

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 6 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23760783

研究課題名（和文）多視点情報に基づくハイブリッド型波面計測システムの開発

研究課題名（英文）Development of a hybrid free surface measurement system combining stereoscopic method and RLD method

研究代表者

眞田 有吾（SANADA YUGO）

大阪大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：30467542

研究成果の概要（和文）：

水面反射光法（RLD 法）は拡散面光源からの光が水面で鏡面反射することを利用し、水面にパターンを投影し、その反射像の変位から波高分布を再構成する手法である。本研究ではステレオカメラ法と RLD 法の利点を兼ね備えたハイブリッド型波面計測システムを構築することを目的として、複数カメラに対応した波高分布再構成手法の開発ならびに ONR タンブルホーム模型船の航走波計測に適用し検証を行った。

研究成果の概要（英文）：

Reflected Light Distribution method (RLD method) is a method for 3-D wave field measurements by using reflected light image from diffused light source. In this study, we developed new reconstruction technique for developing a hybrid measurement system combining stereoscopic method and RLD method. In order to validate the new technique, free surface measurement around ONR Tumblehome were performed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：波面計測、水面反射光法、水槽試験、可視化、画像計測

1. 研究開始当初の背景

近年では画像計測技術が発達し、波高分布を非接触かつ面的に計測することが可能となりつつある。現在は欧米を中心に、複数のカメラを用いたステレオカメラ法を水槽試験へ導入する試みが行われている。一方、研究代表者らは水面反射光法（以下、RLD 法）を開発している。この手法は、色情報で符号化されたパターンを拡散面光源で水面に反射させ、カメラで撮影した反射像の移動量から波高分布および波面勾配分布を再構成する手法である。ステレオカメラ法とは異なり、単一カメラで三次元情報を取得できること、数百メートル級の曳航水槽でもトレーサー

の散布が必要ないという利点がある。また、反復再構成法を構築することで、波高だけでなく誤差混入の少ない一次情報に近い形で波面勾配分布も同時に取得することが可能である。しかし RLD 法は、光源からの光が鏡面反射することを仮定しているため、船尾近傍の粘性領域のように微細な凹凸がある場合、表面に気泡が混在する場合には適用できない。一方、ステレオカメラ法は、水面に微細な凹凸が存在する場合には、表面が拡散面となるため計測は可能であるが、船体から十分離れた遠方場では、周囲光が水面上で鏡面反射するため、複数カメラによる画像間の対応付けが困難となり、計測不能となる問題が指摘されている。このように RLD 法とス

テレオカメラ法にはそれぞれメリットとデメリットが存在し、画像計測法として全領域を計測可能な完全な手法は今のところ存在していない。もしこの両者を組み合わせ、それぞれの利点を生かすことができれば、船体近傍から遠方場にかけての全視野計測が実現できる。本研究課題は、ステレオカメラ法と RLD 法の利点を兼ね備えたハイブリッド型波面計測システムを構築し、船体周囲波浪場の全視野計測の実現を目指したものである。

2. 研究の目的

本研究課題では、試験水槽で導入可能なハイブリッド型波面計測システムを構築するため、以下の項目を重点的に実施した。

- ・複数カメラを用いた場合の波面計測に適用する場合の適切な撮影条件についての検討
- ・複数カメラ画像に対応した RLD 法の新しい再構成法の構築

3. 研究の方法

(1) 複数カメラに対応した撮影システムの構築

① カメラ校正の精度検証、校正用ボード画像を複数枚用いる Zhang の方法で内部パラメータの推定結果が不安定となる問題について、校正用ボード仮想画像シミュレータを構築して、校正に必要な最適枚数について検討した。

② 仮想反射像シミュレータによる最適カメラ配置および照明条件に関する検討
仮想反射像シミュレータを用いて従来の RLD 法で問題となっていた、反射像が大きく変形するケースにおいて、カメラを水面に対し 90° に近づけることによって変形を大幅に低減できることがわかった。このカメラ配置を実現するため、新たに超広角低歪レンズを導入することで、反射像の品質が改善されることがわかった。

