

## 論文

# 歩道除雪による堆雪帯変化

宮腰 和弘<sup>1</sup>・梅沢 圭佑<sup>2</sup>

<sup>1</sup>環境都市工学科 (Department of Civil Engineering, National Institute of Technology, Nagaoka College)

<sup>2</sup>東日本高速道路株式会社 (East Nippon Expressway Company Limited)

The Simulation of snow belt section growth by sidewalk snow removal

Kazuhiro MIYAKOSHI<sup>1</sup>, Keisuke UMEZAWA<sup>2</sup>

### Abstract

The objectives of this paper are to grasp of snow belt growth on sidewalk and simulation towards the walking environment in winter. This survey was carried out in the urban areas of Nagaoka city. Walking environment of sidewalk which is mainly dependent on the types of snow removal patterns. As a result for the predicted value of high of snow belt section, a measured value and high correlation were provided.

**Key Words :** snow belt section, snow removing situation, sidewalk snow removal, walking space

## 1. 背景及び目的

豪雪地帯の冬季における歩行環境は歩道でも、幅員の縮小、路面の凍結による転倒事故の発生等、様々な問題が混在している。さらに、十分に歩道幅員が確保されていない路線では、歩道幅員や構造の問題により機械除雪が困難であり、歩行が不可能な路線もみられる。

歩行者通行に支障となる歩道有効幅員の縮小は、歩道及び車道の除雪、排雪によって集積された堆雪帯の形成が原因のひとつである。歩行者は堆雪帯変化の影響を受け、歩道上の限られた幅員での通行を強いられている。歩道上の歩行空間（歩行可能幅）を確保するために歩道除雪が重要な役割を果たす。堆雪帯は歩道・車道除雪、気象状況、融雪等、様々な要因により成長、変化する。冬季歩行空間に影響を及ぼす堆雪帯変化を把握することで歩行の安全性が確保できると考えられる。そこで本研究では対象路線を設定し歩道状況、堆雪帯変化の把握を行うこ

とで、冬季歩行空間に及ぼす歩道除雪と堆雪帯変化の影響を明らかにすることを目的とする。

## 2. 研究方法

### 2.1 歩道断面計測

まず、降雪前に対象路線の歩道幅員、有効幅員、路側帯幅、車道幅について計測を行い、歩道断面図を作成した。冬季対象期間中、降雪を確認後、午前9時前後に歩道の積雪、堆雪、歩行路面状況を確認し、歩道断面の計測を行った。堆雪帯の成長変化、歩道路面状況の把握のため多面的に写真撮影を行い、堆雪帯は民地側、車道側に分けて、それぞれ堆雪帯幅、堆雪帯高、歩道幅員から堆雪帯幅を引いた歩行可能幅の計測を行う（図1-3）。

### 2.2 歩道路面状況の把握

冬季歩行環境については利便性、安全性、快適性の3つの要素が考えられるが、中でも最も重要な安

全性の中でも重要な要素である歩道路面状態について各路線でそれぞれ調査を行い、歩行環境の状況を把握した。歩行スペースの広さは歩道除雪機械幅が歩行可能幅に大きく影響する。ここでは路面状態に着目し、雪無し、新雪、圧雪、シャーベット、アイスバーンの5種類に分類し、歩行困難な状況を把握した(図5-10)。

### 2. 3 除雪シミュレーションの概要

除雪シミュレーションは、堆雪帯高を算出する式を用いる<sup>4)</sup>。算定式には歩道断面計測によって得られた当日の堆雪帯形状データ、気象状況(アメダス長岡観測所)、前日の堆雪帯形状データ、除雪状況を基に、堆雪帯高の算出を行う。以上の結果と除雪作業実態の比較、分析した。また、除雪シミュレーションによって算出された堆雪帯高を用いて、理論上の堆雪帯高の予測を行った。その際、既往の研究<sup>4) 5)</sup>では、融雪算定式より得られた融雪量にいくつかの融雪係数(K)を乗じることで適正值に近い融雪量としてきた。平成22,23年度対象路線でのシミュレーション結果では理論上の堆雪帯高が計測値より高い値となり、融雪量が不足していることが明らかとなった。そこで融雪係数を計測値との誤差が最小になるように変化させ、暫定的な融雪係数を決定導入する。

### 2. 4 対象路線

対象路線はデータの蓄積、比較を行うため平成23年度と同様に市道富曾亀112号線(中越高校前)(以下、中越高校前)、市道東幹線47号線(東北中学校前)(以下、東北中学校前)、国道8号長岡バイパス(川崎地区)(以下、長岡バイパス)の3路線を選定した。また、長岡市「雪みち計画」より除雪頻度が高い路線、消融雪施設を有していない路線、歩道タイプがマウンドアップ方式であり、歩道幅員が平成22年度よりも狭い路線であることもその選定理由とした。

除雪頻度の低い路線の歩道は、堆雪スペースとされ、歩行不可能となっている場合が多い。消融雪施設を有していない区間は、有している区間に比較し、堆雪帯成長が促進され、除雪頻度も増加し、歩道除雪実態を把握しやすいためである。また、マウンドアップ方式は歩道と車道の明確な分離がなされており、車道面から歩道面への雨水等の流入がない。

