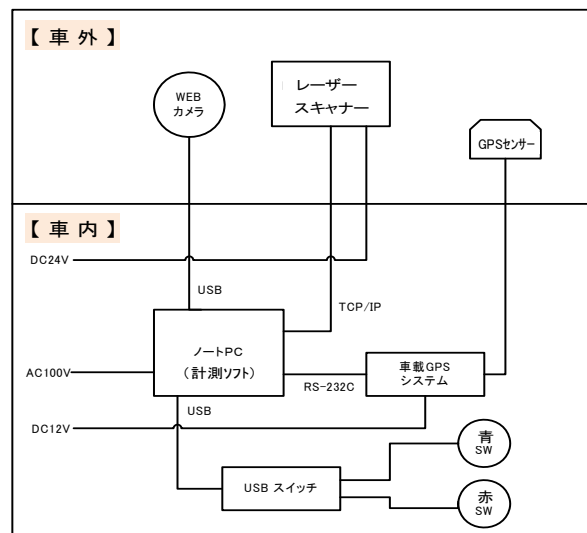


図-2 計測システムの構成

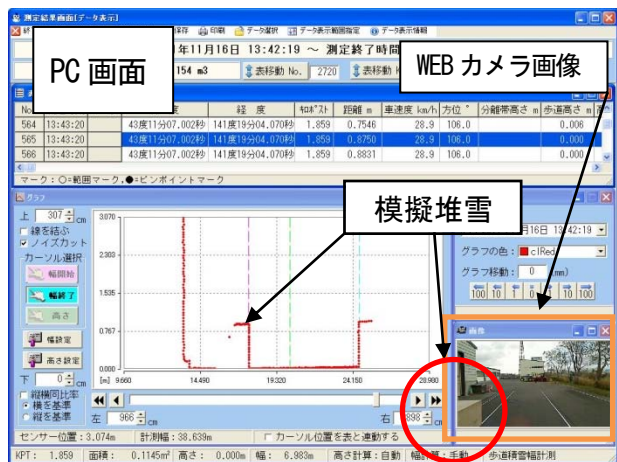


図-3 計測結果表示画面

3.1.2 計測システムの改良

解析の効率化を目的に、構築したシステムの改良を行った。

(1) データのマーキング機能

計測中に端末に接続した青及び赤ボタンを押すことにより、任意の計測データをマークするマーキング機能を追加した。なお、青ボタンはピンポイントデータをマークするのに対し、赤ボタンは範囲データをマークする。上記機能により、例えば、目印となる計測ポイントを通り過ぎる時にマークすることで解析時のデータ検索が容易になるほか、渋滞や路上駐車などにより正常な計測が不可能な範囲をマークすることで解析範囲を明確化することが可能になった。

(2) プロファイルデータ重ね合わせ表示機能

道路有効幅員の計測結果表示画面において、最大5つのプロファイルデータ（グラフ）を重ね合わせて表示する機能を追加した。当該表示機能によって、同じ地点を継続的に計測することで、時間経過に伴う道路有効幅員等の変化を視覚的に確認することが可能になった。

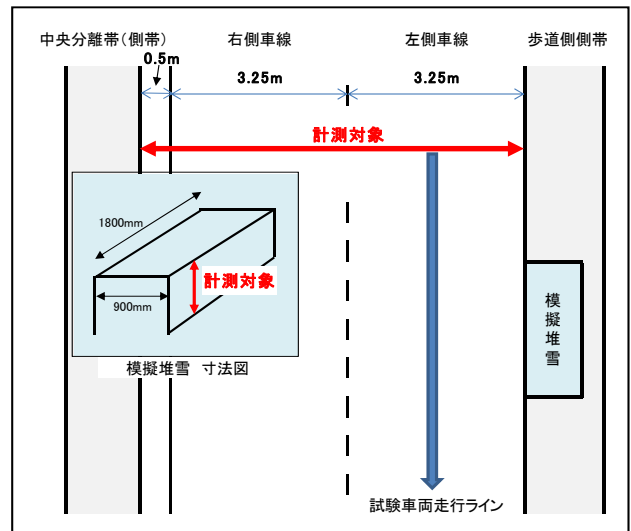


図-4 模擬道路及び模擬堆雪の設置状況

3.1.3 精度確認試験

計測速度の違いによる計測精度への影響を確認するため、車両停止状態を含む3条件の速度で計測した。なお、実際の計測条件に近づけるため、合板製の模擬堆雪の表面に水で湿らせた雪を付着させた。

(1) 試験方法

試験は、構内に片側2車線の車道及び側帯を描画し、その歩道側の側帯に、形状寸法が明確である合板製の模擬堆雪を設置した模擬道路で行った。この模擬道路の有効幅員と模擬堆雪高さを計測の対象とし、試験車両に車載した計測システムによる計測結果とメジャーを用いて計測した実測値を比較した。なお、走行路面の一部が凍結していたことから、計測速度は30km/hを上限とした。模擬道路及び模擬堆雪の設置状況を図-4に、試験状況を写真-2に示す。

(2) 試験結果

計測結果の一覧を表-1に示す。

道路有効幅員の計測では、計測速度10km/hまでは15mm以下の計測誤差であったが、計測速度30km/hでは最大35mmの誤差を確認した。

計測速度（車両走行速度）の増加に伴い誤差が大きくなった原因としては、路面の不陸等による車両振動により低速時に比べてレーザースキャナーの設置高さが変化したこと、また、本システムではプロファイルデータを



