平成16年度日本雪工学会 学術奨励賞を受賞して

降積雪時における自動車交通のおくれに関する研究

—道路の消融雪装置設置箇所の選定への応用—

The Study on Vehicle Traffic Delay on Snowy Season
—Application to the Choice of Places Which Need to Improve Against Snow—

寺内 義典*
Yoshinori Terauchi

1. はじめに

このたび、「降積雪時における自動車交通のおくれに関する研究—道路の消融雪装置設置箇所の選定への応用—」に対しまして研究奨励賞をいただきましたこと、心より感謝申し上げます。未だ途上の研究であります。頂戴した奨励賞に恥じぬよう、精進し励みたいと思います。今後、学会の皆様のご指導を賜りますことができましたら幸いです。

この研究は、福井大学の本多義明先生、川上洋司先生、名古屋産業大学の加藤哲男先生のご指導の下、共同研究者である福井大学大学院の三村泰広君の多大な協力を得て、成し遂げられたものであります。さらに走行実測に関して豊田工業高等専門学校の荻野弘先生、野田宏治先生に多大なご協力いただいております。ここに記し感謝の意を表させていただきます。本稿では、この研究の概略を説明させていただきます。

2. 研究の背景と目的

～ニーズの高度化と雪対策に対する合理性の要求～

昭和31年に策定された「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法（雪寒法）」の推進により、主要な幹線道路が降積雪によって途絶する頻度は大幅に減少しました。これにより、冬期であっても通行できることが通常であるようになると、ドライバーはさらに無雪時と変わらない交通

環境を道路に期待するようになります。一般に、雪対策事業の効果は主として「①交通途絶の減少」「②円滑性の確保」「③安全性の確保」の3点がありますが、主要な幹線道路における降積雪時の交通途絶が大幅に解消されている現在では、多くの道路利用者のニーズは①から②・③にシフトしてきていると考えています。

一方で、高度化するニーズの全てに応えることは、コストや環境負荷などの制約から不可能です。道路管理者である行政は、特にコストの大きなハード整備による雪対策の意志決定にあたって、合理性をもった説明責任が求められるようになりつつあります。例えば福井県鯖江市では、住民からのあまりに多くの消融雪装置設置要求に対して、事業化の判断を合理的に行う取り組みがなされています¹⁾。

本研究では、雪対策の意志決定のひとつである対策箇所の選定を対象とし、優先順位の決定に合理性を持たせる方法を検討することを目的としています。合理的に雪対策箇所を選定するには、雪による影響の発生構造を把握し、効果的な対策を検討することが基本と考えます。そこで、まず雪による道路交通への影響を計測する指標を設定します。次にその要因を整理し、数量化理論により影響の発生構造を明らかにする方法を検討します。最後に、事例として消融雪装置の設置や線形の改良といったハードの雪対策箇所の選定を試みています。

* 国士舘大学工学部都市システム工学科 助教授・博（工）

3. 雪の影響を表す指標 ～おくれ時間～

(1) 指標の設定

道路利用者のニーズが「①交通途絶の減少」から「②円滑性の確保」「③安全性の確保」にシフトしてきていることから、現在の道路利用者の満足度を計るために②円滑性や③安全性の指標化が必要と考えます。この研究では、道路利用者にとって、降積雪時のサービス水準の低下を実感しやすい指標として、②円滑性を示す指標のひとつであるおくれ時間を採用しています。

たとえば、朝の通勤時に、降積雪の程度からおくれ時間を予測して出発時刻を早めるといった行動の変容が一般的に見られます。この早めなければならない出発時間の幅で、道路利用者は無雪時のサービス水準にどの程度近づいたのか感じることが出来ます。また事業評価において、おくれ時間が重要なアウトカム指標のひとつとして広く採用されていることも、指標としての説明性の高さを示しています。

