

海岸での走行試験結果に基づく南極観測用の雪上車の振動特性評価

Evaluation of Vibration Characteristics of a Snow Vehicle Used for Antarctic Observation by Driving Experiment in a Coast

北見工業大学大学院	○学生会員	松居由記
北見工業大学工学部	正会員	川村彰
北見工業大学工学部	正会員	富山和也
北見工業大学工学部	非会員	亀田貴雄
北見工業大学工学部	非会員	高橋修平
北見工業大学大学院	非会員	日下稜

1. はじめに

南極において、サスツルギとよばれる雪面起伏は、約 3,000m 厚の氷床下の基盤傾斜変化が原因で形成され、その地点に堆積する積雪量と関係している。また、南極氷床は、地球表層の淡水の約 90% を占め、その質量収支（雪と氷の総質量）は、海水準変動に影響を与えている。そのため、南極雪面起伏の性状把握は、南極氷床の質量収支を考える上で重要であり、地球規模での気候変動に解明につながるものである。

これまで、雪面起伏の推定は、人工衛星搭載の高度計や GPS の単独測位、目視により行われてきたが、いずれの方法においても、測定精度や解像度に問題が指摘されている¹⁾。一方、筆者らは、乗用車に振動加速度計を取り付け、車両の動的応答に基づき、道路舗装の路面平坦性を測定する装置を開発・運用している。このような、車両応答を利用した測定システムの開発には、路面との相互作用に基づく、車両振動特性の把握が不可欠である。本研究は車両振動による路面平坦性の測定方法を応用した、雪面起伏推定の基礎研究として、走行試験を実施し、地表面性状に起因する雪上車の振動特性について検討する。また、南極観測隊は、雪上車で移動により、一日 8 時間以上にわたり、雪面起伏に起因する車内振動に暴露される場合もある。そこで、本論文では、雪上車の振動乗り心地（以下、「乗り心地」とする）に着目した車両振動特性についての考察も行う。

雪上車走行試験は、雪面走行時と同様の車両挙動が得られることから、新潟県長岡市寺泊野積海岸の砂浜にて、第 52 次南極地域観測隊訓練時に行った。

2. 雪上車走行試験の概要

走行試験は、2010 年 9 月 6 日に、新潟県長岡市寺泊野積海岸の砂浜（北緯 37 度 41 分 54.3 秒、東経 138 度 47 分 5.8 秒）にて行った。南極地域観測隊（以下、「南極観測隊」とする）は、砂浜での雪上車の挙動が、雪面でのそれと類似していることから、南極観測に向

けた運転訓練を当該個所において行っている。

2. 1 使用機材

走行試験に用いた雪上車は、南極観測隊が主要基地間の内陸旅行で使用される SM100S 大型雪上車である。試験に用いた雪上車の外観を写真 - 1 に、主要諸元を表 - 1 に示す。

また、測定に使用する機器は、雪上車の三軸並進加速度 (A_x, A_y, A_z)、三軸回転角度 (Pitch, Roll, Yaw)、三軸回転速度 (W_x, W_y, W_z) を計測するために、ジャイロ計を使用し、走行中の位置情報を測定するために GPS を使用した。測定器の詳細を表 - 2 に示す。



写真 - 1 SM100S
大型雪上車の外観

表 - 1 雪上車の主要諸元²⁾

項目	SM100S
全長×全幅×全高 mm	6750×3450×3150
履帯幅/接地長 mm	1050/4100
車両重量/車両総重量 kg	10500/11500
積載量/乗車定員 kg/人	1000/2
接地圧 空車/積車 kg/cm ²	0.12/0.13
操行機	平歯車二重差動機式
懸架装置 形式	7脚独立懸架トーションバーバネ式・竹の子バネ式ストッパー付き
走行装置 形式	全装軌・前方誘導・後方駆動
転輪	上部転輪片側4軸単輪・下部転輪片側7輪単列
履帯	ゴムベルト接続薄鋼板成形トラック レートタイヤガイド・レール・防滑クリップ 一付き
車体	キャブオーバー・肋骨断熱保温構造クローズドキャブ・ヘッド2
フレーム・シャシ	梯子型フレーム・トラス形状シャシ密閉構造 アンダーカバー付き
耐寒性能 °C	運用:-60 保存:-90

