

スウェーデンの冬期道路マネジメント・モデル「ウインター・モデル」について(その1)

文献名「ウインター・モデル－冬期道路マネジメント・システム－」

寒地交通チーム

はじめに

ここに紹介するスウェーデンの「ウインター・モデル」は、冬期道路管理(特に路面管理)に関するマネジメント・モデルであり、交通機能や交通安全などの道路利用者へ直接影響する項目以外に経済や環境への影響も含め、貨幣価値へ換算して総合的に最適化するという視点で、冬期道路管理を評価しようとするものである。

公共事業を実施する際には、その事業の効果を社会経済への影響を含めて総合的に評価することが求められている。我が国の道路事業においても、費用便益分析などの事業評価、環境影響評価および政策評価の一環として道路行政マネジメントが実施されている。

これは、改築事業ばかりでなく維持管理部門においても、その社会経済に及ぼす影響の大きさから考えて、その事業効果を計測、評価し、その事業についてマネ

ジメントを行うことが必要であると考えられる。

本稿は、この「ウインター・モデル」について、2006年3月イタリアのトリノで開催された第12回PIARC冬期道路トリノ大会での発表論文を著者の了解を得て翻訳し、紹介するものである。

トリノ大会で発表された「ウインター・モデル」に関する論文は、この「ウインター・モデル」全体を紹介した「ウインター・モデル－冬期道路マネジメント・システム－」、「ウインター・モデル」の中に包含されるサブ・モデルを紹介した「冬期道路コンディション・モデル」、同じく「冬期交通事故率の変動」および「スウェーデンのウインター・モデルの環境サブ・モデル－現状データからモデル化したシナリオへ－」の計4編である。この4編について、号を別にして掲載することにする。

なお、翻訳は筆者が行っているもので、浅学なため誤訳等の可能性もあることをお含み置き頂きたい。

文献

ウインター・モデル
－冬期道路マネジメント・システム－
カール・グスタフ・ウォールマン
スウェーデン道路交通研究所(VTI)

概要

雪氷路面は道路利用者にとって懸案である。主たる問題は、交通事故危険性の増加と交通機能の低下である。問題の解消、あるいは削減のため道路管理者は様々な道路維持作業を行なう。道路維持作業は道路利用者にとっては有利だが、道路管理コストや環境影響を内包している。道路維持作業を最適化するためにマネジメント・システムを適用すべきである。

ウインター・モデル・プロジェクトは、スウェーデンにおける冬期道路管理の戦略と実行について、その

効果の重要性と金銭価値の面から評価するためのモデルとなる。冬期道路管理の効果は、道路利用者、道路管理者および環境の面から評価される。道路利用者の側面からは、主に効果は交通機能(走行速度と交通流)と安全性に着眼している。路面状況と交通現象を同時に計測することにより、走行速度と道路条件の関係が導き出された。

乾燥した露出路面に比べ、特定の7種類の路面(湿り、湿潤、氷または雪等)では、速度低下が一般的に大きい。その低下率は20%にのぼる。しかし、交通流との関係は築くことができなかった。冬期事故率(100万台・

キロ当たり事故件数)は、ブラック・アイスにおいて乾燥路面の16倍となる。雪氷路面では事故率はその路面状態の継続時間と指数関数的関係がある。それはより短い期間であればあるほど、事故率が高くなるというものである。

キーワード

冬期道路管理、効果、事故危険度、交通機能

1. 背景

道路利用者にとって道路、街路、歩道および自転車道における雪氷路面は毎年懸案である。主たる問題は、交通事故危険性の増加と交通機能の低下である。問題の解消、あるいは削減のため道路管理者は除雪や滑り対策などの様々な道路維持作業を行なう。

維持作業は道路利用者にとっては有利だが、道路管理コストや環境影響を内包している。維持作業を最適化するため(または、少なくとも十分に良いものにするため)にマネジメント・システムを適用すべきである。

高速道路と街路に関する事業計画では、計画および建設コスト、さらに交通需要、旅行速度および事故危険度などの変化を含んだ、様々な影響を見積もるモデルを古くから適用してきた。

予算制約の中で、道路の維持管理分野は極めて軽視されている。これは冬期道路維持管理ばかりの課題ではない。

スウェーデンの国道の冬期道路管理は、2001-2002年の冬までは「ドリフト96」という仕様書(それ以前は「ドリフト94」(英語版では「オペレーション94」))、現在は「ウィンター2003」という仕様書により管理されている。この仕様書には、車道、路肩およびバス停などにおける、一般的な降雪、滑りおよび他の状態に関して、厳格な機能的な要求事項が記述されている。

