

プローブ車の車両運動データによる冬期路面分類手法に関する研究

Study on Classification Technique of Winter Road Surface Conditions by Vehicular Movements of Probe Cars

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 宮坂 純平(Junpei Miyasaka)

北海道大学大学院工学研究科 正員 中辻 隆(Takashi Nakatsuji)

北見工業大学土木開発工学科 正員 川村 彰 (Akira Kawamura)

1. はじめに

冬期の路面状態に関する情報は、道路利用者にとって最も関心の高い情報の一つである。道路利用者にとっては、路面のすべり易さの度合いが、摩擦係数値そのもので提供されるよりも、滑るかどうかの2分類、あるいはすべりの程度に応じていくつかに分類されて提供される方が望ましい¹⁾。近年、わが国においても路面状態を明確に評価するための手法が志向されているが、実現には大きな課題を残している。また、IT技術の発展に伴い、利用者からはリアルタイムの路面状態情報のニーズが高まっているが、道路管理者のみで広範囲な路面状態を把握することは不可能であり、従来の測定法に代わる手法の確立が求められている。

本研究では、GPSを搭載したプローブ車の車両運動データから路面状態を分類する手法として、階層的ニューラルネットワークの逆伝播法を用いる手法の検討を行った。はじめに、路面状態が管理された試験路において計測された発進時及び制動時のデータを用いて、凍結か圧雪かの分類を行った。また、判別分析との比較により路面判別手法としての有用性についても考察した。

2. 走行試験データ

プローブ車の車両運動データを測定するために、試験道路と一般道路において走行試験を行った。以下に詳細を示す。

2.1 試験車

北大試験車(日産Safari)と北見工大試験車(いすゞBig Horn)を模擬プローブ車として用いた。両試験車にGPSデータに加え、前後、横、および上下3方向の加速度成分、ヨー角速度、ピッチ角速度の角速度2方向成分、さらにパルスデータについても前後後輪でのパルス成分を計測するためにSRセンサーの設置を行った。

表1に計測データの一覧を示す。車両速度としては、センサーから出力されるGPS速度を用いた。

表1 試験車による計測データ

| センサー | 測定項目 |
|-------|-----------------|
| 加速度 | 進行方向、横方向方向、上下方向 |
| 角速度 | ヨーレート、ピッチング |
| 車速パルス | 前輪パルス、後輪パルス |
| GPS | 時刻、緯度、経度、GPS速度 |

2.2 走行試験

(1) 寒地試験路走行試験

路面状態が均質に管理された状態で広範囲な走行条件でのデータを得るため、北海道開発局苫小牧寒地試験道路での試験を実施した(平成13年12月17~19日)。凍結路面と圧雪路面を人工的に作成した。直線路では、車両速度の変動幅を変化させ定速走行も含め6パターン、交差点路では、速度と制動距離の組み合わせを6パターン想定して走行試験を実施した。なお、走行試験の間際に北大滑り抵抗測定車を用いて、ほぼ2時間に1度の割合で路面摩擦係数の測定を行った。ほぼ100mごとに計測しその平均を摩擦係数とした。凍結路面では平均0.15程度の極めて滑りやすい路面が、圧雪路面では平均0.4前後となり通常よりやや高めの数値となっていた。

(2) 市内幹線道路走行試験

路面状態不均質である一般道路での車両運動のデータを得るため、札幌近郊の市街地道路において平成14年12月25日から28日に走行試験を行った。車群流れに乗りながらの通常走行や、交差点における加減速走行を行った。試験車両は、北見工大試験車であるBig Hornと、乗用車Blue Birdの2台を用いた。また、すべり抵抗測定車で試験車を追従し、路線に沿ったすべり摩擦係数の計測を行った。

2.3 データ処理

計測されたデータは、欠損データの補正、GPSによる緯度・経度データの平面座標変換、あるいはデータの車速パルスの速度データへの変換などの処理がなされた後に解析に使用された²⁾。交差点における発進・制動試験においては、図1の速度図に示すように、加速度(勾配)がほぼ一定と考えられる区間を目視によって1ないし3カ所を抽出し、1秒ごとに運動変量の平均値を求め、それを1つのサンプルデータとした。横加速度は絶対値を使用した。試験は、2台の試験車で進行しているが、走行モード(発進時、制動時)ごとに2台の試験車データを併せて用いた。

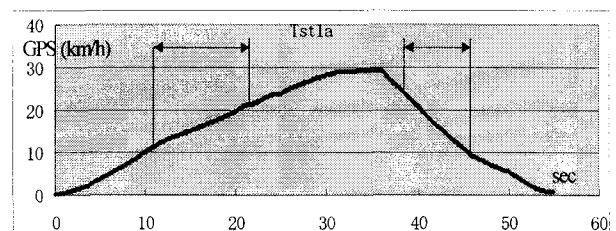


図1 発進・制動試験から試験データ抽出(寒地試験路)

