

積雪時における交通流の変化に関する研究*

A Study on Traffic Flow in Snowy Season

寺内義典** 川上洋司*** 本多義明****

Yoshinori TERAUCHI, Yoji KAWAKAMI, Yoshiaki HONDA

1. はじめに

冬期の降積雪時の道路交通は、平常時に比し交通容量は低下し旅行時間は増加する。これは、路面の変化による摩擦係数の低下、除雪による道路幅員の狭小化、さらには天候悪化のための視界・視距の確保の困難が運転者に対して障害となり、速度低下や車間距離が増加することによるものである。このような降積雪地方における道路交通計画において、降積雪による容量低下や旅行時間増加の影響を把握することは重要である。

本研究では、積雪が交通流に及ぼす変化を捉えることを目的とする。本稿では、関連する既往研究の調査から、今後の研究方針について検討し、また本研究のための予備調査として、平常時と積雪時における速度、車頭時間の実測調査によるデータの収集、分析を行う。

2. 本研究のねらい

(1) 既往研究の調査

積雪時における道路交通に関する研究をみると、近年の主な傾向としては、路面管理¹⁾やスタッドレスタイヤによる雪氷路面問題²⁾に関するものが多いが、速度・容量低下といった交通流の変化に関するものは少ない。そのような研究としては、堀井による都市内街路を対象とした冬期の旅行速度と旅行時間に関する一連の研究³⁾にみられる程度である。こ

の堀井による研究は、混雑度、沿道状況、路面状態などを説明変数とした数量化理論を用いて、旅行時間や速度特性を予測するモデルを構築するものである。これは、積雪時の交通流の変化をマクロ的に捉えたものと考えることができる。しかし、都市内街路におけるバス停位置の評価といったミクロ的に解析されなければならない交通現象を解析するためには、交通流をミクロ的に捉える必要があるが、積雪時におけるそのような研究はなされていないようにみえる。

それに対して、平常時における追従現象を捉えたものは、これまでにかなり多くの研究がなされてきた。たとえば、追従走行挙動の実測を詳細に行ったもの⁴⁾、ファジィ理論によるモデル化を行ったもの⁵⁾、線形モデルと非線形モデルを組み合わせたもの⁶⁾、スパイラル曲線を用いたもの⁷⁾など、その手法にも多くのバリエーションがある。

これら追従に関する研究の多くは、現象をモデル化しシミュレーションを行うものや、シミュレーションに組み込むことを前提とした研究が多い。これは、追従モデルをシミュレーションに組み込むことが、多種多様な交通現象を分析するための基本となるからである。また近年の計算機処理能力の向上は、より詳細なモデルをより短時間で再現できるシミュレーションの開発を可能とした。このような背景より、複雑な交通現象の再現を必要とするような政策実施の評価に適したミクロシミュレーションを実施するには、追従現象の把握が有効であろう。

(2) 研究のねらいと本稿の位置づけ

追従現象に影響を与える要因はいくつか考えられるが、本研究では、特に積雪による路面状態の変化が速度、車間距離を変化させることに着目し、それを考慮した追従モデルの構築を目的とする。これは、

*キーワード：交通流、交通量計測、交通管理

**学生員 修(工) 福井大学大学院システム設計工学専攻
(福井市文京 3-9-1 tel.0776-27-8763, fax.0776-27-8607)

***正会員 工博 福井大学工学部環境設計工学科
(福井市文京 3-9-1 tel.0776-27-8608, fax.0776-27-8608)

****フェロー会員 工博 福井大学工学部環境設計工学科
(福井市文京 3-9-1 tel.0776-27-8607, fax.0776-27-8607)

ドライバーの運転挙動に対して影響をおよぼす要因としては、路面状態の変化による影響が大きいことによる。また、路面状態の変化は消融雪装置の設置といった道路施設面での対応が可能であることから、路面状態と交通流の変化の関係をすることは実際の道路計画において有用であろう。