計測地点の歩道断面形状は、長岡バイパスで歩道幅員300cm、東北中学校前で200cm、中越高校前で250cmとなっている(表1、図1-3)。

### 2. 5 歩道除雪状況

長岡市内の歩道は、「雪みち計画」(表2)に基

づき、民間委託または住民のボランティアにより除雪作業が行われている。平成22年度より雪みち計画で定めている歩道除雪の出動基準は「積雪15cm」から「積雪20cm」となっている。対象路線の内、東北中学校前及び中越高校前ではいずれも学校周辺の為、通学路となっており、優先度が高いことから除雪ランクAの歩道除雪が行われている。また、長岡バイパスでは直轄国道に指定され除雪ランクAの歩道除雪が行われている(平成25年2月20日現在)。

計測期間83日間(平成24年12月8日～平成25年2月28日)中、20cm以上の日降雪量があった日は9日あり、市道2路線では15日、長岡バイパス17日、歩道除雪が行われた。平成21年度までの歩道除雪基準である日降雪量15cm以上の日は16日であり、歩道除雪回数と同様な日数であった。

## 3. 結果

### 3. 1 堆雪帯成長及び変化

平成24年12月8日から歩道上に降雪があり断続的に堆雪し始めた。24年度の12月は、短期間に多量の降雪を記録し、その後数日間は穏やかになるという例年にならぬ降り方であった。計測を開始した2日後(同10日)には3対象路線で歩道除雪が行われ、長岡バイパスでは、既に車道側堆雪帯高86cmを記録し、既往の測定結果と比較してもその堆雪帯高成長速度は著しかった。計測期間における車道側堆雪帯の高さの推移を図4に示す。

計測期間中の最大時堆雪帯高は平成25年1月11日に中越高校前で132cm、東北中学校前で158cmであった。長岡バイパスは1月20日に182cmとなっている。23年度の同時期の堆雪帯高と比較しても3対象路線でいずれも25cm以上高い結果となった。また、民地側堆雪帯は市道2路線で計測期間中に4回、一時的に消滅した。

### 3. 2 歩道断面状況

市道2路線では民地側堆雪帯幅が狭いことが、歩行可能幅、車道側堆雪帯幅の確保に直接関係している。特に、東北中学校前では3対象路線の中で最も歩道幅員が狭く、歩道除雪機械幅は中越高校前と比べ20cm広いため、車道側堆雪帯を確保するために車道路側帯白線を越えて堆雪し、車道幅員を狭める場合が頻繁に生じた。

### 3. 3 歩道路面状況

歩道路面の状況を5種類に分類し、歩行が困難で

歩道除雪による堆雪帯変化

表 1 対象路線歩道断面幅員

路線名	歩道幅員(cm)	路側帯幅員(cm)
市道富曾亀112号線	250	100
市道東幹線47号線	200	100
国道8号長岡バイパス	300	200

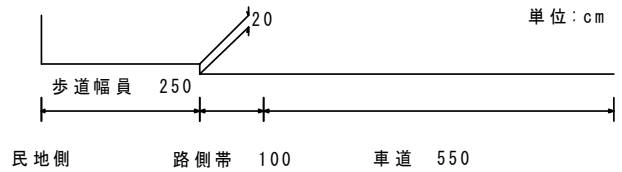


図 1 歩道断面図（中越高校前）

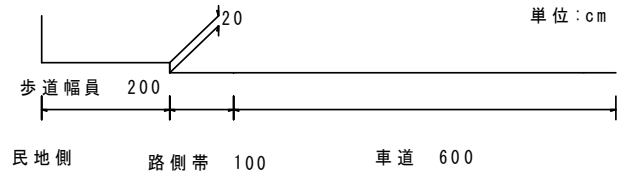


図 2 歩道断面図（東北中学校前）

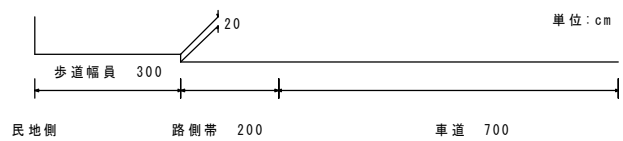


図 3 歩道断面図（長岡バイパス）

表 2 平成 22 年度雪みち計画 [除雪ランク]

ランク	呼称	内容	備考
A	早朝除雪	早朝(通勤、通学時)、昼夜を問わず、必要な時に除雪を行う。	交通量が多く、通学路となっており、道路構造上も除雪が容易な区間
B	昼間除雪	昼夜の必要な時に除雪を行う。(早朝、夜間は除雪しない。)	交通量が多く、道路構造上も除雪が容易な区間
C	連続降雪除雪	2~3日程度の降雪が収まった後、車道除雪に余裕が出た時に除雪を行う。	除雪が必要な一般的な区間
D	その他	積雪の落ち着いた時、または春先に除雪を行う。	交通量等からみて除雪の必要性が低い、または道路構造上除雪が困難な区間

