

10. 衛星動画による波の挙動解析—津波モニタリングに向けて—

山本義幸・田中純・中村栄治

1. はじめに

世界各国では人工衛星を利用したシステムを構築してきており、地球観測分野、安全保障・危機管理分野、通信・放送・測位分野、宇宙科学分野などで利用が図られてきている。未だかつてない広域巨大災害となった東日本大震災においても人工衛星を用いた対応が実施された。陸域観測技術衛星「だいち」の緊急観測が実施され海外衛星からも画像提供を受け政府および自治体への画像情報を提供した。このように人工衛星の災害時の貢献が注目を浴びた。そして2014年には新しいコンテンツとして衛星動画の提供がはじまった。現段階では衛星動画を防災で利用した事例はほとんどないが衛星画像を利用した既往研究に衛星画像解析による津波被災地の被害把握や津波の三次元流動解析などがある。具体的な既往研究の事例としては人工衛星画像を用いた津波の発生および伝播観測に関する検討¹⁾などがあり、これらの研究では津波が映像化されている可能性が高い画像をフーリエ変換し二次元波数スペクトルを算定する。一定周期で撮影される画像から波の挙動を推定するため波の様ではない挙動を解析するという面では部分的になり解析精度の面で落ちる。また衛星画像による波の挙動解析と衛星動画を利用した波の挙動解析を比較すると動画で波の挙動を観測する事で部分的ではなく流れで解析する事ができ、より高い精度で波の挙動解析を行う事が可能と考える。動体追跡の既往研究の具体例では移動物体追跡を利用した屋外駐車場における車両計数²⁾がある。この研究では、撮影された計数エリア内における車両の増減を検出して行う。移動物体が画面の外から侵入してくる場合や外へ退出する物体を検出して車両の増減を計測する。しかし、本研究では移動物体が波であるため既往研究のような車両など一様な物体でないため正確な検出が難しい場合がある。

本研究では、未だ利用例が少ない人工衛星からの動画情報を利用して解析手法を検討し衛星動画からの波の挙動の評価レベルについて検証する。

2. 手法

図1は解析手法のフローチャートを示したものである。2014年6月22日21時27分00秒から約30秒間、オアフ島ワイアラエで撮影された衛星動画(図2)をmacのアプリケーションのiPhotoを利用して899枚の画像に分割した。分割したそれぞれの画像に対してエッジ検出により画像中の波の線を抽出する処理を行った。エッジ検出は、画像処理やコンピュータビジョンの手法で、特徴検出や特徴抽出の一種であり、形式的に言えば不連続に変化している箇所を特定するアルゴリズムである。今回のエッジ検出はSobel、Laplace、HoughLines、CannyDetector³⁾の4つの方法で行う。その中から最も一致度の高い手法を利用して899枚全ての画像の波の抽出の画像処理を行う。処理した画像を動体追跡を利用し波の挙動を検出する。

2.1 使用データ

本研究では、米国が打ち上げた地球観測衛星のSkysatが撮影した動画を使用した。Skysatは世界初の動画撮影機能があり、1m分解能のパンクロセンサを搭載している。図2は2014年6月22日21時27分00秒から約30秒間、オアフ島ワイアラエで撮影された衛星動画(29.9fps)である。図3のハワイ島の地図中の青い四角で囲まれた場所が観測地であり、図4の航空写真から分かるように海底に青緑の珊瑚礁より沖に波の白いしぶきがあがって

るのが確認できる。

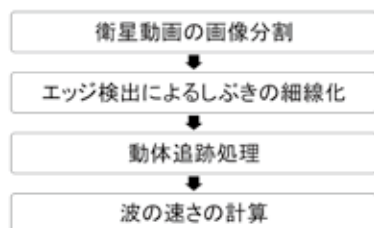


図1 衛星動画処理手順



図2 衛星動画の分割画像



図3 ハワイ島ホノルルの地図 (Google Maps)



図4 観測値の航空写真 (Google Earth)

2.2 エッジ検出

エッジ検出とは、特徴検出や特徴抽出の一種であり、デジタル画像の画像の明るさが不連続で鋭敏に変化している箇所を特定するアルゴリズムである。分割された画像の1枚を使い、エッジ検出により画像中の波の線を抽出する処理を行う。今回のエッジ検出はSobel、Laplace、HoughLines、CannyDetectorの4つの方法で行う。これらはオープンソースとして自由に利用できる。

表1 津波画像使用データ

津波画像説明内容	データ詳細
撮影開始時刻 (UTC)	2014/6/22 21h27m00s
撮影終了時刻 (UTC)	2014/6/22 21h27m30s
左上の緯度 (10進法)	21.29115
左上の経度 (10進法)	-157.84862
右上の緯度 (10進法)	21.22302
右上の経度 (10進法)	-157.75549
太陽仰角 (度)	74.6480
太陽方位角 (度)	78.7888
1画素の大きさ	1.20m四方

