

## 冬期道路の走行性評価技術に関する研究（H25 年度報告）

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：寒地道路研究グループ（寒地交通チーム、雪氷チーム、寒地道路保全チーム）技術開発調整監（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、大山健太郎、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 25 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 25 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、そ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

の計画や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。

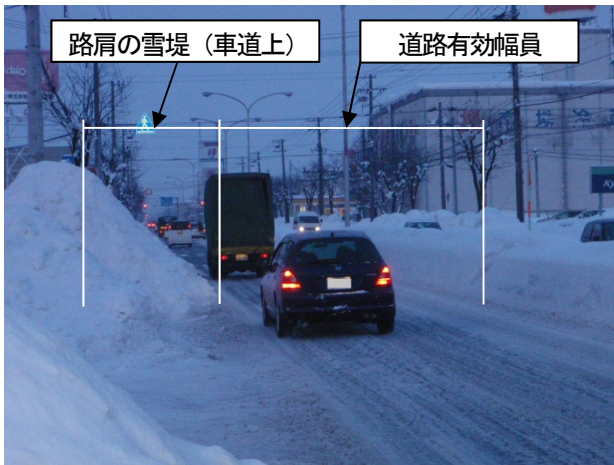


写真-1 道路有効幅員と路肩の雪堤

### 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、定量的な計測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計測員による車道上もしくは車道脇での計測は行わない（安全性）、②計測員以外の機器等による車道上もしくは車道脇での計測であっても、一般交通に対する影響を最小限に抑える（安全性）、③計測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、計測及び解析が速やかにできる（効率性、経済性）という3つの必要条件を設定した。過年度はこれらの必要条件を基に道路有効幅員計測システム（以下、計測システムという）を構築し、試験車両に車載し構内における精度確認試験を行い、実用に十分耐えられることを確認した。

平成25年度は、計測の更なる効率化を図るため、計測システムを改良し、また、この改良をした計測システムの一般国道における旅行速度での実用性を確認するための路上計測試験を行った。

### 3.1.2 計測システムの改良

平成24年度の計測システムでは、道路有効幅員の自動解析に使用する異常値を排除するための閾値を手動で設定しているが、解析の効率化及び計測精度向上を図るた

め、以下の機能追加を行った。

#### (1) 閾値の追加

##### 1) 計測幅員の変化量（増加量）

平成24年度の計測システムでは、計測幅員が急に狭くなった場合には、対象物以外を計測した可能性が高いことから、計測幅員の変化量（減少量）に閾値を設定し異常値としているが、計測幅員が急に広がる場合には、この閾値は設定されていない。このため、誤って広い幅員（上限値以内）のデータを取得した場合には、それ以降の正しいデータを、急に狭くなったと判断し、異常値としてしまう可能性がある。これを防止するため、計測幅員の変化量（増加量）にも閾値を設定し、計測幅員が急に広がる場合は異常値とする機能を追加した。

##### 2) 車道上の雪山等

平成24年度の計測システムでは、車道上の小さな雪山等を計測したとき、計測値が歩道及び分離帯の高さの閾値を超えていけば、歩道及び分離帯として認識してしまう（図-1）。そこで、歩道及び分離帯の高さを検索する幅の間に、閾値として設定した歩道及び分離帯の高さの値より低いデータを計測した場合は、異常値とする機能を追加した。なお、歩道及び分離帯の高さの閾値は、誤差等による高さ認識の無効を避けるため、実際の歩道及び分離帯の高さより若干低く設定している。

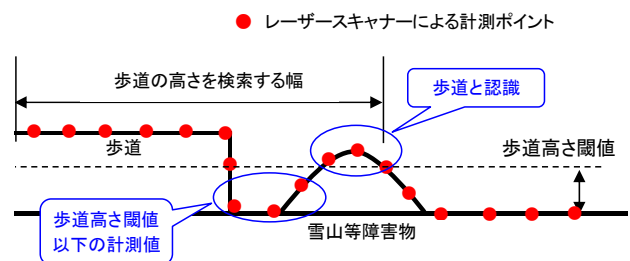


図-1 車道上の雪山等計測イメージ図

#### (2) 閾値の設定の自動化

平成24年度の計測システムでは、「歩道及び分離帯の高さを検索する幅」、「道路有効幅員を認識するデータ継続数」及び「道路有効幅員」の閾値は、手動で入力している。この手動入力に加えて、自動的に各閾値を設定できる機能を追加した。

具体的には、「歩道及び分離帯の高さを検索する幅」は、ソフトウェアの定義ファイルに入力している実際の歩道及び分離帯の幅を閾値とした。また、「道路有効幅員を認識するデータ継続数」は、ソフトウェアの定義ファイルに入力しているレーザースキャナ設置高さ、車線数、歩

道及び分離帯の幅から想定される継続数を算出し閾値とした。また、「道路有効幅員」は、計測直前または道路状況変化マーキング時の計測データの初期値を閾値とした。

**(3) 取付け角度の補正機能の追加**

レーザースキャナ取付け角度のずれが計測精度に与える影響を防ぐため、レーザースキャナを取付け、地面までの高さを計測したときの最小値（最短値）をレーザースキャナの設置高さとし、その最小値の方向を地面に対して垂直とする補正機能を追加した。これにより、レーザースキャナが地面に対して水平に設置されていない場合でも適正な補正が可能となる。

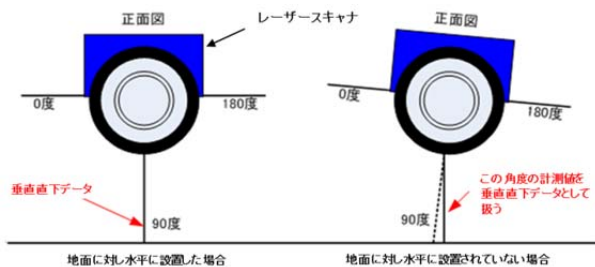


図-2 取付け角度の補正機能

**(4) 車両傾斜角度調整機能の追加**

車両の道路横断方向の傾斜が計測精度に与える影響を防ぐため、幅員計測と同時に傾斜角度を計測し道路有効幅員の解析に反映する車両傾斜角度調整機能を追加した。具体的には、レーザースキャナの垂直方向を中心に、左右等角度 ( $\theta$ ) の2点 (A, B) の座標を求め、この座標から傾斜角度を演算する。また、傾斜角度の手動入力も可能にした。

