

# プローブカーデータを用いた 冬期道路ネットワークのサービスレベル評価

白石 哲也<sup>1</sup>・中辻 隆<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 いであ株式会社 陸圏事業本部 道路部 (〒154-8585 東京都世田谷区駒沢3-15-1)

E-mail:sri21205@ideacon.co.jp

<sup>2</sup>正会員 北海道大学大学院工学研究院 教授 (〒060-8628 北海道札幌市北区北十三条西八丁目)

E-mail:naka@eng.hokudai.ac.jp

近年の景気低迷や公共事業の縮減など厳しい財政状況の中、必要な除雪体制の確保が困難化している。このような状況下においても、道路除雪作業は常にサービスレベルの確保・向上が求められるため、さらなる効率化が必要となる。一方で、降雪や積雪によるサービスレベルの低下状況や、除雪作業の効果を適切に把握し事業にフィードバックする体制が確立できていないため、効率的な道路管理に向けた適正な状況把握、評価そしてその活用方法について考えていく必要がある。

本研究では、既存システムを用い、効率的な交通状況の把握に向けたデータの利用方法について言及する。また、データ利用の課題点について取り上げ、その解決策についても言及する。

**Key Words :** Probe-vehicle data, Level of servise, Conditional PMF

## 1. はじめに

### (1) 背景

積雪寒冷地においては、冬期の間降雪、積雪そして雪氷路面の出現に伴い交通処理能力が大きく低下する。そのため雪対策事業による冬期渋滞対策および冬期道路交通の確保が不可欠であり、適正な対策のための適正な道路状態の把握に向けた取り組みが進められている<sup>1)</sup>。こうした詳細かつ広範囲の道路交通状況を把握するシステムとしてプローブカーの利用が広がっている。プローブカーの利用により交通データの計測がこれまでの地点計測から空間的な計測へと展開された。その結果、時間的、空間的な広がりに加え、ネットワークを考慮した動的なデータ収集が可能となっている。こうしたシステムを有効利用し、道路交通サービスを適性かつ効率的に評価・把握していく必要がある。

プローブカーデータを利用し、冬期道路交通状態の把握や分析、利活用方法について取り上げた研究は主に寒冷地において行われている。しかしながら、ここで用いられるデータは、取得地域が限定的であったり、取得率が不十分であったりするため、プローブカーデータの利点を生かした広範囲な分析、評価を行うには課題が残る。特に、除雪作業実施の判断や除雪作業の効果分析を行うには、データ取得率の高い日中だけでなく、取得率が著

しく低下する夜間のデータも必要となる。そのため、限られたデータ取得状況下においても分析、評価が行えるよう所要の精度を確保した欠損データ処理手法の確立が求められている。

### (2) 目的

本研究では、札幌都市圏道路を対象とし、広範囲の交通状態を把握できるタクシープローブデータを用いることで、降雪・積雪、除雪作業に伴って変化する道路ネットワークのサービスレベルの評価を目的とする。また、前述の課題解決に向けたデータ補間手法について提案し、その利用可能性についても言及する。

## 2. プローブカーデータ

### (1) プローブカーデータの概要

本研究では、札幌市内を運行するタクシーから得られるデータを用いることとする。表-1 に使用するデータの概要を示す。

札幌市内においては、2008年よりタクシー事業者3社、1700台の車両を対象として各データの収集が行われている<sup>2)</sup>。本研究での分析にあたり2011年1月に収集されたデータを用いた。

表-1 使用データの概要

項目	内容
生成情報	日時
	車両台数
	始点終点ノード番号
	位置情報 (経度・緯度)
	道路種別
リンク旅行時間	
データ間隔	5分間隔
データ取得時期	2011年1月
車種	タクシー (3社)

図-1 は時間帯別のデータ取得率である。日中において、国道、道道、一般市道は 70%程度、一般道は 15%程度の取得率となっている。

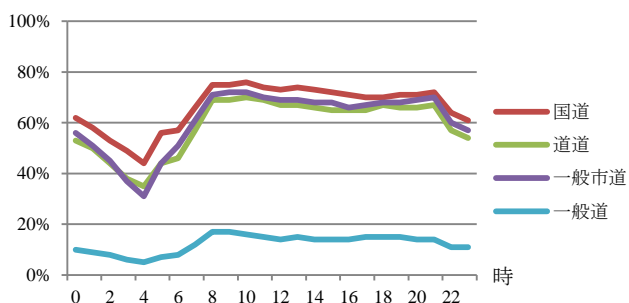


図-1 時間帯別のデータ取得率 (全区)  
[2011年1月]