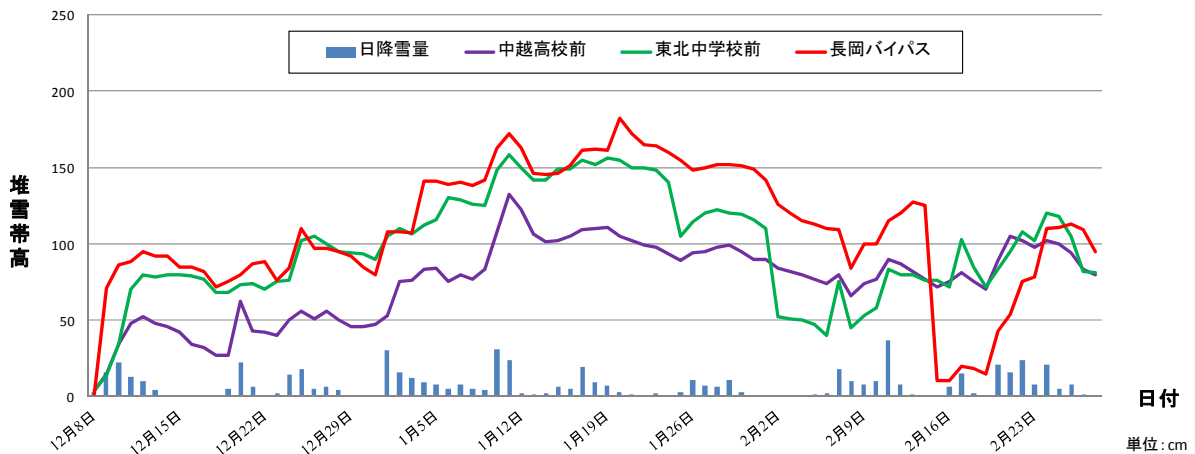


図 4 車道側堆雪帯高の変化

あると考えられる日（以下、歩行困難日）を実際の計測中、及び撮影路面写真から判断し、歩行困難日となるパターン分類を行った（歩行困難日とその前日の路面状況で区別）。尚、歩行困難日の路面状況も 5 種類の内のいずれかに該当するものとした。歩行困難日の判断基準として、15cm 程度の降雪時に歩道除雪が行われておらず積雪がある場合、歩道除雪が長期間行われず、十分な歩行幅が確保されていない場合の様に極めて歩行が困難と判断できる状況

を該当するものとした（図 10）。

そのため比較的降雪状況が類似した傾向がみられた平成 23 年度、1 月までの状況との比較を行うこととした。次に日降雪量 5cm 以上の日について着目し、①その翌日から 3 日間以上、日降雪量 5cm 以上継続し、②日降雪量 15cm 以上を含んでいる期間で③日降雪量 1cm~4cm 以下となる日までの、以上 3 つの条件に該当する期間を抽出した（表 3,4）。

対象路線の抽出期間中の路面状況とその割合を図

11~14 に示す。平成 24 年度（平成 24 年 12 月 8 日～平成 25 年 1 月 23 日）。平成 23 年度（平成 23 年 12 月 15 日～平成 24 年 1 月 31 日）。

歩道路面状況は各路線ごとに特徴がみられ、平成 24 年度、23 年度合わせて最も多く該当した路面状況は、中越高校前で雪無し 30%、東北中学校前で圧雪 30%、長岡バイパスで新雪 34%以上となった。「雪みち計画」における出動基準では、除雪後は残雪深 5cm 以下の状態を確保することが基準となっている。中越高校前では残雪深が他 2 路線よりも少ない状況が顕著に見られ、付近にある消融雪パイプの出水が少なからず影響し、雪無しに至ったものと考えられる。東北中学校前では通学路となっており、歩行者通行量も非常に多く、そのため路面状況が圧雪になる状態が頻繁に生じた。長岡バイパスでは他 2 路線に比べて歩行者の通行量が極端に少なく、付近に消融雪パイプがないことが新設のままの状況が多くなる要因と思われる。

年度別での割合をみると目立った差異は無いが、平成 24 年度は 12 月の平均気温が 23 年度に比べ日平均気温が 1℃低く（2.2℃）、降雪の合計が約

40cm 多かった（161cm）。以上が 24 年度、雪無しの状態が 23 年度に比べ、約 12%少ない要因であった。



図 5 雪無し 図 6 新雪



図 7 圧雪 図 8 シャーベット



図 9 アイスバーン 図 10 歩行困難例

表 3 抽出期間歩道路面状況（平成 24 年度）

日付	中越高校前	東北中学校前	長岡バイパス	日降雪量
2012/12/9	新雪	新雪	新雪	16
12/10	シャーベット	圧雪	シャーベット	22
12/11	シャーベット	シャーベット	シャーベット	13
12/12	雪なし	圧雪	圧雪	10
12/13	雪なし	シャーベット	シャーベット	4
12/24	新雪	圧雪	シャーベット	14
12/25	アイスバーン	圧雪	新雪	18
12/26	新雪	圧雪	シャーベット	5
12/27	新雪	新雪	新雪	6
12/28	圧雪	圧雪	圧雪	4
2013/1/1	新雪	新雪	新雪	30
1/2	新雪	新雪	新雪	16
1/3	新雪	新雪	新雪	12
1/4	圧雪	圧雪	新雪	9
1/5	新雪	圧雪	新雪	8
1/6	シャーベット	シャーベット	圧雪	5
1/7	圧雪	圧雪	新雪	8
1/8	新雪	圧雪	圧雪	5
1/9	アイスバーン	アイスバーン	アイスバーン	4
1/15	新雪	新雪	新雪	6
1/16	新雪	圧雪	圧雪	5
1/17	シャーベット	圧雪	圧雪	19
1/18	圧雪	アイスバーン	圧雪	9
1/19	シャーベット	シャーベット	新雪	7
1/20	シャーベット	シャーベット	圧雪	3

