

Winter Index に基づく道内各建設管理部の道路雪氷管理状況の検討

Study on road snow and ice control conditions of public work departments in Hokkaido based on Winter Index

北海学園大学工学部 ○学生員 松原雅子 (Masako Matsubara)
 北海学園大学大学院 学生員 田中俊輔 (Shunsuke Tanaka)
 北海学園大学工学部 正 員 武市 靖 (Kiyoshi Takeichi)
 北海道建設部土木局道路課 高尾英輝 (Hideki Takao)

1. はじめに

近年、道路雪氷管理費の削減傾向にある一方で、管理レベルの向上に対する社会的要請が高まっている。Winter Index(以下 WI)の導入による合理的な道路雪氷管理、管理業務の事後評価および予算、資機材の配分などは、維持管理の時代に入った現在、その意義は大きいと考えられる^{1), 2)}。

本研究は、合理的な道路雪氷管理の観点から、WIに基づき、道内 10 ヶ所の建設管理部の雪氷管理の状況を検討事例としてとりあげ、それらをまとめたものである。

2. Winter Index

2.1 SHRP の Winter Index

本研究では、道路雪氷管理を行う上での経時的・地域的な道路気象条件の厳しさを定量的に表す指標として、SHRP (Strategic Highway Research Program) のWIを使用した³⁾。

WIは解析期間を11月～翌年3月とし、路面温度、降雪量、結霜・結氷の3つの因子から構成され、気温と降雪量の気象観測データに基づき、次式により算出される。

$$WI = a\sqrt{TI} + b\ln\left(\frac{S}{10} + 1\right) + c\sqrt{\frac{N}{R+10}} + 50$$

(1)路面温度因子の係数：a(気温を使用)

TI=0(日最低気温>0℃)

TI=1(日最低気温≤0℃ & 日最高気温≥0℃)

TI=2(日最高気温<0℃)

$$TI = \frac{\text{解析期間の TI の合計値}}{\text{解析日数}}$$

(2)降雪量因子の係数：b

$$S = \frac{\text{解析期間の日降雪量の合計値(mm)}}{\text{解析日数}}$$

(3)結霜・結氷因子の係数：c

R=解析期間の平均最高気温－平均最低気温

N=(日最低気温≤0℃の日数)/解析日数

SHRP の WI は上記の 3 つ要素から構成されており、雪氷管理費と各構成因子との関係からそれぞれの重みを

$$a\sqrt{TI} = 35\%, \quad b\ln\left(\frac{S}{10} + 1\right) = 35\%, \quad c\sqrt{\frac{N}{R+10}} = 30\%$$

としている。

ここで、最も厳しい冬(過去の TI, S, N/(R+10)の最大値)の気象条件時を WI=-50、最も暖かい冬(TI=S=N=0)の気象条件時を WI=+50 となるように、気象データから a, b, c の係数を決定する。

2.2 北海道の WI の係数算出

北海道内 100 か所の AMeDAS 観測点の気象観測データを用い、1990 年度～2010 年度までの過去 21 年間の11月から3月までの冬期間について年度単位で TI, S, N/(R+10)の値を算出した。

最も厳しい値を示したのは、TI が糠平の 1.72(1999 年度)、S が幌加内の 161.0(1993 年度)、N/(R+10)が稚内の 0.062(2000 年度)であった。

この値から決定した係数は、a が-26.7, b が-12.3, c が-120.8 となった。この係数 a, b, c に基づき全道の WI を算出した。

3. 各建設管理部の WI

北海道内 10 ヶ所の建設管理部の WI は、それぞれの管轄地域に位置する AMeDAS 観測点の WI の平均値とした。図-1 は 2002 年度から 2010 年度まで 9 年間の各建設管理部の WI の推移を示したものである。

10 建設管理部のなかで最も厳しい値を示したのは旭川建設管理部で、2002 年度から 2010 年度までの WI の平均値は-31.3 であった。一方、室蘭建設管理部の WI の平均値は-18.4 となり、道内では比較的温暖な気象条件であるとわかった。

4. WI と雪氷管理費の関係

4.1 各建設管理部の WI と車道除雪費

2002 年度から 2010 年度までの各建設管理部の WI と 1km 当たりの車道除雪費の関係を比較した。

図-2 に示すように、10 建設管理部のなかで比較的高い相関を示したのは札幌建設管理部で、母集団から乖離した 2006 年度のデータを除けば相関係数は 0.722 であ

