

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2)

文献名「冬期道路コンディション・モデル」

寒地交通チーム

はじめに

ここで紹介する「冬期道路コンディション・モデル」は、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スウェーデンの冬期道路管理(特に路面管理)に関するマネジメント・モデル「ウインター・モデル」に包含されるサブ・モデルの一つであり、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発表された4編の

論文の内の一つである。

「ウインター・モデル」についての論文は、先月号(寒地委土木研究所月報 No.646、2007年3月)に紹介したが¹⁾、本号では引き続きそのサブ・モデルである「冬期道路コンディション・モデル」について翻訳し紹介するものである。

先月号同様、翻訳は筆者が行っている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いただきたい。

残りの2編についても今後随時紹介していく予定である。

文献

冬期道路コンディション・モデル

スタファン・メラー

スウェーデン道路交通研究所(VTI)

要旨

ウインター・モデルは、冬期道路管理の政策や運用の変更による影響とその貨幣価値を評価するためのモデルであり、大プロジェクトである。冬期道路コンディション・モデルはウインター・モデルの中心部をなす。道路コンディション・モデルは、冬の状態を毎時の道路状態で表すものである。道路コンディション・モデルは、事故率、旅行速度、燃料消費および環境などへの影響を評価する他のサブ・モデルにデータを提供する。開発初期段階では、道路幅員7-9m、規制速度90キロの郊外部2車線道路が、気象および維持作業によってどのように影響されるか説明するモデルの開発を意図した。大方、冬期道路コンディション・モデルのベースは、アクセシビリティ・モデルを開発する目的で備えられた9つの観測地点から得られたデータである。これらの観測地点のデータは、幾つかの期間における、気象、交通流、道路の初期状態、実施さ

れた維持作業、除雪と凍結路面对策に依拠する道路状況に関する毎時の情報である。追加情報として'02-'03の冬から、固い圧雪又は厚氷でのスパイクタイヤによる舗装面が露出されるほどの轍の発達、および湿りや湿潤状態から乾燥となるメカニズムについての情報も収集される。

キーワード

モデル、道路コンディション、冬

1. 背景

既に、カール・グスタフ・ウォールマン博士が、冬期道路管理の政策や運用の変更による影響とその貨幣価値を評価するためのモデルとなる大規模なウインター・モデルのアウトラインについて発表した。このウインター・モデルでは、道路利用者、道路管理者お

よび環境への影響が評価される。

本発表では、ウインター・モデルの中で最も重要なサブ・モデル、すなわち冬期道路コンディション・モデルについて述べる。このモデルは、毎時の道路状態を描写することによりその冬の状態を表現するものである。この道路コンディション・モデルは、事故率、旅行速度、燃料消費および環境への影響を評価する他のサブ・モデルに入力データを提供する。また、このモデルは郊外部2車線道路に限定されている。

2. モデルの開発

開発初期段階では、道路幅員7～9mで規制速度が90キロの郊外部2車線道路が、気象および維持作業によってどのように影響されるかを説明するモデルの開発を意図した。このモデルは、冬期道路管理水準と交通量によって4ケースに限定されている。表-1参照。管理水準A3は凍結防止剤散布を行うクラスの下から2番目のクラスで、B1は凍結防止剤を散布しないクラスの最上位のクラスである(スウェーデン道路庁、1996年、a)。

表-1 道路コンディション・モデルの4ケース

Winter maintenance standard class	Traffic flow (AADT)	
A3	1500	3000
B1	1000	3000

大方、冬期道路コンディション・モデルのベースは、アクセシビリティ・モデルを開発する目的で備えられた9観測地点から得られた1～2シーズンのデータにある。

観測地点は次の項目を代表している。

- 気候区分：スウェーデン中央部、下北部、上北部
- 水準クラス：A3、A4およびB1
- 交通量：AADT 1500～3500
- 幅員：6.5～9.2m
- 最高制限速度：90および110km/h

幾つかの期間において、これらの観測地点のデータから、気象、交通流、道路の初期状態、実施された維持作業に関する毎時の情報が得られる。また、除雪と凍結路面对策に依拠する特定の道路状態についても得ることができる。特定の現地調査地点において追加情報が'02-'03の冬の時点から収集される。その一つは、スパイクタイヤによる固い圧雪又は厚氷における舗装

面を露出するほどの轍の発達についてである。また、そのほか湿りや湿潤状態から乾燥となるメカニズムについてである。

3. 冬期道路コンディション・モデルの構造

道路コンディション・モデルの当初バージョンは次に述べるアウトラインによって構築される。道路コンディションは、車道幅員を分割する5つの部分毎に表現される(スウェーデン道路庁、1996年、b)。図-1は、片車線分を示す。