表 4 抽出期間歩道路面状況（平成 23 年度）

日付	中越高校前	東北中学校前	長岡バイパス	日降雪量
2011/12/17	雪無し	シャーベット	新雪	18
12/18	新雪	新雪	新雪	5
12/19	シャーベット	シャーベット	新雪	6
12/20	シャーベット	シャーベット	シャーベット	7
12/21	雪無し	アイスバーン	シャーベット	2
12/24	新雪	新雪	新雪	7
12/25	圧雪	圧雪	圧雪	13
12/26	雪無し	圧雪	アイスバーン	15
12/27	新雪	新雪	新雪	8
12/28	シャーベット	シャーベット	シャーベット	6
12/29	新雪	新雪	新雪	5
12/30	新雪	新雪	新雪	5
12/31	シャーベット	圧雪	圧雪	2
2012/1/10	圧雪	圧雪	シャーベット	10
1/11	雪無し	圧雪	シャーベット	8
1/12	圧雪	圧雪	圧雪	16
1/13	シャーベット	新雪	圧雪	2
1/24				12
1/25	新雪	新雪	新雪	23
1/26	雪無し	新雪	新雪	24
1/27	シャーベット	圧雪	新雪	30
1/28				15
1/29	圧雪	圧雪	圧雪	3

（赤点線：歩行困難日，緑：歩道除雪日，青：日降雪量 15cm 以上の日）

歩道除雪による堆雪帯変化

抽出期間中の路面状況の特長として、降雪初期の12月は気温が比較的高く、水分を多く含む降雪により路面がシャーベットである割合が高く、シャーベットによる歩行困難日が多く該当した。また、24年度1月上旬、23年度1月下旬は、日降雪量が多く、新雪の状態が頻繁にみられた。短期間に多量の降雪があり、歩道除雪が間に合わず、新雪による歩行困難日が頻繁に発生した。24年度の1月下旬も多くの降雪があり、歩道路面は新雪の状態が多かったが、除雪回数が多かったため歩道路面は圧雪の状態となり、歩行困難日になるのが回避できていた。

最も歩行が困難であると考えられるパターンは24年度、「新雪」から「新雪」のパターンであり、抽出期間中の歩行困難日、全体の約46%が該当した。昨年度23年度は、「新雪」から「シャーベット」が最も多く、同様に約30%が該当した。