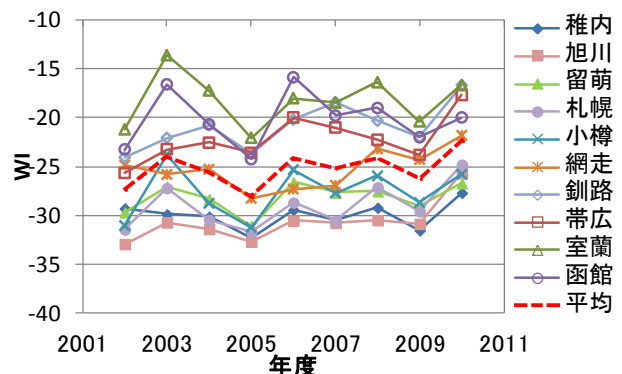


図-1 各建設管理部の WI の推移

った。近似式に基づくと、WI が 1 低下すると車道除雪費は約 2.05(万円/km)増加することがわかる。

留萌建設管理部でも相関係数は 0.722 となり、比較的高い相関が得られた。WI が 1 低下すると車道除雪費は 2.05(万円/km)増加している。

また、札幌と留萌建設管理部では WI が同程度でも札幌の方が車道除雪費は高くなった。これは札幌が DID(人口密集地域)や交通量の多い幹線道路を多く含むなどの社会的条件によるものと考えられる。

網走、釧路および帯広建設管理部の少雪厳寒地域では、相関が得られなかったため、検討する余地がある。

4.2 各建設管理部の WI と薬剤散布費

2002 年度から 2010 年度までの各建設管理部の WI と 1km 当たりの薬剤散布費の関係を比較した。ここで、薬剤とは凍結防止剤のことである。

図-3 に示すように、10 建設管理部のなかで比較的高い相関を示したのは留萌建設管理部で、母集団から乖離した 2003 年度のデータを除くと相関係数は 0.868 であった。WI が 1 低下すると薬剤散布費は約 0.02(万円/km)増加している。

図-4 に示すように、小樽建設管理部は相関係数が 0.808 と比較的高い相関が得られたが、WI が 1 低下すると薬剤散布費は約 0.41(万円/km)減少している。

他の建設管理部では、釧路や室蘭、函館建設管理部は全く相関が得られなかったが、稚内、旭川、札幌、網走、帯広建設管理部では小樽建設管理部と同様に WI が厳しくなるにつれて薬剤散布費は減少する傾向がみられた。降雪量が増加すると WI は厳しくなるが、雪氷管理は除雪が主体となるために薬剤の散布量はあまり増加しないことが原因と考えられる。

また、図-6 に示すように、薬剤散布費の全道の合計額は年々増加傾向にある。

4.3 各建設管理部の WI と RH 費

2002 年度から 2010 年度までの各建設管理部の WI と 1m² 当たりのロードヒーティング(以下 RH)費の関係を比較した。

図-5 に示すように、10 建設管理部のなかで比較的高い相関を示したのは札幌建設管理部で、相関係数は 0.806 であった。WI が 1 低下すると RH 費は約 0.10(千円/m²)増加している。

また、函館建設管理部も相関係数は 0.876 と高い相関が得られた。WI が 1 低下すると RH 費は約 0.08(千円/m²)増加している。

他の建設管理部でも WI と RH 費は全体的にある程度の相関が得られた。これはセンサーによる自動制御などで RH が効率的に運用されていたためと考えられる。

全道の傾向として、図-6 に示すように RH 費の全道の合計額は年々減少している。RH はランニングコストが高いため、停止または稼働時間の短縮を図り、薬剤散布などに切り替える傾向にあるためと考えられる。