実際に積雪による交通流変化を追従現象レベルで捉えるためには、時間的に連続な車間距離と加速度の調査が必要となるが、その調査には多くの手間を要する。しかも、道路の横断面構成や線形の違いは、平常時と積雪時とでは交通流に及ぼす影響の大きさが異なるだろう。路面状態によっても結果は大きく異なるため、必要とされる実測のケースは多岐におよび、それら全てに対して調査を行うことは困難である。したがって本稿では、追従現象を調査する前に交通流全体を捉えるための予備調査を行い、基礎的なデータを収集・分析する。

3. 調査方法および結果

(1) 調査方法

追従走行のモデル化に必要な実測調査のための予備調査として、平常時と積雪時における交通流全体の変化を捉える実測調査を行った。

実測方法は、ビデオカメラを用いて道路を横方向から撮影し、後日、録画されたテープを再生して計測を行うものである。その計測は、画面を横方向に通過する個々の車両が、画面の両端を通過する時間を記録し、その録画された区間長を走行するのに要した時間から速度を、前車との時間差から車頭時間を得るものである。

表 1 実測条件の詳細

	平常時	積雪時
年月日	98.6.5	98.2.9
路面状況	乾燥	圧雪
天気	晴	曇時々雪
サンプル数	581 台	437 台
大型車混入率	3.6 %	%
実測時間	午前 6:40～8:00 (通勤時間帯)	
対象道路	福井県大野市における 郊外部のバイパス道路 (2車線)	
沿道土地利用	農地	

実測条件の詳細を表 1 に示す。実測は交通流の変化が大きい圧雪状態において行われた。

(2) 速度特性

各車両の速度から、速度特性を求めるためにその分布をみる。速度分布特性を示す指標として平均値、

表 2 速度分布 [km/h]

	平常時	積雪時	差
平均値	56.45	34.18	22.27 (39.45%)
標準偏差	10.31	10.26	0.05 (0.00%)
中位速度	55.02	35.49	19.53 (35.50%)
80 パーセンタイル 速度	62.50	42.22	20.28 (32.45%)

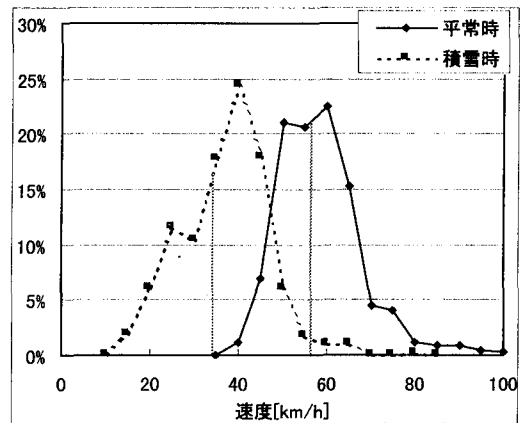


図 1 速度分布

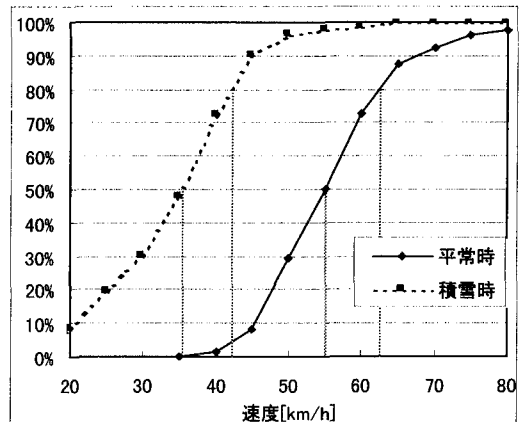


図 2 累積速度分布

標準偏差、中位速度、80 パーセンタイル速度を表 2 に示す。また、速度分布を図 1 に、その累積分布を図 2 に示す。

速度特性の結果をみると、平均値にして 22.27km の差がある。割合にして 4 割弱の低下となった。中位速度、80 パーセンタイル速度においても同様

表 3 車頭時間分布 [sec]

	平常時	積雪時	差
平均値	3.24	4.24	1.00 (30.86%)
標準偏差	2.68	3.15	0.47 (17.54%)
50 パーセンタイル値	2.26	3.45	1.19 (52.65%)
80 パーセンタイル値	4.45	5.50	1.05 (23.60%)

