

# 新技術の活用による基盤情報整備力向上のための研究（第2年次）

実施期間 令和元年度～令和5年度  
地理地殻活動研究センター  
地理情報解析研究室 大野 裕幸

## 1. はじめに

本研究は、10年後の地理空間情報整備環境を睨んで、正確さを保持しつつ、低コスト、高生産性で基盤情報を整備可能な技術開発につなげる観点に立って基礎研究を実施するものである。令和2年度は、将来の基盤となる地図情報のニーズは、より高頻度な更新を求められるようになるとの前提に立ち、空撮映像からリアルタイムに情報収集を行う際の課題解決をテーマとした。

空撮映像をリアルタイムに伝送する際は、ドローンの場合はWi-Fiや携帯電話回線、有人航空機の場合は衛星通信回線を用いることになるが、回線帯域や天候状況によって一時的に回線状態が悪化し、伝送される映像が「固まる」いわゆるフリーズ状態に陥ることがある。映像がフリーズすると、実際の撮影時点よりも過去に撮影された映像を用いて解析等を実施することになり、空撮映像のリアルタイム解析時に実際とは異なる位置に解析結果がマッピングされるという致命的な問題が生じる。映像がフリーズしているかどうかを検知する方法は多く提案され、特許化（特許 4698622 号）、特許出願（特開 2020-123950 号）されているものもあるが、ヘリサットシステムを経由した映像ではフリーズしているにもかかわらず画素値は全体的に変化しており、フリーズした画像の画素値は原則として変化しないという前提に立った既存のフリーズ検知方法の適用は困難である。そのため、災害対策用ヘリコプター（以下「防災ヘリ」という。）のリアルタイム伝送映像を対象とし、映像がフリーズしているかどうかをリアルタイムに判定する手法開発及び実装を行った。

## 2. 研究内容

### 2.1 研究開発の概要

研究内容は、伝送される映像から1秒ごとに切り出された画像（以下「静止画像」という。）を連続する2秒分入力して確実にフリーズと判断できるアルゴリズムの考案と、その検証である。防災ヘリのリアルタイム映像は、ヘリサットシステムを介してインターレース映像として伝送されることから、静止画像は不足する走査線に既存の走査線情報をコピーした画像となっている。そのため、映像がフリーズした場合でも既存の走査線情報が異なり、連続する2枚の静止画像が完全に同じ画像のままにはならない。いわゆる、チラチラとチラつく状態で静止画像が続くことになる。連続する2枚の静止画像が完全に同じ画像とはならないため、フレーム間の映像データの一致不一致を利用した既存のフリーズ検出手法とは根本的に異なる手法の開発が必要である。また、判定の際の閾値も同時に求める必要がある。さらに、その手法を実装したプログラムによるフリーズ有無の判定を1秒以内に実施可能であることを成果の性能要件とした。

### 2.2 防災ヘリフライトにおけるフリーズ状態の調査

2019年10月13日に東北地方整備局の防災ヘリ「みちのく号」が撮影したフライトの映像から撮影時間順に並べた静止画像を1コマずつコマ送りして目視により確認する方法でフリーズの発生区間を特定し画像の状態を調査した。その結果、 $n-1$ 秒と $n$ 秒のフリーズした静止画像のセットの間には