### 3. 気象・除雪データ

#### 3-1.対象期間

分析対象期間は、集中的な降雪が観測された1月8日、9日を含む2011年1月6日～1月13日に設定した。図-2は対象期間における気象データであり、中央区の降雪量・積雪深を示している。1月7日、8日、9日、13日に降雪量が集中し、積雪の増加が見られる。

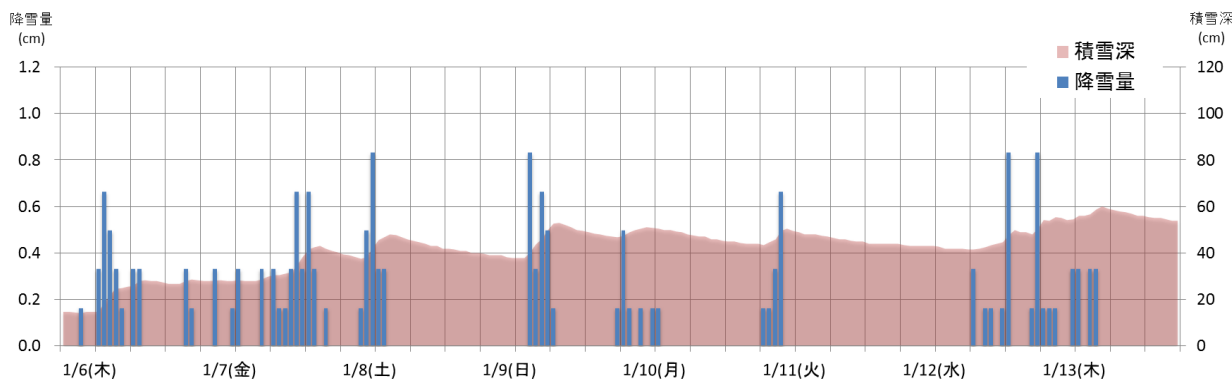


図-2 降雪量・積雪深 (中央区土木センター)

#### 3-2.除雪実施データ

除雪の作業内容は4つに大別される。まず車道除雪と呼ばれるもので、新たに降り積もった雪を走行車線から取り除く新雪除雪、路面の凸凹やわだちを削り、路面を平らにする路面整正(氷盤処理)、路側の雪堤を外側に押し出したり投雪したりして車道の幅を広げる拡幅除雪などがこれにあたる。また除雪の際、道路脇に高く積み上げられた雪を、次の除雪に備えて排雪することを運搬排雪と言う。これら以外に、歩道除雪、付帯除雪(路面凍結時の薬剤散布、道路付属物付近の除雪、わだちの整正など)がある。

本稿では、これらの除雪作業のうち以下の3つの除雪実施データを用いた検証結果を示す。

- 1) 札幌市管轄道路 (中央区、北区、東区)
  - ① 拡幅除雪
  - ② 運搬排雪
- 2) 国道
  - ③ 新雪除雪

また、収集対象とした道路ネットワークを図-3 に示す。赤線が国道、緑線が道道、紫線が一般市道、水色線が一般道を表している。札幌市の中心部を通る主要幹線道路とそれを中心にネットワークを形成する幹線道路、補助幹線道路を主な収集対象とした。



図-3 対象道路ネットワーク

## 5. 欠損データ

プローブカーデータがすべてのリンク、時間帯でデータを確保できているわけではないことは既述の通りである。そこでまず欠損状況を把握し、処理方法の検討を行った。

### (1) 欠損データの把握

道路種別別の欠損割合状況を図-4 に示す。国道が15%程度、道道、一般市道が40%弱に対し、一般道は70%もの欠損が見られた。

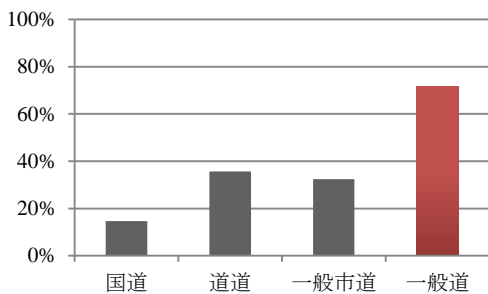


図-4 データ欠損割合 (中央区)

