

積雪都市における旅行速度予測指標に関する一検討*

Analysis of Index in Prediction Model of Travel Speed of Traffic Flow on Roads in Snowy Cities

堀 井 雅 史**

By Masafumi HORII

Road traffic in snowy cities is frequently paralyzed by snowfall in the snow season. Therefore, it is necessary to examine the characteristics of traffic flow on roads and take measures to prevent paralyzation of traffic flow. In this paper, the author proposed a congestion index to predict travel speed of vehicles in snowy cities, and examined the criterion of the index by applying the Multiple Regression Analysis. As a result, the author could obtain the criterion of the congestion index according to the travel speed, traffic density and stopping time ratio in snowy cities. Furthermore, the prediction model of the travel speed of the vehicles in snowy cities was influenced by the congestion index.

1. はじめに

積雪都市における道路交通流は、一般道路の特徴とさらに降・積雪による影響など様々な要因が関連しているためにその特性を明確にすることには困難が伴う。しかしながら、道路交通のサービス水準低下は大きな問題であり、特に積雪都市内道路において、その大部分を占める2車線道路の交通流予測問題は、積雪期において無雪期と同様な都市活動を営んでいる現状を勘案すると今後重要な課題である。

筆者は、積雪都市内の一般道路において調査を実施し、その資料を基に2車線道路における冬期交通流、特に旅行速度に関する統計分析を行い、積雪都市における旅行速度の予測モデルについて検討を行

っており¹⁾、さらに季節間の交通流状態の変化を考慮した指標について言及している²⁾。本研究は、旅行速度予測モデルの推定精度を向上させるための予測指標について交通流の渋滞・非渋滞状態という別の観点から検討を行ったものである。

2. 既往の研究例および本研究での考え方

一般道路の渋滞領域の基準は確定的ではないが、個々の研究において独自の基準を設定している。たとえば、藤田ら³⁾は渋滞領域を交通密度30台/Km以上かつ旅行速度30Km/時以下としているし、大蔵ら⁴⁾は旅行速度20Km/時以下かつ停止率25%以上としている。また北川ら⁵⁾は旅行速度15Km/時以下であるとしている。このように、渋滞領域の分類基準は若干異なっているが、積雪都市において冬期にはどのような範囲から渋滞領域へ移行するかについては過去に研究例が見あたらない。本研究では、冬期交通流における渋滞・非渋滞の分類基準

*キーワード：旅行速度、重回帰分析、冬期交通、渋滞流

** 正会員 工博 日本大学講師 工学部土木工学科
(〒963 郡山市田村町徳定字中河原1)

について検討を行うとともに、旅行速度予測のための指標として、各交通流状態が渋滞領域か否かを示す指標としてこの渋滞分類を導入してその影響について考察を試みた。分類の基準としては、過去の研究例と実際のデータを参考に旅行速度、交通密度、停止率の基準を設定することとした。具体的には、①旅行速度の分類基準を15 Km/時前後について段階的に変化させ、その分類指標を作成し、重回帰分析による旅行速度予測モデルに導入して重相関係数が最大となるものを選定する。②交通密度の分類基準を30 台/Km前後について上と同様に变化させ、最大の重相関係数を与える交通密度を求める。③旅行速度と交通密度の両者を考慮する。④交通量、旅行速度、交通密度を用いたクラスター分析を行い、この結果を分類基準とする。⑤旅行速度、停止率の両者の基準を設定し、重相関係数の最大となる基準を求める。

3. 資料および分析方法

分析対象地区は米沢市、会津若松市および長岡市中部部道路網¹⁾である。これらの道路網に対して試験車走行法によって得られた旅行時間と交通量、有効幅員、路面状態、天候および信号制御に関するデータを収集し、各区間の旅行速度、交通密度(交通量/旅行速度)を求め、分析資料とした。