図-1 フリーズした画像の例 1（右は黄色の枠内を拡大したもの）



図-2 フリーズした画像の例 2

（左：12:23:57 時点の画像下部に画素の乱れが見られる。右：12:23:58 時点には見られない）

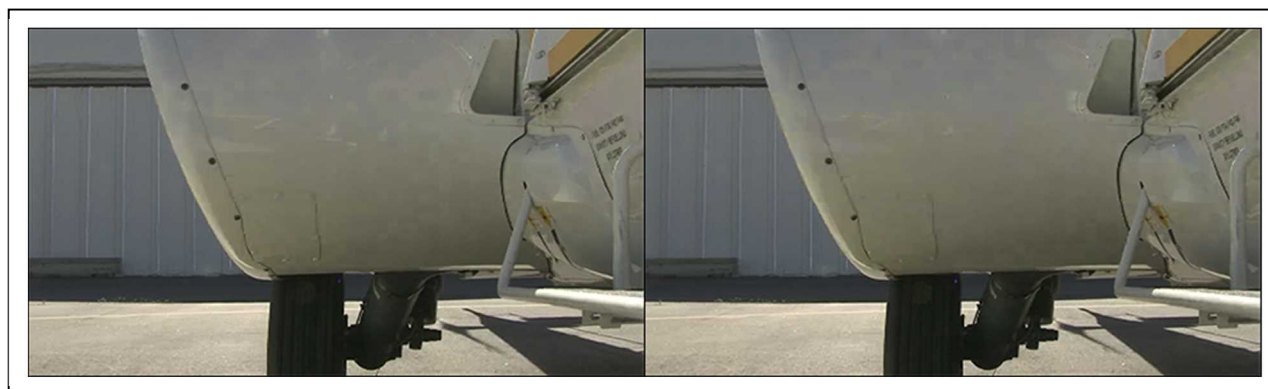


図-3 フリーズしていないが、フリーズ時と条件が似通った画像の例

（左：11:05:17 時点，右：11:05:18 時点。フリーズしていないが、フリーズ時の条件と類似）

- ・ 画角は変化しない
- ・ インターレースに起因するもののみとは考えにくい画素値の変化（図-1）
- ・ 一方のみに伝送の復号時に生じたとみられるブロックノイズが発生したケース（図-2）

等の状態があることを確認した。一方で、フリーズはしていないけれども、このフリーズした静止画像のセットの間にある条件を満たすケースとして、防災ヘリが地上で静止し、カメラも静止した状態で撮影が行われているケースが存在することが分かった。

## 2.3 フリーズ状態の判定方法

n-1秒時点とn秒時点の静止画像のセットがフリーズしているか否かを高速に判定する方法として、深層学習に用いる畳み込みニューラルネットの構成を元に次の手法を考案した。なお、本手法に深層学習は使用しない。

- RGBA 又は RGB のチャンネルを持つ入力画像を1チャンネルの画像(グレースケール画像)に変換。
- 画素値の変化は細部に発生していることから、その影響を排除する方法として深層学習のプーリング層で用いられる Max プーリングの手法を用いる。Max プーリングとは、入力された画像に対してフィルタを設定し、当該フィルタ内の画素値のうち最大の値を採用して次の層の構成値とする手法である。

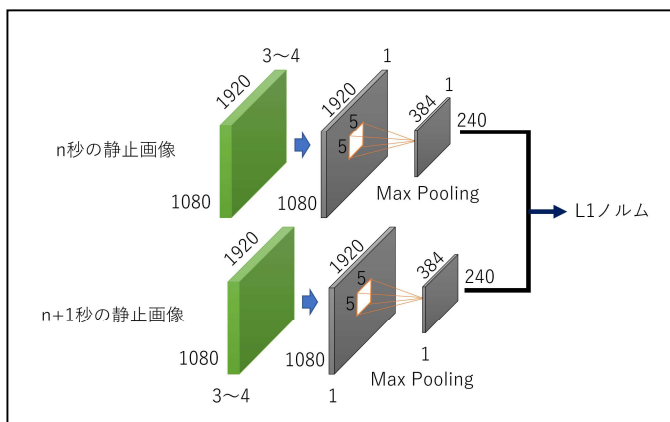


図-4 フリーズ判定の処理構成図

- Max プーリングすれば、画像の大局的な画素値を捉えられると考えられることから、n-1秒時点、n秒時点のプーリング後の画像間のL1ノルムの値によってフリーズか否かを判別できると考えた。

検討の結果、プーリング時のフィルタサイズは5×5、ストライドも5とした(図-4)。これにより、L1ノルム算出時の対象サイズを入力画像(1920×1080ピクセル)の25分の1、すなわち384×216のサイズとすることができ、高速に判定可能と考えられる。この手法を外注によりプログラム化し、成果要件を満たすかどうか検証した。

## 3. 得られた成果

まず、フリーズ調査に用いた「みちのく号」の撮影映像でフリーズ判定を行ったところ、フリーズ評価値(=L1ノルムの値)がフリーズ区間で極めて低い値となり、閾値の設定によるフリーズ判定が可能であることが確認できた(図-5)。

次に、閾値設定のため、2021年1月15日午前9時39分32秒から午前11時34分04秒の間に北陸地方整備局の防災ヘリ「ほくりく号」が撮影したフリーズしている区間が多い映像を検証用データとして、閾値を検討した。「ほくりく号」の映像から1秒ごとに抽出された静止画像は6066枚であり、

