

レーザースキャナーを用いた冬期道路有効幅員の計測について

Measurement of winter road effective width using a laser scanner

大上 哲也, 住田 則行, 三浦 豪, 小宮 山一重, 山崎 貴志
(独) 土木研究所 寒地土木研究所)

Tetsuya Ogami, Noriyuki Sumita, Go Miura, Kazushige Komiyama, Takashi Yamazaki

1. はじめに

積雪寒冷地に住む人々にとって冬期交通確保は必要不可欠であり, そのための維持管理(除雪・防雪等)に対するニーズは非常に高い. また, その一方では, 近年の経済状況から, 維持管理に対するコスト削減のための効率性も強く求められており, 住民のニーズを満たす, 効率的な冬期道路の維持管理計画の策定が必要である.

効率的に冬期道路を維持管理するには, 冬期道路状況を把握し, その道路状況が交通に与える影響を勘案しながら除雪等を行う必要がある. 最近では, 計測車両による連続的な路面のすべり抵抗について測定が行われているなど, 冬期道路状況の把握のための実証データも収集されつつある¹⁾. しかし, 日々の降雪や除雪により変化する冬期の道路有効幅員(写真-1)については, 冬期交通に直接影響するにもかかわらず, これまでパトロール等での目視による確認などしか行われていなく, 定量的な道路有効幅員の把握(計測)はほとんどなされていない.

以上のことから, 効率的な維持管理を実施するため, 未だ定量的な計測がなされていない道路有効幅員に着目した. そして, 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, レーザースキャナーを用いた計測システムを構築し, 精度確認試験及び一般国道での路上計测试験を行った.



写真-1 冬期の道路有効幅員

2. 道路有効幅員計測の必要条件

本検討では下記3点を計測システムにおける必要条件とした.

- ① 道路有効幅員を定量的に把握できる計測システムとする.
- ② 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. また, 計測員以外の計測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など, 道路有効幅員を安全に計測できるシステムとする.
- ③ 日々の降雪や除雪により刻々と変化する道路有効幅員が計測対象であることから, 計測延長が長いことが想定される. そのため, 計測及び解析をスピーディに行えるなど, 効率的かつ経済的な計測システムとする.

3. 道路有効幅員計測システムの概要

2項で示した必要条件を踏まえ、道路有効幅員計測システムを構築した。機器は、道路有効幅員を定量的に計測できる対象技術（画像計測，レーザー計測等）を調査した結果，雪の計測実績があり²⁾，比較的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することとした。このレーザースキャナーを車載することで，計測員等の安全性を確保するとともに，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ほか，効率的な計測が可能になる。

また，計測システムは，計測機器である「レーザースキャナー」のほか，「GPSセンサー」，「WEBカメラ」及び計測ソフトをインストールした「ノートPC」等で構成され，これらは全て車載される。

具体的には，レーザースキャナーにより道路横断をプロファイルし，GPSにより計測位置，時間，走行（計測）速度のデータを取得する。さらに，WEBカメラにより計測箇所の道路状況を撮影する。この画像は，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の確認検証が可能となる。これら各装置により取得したデータは，計測用ソフトをインストールしたノートPCに取り込み，道路有効幅員の計測結果として表示する。

道路有効幅員の計測イメージを図-1 に，レーザースキャナーの仕様（設定条件）を表-1 に示す。

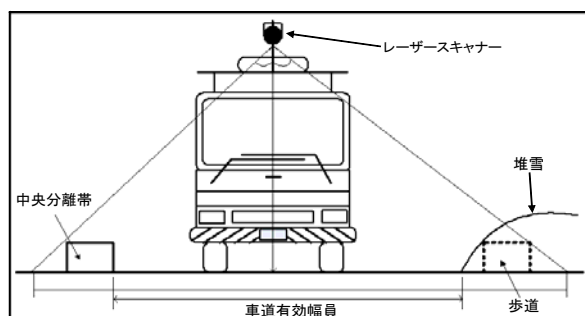


図-1 道路有効幅員の計測イメージ

表-1 レーザースキャナーの仕様

レーザースキャナー(SICK社製 LMS111)	
計測範囲(最大)	270°
	18m *1
角度分解能(設定条件)	0.5°
システム誤差	±30mm *1
最小サンプリング間隔(設定条件)	0.1sec
使用周囲温度	-30℃～+50℃