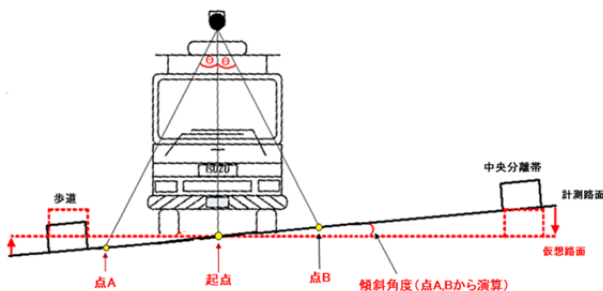


図-3 車両傾斜角度調整機能

**3.1.3 路上計測試験**

**(1) 試験概要**

改良した計測システムの実用性を確認するため、試験車両に計測システムを車載し、一般国道において、旅行

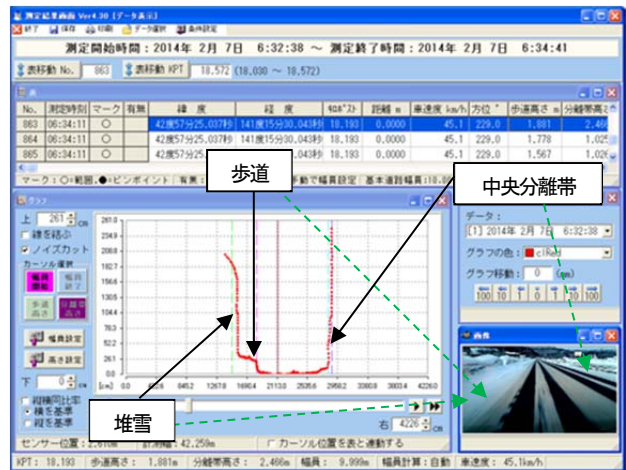


図-4 計測データ表示画面（路上計測試験）

表-1 計測試験結果の一例（郊外部）

データ No.	KP	計測速度 (km/h)	道路有効幅員 (mm)	データ No.	KP	計測速度 (km/h)	道路有効幅員 (mm)
1	18.190	39.2	9.618	26	18.212	41.5	9.909
2			9.657	27			9.955
3			9.646	28	18.224	42.1	9.974
4			9.695	29			9.965
5			9.728	30			9.946
6			9.760	31			9.917
7			9.781	32			9.974
8			9.775	33			9.968
9			9.748	34			9.896
10	18.201	40	9.843	35	18.236	42.7	9.907
11			9.858	36			9.914
12			9.839	37			9.965
13			9.895	38			9.941
14			9.953	39			9.918
15			9.881	40			9.939
16			9.521	41			9.944
17			9.924	42			9.876
18	18.212	41.5	9.992	43			9.870
19			9.947	44	18.248	43.4	9.952
20			9.917	45			9.883
21			9.925	46			9.904
22			9.967	47			9.866
23			9.901	48			9.868
24			9.926	49			9.819
25			9.937	50			9.913

\* KP及び速度計測は1秒毎、道路有効幅員計測は0.1秒毎であるため、表記方法が異なる

表-2 計測箇所の路線特性と計測速度

計測箇所の路線特性	天候 路面状況	上・下	平均 計測速度 (km/h)	計測速度範囲 (km/h)
都市部 ・片側2車線 ・歩道あり ・中央分離帯なし	晴れ・アイスバーン	上	38.4	26.3 ~ 41.5
	晴れ・アイスバーン	下	43.0	38.7 ~ 45.5
郊外部 ・片側2車線 ・歩道あり ・中央分離帯あり	晴れ・圧雪	上	49.5	48.7 ~ 51.2
	小雪・アイスバーン	下	42.8	38.3 ~ 45.2
山間部 ・片側1車線 ・歩道なし ・中央分離帯なし	小雪・圧雪	上	42.5	41.8 ~ 43.9
	小雪・圧雪	下	48.0	47.7 ~ 48.8

速度で冬期の道路有効幅員計測試験を行った。

計測箇所は、同一路線で路線特性が変化する一般国道230号で、都市部・郊外部・山間部の3区間を設定して行った。

**(2) 試験結果**

計測データ表示画面の一例を図-4に、計測結果の一例

を表-1 に、計測箇所の路線特性と計測速度を表-2 に示す。

都市部・郊外部・山間部のいずれも、計測データのばらつきは少なく、Web カメラ画像と計測システムの計測結果の比較では、雪堤及び歩道形状が概ね一致したことから、改良した計測システムは、有効な結果を得られることが確認された。

誤ったデータ（自動解析では有効となったが、計測断面図から無効と判断）の取得については、自動解析した結果を手動解析で再確認したところ、都市部では取得データ 268 個のうち、誤ったデータは 4 個で、取得率は 1.5%であった。算出した平均有効幅員は、自動解析の結果では 13.05m、誤ったデータを修正した結果では 13.00m となり、誤差は 1.0%であった。

この誤ったデータを取得した原因は、無効データが継続中に、障害物等を計測し単発的に有効データと判別されてしまったものである。このような無効データ継続中の単発的な有効データは無効とする機能を追加することで誤ったデータの取得をなくすことができると考えられる。

また、無効データの継続が多く確認されたが、これは、歩道及び分離帯の幅を認識する継続数を満たさない計測値が多いためである（図-5）。現状では歩道及び分離帯の幅を認識する継続数は、歩道及び分離帯の幅の 100%で算出しているため、これらを 50%などに変更できる機能を追加することにより、無効データを少なくすることができると考えられる。