写真-2 試験状況（雪を付着させた模擬堆雪での精度試験）

表-1 精度確認試験の結果

計測速度	試験No	データ数量*1	実速度(km/h)	道路有効幅員			模擬堆雪高さ		
				実測値(mm)	計測値(mm)	誤差(mm)	実測値(mm)	計測値(mm)	誤差(mm)
0km/h	1回目	10	0.0	7,015	7,024	9	956	922	-34
	2回目	10	0.0		7,022	7		918	-38
	3回目	10	0.0		7,028	13		918	-38
	平均誤差(絶対値)		—	—	—	—	—	—	37
	最大誤差(絶対値)		—	—	—	—	—	—	38
10km/h	1回目	5	9.6	7,015	7,030	15	956	925	-31
	2回目	4	9.3		7,017	2		914	-42
	3回目	5	11.4		7,013	-2		923	-33
	平均誤差(絶対値)		—	—	—	—	—	—	35
	最大誤差(絶対値)		—	—	—	—	—	—	42
30km/h	1回目	1	28.4	7,015	7,009	-6	956	933	-23
	2回目	2	30.2		7,015	0		921	-35
	3回目	2	29.6		7,050	35		921	-35
	平均誤差(絶対値)		—	—	—	—	—	—	31
	最大誤差(絶対値)		—	—	—	—	—	—	35

*1：レーザースキャナーが計測対象物をプロファイルした回数

一定時間間隔でサンプリングすることから、走行距離あたりの計測データ量が減少したことが考えられる。

次に、模擬堆雪高さの計測では、車両停止状態を含む全ての計測速度において、30mm～40mm程度の誤差を確認した。しかし、車両停止状態では各計測値の差が最大4mmであるなど各計測値の分散が小さいことから、計測条件の初期設定などが計測誤差の要因として考えられる。

以上の結果から、本システムによる計測では、計測速度の増加に伴い計測誤差が大きくなる傾向を確認したが、最大の誤差率（誤差35mm/実測値7,015mm）でも0.5%であることから、実用には十分に耐えられると考えられる。



写真-3 シャシダイナモメータでの試験状況

3.2 除雪レベルの違いによる走行抵抗の測定・評価方法に関する検討

3.2.1 平成24年度の実施概要

路面に残留した積雪や踏み固められた雪氷が、車両の燃料消費率や走行抵抗および乗り心地にどのような影響を及ぼすのかを、屋内の車両走行装置および苫小牧寒地試験道路の周回路において基礎的な実験によって検討した。

3.2.2 実験方法

(1) シャシダイナモメータ上での燃料消費率測定方法

今回の実験では、一般乗用車に燃料流量計の設置が困難であったため、一般乗用車の燃料消費率を把握するために、苫小牧寒地試験道路において惰行法で測定した走行抵抗をシャシダイナモメータに設定し、車載されている燃費メータによって一定時間走行中の燃料消費率を測定する手法について検証した。シャシダイナモメータは、北海道自動車短期大学のご協力を仰ぎ、同校の設備を借用した。シャシダイナモメータでの測定状況を写真-3に、装置の緒元を表-2に示す。

なお、走行抵抗とは、車両が走行するときに進行方向の反対方向に作用する力の総和であり、一般的には式(1)に示すように転がり抵抗、空気抵抗、勾配抵抗、加速抵抗の4要素からなる。本試験では、シャシダイナモメータに設定する走行抵抗値は、全走行抵抗の値を用いた。

$$\text{全走行抵抗 } R = R_r + R_a + R_c + R_s \quad (1)$$

ここで、R: 全走行抵抗(kN)、R_r:転がり抵抗、R_a:空気抵抗、R_c:勾配抵抗およびR_s:加速抵抗である。

表-2 シャシダイナモメータの緒元

型式	自動車安全 CD-300AM
最大速度	200km/h
許容軸重	1500kg(車両重量2,500kg)
ローラ径等	φ370mm×850mm×4本 2式
ホイールベース	2,400～3,000mm
備考	4輪駆動対応

(2) 車両の走行に伴う圧雪路面の変化観測試験方法

積雪路面は除雪をせずに放置するとやがて踏み固められて平坦な圧雪路面が形成され、さらにその後、凸凹な雪氷路面に推移すると予想される。つまり、積雪路面や雪氷路面といっても、時間経過に伴ってその路面の雪の状態は絶えず変化し、平坦性も変化する。平坦性が走行抵抗や燃費に影響を及ぼすことが前年度の調査で確認されているため、積雪を放置した路面が車両の走行に伴ってどのように平坦性が悪化するのかを把握することを目的とした試験を行った。

試験方法としては、苫小牧寒地試験道路周回路の直線区間において、5cm厚の圧雪路面を500m作成し、そこを10t積載したダンプトラックを走行させて、50台通過ごとに350台通過まで平坦性IRIの計測と路面状況の観察を行った。