表 - 2 測定機の詳細

測器名	メーカー・形式	サンプリング間隔
ジャイロ計	東京計器 (株)	100Hz
GPS	ニコン・トリンプル 社製 5700 型	30 秒

2. 2 測定項目

測定項目は、GPS による走行中の位置情報と、図 - 1 に示す、雪上車の三軸並進加速度 (A_x , A_y , A_z)、三軸回転角度 (Pitch, Roll, Yaw) ならびに三軸回転速度 (W_x , W_y , W_z) である。なお、GPS を除く測定器の設置位置は車内床面である (図 - 2)。GPS の設置位置は雪上車の屋根に固定した。

3. 表面起伏に起因する雪上車の振動特性

本章では、地表面起伏に起因する雪上車の振動特性を検討するため、野積海岸での走行試験結果を用いた、振動特性の検討を行う試験では、図 - 3 に示す基準走行経路上を 17 回走行した。解析には、欠損データをのぞく 13 回分の走行試験結果を用いた。

3. 1 時系列および周波数解析

振動特性分析は、雪上車の上下方向加速度 (以下、「 A_z 」とする) のパワースペクトル密度 (以下、「PSD」とする) と、一般車両の A_z の PSD を比較し、周波数領域で行う。一般車両のデータは EVEN 試験 (PIARC 国際平坦性共通試験)³⁾ で用いた道路 14 区間のデータを使用する。また、全身振動に関する指標として、車両振動 A_z の二乗平均平方根 (以下、「RMS」とする) を算出し、時間領域においても比較・検討する。

3. 2 解析結果・考察

一般車両から得られた A_z の PSD を図 - 4, 5 に示す。同様に、雪上車から得られたものを図 - 6, 7 に示す。図 - 5, 7 より、一般車両は、1~50Hz の間に多数の共振が起こっているのが特徴であると考えられる、雪上車では 1~5Hz の間では共振は 1 つしか見られず、15Hz 付近と 50Hz 付近で共振が 1 つずつ起こっている、このように共振が 3 つ起こるのは、雪上車特有であり、履帯による走行の為だと考えられる。

続いて、 A_z の RMS 算出結果を図 - 8 に示す。図 - 8 より、雪上車は一般車両より A_z が大きいことがわかった。雪上車の中でも RMS が低い値にある点が 3 カ所あるが、これは停止中や走行データ数が少ない点である。

