

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01331

研究課題名（和文）20km遠距離悪天候撮影画像に基づく津波の計測と到達時間予測

研究課題名（英文）Measurement of Tsunami and prediction of arrival time based on long-distance image of 5 to 20 km in bad weather

研究代表者

盧 存偉（Lu, Cunwei）

福岡工業大学・工学部・教授

研究者番号：80320323

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：悪天候における5～20kmの遠方撮影画像から海面の三次元情報を取得し津波発生の有無及びその到着時間と規模を計測するために、悪天候モデルを構築し、線形透過率に基づく霧除去手法とガイドフィルタに基づく雨除去手法を提案した。また、最適ブロックOTSU法による波の抽出手法と、特徴ベクトル比較法とAI技術を融合した波の対応付け手法を提案した。計測対象領域自動追跡のため、カメラ旋回台の機械制御と画像の自動補正技術を融合するカメラ制御とパラメータ補正手法を提案した。可視光カメラ2台と赤外カメラ2台を用いた実験システムの雛形を作って、24時間連続稼働実験が成功した。今後は津波画像計測システムの実用化を目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

津波防災分野においては、津波の遠距離画像計測手法および計測結果に基づく到着時刻と規模推測手法を提案し、既存の津波観測装置の問題点を解決し、新しい津波防災システムの構築に寄与できると考えられる。三次元画像計測分野においては、現在様々な領域で画像計測技術が実用化されているが、近距離の計測がほとんどであり、成功した遠距離の三次元画像計測技術は乏しい。本研究提案した5～20km程度の遠距離三次元画像技術は三次元画像計測の実用化において寄与できると考えられる。システム制御分野においては、本研究提案した機械制御と画像計測制御を融合した2ループフィードバック技術は学術的な意味があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：By measuring the 3D information of sea level from a long-distance image of 5 to 20 km in bad weather, in order to measure the occurrence of tsunamis and its scale, we constructed a bad weather model. We proposed a fog removal method based on linear transmittance and a rain removal method based on a guide filter. In addition, we proposed a wave extraction method by optimal block OTSU method and a wave mapping method that combines feature vector comparison and AI technique. We have proposed an automatic correction method for camera parameters that combines machine control of the camera turning table with automatic image correction technology for automatic tracking of the measurement area.

We constructed a template of an experimental system using two visible light cameras and two infrared cameras, and the 24-hour continuous operation experiment was successful. The future goal is to put the tsunami image measurement system into practical use.

研究分野：画像計測工学

キーワード：津波防災 遠距離画像計測 三次元画像計測 海面画像 霧影響の削減と除去 雨の影響の軽減 波の抽出 対応付け

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究は津波の発生を予測することではなく、津波が発生した際にそれをいち早く探知し、その規模と到着時間を計測することにより災害被害を軽減することを目指す。

津波観測の現状と問題点

- 津波観測器: 海岸に設置されているので、津波が陸地に到着する前に観測できない。
 - GPS 波浪計、海底津波計: 特定のスポットにしか設置できず広範囲の観測が困難、海底地形や水深変化に依存し、設置維持費用が高い等の問題がある。
 - 最近提案された津波レーダ: コストが高く、また長周期や波高の低い浪の計測ができない。
- = > 気象庁の津波情報は計測した情報ではなく予測した情報(予報)である。

3D画像計測の津波計測への応用の困難点

- 悪天候での計測: 雨、雪、霧等の悪天候では、遠距離撮影画像から海面情報の獲得が困難。
 - 遠距離撮影計測: 津波の到達の20分前に警報を出すために、直径20km程度の海面の3D計測が必要である。しかし、望遠レンズの使用により、後記の理由で画像計測が困難になる。
- = > 現在実用できる津波情報の画像計測技術は存在しない。

【結論】: 下記の技術が必要

- ✓ 撮影画像から雨、雪、霧等の影響を除去し、目標を取り出せる不鮮明画像からの情報抽出技術
- ✓ 強風や地震等によるカメラの振動に耐えられる遠距離3Dセンシング技術

2. 研究の目的

海岸に設置するカメラを用い、雨、雪、霧等の悪天候においても、遠距離で撮影した画像に基づき、5~20km先の海面の様子と津波の速度を3D画像計測技術で実現することを本研究の目的とする。

具体的な研究テーマ、研究目標と主な課題:

不鮮明画像からの情報抽出

目標: 悪天候での撮影画像から、リアルタイムで計測に必要な波等の情報を抽出する。

課題: 雨、雪、霧等の影響を統合した悪天候遠距離撮影モデルの構築(略称: 悪天候モデル構築)

画像から雨、雪、霧等の影響を除去し、波情報を抽出する技術(略称: 画像鮮明化)

遠距離3Dセンシング技術

目標: 20km先の海面形状の3D計測は悪天候でも可能とし、計測誤差を10cm以内に抑える。

課題: 時系列画像から同一の波の抽出と特定(略称: 波抽出と特定)、

異なるカメラの画像から同一波の抽出と同定(略称: 画像マッチング)、

カメラ振動の際におけるカメラ等の計測パラメータの自動補正(略称: カメラ補正)

3. 研究の方法

テーマ1: 不鮮明画像からの情報抽出

【課題1】悪天候モデル構築: 雨、雪、霧等の影響を統一した悪天候遠距離撮影モデルの構築

雨、雪、霧等の悪天候における撮影画像から、三次元画像計測に必要な情報を抽出するために、本研究では色の恒常性を用い、悪天候遠距離撮影モデルを構築する手法を提案する。ま

た、モデルにおける雨などの影響因子は理論解析と実験を通じて解明する。

【課題2】画像鮮明化：画像から雨、雪、霧等の影響を除去し、波情報を抽出する技術
悪天候における撮影画像から確実に計測に必要な情報を取得するために、本研究では従来の画像処理技術と Deep learning 技術を融合し、画像の鮮明化を行う手法を提案する。

テーマ2：遠距離3Dセンシング

【課題3】波抽出：時系列画像から同一の波の抽出と特定

【課題4】画像マッチング：異なるカメラの画像から同一波の抽出と同定

遠方海面の撮影画像には波は沢山存在し、それぞれの波の色や形状等の特徴が類似しているため、従来のテンプレートマッチングや SIFT 等の特徴ベースのマッチング手法や、類似度等を用いた領域ベースのマッチング手法は共に適用困難である。

本研究では、従来の二値化処理に基づく波の抽出手法、抽出した波の特徴に基づく波の対応付け手法と Deep learning 技術を融合し、抽出と対応付けの精度を向上させる。

【課題5】カメラ補正：カメラ振動の際における計測パラメータの自動補正

強風や地震等の場合は、カメラの振動が避けられず、キャリブレーションしたカメラ等の計測パラメータが変化してしまうので、3D計測の精度が落ちるか計測ができなくなる。

本研究では、カメラの旋回台の機械制御と画像の自動補正技術を融合したカメラパラメータ自動補正手法を提案する。これにより、3D計測の精度を向上させる。

4. 研究成果

津波防災分野において

画像計測に基づく津波計測と津波防災システムを提案し、実用性を実証した。

具体的には、海岸に設置するカメラを用い、従来の三次元画像計測技術と AI 技術を融合し、5 ~ 20 km 先の海面の三次元情報を24時間リアルタイムで計測する。画像計測の結果に基づき、津波発生の有無を判定し、津波が発生した場合、それをいち早く発見し、津波の規模や伝播方向と速度をリアルタイム計測し、到着時間と規模を予測する。これにより、既存の津波観測装置の計測範囲、計測精度、設置と維持費用などの問題点を解決し、新しい津波防災システムの構築に寄与できると考えられる。

画像計測分野において

(1) 遠距離三次元画像計測の実現

三次元画像計測分野においては、現在様々な領域で画像計測技術が実用化されているが、近距離の計測がほとんどであり、成功した遠距離の三次元画像計測技術は乏しい。

本研究では、海岸に設置するカメラを用い、ステレオ視三次元画像計測の技術に基づき、5 ~ 20 km 先の海面の三次元情報のリアルタイム計測を実現した。

(2) 不鮮明画像からの情報抽出

雨、雪、霧等の悪天候における遠方撮影画像から、ステレオ視に基づく三次元画像計測に必要な情報を抽出するために、本研究では色の恒常性を用いた悪天候遠距離撮影モデルを提案した。

具体的には、大気モデルに基づき、波の色の恒常性と、悪天候要素の空間的及び時間的な変化特性の恒常性から、モデルを構築した。また、モデルにおける雨などの影響因子は理論解析と実験を通じて解明した。