表2 観測日のハワイ島ホノルルの天候

天気情報	観測数値
平均気温	27℃
最高気温	31℃
最低気温	23℃
平均風速	12km/h (北東)
最大風速	27km/h
海面圧	1015hPa

2.3 動体追跡

今回利用するオプティカルフローとは、デジタル画像中の物体の動きをベクトルで表したものである。主に移動物体の検出やその動作の解析などによく用いられている。899枚の連続画像の中から50枚おき、150枚おき、850枚おきにオプティカルフローを利用し波の挙動を検出する。検出された波の挙動の移動距離と画像の移動時間から波の速さと方向を計算する。

3. 結果

衛星動画から波線を明瞭に把握するために、本研究ではエッジ検出を利用した。Sobel、Laplace、HoughLines、CannyDetectorの4つの手法を検出した。エッジ検出した画像の動体追跡をオプティカルフローを利用して行った。899枚に分割した画像から50枚おき、150枚おき、850枚の画像を選び、波の挙動が確認できる移動間隔を探した。150枚おきの画像で波の移動が確認できたため、挙動の解析を行った。解析した波の移動距離と移動方向、移動時間から波の速さと方位を算出して現地の風速と比較し検証した。

3.1 エッジ検出結果

衛星動画から波の挙動を観測する前処理としてエッジ検出を行った。今回のエッジ検出はSobel、Laplace、HoughLines、CannyDetectorの4つの方法で行った。それぞれのエッジ検出結果の画像は図5～図8に示す。エッジ検出からは主に波のしぶきが検出された。4つの処理をおこなった結果、最もSobelが一致度が高かった。そこで、Sobelを利用して899枚全ての画像のエッジ検出処理をシェルスクリプトで自動化し行った。

3.2 動体検出結果

899枚に分割した画像を50枚おき、150枚おき、850枚おきにオプティカルフローを利用して波の挙動解析を行った。50枚おきの短い間隔では波の移動距離が短すぎ十分な検出に至らなかった。また850枚おきに波の挙動解析をおこなったものが図10の画像であり、移動距離が大きすぎるためか正確な検出に至らなかった。150枚おきに検出を行った結果が以下の図11の画像であり波の挙動を検出できた。ここで検出した挙動から波の移動距離と移動時間から波の速さと方位を次式によって算出する。

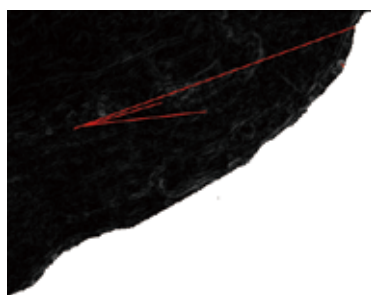


図5 1枚目と850枚目の処理結果

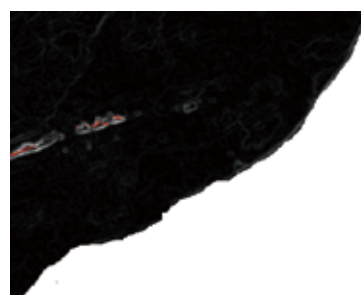


図6 1枚目と150枚目の処理結果

位を次式によって算出する

$$d = ax \quad (1)$$

$$v = d/t \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1} ((Y_1 - Y_0) / (X_1 - X_0)) \quad (3)$$

ここで、 d は波の実際の移動距離 (m)、 a は波の移動した画素数 (枚)、 x は一画素の大きさ (m²)、 v は波の速度 (m/s)、 t は移動時間 (s) である。 Y_0 は移動前のY座標、 Y_1 は移動後のY座標、 X_0 は移動前のX座標、 X_1 は移動後のX座標である。表3に使用パラメータについて示す。式(1)と式(2)によって波の平均の速さを算出すると、 $v=10.9\text{km/h}$ となった。式(3)によって θ の角度を求め方位を算出すると北東の波がほとんどだったが、北西の波もいくつかあった。観測当日の観測地の平均風速が 12km/h (北東) であったため、ほぼ似た数値の観測ができた。

4. まとめ

本研究では衛星動画を画像に分割し、画像にエッジ検出処理と動体検出により挙動解析をし解析した動画から波の速さと方向の算出を行った。結果として、現地の風速と比較してほぼ同等の結果を得る事ができた。今後の課題として波の細線化や動体検出の検出精度の向上が求められる。本研究を改善し、新しいデータソースとして衛星からの動画情報を利用する事で今後の防災面での新しい観点からの可能性や活躍を期待する。より速く正確な情報を処理し、津波の速度を出す事で災害発生時に迅速で安全な避難誘導が可能になるものと考えている。

参考文献

- 1) 鈴木由美, 児島正一郎, 高橋智幸, 高橋心平: 人工衛星画像を用いた津波の発生および伝播観測に関する検討, 海岸工学論文集, 第52巻, p251~p255, 2005.
- 2) 長谷川為春, 小沢慎治: 移動物体追跡を利用した屋外駐車場における車両計数, 電子情報通信学会論文誌、II-情報処理 J76-D-2 (7), p1390~p1398, 1993.
- 3) OpenCV.jp-エッジ検出, http://opencv.jp/opencv2-x-samples/edge_detection (最終閲覧日: 2015年4月28日).