③ 複数カメラに対応した画像同期撮影システムの構築
小型 CCD カメラと汎用ノートパソコン、高速画像取得デバイスで構成された複数台のカメラに対応した画像同期撮影システムを構築した。(図 1)

(2) 複数カメラに対応した波面再構成手法の開発

複数カメラに対応した新しい波面再構成手

法を開発し、シミュレーションデータ(規則波、Wigley 船型の航走波)を用いた有効性の確認を行った。

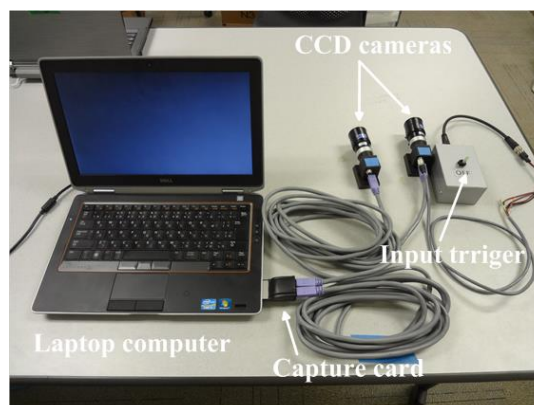


図 1 画像同期撮影システム

(3) ONR タンブルホーム模型船による航走波計測による検証

アイオワ大学新波浪水槽において、(1)で構築したシステムを用いて、ONR タンブルホーム模型(全長 $L=3.147\text{m}$)の定常航走波計測を実施した。計測装置を図 2 および 3、計測範囲を図 4 に示す。また再構成手法に(2)の方法を用いて検証を行った。

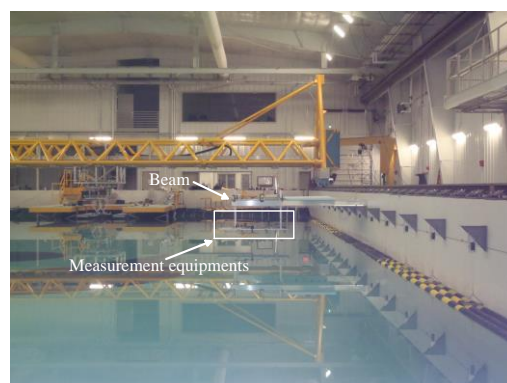


図 2 計測装置の概観

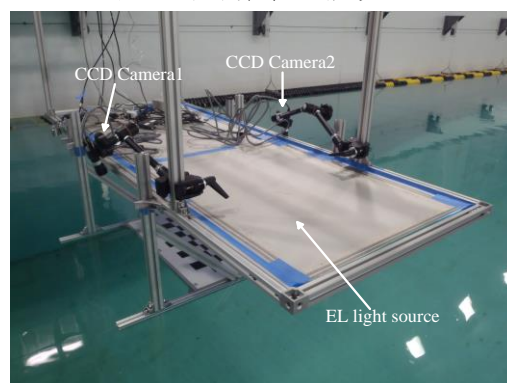


図 3 計測装置(光源およびカメラ)