この規定で不足していることは、非常に限られた範囲では道路利用者と環境への影響を説明することができるが、道路管理者のコスト(少なくとも直接費用)しか評価することができないことである。この規定は、経験によって道路利用者と環境への影響評価に基づき確立されていることは疑いのないことであるが、冬期道路管理は他の公的活動と比較されて財政措置がなされるので、その目的や社会経済的な議論を踏んで動機付けられるべきである。さらに、道路維持事業は、実

績に基づいた効力評価をさらに重要視しながら、道路利用者のための条件を改善するために実施される。

スウェーデン道路庁(SRA)とスウェーデン改革庁(VINNOVA)の共同で予算措置されたウィンター・モデル・プロジェクトは、VTIとKlimator AB(グーテンブルグ大学の知的企業)の提携で実施されている。このプロジェクトは、冬期道路管理の戦略と実行について、その効果の重要性と金銭価値の面から評価するためのモデルとなる。冬期道路管理の効果は、道路利用者、道路管理者および環境の面から評価される。

2. ウィンター・モデルの構造

モデルの構造は図-1のとおりである。気象、交通状況、維持作業および道路状態間の関係を図示している。

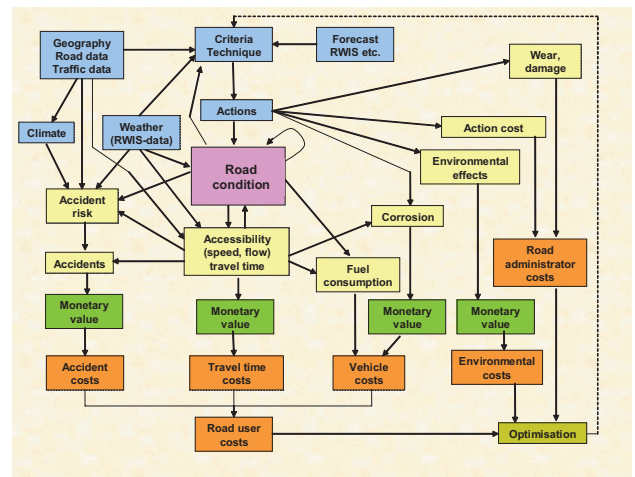


図-1 ウィンター・モデルのフローチャート

ウィンター・モデルは道路の状態、つまり、効果、貨幣価値および適正化を評価するためのサブ・モデルで構成されている。これは、全てのサブ・モデルにおいて共通のキーとなる観点である。これらのサブ・モデルのいくつかは適切な変数と効果の関係が知られているが、根拠強い検討が行われているにもかかわらず、多くの領域で未だ多くの知見が必要な状況にある。

モデルにおいて、冬期の気象は、一冬を通して道路天気情報システム(RWIS)と時間毎に収集される他のデータによって特定される。それらのデータは実際の気象データが得られるが、いくつかは平年値から推定されている。その後、道路状態は、それまでの道路状態、気象、維持作業および交通を考慮しつつ、毎時間計算される。続いて、道路利用者、道路管理者及び環境への影響が、対応するモデルによって評価、換算される。

本大会ではそれぞれ異なるモデルを扱う4つの論文が発表される。本論文では、交通機能モデルと交通事故危険度に関する基本的なモデルについて取り扱う。その他の論文では、道路状態に関する基礎的なモデル、交通事故危険度に関する発展的モデル、そして環境モデルについて発表する。

3. 定義と解説

道路交通機能は、次により表される。

- ・ 1時間あたりの平均速度(km/h)
- ・ 交通流(時間交通量)

国内における冬期間の長さの違いにより、スウェーデンは気象の上で通常南部、中央部、下北部、上北部の4地域に分けられる(図-2)。



図-2 スウェーデンにおける気象分類による地域分類

アクセス・モデルにおいては道路状態を以下の18種に分類する。

- ・ 乾燥、湿り(moist)または湿潤で舗装露出状態(これらは道路の中央部に雪氷が残っている状態も含む)
- ・ 一時的な状態：白露(hoarfrost)(HF)またはブラック・アイス(BI)
- ・ 定常状態：固い圧雪(hard-packed snow)(HP)または厚氷(thick ice)(THI)
- ・ 可変状態：緩い圧雪(loose snow)(LS)またはシャーベット(slush)(SL)
- ・ 轍状態：轍部が舗装露出の状態 R(B)(轍の外が

定常状態のもの、轍の外が可変状態のもの、轍の外が可変またはその他混在した状態のもの3パターン)

- ・ 轍状態：轍部がブラック・アイスの状態(上記と同じ3パターン)