図-1は、積雪期における旅行速度と交通量の関係を示したものである。一般道路における交通流は、高速道路と異なり、図のようにばらつきがみられる。図の包絡線を描くと10から20 Km/時の間にピークを持つ交通量側に凸な曲線が得られる。図-2は積雪期における交通量と交通密度の関係を示したものである。これによると交通密度30台/Kmあたりから交通量の増加割合が低下していることが推測できる。図-3には時間混雑度と交通密度の関係を示す。この図からも交通密度30台/Km付近で混雑度が1.0になっている。このように交通密度30台/Km付近から渋滞領域に移行することが推測できる。図-4は旅行速度と交通密度の関係を示す。図は右下がりの曲線であり、対数回帰した回帰式から交通密度30台/Kmに対応する旅行速度を求めると13 Km/時程度である。したがって本資料からも旅行速

度の基準としては15 Km/時前後の値が考えられる。なお、図-5には旅行速度と停止率(停止時間/旅行時間)の関係を示した。

4. 各分類基準による分析結果

4. 1 旅行速度による分類基準

ここでは、交通流の渋滞・非渋滞の分類基準設定のため、渋滞流、非渋滞流では特性が異なっており、この特性が旅行速度予測モデルに反映されていると

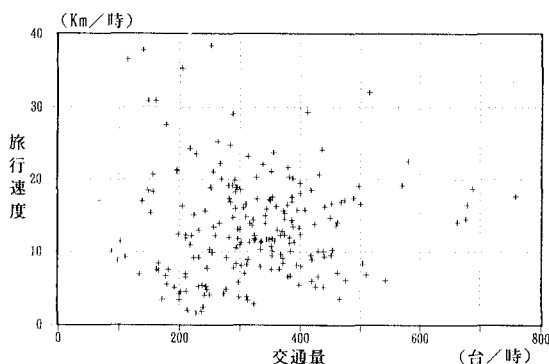


図-1 旅行速度と交通量の関係(積雪期)

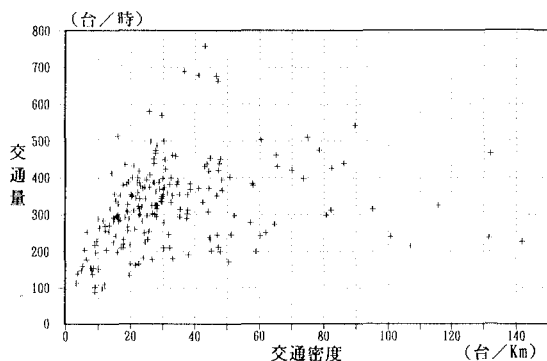


図-2 交通量と交通密度の関係(積雪期)

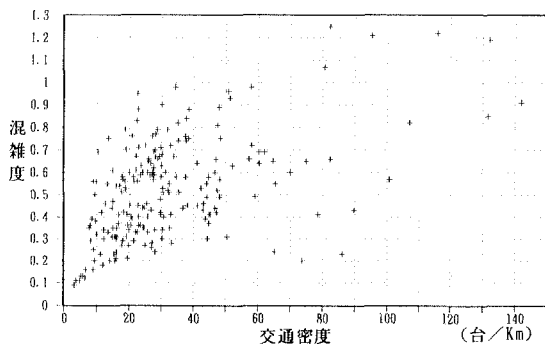


図-3 時間混雑度と交通密度の関係(積雪期)