3.2.3 実験結果

(1) シャシダイナモメータ上での燃料消費率測定結果

シャシダイナモメータに、苫小牧寒地試験道路において惰行法で測定した走行抵抗を設定し、一定時間走行させた時の燃料消費率測定結果を図-5に示す。走行抵抗値が増加するにつれ、燃料消費率は低下する傾向を示すことが確認された。また、燃料消費率は走行速度の関数でもあることが読み取れる。シャシダイナモメータの走行抵抗値を変化させることで、様々な路面の走行抵抗にお

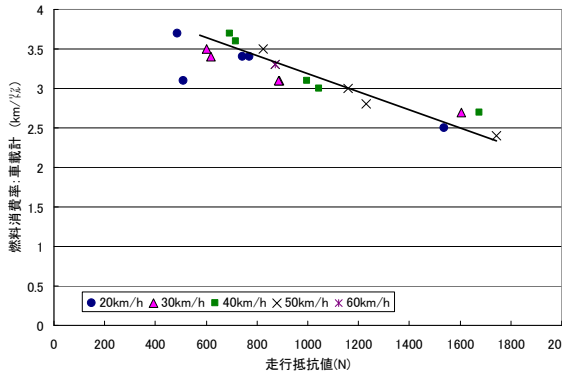


図-5 走行抵抗設定値と車載燃費計による燃費の関係

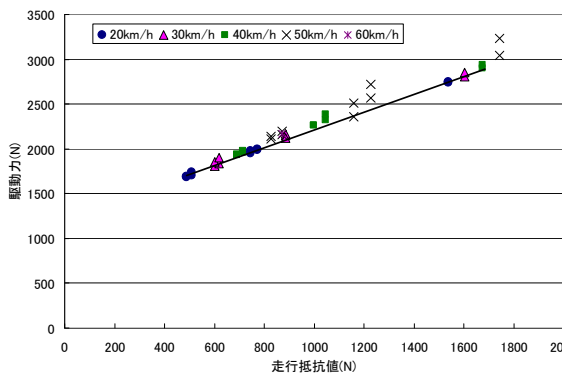


図-6 走行抵抗値と駆動力の関係

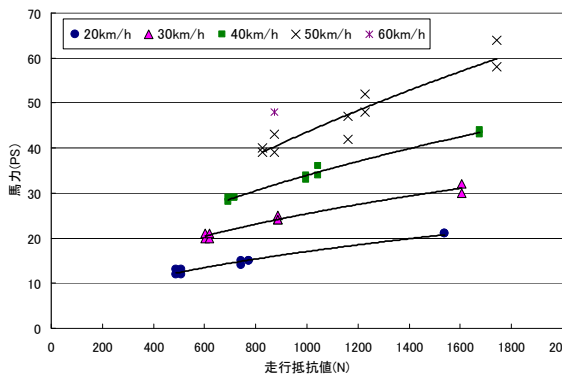


図-7 走行抵抗値と馬力の関係

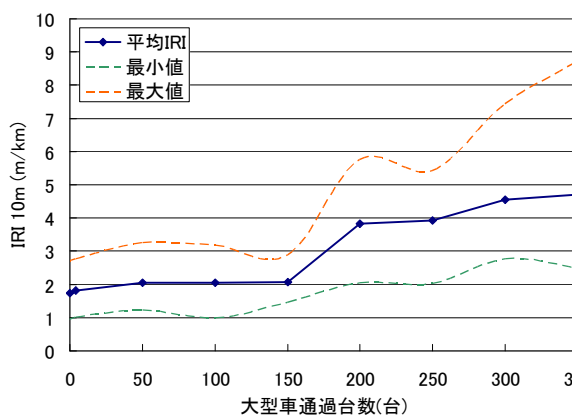


図-8 圧雪路面の平坦性の悪化状況

なお、車載メータによる燃料消費率の値については、燃料流量計もしくはカーボンバランス法などによって測定した結果と比較する必要があり、今後検証を進めていく必要がある。また、本試験では、全走行抵抗を走行抵抗値としてシャンダイナモメータに設定して試験を行ったが、実際の路面よりも燃費が悪く測定された可能性があり、走行抵抗値の設定方法についても検討の余地が残る。

図-6には走行抵抗値と駆動力の関係を、図-7には走行抵抗値と馬力の関係を示した。走行抵抗値が増加するにつれ、駆動力と馬力が大きくなる傾向を示すことが確認された。

(2) 車両の走行に伴う圧雪路面の変化観測試験結果

5cm厚の圧雪路面上を10t積載したダンプトラックを走行させて、50台通過ごとに350台通過まで平坦性IRIを計測した結果を図-8に示す。車両の通過台数が増えるに伴って、IRIの値が大きくなって路面は凹凸が激しくなることが分かる。ダンプトラックが350台通過した後の路面状況を写真-4、写真-5に示すが、そろばん道路といわれるようなコブ状の凹凸がタイヤ走行部にできており、車両の通過台数が多くなるにつれてその凹凸が激しくなる様子がみられ、平坦性や乗り心地が悪化している状況が目視でも確認できた。なお、試験時の観察から、