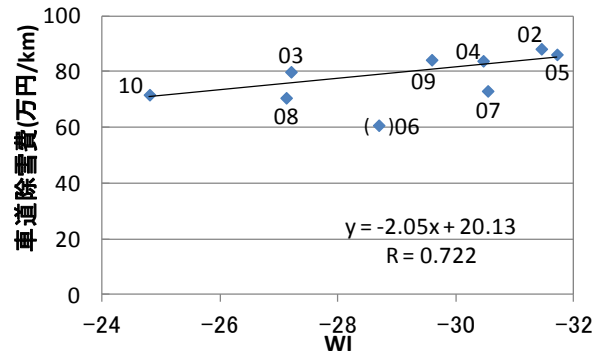


図-2 札幌建設管理部の WI と車道除雪費

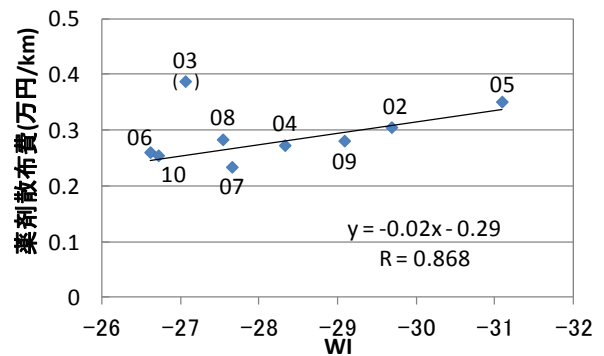


図-3 留萌建設管理部の WI と薬剤散布費

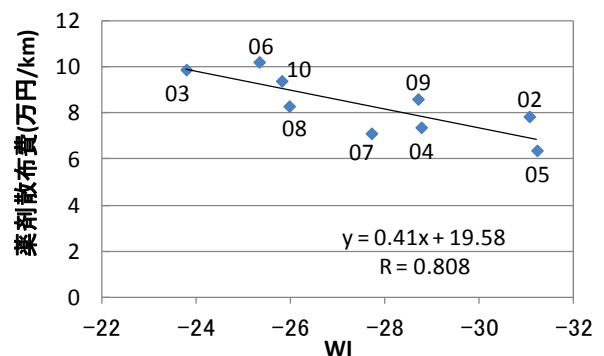


図-4 小樽建設管理部の WI と薬剤散布費

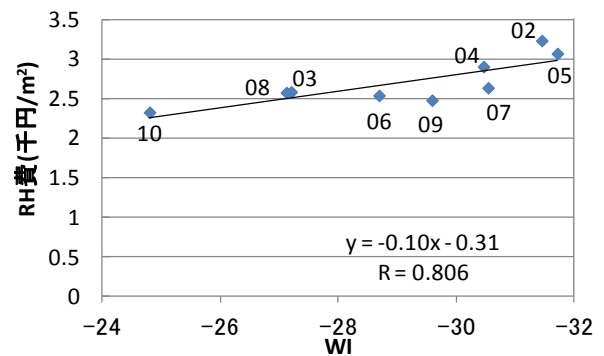


図-5 札幌建設管理部の WI と RH 費

5. 2010 年度雪氷管理費の予測

5.1 予測値の算出方法

2002 年度から 2009 年度までの WI と雪氷管理費のデータを用いて、2010 年度の雪氷管理費を予測し、実際の雪氷管理費と比較した。

まず 2002 年度から 2009 年度の各建設管理部の WI と雪氷管理費の関係をグラフにし、近似式を算出した。その近似式に 2010 年度の WI を代入することで、雪氷管理費の予測値を求めた。

5.2 車道除雪費の予測

WI と車道除雪費の関係について、10 建設管理部のなかで最も高い相関が得られたのは留萌建設管理部であった。図-7 に示すように、留萌の 2010 年度の車道除雪費の予測値は 35.4(万円/km)となり、実際の車道除雪費 35.9(万円/km)と近い値となった。

同様に比較的高い相関が高い札幌でも、2010 年度の車道除雪費の予測値は 69.9(万円/km)となり、実際の車道除雪費 71.7(万円/km)と近い値となった。

5.3 薬剤散布費の予測

WI と薬剤散布費の関係について、10 建設管理部のなかで比較的高い相関が得られた小樽建設管理部では、図-8 に示すように、2010 年度の薬剤散布費の予測値は 9.0(万円/km)で、実際の薬剤散布費 9.4(万円/km)と近い値となった。

留萌建設管理部でも、2010 年度の薬剤散布費の予測値は 0.2(万円/km)となり、実際の薬剤散布費 0.3(万円/km)と近い値となった。

5.4 RH 費の予測

WI と RH 費の関係について、10 建設管理部のなかで最も高い相関が得られたのは函館建設管理部であった。図-9 に示すように、函館の 2010 年度の RH 費の予測値は 2.0(千円/m²)となり、実際の RH 費 1.9(千円/m²)と近い値となった。

同様に札幌建設管理部も、2010 年度の RH 費の予測値は 2.2(千円/m²)となり、実際の RH 費 2.3(千円/m²)と近い値となった。

5. 各雪氷管理費予測のまとめ

車道除雪費、薬剤散布費、RH 費ともに、WI と各雪氷管理費との関係について較的高い相関が得られている建設管理部では、過去のデータに基づきその年の雪氷管理費を予測することが可能と確認された。

従って WI と各雪氷管理費の関係についてデータを蓄積し、まとめることで、雪氷管理費の事後評価も行うことが可能と言える。しかし相関が得られていない建設管理部については正確な近似式が得られず、正しい予測値を求めることはできなかった。この点についてはさらに検討が必要である。