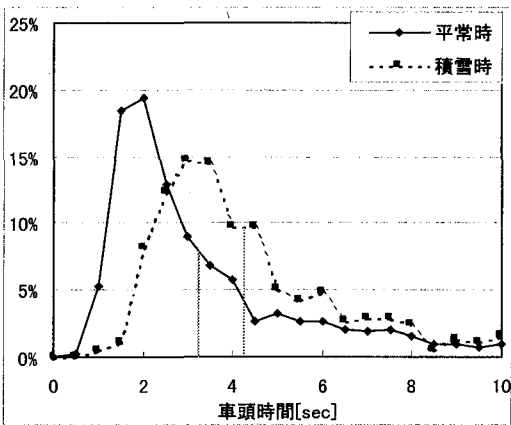


図 3 車頭時間分布

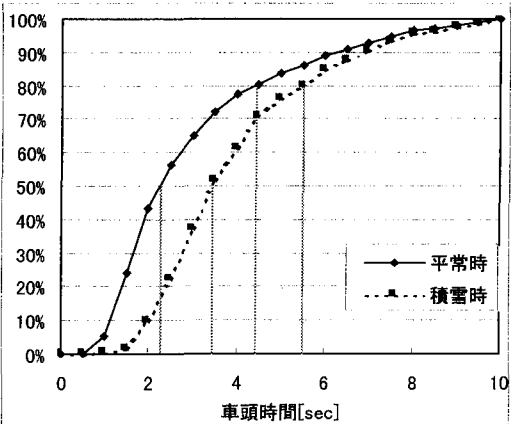


図 4 累積車頭時間分布

で、その差はほぼ 20km/h となった。累積速度分布をみてもわかるように、測度分布は平常時に比べ積雪時でおおよそ 20km/h 低下する。

ただし、分布形より平均速度と最頻値のずれをみると、ずれのあまりない平常時に対して積雪時では最頻値よりも平均値が約 5km/h 低くなっている。この原因としては、平均的なドライバーに対してより速度を低くするドライバーが存在することと、それらの自動車の特性（大型車、タイヤなど）のために速度を低下せざるを得ない車両が存在することの二点が考えられる。

(3) 車頭時間特性

車頭時間特性についても、速度特性と同様の結果を表 2、図 3、図 4 に示す。

平均値、50 パーセンタイル値、80 パーセンタイル値のそれぞれとも、平常時に対してほぼ 1 秒程度長くなることがわかる。標準偏差は平常時に比べ積雪時が大きく、分布形をみても積雪時で広がり大きいことがわかる。

車頭時間も、速度と同様にドライバーの運転挙動の個人差、あるいは自動車特性の差が、積雪時では大きくなることが原因として考えられる。

(4) 速度－交通流率

各車両ごとに求められた速度と車頭時間を用いて、両者の関係をみる。ただし、ここでは車頭時間の逆数である瞬間交通流率を用いる。これにより、交通流全体が自由走行状態から追従状態へと移行する過程を捉えることができる。特に、この速度－交通流率関係は、モデルのキャリブレーションにおいて有効な指標であろう。

ただし、この交通流率は個々の車両の車頭時間から求められたものである。したがって、その最大値

表 4 速度－交通流率の変化

	平常時	積雪時	差
自由速度 [km/h]	80	60	20 (25%)
最大交通流率 [台/h]	4,000	2,500	1,500 (38%)
臨界速度 [km/h]	55	35	20 (36%)

