

波状雪氷路面とそろばん道路のはじまり ～定点カメラ観測に基づく一考察

Real-time observation of Soroban road formation from undulating snow surface

永田泰浩, 金田安弘 ((一社) 北海道開発技術センター)

佐藤 太裕 (北海道大学大学院工学研究院), 島 弘幸 (山梨大学 生命環境学部)

蟹江 俊仁 (北海道大学大学院工学研究院)

Yasuhiro Nagata, Yasuhiro Kaneda, Motohiro Sato, Hiroyuki Shima, Shunji Kanie

1. 背景と目的

冬期の北海道では, 道路上にそろばんの珠のような「こぶ氷」が発生する. まとまって発生した路面を「そろばん路面」, そろばん路面の発生した道路を「そろばん道路」と呼んでいる. 車両の走行時の快適性を著しく低下させるだけでなく, 歩行時の障害, また, 大きく成長した珠は停止時や走行時の車両の安全性にも影響している. 著者ら^{1) 2) 3)}は, 2011年度から, 冬期に車道に発生するそろばん路面, そろばん道路の原因, 成長過程について研究を行ってきた. その結果, 車両の減速・停止挙動が多い箇所では珠が成長しやすい一方, 条件によっては走行部分にも連続的に発生することがわかった. また, そろばん路面の発生する前の段階に, 図1のような, 走行方向と垂直な波状の雪氷路面が発生する可能性があることを確認した.

本論文の目的は, この波状雪氷路面とそろばん路面の発生に関係性を確認することと, 波状雪氷路面からそろばん路面へ変化する場合の条件を把握することである.



図1 車道に発生した波状雪氷路面の例



図2 定点カメラの設置状況

2. 定点カメラによる記録

著者らは, 2014年度冬期より北海道大学の構内に定点カメラを設置し, そろばん道路を記録してきた. 2015年度は, 北海道大学北13条門の料金ゲート付近に, 図2のように2台の定点カメラを設置し, 2015年12月21日から2016年3月31日まで, 連続的に記録を行った. 定点カメラ①は10分間隔で, 定点カメラ②は1分間隔で静止画像を撮影した. 本分析では, 主に定点カメラ①の画像を用いた.