図-2は、道路コンディション・モデルの入出力データを示す。

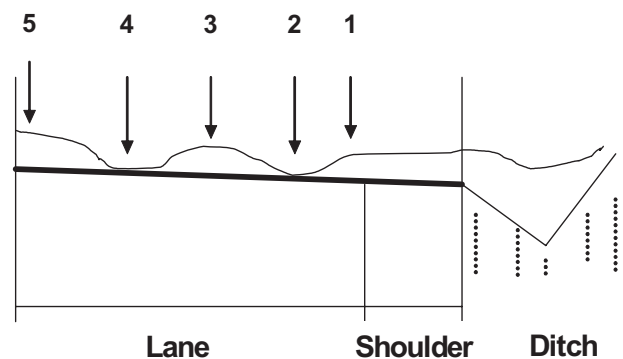


図-1 車道幅員を分割する5つの部分

- 1 = 車線端
- 2 = 右走行軌跡部
- 3 = 左右車輪間
- 4 = 左走行軌跡部
- 5 = 車道中央部

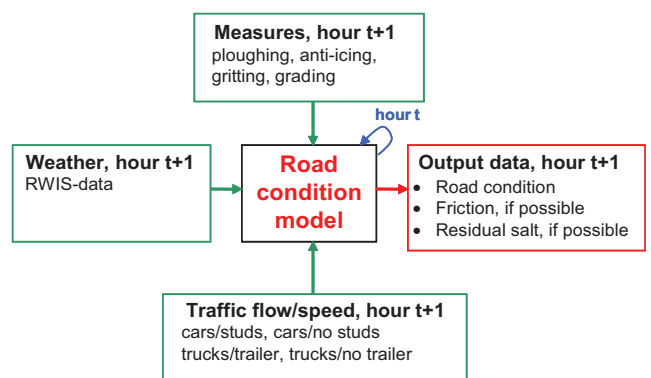


図-2 道路コンディション・モデル入出力データ

■入力データ

- ・ 時間 t (60分間隔)における車道幅員を分割する5部分毎の道路コンディション。
- ・ 時間 t における車道上の残留塩分(可能ならば)。
- ・ 時間 $t+1$ における道路気象情報システム(RWIS)からの気象情報。気象情報は、気温、路温、露点温度、降水のタイプおよび量、風速および天候状況である。天候状況とは、例えば、降雪、降雨、吹雪、さらに滑りやすい路面の危険性(例えば冷却路面での結氷による)である。
- ・ 時間 $t+1$ における交通量および平均走行速度。データは、スパイクタイヤ使用車、スパイクタイヤ非使用車、トラックおよびトレーラーに分類される。
- ・ 時間 $t+1$ における道路維持作業。これらのデータは、除雪、凍結防止剤散布、凍結防止剤散布併用除雪、滑り止め材散布および路面整正に分類される。

■出力データ

- ・ 時間 $t+1$ における車道幅員を分割する5部分毎の道路コンディション。
- ・ 時間 $t+1$ における総体レベルとしての道路コンディション。例えば次の5つのタイプの道路コンディションである。乾燥、湿り/湿潤、固い圧雪/厚氷、ブラック・アイス/白霜、および緩い圧雪/シャーベット。
- ・ 時間 $t+1$ における走行軌跡部の滑り摩擦水準(可能ならば)。
- ・ 時間 $t+1$ における車道上の残留塩分量(可能ならば)。

4. 冬期道路コンディション・モデルの当初の試み

道路コンディション・モデルは、まず始めに次に挙げる9つのサブ・モデルから構成される。そのうちの最初の5つのサブ・モデルは、除雪作業に関するもので、後の4つは交通と気象に関するものである。

4.1. 凍結防止剤散布

凍結防止剤散布は溶液散布で実行され、散布時間は道路管理水準のレベルに従って1～1.5時間かかると仮定されている。作業は滑りやすい路面発現の危険性が示されてから1時間後に開始されるとしている。さらに、凍結防止装置散布が完了した後、路面が湿潤状態になるものと仮定されている。

4.2. 凍結防止装置散布併用除雪

凍結防止剤散布作業と同時に実施される除雪においては湿式散布による凍結路面对策が行われると仮定されている。この併用除雪は、降雪・積雪量が1cmに達した段階で開始され、道路管理水準のレベルに従って2～4時間かかる。この除雪が開始される時点まで、積雪深は、交通量に依存する走行軌跡部以外は、降雪量に比例する。この作業が実施されると、積雪量が約0.5cm以下となる走行軌跡部を除き道路上の雪は約0.5cmの緩い雪の状態となる。降雪終了後、道路コンディションは徐々に湿潤状態と変化する。

