

「そろばん道路」の発生に関する考察

A Study on the Emergence of Ice Bumps on the Road Surfaces in Winter

永田 泰浩, 金田 安弘, 富田 真未 (一般社団法人 北海道開発技術センター)

Yasuhiro NAGATA, Yasuhiro KANEDA, Mami TOMITA

1. はじめに

冬期の北海道では、道路上に図-1のようなこぶが発生することがある。形状がそろばんの珠のようであり、まとまって発生するとそろばんのように見えるため、「そろばん道路」という通称がつけられている。歩行の障害となるだけでなく、成長すると車両の挙動にも影響し、思わぬ方向に車両が滑ることもある。

「そろばん道路」に関する既存研究としては、川村らが行った解析¹⁾があるが、非積雪期の非舗装道路を対象としており、冬期道路における

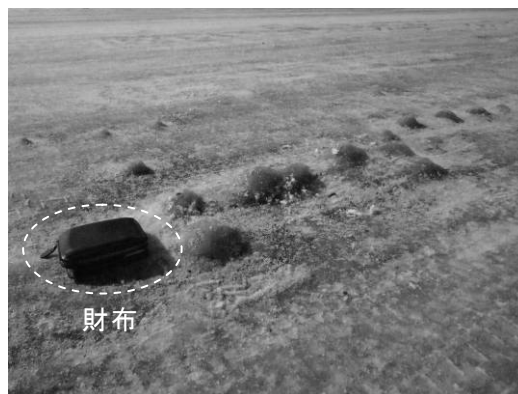


図-1 そろばん道路(2011/12/13)

「そろばん道路」とは別の課題であった。秋田谷らは「こぶ氷」として図-1のようなこぶの発生した道路の研究を行い、圧雪の上を多量の車が走行するとこぶ氷が形成されることや、最高気温が高い日に多く発生することを示し、繰り返し受けるタイヤからの力で湿った雪が不均一に圧縮されるとこぶ氷が発達すると推測している²⁾。

本研究では冬期を通じた現地観測の結果を踏まえて、そろばん道路の発生状況を整理した。本研究の目的は、そろばん道路発生メカニズムを明らかにすることである。

2. 現地観測の実施

現地観測は図-2に示すように札幌市の中心部で行った。基本観測ルートは札幌市中央区南1条東2丁目から北1条通(一般国道12号)まで北上し、半区画西進してから、北海道中央バス札幌ターミナルの東側を南下し、さらに半区画西進して、創成川公園を大通(西向歩道)まで南下して、大通(西向歩道)を東2丁目まで東進する一周約800mのルートである。

現地観測は平成23年11月30日から平成24年3月1日にかけて、可能な範囲で朝9時と夕方18時に実施した。その結果、58回の現地観測データが得られた。特に1月中旬から2月下旬にかけては、土日を除くほぼ毎日、800mの区間の路面状況を記録することができた。



図-2 現地観測の基本ルート

3. そろばん道路の多発地点

そろばん道路の多発地点は、図-3 のようにバスターミナルの周辺であり、ターミナルから出発したバスのほとんどが通過する区間であった。その他の区間とも比較した結果、そろばん道路発生地点の特徴は以下のように整理できた。

- | |
|-------------------------|
| 特徴①: 大型車両(バス)が頻繁に通る道路 |
| 特徴②: 除雪水準は高くない(細い)道路 |
| 特徴③: ①②で車両が減速・停止・発進する区間 |
| 特徴④: ③の区間のうちタイヤの通る場所 |



図-3 そろばん道路の多発地点(12)

このうち特徴②については、既存文献でも示されている「厚い圧雪を残しておく」と発生する、「頻繁に除雪を行う道路には見られない」という点と合致する。

4. そろばん道路の発生要因の検討

そろばん道路が発生する要因については、既存文献や現地観測の結果、多発地点の状況から以下の3つの要因を推定した。

- | |
|----------------------------|
| 推定要因①: 車両挙動(減速→停止→発進)による影響 |
| 推定要因②: 車両からの水が氷筍のように成長 |
| 推定要因③: 水を含んだシャーベット状の雪塊の落下 |

(1) 推定要因①: 車両挙動(減速→停止→発進)による影響

既存文献や特徴②、特徴③から、減速、停止、発進時にタイヤから圧力が加わり、密度の高い積雪がそろばん道路の珠になると考えた。一方、現地観測を続けるにつれ、そろばん道路の珠の部分は雪ではなく、図-4 のように氷の塊であることに気づいた。氷の塊になるためには、一度、積雪が融解した上で凍結する必要があると考えられる。また 12 月 18 日の夕方に、図-5 のように珠がまとまって発生している事例が確認された。「減速→停止→発進」といった車両挙動の少ない区間であり、前後区間にも珠の発生はほとんど見られなかった。当該区間は商業ビルの前であり、珠は荷捌きの車両が停止するような位置に発生していた。



図-4 停止線付近に発生した珠(12/18)



図-5 車両挙動のない区間の珠(12/18)