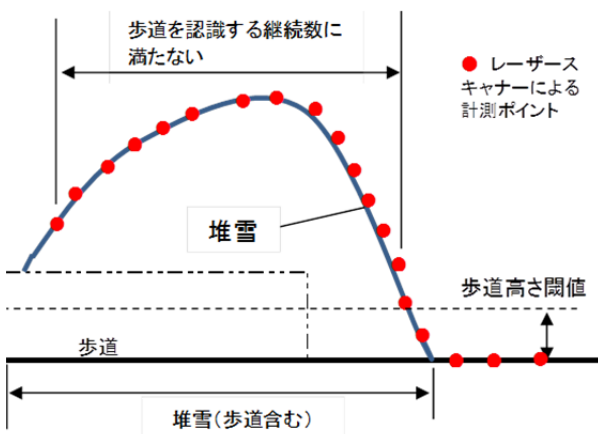


図-5 堆雪計測イメージ図

郊外部及び山間部については、誤ったデータの取得は 1 個であった。

これは、マーキング時の道路有効幅員が最大道路幅員をわずかに超えたため、対向車両の計測値（誤ったデータ）

が初期値となり、この初期値と以降の本来有効となるデータが比較され無効となった（表-3）。この原因は、最大道路幅員の算出に使用した道路条件のデータが、実際の道路条件と誤差があり、最大道路幅員が狭く設定されたためと考えられる。この誤差を考慮した最大道路幅員を手動または自動で設定できるようにシステムを改良することで対応可能と思われる。

表-3 路上計測試験結果（山間部）

データ No.	道路有効幅員 (mm)	マーク	有効無効	解説
395	10,755	○	無効	No.395マーク開始
396	10,755	○	無効	
∫	∫	∫	∫	誤差等のため最大有効幅員を超え無効
417	10,755	○	無効	
418	10,697	○	無効	対向車等を計測したため、本来無効となるが、直前が無効のため有効となった。また、マーク開始後、最初の有効のため初期値に設定された。
419	6,517	○	有効	
420	10,615	○	無効	誤差等のため最大有効幅員を超え無効
421	10,631	○	無効	
∫	∫	∫	∫	本来有効となるが、前データが無効の場合、有効データまでさかのぼって比較するため、誤った有効データ (No.419)と比較され、無効となった。
436	10,644	○	無効	
437	9,834	○	無効	比較するため、誤った有効データ (No.419)と比較され、無効となった。
438	9,843	○	無効	
439	9,847	○	無効	比較するため、誤った有効データ (No.419)と比較され、無効となった。
440	9,814	○	無効	

※最大有効幅員10,000mm

### 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 25 年度の実施概要

除雪レベルの違いによって路面に残留した積雪や雪氷が、車両の燃料消費率や走行抵抗にどのような影響を及ぼすのかを、苫小牧寒地試験道路の周回路における実験によって定量的に把握するための実験を平成 23 年度から実施してデータを蓄積している。実験は、寒地土木研究所の施設である苫小牧寒地試験道路周回路で実施している。周回路の全延長は 2700m で、図-6 に示すように直線 500m 区間の路面に様々な雪氷路面を人為的または自然降雪によって作成して、その上を試験車両を通過させることで燃料消費率測定、走行抵抗測定、平坦性測定を行った。また、積雪雪氷路面と比較するために、乾燥路面および湿潤路面においても測定を行った。

燃料消費率は、JIS D1012 自動車—燃料消費率試験方法<sup>1)</sup>に規定された定速度燃料消費率試験方法、走行抵抗は JIS D1012 自動車—燃料消費率試験方法および JIS-D1015 自動車—惰行試験方法<sup>2)</sup>に規定されている惰行法の手法に準拠して測定した。具体的には、様々な種類の路面を、表-4 に示した諸元を持つ大型車のギアを 6 段に固定して 30km/h、40km/h、50km/h の一定速度で走行

させ、燃料消費量を燃料流量計で実測した。また、試験車両を約60km/hまで加速して一定速度としたあと、様々な種類の路面区間に進入させてギアをニュートラルにして惰行させ、車速度が0km/hになるまで車速の変化を測定して走行抵抗を算出した。試験時の外気温、路面温度、風速風向、気圧の計測も併せて行った。

また、試験路面の平坦性と燃料消費率や走行抵抗との関係を調査するために、試験対象区間の平坦性を表現する指標として国際ラフネス指数(IRI)の計測も併せて行った。加速度計を用いた車両搭載型のIRI簡易測定装置を用いて測定しており、基底長が10mのIRIによって評価を行った。

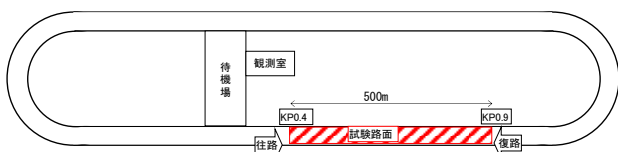


図-6 苫小牧寒地試験道路の試験区間概要図

表-4 試験車両の緒元一覧表

車種区分	大型車
車両名称	いすゞGIGA
駆動方式	6×2 (後輪一軸駆動方式)
ミッション	マニュアル
試験時 車両重量	25,010 kg (満載状態)
使用タイヤ	ブリヂストン W990 275/80R22.5 (スタッドレス)
タイヤ空気圧	前輪: 900kPa 後輪: 900kPa
燃料種類	軽油

### 3.2.2 実験結果

#### (1) 燃料消費率試験結果

各路面における車両速度ごとの燃料消費率試験結果を図-7に示す。乾燥路面を基準として、湿潤路面、様々な雪氷路面の燃料消費率を比較すると、路面に雪氷が存在する路面はいずれの場合も燃料消費率が低下していることが読み取れる。湿潤路面の燃料消費率も、乾燥路面に比較して若干低下している。以上のことから、雪氷が路面に存在することによって、燃料消費率が低下する傾向を示すといえる。

ただし燃料消費率の低下度合いは約5%程度から約70%程度と幅が広く、雪氷による燃費への影響は大きな場合もあれば、小さな場合もある。

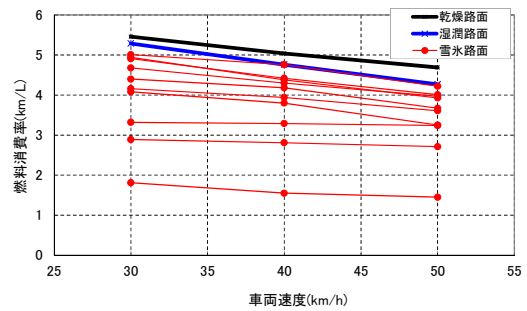


図-7 雪氷路面上の燃料消費率測定結果(大型車)

