

札幌都市圏における冬期交通挙動の再現

Reappearance of the Winter Traffic Behavior in Urban Area of Sapporo City

(独) 北海道開発土木研究所 ○正員 宗広 一徳 (Kazunori Munehiro)

(独) 北海道開発土木研究所 正員 高橋 尚人 (Naoto Takahashi)

(独) 北海道開発土木研究所 正員 浅野 基樹 (Motoki Asano)

1. まえがき

積雪寒冷地においては、冬期間の降積雪並びに雪氷路面の出現により、一般交通車両の旅行速度が低下し、特に都市圏では交通渋滞に至る等の大きな経済的損失を被っている。これに対し、道路管理者が冬期道路交通状況の実態を正確に把握すると共に、予め冬期道路交通状況を予測評価する手法の確立が求められている。筆者らは、各種の調査手法（冬期交通センサス、交通量常時観測調査、プローブカー調査等）により冬期交通実態を把握すると共に、交通流マイクロシミュレーションにより冬期間の道路網や交通流を予測評価する研究を実施している。本報告では、札幌市都心部の道路網をケーススタディとし、交通流マイクロシミュレーションを用いた車両挙動の表現及び冬期道路交通状況の再現結果について報告する。

2. 交通流マイクロシミュレーションのモデル構築

(1) シミュレーション対象

本シミュレーションの対象道路ネットワークは、図-1に示す札幌市都心部の道路網とした（南北方向：北8条通～北大通～南大通～南4条通、東西方向：西11丁目通～創成川通～東3丁目通）。対象道路ネットワークにおけるシミュレーションのデータ作成は、下記データに基づいた。

- ① 道路構造基本データ（ネットワーク形状、車線数、幅員、規制速度、右左折規制、右折待ち位置等）

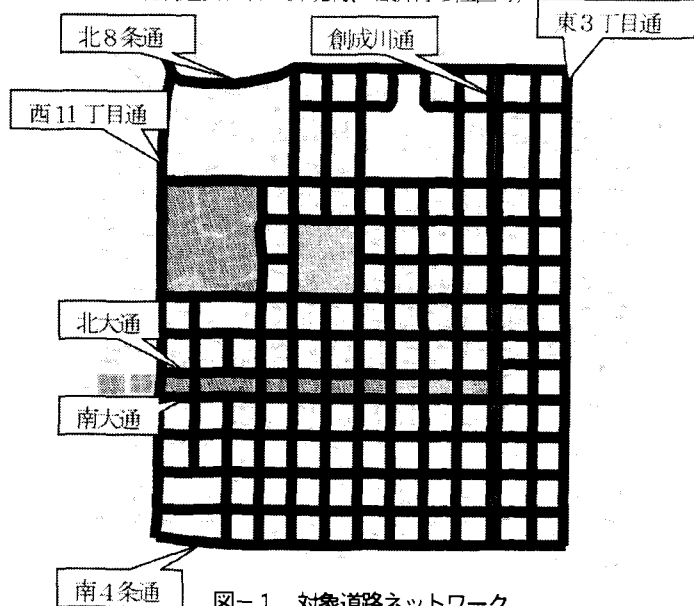


図-1 対象道路ネットワーク

- ② 路上駐車車両データ

- ③ 信号現示オフセット

- ④ 時間帯別（14・17時台）の車種別OD表、他

(2) 交通流マイクロシミュレーションの適用

本研究の交通流マイクロシミュレーションは、移動体である車両を1台ずつ個別に表現したモデルを適用し、冬期交通流を再現する。冬期交通流の再現に関し、交通流マイクロシミュレーションの適用により得られる効果を列挙すると以下の通りである。

- ① 設定モデルにより1台毎の車両を発生させて車両挙動を表現するものであり、パソコン画像により分かりやすいアウトプットを得ることが可能。

- ② 最大滞留長、交通量、平均旅行速度等を集計し、冬期交通流及び冬期交通渋滞の状況を予測評価することが可能。

- ③ 札幌市都心部のような狭小エリアを対象とする場合、右折レーンの有無や路上駐車状況等の詳細要因の反映が可能。

- ④ 対象エリア内に新たな交通施策の導入を検討する際、道路交通状況の変動に関し、効率的に予測評価することが可能。

(3) 追従モデルの構築

本シミュレーションでは、積雪寒冷地の車両挙動が追従挙動により反映されるとの考え方に基づき、追従方程式モデルを構築した。本交通流マイクロシミュレーションは、追従挙動に対応する「KUNJ-Sakura」により実施した。同モデルでは、経路選択、車線選択、車両挙動決定の順により計算を行った。車両は1台毎に発生させることとし、ポアソン分布に従い、乱数を用いて車両発生時刻を算定した。