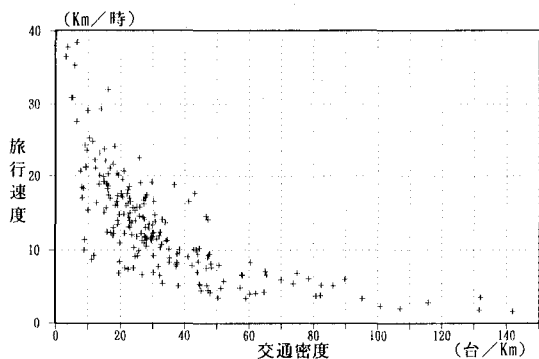


図-4 旅行速度と交通密度の関係（積雪期）

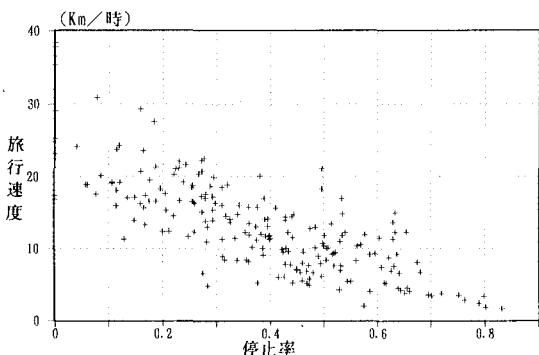


図-5 旅行速度と停止率の関係（積雪期）

仮定する。言い換えれば、モデルの説明力が上昇するほど渋滞・非渋滞の分類精度が向上すると仮定した。このため、過去の研究例あるいは分析データの特徴を考慮し、旅行速度を10Km/時から25Km/時まで変化させ、その基準より渋滞分類指標を作成し、これをダミー変量として扱って重回帰分析を適用した。表-1にその結果を示す。表-2には、分類基準を13Km/時とした場合の分析結果を示す。ここで、渋滞分類以外の指標は、変数選択式の重回帰分析において採択された指標であり、沿道状況と路面状態については数量化I類の分析結果より得られたカテゴリースコアの値を用いている¹⁾。これによると、もっとも重相関係数の高かったものは、旅行速度が13Km/時の場合で0.892であり、13から16Km/時の間ではあまり変化がみられず、それ以上、あるいはそれ以下になると重相関係数が低下する。すなわち交通流状態が変化し始める旅行速度はこの辺に存在すると考えられる。

4. 2 交通密度による分類基準

交通密度に関しても旅行速度と同様に25から4

表-1 旅行速度と交通密度分類基準

旅行速度		交通密度	
分類基準 (Km/時)	重相関係数	分類基準 (台/Km)	重相関係数
10	0.859	25	0.843
11	0.868	26	0.839
12	0.883	27	0.839
13	0.892	28	0.843
14	0.886	29	0.845
15	0.887	30	0.846
16	0.890	31	0.843
17	0.881	32	0.843
18	0.874	33	0.843
19	0.872	34	0.840
20	0.862	35	0.843
21	0.852	36	0.843
22	0.849	37	0.843
23	0.850	38	0.845
24	0.838	39	0.842
25	0.826	40	0.842

表-2 旅行速度の分類基準による分析結果
(渋滞領域：13Km/時以下)

【分析結果】

決定係数	0.79549
自由度調整済み決定係数	0.78848
重相関係数	0.89190
誤差分散の推定値	10.3565
誤差項標準偏差の推定値	3.21815

【偏回帰係数】

		値	標準誤差	t 値	検定
β_0	定数項	16.3455	2.10739	7.75626	1%有意
β_6	1/混雑度	1.40287	0.16860	8.32060	1%有意
β_9	サイカル長	-0.0449	0.01579	-2.8420	1%有意
β_{13}	ln(区間長)	2.38311	0.49953	4.77063	1%有意
β_{14}	ln(青時間)	2.30199	0.84955	2.70964	1%有意
β_{15}	沿道状況	0.28218	0.09850	2.86458	1%有意
β_{16}	路面状態	0.71797	0.15271	4.70135	1%有意
β_{21}	渋滞分類	7.51439	0.54060	13.9000	1%有意

0台/Kmまで分類基準を変化させ、重回帰分析を適用した。その結果を表-1にあわせて示す。これより、交通密度の場合は旅行速度と異なって広い範囲である程度の重相関係数が得られており、どこといった特定が難しいが、最大の重相関係数は交通密度30台/Kmにおいて0.846が得られた。表-3にその結果を示す。