#### (2) 走行抵抗測定結果

惰行試験により得られた大型車の走行抵抗(全抵抗)測定結果を図-8に示す。基準となる乾燥路面に比べて、路面に雪氷が存在する路面はいずれの場合も走行抵抗(全抵抗)が高くなっていることが読み取れる。

なお、走行抵抗(全抵抗)とは、図-9に示すとおり転がり抵抗、空気抵抗、路面抵抗の総和と定義される。そのうち路面抵抗は、乾燥路面において測定した場合には乾燥路面の路面抵抗、雪氷路面において測定した場合には雪氷路面の路面抵抗を測定したことになる。ここでは、雪氷が存在したことに起因する走行抵抗の増加分を把握するために、乾燥路面時の走行抵抗(全抵抗)を雪氷路面時の走行抵抗(全抵抗)から差し引いたものを雪氷抵抗と定義し、算定結果を図-10に示した。路面に雪氷があることで走行抵抗が増加し、約300~2000Nの抵抗が生じていることがわかる。

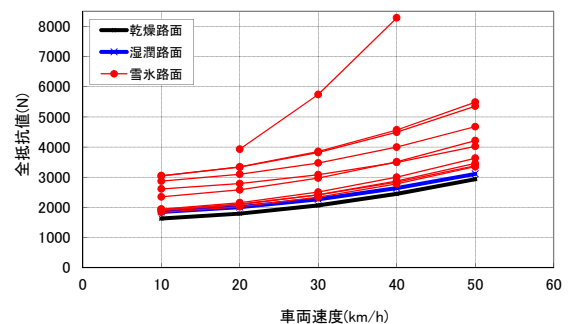


図-8 様々な雪氷路面における大型車の走行抵抗(全抵抗)

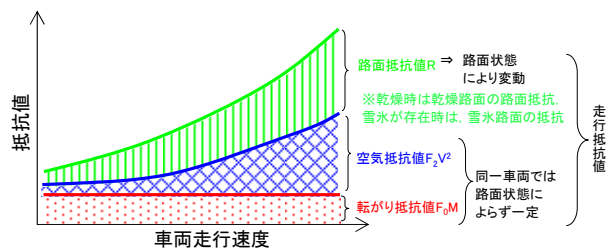


図-9 走行抵抗値の概略

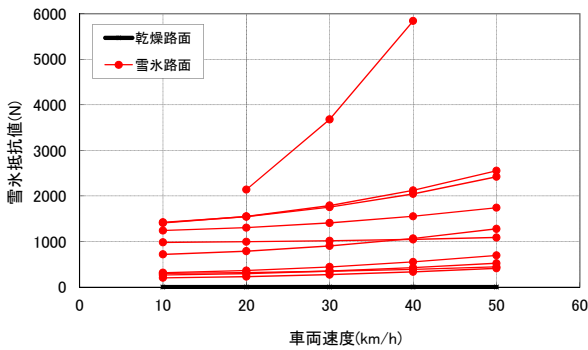


図-10 雪氷による路面抵抗

(3) IRI の値と燃料消費率および走行抵抗値の関係

試験を行った様々な路面の IRI 測定値(基底長 10m)と、大型車の燃料消費率および雪氷による抵抗の関係について図-11 および図-12 に示す。IRI(基底長 10m)の値が大きいほど燃料消費率が悪い傾向にある。また、雪氷による抵抗が大きいほど燃料消費率が悪い傾向にある。

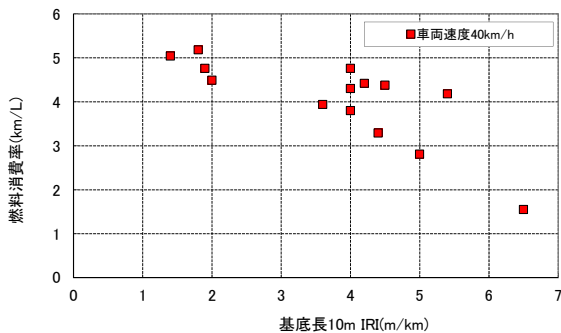


図-11 路面のIRI値と燃料消費率の関係

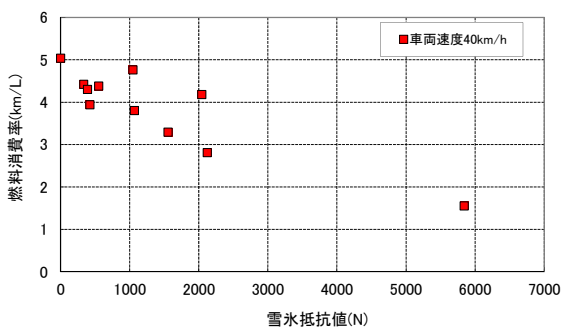


図-12 雪氷による抵抗値と燃料消費率の関係

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

3.3.1 平成 25 年度の実施概要

冬期道路における路面すべり摩擦係数、視程、有効幅員、路面平坦性が走行速度低下に及ぼす影響度を評価する手法の確立を最終目標として、実道での走行試験を実施し、路面すべり抵抗値、視程、道路有効幅員および路面平坦性の道路雪害因子と走行速度の単相関関係を明らかにする。

3.3.2 走行試験

(1) 概要

本走行試験は、平成24年2月12日、平成25年2月21日および平成25年2月28日に、一般国道231号で行われた。図-13 に走行試験区間の概要を、図-14に走行試験区間の道路構造の概要をそれぞれ示す。