写真-4 ダンプ走行350台通過後の路面状況



写真-5 コブ状の凹凸接写

走行台数の増加に加えて、気温の上昇に伴い圧雪が融けたためにコブ状の凹凸の形成が促された面があり、平坦性の悪化要因は走行台数だけとは考えていない。

以上のように、積雪路面を放置すると、最初は平坦な圧雪路面となりさほど平坦性は悪くない状態となるが、圧雪の融解や車両が走行するにつれて圧雪がコブ状の凹凸に変化し始め、そろばん道路と言われるような路面状態になり、平坦性や乗り心地が悪化するといえる。平坦性の悪化は、前年度の調査でも確認されたとおり燃料消費率の悪化に繋がる。除雪レベルの違いや、それによって生じる平坦性の違いを評価する場合には、車両走行や気象の変化に伴う雪氷路面の平坦性等の変化も考慮する必要があると考えられる。

3.3 冬期走行環境が走行性に与える影響評価手法に関する試験

冬期道路に対する道路利用者のニーズや満足度については、道路管理者等による世論調査や企業を対象とした除雪事業の改善点調査などの既往研究がある。しかし、路面のすべり易さを連続的かつ定量的に評価できる技術が無かったことから、路面のすべり易さなどの冬期路面状態を考慮して道路利用者のニーズや満足度を評価した研究は乏しい。

本研究では、冬期道路状態(路面すべり抵抗値、平坦性、車道幅員等)が運転者の運転挙動(走行速度、視線挙動、心拍数等)と主観(運転負担、満足度等)に及ぼす影響の評価を目的に、冬期道路において被験者による走行試験及びアンケート調査を実施した。

本報告では、平成24年度に実施した概要と主な結果について記述する。

3.3.1 試験概要

本研究では、平成25年2月5日から3月1日までの間の10日間に亘り札幌市内の一般国道230号(KP0.9~KP20.0の往復区間)で実施した走行試験と、平成25年2月12日(悪天候)と3月7日(好天候)の2日間において札幌市内及び近郊の一般国道231号(KP0.0~20.0の往復区間)で実施した走行試験に大別される。なお、両走行試験はともに9:00~12:00の時間帯に実施した。

図-9は、上記試験実施日の12時間降雪量(00:00~12:00)及び9:00~12:00の3時間平均気温を示す。

(1) 一般国道230号

一般国道230号の走行試験では、車両運動測定車(写真-6)及び連続路面すべり抵抗値測定装置(Continuous

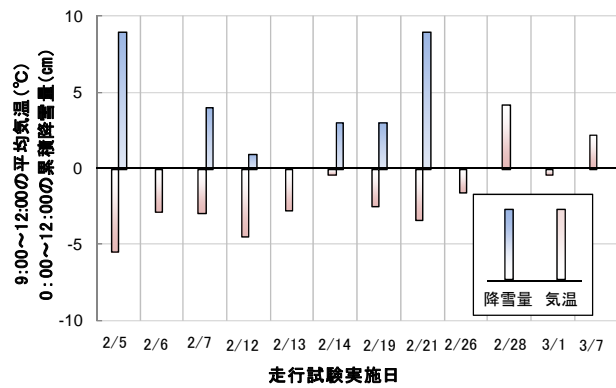


図-9 走行試験実施時の降雪量と平均気温

Friction Tester : CFT、写真-7) ⁸⁾ を用いた。車両運動測定車には、速度、加速度、移動距離等を計測する運転挙動計測用データロガー及びドライバーの視線挙動を計測する画像処理システムが搭載されている。CFTは、車両進行方向に対して測定輪に1~2°程度のトー角を与えることにより横方向に発生する力(横力)からすべり抵抗値を演算・出力する。このすべり抵抗値は、Halliday Friction Number (HFN) と呼ばれ、通常0~100の範囲で変化する。HFNと測定輪に掛かる横力には直線関係があり、測定輪に掛かる横力が低いほど、測定されるHFNも低くなる。

車両運動測定車を運転する被験者は、30歳代の運転免許所有者1名とした。なお、被験者の選定には年間走行距離5,000キロ以上、冬道運転経験者、裸眼運転可(眼鏡不可)等を選定条件とした。

被験者へのアンケート(走行時の印象)は、路線の地域条件を区別するため、試験区間を4区間に予め分け、各区間を走行直後に車内にてヒアリング形式で実施した。被験者は、走行区間における道路のすべりやすさ(直線・カーブ・坂道・交差点付近)、車の流れ、道幅、前方の見



写真-6 車両運動測定車



写真-7 連続路面すべり抵抗値測定装置 (CFT)



写真-8 合同走行試験に用いた車両



写真-9 簡易型 IRI 測定装置搭載車



写真-10 視程障害移動観測車

に関する満足度と「走りやすさ」及び「安心・安全」に関する総合満足度について5段階（全くそう思わない～非常にそう思う）で評価した。また、被験者へのアンケート調査を用いて、どの事項を優先的に改善することで満足度を高められるかを把握するために、CSポートフォリオ分析を行った。

(2) 一般国道 231 号

一般国道 231 号の走行試験では、冬期道路の走行環境が走行性に及ぼす影響の総合評価手法の提案に向けて、上記の一般国道 230 号の走行試験項目に加えて、車道幅員、路面の平坦性、視程の計測を実施した（写真-8）。