それに加え、線形透過率に基づく霧の影響軽減手法とガイドフィルタに基づく雨の影響軽減手法を提案した。

(3) 遠距離 3D センシング

遠距離撮影画像から確実にステレオ視計測に必要な特徴点を抽出するために、最適ブロック OTSU 法による波の抽出手法を提案した。

各カメラからの撮影画像の対応付けについては、特徴ベクトル照合法と AI 技術を融合した手法を提案し、対応付けの精度向上を実現した。

また、指定通りの計測目標を自動的に追跡し、異なる海域の三次元画像計測を自動的に実現するために、カメラ旋回台の機械制御と画像の自動補正技術を融合するカメラ制御とパラメータ補正手法を提案した。

(4) 雛形試作と実計測実

可視光カメラ 2 台と赤外カメラ 2 台を用い、5 ~ 20 km 範囲の遠距離三次元画像計測に基づく津波計測実験システムの雛形を試作した。また、カメラを海岸に 4 km 程度離れた大学のキャンパスと海岸のすぐ近くにそれぞれ設置し、24 時間連続計測実験をそれぞれ 2 ヶ月以上行って、提案手法の実用性を実証した。

今後は、共同研究企業と協力し、提案した遠距離三次元画像計測に基づく津波計測と津波防災システムの実用化を目指す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ying Yang and Cunwei Lu	4. 巻 24
2. 論文標題 Long-distance sea wave extraction method based on improved Otsu algorithm	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10015-018-0427-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Hao Yi, Kazuhiro Tsujino and Cunwei Lu	4. 巻 22
2. 論文標題 3-D image measurement of the sea for disaster prevention	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10015-018-0427-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件/うち国際学会 8件）

1. 発表者名 Ying Yang and Cunwei Lu
2. 発表標題 Long Distance Sea Wave Matching Method Based on Integrated Features
3. 学会等名 2018 NKUST-FIT Symposium（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chen-Hao Chen and Cunwei Lu
2. 発表標題 Method of Sea Wave Extraction and matching from Images based on Convolutional Neural Network
3. 学会等名 2018 NKUST-FIT Symposium（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuqiang Cai, Cunwei Lu, Kazuhiro Tsujino
2. 発表標題 Sea Wave Block Extraction and Matching Method for Image-feedback Control
3. 学会等名 The 32nd International Technical Conference on Circuits, Systems, Computers, and Communications (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ying Yang and Cunwei Lu
2. 発表標題 Long distance sea wave extraction method based on improved Otsu algorithm
3. 学会等名 The 23rd International Symposium on Artificial Life and Robotics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yang Ying , Lu Cunwei
2. 発表標題 Long Distance Sea Wave Extraction Method by improved Block Otsu Algorithm
3. 学会等名 第70回電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuqiang Cai, Ying Yang, Cunwei Lu, Kazuhiro Tsujino
2. 発表標題 Angle and Image Feedback Based Dual-camera Rotation Control Method for Long Distance 3D Measurement
3. 学会等名 平成29年度(第70回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Huan Fan and Cunwei Lu
2. 発表標題 A camera calibration method for long distance 3D image measurement
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chen Chenhao, Cunwei Lu and Ying Yang
2. 発表標題 Method of Sea Wave Extraction and Matching from Images Based on Convolutional Neural Network
3. 学会等名 The 5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ying Yang, Cunwei Lu and Chen Chenhao
2. 発表標題 Research on sea wave matching method for long distance image
3. 学会等名 The 5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen Chenhao, Cunwei Lu and Ying Yang
2. 発表標題 Method of Sea Wave Matching Based on Siamese Network
3. 学会等名 The 7th Asia International Symposium on Mechatronics (AISM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ying Yang, Cunwei Lu and Chen Chenhao
2. 発表標題 Long distance sea surface images fast sparse matching by integrated feature vector
3. 学会等名 The 7th Asia International Symposium on Mechatronics (AISM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 海面計測システム、海面計測方法及び海面計測プログラム	発明者 盧存偉	権利者 福岡工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-003426	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 計測システム、計測方法及び計測プログラム	発明者 盧存偉、辻野和広	権利者 福岡工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-011553	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

福岡工業大学 先端計測技術研究センター http://www.amt.fit.ac.jp/
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----