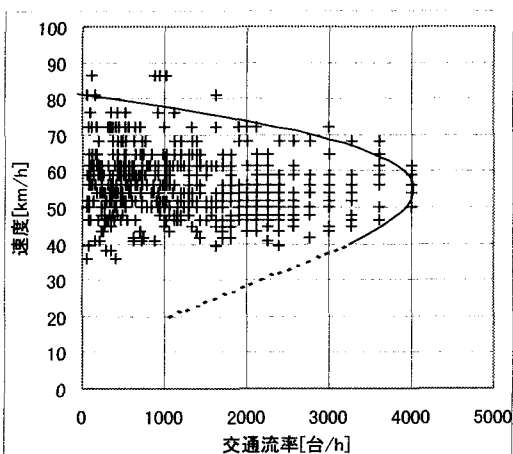


図 5 速度—交通流率（平常時）

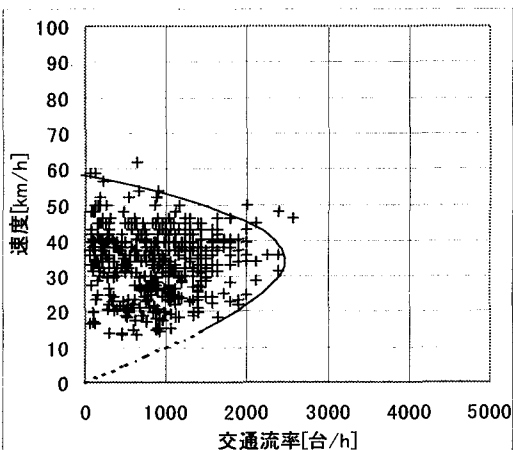


図 6 速度—交通流率（積雪時）

は、長時間にわたってすべての車両が安定して実現できるものではない。よって、この最大交通流率は、実際の交通容量に比べかなり過大なものとなるため、結果の評価にあたっては、最大交通流率の値を実際の交通容量と考えることはできないが、積雪による容量と速度の低下の割合を知る手がかりになる。

各車両ごとの速度を横軸、交通流率を縦軸にプロットしたものととして、平常時を図 5 に、積雪時を図 6 に示す。また、その速度—交通流率のグラフより読み取ることのできる諸量を表 4 にまとめる。

この結果、自由速度は 80km/h から 60km/h と 20km/h 程度低下している。最大交通流率は積雪により 38%程度低下し、臨界速度も 36%程度の低下

がみられる。また、積雪による最大交通流率の低下は、渋滞領域にある車両を増やし、それによりさらに速度が低下していることがわかる。

4. おわりに

本研究では、既往研究の調査と予備調査により、以下の結果を得た。

- ・既往研究の調査より、積雪時の追従現象モデルの必要性を示した。
- ・予備調査により、交通流全体に対する路面状態の変化の影響を捉えた。

今後は、平常時と積雪時における追従現象を実測調査により把握し、そのモデル化とシミュレーションへの組み込みを行うことで、積雪時の交通流の変化を捉えることが必要となる。追従現象の実測調査においては、時間に対して連続的な相対速度と車間距離の測定が必要となる。このとき、ドライバーのタイプ別、車種別での調査が必要となるだろう。

モデル化にあたって留意すべき点として、まず、構築するモデルが積雪時における追従現象の再現性が期待できるものにするよう注意する必要がある。また、モデルのキャリブレーションには、本稿の実測結果を用いることができるだろう。

- 1) 藤原隆, 山川顕吾, 久新宏二郎: 冬季の路面管理方策が交通流に及ぼす影響に関する研究, 土木学会年次学術講演会(50), IV-372, pp.744-745, 1995
- 2) 美馬大樹, 高木秀貴, 大沼秀次: スタッドレス化における雪氷路面の目視分類とすべり摩擦係数の評価, 土木学会年次学術講演会(51), IV-395, pp.790-791, 1996
- 3) たとえば 堀井雅史: 積雪都市における旅行速度予測指標に関する一検討, 土木計画学研究・講演集, No.16(1), pp.49-53, 1993
- 4) 尾崎春男: 自動車の追従走行挙動に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.14(1), pp.375-380, 1991
- 5) 大口敬, 越正毅, 桑原雅夫, 赤羽弘和: ファジィ推論を用いた車両の追従挙動モデル, 土木計画学研究・講演集, No.13, pp.221-228, 1990
- 6) 山田稔, 鈴木徹: 街路の追従走行における速度と車間距離の変動に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.10, pp.87-94, 1992
- 7) 中山晴幸, 和田幹彦, 市川孝太郎: 車両の追従現象へのスパイラル曲線導入の試み, 土木計画学研究・講演集, No.16(1), pp.109-114, 1995