車道幅員は、本文の 3.1 に記述した試験車両を用いて計測した。また、路面の平坦性 (International Roughness Index : IRI) は、加速度計による簡易型 IRI 測定装置を搭載した車両を用いて計測した（写真-9）。IRI は、道路の平坦性や自動車の乗り心地を表す世界共通の指標である。更に、視程は前方散乱型視程計を搭載した視程障害移動観測車を用いて計測した（写真-10）。当該車両は、視程計の他、風速計等気象計器を搭載し、道路上を移動しながら精細な吹雪現象を計測できる車両として開発されたものである。上記の計測車両には、其々GPS が搭載されており測位及び衛星時刻により、車両同士の各種データを GIS 上で容易にマッチングすることが可能である。

3.3.2 試験結果（一般国道 230 号）

(1) 冬期道路管理レベルと路面のすべり抵抗値

図-10 は、すべり抵抗モニタリング結果の一例として 2 月 14 日（露出路面が多い日）及び 2 月 19 日（雪氷路面が多い日）におけるすべり抵抗値を路面の管理レベルが異なる都市部 (KP0.9～KP6.5) と郊外部 (KP15.5～KP20.0) に区別して示す。2 月 14 日は、都市部ですべり抵抗値 (HFN) の平均値 (平均 HFN) が 57.7、郊外部では平均 HFN が 56.4 を示した。一方、雪氷路面が多かった 2 月 19 日は、都市部では平均 HFN が 16.7、郊外部では平均 HFN が 43.3 であった。同図は、雪氷路面が発生した場合、同路線にも関わらず郊外部に比べて都市部で非常にすべりやすい路面状態になったことを示している。

図-11 に、(1) と同様に 2 月 14 日及び 2 月 19 日の路面状態が異なる日の都市部 (KP0.9～KP6.5) と郊外部 (KP15.5～KP20.0) における試験車両の区間速度を例として示す。露出路面状態が多かった 2 月 14 日と比較して、雪氷路面状態が多かった 2 月 19 日の区間平均速度は、都市部で 8.2km/h 低下、郊外部で 2.4km/h 低下した。2 月 19 日の区間平均速度の低下率は、都市部で 2 月 14 日の

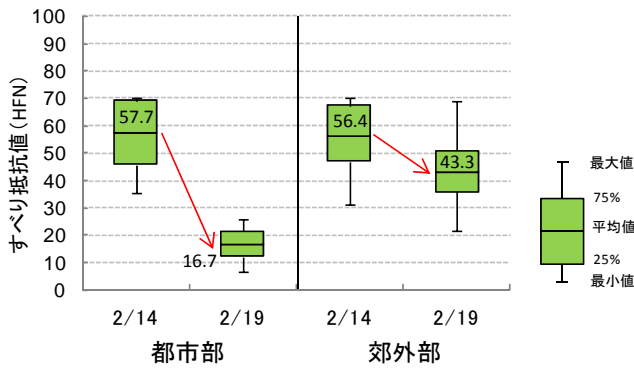


図-10 都市部・郊外部におけるHFNの変化

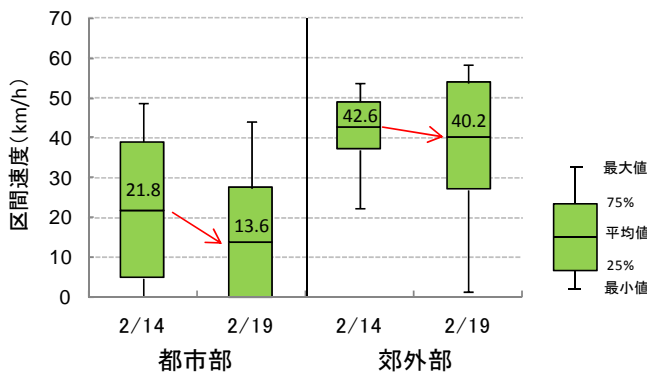


図-11 都市部・郊外部における区間速度

区間平均速度の62%及び郊外部で94%となり、各区間の交通量の違いや交通信号交差点数の違いによる影響も考えられるが、各区間におけるすべり抵抗値の低下の違いが各区間の走行速度の低下率に異なる影響を及ぼしたと考えられる。

(2) 冬期道路状態と運転挙動

被験者の視線挙動を計測した画像処理システムの記録データから、天候や路面状態の違いによる被験者の視線挙動について基礎的な分析を行った。本報では、一般国道230号郊外部(KP15.5~KP20.0)における平成25年2月21日(降雪あり・雪氷路面状態)及び3月1日(降雪なし・露出路面状態)の注視率の分析結果を例として示す(図-12及び図-13)。なお、被験者の注視率とは車内からの前方視野の一部(ビデオ画像)を25区画(5×5)に分け、郊外部走行時に各区画内を被験者が注視した割合を算出したものである。

平成25年2月21日(降雪あり・雪氷路面状態)における被験者の注視率は、殆どが中心の区画に集中(80%以上)した。一方、3月1日(降雪なし・露出路面状態)では、中心の区画への注視率は50%に留まり、他の区画にも分散する傾向が認められた。このことから、降雪や雪氷路面状態時においては前方車両等(前方中心部)に運