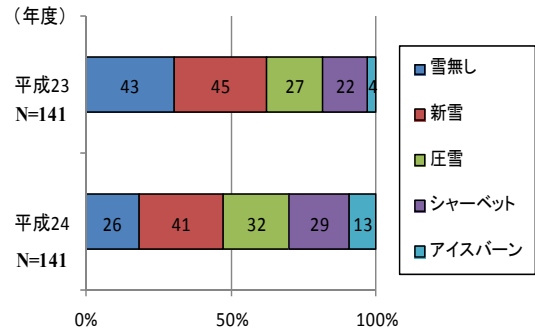


図12 年度別合計割合

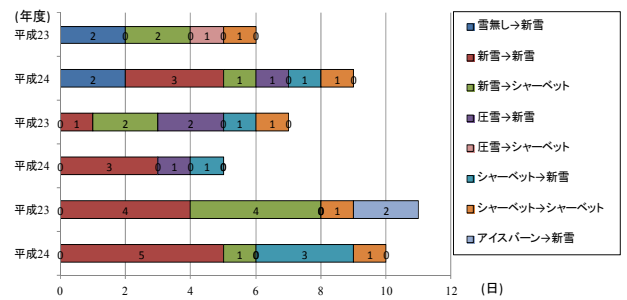


図13 歩行困難日パターン

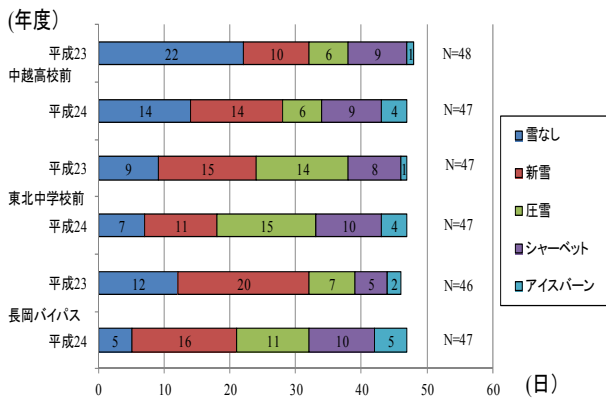


図11 3路線歩道路面状況結果

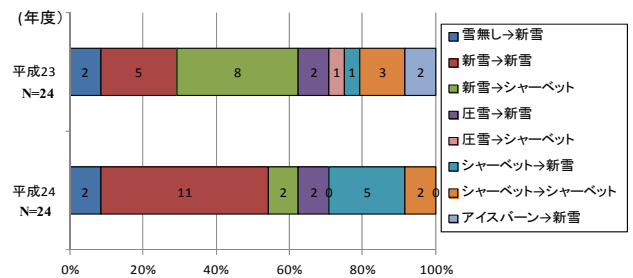


図14 年度別歩行困難日パターン割合

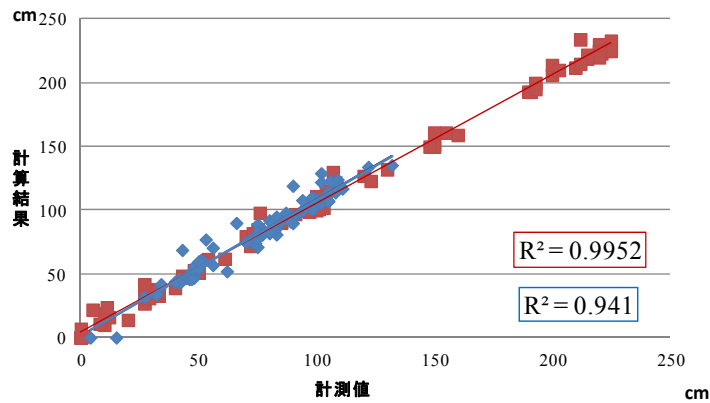


図15 除雪シミュレーション結果 (中越高校前)

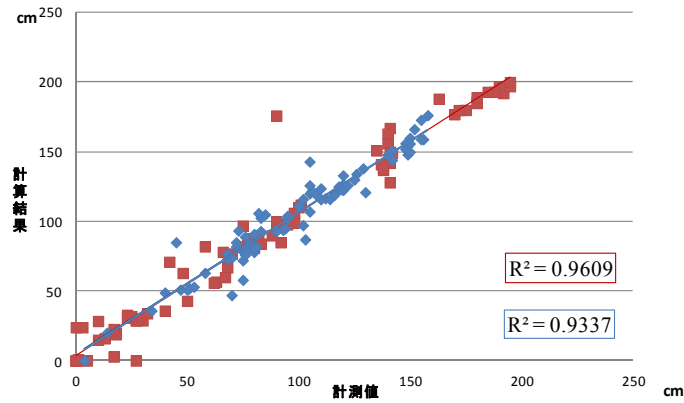


図 16 除雪シミュレーション結果（東北中学校前）

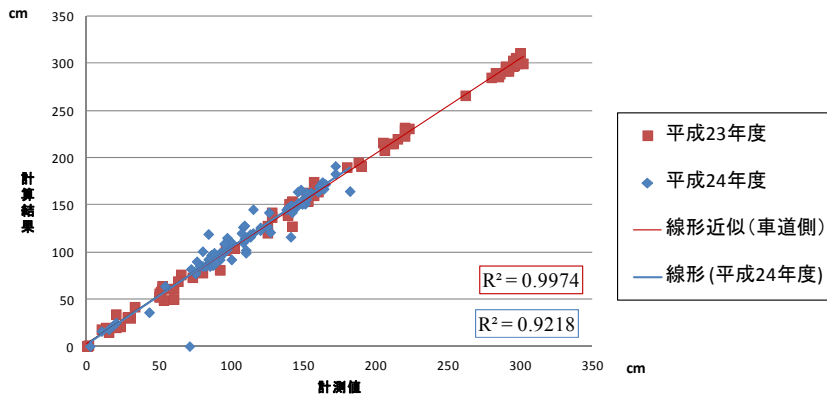


図 17 除雪シミュレーション結果（長岡バイパス）

### 3. 4 除雪シミュレーション結果

平成 20 年度から平成 23 年度は、融雪算定式で使用する日射熱量を求めるとき、日照のない夜間の天気別平均日射熱量を除いて計算していた。しかし、夜間では曇り、雨、雪の天気別平均熱量が作用する。また、堆雪帯は降雪による積雪に加え歩道除雪によって投雪された雪が堆雪する。そのため、積雪層と投雪層が交互に積み重ねられて堆雪断面が形成される。以上の 2 点を考慮し、24 年度の除雪シミュレーションを行った。

横軸に実際に計測を行って得た計測値、縦軸に堆雪帯高の算定式より得られた計算値をとり、各路線相関を求めたところ、中越高校前で 0.94、東北中学校前で 0.93、長岡バイパスで 0.92（いずれも車道側堆雪帯）であった（図 15~17）。降雪の合計がほぼ同じ高さである 23 年度（平成 23 年 12 月 8 日～平成 24 年 1 月 26 日）と比較すると計測値、計算値の分散、標準偏差は共に市道 2 路線ではほぼ同様の数値になった。24 年度は、図 4 から分かる

るように短期間降雪が続きその後、降雪がないといった降雪パターンであった。そのため、融雪の算定で誤差を多く含む結果へと繋がったと考えられる。

### 3. 5 堆雪帯高の計算結果

2. 3 でも述べたように堆雪帯高の算定式は前日の堆雪帯高、当日の歩道除雪状況、融雪量によって算出される。本節では実際に計測して得られた堆雪帯高を導入して計算した値をシミュレーション値と呼ぶ。そして、前日堆雪帯高に算出されたシミュレーション値を加えて算出された結果を理論上の堆雪帯高と呼ぶ。ここで使用した融雪係数 (K) とは、本来ならば融けきっているはずの雪が融けきれておらず、融雪量が不足する状況を融雪式から得られた融雪量にいくつかの係数を乗じることで、実際の適正值に近い融雪量を決定するための係数である。シミュレーション値、理論上の堆雪帯高（青線）では  $K=2$  を使用しており、図 15~20 をみて分かるように  $K=2$  では実際の値よりも高い値となる。そこで月別に融雪係数の値を