図-13 走行試験区間の概要

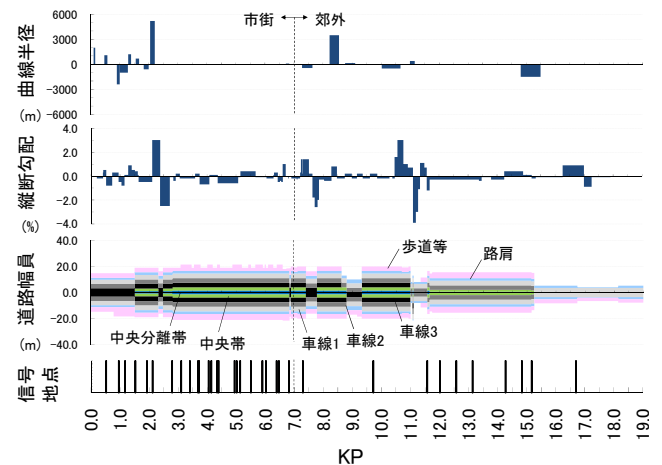


図-14 走行試験区間の道路構造の概要

同図は上から試験区間の地図、曲線半径、縦断勾配、道路幅員、信号あり交差点の位置をそれぞれ示す。試験区間は、起点である札幌自動車道との交点 (KP0.0) から石狩市八幡 (KP18.9) までの延長18.9 kmとし、各種計測は往復して行われた。本研究では、札幌市の市街地区分<sup>9)</sup>に準

じてKP7.0で市街地の区間 (KP0.0~7.0) と郊外の区間 (KP7.0~18.9) に区別した。縦断勾配は橋梁を除き、試験区間の殆どが1%未満である。片側の車線数はKP0.0~11.0で3車線、KP11.0~15.2で2車線、KP15.2~18.9で1車線である。

計測項目は、路面すべり抵抗値、視程、道路有効幅員、路面平坦性および走行速度であり、計測機器はいずれも車載され、走行しながら計測を実施した。路面すべり抵抗値は、車両後部に搭載した連続路面すべり抵抗値測定装置<sup>7)</sup>を用いて測定した(写真-2の左上)。路面すべり抵抗値は、本装置独自の変数であり、タイヤ空転時(抵抗最小)を0、良好な露出路面走行時を通常80から100(路面温度に依存)となるように較正されている。従って、凍結路面のように滑りやすい(抵抗が小さい)時に小さく、湿潤や乾燥路面のように滑り難い(抵抗が大き)時に大きくなる。計測間隔は100 Hzである。視程は、車両前部に取り付けられた偏分散方式による視程計<sup>8)</sup>で計測した(写真-2の右上)。計測間隔は10 Hzである。道路有効幅員は、車両上部に取り付けたレーザースキャナを用いた道路有効幅員計測システム<sup>9)</sup>で測定した(写真-2の左下)。計測最大範囲は18 mであり、計測間隔は10 Hzである。路面平坦性は、加速度計を用いた路面非接触型IRI測定装置<sup>10)</sup>で計測した(写真-2の右下)。計測間隔は500 Hzである。すべての測定車両にはGPS機能が備え付けられており、位置情報(緯度・経度)を取得できる。走行速度は、連続路面すべり抵抗値測定装置を搭載した測定車両の値を採用した。

各測定車両で得られたデータは1 km間隔で平均値を求め、各データは位置情報を基に摺り合わせた。



写真-2 測定車両

(左上: 路面すべり抵抗値、右上: 視程、左下: 道路有効幅員、右下: 路面平坦性)

## (2) 結果

### 1) 好天日と雪害日の比較

まず、各々の試験日の路面雪氷状態を写真-3に示す。3日の試験の内、2014年2月28日の試験は好天の気象条件で実施され、残りの2013年2月12日および2014年2月21日の試験は比較的悪い気象条件で実施された。以下では、便宜的に前者を好天日、後者を雪害日と呼ぶことにし、下付添え字*fine*と*snow*でそれぞれ区別する。

図-15に走行試験の結果を示す。同図横軸の左(KP0.0)から中央(KP20.0)のデータを八幡方向と呼び、中央(KP20.0)から右(KP0.0)のデータを札幌方向と呼ぶ。

路面すべり抵抗値 $HFN$  (-)を見ると、 $HFN_{fine}$ は80~100の範囲にある。2013年2月12日の $HFN_{snow}$ は、八幡方向と札幌方向ともにKP0.0~4.0の区間では70~90で $HFN_{fine}$ と大差ないが、KP5.0~19.0の区間では40~60と $HFN_{fine}$ と比較して相対的に小さい。2014年2月21日の $HFN_{snow}$ は、八幡方向のKP7.0~8.0、札幌方向のKP10.0~3.0およびKP2.0~1.0で、20~40の低い値が見られる。それ以外は60前後であった。

視程 $L_v$  (m)に関して、 $L_{v,fine}$ は常に1000 m以上であった。2013年2月12日の $L_{v,snow}$ は八幡方向のKP9.0~13.0で最大で700 m程度まで低下した。2014年2月21日の $L_{v,snow}$ は、八幡方向のKP9.0~10.0で約600 mとなり、札幌方向ではKP19.0~14.0で300~650 mに低下した。

道路有効幅員 $L_r$  (m)は、八幡方向のKP2.0~8.0のデータが欠測しているものの、郊外が市街より狭く、雪害日が好天日より狭い。郊外の $L_r$ が市街のそれより狭い理由は、図3に示したように車線数や中央分離帯の有無の違いが考えられる。雪害日の $L_r$ が狭くなった理由は、それまでの累計降雪量や排雪作業の履歴の違いと推察される。

路面平坦性 $IRI$  (mm/m)は、雪害日が好天日より全体的に大きい。これは、路面の積雪状況の相違と考えられる。また、市街の $IRI$ より郊外のそれよりやや小さい傾向にある。

### 2) 出現頻度

図-16は、道路雪害因子の出現頻度を示す。路面すべり抵抗値 $HFN$ は20~100の範囲にあり、その出現頻度 $F_{HFN}$  (-)は、郊外では50~60と90~100が高く、市街では80~90が最も高い。

視程 $L_v$ の出現頻度 $F_{L_v}$  (-)は、900~1000mが郊外および市街でそれぞれ0.89および0.98であった。これにより、本試験中は一時的な $L_v$ の低下があったものの、多くの区間および期間で視界は良好であったことが分かる。