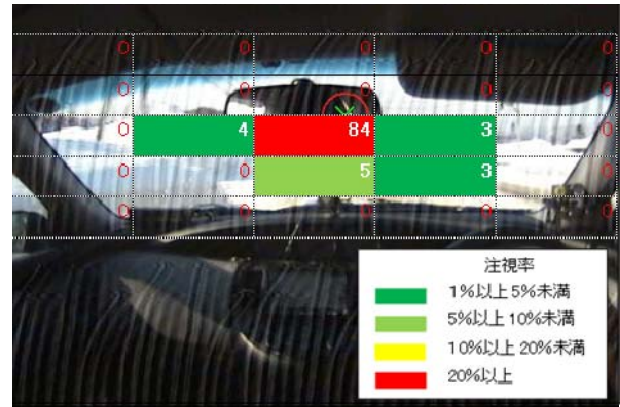


図-12 被験者の注視率(平成25年2月21)

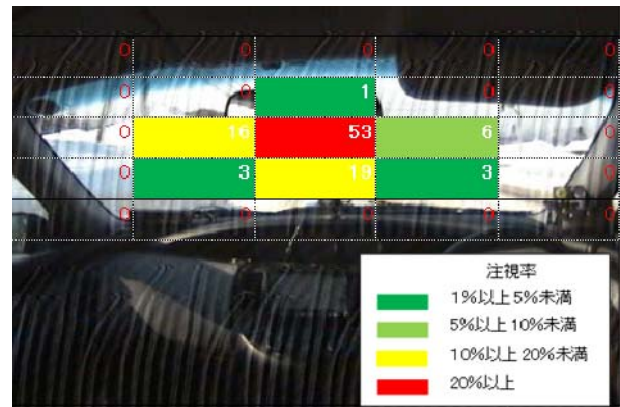


図-13 被験者の注視率(平成25年3月1日)

転者の視線が集中し、路肩等沿道状況の把握・認知が散漫になっている可能性が考えられる。

以上のように、被験者の注視率は路面状態や気象条件によって異なることが分かった。今後、被験者による走行試験を引き続き行い、冬期道路の各条件下における視線挙動の再現性や被験者の個人差について調べることで、注視率は冬期走行環境における走行性の有用な一評価指標として活用が期待できる。

(3) 冬期走行環境の満足度

図-14及び図-15に、一般国道230号における都市部(KP0.9~KP6.5)と郊外部(KP15.5~KP20.0)のCSポートフォリオ分析の結果を例として示す。CSポートフォリオ分析は、顧客満足度(CS: Customer Satisfaction)から改善項目の優先度を検討する手法で、主にマーケティング分野で用いられる。CSポートフォリオ分析では、縦軸を満足度、横軸を重要度とする散布図(CSグラフ)を作成する。CSグラフは、①重要度が高いが満足度が低く重点的に改善すべき分野(重点改善分野)、②重要度は低いが満足度も低いため改善が望まれる分野(改善分野)、③重要度も満足度も高く重点的に維持すべき分野(重点維持分野)および④重要度が低いが満足度が高く現状維

持が望ましい分野（維持分野）、の4つの分野に分割される。CSポートフォリオ分析によって、顧客のニーズを測り、改善項目を定量的、視覚的に把握することが可能である。横軸の重要度は、設問の中で満足度と同様に重要度を質問しその平均値を用いてプロットする場合と総合満足度と各指標の満足度の偏相関係数を使用する場合がある。本研究では、上記事項の各満足度と「走りやすさ」及び「安心・安全」の総合満足度の偏相関係数を使用することとした。

都市部では、「路面の平坦性」、「道幅」、「車の流れ」及び「見通し」の順で満足度が低かつ重要度が高い重点改善分野にプロットされた。都市部では路面の凹凸による乗り心地の悪さや道幅の狭さが被験者の満足度を低下させ、重要で改善が必要な項目として評価したと考えられる。一方、郊外部では殆どの項目に対する重要度・満足度が高く改善を要する項目は認められなかった。

3.3.3 試験結果（一般国道231号）

図-16は、一般国道231号（KP0.0～KP20.0）の走行試験の結果であり、平成25年2月12日（悪天候）と3月7日（好天候）のHFN、車道幅員、IRI、視程及び走行速度の平均を都市部から郊外部に向けて、区間1（KP0.0～KP3.0）、区間2（KP3.0～KP7.0）、区間3（KP7.0～KP11.5）、区間4（KP11.5～KP15.3）及び区間5（KP15.3～KP20.0）の5つの区間に分けて表している。

2月12日と3月7日の平均HFNは、区間1を除いて前者が後者に比べ低く、3月7日の路面状態は2月12日の路面状態に比べて良好であった。但し、2月12日の平均HFNは40を上回っており、冬期特有の非常にすべりやすい路面状態ではなかった。

車道幅員の2日間における計測結果は、区間1（都市部・片側3車線区間）で悪天候時に9.1m、好天候時に9.9m及び区間5（郊外部・両側2車線区間）で悪天候時に7.5m及び好天候時に8.3mとなり、2月12日比べて3月7日の車道幅員が広がっていた。その他の区間では、両日間に著しい差は認められなかった。

IRIの計測結果は、2日間ともに区間1から区間5に向かってIRIが2.8～1.6の間で推移し、HFNのように悪天候・好天候間で著しい差は認められなかった。

視程の計測結果は、3月7日（好天候）の場合、路線の全区間において視程が1,000m以上であった。一方、降雪があった2月12日（悪天候）の視程は区間3～5で最大370m（区間4）まで低下した。