変化させ、計測値との誤差が最小になるように K を暫定的に変化させたものが緑のグラフ（融雪係数変化）である。より計測値との誤差が少なくシミュレーション値に近似していることが分かる。その際の融雪係数（K）の値は表 5,6 を示す。尚、融雪量を求める際の日射熱量、雪面反射能は既往の研究<sup>3)</sup>での値を使用した。

中越高校前は、ロータリ除雪車の出動回数が他 2 路線に比較して少なく、車道側除雪からの影響が少なかった。

東北中学校は、歩道幅員、車道幅員も対象 3 路線の内最小で、車道除雪、ロータリ除雪の影響が大きく生じ、平成 23, 24 年度での関連性が見られなかった。

長岡バイパスは交通量が多く、頻繁に車道の拡幅除雪が行われ、その影響が車道側堆雪帯に大きく生じた。歩道除雪以外の影響を受けやすい 2 路線では融雪係数に関連性が見られず、理論上の堆雪帯高の予測をしていく上では不十分な計算結果となった。

中越高校前で 12, 1 月の融雪係数を用いて 2 月の堆雪帯高の予測値を求めてみたところ、平成 23 年度では実際の計測値と比較し、ほとんど差異はみ

られない結果になった（平成 24 年 2 月 29 日で約 10cm の誤差）。平成 24 年度では計測値よりも非常に高い値となってしまった（平成 25 年 2 月 28 日の値）。これは 24 年度、2 月の融雪係数（表 5）をみて分かるように、他月に比較してその値が突出して大きいことからわかる。2 月は連続 5 日間降雪が観測されないなど小雪であった。そのため 12, 1 月の融雪量で 2 月の予測値を算出した結果、融雪量が実際より遥かに足りず、計測値との誤差が増大してしまう結果となった。