各リンクのデータ取得状況を図-5に示す。ピンク線がデータあり、黒線がデータなしを表している。都心部および幹線、補助幹線道路においてはデータが習得できており、街路に欠損が多く見られる。

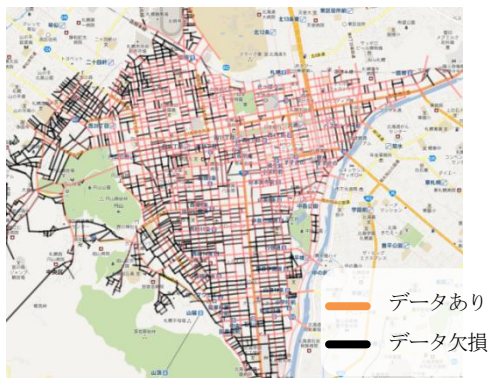


図-5 欠損の有無 (中央区, 8:00am)

### (2) 欠損データの処理

本研究では、欠損データの補間手法として以下の2種類の方法を試みた。

Method 1) 他の実データを用いた補間

Method 2) 条件付確率関数を用いた補間

#### a) Method 1

この方法は、特定のリンクにデータがない場合、相関の高い順に他リンクあるいは他時間帯のデータを参照して補間を行う。本研究では、以下の7つの順位付けでデ

ータの参照を行い、データの存在するstepのデータを用いた。

Step 1) 対象リンクの同時刻の上下流データ

Step 2) 同リンクの5分前データ

Step 3) 同リンクの同曜日、同時分データ

Step 4) 同リンクの同曜日、同時時間帯データ

Step 5) 同リンクの同曜日データ

Step 6) 同リンクの1ヶ月平均データ

Step 7) 同じ道路種別の1ヶ月平均データ

#### b) Method 2

Yとなる確率がXの値に依存する場合の互いの相関性を考慮した手法である。Xが与えられた際、Yの条件付確率密度関数(条件付PDF)は式(1)で表される。この関数をもとに補間を行った。

$$f_{Y|X}(y|x) = \frac{f_{X,Y}(x,y)}{f_X(x)} \quad (1)$$

$$f_{Y|X}(y|x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_Y} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y-\mu_Y-\rho(\sigma_Y/\sigma_X)(x-\mu_X)}{\sigma_Y\sqrt{1-\rho^2}}\right)^2\right] \quad (2)$$

ただし、 $\rho$ は相関係数、 $\mu$ :平均、 $\sigma$ :標準偏差。これらはガウス分布である。また、条件付PDFは、次の平均値と分散を持つ正規分布である。

$$E(Y|X=x) = \mu_Y - \rho(\sigma_Y/\sigma_X)(x-\mu_X) \quad (3)$$

$$\text{Var}(Y|X=x) = \sigma_Y^2(1-\rho^2) \quad (4)$$

与えるデータは、相関性の高い上下リンクデータと前時間帯データを用いた。

### (3) 補間結果の比較

表-2は実測データと各手法の補間結果のRMSEの比較である。データ間の相関性を考慮するMethod 2の方が精度の高い手法であることがわかる。そこで、本稿ではMethod 2を用いたデータをもとに分析を行った。

表-2 RMSEの比較

Method	R36	R5
Method1	6.10	7.00
Method2	3.57	4.08

## 6. 分析結果

既述の対象道路から抽出した、路線(図-6)の分析結果を紹介する。国道5号(国道)および藻岩山麓通(道

道)の2路線である。



図-6 抽出路線

### 6-1.降雪による影響

降雪の有無時の旅行速度変動を図-7に示す。

黒点線は降雪がない日、青線は降雪日の旅行速度変動である。国道5号では、降雪のない日の朝ピーク時間帯においても旅行速度が低く、降雪による旅行速度の低下があまり見られない。一方で、藻岩山麓通(道道)では降雪後、最大10km/h程度の旅行速度の低下が見られた。