*1: 反射率が10%以上の計測対象物

4. 計測試験

作業車（以下，「試験車両」という。）に計測システムを車載し，構内での精度確認試験を行ったほか，一般国道において冬期道路有効幅員の路上計測試験を行った。

(1) 精度確認試験

精度確認試験は，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（図-2）。

この模擬道路の道路有効幅員及び模擬堆雪高さを試験車両に車載した計測システムにより計測し，メジャーを用いて計測した実測値との比較を行った。なお，計測速度は，車両停止状態も含め4パターンを行い，計測速度（試験車両走行速度）の違いによる計測精度への影響についても確認した（写真-2）。

a) 試験条件

- ・ 試験日時 : 2011年11月16日
- ・ 試験場所 : 北海道開発局札幌開発建設部花畔除雪ステーション構内

- ・試験道路車道有効幅員 : 6,990 mm (実測値)
- ・模擬堆雪高さ : 912 mm (実測値)
- ・計測速度 (想定) : 0 km/h, 10 km/h, 30 km/h, 50 km/h

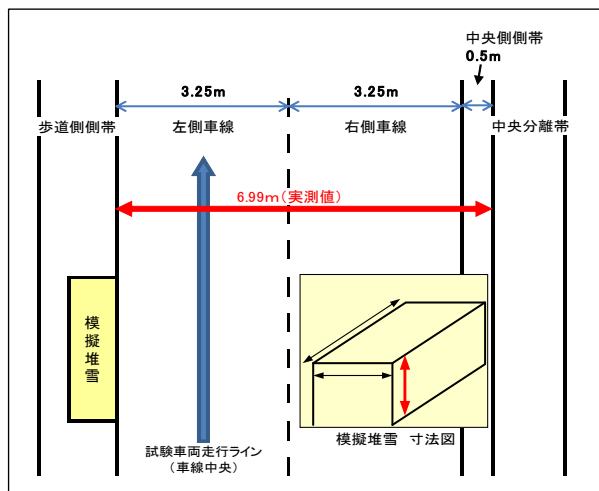


図-2 模擬道路及び模擬堆雪



写真-2 試験状況（精度確認試験）

b) 試験結果

精度確認試験の結果を表-2に示す。試験車両が停止した状態での計測では、道路有効幅員の計測誤差は20mm以下、模擬堆雪高さの計測誤差は10mm以下であり、これら計測値の誤差は計測機器であるレーザースキャナーの仕様に合致する。

試験車両が走行しながらの計測では、模擬堆雪高さの計測誤差は、計測速度10km/h及び30km/hでは試験車両が停止した状態での計測結果と同じく10mm以下であったが、計測速度50km/hでは最大37mmの誤差を確認した。また、道路有効幅員の計測では、試験車両が停止した状態での計測に比べ、計測速度が速くなるほど計測誤差が大きくなり、計測速度50km/hでは最大64mmの誤差を確認した。

計測速度に伴い計測誤差が大きくなる原因は、試験車両の走行速度の上昇に伴い、路面の不陸などの走行環境が試験車両の走行姿勢に大きく影響（ピッチング等）し、車両停止状態に比べてレーザースキャナーの設置高さが変化していると想定される。また、本計測システムではプロファイルデータを一定間隔でサンプリングすることから、計測速度の上昇に伴いプロファイルする縦断距離の間隔が広がり、レーザースキャナーが計測対象物をプロファイルする回数が減少したことも計測誤差が大きくなる原因の可能性として考えられる。