表 5 平成 24 年度融雪係数（K）の値

月	中越高校前	東北中学校前	長岡バイパス
12	97	1	84
1	29	56	21
2	210	181	244

表 6 平成 23 年度融雪係数（K）値

月	中越高校前	東北中学校前	長岡バイパス
12	55	95	11
1	27	17	1
2	42	133	1

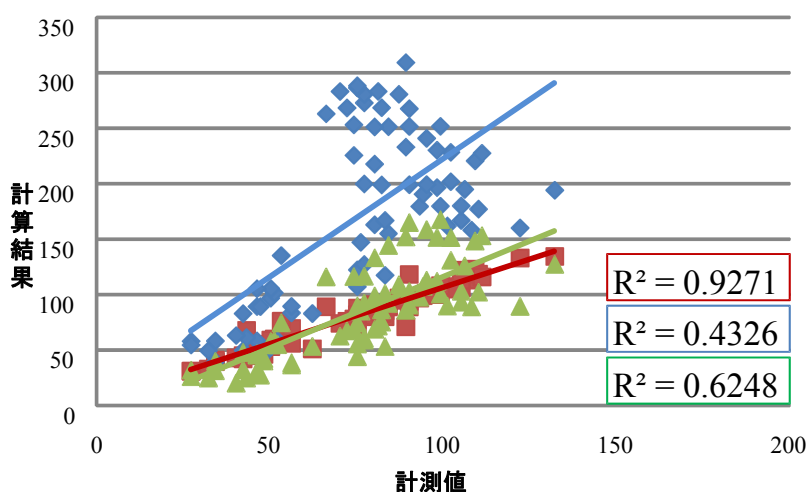


図 18 平成 24 年度中越高校前

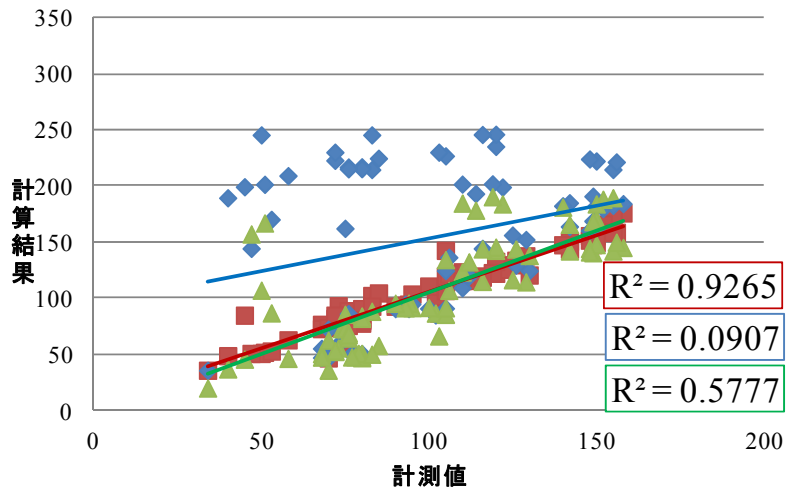


図 19 平成 24 年度東北中学校前

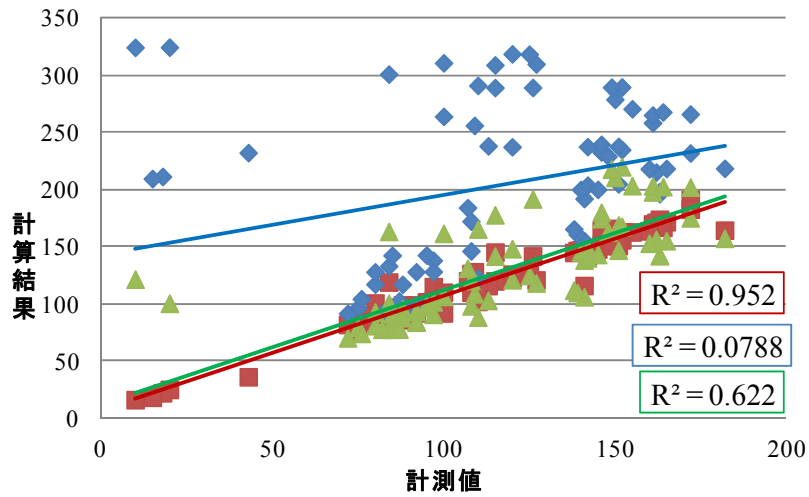


図 20 平成 24 年度長岡バイパス

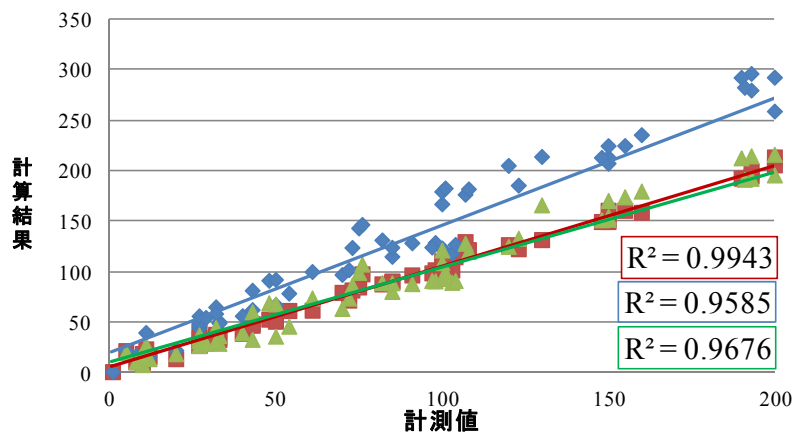


図 21 平成 23 年度中越高校前



歩道除雪による堆雪帯変化

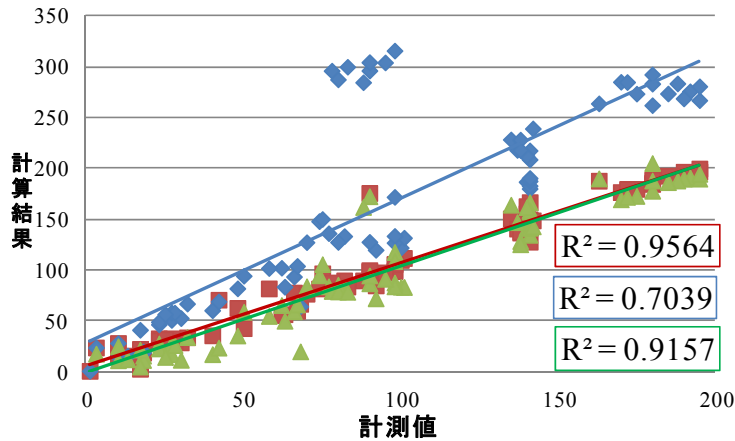


図 22 平成 23 年度東北中学校前

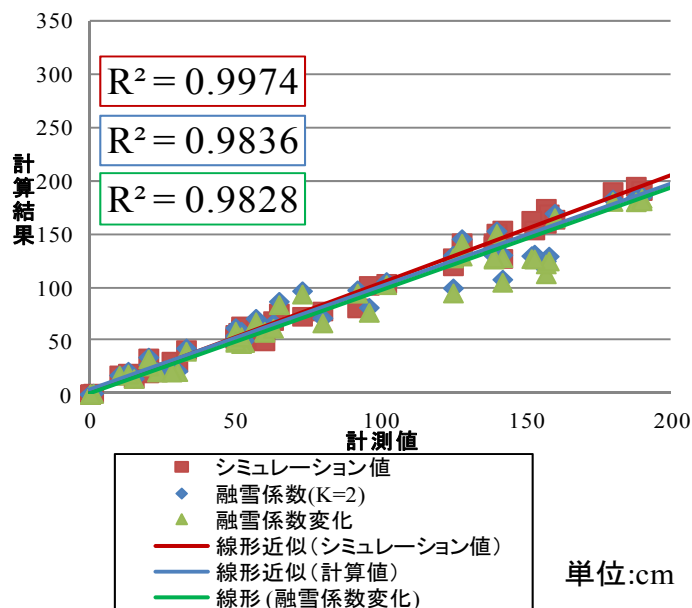


図 23 平成 23 年度長岡バイパス

4. 考察

計測期間全 83 日間（平成 24 年 12 月 8 日～平成 25 年 2 月 28 日）の計測より、冬季歩道実態、堆雪帯成長の特徴が 3 路線毎に確認できた。計測を開始した 2 日後から多量の降雪が観測され、除雪体制が十分整っていない早い時期とも重なり、歩道のみならず車道も除雪が不十分でその機能を果たすことが困難な状況であった。