3. 逆伝播法による路面判別について

本研究では路面判別手法として階層的ニューラルネットワークの逆伝播法(以下BP法)を用いた。本研究では(5・5・2・2)の4層からなる階層的ニューラルネットワークを構築し、入力信号として、前後・横および上下加速度、スリップ比(前輪・後輪)といった車両運動データを用いた。このデータをネットワークに導入し、出力された結果 y_k をあらかじめ設定した教師信号 Z_k (凍結 (1, 0)、圧雪 (0, 1)) と比較し、誤差の二乗和 ((1)式) を極小化するようにシナプスの荷重の大きさを逆に補正する。(図2)

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (Z_k - y_k)^2 \quad (1)$$

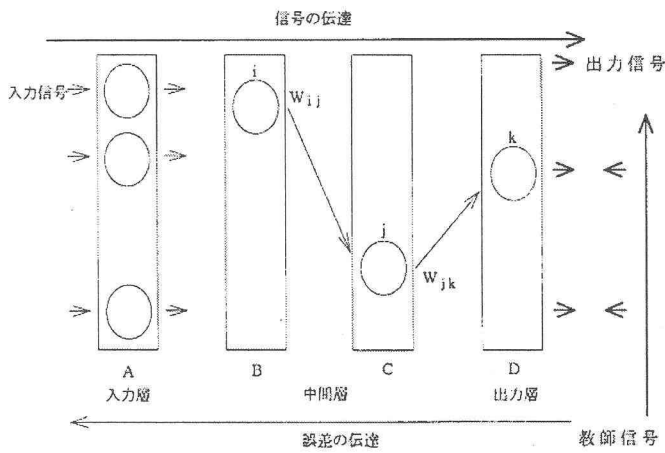


図2 階層的ニューラルネットワーク(逆伝播法)

このような流れにより繰返し学習を行うことでシナプス荷重の大きさを調整し、その後に再度車両運動データを入力して、路面の判別結果を出力する。出力結果が(1,0)に収束している場合は凍結路面、(0,1)に収束している場合は圧雪路面と判別されたこととなる。

4. 路面判別結果

4.1 交差点発進時

入力信号として、前後加速度、横加速度、上下加速度、スリップ比(前輪・後輪)を用いて判別を行った。表2に判別結果を示している。全体で91.0%の的中率となっている。

表2 判別結果(試験路、発進時)

| | 判別された群 | |
|-------|--------|-------|
| | 凍結 | 圧雪 |
| 真の群 | 凍結 | 9 |
| | 圧雪 | 50 |
| 判別的中率 | | 91.0% |

4.2 交差点制動時

制動時のデータでも同様に判別を行った。表3に判別結果を示しているが、発進時に比べ的中率は若干低下しているものの、高い精度で判別が可能であることが示された。

表3 判別結果(試験路、制動時)

| | 判別された群 | |
|-------|--------|-------|
| | 凍結 | 圧雪 |
| 真の群 | 凍結 | 8 |
| | 圧雪 | 47 |
| 判別的中率 | | 89.0% |

4.3 判別分析との判別精度比較

BP法で用いたものと同じデータを、線形関数を用いた判別分析によって判別した。表4に判別スコアの度数分布を示す。なお、スコアが0以上で凍結、0未満で圧雪を表す。

表4 判別得点の度数分布(試験路・発進時)

| 階級値 | 頻度 | | 的中率 | |
|------|-------|--------|-------|-------|
| | 凍結路面 | 圧雪路面 | 凍結路面 | 圧雪路面 |
| -6 | | 1 | | 74.0% |
| -5 | | 1 | | |
| -4 | | 3 | | |
| -3 | | 8 | | |
| -2 | 2 | 9 | | |
| -1 | 9 | 15 | | |
| 0 | 14 | 11 | | 78.0% |
| 1 | 16 | 1 | | |
| 2 | 7 | 1 | | |
| 3 | | | | |
| 4 | 1 | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | 1 | | | |
| 平均 | 1.057 | -1.057 | 76.0% | |
| 標準偏差 | 1.378 | 1.498 | | |

同様のデータを用いた判別分析において、76.0%という判別の中率が得られた。BP法の91.0%と比較すると、15%ほどの精度の向上が見られた。このことから、非線形関数を伴う逆伝播法による判別手法の有用性が示されたと言える。

5. おわりに

車両運動データを用いて冬期路面状態を分類するための手法として逆伝播法による検討を行った。1)試験路データにおいて凍結か圧雪かの判別は的中率 90%という高精度で判別可能であることを示した。2)線形関数を用いる判別関数との判別精度の比較により、非線形関数を用いる逆伝播法による路面判別手法としての有用性を示した。

今後は、路面判別システムの構築に寄与するべく、BP法を用いた市街地道路での路面判別精度の検証、プローブデータによる路面判別手法を用いてインターネット上で道路利用者に情報提供を行うための方法等、より実用的検討を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) Imad Al-Qadi, Feasibility of Using Friction Indicators to Improve Winter Maintenance Operations and Mobility, NCHRP Report 6-14, TRB, 2002
- 2) 中辻他:GPSを搭載したプローブ車の車両運動データと冬期路面状態の相関性について、第22回交通工学研究発表会論文報告集, pp.97-100, 2002