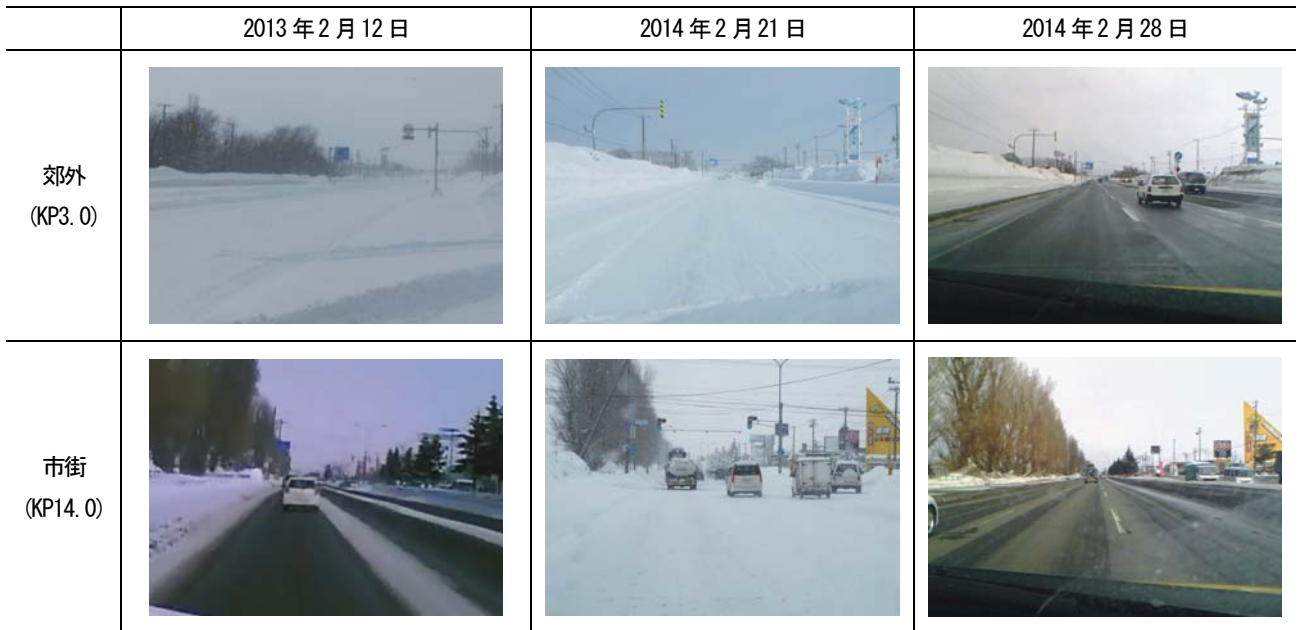
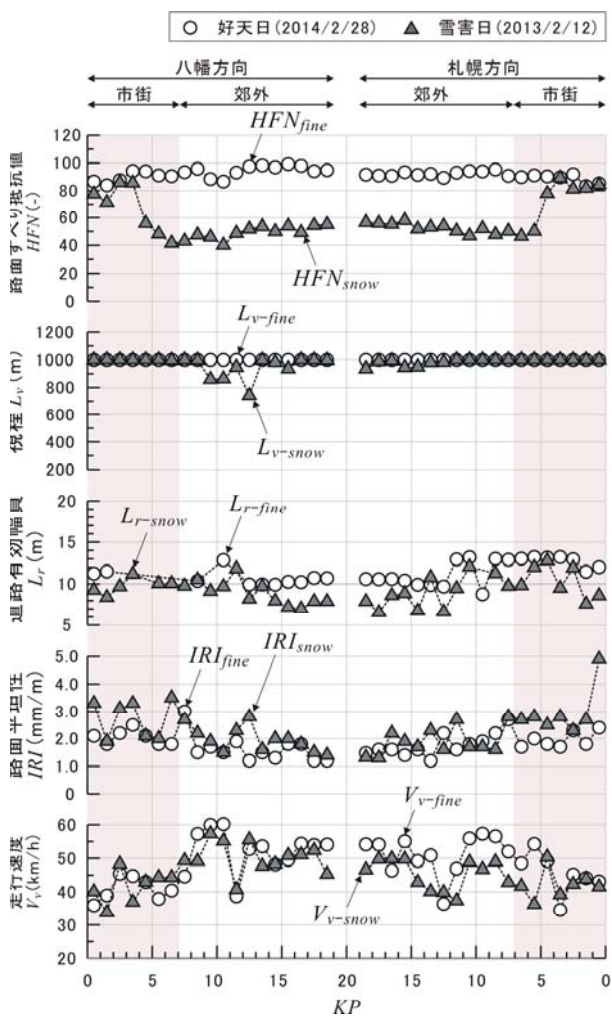
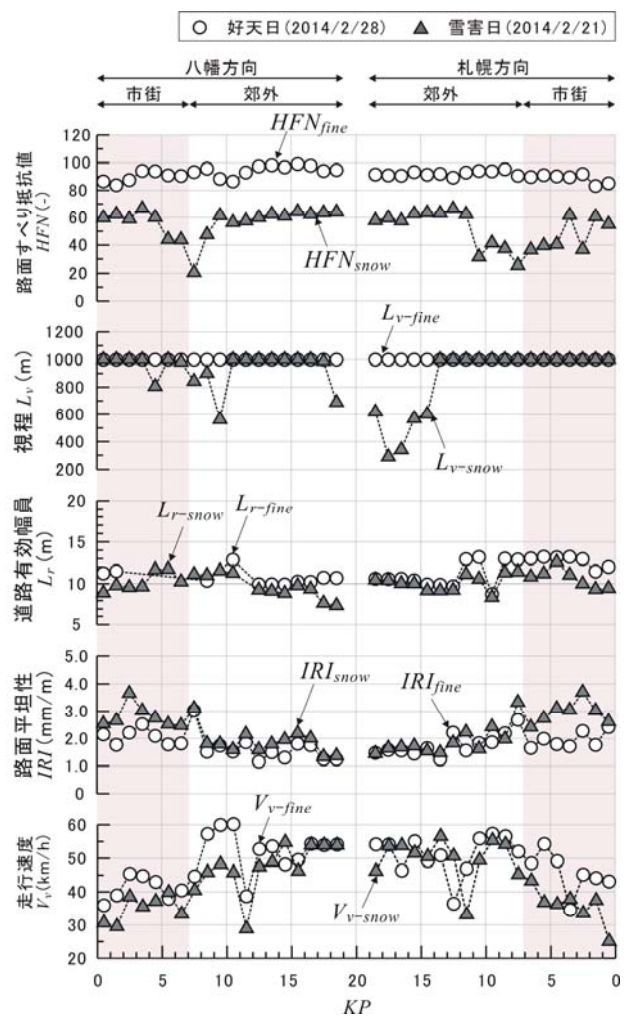