2月12日（悪天候）と3月7日（好天候）の2日間に

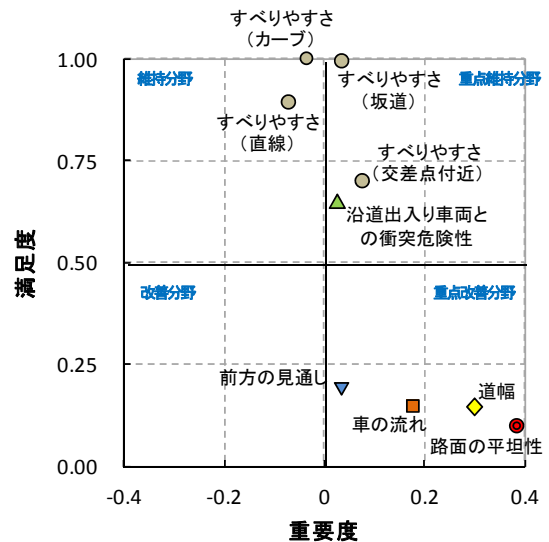


図-14 CSポートフォリオ分析結果（都市部）

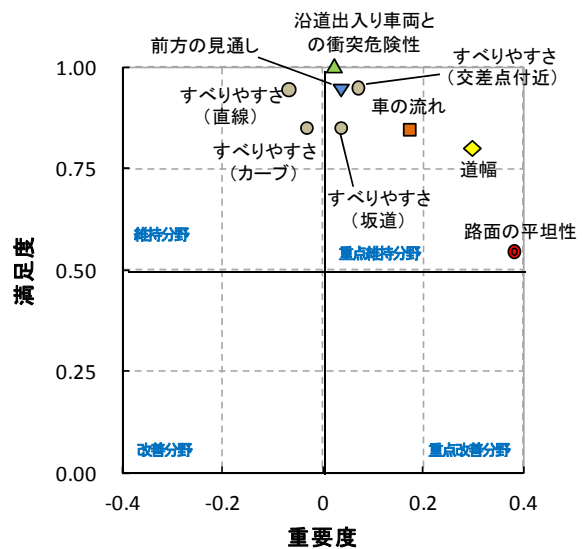


図-15 CSポートフォリオ分析結果（郊外部）

における当該路線の区間平均速度は、好天候時に比べ悪天候時の速度が5～10km/h程度低下した。また、都市部を通過する区間1における2日間の区間速度は全区間の中で最も低く両日ともに35km/hを下回った。

以上、今回は走行日数が2日間と少なく、冬期道路環境（HFN、IRI、視程、車道幅員）が走行性（例えば走行速度）に及ぼす影響を定量的に分析するに至らなかった。今後、データの蓄積に努め、複数の冬期道路環境因子の相互関係、および走行性に及ぼす影響について路線特性（気象、地形、道路構造等）を踏まえて一体的に評価することで、任意の路線における適切な対策技術の選択とその効果を検討することが可能になると考える。

4. まとめ

路肩の雪堤形状の測定技術について、安全で効率的な道路有効幅員の計測手法の確立を目的に、構築したレーザー扫描仪を用いた計測システムを改良し、精度確認試験を行った。この結果、計測速度及び計測対象物の違いによる計測精度への影響について確認することができた。今後は、現場での実用性を確認する路上試験を行うほか、解析の効率化など、より実用的な計測システムに向けた改良を行う予定である。

シャシダイナモメータを用いた測定方法によって、様々な路面の走行抵抗における燃料消費率を把握できる可能性が示された。また、路面に雪氷が存在する場合には、車両の通過台数の増加や気象の影響を受けて雪氷路面は凹凸が激しくなり平坦性が悪化する傾向を示すことが確認された。除雪レベルの違いによって生じる走行抵抗の違いや、平坦性の違いを評価する場合には、車両走行や気象の影響による雪氷路面の経時的な変化も考慮する必要があると考えられる。

過年度に引続き、冬期道路の走行環境下において冬期の道路状況の計測と被験者走行試験を実施し、冬期走行環境がドライバーの運転挙動や主観に及ぼす影響について調べた。道路状況の計測では、連続路面すべり抵抗値測定装置を用いて異なる地点の路面を連続的に測定することで、試験実施時の路面のすべりやすさを定量的に評価した。また、車道幅員、路面の平坦性、視程の計測も合同で実施した。合同試験は、走行日数が2日間と少なくまた分析手法も基礎的ではあるが、路面のすべり抵抗値、平坦性、視程、車道幅員等の変動による冬期走行環境が走行性に及ぼす影響を一体として評価可能であることを確認した。被験者による走行試験の結果からは、冬期の走行環境が与える運転挙動の変化、道路利用者の満足度を評価し、走行環境の違いによる被験者の視線挙動、満足度等の変化について調べることができた。しかし、平成24年度において実施した走行試験は、限られた日数と被験者1名による結果であるため、今後は、様々な地域や路線における冬期走行環境の設定、複数の被験者を対象とした試験を引き続き行い、本年度得た結果の再現性、信頼性、妥当性等について検討を進め、冬期道路の総合的な評価技術の提案を目指す予定である。