1) 経路選択の方法

目的地に応じた経路選択確率はDial法により算定した。

Dial法は、多経路配分手法の1つであり、目的地までの距離が短いリンクほど選択確率が高くなるものである。各車両は、経路選択確率をもとに乱数を用いて目的地までの経路を決定した。

2) 車線選択の方法

同方向の並行する車線が複数ある場合には、車両は車線選択を行うものとし、車線選択確率はロジットモデルにより算定した。同モデルは、車線変更回数、予定経路進行適性（予定ルートを通行するのに適当な車線かどうか）、前車との速度差等を反映させたものであり、同確率は乱数を用いて決定した。

3) 車両挙動の決定

車両挙動表現は追従方程式モデルを適用し、先行車両との速度差、車間距離と希望車間距離との差、自車の速度と希望速度の差の3要素を反映させた。追従方程式のパラメータは当所苫小牧寒地試験道路（夏期乾燥及び冬期凍結路面）で実測した追従走行実験の車両挙動データの解析結果²⁾等から設定した。下記の枠内に、追従方程式、説明

変数及びパラメータについて示す。パラメータ(α、β、λ、m)は、遺伝的アルゴリズム(GA)の手法により、初期値を設定し、追従走行する後車の加速度について、実測値(追従走行実験)との比較評価を繰り返すことにより求めた。他方、パラメータ(A、B)は車頭距離の実測値(追従走行実験)を回帰分析(図-2、3)、パラメータ(C、D)は希望速度の計算値(札幌市内航空写真からの解析値)を回帰分析することにより求めた。

〔追従方程式〕

$$a_{n+1}(t) = \alpha \times [V_n(t \cdot \Delta_1) - V_{n+1}(t \cdot \Delta_1)] \div [X_n(t \cdot \Delta_1) \cdot L_n \cdot X_{n+1}(t \cdot \Delta_1)]^l + \beta \times [X_n(t \cdot \Delta_2) \cdot L_n \cdot X_{n+1}(t \cdot \Delta_2)]^m \times [X_n(t \cdot \Delta_2) \cdot L_n \cdot X_{n+1}(t \cdot \Delta_2) \cdot Sd_{n+1}\{V_{n+1}(t \cdot \Delta_2)\}] + \lambda \times [Vd_{n+1} - V_{n+1}(t \cdot \Delta_3)] \times \delta$$

〔説明変数及びパラメータ〕

変数		パラメータ		設定条件	
n, n+1	先行車・後続車の添え字	α	夏期 1.543・冬期 1.489	λ	1
a	加速度	β	夏期 0.103・冬期 4.875	Δ ₁	1
X	位置	l	夏期 0.478・冬期 0.604	Δ ₂	0.5
V	速度	m	夏期 2.524・冬期 3.454	Δ ₃	1
L	車両の長さ	A	夏期 0.360・冬期 1.071	※Δ ₁ ～Δ ₃ :それぞれ速度差、車間距離、希望速度に対する反応遅れ時間	
Sd	希望車間距離 (=A×V+B)	B	夏期 4.220・冬期 4.456		
Vd	希望速度 (=C×Vreg+D)	C	夏期 0.737・冬期 0.748		
Vreg	規制速度	D	夏期 5.348・冬期 0.393		