(2) 道路区間別のおくれ時間

任意の路線区間 i におけるおくれ時間 T_i は、無雪時の速度が v_{i1} [km/h]、降積雪時の速度が v_{i2} [km/h] であるとき次式で示されます。なお、おくれ時間の要因分析を行うにあたり、結果の汎用性を考えて T_i は 1 km あたりの秒に単位変換します。

$$T_i = 3600 \times (v_{i1} - v_{i2}) / v_{i1} v_{i2}$$

おくれ時間を計算するための速度は、デジタルタコグラフを車載して収集しましたが、近年ではGPS等のITS技術を用いたプローブカーが普及しつつあります。実際の道路管理業務でのプローブカーの導入がすすむことで、あらゆる路線・気象条件での速度データが、より簡便に収集可能になると考えています。

4. おくれ時間の発生要因

(1) 対象とする道路

今回は山間部の道路であり単路部を対象とします。一方で、都市部や都市近郊では交差点でのおくれ時間が顕著に大きくなりますが、この降積雪時における交差点のおくれ時間については、これまでに多くの研究成果が発表されています²⁾。将来的には、これらを統合し交通シミュレーションに導入し、圏域

全体の道路網の評価につなげていくことが可能であると考えています。

(2) データ収集と分析の流れ

図1に本研究におけるデータ収集と分析の流れを示します。この路線を道路条件の違いから区間分割し、その区間ごとにおくれ時間などのデータを収集します。これにより、数量化理論Ⅰ類を用いて、道路条件や気象条件等からおくれ時間を説明するモデルを構築し、発生構造を明らかにします。

(3) おくれ時間の発生要因

おくれ時間を発生させる要因には、図2に示すとおり道路条件・交通条件・気象条件があると考えます。

道路条件については、道路台帳と現地調査からデータ収集します。道路条件は、線形や横断構成だけでなく、橋梁やトンネル、消雪装置の有無などもおくれと関連があると考えます。なお調査対象が山間部であったため、路外への排雪が可能であり、影響はほぼ見られませんでした。対象とする路線が、路外

図1 データ収集と分析の流れ

図2 おくれ時間に及ぼす影響要因

への排雪が難しく消雪装置もない都市部の道路であるならば、堆雪帯の有無や有効幅員も十分に要因になると考えます。

交通条件については、季節、曜日、時間等の変動があるのですが、おくれに対してセンシティブな時間帯である平日の朝の通勤時間帯で実測します。

気象条件は、気象台観測データから、降雪量や最低気温などのデータを収集しました。これについても、排雪が行われない場合は、積雪量や累積降雪量が重要になると予想されます。

5. ケーススタディとしての雪対策箇所の選定

(1) 調査対象路線の設定

対象路線は、福井市～大野市間の通勤交通が主に利用する幹線道路である国道158号のうち、交通量の変動の少ない福井市和田～美山町計石間21.24kmを選定しました。このうち単路部だけを対象として交差点手前200mと通過後50mを分析対象から除き、消融雪装置・橋梁・トンネル・線形等を考慮して連続してほぼ同一の道路条件になるように、34区間(平均区間長にして約500m)に分割しました。この路線は、当時、新規のバイパス道路の整備がすすめられており、道路の改良済み区間と未改良区間の両方の多様なデータが入手できました。

(2) 実車走行調査

実車走行調査では、前述のとおり平日の朝の通勤

図3 対象道路と実測された速度データの一例

時における定時測定を行いました。交通流のおくれを計測することが目的ですので、運転手の慣れや違いによる差がでないように調査する必要があります。そこで、対象道路を実際に毎日通勤している当時40代の男性一名の協力を得て、その運転手が実際に利用している車両で調査をしました。

実車走行調査は、1998年12月28日～3月31日に実施され、のべ24日分のデータを収集しました。このうち、路面状況が凍結や湿潤が見られた日はのぞき、積雪路面7日分、乾燥路面5日分のデータを得ました。調査対象の道路と速度データを図化したものを図3に示します。