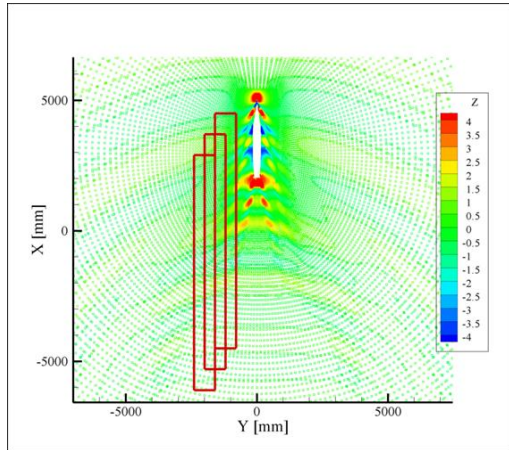


図4 航走波の計測範囲

4. 研究成果

(1) 複数カメラに対応した波面再構成手法の構築

複数カメラに対応した再構成手法として A) 1領域目の再構成波高を2領域目の初期値として引き継ぐ方法、B)再構成前に全勾配データを全体座標系に変換し全体を一つの領域として再構成する手法、の二つを考案した。手法Aは、波高計のデータを与えるのは1領域目の一点のみでよくなり、これを静水面と仮定した場合、波高計に頼る必要がなくなる。手法Bは、手法Aと同様に波高計のデータが必要となるのは1領域目の一点のみで、全計測領域を一度に処理するため滑らかに連続した再構成波面が得られる利点がある。シミュレーション画像による検証結果から、手法Aは一度に処理する点数が少なく計算時間はわずかであるが、手法Bは点数が非常に多くなり、計算時間が増大した。また、手法Aは各領域での真値との差は僅かであっても次の領域へと計算を進めるに従い誤差が蓄積し、波高が小さい場合は良好な結果が得られないことがわかった。

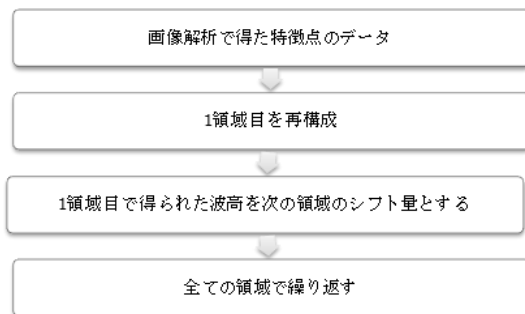


図5 新しい再構成手法の流れ(手法A)

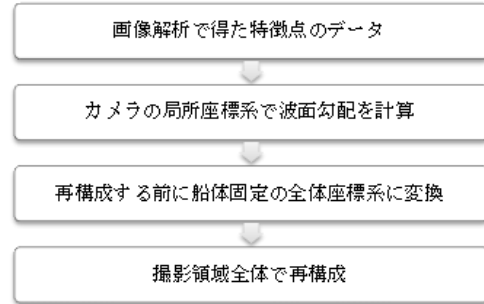


図6 新しい再構成手法の流れ(手法B)

(2) ONR タンブルホーム模型船による航走波計測による検証

アイオワ大学波浪水槽にて実施した ONR タンブルホーム模型船の航走波計測試験の画像解析と波高再構成を行った。その結果、フルード数が小さく特徴点の移動量が小さい場合は特徴点の追跡と波面再構成が可能であり、フルード数が大きく特徴点の移動量大きい場合は、撮影された反射像が不鮮明であるため解析が難しいことがわかった。(図7)これは反射像の変形を抑えるために超広角低歪レンズを使用したことによる影響であるが、より高感度で高フレームレートのカメラを使用することで改善は可能であると考えられる。また、今回は計測装置を定点に設置した計測であったため、画像のブレが大きくなったと考えられるが、計測装置が船とともに移動する場合は画像のブレは小さくなると考えられ、解析はより容易になると考えられる。

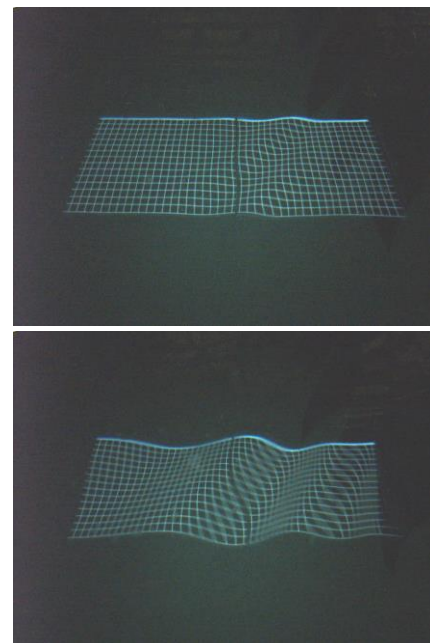


図7 反射像画像の例(グリッドパターン、上:Fn=0.1、下;Fn=0.2)