3. 波状雪氷路面の発生と経過

湿潤路面であった2015年12月25日から、波状雪氷路面のできた28日までの経過を分析した。同期間の札幌管区気象台の降雪、降水量、気温の経過を図3に示した。

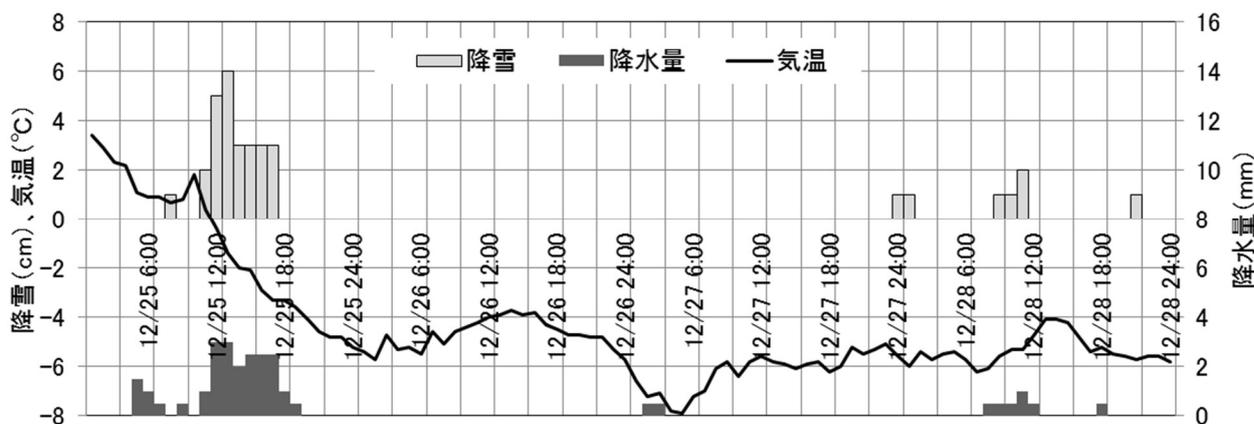


図3 2015年12月25日から12月28日までの気象経過（札幌管区気象台）

2015年12月25日は、図3のように、午前中は気温が0°C以上で降水があり、図4のように、道路上に水たまりができていた状況であった。午後からは急激に気温が低下し、図3のようにまとまった降雪が確認され、12月26日には氷板路面となっていた。



図4 12/25 09:00の状況

図3のように、12月27日の未明には、0.5 mm降水が観測されており、27日の朝は、氷板の上に薄い圧雪がこびりついているような路面であった。27日は未明の降水以降は、降水が確認されていないが、27日の夜には、図5のように波状の模様が浮かび上がってきている。翌28日は、図3のように、未明と午前中で計6 cmの降雪が観測された。28日の夕方からは、図6のように白い波状の圧雪路面がはっきり確認できた。



図5 12/27 21:20の状況

(1) 波状雪氷路面の経過についての分析

2015年12月28日に、図6のように形成された波状の圧雪路面が、時間の経過とともにどのように変化していくかを、波状模様の変化に着目しつつ分析した。12月28日から2016年1月1日までの札幌管区気象台の降雪、降水量、気温の経過を図7に示した。図のように、12月31日の日中に数時間、気温が0°C以上になっているが、それ以外の期間は気温が0°C未満であった。また12月30日の午前中に6 cm、1月1日の午前中に2 cmの降雪があり、降水については、12月30日の午前中と、1月1日の午前中のほか、12月29日の午後1 mmが記録



図6 12/28 18:40の状況

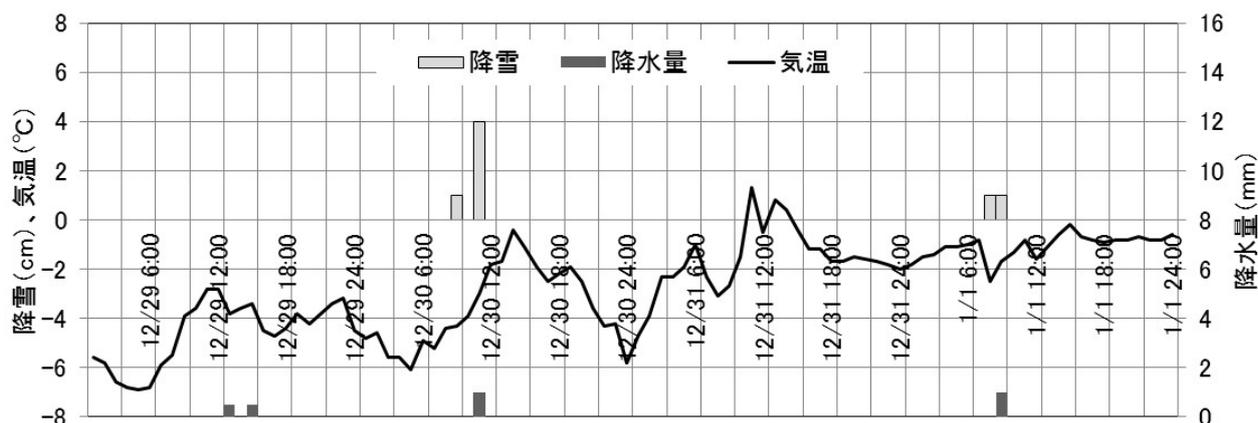


図7 2015年12月29日から2016年1月1日までの気象経過（札幌管区气象台）

されていた。

図8に示した太線は、波状の模様がはっきり確認できた12月28日夕方の時点での、波状の尾根部分の位置を示した。定点カメラの撮影位置は変化していないことを踏まえ、12月30日、1月1日の画像に、12月28日の尾根部分の位置を落としたものを、図9、図10に示した。図のように、波状の雪氷路面の尾根部分の位置は、12月28日と一致していた。