轍状態は雪氷の層がすり減り、走行軌跡部の舗装面が見える状態であるとしているため、轍部は舗装露出状態かブラック・アイス状態のみになる。

事故率(事故危険度とも呼ぶ)は100万台キロ当たりの事故数として表現される。動物との衝突事故を除き、警察から報告される交通事故データを用いる。事故率は、警察からの報告により、次にあげる5つの路面分類毎に識別される。

- ・ 乾燥(舗装露出状態)
- ・ 湿り、または湿潤における舗装露出状態
- ・ 固い圧雪または厚氷
- ・ ブラック・アイス、または白霜
- ・ 緩い圧雪またはシャーベット

雪氷路面状態の継続時間は冬期間の走行台キロに大きく関係する。

維持作業水準は、A1-A4およびB1-B2の6分類に規定される。滑り対策として、Aレベルの道路ネットワークは薬剤散布が行われる。一方、原則として、Bレベルのネットワークは散布されない。A1は薬剤が散布される道路の最高水準の道路で、B1は薬剤が散布されない道路の最高水準の道路である。

4. 交通機能モデル

このモデルは、気象、交通、維持作業、道路状態、走行速度および交通流の関係を表す。

4.1. データ収集

雪氷路面の走行速度や交通流への影響は、主に雪氷状態が変化するとともにその継続時間が短いため、あまり良く理解されていない。影響評価を達成するためには、道路と気象状態に関する詳細な観測が必要である。

走行速度や交通流は時間平均値として記録された。路面状態によらず測定精度を確保するため、車両感知器は誘導ループセンサーを持っていた。乗用車、トレーラー以外の大型車、トレーラーの3車種分類であった。

気象データはR W I Sから得られ、若干の処理がなされた。気温、路温、降水量、風向および風力、なら

びに晴れ、降雨、降雪、吹雪、そして水晶雨(フリージング・レイン)や霜による滑り危険度などのデータが1時間毎に収集された。

道路状態は、1日2回から最大1時間に1回までの範囲で、目視によって観測された。道路の状態は“可変”もしくは“安定”として定義された。“可変”状態とは、降雨があるとき、もしくは、湿潤、湿りまたは緩い圧雪、シャーベット、白露またはブラック・アイスの時である。このような状況の中、観測は午後6時から午前8時までの毎時間行われた。“安定”状態とは、天候は晴れて乾燥路面、または、固い圧雪や厚氷の状態の時であり、この場合は1日に2度の観測が必要であったとした。

データ収集は、南部を除いた他の全ての気象分類地域における11箇所において行われた。道路幅員は6～9.5m(20～31フィート)であった。A A D Tは1000台から3300台の間であった。6箇所は薬剤が散布された道路で、5箇所は薬剤が散布されない道路であった。原則として、それぞれ2シーズン観測された。

4.2. データ処理および分析

データベースに交通、気象およびその他の観測地を蓄積するため、特別仕様のデータベース・マネージャが開発された。

通常の回帰分析に替わって、新しい評価方法が開発された。基本的概念は、気象と路面状態の整合が取れない時間のみ対のデータを組み合わせるといったものだった。乾燥路面では、一対のデータはある等しい交通条件(速度水準および交通量)に近づいて行くはずである。結局、日変動、週変動、季節変動が考慮に入れられた。

要約すると、この統計分析は、すべての対データからの回帰分析結果と一致し、また、乾燥路面における走行速度および交通流との違いを関連づけした。この統計的手法はWklundの文献の中で公表されている。

4.3. 結果

分析の結果、雪氷路面上では著しい速度低下を示し、また、上記で定義された雪氷路面毎に違った速度低下を示す。一般に、湿りまたは湿潤路面では雪氷路面よりも速度低下が少ない。交通流の変化を考慮すると、道路条件との関係を確立することはできなかった。

速度低下の結果を表-1、表-2に示す。信頼性と一貫性をより確実にするため、全観測点からのデータが集計され一般化される。表-1では、速度低下は気

象地域分類と関係があることを示し、表-2では、速度低下は道路幅員(2分類)に関係があることを示している。したがって、これらの結果はそれぞれの仮定の下で用いられるだろう。

速度低下は、乾燥路面上の速度との百分比で表現される。表中のPCは乗用車、TNTはトレーラー以外の大型車、TWTはトレーラーである。

表-1 乾燥路面に対する路面分類別・気象地域分類別の走行速度低下率(%)

	Central Sweden			Lower northern			Upper northern		
	PC	TWN	TWT	PC	TWN	TWT	PC	TWN	TWT
Moist	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Wet	2	2	2	2	2	2	2	3	3
BI/HF	10	9	8	8	7	6	6	5	4
PS/THI	20	19	15	16	15	7	9	8	5
LS/SL	17	16	9	14	13	6	11	11	5
R(B)	8	8	6	6	6	5	5	5	4
R(BI)	12	11	10	10	8	7	7	5	4