表1 数量化Ⅰ類によるおくれ時間の要因分析
重相関係数=0.75

	影響要因	カテゴリ	度数	スコア	レンジ	偏相関
線形	曲率半径	400m以上	35	-1.5	6.2 (4)	0.13 (4)
		400m未満	63	0.7		
		100m未満	140	4.7		
	縦断勾配 下り区間の割合	50%以上	49	7.6	10.1 (2)	0.25 (2)
		10-50%	98	-1.5		
		10%未満	91	-2.5		
横断構成	車線数	2車線	217	0.5	5.6 (5)	0.12 (5)
		4車線	21	-5.1		
	一車線あたり幅員	3.25m未満	21	3.7	4 (7)	0.08 (8)
		3.25m以上	217	-0.4		
構造物	橋梁	無	244	0	0.2 (9)	0 (9)
		有	14	-0.2		
	トンネル	無	210	0.7	5.5 (6)	0.11 (6)
		有	28	-4.9		
	消融雪装置	無	154	2.9	8.4 (3)	0.25 (3)
		有	84	-5.4		
気象	降雪量	20 cm 以上	34	29.3	40.3 (1)	0.67 (1)
		10-20 cm	68	7.4		
		10 cm 未満	136	-11		
	最低気温	0℃未満	136	1.6	3.8 (8)	0.1 (7)
		0℃以上	102	-2.2		
		定数項		238	18.6

図4 おくれ時間の発生構造

図5 消融雪装置設置箇所の選定例

(3) おくれ時間の発生構造

数量化理論Ⅰ類によるおくれ時間の要因分析の結果を表1に示します。ここで影響要因とカテゴリは、個別のおくれとの関連分析から決定しています。なお重相関係数0.75であり、レンジと偏相関係数の順位にも大きな隔たりはありません。それぞれのレンジを見ると、まず降雪量がもっとも強い要因であり、道路条件では消融雪装置がなく道路線形の悪い区間において特におくれ時間が大きくなることなどがわかります。

結果のレンジをもとにおくれ時間の発生構造を図4に整理しました。道路条件では、曲率半径と縦断勾配の悪条件が複合した場合、 $6.2+10.1=16.3$ 秒/kmのおくれ時間が発生することを示しています。また、消融雪装置を設置することで8.4秒/kmのおくれ減少となります。曲率半径と縦断勾配の悪条件を線形改良した場合には、16.3秒/kmの効果がありません。これは、道路改良事業がもつおくれの解消効果を計測できることを示しています。

(4) 消融雪装置設置箇所の選定

おくれの発生構造から、消融雪装置設置箇所の選定を試みました。気象条件は考慮せず、道路条件だけを用いておくれ時間を算出し、発生するおくれの大きい区間のうち上位5位を選定しました。その結果を図5に示します。

おくれの最も大きい1位の区間では、おくれを増大させる道路条件の全てが重なっており、そのおくれ時間は38.8秒/kmとなります。その他の順位の高い区間においても線形、構造物の条件の多くで悪条件が重複しており、対策の必要性は高いと考えます。

6. おわりに

この研究は実用への途上であり、この成果も限定的であります。ここで今後の課題、展開について少し述べさせていただきます。

まず、道路利用者のニーズをよりの確に捉えられるように、おくれ時間以外の指標も加える必要があります。この試みとして、安全性と深い関連があると言われるアクセレレーションノイズ指標の導入を共同研究者の三村君を中心にすすめています。道路利用者のニーズを満足度（不満度）として総合化することで、複雑なニーズを評価できる方策を検討していきたいと考えております。

今後、実用化のための簡便なおくれ時間の調査法も必要と考えております。前述のプロブカーやGISの導入によって、データの取得が容易になると期待されます。

維持管理に関する新技術が実現しつつある現在、それらを用いることで、より合理性のある雪対策業務の意思決定の一助になるよう、研究を続けていきたいと考えております。

参考文献

- 1) 寺内義典, 嶋田喜昭, 本多義明: 沿道条件を考慮した除雪・消雪道路の選定に関する研究, 日本雪工学会誌, 14, 4, 1998.10, pp.3-10
- 2) 例えば, 石井憲一, 斎藤和夫: 冬期積雪時における信号交差点の交通容量解析に関する研究, 土木計画学研究・論文集, 1, 1984.1, pp.123-130 など