図8 12/28 18:40の状況

(2) 波状雪氷路面の発生についての分析

波状雪氷路面の経過についての分析と同様に、波状模様の発生位置に印をつけ、定点カメラの画像を時系列的に戻ることによって、波状雪氷路面の起源を確認した。その結果、12月28日夕方の時点の尾根部分の位置は、図5に示した12月27日の雪面模様の圧雪部分と合致することがわかった。さらに、12月26日の氷板路面にこびりついてきた圧雪の小さな凸部の位置とも一致していた。

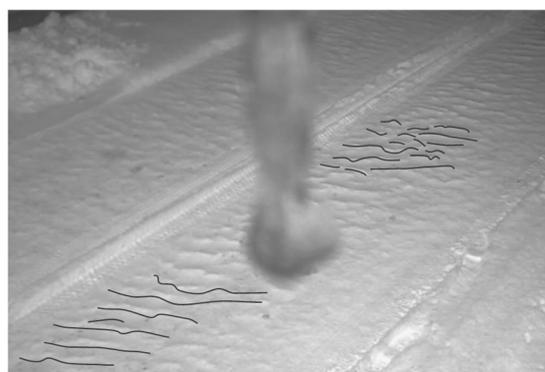


図9 12/30 17:00の状況

4. 波状雪氷路面とそろばん路面の発生

前章より、低温で多量降雪が発生していない条件では、波状の雪氷路面からそろばん路面へ変化しないことがわかった。ここでは、波状の雪氷路面が発生している状況から、そろばん路面が発生した事例を分析した。



図10 01/01 17:00の状況

2016年01月25日から翌26日までの路面状況の経過を、図11に示した。1月26日は9時までは気温が氷点下であったが、10時に0℃以上となり、14時には2.5℃まで気温が上昇した。12時の段階では白色の圧雪と氷

板であった路面が，16:50には水を多く含む圧雪路面および氷板路面になり，その夜にそろばん路面が発生していた．同様な現象が2016年2月15日～18日も発生していた．15日～17日は気温が氷点下であり，ひだ状の圧雪路面や波状の圧雪路面が継続していた．2月18日10時から0℃以上の気温が続き，18日の午後からは水分を多く含む灰色の圧雪路面が多くなり，21時過ぎにはそろばん路面となった．



図11 2016年01月25日から翌26日までの路面状況の変化

5. まとめと今後の方向性

定点カメラのデータから，波状雪氷路面の発生過程や波状雪氷路面とそろばん路面への変化について，以下のような点が確認できた．

《波状雪氷路面の発生と継続》

- 微細な雪面の凹凸（こびりついた雪）→薄い雪面のひだ→波状の圧雪路面
- 微細な凸部とひだの尾根部，波状路面の尾根部は同じ位置であった
- 若干の融雪や少量の降雪では，波状雪氷路面の波の尾根の位置は変化しない

《波状雪氷路面とそろばん路面の関係》

- 若干の融雪や少量の降雪では，波状雪氷路面からそろばん路面へ変化しない
 - 雪氷路面の下部まで融解した水がしみ込んだ際に，そろばん路面へ急激な変化
- 今後は路面近い定点カメラ②の画像から，さらに詳細な分析をしたいと考えている．

【参考・引用文献】

- 1) 永田泰浩ら，2012：「そろばん道路」の発生に関する考察，北海道の雪氷，31，77-80
- 2) 永田泰浩ら，2013：そろばん道路の発生と成長について，雪氷研究大会(2013・北見)講演要旨集，253
- 3) 永田泰浩ら，2014：そろばん路面の初期状態，雪氷研究大会(2014・八戸)講演要旨集，263