4. 3 旅行速度と交通密度両者による分類基準

表－3 交通密度の分類基準による分析結果
(渋滞領域：30台/Km以上)

【分析結果】

決定係数	0.71493
自由度調整済み決定係数	0.70515
重相関係数	0.84553
誤差分散の推定値	14.4363
誤差項標準偏差の推定値	3.79952

【偏回帰係数】

	値	標準誤差	t 値	検定
β_0 定数項	23.5753	2.30329	10.2354	1%有意
β_6 1/混雑度	1.27399	0.20345	6.26190	1%有意
β_9 サイクル長	-0.0560	0.01874	-2.9889	1%有意
β_{13} ln(区間長)	3.79683	0.57107	6.64862	1%有意
β_{14} ln(青時間)	5.34210	0.96497	5.53597	1%有意
β_{15} 沿道状況	0.47330	0.11477	4.12369	1%有意
β_{16} 路面状態	0.74767	0.18029	4.14698	1%有意
β_{21} 渋滞分類	5.38884	0.59892	8.99747	1%有意

ここでは、旅行速度、交通密度の両者を考慮した分類基準を設定した。旅行速度、交通密度の両者の分類基準としては、検討すべき点があるが、上記で得られた基準をもとに分析を行った。表－4に旅行速度13Km/時と交通密度30台/Kmを基準とした場合の分析結果を示した。

4. 4 クラスター分析による分類

各区間の旅行速度、交通量、交通密度のデータを用いてクラスター分析を行い、2つのクラスターを求めた。表－5に2つのクラスターの各変量の平均値を示す。これによるとクラスター1が渋滞領域に相当するようである。そこでこの分類を用いて重回帰分析を行ったのが表－6であり、重相関係数0.853を得た。

4. 5 旅行速度と停止率を用いた分類

旅行速度と停止率についても種々の基準を設定し、分析を行った。ここでは旅行速度は13Km/時と固定し、停止率を変化させて渋滞分類を作成し、重回帰分析を適用して、重相関係数が最大となる基準を求めた。表－7にその結果を示す。この場合は停止率が0.2であり、重相関係数がいままでの分析結果の中で最大である0.893を得た。

5. まとめ

本研究は積雪都市内における一般道路の旅行速度予測のための指標として種々の分類基準による渋滞分類を設定し、その影響について検討を行ったものである。得られた結果を以下にまとめて示す。

表－4 旅行速度と交通密度の分類基準による分析結果
(渋滞領域：13Km/時以下かつ30台/Km以上)

【分析結果】

決定係数	0.71963
自由度調整済み決定係数	0.71001
重相関係数	0.84831
誤差分散の推定値	14.1984
誤差項標準偏差の推定値	3.76808

【偏回帰係数】

	値	標準誤差	t 値	検定
β_0 定数項	21.4495	2.37516	9.03073	1%有意
β_6 1/混雑度	1.35476	0.19959	6.78766	1%有意
β_9 サイクル長	-0.0532	0.01864	-2.8536	1%有意
β_{13} ln(区間長)	3.51744	0.56936	6.17787	1%有意
β_{14} ln(青時間)	4.31199	0.96581	4.46462	1%有意
β_{15} 沿道状況	0.47112	0.11383	4.13872	1%有意
β_{16} 路面状態	0.63727	0.17981	3.54408	1%有意
β_{21} 渋滞分類	5.79218	0.62557	9.25901	1%有意

表－5 クラスターごと各変量の平均値

	サンプル数	旅行速度 (Km/時)	交通量 (台/時)	交通密度 (台/Km)
クラスター1	64	6.31	310.4	56.39
クラスター2	148	16.46	330.7	22.41

表－6 クラスター分析の分類基準による分析結果

【分析結果】

決定係数	0.72773
自由度調整済み決定係数	0.71839
重相関係数	0.85307
誤差分散の推定値	13.7880
誤差項標準偏差の推定値	3.71322