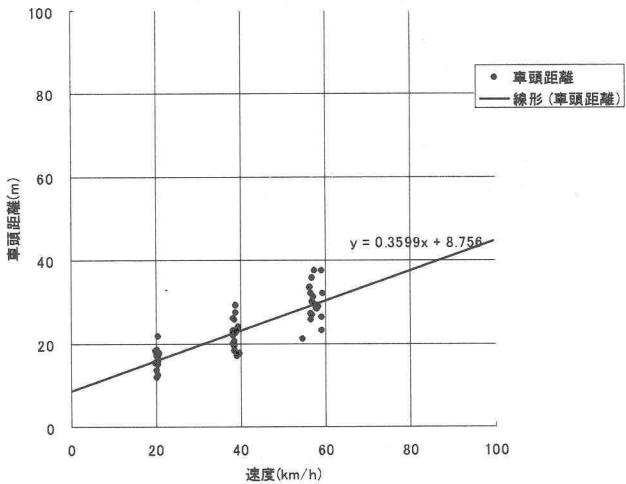


図-2 車頭距離実測値の回帰分析結果（夏期）

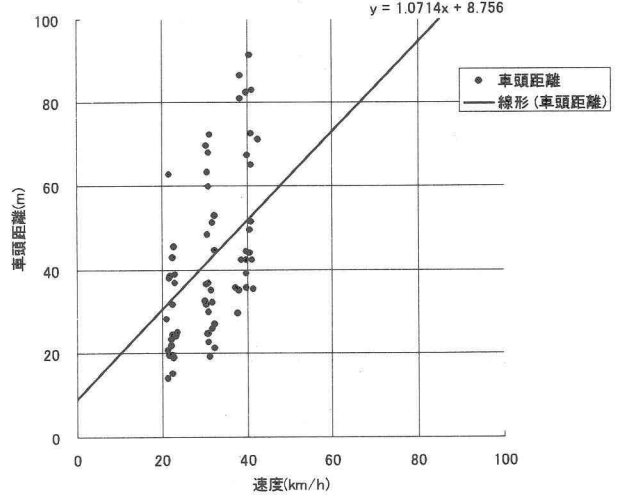


図-3 車頭距離実測値の回帰分析結果（冬期）



写真-1 追従挙動走行実験・夏期（苫小牧寒地試験道路）



写真-2 追従挙動走行実験・冬期（苫小牧寒地試験道路）

3. シミュレーションによる現況道路交通の再現

本件対象道路ネットワークに関し、上述の追従方程式(夏期、冬期別にパラメータを設定)によりシミュレーションを実行し、札幌市都市部の夏期及び冬期における道路交通状況を再現した。本シミュレーションは1台毎の車両挙動をパソコンモニター上で表示可能であり、ユーザーは交通流(車両挙動、滞留長等)を視覚的に把握できる等の特長を有している(図-5参照)。本シミュレーションにより得られた交通流に関し、リンク毎の平均旅行速度を夏期・冬期(時間帯は14時台)について計算したところ(方向別に集計し全624リンク、図-4(a)及び(b)参照)、以下の傾向が見られた。

- ①冬期の旅行速度は、全般的に夏期よりも低下している。夏期の場合、対象ネットワークの全リンク中の約2割のリンクが旅行速度10km/h以下、約2%が旅行速度5km/h以下となった。他方、冬期の場合、全リンク中の約4割のリンクが旅行速度10km/h以下、約6%が旅行速度5km/h以下となった。
- ②冬期のシミュレーション結果から、旅行速度5km/h以下のリンクが連続している区間では、特に交通の走行性が損なわれていると予測される。同区間を列挙すると、東西方向を結ぶ路線として、北2条通西1~4丁目、南1条通東2~西4丁目、南北方向を結ぶ路線として、東2丁目通の北大通~南4条間等となっている。

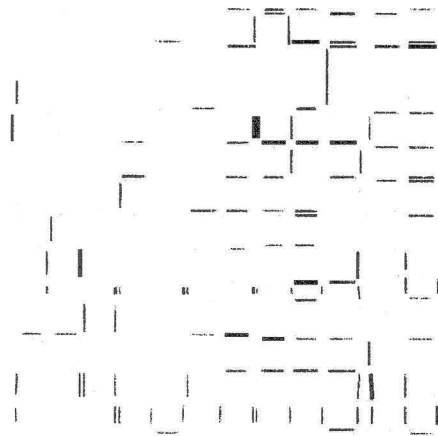


図-4 (a) 平均旅行速度 (夏期 14時台)

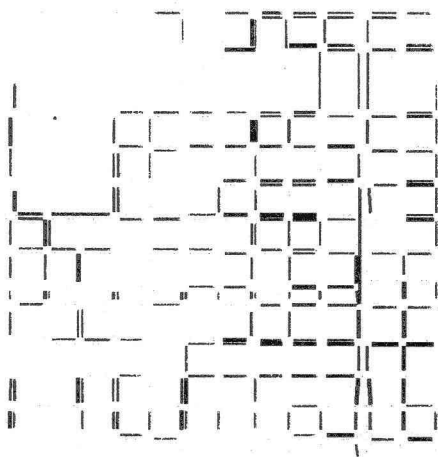
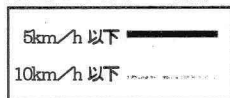


図-4 (b) 平均旅行速度 (冬期 14時台)



- ③H11 冬期交通センサによる国道センサ区間の平均旅行速度に関し、本件ネットワーク内の5センサ区間を抽出すると10.5~21.3km/hであった。本シミュレーションを通じ、センサ区間データより、きめ細かい各リンクの旅行速度を求めることができた。

