定点カメラを用いた斜里沖に発生する蜃気楼の自動判別手法の検討

今泉 賢斗[1]，舘山 一孝[2]，佐藤 トモ子[3]，石原 宙[4]
Kento Imaizumi[1], Kazutaka Tateyama[2], Tomoko Sato[3], Hiromu Ishihara[4]

Corresponding author: m3225200042@std.kitami-it.ac.jp (K. Imaizumi)

オホーツク海沿岸の地域での蜃気楼観測は従来の現地に赴き目視での観測が行われている．この観測方法では現地への移動に時間が必要になり常時観測が困難であるため，定点カメラを用いた遠隔での観測と蜃気楼の自動判別を可能にすることで移動の時間を大きく削減することが期待される．本研究では定点カメラで撮影された画像を用いた蜃気楼によって変化する建物から蜃気楼の自動判別を行った．結果は先行研究と比較して自動判別の精度が向上した．また，建物が伸びあがる変化をする場合に本研究の手法は有効であることがわかった．

１．はじめに

オホーツク海地域では多くの蜃気楼の発生が確認されている．また，オホーツク海で発生する蜃気楼の発生条件を調べるため，ドローンや無人気象計，インターバルカメラなどを用いた研究や観測が実施されてきた．現在，オホーツク海地域における一部発生件数について蜃気楼の発生予測技術は発展してきている[1)]が，蜃気楼の発生有無の判別方法については現地観測または撮影後のデータの人間による目視判定にとどまっている．そのため観測には多くの時間と労力が必要であり，断続的かつ主観的な判断にとどまっている．そこで，本研究では遠隔での観測および判定を自動化することにより継続的かつ客観的に発生ケースを捉え予測技術の発展に役立てることを目的とする．秦[2)]は上位蜃気楼によって稜線と海岸線が変化することから上位蜃気楼の自動判別を試みている．本研究では，建物が上位蜃気楼によって伸び上がることから，図 1 (b) の澱粉工場に着目して，その虚像の高さから蜃気楼発生の有無の判別を行った．

２．使用データ

２．１　使用機材

本研究では石原[3)]が撮影した画像を使用する．カメラは Panasonic 製ミラーレス一眼カメラ「LUMIX GX8」センサーサイズはマイクロフォーサーズ，有効画素数 2030 万画素，画像の形式ファイルは JPEG を使用した．レンズは TOMYTEC 社製，コ・ボーグ 36ED，しぼり値 F5.6，焦点距離（35 mm 換算値で）400 mm，画角 6 度の仕様である．定点カメラは建物内に設置し，窓ガラス越しに撮影は行われている．撮影の際，カメラ本体や街の街灯の光が窓ガラスに反射して映り込む影響を少なくするためにレンズフード（黒の画用紙）を取り付けている．シャッターリモコンは ROWA JAPAN 社製の DMW-RS1 を使用する．今回の撮影では建物の停電によりカメラの設定がリセットされて撮影が止まってしまう可能性を考え，カメラ本体に備わっているインターバル撮影機能は使わず，シャッターリモコンを使って撮影間隔を設定する．

２．２　撮影場所・撮影期間

定点カメラは見通しのいい海岸沿いにある建物に設置した．図 1 に撮影エリアの斜里町と網走市の北海道における位置関係を示す．撮影は北海道斜里郡斜里町峰浜から西に約 35 km 離れた網走市北浜の方向に向け行った．その際に，図 1 (c) のオホーツク網走農業協同組合澱粉工場を目印として撮影した．撮影を行った期間は 2016 年 12 月 15 日から 2017 年 3 月 3 日までの期間で，撮影間隔は 10 分で撮影した．本研究では，大規模な蜃気楼が観測された，①2016 年 12 月 17～18 日，②2017 年 1 月 22 日，③1 月 31 日～2 月 1 日，④2 月 5 日，⑤2 月 27 日～28 日，この 5 つの期間で解析を行った．

[1] 北見工業大学大学院　工学研究科　Graduate School of Engineering, Kitami Institute of Technology
[2] 北見工業大学　地球環境工学　School of Earth, Energy and Environmental Engineering, Kitami Institute of Technology
[3] 知床・蜃気楼幻氷研究会　Shiretoko Mirage Research
[4] 北海道立オホーツク流氷科学センター　Okhotsk Sea Ice Museum of Hokkaido