写真-3 道路状況



(a) 2014年2月28日および2013年2月12日



(b) 2014年2月28日および2014年2月21日

図-15 走行試験の結果



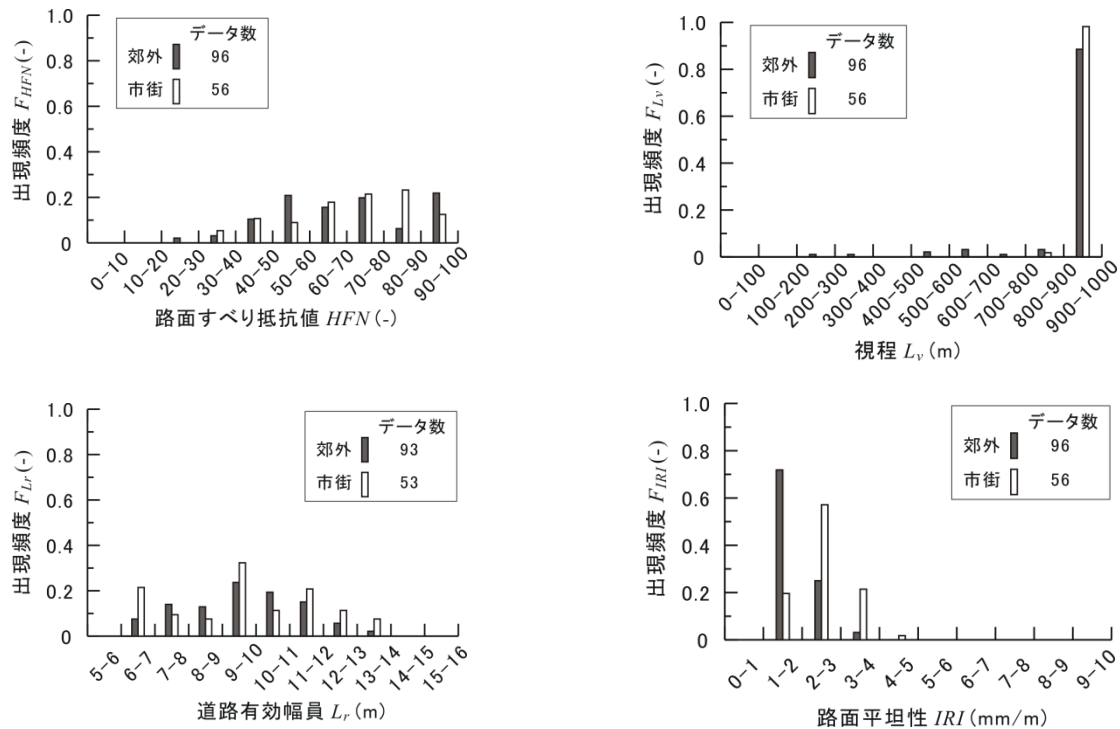


図-16 道路雪害因子の出現頻度  
(左上：路面すべり抵抗値、右上：視程、左下：道路有効幅員、右下：路面平坦性)

道路有効幅員  $L_r$  の出現頻度  $F_{L_r}$  (-) は、市街および郊外ともに 9~10 m が最も高い。また、図 2 に示したように、市街はすべて 3 車線に対して、郊外は 2 車線や 1 車線が存在するため、 $L_r > 11$  m 以上の  $F_{L_r}$  は市街の方が郊外より高い。

路面平坦性  $IRI$  は、郊外では 1~2 mm/m が、市街では 2~3 mm/m が最も高く、今回の走行試験では郊外の方が市街より良好であった。

### 3) 道路雪害因子と走行速度の関係

本節では、各道路雪害因子と走行速度の単相関関係を明らかにする。単相関式の作成において、計測データを条件抽出し、他の道路雪害因子が走行速度に及ぼす影響を除外した。以下に抽出条件を列挙する。

- $HFN > 70$
- $800 < L_v \leq 1000$  m
- $10 < L_r \leq 12$  m
- $1 < IRI \leq 3$  mm/m

図-17 は道路雪害因子と走行速度の関係であり、左図は走行速度  $V_v$  (km/h) と  $HFN$  の関係、中図は  $V_v$  と  $L_r$  の関係、および右図は  $V_v$  と  $IRI$  の関係をそれぞれ示す。

まず、 $V_v$  と  $HFN$  の関係に着目する。郊外の  $V_v$  は市街のそれより全体的に大きい。郊外および市街ともに、 $V_v$  は  $HFN$  の低下によって微減した。その低下率は、市街が郊外よりやや小さい。

次に、 $V_v$  と  $L_r$  の関係に注目する。郊外の  $L_r$  は市街のそ

れより全体的に大きい。郊外および市街ともに、 $V_v$  は  $L_r$  の低下によって微減した。その低下率は、市街が郊外より僅かに大きい。

最後に、 $V_v$  と  $IRI$  の関係について述べる。郊外では、 $V_v$  は  $IRI$  の増大とともに低下した。市街の  $V_v$  も  $IRI$  の増大とともに低下したが、その低下率は郊外に比べて極めて小さい。