中越高校前は付近に消融雪パイプがあり、出水による影響を受けている箇所、受けていない箇所とは堆雪の差が歴然としていた。

また、車道を挟んだ反対側の路側帯幅が広いことが、車道除雪によって雪が歩道の車道側堆雪帯に排

雪されることへの緩和に繋がっていた。そのためロータリ除雪車の除雪回数が他 2 路線に比べ極端に少なく、堆雪帯高が最小となる結果となった。歩道除雪以外の影響が少なかった本路線では除雪シミュレーションの相関が高いことが明らかとなった。

東北中学校前は、車道幅員が非常に狭く、また路側帯幅も狭いことから多量の降雪があるとすぐさま車道除雪による除雪で排雪が行われ、車道側堆雪帯幅が著しく広く、車道幅員も減少し、道路交通にも影響を及ぼす状況が多々みられた。拡幅除雪のロータリ除雪の回数は長岡バイパスより少ないものであり、同じ市道の中越高校前とはその回数の違いが明白であり、堆雪帯高はその都度、気象状況の降雪量では補えないほどの差が生じた。

長岡バイパスは、平成 25 年 1 月 1~3 日にかけて日降雪量 10cm 以上の日が続いたにも関わらず、歩道除雪回数が他 2 路線に比べ少なく、歩道上を歩くことが非常に困難であった。

歩道除雪に関して、市道 2 路線について、除雪作業実態に違いは見られなかった。長岡バイパスでは、24 年度はロータリ除雪車による投雪層に均一性がみられず、堆雪帯高のばらつきが顕著であった。そのため、計測箇所とその付近では最大 65cm もの差が生じた。また、24 年度は 12 月中旬、1 月中旬にロータリ除雪車による民地側堆雪帯へ直接投雪が確認され、車道側堆雪帯高の上昇が抑制された。最大時堆雪帯高を平成 23 年度と比較すると、3 路線とも平成 23 年度のほうが高い値となっており、なかでも長岡バイパスでは 24 年度最大値の約 1.7 倍の 302cm であった。堆雪帯の排雪について、24 年度は堆雪帯高 125cm で排雪が行われたのに対し、平成 23 年度では 302cm を越えても行われなかった。この値は、市内関原地区で観測された 250cm に比較しても高く、堆雪高に対する排雪の対応が不明である。また、歩道除雪回数についても約 2 倍の日数で行われ、除雪状況に違いがみられた。

歩道路面状況については、対象期間中、中越高校前では 13 日、東北中学校前では 10 日、長岡バイパスでは 18 日が歩行困難日に該当し、いずれの路線も 30%以上が前日の路面状況「新雪」から歩行困難日「新雪」となる路面状態パターンに該当した。このパターンの特徴として、多量の降雪が短期間に集中し、歩道除雪が間に合わずに歩行困難日になるパターンである。その他のパターンとしては、「シャーベット」から「新雪」による歩行困難日が長岡バイパスで全体の 67%であった。長岡バイパスでは路面状態が「雪無し」になる日数が少なく、他に比較して「シャーベット」の状態が多かった。

除雪シミュレーション結果は、平成 23 年度と比較しても、雪の降り方による影響に差異はみられなかった。しかし、2 月は降雪量の合計が少ないことや、日射時間等の要因により、算定式の融雪量が著しく不足し、実際の計測値よりも遥かに高い値が算出されたため、相関係数は平成 23 年度に比較し、やや低い傾向となった。

理論上の堆雪帯高は歩道除雪以外の要因による影響を受けるとその精度が著しく低下することがわかった。東北中学校前、長岡バイパスは車道除雪、排雪等の影響を大きく受け、融雪係数の適正值について

予測を行うことが困難であった。中越高校前はデータ数を増やしていくことによって堆雪帯高の予測値を求める際の融雪係数が、23、24 年度の 1 月については、30 程度で安定し、適正な排雪日等を計算する際の指標にもなると考えられる。今後は、各路線のタイプ別に理論上の堆雪帯高の融雪係数を決定し、堆雪帯成長の予測を考慮する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 長岡市役所 (2009-2012) : 「雪みち計画 (平成 21-24 年度)」
- 2) 気象庁 (2008-2012) : 気象統計情報アメダスデータ「長岡市緑町観測値」
- 3) 増川直実 (1987) : 「国道除雪作業シミュレーションの開発に関する研究」長岡技術科学大学修士論文
- 4) 宮腰和弘, 小林拓 (2016) 「歩道堆雪帯の計測による地方都市冬季歩行空間」長岡工業高等専門学校研究紀要第 52 巻, pp.50-59
- 5) 梅沢圭祐, 宮腰和弘, 高橋健太 (2012) : 「歩道状況の変化からみた冬季歩行空間への影響」, 第 30 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, pp.318-319
- 6) 池佳祐, 梅沢圭祐, 宮腰和弘 (2013) : 「歩道除雪による堆雪帯成長の把握とシミュレーション」, 第 31 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, pp.248-249
- 7) 宮腰和弘 (2000) : 「積雪地域における歩道環境についてー長岡市の冬季歩道環境をケーススタディとしてー」日本都市計画学会都市計画論文集, 35, pp.235-240

(2017. 9. 29 受付)