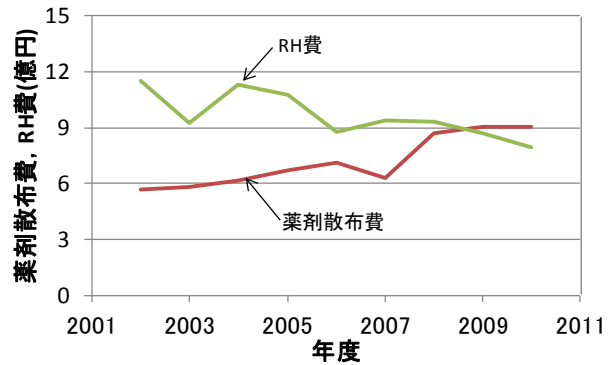


図-6 全道の薬剤散布費と RH 費の推移

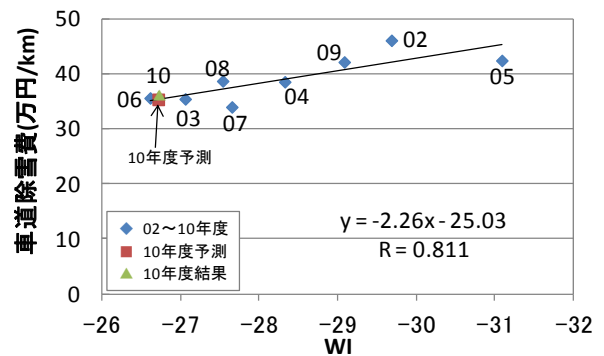


図-7 留萌建設管理部の車道除雪費予測

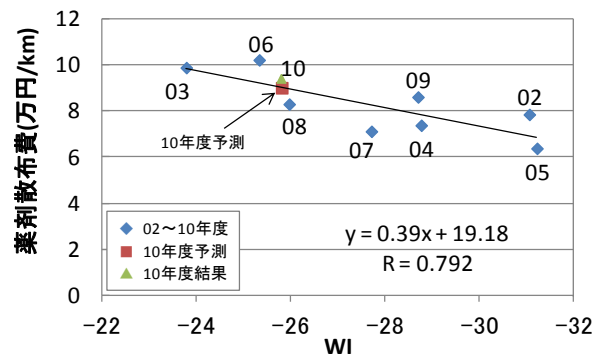


図-8 小樽建設管理部の薬剤散布費予測

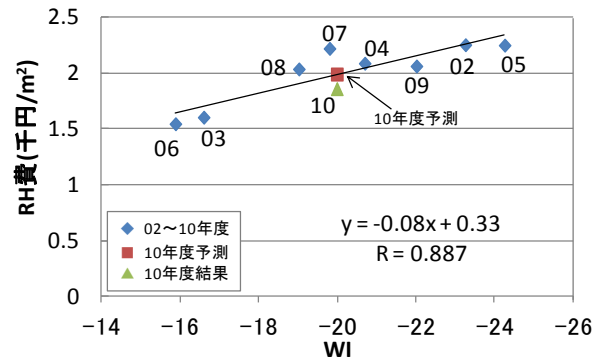


図-9 函館建設管理部の RH 費予測

6. ソルバーによる重み付けの見直し

6.1 算出方法

SHRP の WI は各因子の重み付けを、TI が 35%，S が 35%，N/(R+10)が 30%と定めているが、北海道の気象条件をより適切に表現するため、ソルバーにより各因子の重み付けの見直しを行った。

ソルバーとは、複数の変数を含む数式において、目標とする値を得るため最適な変数の値を求めることができる機能のことである。本研究では、WI の重み付けを変化させ、WI と各雪氷管理費との相関係数の絶対値の平均値が最大となるような重み付けを算出した。

6.2 ソルバーによる重み付けで算出した WI

ソルバーによる重み付けの検討を行ったところ、TI が 66%，S が 34%，N/(R+10)が 0%となり、各因子の係数は a が -50.3，b が -12.0，c が 0 となった。これに基づき各建設管理部の WI を算出した。

図-10 はソルバーによる重み付けで算出した、各建設管理部の WI の推移を示したものである。

10 建設管理部のなかで最も厳しい値を示したのは旭川建設管理部で、2002 年度から 2010 年度までの WI の平均値は -32.5 であった。SHRP の重み付けで算出した WI では旭川の平均値は -31.3 であったため、ソルバーで算出した WI の方がより厳しい値となった。

