

薄片を用いた道路雪氷の微細構造解析の試み Attempt of Microscopic Analysis in the Texture of Snow on Road

○金田安弘^{*1}, 川村文芳^{*2}, 成田英器^{*3}

Yasuhiro Kaneda, Fumiyoshi Kawamura, Hideki Narita

1. はじめに

滑りやすい雪氷路面 (いわゆる, つるつる路面) の発生は, 車道ではスリップ事故, 歩道では歩行者転倒事故の原因となる。道路雪氷は車両や歩行者により機械的に押し固められ, 破壊, 攪拌される結果, 自然積雪とは雪氷の形成過程が大きく異なる。道路雪氷の微細構造, 特に, 表面付近の詳細な密度分布については, 技術的に計測が難しいため不明な所が多い。今回, 道路雪氷の微細構造を調べるため, 道路雪氷コアの薄片を作成し, 画像解析により詳細な密度分布を求めたので, その結果を報告する。

2. 測定方法

2.1 道路雪氷コア

2008-2009 冬期, 北海道大学構内を中心とした札幌市内において, 電動ドリルを用いて採取した道路雪氷を薄片解析に用いた。コア採取時には, 路面状態, 歩行時の感覚による滑りやすさ (4 分類), 静止摩擦係数等の測定を行っている (詳細は文献 1 を参照)。

2.2 密度の算出方法

雪氷コアの密度は以下の手順で算出した。

- 1) 直径 6cm の電動コアドリルを用いて雪氷コアを採取する。
- 2) 採取した雪氷コアから深さ方向に厚さ 1cm 程の板を切り出す。
- 3) この板を -5℃ のアニリン液に浸けて雪試料の空隙をアニリンで充填し, -20℃ の低温室に移して固化させる。

- 4) アニリンで固化された試料板の一面をマイクロームで削り, その面上にスダンブラック染料の粉末をのせ, 数時間後にその粉末を取り除くと, 空隙を埋めたアニリン部分のみにスダンブラックが着色され, 空隙と氷部分が二値化される (図 1)。
- 5) 上記の二値化画像を用い, 画像ソフト (Image-Pro) で氷部分の面積を求め, 密度を計算する。この際, 目視により画像上で密度が異なる層を区分し, 層毎に密度を求める。

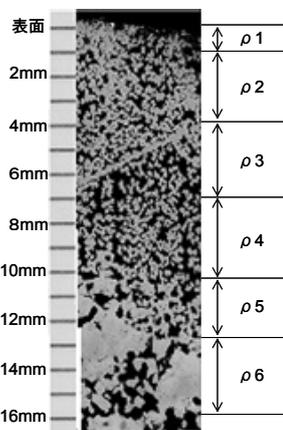


図 1 密度計測用の二値化画像の例

以上の方法によると, ミリ単位で詳細な密度分布を得ることができる。

3. 密度分布の算出結果

道路雪氷コアに関する密度分布の算出結果の例を以下に示す。

3.1 圧雪表面が氷膜化したつるつる路面

図 2, 図 3 は, 歩道に形成されたつるつる路面の密度分布と, 薄

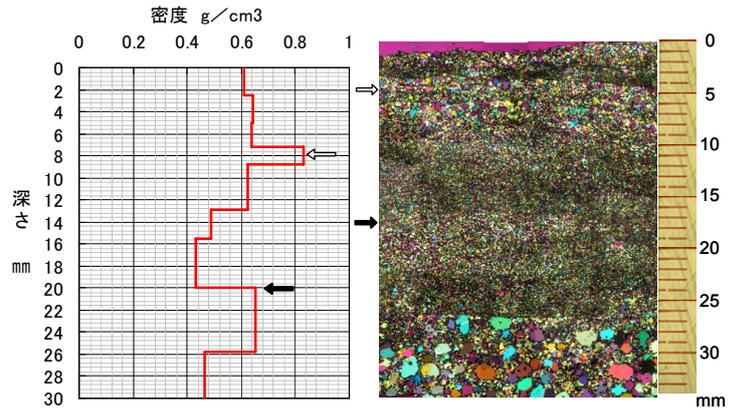


図 2 密度分布(2010.01.21)

図 3 図 2 に対応した薄片偏光写真

片の偏光写真の一例である (なお, 密度計測は偏光写真とは別の雪氷コアを用いているため, 密度分布は写真とは完全に一致しない)。前日に日降雪深が約 30cm の大雪が降り, 当日の日最高気温がプラスだったこともあり, 圧雪の表面が氷膜化してつるつる路面が形成された。図 3 において, 表面から約 27mm までの層が前日の大雪が踏み固められた圧雪である。圧雪内に融解再凍結によると考えられる氷結晶が見られる。矢印で示したように, 高密度の層と対応している。密度分布を見ると, 表面から約 8mm 下に密度 0.83 g/cm^3 の薄い高密度層が形成されている。これは圧雪表面の氷膜に対応したものである (図中の白矢印)。

3.2 除雪車に削られてきたつるつる路面

除雪車がグレーダーで削った跡がテカテカのつるつる路面になることがよくある。図 4, 図 5 は除雪車が道路雪氷を削り取ることでできたつるつる路面の解析結果である。表面下約 1mm に, 摩擦融解後の再凍結でできたと考えられる密度 0.71 g/cm^3 の薄い高密度層が形成されている。

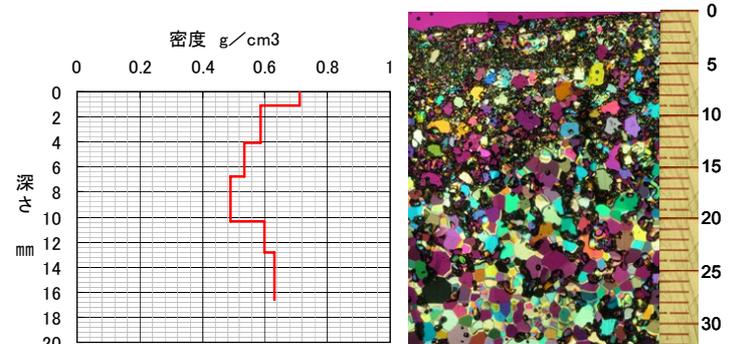


図 4 密度分布(2010.02.09)

図 5 図 4 に対応した薄片偏光写真

4. おわりに

路面の滑りには表面付近の雪氷構造が関係する。雪氷コア薄片の画像解析により, 道路雪氷の詳細な密度分布を求めたところ, 路面の滑りに対応した特徴が密度分布に表れていることがわかった。薄片から得られる雪氷の微細構造を解析することで, つるつる路面等の道路雪氷の形成過程を明らかにすることが可能と考えられる。

参考文献

- 1) 金田ほか (2009) : 雪氷研究大会 (2009) 講演要旨集, 212.

*1 社団法人 北海道開発技術センター
 *2 一般財団法人日本気象協会北海道支社
 *3 NPO 法人 雪氷ネットワーク

Hokkaido Development Engineering Center
 Japan Weather Association, Hokkaido Regional Office
 Network of Snow and Ice Specialist