

学位被授与者氏名	伊 浩 (YI HAO)
学位の名称	博士 (工学)
学位番号	博 (一) 第 5 2 号
学位授与年月日	平成 3 0 年 9 月 2 1 日
論文題目	Research for Tsunami Measurement Based on 3D Image Measurement Technique
論文題目 (英訳または和訳)	3D 画像計測技術に基づく津波計測に関する研究
論文審査委員	論文審査委員会 委員主査 : 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 盧 存偉 同審査委員: 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 横田 将生 同審査委員: 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 近木祐一郎 同審査委員: 福岡工業大学大学院物質生産システム工学専攻教授 朱 世杰
論文審査機関	福岡工業大学大学院工学研究科
論文内容の要旨 (和文)	<p>津波被害を減らすため、津波の早期発見が必要である。私たちの目的は、海岸に設置したカメラより 20km 先の海面の情報を計測することである。</p> <p>本論文では、津波計測のための 3 次元画像計測技術を用いた遠距離海面高度計測システムの構築を紹介する。まず、広い範囲の海面を計測するために、パン・チルト可能な回転台を利用する。また、計測の精度を向上させるために、大きさ既知のポールを使用して、カメラの固有パラメータおよび計測システムの外部パラメータをキャリブレーションする方法を提案した。尚、海波を抽出するために、ブロックで動的閾値法を使用した波自動抽出手法を提案した。最後に平均高さに基づく海面の高さを算出する手法を適応する。</p> <p>この論文は 5 つの章で構成されている。</p> <p>第 1 章では、本論文の背景と既存の津波予測手法について説明し、3D 画像処理技術を用いた津波予測の考え方を提案し、本研究の目的を説明する。</p> <p>第 2 章では、遠方海面計測のためのカメラシステムのキャリブレーション方法を紹介する。まず、両眼立体視の理論とカメラキャリブレーション方法を説明し、その後本研究で提案したキャリブレーション方法を説明する。</p> <p>第 3 章では、海波の抽出方法を紹介する。まず、遠距離の海波抽出の難しさを説明して、提案した二重閾値抽出法を説明する。その後、海波のマッチング方法を説明する。まず、対応点をそれぞれマッチングすることの難しさを紹介し、この問題に対する解決策を提案する。</p> <p>第 4 章では、提案手法を用いた実験結果及び考察を紹介する。まず、実験条件と実験方法を紹介し、その後実験結果と考察について述べる。</p> <p>第 5 章では、この論文をまとめ、今後の課題について述べる。</p>
論文内容の要旨 (英文)	<p>In order to reduce the loss of human life in tsunami disasters, it is necessary to build a tsunami measurement system. Our purpose is to measure the 3D information of sea levels from up to a distance of 20 km, using two cameras installed on the seashore.</p> <p>In this paper, we construct a measurement system for long distance sea-level height based on 3-D image measurement techniques. First, in order to measure a wide area of the sea surface, a system is used which utilizes a pan and tilt stage to rotate the cameras. In order to improve the accuracy of the measurement system, we propose a long distance camera measurement system calibration method that uses the standard scale pole to calibrate intrinsic and extrinsic parameters of the camera system, and a dynamic threshold method in blocks, in order to extract the sea waves automatically. Finally, we propose a sea level calculation</p>