一方、室蘭建設管理部の WI の平均値は -17.2 となったが、SHRP の重み付けで算出した WI では -18.4 であり、ソルバーで算出した WI の方が大きな値となった。

このことから、SHRP で算出した WI よりもソルバーによる重み付けで算出した WI の方が、北海道の気象条件の地域差をより明確に表わしているといえる。

6.3 ソルバーによる WI と各雪氷管理費

ソルバーによる重み付けで算出した WI と各雪氷管理費との関係を比較した。

図-11 に示すように、札幌建設管理部のソルバーによる WI と車道除雪費では、母集団から乖離した 2006 年度のデータを除けば相関係数は 0.791 となり、SHRP の WI での相関係数 0.722 よりも高い相関が得られた。

札幌の薬剤散布費についてもソルバーによる WI では母集団から乖離した 2003 年度のデータを除くと相関係数は 0.774 となり、SHRP の WI での相関係数 0.658 よりも高い相関が得られた。

札幌の RH 費もソルバーによる WI では相関係数 0.875 となり、SHRP の WI での相関係数 0.806 よりも高い相関となった。

また、小樽建設管理部についても車道除雪費、薬剤散布費、RH 費の順に、ソルバーによる WI での相関係数は 0.481，0.832，0.671 であるのに対し、SHRP による WI では 0.462，0.808，0.681 となっており、全体的にソルバーでの WI の方が高い相関が得られた。

他の建設管理部についても同様の傾向がみられたため、SHRP よりもソルバーによる重み付けの WI の方が北海道の気象条件に適していると考えられる。

7. 結論

(1) 各建設管理部の WI と雪氷管理費の関係から、各建設管理部の雪氷管理の状況を把握し、過去のデータに基づき雪氷管理費の予測が可能と確認できた。さらに雪氷管理費の事後評価において、WI がひとつの指標となり得る可能性がある。

(2) ソルバーによる重み付けの見直しを行ったところ、SHRP の WI よりも各雪氷管理費と高い相関が得られた。ソルバーによる重み付けは TI が 66%，S が 34%，N/(R+10)が 0%となっており、北海道の道路気象条件には TI 因子の寄与率が高く、N/(R+10)因子の寄与率は極めて低いと考えられる。

8. おわりに

WI と雪氷管理費の関係について、今後さらにデータを蓄積し、検討を進めたい。また、ソルバーによる重み付けで算出した WI は各雪氷管理費と高い相関が得られたため、この点に着目し、さらに検討したい。

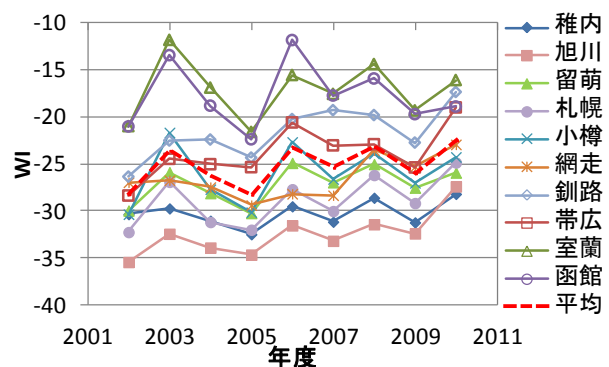


図-10 ソルバーによる各建設管理部の WI の推移

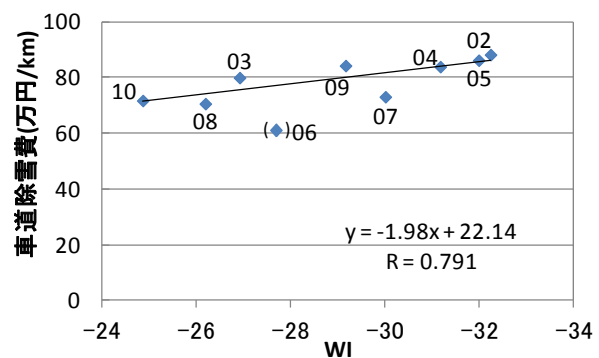


図-11 札幌のソルバーによる WI と車道除雪費

参考文献

- 1) (社)土木学会 舗装工学委員会：舗装工学ライブラリー6 積雪寒冷地の舗装，pp.184-191，2011
- 2) 塩田佑樹，田中俊輔，武市靖，伊藤文夫：道内の道路雪氷管理評価に対する Winter Index の適用性に関する検討，土木学会北海道支部論文報告集，第 66 号，2010
- 3) John E.Thornes：Cos t-Effective Snow and Ice Control for the 1990s TTR No.1387， pp.185-190，1993