

車両運動データを利用した冬期路面状態の予測に関する基礎的研究

北見工業大学大学院

学生員 前田 近邦

北見工業大学大学院

学生員 大西 康文

北見工業大学

正会員 川村 彰

北海道大学大学院工学研究科

正会員 中辻 隆

1. はじめに

積雪寒冷地においては、冬期の凍結路面による交通事故や交通渋滞が大きな問題となっている。路面のすべり摩擦係数が交通の安全性や円滑性を直接表す指標であり、その正確な推定が路面管理上最も重要である。本研究では、車両の加減速度が路面のすべり状況と密接な関係のある点に着目し、GPS 付車両運動センサーを利用することによって得られたデータおよび各種の道路交通データなどから路面のすべり摩擦係数を間接的に推定する手法の確立を目指した。得られたデータは車と運動と速度に関する時系列データあることから、本研究においては、各データの周波数分析、多変量自己回帰分析を行っている。

2. 解析データ

解析にあたっては、平成13年12月19日に北海道開発局苫小牧寒地試験道路での走行試験のデータに加えて平成13年12月24日に札幌市近郊石狩新港地域内の市街地道路における走行試験のデータを解析データとして使用した。測定データは以下の条件である。

条件	運動パラメータ	速度パラメータ
・路面条件 (Snow, Ice)	・前後加速度	・車速パルス1
・速度条件 (40km/h)	・横加速度	・車速パルス2
・減速・定速	・上下加速度	・パルス差
	・ピッチ角速度	・GPS 速度
	・方位角速度	

図-1 測定データの条件及びデータ構成

3. 定常時系列のスペクトル解析

路面状態が運動関連データ及び速度関連データに与える影響について比較・検討するため、周波数分析を行った。分析結果については、代表的分析例を示す。

3.1. PSD による分析

PSD では、定速・減速両方で、圧雪時がアイスバーン時に比べて全般的に大きな値であるが、図2より、定速時では前後加速度での低周波域（1 cycle/sec 以下）で値が大きくなる。減速時では、定速時に比べてアイスバーン時における前後加速度の傾向曲線の形状が大きく変わっており、低周波域で値が大きく増加している。変化した理由は、制動によるものと思われる。

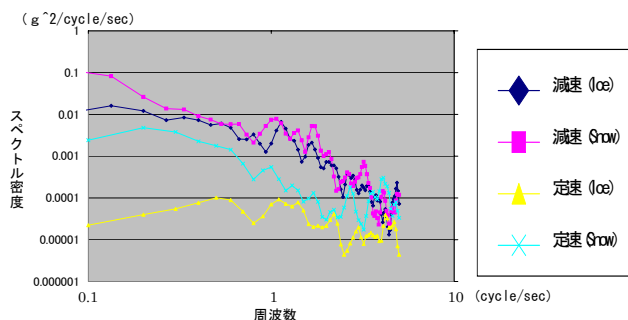


図-2 減速・定速における PSD (前後加速度)

3.2. コヒーレンス特性による分析

コヒーレンスでは、図3より、定速のパルス間での相関の傾向曲線の形状は似ているが、圧雪時のほうが若干、低周波域での相関が強い。減速のパルス間では、両路面とも相関が強い。特に圧雪時での相関が全周波数域で強く出ている。このことより、前後輪間で路面とのグリップに大きな差が無いことが推察される。

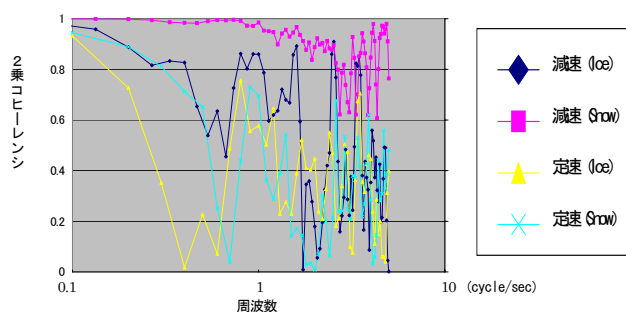


図-3 減速・定速におけるコヒーレンス (パルス1VSパルス2)

key words : 冬期路面、周波数分析、自己回帰分析、フィードバック解析

連絡先 : 〒090-8507 北海道北見市公園町165 / 交通工学研究室 Tel 0157-26-9516

4. フィードバックシステムのスペクトル解析

前後輪の回転速度およびGPSデータによる冬期路面状態予測を検討するため、速度関連データ間の周波数特性について、フィードバックシステムのスペクトル解析を行なった。

変数 x_1 、 x_2 という 2 変数の変動状態を 2 変数 AR モデルとして解析すると、以下の自己回帰モデルが利用できる。

$$x_1(s) = \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^M a_{1j} x_j(s-m) + e_1(s) \quad \cdots (1)$$

$$x_2(s) = \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^M a_{2j} x_j(s-m) + e_2(s) \quad \cdots (2)$$