	<p>method based on the average value of wave heights.</p> <p>This paper consists of five chapters. In Chapter 1, we explain the background of this paper and the existing tsunami prediction methods, and propose conceiving of forecasting tsunami with 3D image measurement technique. Then, we introduce the measurement system and explain the purpose of this research.</p> <p>In Chapter 2, the calibration method of the long distance 3D image measurement system is proposed. First, we illustrate the theory of binocular stereoscopic vision and camera calibration. Then we explain the method of calibration we proposed.</p> <p>In Chapter 3, we introduce the extraction methods for sea waves. First, we illustrate the difficulties in long distance sea wave extraction and then propose a double-threshold extraction method for different situations at long distance. Then, we introduce the difficulties of direct point matching. Finally, we propose a method of matching points based on a feature matrix and show the results of this method.</p> <p>In Chapter 4, we describe the experiment, results and experimental conditions.</p> <p>In Chapter 5, we summarize the work done in this paper and gives an outlook of future work.</p>
論文審査結果	<p>この論文は津波の画像計測について理論的及び実験的な側面から研究を進めている。日本は地震・津波被害の多い国であり、「現時点で、地震予知（警報につながるほど確度の高い地震予測）を行うのは非常に困難である」（日本地震学会の立場より）ので、この研究は津波発生した場合にそれをいち早く発見し規模を計測することを目指し、実用性を持っていると判断される。</p> <p>現在、津波の計測手段としては「地震津波観測網」、「GPS 波浪計」などがあげられる。しかし、これらの既存手法では計測範囲や計測精度、設置及び維持費用などの問題が残っている。この研究は海岸に設置する2台のカメラを用い、5～20Km 範囲の海面を撮影し、津波の発生と規模を計測する手法を提案した。具体的には、遠距離撮影画像から海波の抽出のための最適閾値ブロック大津手法、海波の対応付けのための特徴ベクトル類似度判定法、海面高さを計算するためのY座標単純平均法、及び遠距離3D画像計測のためのカメラキャリブレーション手法を提案した。これらの提案は新規性を持っていると考えられる。</p> <p>この論文は5章より構成されている。第1章では、研究の背景と既存の津波観測手法について説明し、3D画像処理技術を用いた津波計測の考え方を提案し、研究の目的を説明する。第2章では、遠方海面計測のためのカメラシステムのキャリブレーション方法を紹介する。両眼立体視の理論とカメラキャリブレーション方法を説明し、提案したキャリブレーション手法について述べる。第3章では、海波の抽出と対応付け方法を紹介する。まず、遠距離撮影画像からの海波抽出の困難性を説明し、提案した最適閾値ブロック大津手法を述べる。その後、海波のマッチングの困難さを紹介し、提案した特徴ベクトル類似度判定法を述べる。第4章では、まず、遠距離海面計測実験の実験環境と実験方法を紹介し、その後実験結果と考察について述べる。第5章では、この論文をまとめ、今後の課題について述べる。これらのことより、提案手法の有用性があると判断される。</p> <p>本研究の成果として、学術論文が1編（内第一著者1編）、国際会議4編（内第一著者2編）となっている。これらの結果には、本研究の新規性、有用性、実用性が認められる。以上の理由により、審査委員会は提出論文が学位論文の内容として適合すると判定した。</p> <p>学位論文公聴会においては、論文内容に関連する種々の工学的及び技術的な質問があったが、いずれも適切な回答を行うことができた。また公聴会後の最終試験においては、学位論文に関連する分野の学識を有し、今後研究を進めていくための研究能力を備えていることが判明した。</p> <p>以上の結果から、学位審査委員会はこの論文が博士（工学）の学位に適格であると判定した。</p>
主な研究業績	<p>参考論文 6編1冊 査読付き学術論文：第一著者1編</p>

1. “3-D image measurement of the sea for disaster prevention”
Artificial Life and Robotics, Vol.23 No.3, pp.1-7, 2018.
Authors : Hao Yi, Kazuhiro Tsujino and Cunwei Lu

国際会議論文：第一著者 2 編

2. “A long-distance sea wave height measurement based on 3D image measurement technique” ,
The 37th Progress in Electromagnetic Research Symposium (PIERS2016),
pp.4774-4779, Shanghai, China, August 8-11, 2016.
Authors : Hao Yi, Lei Yan, Kazuhiro Tsujino and Cunwei Lu
3. “3-D image measurement of the sea for disaster prevention” ,
The 22nd International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB2017), pp.643-648, Beppu, Japan, January 19-21, 2017.
Authors : Hao Yi, Kazuhiro Tsujino, and Cunwei Lu

国際会議論文

4. “A Sea Wave Height Measurement Method Based On 3-D Image Measurement Technique”
The 25th International Ocean and Polar Engineering Conference(ISOPE2015),
pp.330-335, Kona, Hawaii, USA, June21-26, 2015.
Authors : Cunwei Lu, Yu Wang, Yaogang Tong, Hao Yi, Lixiang Song, Kazuhiro Tsujino
5. “Overcome the Long Distance:A Universal Method for Sea Wave Matching”
The 4th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing (ICISIP2016), pp.341-346, Kyoto, Japan, September 8-12, 2016.
Authors : Lei Yan, Hao Yi, and Cunwei Lu

学会会議論文：第一著者 1 編

6. “An improved calibration technique for a long-distance 3-D image measurement system based on stereopsis method” ,
The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Kyushu Section(IEICE 2015), pp.500, Fukuoka, Japan, September26-27,2015
Authors : Hao Yi , Cunwei Lu