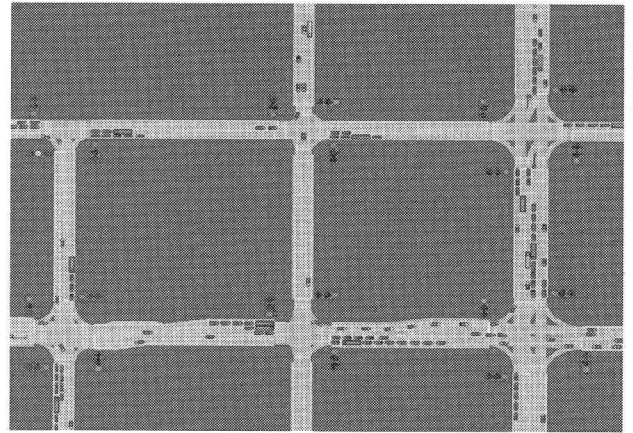


図-5 シミュレーションによる表示例

4. プローブカーデータによる検証作業

上記3. で得られたシミュレーション結果に関し、プローブカーデータによる検証作業を試みた。本論文中のプローブカーデータとは、GPSを搭載したタクシー115台の走行データを分析し、座標、速度等を計算したものである。同タクシー115台の総走行距離は1日当りおよそ6万kmに及び、豊富なデータ量が取得できるとの特長を有している。現況道路交通の実態把握の高度化という観点から、精度の高い旅行速度データの取得等が期待されており、現在研究中のものである。本シミュレーション対象域内において、プローブカーデータから区間毎(14区間)の平均旅行速度の計算値について、以下を条件として抽出した。

- a) 対象区間
 - 北1条通(国道230号、国道5号、国道12号)
 - 南4条通(国道36号)
 - 西11丁目通(国道230号)
 - 創成川通(国道5号)
- b) 対象期間
 - 夏期 ~ 2001年10月の火曜日、水曜日、木曜日
(休日の前後、5・10日を除く)
 - 冬期 ~ 2002年1月の火曜日、水曜日、木曜日
(休日の前後、5・10日を除く)
- c) 対象時間帯
 - 昼間 ~ 13時~16時
 - 夕方 ~ 16時~19時

抽出したプローブカーデータ(図-6及び図-7中の「プローブ」)並びに本シミュレーションによる平均旅行速度の計算値(図-6及び図-7中の「推計」)を比較したところ、得られた傾向及び考察は以下の通り。

- ①対象14区間の平均旅行速度に関し、推計値とプローブカーデータを比較したところ、夏期の推計値/プローブカーデータは昼間で1.01、夕方で1.03となり、シミュレーションによる推計値の妥当性が高いと考えられる。他方、冬期の推計値/

プローブカーデータは昼間で0.70、夕方で0.72となり、推計値よりもプローブカーデータの方が3割程度高くなる結果となった。

②対象14区間毎に冬期・昼間の平均旅行速度について、推計値とプローブカーデータを比較したところ、各区間における推計値/プローブカーデータは、0.41~1.27と大幅にばらつく結果となった。

③シミュレーションの冬期・追従方程式モデルの設定に際しては、上述の通り苫小牧寒地試験道路で凍結路面を設定し、同条件下での追従走行実験結果を反映させている。しかし、札幌都市圏の現道の冬期路面は、除排雪レベルの向上等に伴い、凍結や圧雪ではなく、湿潤や乾燥に近い路面状態も出現していると考えられる。すなわち、今回抽出したプローブカーデータは、冬期の道路条件を一律に捉えており、路面状態や有効幅員等の違いについては加味していない。従って、推計値とプローブカーデータの差異は、冬期・追従方程式モデルの設定の基礎とした追従走行実験の冬期路面条件が、現道の冬期路面実態よりも厳しい条件下であったものと考えられる。

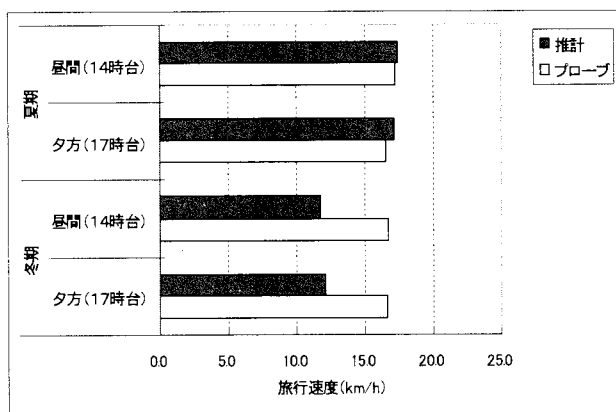


図-6 平均旅行速度の推計値とプローブカーデータとの比較
(夏期及び冬期：対象14区間の平均)

