

雪えくぼの水平分布解析

鈴木 歩空¹・島田 瓦²・飯田 肇³

(1:富山大学大学院理工学教育部 2:富山大学学術研究部 理学系 3:立山カルデラ砂防博物館)

1. はじめに

降雪後の降雨や日射によって融雪が進み、積雪表面に窪みが現れることがある。この窪みは頬にできる「えくぼ」と似た形をしていることから「雪えくぼ」と呼ばれている(大沼, 1959)。北陸のような温暖多雪な地域では降雪と気温上昇による融雪が繰り返されるため、「雪えくぼ」がたびたび観察される。この「雪えくぼ」の形成には、日射や降水などによる雪融け水の積雪内での不均一浸透が関係する(納口, 1984)と考えられている。しかし、雪えくぼに関する研究例は少なく、その間隔・配列に関して不明な点が多い。そこで、本研究では自然発生した雪えくぼ(図1)の定点観測を行い、窪みの水平分布について調べた。



図1 自然発生した雪えくぼ

2. 観測方法

立山カルデラ砂防博物館の本館屋上にて、2017年～2018年、2018年～2019年の二冬期にわたって積雪表面の定点観測を行った。観測にはデジタルカメラ(RICOH WG-50)を用い、積雪表面を1時間毎にインターバル撮影した。デジタルカメラは気象観測用測器が取り付けられたポールの、高さ約3.15mの位置に設置し、水平から約25°下方に傾けた状態で固定した。解析範囲は3m×3mに設定し、積雪深の変化や画角のずれを修正した後、真上から見た画像に変換した。その後、範囲内に発生した窪みの中心に点を打ち、その座標を求める、その分布を

Pair correlation 関数を用いて調べた。今回は図2に示す窪みの間隔が異なる3種類の雪えくぼ(間隔が小さい順に①～③とした)の解析を行った。

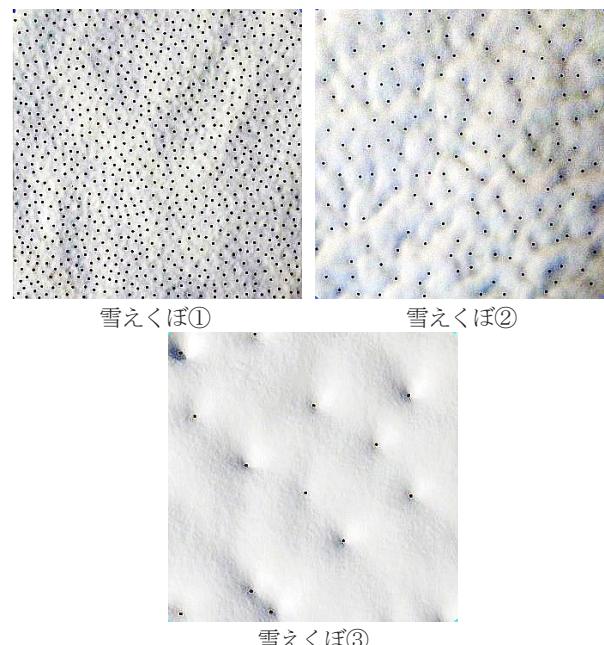


図2 雪えくぼ①～③

撮影した雪えくぼの画像を真上からの画像に変換し、窪みの中心に点を打ったもの。縦・横の長さは共に3m。

3. Pair correlation 関数

Pair correlation 関数 $g(r)$ は任意の点から距離 r の地点にある他の点の混み具合を表す指標(島谷健一郎, 2001; STOYAN D & STOYAN H, 1994)で、次のような形で表すことが出来る。

$$g(r) = \frac{\text{任意の点から距離 } r \text{ 離れた地点の平均的な点密度}}{\text{解析範囲内の点密度}}$$

解析範囲内の点密度と r 離れた地点の点密度が等しい(配置がランダムである)場合を $g(r)=1$ と定義しており、 $g(r)$ 離れた地点の点密度が全体より混み合っている場合は、 $g(r) > 1$ 、閑散としている場合は $g(r) < 1$

となる。グラフは縦軸が Pair correlation 関数 $g(r)$ 、横軸が距離 r で表され、解析結果の曲線形状で点の分布傾向を判断することが出来る。分布傾向の $g(r)$ の値が 1 以上の地点で上に凸のピークを示す場合、点同士の間隔が $g(r)$ となる点の組が頻繁に存在することを示唆する。また、明確な最大値(グラフのピーク)の存在は点同士の距離が比較的そろっていることを示しており、距離が一定であるほど $g(r)$ のピークが鋭くなる。