ただし、これらの知見は本分析の範囲で有効である。今後、走行試験を継続し、 $HFN < 20$  など極端に冬期道路環境が悪化したデータの考慮することが望まれる。

各道路雪害因子と  $V_v$  の単相関式およびその適用範囲については、図-17中に記述した。

### 4. まとめ

路肩の雪堤形状の測定技術について、平成 25 年度は、計測の更なる効率化を図るため、計測システムを改良し、また、この改良をした計測システムの一般国道における旅行速度での実用性を確認するための路上計測試験を行った。計測システムの改良では、道路有効幅員の自動解析に使用する異常値を排除するための閾値の追加、閾値の設定の自動化、レーザースキャナ取り付け角度の補正機能の追加、車両傾斜角度調整機能の追加を行った。路上計測試験は一般国道 230 号で行われた。その結果、計測データのばらつきは少なく、Web カメラ画像と計測シ

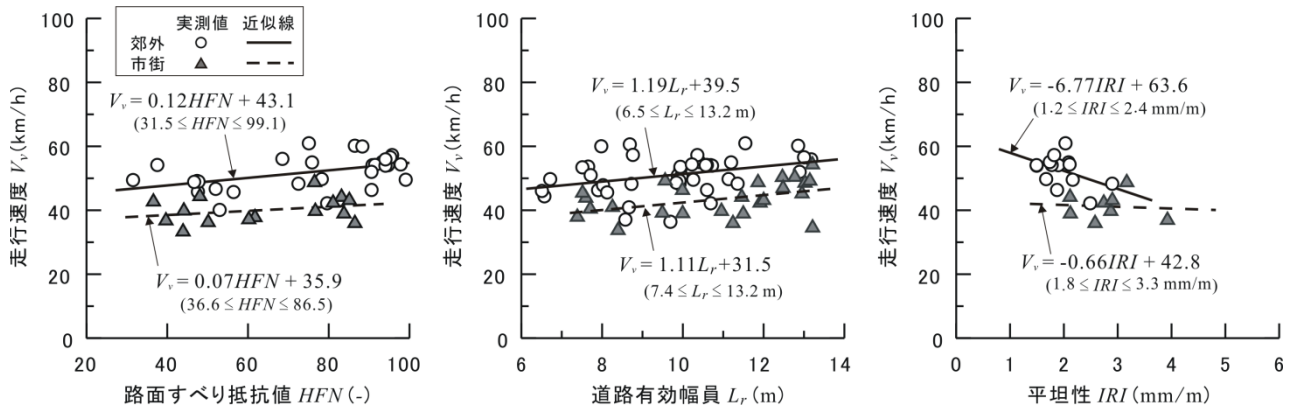


図-17 道路雪害因子と走行速度の単相関関係  
(左：路面すべり抵抗値、中央：道路有効幅員、右：路面平坦性)

システムの計測結果の比較では、雪堤及び歩道形状が概ね一致したことから、改良した計測システムは、有効な結果を得られることが確認された。今後は更なる計測の効率化及び計測精度の向上のため、歩道及び分離帯の幅を認識する継続数を変更できる機能、無効データの継続中に単発的に有効データがある場合は無効とする機能、誤差を考慮した最大道路幅員を手動入力または自動取得できる機能を追加する改良を行う予定である。

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について、苫小牧寒地試験道路で実施した乾燥路や積雪路面および圧雪路面などにおける各種車両走行試験の結果、路面に雪氷が存在することによって、燃料消費率が悪化し走行抵抗が大きくなる傾向があり、その変化を定量的に把握した。乾燥路面に比べて約 5～70%程度燃料消費率が低下する結果となった。既往の研究でアスファルト舗装とコンクリート舗装の燃料消費率の差が数%程度とされている<sup>3),4),5)</sup>ことや、タイヤ自体の転がり抵抗の改良による燃料消費率の改善効果は数%とされているものと比較すれば、路面の雪氷が燃料消費率に及ぼす影響は無視できないほど大きいものと評価できる。これらの結果は、除雪によって路面の雪氷を適切に排除することが、車両の燃費を悪化させないために有効であることを示唆するものと考えている。

冬期走行環境が走行性に与える影響評価手法に関して、実道での走行試験を実施し、路面すべり抵抗値、視程、道路有効幅員および路面平坦性の道路雪害因子と走行速度の単相関関係を明らかにした。今後は、複数の道路雪害が同時に起こった時の走行速度低下率の評価方法の確立を目指す。

参考文献

- 1) 日本規格協会：自動車—燃料消費率試験 JIS D 1012-1997, 平成 9 年 3 月
- 2) 日本規格協会：自動車—惰行試験方法 JIS D 1015-1993, 平成 5 年
- 3) Effect of Pavement Structure Type on Fuel Consumption Phase II, National Research Council Canada, Canada, 2000.
- 4) Effect of Pavement Structure Type on Fuel Consumption Phase III, National Research Council Canada, Canada, 2006.
- 5) 吉本, 風戸, 熊田, 笠原：高速道路での重量車の転がり抵抗の測定と燃費に及ぼす影響に関する研究, 土木学会舗装工学論文集第 14 巻, 2009 年 12 月
- 6) 札幌市：区域区分 (市街化区域と市街化調整区域の区分) 等の見直しについて、  
<http://www.city.sapporo.jp/keikaku/toshikei/01-01sembikiminaoshi.html>.
- 7) 徳永ロベルト、高田拓哉、高橋尚人、浅野基樹：路面のすべり抵抗値を用いた冬期道路マネジメント手法の高度化に関する研究、土木計画学研究発表会講演集、41、2010.
- 8) 福澤義文、竹内政夫：車載型視程計の開発について、開発土木研究所月報、464、12-18、1992.
- 9) 大上哲也、住田則行、三浦豪、小宮山一重、山崎貴志：レーザー扫描仪を用いた冬期道路有効幅員の計測について、北海道の雪氷、31、85-88、2013.
- 10) 中島繁則、川村彰、坂田光児、山崎元也、谷岡和範：高速道路の維持管理に向けた新小型 IRI 測定システムの開発、交通工学、44、2、49-56、2009.

## 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, OYAMA Kentaro, 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