ここで、 $a_{1j}(m)$ 、 $a_{2j}(m)$ は、自己回帰係数であり、 $e_1(s)$ 、 $e_2(s)$ が残差分（イノベーション）である。これを k 変数の場合に拡張すると、(3) 式のような一般的な多変量自己回帰モデルが得られる。

$$x_j = \sum_{j=1}^k \sum_{m=1}^M a_{ij}(m) x_j(s-m) + e_i(s) \quad \cdots (3)$$

4.1. フィードバックシステムによる分析

フィードバック解析では定常時系列のスペクトル解析結果より、減速・アイスバーン時の速度パラメータについて解析を行った。パワー寄与率の代表的な結果としては、パルス 1 では図 5 より、低周波数帯（1.5 cycle/sec 以下）においてパルス 2 の寄与が見られる。パルス 2 では図 6 より、全般的にパルス 2 自身のイノベーションの寄与が高いが、低周波数帯においてパルス 1 の寄与が見られる。GPS では図 7 より、低周波数帯においてパルス 1 の寄与が若干見られる。以上のことより、減速時ではパルスは他の速度から低周波域で影響の受けることがわかった。これらは、各タイヤと路面間のグリップ状態が影響していると思われる。

7. おわりに

定常時系列のスペクトル解析とフィードバックシステムによる解析結果から、路面状態と走行状態に対する速度パラメータと運動パラメータの時系列特性について基礎的把握が可能となった。今後はより多くの路面状態、走行状態についても同様の解析を行い、路面状態、車両挙動、走行速度との相関性について解明する予定である。

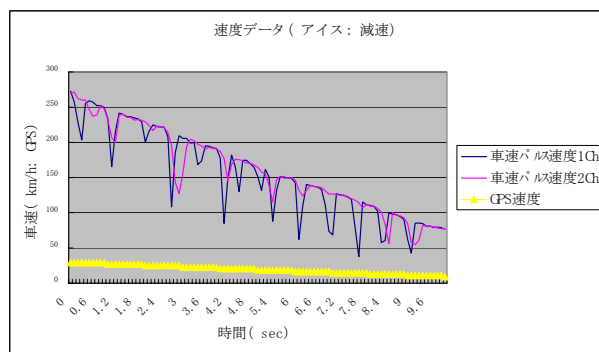


図-4 アイスバーン時、減速時における速度変化

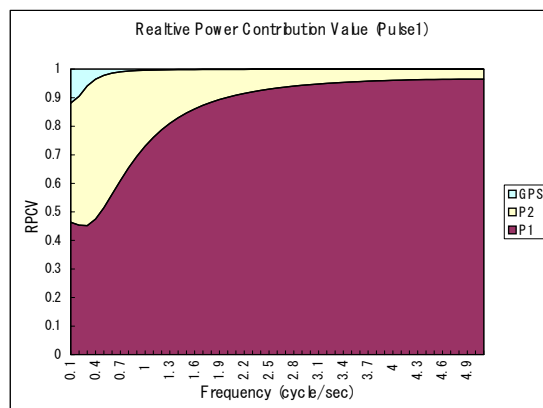


図-5 パルス 1 に対するパルス 2 と GPS のイノベーション寄与率

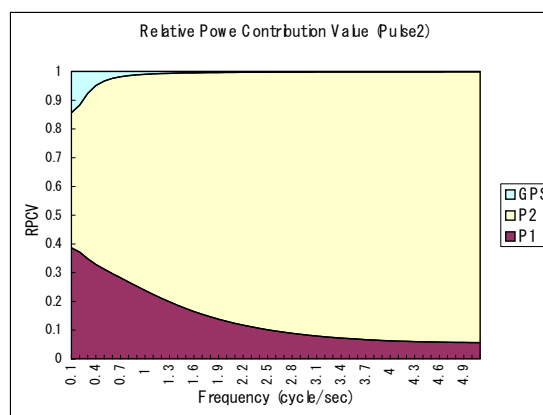


図-6 パルス 2 に対するパルス 1 と GPS のイノベーションの寄与率

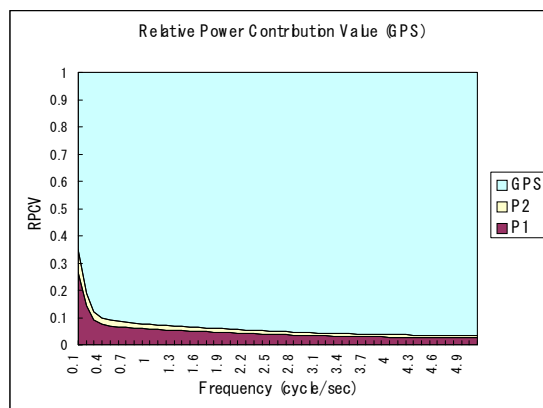


図-7 GPS に対するパルス 1 とのパルス 2 のイノベーション寄与率