Copyright©2022 公益社団法人日本雪氷学会
The Japanese Society of Snow and Ice

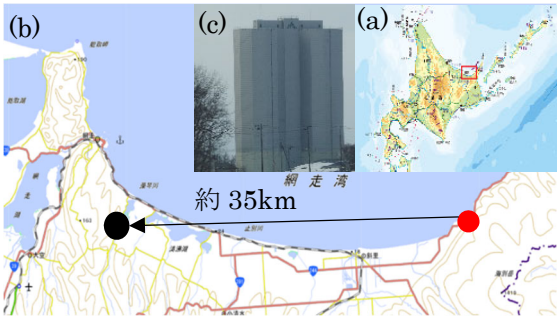

図 1　撮影場所と建物の位置関係
（a）北海道内の撮影エリアの位置
（b）撮影場所と撮影方向
（c）網走北浜の澱粉工場
（国土地理院より）

3．解析方法

本研究では画像解析ソフトウェアとして Math Works 社製の技術計算言語 Matlab を使用した．初めに，定点カメラで撮影した解析期間の画像から解析範囲の抽出を行う．幅 2624 ピクセル×高さ 1968 ピクセルの元画像から処理速度を高め，上位蜃気楼の発生確認を容易にするために澱粉工場の領域を抽出する．抽出後の画像サイズは幅 100 ピクセル×高さ 120 ピクセルである（図 2）．次に，抽出した画像のコントラストの調整を行う．コントラストの調整は画像解析をするうえで重要な手段の一つであり，コントラストの低い画像では対象物がはっきりと捉えることができず，解析することができない．本研究ではコントラストの均等化を行うことで，コントラストの強調をし，建物の形をしっかりとらえることができる画像にする（図 3）．次にコントラストの調整をした画像に対して二値化処理を行う．二値化とは，画像を白と黒の 2 色に変換する処理のことである．決められた閾値以上の画素値を白，ある値未満の画素値を黒に変換する，画像を単純化する手法の 1 つである．本研究では建物の形をはっきり捉えられるように期間ごとに閾値の設定をして二値化処理を行った（図 4）．最後に 2 値化した画像の列ピクセルに含まれる白いピクセルの最大値を求める．この時，白いピクセルの最大値が閾値以上の画像を蜃気楼あり，閾値未満の画像を蜃気楼なしとして蜃気楼の判別を行った（図 5）．

4．解析結果

各期間の解析結果を表 1 に示す．先行研究と比較すると，2016 年 12 月 17 日～18 日，

図 2　元画像から建物周辺を抽出した画像
（左）蜃気楼無，（右）蜃気楼有

図 3　図 2 のコントラストを調整した画像
（左）蜃気楼なし，（右）蜃気楼あり

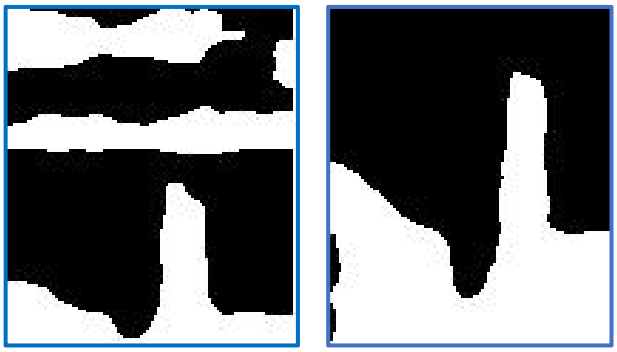

図 4　図 3 を二値化処理した画像
（左）蜃気楼なし，（右）蜃気楼あり

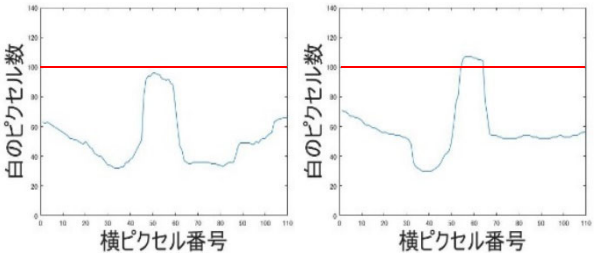

図 5　図 4 の画像から白いピクセルの最大値を求め判別したグラフ
（左）蜃気楼なし，（右）蜃気楼あり

Copyright©2022 公益社団法人日本雪氷学会
The Japanese Society of Snow and Ice

表１　各期間の解析結果

日付	蜃気楼有り（目視判別）		蜃気楼無し（目視判別）	
	蜃気楼あり（自動判別）	蜃気楼なし（自動判別）	蜃気楼あり（自動判別）	蜃気楼なし（自動判別）
2016 年 12 月 17 日～18 日	85%	15%	30%	70%
2017 年 1 月 22 日	17%	83%	18%	82%
2017 年 1 月 31 日～2 月 1 日	81%	19%	33%	67%
2017 年 2 月 5 日	58%	42%	0%	100%
2017 年 2 月 27 日～28 日	91%	9%	14%	86%