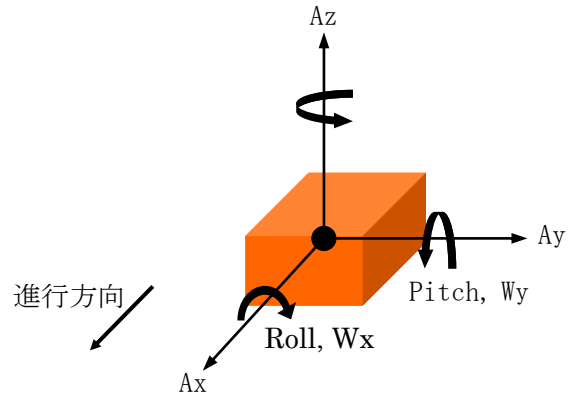


図-1 測定項目

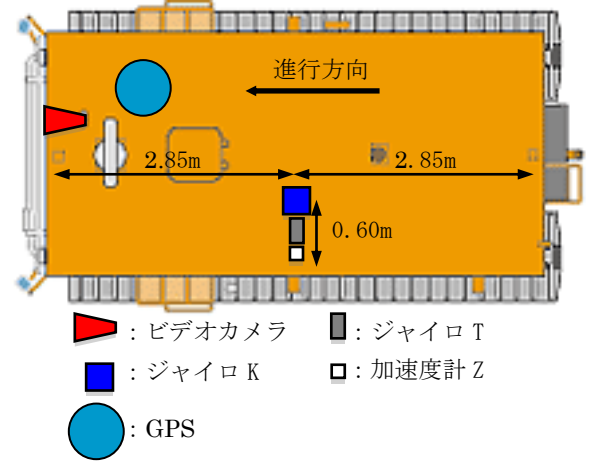


図 - 2 測定機の設置位置

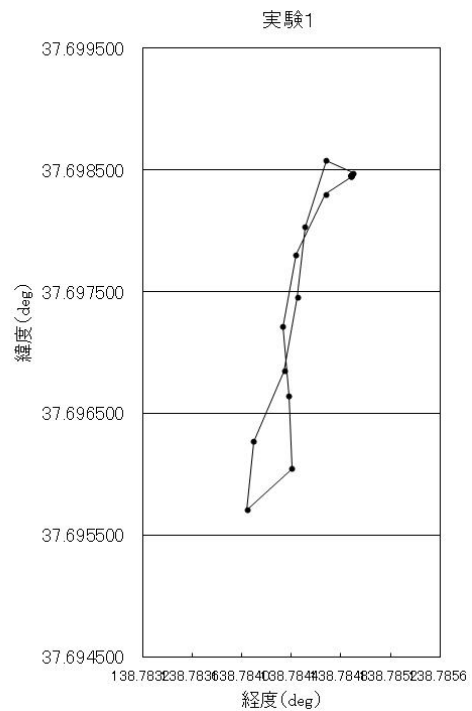


図-3 基準の走行経路

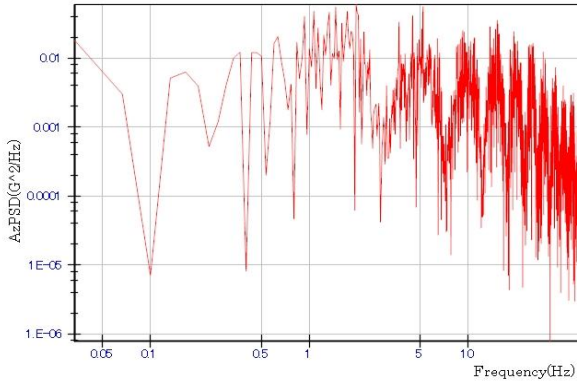


図 - 4 一般車両の PSD

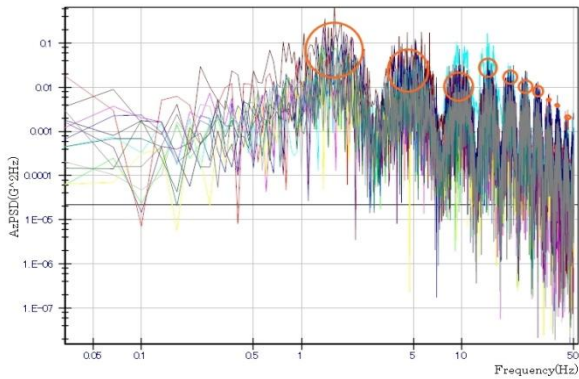


図 - 5 一般車両の PSD まとめ

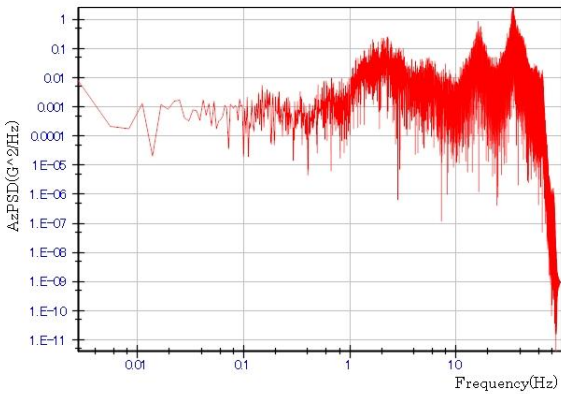


図 - 6 雪上車の PSD

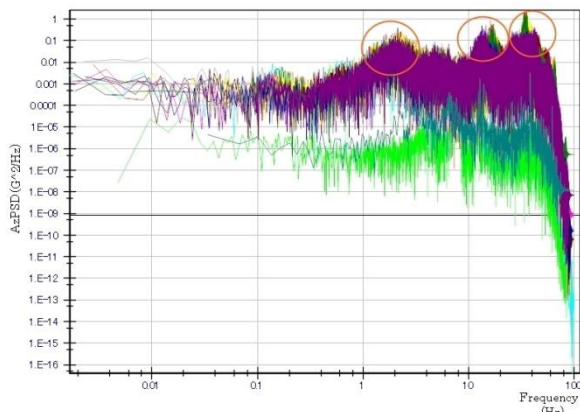


図 - 7 雪上車の PSD まとめ

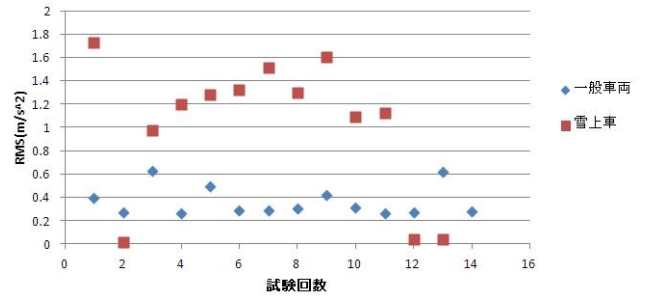


図-8 雪上車と一般車両の上下方向加速度の RMS

4. 雪上車の乗り心地評価

4.1 ISO-2631-1(1997)による評価

雪上車と一般車両の乗り心地評価は ISO2631 - 1⁴⁾の全身振動加速度基準を用いて行う。本基準では(1)健康障害に対する振動評価(2)快適性に対する振動評価、(3)乗り物酔いに対する振動評価、と3項目に分かれているが、本研究では振動乗り心地の観点から、快適性に対する(2)の振動評価基準を使用した。

4.2 乗り心地評価

3章と同様に RMS による振動加速度の評価を行うが、本章では、加速度測定波形に対して、ISO2631 - 1に(1997)に基づく加速度波形の周波数補正を行った。表-3に、周波数補正後の振動加速度の RMS による、快適性の評価基準を示す。次節では、この基準に従って乗り心地評価を行った。

4.3 解析結果・考察