表-2 乾燥路面に対する路面分類別・道路幅員別の走行速度低下率(%)

	Width 6-7.9m (20-26ft)			Width 8-9.5m (26-31ft)		
	PC	TWN	TWT	PC	TWN	TWT
Moist	2	2	2	1	1	1
Wet	3	3	3	2	2	2
HF/BI	8	7	7	7	6	6
PS/THI	19	18	15	15	14	10
LS/SL	16	15	11	13	12	7
R(B)	7	6	6	6	5	5
R(BI)	10	8	8	9	7	7

5. 交通事故危険度モデル

交通事故危険度モデルの根本的仮説は、冬期状態が一般的に共通な状態になればなるほど、運転者はその状態に順応するため、事故危険度は前述の雪氷分類別や気象地域分類別に異なるというものである。続く仮説は、冬期期間を通して雪氷路面状態の期間が短ければ短いほど、危険度は高くなるというものである。

特定の道路網の特定の雪氷路面における事故率を推定するためには、対象道路における雪氷路面状態での事故件数と車両走行台キロという2つのデータが必要である。車両走行台キロのデータを収集するには、雪氷路面状態の期間がしばしば極めて短くなることと、一冬を通して道路網における綿密な観測を必要とすることという大きな問題がある。

5.1. データ収集

スウェーデン道路庁は、1993/94から1996/97の4シ

ーズン、スウェーデン全土の道路状態を観測した。調査目的は、冬期道路維持管理業者の業績検査であった。国道網の約2,000箇所、1箇所につき週1回程度の頻度で観測された。それらのデータから、4シーズンにおける道路状態の分布を推定することが可能であった。この道路状態データは道路網により集計され、4つの気象ゾーンおよび維持作業基準レベル別に分類された。最後に、それぞれの道路状態での車両走行台キロが推定できた。

警察によって報告された4シーズンに亘る交通事故データを使用して、道路状態別に分類した。それらの交通事故は道路状態と同様に道路網にも対応している。

5.2. 結果

事故率の平均値は、前述の仮説で述べたように、雪氷路面分類別、気象地域分類別に異なる。しかし、気象地域分類別の差は、乾燥路面でも発生している。これは、警察の報告の範囲が気象地域分類別に異なるためだろうと思われる。つまり、例えば、スウェーデン上北部はとも人口密度が低いため警察が遠距離で発生した小規模の事故の報告のために長距離を移動しなくてはならないという障害があると思われるからである。

例として、スウェーデン中部における、薬剤が散布されている道路網と散布されていない道路網における事故率を図-3に示す。

雪氷路面上の事故率は、薬剤が散布された道路網より非常に高く、さらに乾燥路面上の事故率よりさらに高い。例えば、ブラック・アイス（黒氷）は薬剤散布道路より1.6倍危険であるが、非散布道路よりは「たったの」6倍の危険度である。

興味のある点は、それぞれの雪氷路面において事故率は一定であるのか、または、路面状態に継続時間により事故率が変化するのかである。

この仮説を検証するため、前述のデータを利用することができた。結果、警察から報告された事故率と路面状態の継続時間との関係は、異なる3種類の雪氷路面毎に指数関数的な関係を示した。

相対継続時間とは、冬期間の総走行台キロに対するある雪氷路面における車両走行台キロの割合である。0.01という値はほぼ2日間に当たる。

仮に、事故率の関数が乾燥路面における事故率と一定の関係にあるとすれば、この関係は全ての気象地域に当てはまる。図-5は、その相対事故率を示す。こ

れはスウェーデン全土に当てはまる。

なお、本大会において本論文の他に事故に関する研究が3論文発表される。

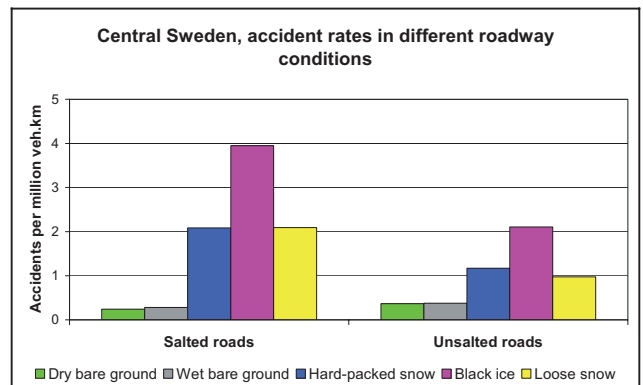


図-3 薬剤が散布されている道路とされていない道路における事故率の平均値(10万台キロ当たりの事故件数)

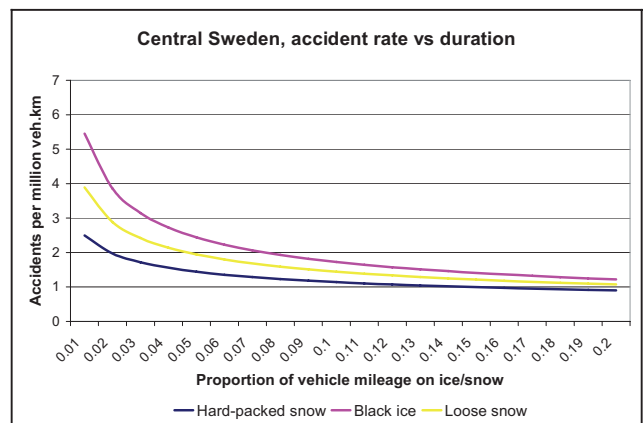


図-4 3種類の雪氷路面相対継続時間の関数としての事故率(百万台キロ当たり事故件数)(薬剤散布道路および非散布道路)

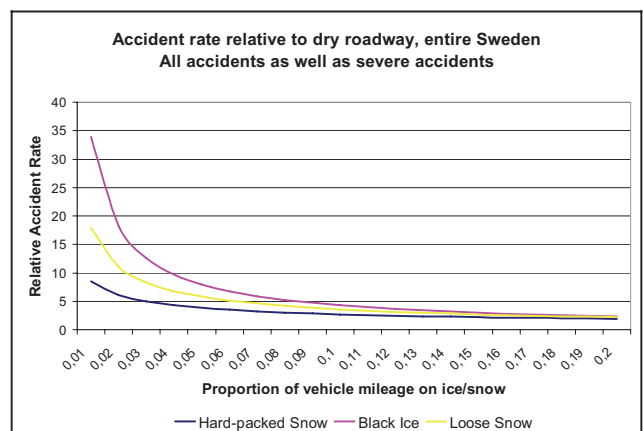


図-5 3種類の雪氷路面相対継続時間の関数としての相対事故率(乾燥路面の事故率に対する比率)(薬剤散布道路および非散布道路)

さまざまな路面状態における事故率が、初冬期および終冬期において分析され、厳冬期と比較された。また、さまざまな路面状態における車両単独事故、正面衝突事故、追突事故が、これら3つの事故類型における単位事故件数当たりの死者数、重傷者数、軽傷者数の平均値とともに分析された。

6. 謝辞

ウインター・モデルの開発は、スウェーデン道路庁(SRA)およびスウェーデン改革庁(VINNOVA)から共同で予算措置されている。

おわりに

道路事業の事業評価は、「1. 背景」に書かれているスウェーデンの状況と同様に、我が国においても改築事業を中心に実施されてきた。一方、最近、我が国においては交通安全事業などの事業において業績評価を実施するなどの道路行政マネジメントにも取り組んでいるところである。今後道路の維持管理についても一つの事業として業績評価を実施することは重要であると考えられる。その際、ここに紹介した「ウインター・モデル」の概念は一つの先進事例として大いに参考になるものと思われる。

特に、我が国においてはスパイクタイヤ使用を禁止しているため、冬期路面管理は雪寒事業の中で大変重要な役割を担っており、その中でも凍結防止剤等の散布は必要不可欠で主要な工種となっている。しかし、古くから凍結防止剤を散布している欧米では環境への影響が報告されており、我が国においても今後環境への負荷が懸念される場所である。スパイクタイヤ規制後、凍結防止剤散布が必要不可欠となった今、環境

への影響も考慮した適切な冬期道路管理が求められていると考えられる。

今後、我が国においても適切な冬期道路管理を目指していくためには、冬期道路管理事業の効果と影響を的確に把握し、総合的かつ適切に評価する必要がある。この「ウインター・モデル」は、冬期道路管理の総合的な業績評価とマネジメントを検討する際に参考とすべき一つのモデルであると考えられる。

今後、残りの3編、「冬期道路コンディション・モデル」、「冬期交通事故率の変動」および「スウェーデンのウインター・モデルの環境サブ・モデル - 現状データからモデル化したシナリオへ」を随時紹介していく。

(文責：浅野 基樹、武本 東)

【参考文献】

- 1) Carl-Gustaf Wallman (2006) . The Winter Model - A Winter Maintenance Management System. *Proceedings of XII International Winter Road Congress, II-1-8.*