4.3. 除雪作業

除雪は、降雪・積雪量が1～3cmになった時点で、路面温度と道路管理水準のレベルに従って開始される。除雪作業時間は道路管理水準のレベルに従い、2～6時間以内で完了する。続いて行われる凍結防止剤散布作業が開始される時点まで、積雪深は交通量に依存する走行軌跡部を除き、降雪量に比例する。除雪作業が実行されると、道路コンディションは積雪深がより浅い走行軌跡部を除き、約0.5cmの緩い雪の状態に変化する。降雪が終了し、除雪が終了した時点では、道路コンディションは表面に多少の緩い雪を残した状態の圧雪となる。

4.4. 滑り止め

滑り止めは、滑り抵抗がある基準未満である場合に開始される。滑り抵抗に関して、3つ不明点がある。

- それぞれの道路コンディションは、どの程度の滑り抵抗に相当するか。
- 維持作業の違い、例えば、凍結防止剤散布、滑り止め材散布、路面整正などにより、どのような滑り抵抗の増加が期待できるか。
- 効果継続の維持作業による違い。

4.5. 路面整正

路面整正は、固い圧雪又は厚氷の道路における縦横断方向の過度な不陸を避けるために実施される。不陸は60cm定規内で1.5cmを超えてはならない。この道路コンディション・モデルでは固い圧雪又は厚氷における轍掘れの発達による横断方向の不陸のみを取り扱う。路面整正が行われると道路上に緩い雪の無い状態の固い圧雪又は厚氷のより不陸の無い路面に急速に変化する。

4.6. 固い圧雪又は厚氷における轍の発達

このサブ・モデルは、どの位早く固い圧雪又は厚氷の層がスパイクタイヤ装着車によって舗装面まで削れるかを推定する。特別現地試験からのデータ分析は、走行軌跡部における相対摩耗は、厚氷で0.0005mm/台、固い圧雪で0.007mm/台を示しているようである。

4.7. 凝結

気温が下がると遅かれ早かれ大気内の水蒸気は飽和状態となる。飽和状態の気温を露点温度と呼ぶ。

この温度以下になると、水蒸気は蒸気のまま居られず凝結が始まる。懸案の道路に関して、路面温度が大気の露点温度よりも低い場合、凝縮が生じる。例えば、路面温度や残留塩分に従って、路面が白露したり湿潤になったりする。凝結を表すため、路面温度、露点温度およびその他の要素に基づいた物理モデルが必要である。

4.8. 湿潤道路からの水跳ね

このサブ・モデルは、どの変数が道路からの水跳ねに影響するかを表す。水は、降雨、みぞれあるいは溶雪から来る。水跳ねのメカニズムは、車両のタイプに水が跳ねられ、引き続き水幕となってしばらく車両に追従するものようである。水幕と車両との接触が解除される時点で、水滴が再び落下する。いくつかの水滴は路面上に落下し、他は路側に落下する。横風もまた水滴が道路以外に落下することを助長する。現地調査の観測は、水跳ねを表すのに次の4つの変数が重要であることを示した。

- 交通量
- 車種、つまり、乗用車、トラック、トレーラー。
- 走行速度
- 風速および風向

4.9. 湿り道の乾燥

水跳ねがある程度続くと、水跳ねメカニズムは終了する。この変化を湿潤から湿った露出路面への変化メカニズムへ結びつけることは理屈に合っている。データは、この変化は道路上の水量が10g/m²程度になった時に起こることを示す。これは、また、道路コンディションが湿潤から湿った露出路面に変化する時、水跳ねサブ・モデルは終了し、乾燥サブ・モデルが開始される。乾燥のメカニズムは路面からの蒸発である。文献調査によれば、乾燥速度には少なくとも次の3つの変数が影響する。

- 路面温度
- 露点温度
- 風速

現地調査の観察は、乾燥においてはさらに4つの変数が重要であることを示している。

- 交通量
- 車種、つまり、乗用車、トラック、トレーラー。
- 走行速度
- 塩分濃度

参考文献

- ・ Vägverket(Swedish National Road Administration). Drift 96. Allmän teknisk beskrivning av driftstandard. Publikation 1996:16. Vägverket. Borlänge. 1996. a.
- ・ Vägverket(Swedish National Road Administration). Metodbeskrivning 105:1996. Bedömning av vinterväglag. Publikation 1996:59. Vägverket. Borlänge. 1996. b.
- ・ Wallman, C-G; Möller, S; Blomqvist, G; Bergström, A; Gaunt, H. The Winter Model: Stage 1. VTI meddelande 958. Linköping. Sweden. 2005.

おわりに

はじめにも書いたが、今後残りの2編、「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-」についても随時紹介していく。

【参考文献】

- 1) 寒地交通チーム：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）、寒地土木研究所月報 No.646、pp.45～50、2007.3.

（文責：浅野 基樹、武本 東）