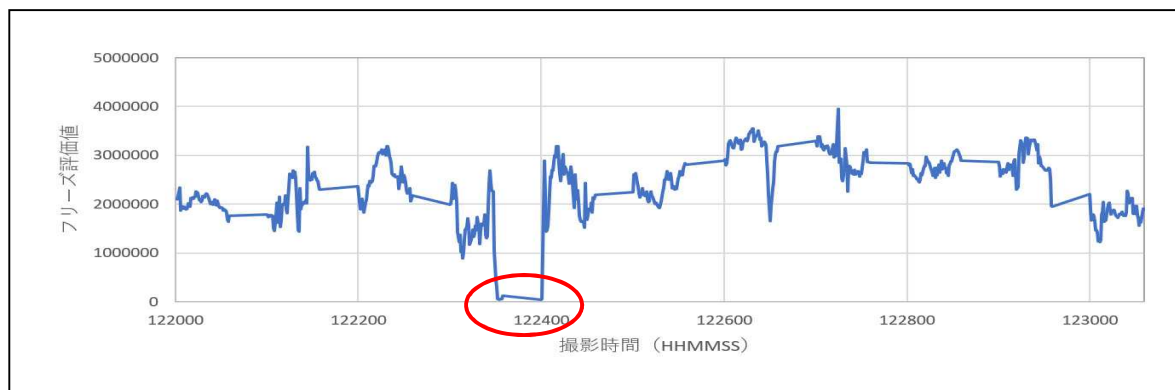


図-5 みちのく号撮影映像のフリーズ区間(赤丸の範囲)

表-1 閾値によるフリーズ判定結果

閾値	フリーズ画像数 (枚)	正しく判定された画像数 (枚)	誤判定画像数 (枚)
30 万	212	183	79
40 万	212	199	109
50 万	212	204	140
60 万	212	207	191

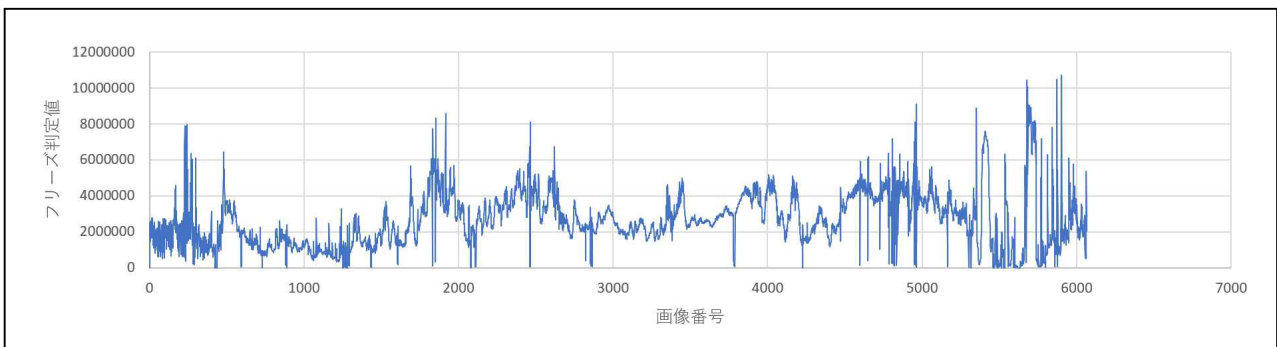


図-6 ほくりく号撮影映像のフリーズ判定値

このうち目視により 212 枚の静止画像をフリーズと断定した。これを正解値として作成したプログラムにより閾値を 30 万～60 万まで 10 万単位で変更してフリーズ判定を実施したところ、表-1 のような結果となった。ここで、誤判定画像とは、フリーズしてないにもかかわらずフリーズと判定された画像である。また、フリーズ判定値の推移を図-6 に示す。フリーズ判定の処理時間は 50 分 22 秒であり、1 セットあたり約 0.5 秒で判定を行うことができ、成果要件をクリアしている。表-1 から、閾値は 40 万～50 万の間が適当と考えられる。また、図-3 のケースは本手法では背景も含めて変化が無い場合にフリーズ、背景で車が移動したり、旗がたなびいたりといった変化がある場合はフリーズでないと定義している。

#### 4. 結論

通信回線を経由した映像の伝送時にフリーズはつきものである。今回は、防災ヘリの伝送映像を研究対象とし、5×5 のフィルタを 5 ピクセルおきに適用して L1 ノルムを判定基準とした場合、40 万～50 万の間を閾値とすることで約 2% の誤判読率を許容した場合に 90～95% の割合でフリーズを検出できることが分かった。本研究により開発した手法は、入力画像をそのまま、又は分割して映像の変化の有無やその割合により、フリーズしているかどうかを判定する既存手法とは根本的に異なり、画像全体の変化度合を一意に判定する手法となっており、深層学習のノウハウを応用した研究成果と位置付けることができる。

#### 参考文献

- 特許庁 (2011) : 特許 4698622 号, 映像異常検出装置, 映像伝送装置, 映像異常検出方法, 及び映像伝送方法, 特許情報プラットフォーム。
- 特許庁 (2020) : 特開 2020-123950 号, 映像信号処理装置, 映像フリーズ検出回路及び映像フリーズの検出方法, 特許情報プラットフォーム。