2017 年 1 月 22 日，2017 年 1 月 31 日～2 月 1 日の期間で蜃気楼発生画像を蜃気楼ありと正しく判別している割合が大きく増加した．また，2017 年 2 月 5 日，2 月 27 日～28 日の期間では蜃気楼が発生していない画像を蜃気楼なしと正しく判断している割合も増加した．しかし，2017 年 2 月 5 日においては蜃気楼発生画像を蜃気楼なしと誤った判別をしている割合が増えた．また，2016 年 12 月 17 日～18 日，2017 年 1 月 22 日，2017 年 1 月 31 日～2 月 1 日の期間で蜃気楼なしの画像を蜃気楼ありと誤った判別をしている割合が増えてしまった．次に本研究の課題について考察する．

５．考察

2016 年 12 月 17 日～18 日，2017 年 1 月 22 日，2017 年 1 月 31 日～2 月 1 日の 3 つの期間で蜃気楼なしの画像を蜃気楼ありと誤った判別をしている割合が増えた原因は建物の背後にある林が原因であることが考えられる．二値化処理するときの閾値は各期間で決めているため，画像によっては背後の林が建物と同様に白いピクセルとして出力されてしまい，判別をする際に閾値以上の値が反映されてしまうため今回の誤った判別につながった．今回は手動で閾値を決めているため，今後は画像ごとに適切な閾値を自動で決める必要がある．また，本研究の手法では建物が周りの蜃気楼によって変形する場合，蜃気楼を正しく判別できない．建物が伸びあがるのではなく，建物周辺が変化した場合建物を検出することができずピークが設定した閾値よりも低い値になってしまうため正しく判別することができない．これは 2017 年 2 月 5 日の結果が先行研究よりも低い割合になってしまった原因と考えられる．この期間は蜃気楼による建物の伸び上がりの変化が見られたが，夕方になるにつれて建物の伸び上がりがおさまり，建物の周辺が変化しているため先行研究と比較して低い割合になった．

他に，本研究では解析範囲を狭めることで雲や鳥の混入を防ぐことに成功したが，解析範囲が狭いため，1 ピクセルの変化が解析結果に大きく影響を及ぼすことになってしまった．ピークの閾値を 1 ピクセル増減させるだけで大きく結果が変わってしまうことになってしまった．これは，望遠レンズで撮影しているが画素数が低いため起こってしまったことが考えられる．本研究の手法を用いて蜃気楼の自動判別をする場合，遠くにある蜃気楼によって変形する建物に着目して判別しているため，より画素数の高い画像であれば精度の向上を見込める

６．まとめと今後の展望

本研究は先行研究とは別の手法を用いて定点カメラによって撮影された画像から上位蜃気楼の自動判別が可能か検討した．本研究では蜃気楼によって変形する建物に着目して蜃気楼の自動判別をした．先行研究と比較して判別精度の向上が見られたが，課題も見つかった．

1 つ目は二値化処理する際の閾値を画像ごとに適切な値を自動で決める必要がある点．

2 つ目は建物が伸びあがるような変化ではなく，周りの蜃気楼によって縮むように変化した場合に正しく判別することができない．この点に関しては別の手法を用いて判別する必要がある．

3 つ目は撮影機材について．本研究の手法では建物周辺という狭い範囲で解析を行うため画素数が足りず，閾値の 1 ピクセルの増減によって結果が大きく左右されてしまう点．

以上の課題をふまえて今後は小清水町浜小清水キャンプ場に 2022 年 3 月 30 日から設置されている高画質望遠ライブカメラ（図 6）を用いて知床と網

Copyright©2022 公益社団法人日本雪氷学会
The Japanese Society of Snow and Ice

走で発生する蜃気楼の自動判別手法の開発を目指す．また，機械学習を用いた蜃気楼の自動判別手法の開発を目指す．

図６　小清水町浜小清水キャンプ場に設置された高画質望遠カメラ

【参考文献】

1) 舘山 一孝, 佐藤 トモ子，佐藤 和敏，道木 泰成，小林 一人，鈴木 一志，2020 : データ駆動型観光を目指したオホーツク地域の 上位蜃気楼発生予測・公開システムの開発，「北海道の雪氷」，**39**，27-30
2) 秦 芳暉，2018，定点カメラを用いた斜里沖に発生する蜃気楼の自動判別，北見工業大学 学部論文
3) 石原 宙，2018，冬季の斜里における上位蜃気楼の発生状況に関する研究，北見工業大学 修士論文

Copyright©2022 公益社団法人日本雪氷学会
The Japanese Society of Snow and Ice