(2) 推定要因②：車両からの水が氷筈のように成長

車両から滴り落ちた水滴が凍結し、氷筈のように成長していくメカニズムではないかと推定した。停止線付近は車両が長時間停止するため、他の区間よりも水滴が落ちやすく、珠が発生しやすくなる。また、図-5 のような区間での発生も説明できる。一方、一度形成された珠が、車両などの水滴によって成長する状況は確認できなかった。むしろ、珠以外の部分の高さが低くなって珠が凸部となって残り、珠の部分の高さが相対的に高くなっていた。

(3) 推定要因③：水を含んだシャーベット状の雪塊の落下

2月16日は、図-8のように14日の高温で積雪やそろばんの珠が一度融けた路面に、未明からまとまった降雪があった。朝の観測では図-6(左)のように、圧雪路面上にしみが発生していることを確認した。しみは茶色く汚れており、少し表面が氷化していた。夕方の観測では図-7(右)のようにしみの位置付近に珠が大量に発生していた。



図-6 圧雪路面上のしみ(左:2/16 朝)と同一箇所大量に発生した珠(右:2/16 夕方)

図-6 の状況を確認後、バスなどから落下した水を多く含んだシャーベット状の雪塊が後続車両に踏まれて圧雪中に染み込み、その部分が氷化して珠ができるのではないかと考えた。図-7はいずれも2月24日朝の写真である。2月23日の日中は好天で、図-8のように気温が3℃まで上がり、図-6の箇所の積雪やそろばん道路も一度、完全に融けた。23日の夜からまとまった降雪があったが、比較的気温が高く、湿り気の多い雪が積もった状態となった。図-3に示したそろばん道路の多発区間を走行するバスのタイヤボックスには、図-7(左)のように湿った雪がついており、減速→停止→発信といった車両挙動によって、圧雪路面上に落下(図-7 中)し、それが後続車両によって踏まれて図-6と同様なしみ(図-7 右)が発生していた。



図-7 タイヤボックス(左)から圧雪上に落下した雪塊(中)と踏まれてできたしみ(右)

水を含んだシャーベット状の雪塊の落下がそろばん路面の要因であることを確認するため、2月24日朝に、バスのタイヤボックスから雪塊が落下してできたしみを対象として、インクを使って印をつけた。図-8のように、2月24日のマーキング後は、観測地域では降雪は見られなかった。2月24日夜に撮影した現地の状況を図-9（左）に示した。図のように、実験区間は、全体が大きな氷板となっており、そろばん路面は発生していなかった。図-8のように、2月24日は日中の気温が0℃近くまで上昇し、夕方から急激に気温が下がった。このような気象条件がそろばん路面の発生に影響を及ぼした可能性も考えられる。

一方、2月24日夜には、これまでそろばん路面が確認されていなかった一般国道12号（図-9右参照）で、連続的に小さな珠が発生していた。

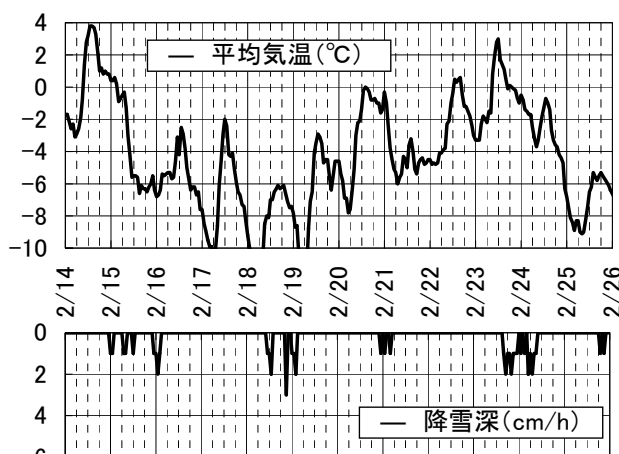


図-8 2/14～2/25の気温と降雪量の推移



図-9 2/24夜の路面状況(左：実験区間，右：一般国道12号の小さな珠)

5. おわりに

冬期を通じて行った路面観測の結果を整理することで、そろばん路面の発生状況、発生のメカニズムについて分析を行った。結果として、そろばん路面発生のメカニズムをつきとめることはできなかったが、発生頻度の高い区間の特徴の把握や、複数の仮説を踏まえた発生要因の検討を進めることができた。北海道支部の研究発表会やその終了後も、車両の加減速による影響、車両に付着した融雪剤の影響、気温の変化による地域的な特性など、多くの皆様から仮説をご教示いただいた。今年度冬期には、その点も踏まえつつ、推定要因③（水を含んだシャーベット状の雪塊の落下）を最有力候補として、そろばん道路発生のメカニズムの明らかにしたいと考えている。

【参考・引用文献】

- 1) 松倉佑太，川村彰，中島繁則，富山和也，2008:そろばん道路の路面特性について，土木学会北海道支部論文報告集，第65号，E-4.
- 2) 秋田谷英次，白岩孝行，1996:札幌市内の雪氷路面調査－平成8年冬期－，豪雪災害の発生動態と被害予測に関する研究，28-54.