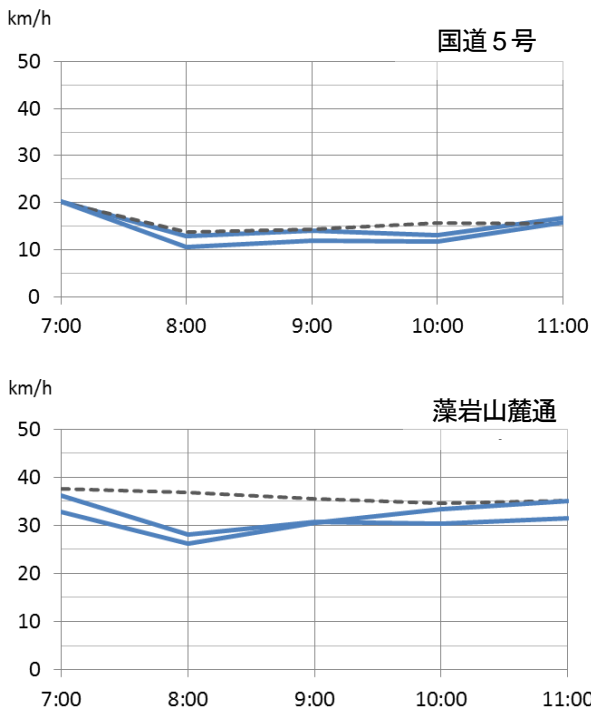


図-7 降雪の有無による旅行速度変動  
(上: 国道5号、下: 藻岩山麓通(道道))

### 6-2.除雪による影響

除雪作業実施の有無時の旅行速度変動を図-8に示す。

黒点線は、除雪作業が実施されない日、赤線は除雪作業実施時の旅行速度変動である。国道5号を見ると、除雪

作業が実施されない日と違い、旅行速度の回復が見られた。一方で、藻岩山麓通(道道)は大きな旅行速度回復効果は見られなかったものの、除雪作業未実施時と比べ安定した変動になっている。

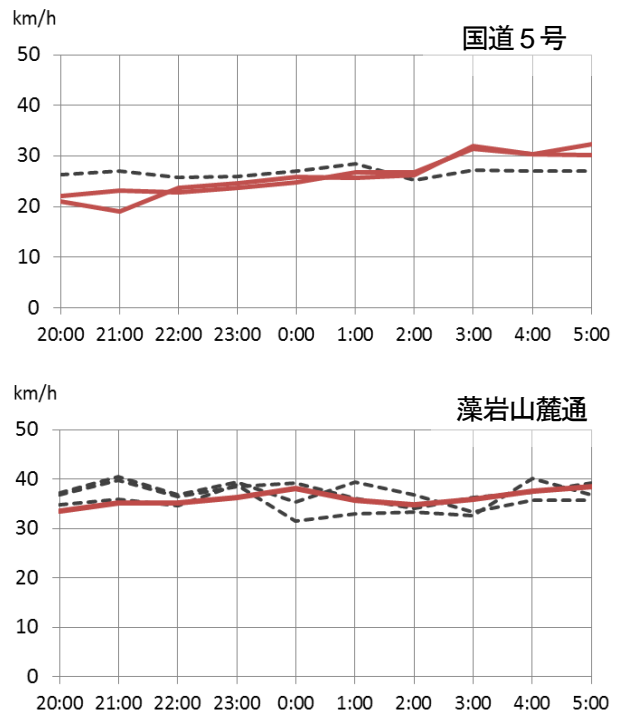


図-8 除雪の有無による旅行速度変動  
(上: 国道5号、下: 藻岩山麓通(道道))

### 7.おわりに

本研究では、札幌都市圏道路ネットワークを対象とし、降雪および除雪作業実施時の旅行速度への影響について、評価を行った。今後、除雪作業実施の判断や除雪作業の効果分析を定量的に行うため、定量的評価指標等の導入が必要である。また、用いた欠損データの補間手法では、すべてのデータが補完できるまでには至っておらず、精度にも課題が残った。

最後に、プローブカーデータをご提供頂いたタクシープローブ実用化研究会(富士通株式会社、デンソー株式会社)、除雪データをご提供いただいた札幌市の茂木氏、気象データをご提供いただいた札幌総合情報センター株式会社の和泉沢氏に心より深謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 例えば、宗広一徳、高橋尚人、浅野基樹: タクシーGPSデータを活用した札幌市における冬期道路交通特性の把握、土木計画学研究講演集 vol.29、2004
- 2) 札幌圏商用車プローブ実用化検討会活動報告書. Sapporo. (2011).