4. 結果・考察

Pair correlation 関数を用いた解析の結果を図 3 に示す。雪えくぼ①～③で解析範囲内に発生した雪えくぼの個数はそれぞれ 855 個、162 個、13 個であった。 $g(r)$ のグラフを見ると、①は 100 mm、②は 200 mm で明らかなピークが確認できた。これらのピークは距離が異なるものの、どちらも第一近接にあたる地点を示している。①、②の解析結果から、雪えくぼの窪みは一定の間隔を空けて発生する傾向があることがわかった。また、第二近接以降は大きなピークが確認できず、次第に 1 に収束していることから、第二近接以降の点の配置は不規則であると考えられる。一方で、③のグラフでは 1 を越える大きなピークが 650 mm, 1000 mm, 1400 mm の 3ヶ所で見られ、①、②のグラフとは異なる形状となった。雪えくぼ①、②と③の観測条件を比較すると、解析範囲内に含まれていた窪みの個数が非常に少ないと予想し、この窪みの数の減少がグラフに与える影響について調べることにした。

分布傾向がはっきりと表れていた雪えくぼ②の解析範囲 ($3\text{m} \times 3\text{m}$) を $1\text{m} \times 1\text{m}$ で A～I に 9 等分(図 4)にして解析を行い、 $3\text{m} \times 3\text{m}$ の解析結果(図 5 太線)と比較したところ、解析範囲内の窪みの数を 20 個程度まで減らすと、③と同様にグラフの形状が歪になることがわかった(図 5)。以上の結果から、Pair correlation 関数を用いて正確な分布傾向を知るためにには、解析範囲をなるべく広くとり、範囲内により多くのサンプルが含まれている状態が望ましく、サンプル数が少なすぎると分布傾向がつかみにくくなる場合があることがわかった。

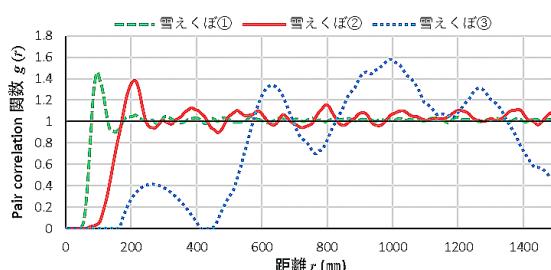


図 3 雪えくぼ①～③の解析結果

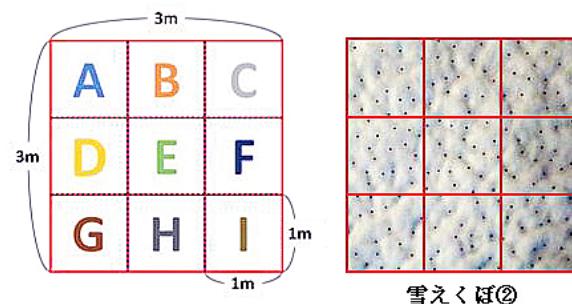


図 4 解析範囲の分割

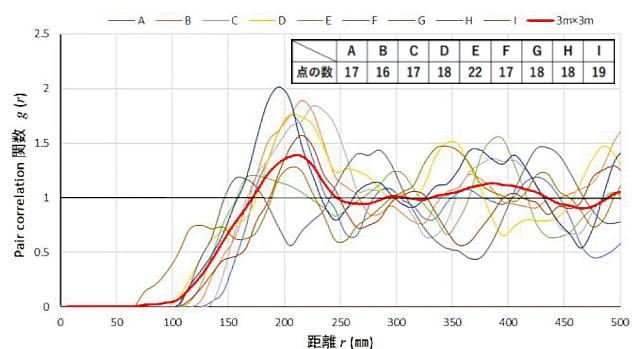


図 5 グラフの形状の比較

5. まとめ

野外で二冬期の間、雪えくぼの定点観測を行った。自然発生した間隔の異なる雪えくぼの分布を Pair correlation 関数を用いて調べたところ、その解析結果から雪えくぼの窪みは一定間隔を空けて分布する傾向があることや、第二近接以降の分布は不規則であることがわかった。また、解析範囲を分割して窪みの数を減少させ、Pair correlation 関数のグラフに与える影響について調べたところ、窪みの数が少ないと分布傾向を正確に表すことができなくなった。このことから、解析範囲を広くとり、なるべく多くの窪みを解析範囲内に確保する必要がある。

文献

- 納口恭明 (1984) : 雪えくぼのパターン形成 I. 国立防災科学技術センター研究報告, **33**, 237-254.
- 大沼匡之 (1959) : ゆきえくぼ. 雪氷, **21**, 130.
- 島谷健一郎 (2001) : 点過程による樹木分布地図の解析とモデリング. 日本生態学会誌, **51**, 2, 87-106.
- STOYAN D & STOYAN H (1994): *Fractals, Random Shapes, and Point Fields*. John Wiley & Sons, Chichester. 244-258.