図-9に、周波数補正後の RMS 値と、表-3に基づく評価基準を示す。図中の色分けは表-3と対応し、また、オーバーラップしている部分は色が混ざっている。図より、一般車両の乗り心地評価は5割以上「不快ではない」であり、雪上車の乗り心地評価は、「少し不快」か、「やや不快」が7割以上であることが分かった。一般車両の RMS に一点、「不快」な点があるが、上下方向加速度波形の中に、周波数補正によって強調される成分が多いためである。

表 - 3 乗り心地評価基準⁴⁾

RMS 値	快適性
0.315m/s ² 未満	不快ではない
0.315~0.63m/s ²	少し不快
0.5~1m/s ²	やや不快
0.8~1.6m/s ²	不快
1.25~2.5m/s ²	かなり不快
2m/s ²	極度に不快

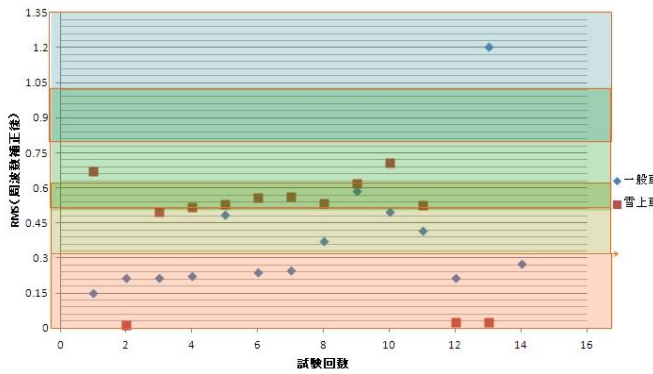


図-9 雪上車と一般車両の
周波数補正後の上下方向加速度の RMS

5. まとめ

本研究では雪上車と一般車両の Az を使用し、乗り心地と、振動特性の検討を行った。その結果、地表面起伏に起因する雪上車の振動特性として、一般車両とは異なる 10~50Hz の周波数帯が卓越することがわかった。また、一般車両と Az の違いは大きく、

乗り心地評価の面でも、同様に雪上車の乗り心地が一般車両に比べて悪いと判断できる、

謝辞

本研究は、日本学術振興会科研費 (21540448) 基盤研究 (C) の補助を受け進められたものであるここに感謝の意を表する、本研究における雪上走行訓練は、第 52 次南極地域観測隊の訓練時に行ったものである、試験実施にあたりご協力頂いた隊員各位に深く感謝する。

参考文献

- 1) Davis, C. H. et al.: Snowfall-driven growth in East Antarctic ice sheet mitigates recent sea level rise, Science, 308, 1898-1901, 2005,
- 2) 細谷昌之: 日本の雪上車の歩み, 国立極地研究所, 2001.
- 3) PIARC 路面性状国際共通試験, 1998
- 4) ISO2631 Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration -