

冬季の斜里における上位層気候の発生状況の調査 —ドローンを用いた鉛直気温分布の観測手法の確立—

北見工業大学大学院 石原宙

1. 研究背景と目的

上暖下冷の空気層内で光が屈折して起こる上位層気候は、全国のいくつかの場所で確認され、記録や分析がされているが発生メカニズムを探る研究は途上である。オホーツク海側の斜里町でも毎年の発生が報告されており(佐藤, 2015), 特に地元報道機関などから関心の高い流氷の層気候については、想定される発生条件を元に分類が行われている(大鐘ら, 2013)。

本研究では、特に厳冬期における上位層気候の発生に注目し、層気候が発生する際、実際にどのような温度構造を示し、その構造がどのように形成されるかを調査するため、昨年度の調査から引き続き図 1 で示す地点に気象計の計測に加え、新たに定点カメラ、ドローンを導入し層気候発生の有無と規模を判別する観測手法の確立や低温下で高度によって変化する鉛直温度分布の測定を行った。

2. 解析データ

2.1 気象計について

表 1 に気象計の概要を示す。前浜, 以久科, 三井の 3 地点に観測機器を設置した。これらの場所は冬の層気候がどのような気象状況で発生しているのか、特に発生に関与が深いと思われる冷氣移流の概要を把握することを目的としている。

2.2 定点カメラについて

気象計と同期間に斜里町の峰浜から層気候の有無と規模の把握を目的として定点カメラを設置した。図 2 に定点カメラ設置位置と撮影方向, 撮影範囲を示す。撮影方向は峰浜から西へ約 35km 離れた網走市北浜を中心としている。実際に撮影した通常時の画像と規模 1, 2, 3 をそれぞれ図 3 に示す。これまでの観測ではなかった夜間での撮影も実施している。

2.3 ドローン調査について

層気候発生時の鉛直気温分布から冷氣層の厚さを把握するため、ドローンによる調査を実施した。2017年2月16日から22日までの7日間で6日間飛行させることができた。ドローンは DJI 社製 PHANTOM4, PHANTOM3PRO の 2 機を使用し、気温測定は HIOKI 社製の温度ロガーと応答時間が 20 秒のニードル型温度センサを使用し 1 秒間隔で温度を記録した。低温下での使用によるバッテリーの急激な能力の低下が懸念されたため、事前に -14°C の条件下で試験を行ったところ、最大 12 分間飛行可能であった。この飛行時間と後述するホバリング時間を考慮し、高度 100m まで上昇させ、20m ずつ下降させる計画とした。計測高度は 100m, 80m, 60m, 40m, 20m, 10m, 5m である。

3. 結果

調査期間内の層気候は 55 回発生した。そのうち規模 1 は 22 回, 規模 2 は 23 回, 規模 3 は 10 回であ

以久科
原生花園砂浜(0m)

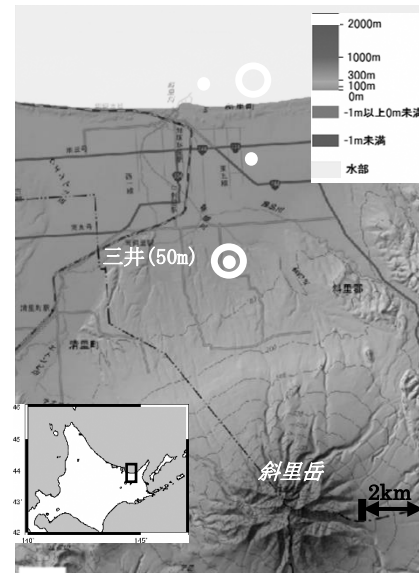


図 1 北海道斜里町(左下図黒枠内)の斜里岳と斜里平野, 白丸は観測機器を設置した 3 地点の位置, 白輪はドローン観測に使用した地点を表す(括弧内の数字は標高を示す)。

表 1 調査で使った気象計とその概要
気象計①: T&D 社製 TR-73U, TR-52S
気象計②: エスイーシー社製 Weather Bucket

種類	設置場所	設置高	期間	時間間隔	要素
気象計①	以久科 三井	4.6m 10.5m	2016年 12月15日~ 2017年 2月28日	10分	気温・湿度・ 気圧
気象計②	前浜	2m			気温・湿度・気圧・ 風向・風速・ 日射量・降水量

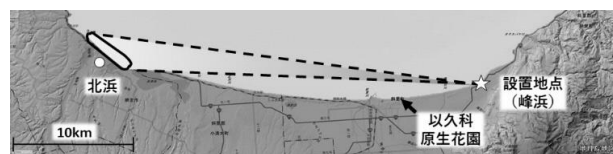


図 2 定点カメラ設置地点と撮影範囲

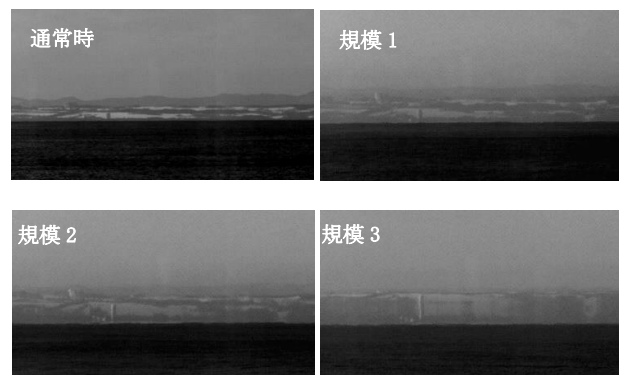


図 3 層気候の規模と判断例

った。図4に大規模な蜃気楼が発生した2月5日のデータを示す。蜃気楼が発生した際三井, 以久科では高度によって気温差が生じており, 下部が上部より冷えていた。また以久科では三井に比べ温度差が生じる時間が遅れていることがわかった。

図5にドローン観測時の気象データを示す。蜃気楼は2月20日では深夜0時からすでに発生しており, 発生が終息する13時10分まで風速は5m/s以下であった。2月21日は蜃気楼が発生せず, 気温変化が少なく風速が間欠的に変動した。

図6は2月20日から21日までの風向を示す。2月20日は, 平均風向は206度(南南西)である。ドローン観測で上空に逆転層が確認できなかった2月21日では, 平均風向は340度(北北西)となっている。

図7はドローン観測による鉛直気温分布を示す。2月16日は北浜の方向に午前7時から午前8時15分まで, 2月20日は北浜, 能取岬, オホーツク海, 知床岬で午前7時から9午前時15分まで蜃気楼を目視で確認している。

蜃気楼が発生していた2月16日と2月20日の記録によると高度60mから地上にかけて気温が下がっていた。蜃気楼が発生していない日では高度100mまで温度が一樣であり気温の通減率による温度変化以外見られなかった。また一度しか確認できなかったが, 2月16日の観測で, 三井と以久科では気温が大きく変化する高度が異なり, 三井では高度80mから60mの間, 以久科では高度60mであった。

4. 考察

斜里町で厳冬期に発生する蜃気楼は陸地の放射冷却による冷気が海上に流れ込むことで上暖下冷の空気層が形成されることに起因すると考えられた。上空の観測をした他の日の深夜から早朝についても風速の強弱はあるものの, 逆転層を捉えた日は前浜での風向が南寄り, 捉えられなかった日はそれ以外の風向であった。これは, 斜里平野の冷気が海上へ流れ出した想定と一致する結果と言える。

本研究において, 北海道斜里町の厳冬期に見られる蜃気楼の発生メカニズムが, 気象計と定点カメラ, ドローンを用いた観測により, 冷気層の存在に強く関係することを明らかにすることができた。

蜃気楼発生時には高度60m付近に大きな温度変化が見られたが, 逆転層の全体像を把握するには100mよりも高い高度の観測が必要である。

今後は蜃気楼発生にかかわる強い温度境界層がどのようにして形成されるのかを明らかにしていく必要があると考える。また今回のドローンの調査では20m間隔での気温計測であったが, 詳細な温度の鉛直変化を把握するため, 一度の飛行高度を限定し, 10mや5m間隔での観測を行うことが必要だと考える。そして同じ日に時間を変えて複数回測定することにより, 斜里平野に沿って流れる冷気層の動きをより詳細に捉えられると考える。

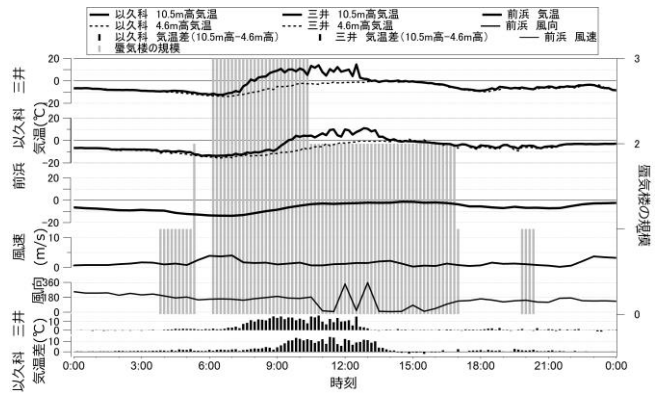


図4 蜃気楼の発生と斜里町以久科, 三井, 前浜の気象条件 (2017年2月5日)

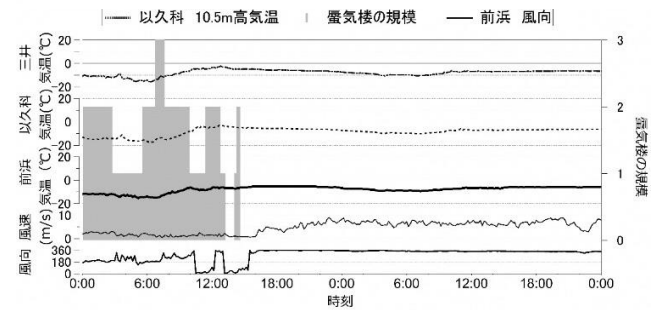


図5 蜃気楼の発生と斜里町以久科, 三井, 前浜の気象条件 (2017年2月20日から21日)

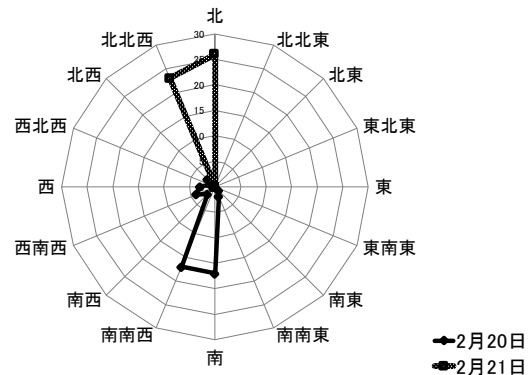


図6 2017年2月20日と2月21日の午前0時から午前8時までの風向。

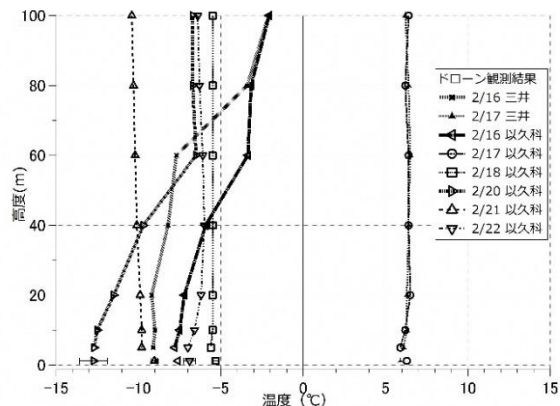


図7 ドローンで観測した三井と以久科の気温の鉛直分布