表-2 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	
				計測値 (mm)	誤差 (mm)	計測値 (mm)	誤差 (mm)
0km/h	1回目	10	0.0	6,973	-17	903	-9
	2回目	10	0.0	6,970	-20	912	0
	3回目	10	0.0	6,993	3	906	-6
	平均誤差(絶対値)			—	13	—	5
	最大誤差(絶対値)			—	20	—	9
10km/h	1回目	4	15.2	6,967	-23	904	-8
	2回目	4	14.7	7,002	12	905	-7
	3回目	4	12.2	6,965	-25	905	-7
	平均誤差(絶対値)			—	20	—	7
	最大誤差(絶対値)			—	25	—	8
30km/h	1回目	2	28.9	7,007	17	906	-6
	2回目	2	29.6	6,958	-32	907	-5
	3回目	2	27.4	6,954	-36	905	-7
	平均誤差(絶対値)			—	28	—	6
	最大誤差(絶対値)			—	36	—	7
50km/h	1回目	1	45.9	6,952	-38	910	-2
	2回目	1	48.0	6,926	-64	875	-37
	3回目	1	45.0	6,971	-19	879	-33
	平均誤差(絶対値)			—	40	—	24
	最大誤差(絶対値)			—	64	—	37

*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

(2) 路上計測試験

北海道開発局札幌開発建設部が管理する一般国道において、路上計測試験を行った。計測試験は計測速度の違いによる計測の可否（速度対応性）を確認するため、試験日毎に異なる3パターン（20km/h、30km/h、40km/h）の計測速度（試験車両走行速度）で試験を実施したほか、時間経過による堆雪の形状変化が少ないと想定される試験日に、2回連続で同じ内容の計測をすることにより、計測結果の再現性を確認した。

a) 試験条件

- ・試験日時 : 2011年1月13日～1月25日
- ・試験場所 : 一般国道231号 KP1～KP20 / 一般国道337号 KP87～KP90

b) 試験結果

計測速度を変化させ計測試験を行った結果、時速40km/hの計測速度でも、堆雪及び道路付属物の形状を本計測システムにより再現できていたことから、本計測手法の時速40km/hまでの速度対応性を確認することができた（図-3）。

また、計測ではサンプリング間隔を1秒としたことから、全く同じ地点を計測することはほぼ不可能であるが、WEBカメラによって撮影した画像を確認し、ほぼ同一であると想定される地点の各速度における計測結果の比較を参考として行った。この結果、堆雪高さ及び車道有効幅員の計測では、計測値の差は100mm以下であったことから、計測結果の再現性を確認した（表-3）。

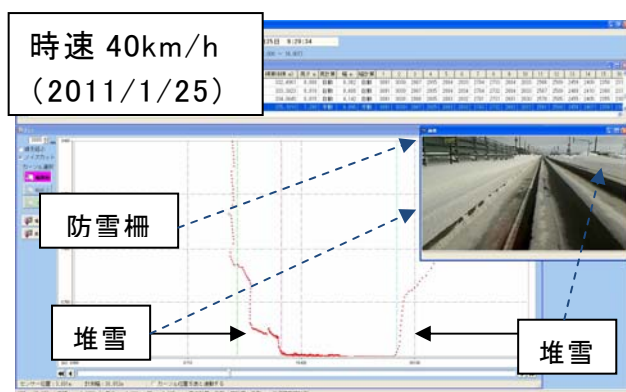


図-3 路上計測結果の表示画面

表-3 路上計測試験の結果（抜粋）

R231 KP16 (L)	20km/h (1/25)	40km/h (1/25)	計測値の差
堆雪高さ	1,280mm	1,378mm	98mm
道路 有効幅員	9,895mm	9,991mm	96mm
R231 KP19 (R)	20km/h (1/25)	40km/h (1/25)	計測値の差
堆雪高さ	1,777mm	1,792mm	15mm
道路 有効幅員	10,057mm	10,000mm	57mm

5. まとめ

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、レーザースキャナーを用いた道路有効幅員計測システムを構築し、各種計測試験を行った。この結果、計測車両停止状態及び各計測速度における計測精度のほか、計測速度への対応性及び計測結果の再現性についても確認することができた。今後は、実用的な計測システムに向けた改良を行うなど、更なる検討を進めていく所存である。

【参考・引用文献】

- 1) 徳永ロベルト, 高田哲哉, 高橋尚人, 2011: 寒冷地域における冬期道路の性能評価に関する研究, 第43回土木計画学研究発表会。
- 2) 石川真大, 佐々木憲弘, 中村隆一, 今岡大輔, 2008: 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。