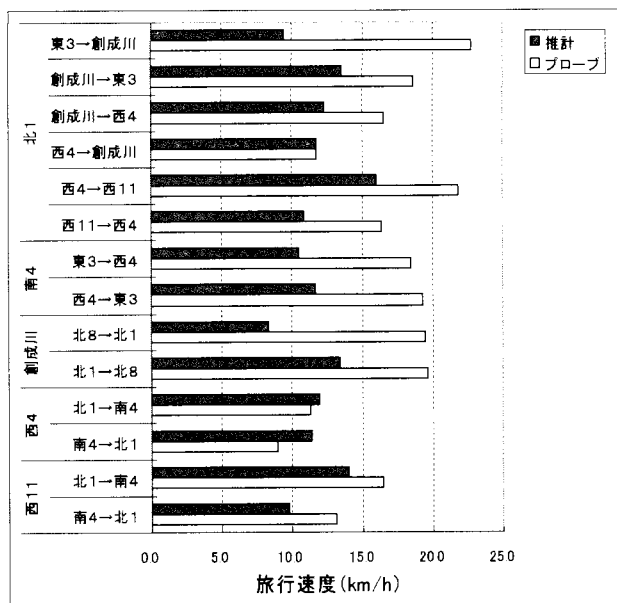


図-7 平均旅行速度の推計値とプローブカーデータとの比較
(対象14区間：冬期・昼間14時台)

5. おわりに

本研究により得られた結果並びに今後の課題について、以下に

列挙する。

(1)札幌市都市部における夏期及び冬期の現況道路交通に関し、夏期・冬期別に設定したパラメータを反映した追従方程式モデルに基づく交通流マイクロシミュレーションにより、各期の交通流(14時及び17時)の現況を再現した。同再現性を検討するため、シミュレーションによる区間毎の平均旅行速度の推計値について、プローブカーデータによる検証を試みたところ、夏期の両データの比(推計値/プローブカーデータ)は昼間(14時台)で1.01、夕方(17時台)で1.03となり、シミュレーションによる推計値の妥当性が高いと考えられる。他方、冬期の両データの比(推計値/プローブカーデータ)は昼間で0.70、夕方で0.72となり、推計値よりもプローブカーデータの方が3割程度高くなる結果となった。

(2)本シミュレーションの事例研究及び検証作業の積み重ねを通じ、冬期追従モデルの妥当性について精度確認及び向上を図る必要がある。本検証用データとして、プローブカーデータの適用が有効と考えられ、様々な冬期交通状況下の実態データによる検証作業の積み重ねが必要であると考えられる。

(3)冬期道路条件は、降雪、車両通行による圧雪、圧雪の融解、凍結等の繰り返しによる路面状態の変化、並びに除排雪作業の有無による有効幅員、雪堤高の違い等、大幅な変動要因を含有している。交通流マイクロシミュレーションの冬期追従モデルの設定に際しては、各路面状態別(路面すべり摩擦係数の変化)や、有効幅員の違い等を考慮した車両挙動の再現が必要とされており、これらの要因をシミュレーションの追従方程式モデルに反映させることが今後の課題であると考えられる。

(4)本研究では、交通流マイクロシミュレーションによる冬期交通挙動の再現について論じたが、今後、研究中の道路交通評価手法(プローブカー調査や航空写真解析等)による事例研究の積み重ねを行い、冬期交通実態の把握の高度化を進める予定である。

謝辞

本研究のシミュレーション実施に際し、札幌市から交通現況のデータ提供等の協力を得た他、(株)ニュージェックより各種データ取りまとめの協力を得た。北海道大学大学院工学研究科の中辻隆助教授より、追従挙動走行実験の解析に当たりご指導を頂いた。ここに謝意を表す。

参考文献

- (1) (社)交通工学研究会編：やさしい交通シミュレーション、2000年6月
- (2) 吾田洋一、高木秀貴、大沼秀次：交通流シミュレーションの開発と渋滞現象への適用、北海道開発土木研究所月報、1996年2月
- (3) 吾田洋一、浅野基樹、中辻隆：RTKGPSを使用した夏期と冬期の追従実験の解析、北海道開発土木研究所月報、2002年11月
- (4) 宗広一徳、高橋尚人、浅野基樹：冬期道路交通状況の評価手法に関する研究、寒地技術論文・報告集 Vol.19, pp.516~521、2003年11月