参考文献

1) 石川真大、佐々木憲弘、中村隆一、今岡大輔：「運搬排雪施工管理システムの開発」、第24回寒地機械技術シンポジウム、2008年11月

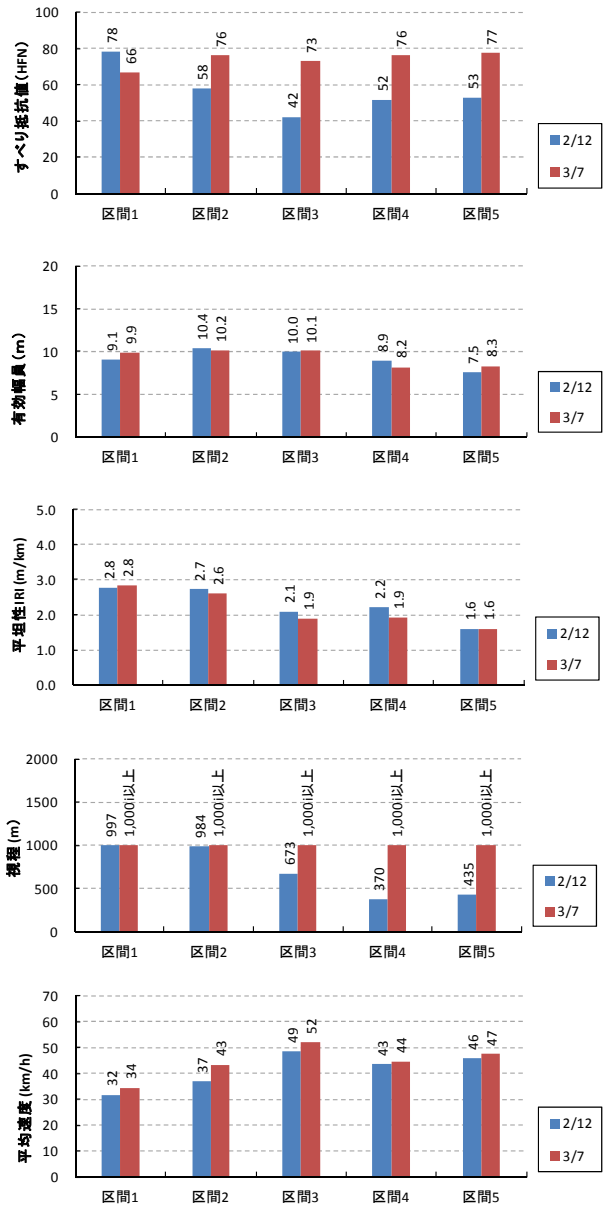


図-16 一般国道231号における各計測結果の平均(区間別)

2) 渡辺了、石間計夫：「適切な除雪発動を目的とした降積雪量把握装置の開発」、土木学会第65回年次学術講演会、2010年9月

3) 日本規格協会：自動車—燃料消費率試験 JIS D 1012-1997、1997年3月

4) 日本規格協会：自動車—惰行試験方法 JIS D 1015-1993、1993年

5) 札幌市：札幌市冬のみちづくりプラン 平成21年度～平成30年度～協働で支える雪対策、2009年11月策定

6) 山本千稚子、岸邦宏、佐藤馨一：除雪事業のパフォーマンス・メジャーメントに関する研究、土木学会年次学術講演

会講演概要集第4部 Vol. 56、p252-p253、2001年

- 7) 高橋尚人、徳永ロベルト、浅野基樹、石川信敬、岡村智明：
冬期路面管理の高度化に関する実践的研究、土木計画学研究・論文集 vol. 26、No. 5、pp901-912、2009年

- 8) 切石亮、徳永ロベルト、高橋尚人：冬期路面状態評価技術に関する試験研究—連続路面すべり抵抗値測定装置の測定タイヤ比較試験（その2）—、雪氷研究大会（2010・仙台）、2010年

A STUDY ON DRIVABILITY ASSESSMENT TECHNOLOGY ON WINTER ROADWAY

Budgeted:	Grants for operating expenses General account
Research Period:	FY2011-2015
Research Team	Cold Region Road Engineering Research Group (Traffic Engineering Research Team, Road Maintenance Research Team and Snow and Ice Research Team) Cold Region Technology Development Coordination (Machinery Technology Research Team)
Authors:	TAKAHASHI Naoto, TOKUNAGA Roberto, KAWABATA Yuichi, KIRIISHI Makoto, FUJIMOTO Akihiro, KANEKO Manabu, TAKECHI Hirotaka, MARUYAMA Kimio, ABE Ryuji, SUMITA Noriyuki, OOGAMI Tetsuya, KOMIYAMA Kazushige, MIURA Go

Abstract: In cold and snowy region, with wintertime comes the potential for icy, bumpy, slippery and narrow roadway. These winter conditions result in negatively affecting driving performance on roadways. In order to counter these negative effects and to improve user's satisfaction level, development of measurement technology of winter driving environment is needed. And also it is necessary to develop a technique for evaluating how the winter environment impacts on driving performance and driver's satisfaction.

In this project, to contribute in the more effective and efficient winter roadway management implementation, the authors conduct a series of studies and experiments to establish measurement methodology to evaluate winter road driving environment (road surface condition, flatness, width, visibility, etc.) and to develop a drivability assessment technology that considers the perspective of road users.

Key words: winter roadway, driving environment, driving performance, user's satisfaction, assessment