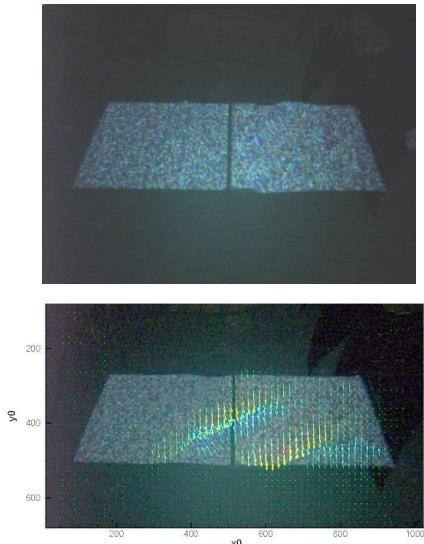


図8 反射像と変位追跡の例
(ランダムパターン、 $F_n=0.1$)

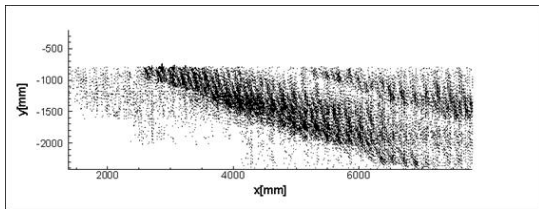


図9 勾配ベクトル分布 ($F_n=0.1$)

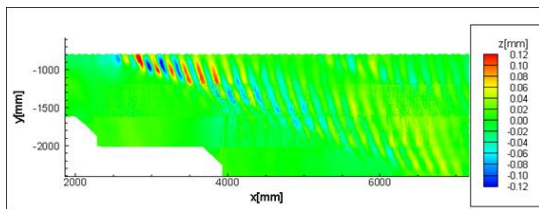


図10 再構成波面 ($F_n=0.1$)

(3) その他の成果

副次的な成果として、本研究課題で開発したカメラ校正用ソフトウェアおよび画像同期撮影システムを模型船の非接触6自由度運動計測へ応用した。従来のジャイロに比べ高精度に運動計測が可能であり、実用に耐えるものであることがわかった。

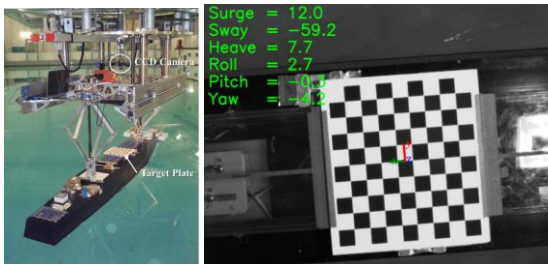


図11 非接触6自由度運動計測システム

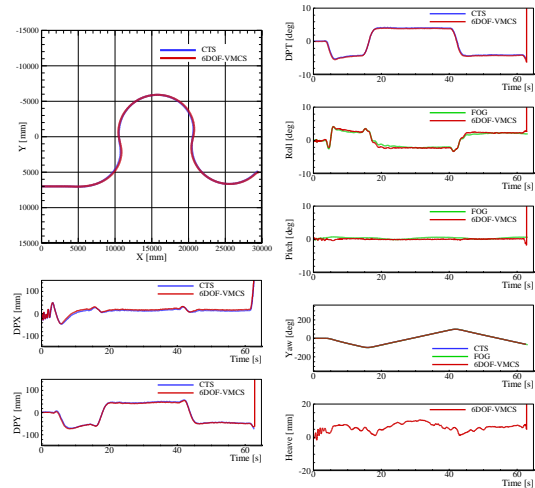


図12 変形Z試験での運動計測への応用例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

Yugo Sanada, Kenji Tanimoto, Kanako Takagi, Lichuan Gui, Yasuyuki Toda, Frederick Stern, Trajectories for ONR Tumblehome Maneuvering in Calm Water and Waves, Ocean Engineering, in press, 2013

〔学会発表〕(計1件)

Yugo Sanada, Kenji Tanimoto, Kanako Takagi, Masaaki Sano, Dong-Jin Yeo, Lichuan Gui, Yasuyuki Toda, Frederick Stern, Trajectories and Local Flow Field measurements around ONR Tumblehome in Maneuvering Motion, 29th Symposium on NavalHydrodynamics, Gothenburg, Sweden, 2012

6. 研究組織

(1)研究代表者

眞田 有吾 (SANADA YUGO)

大阪大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：30467542