【偏回帰係数】

	値	標準誤差	t 値	検定
β_0 定数項	16.5062	2.59517	6.36034	1%有意
β_6 1/混雑度	1.52272	0.19381	7.85660	1%有意
β_9 サイクル長	-0.0414	0.01871	-2.2161	5%有意
β_{13} ln(区間長)	2.44348	0.58489	4.17761	1%有意
β_{14} ln(青時間)	4.08297	0.95458	4.27723	1%有意
β_{15} 沿道状況	0.41695	0.11249	3.70636	1%有意
β_{16} 路面状態	0.82600	0.17594	4.69467	1%有意
β_{21} クラスター分類	6.48165	0.66727	9.71360	1%有意

- 1) 旅行速度に関する渋滞領域の分類基準は、13から16Km/時付近にあり、最大の重相関係数を与えた基準は13Km/時であった。
- 2) 交通密度の分類基準は特定することは難しいが、最大の重相関係数は30台/Kmで得られた。
- 3) その他の分析では、旅行速度と交通密度、クラスター分析による分類結果においてほぼ同程度の重相関係数が得られた。また、旅行速度と停止率による分類基準での重相関係数は全分析の中でもっとも

高い値が得られ、積雪都市における渋滞領域の基準は旅行速度13Km/時でかつ停止率が0.2以上が該当すると推測できる。しかしながら重相関係数がさほど変わらないこと、およびデータの得やすさを考慮すると旅行速度による基準を設定するのが妥当であろう。

4) 渋滞分類を導入することにより旅行速度予測モデルの精度の向上が認められた。

本研究での渋滞領域の設定の考え方は、旅行速度予測式の説明力が大きくなれば渋滞流、非渋滞流における特性の相違を表現できると仮定して行ったものであり、実際の現象とは異なることも考えられるが、実際の基準が確定していない以上、ある基準に基づいて設定する必要がある。特に積雪都市においては、気象条件が交通流を阻害していることを考慮すると無雪期と比較して渋滞領域への移行基準が若干低下していることが考えられる。これについては今後さらに検討する必要がある。

今後の課題として、予測式の適用問題について研究することが必要であると考ええる。

参考文献

- 1) 堀井雅史：積雪都市における道路交通流特性に関する統計分析，土木計画学研究・講演集，pp.667～672，1991.
- 2) 堀井雅史：積雪都市における季節間の旅行速度

表-7 旅行速度と停止率の分類基準による分析結果
(渋滞領域：13Km/時以下かつ停止率0.2以上)

【分析結果】

決定係数	0.79674
自由度調整済み決定係数	0.78977
重相関係数	0.89260
誤差分数の推定値	10.2934
誤差項標準偏差の推定値	3.20833

【偏回帰係数】

		値	標準誤差	t 値	検定
β_0	定数項	15.5407	2.12594	7.31004	1%有意
β_6	1/混雑度	1.41897	0.16675	8.50955	1%有意
β_9	サイクル長	-0.0375	0.01588	-2.3663	5%有意
β_{13}	ln(区間長)	2.42981	0.49538	4.90486	1%有意
β_{14}	ln(青時間)	2.18810	0.85155	2.56953	5%有意
β_{15}	沿道状況	0.31549	0.09776	3.22713	1%有意
β_{16}	路面状態	0.73145	0.15185	4.81673	1%有意
β_{18}	渋滞分類	7.51352	0.53954	13.9256	1%有意

特性に関する一考察，土木学会第48回年次学術講演会概要集発表予定，1993.

3) 藤田大二・山川朝生・浦本良文・浦野隆：一般道路における旅行速度，土木技術資料，23-2，pp.9～14，1981.

4) 大蔵泉・北川久・森田綽之：一般道路における区間速度の特性，高速道路と自動車，第24巻2号，pp.20～28，1981.

5) 北川久・太田勝敏：配分手法で用いるQ-V式に関する考察，交通工学，VOL.19，NO.3，pp.4～13，1984.