

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24580254

研究課題名(和文) 汎用水中カメラを用いたリアルタイム・ターゲットサイズ計測手法の開発

研究課題名(英文) A new method of measuring the size of fish on the image from digital camera

研究代表者

藤森 康澄 (Fujimori, Yasuzumi)

北海道大学・水産科学研究科(研究院)・教授

研究者番号：40261341

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、水中の対象物のサイズを計測できる簡便な画像計測手法の開発を目的として、汎用のデジタルカメラとレーザーユニットを用いて装置を構成するとともに、計測用にソフトウェアを作成し、水槽実験と海上実験により同計測手法及び装置の有効性を明らかにした。

室内水槽において模型対象物および金魚を用いた実験による計測誤差は、最大約5%、平均で約4%であった。また、海上において船上から装置を水中に垂下して観測を行った。スケトウダラと判断される個体について計測を行い、計測値が同海域に分布するこの時期のスケトウダラの体長におよそ一致することを確認した。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop a new method of measuring the size of fish on the image from camera. The tank experiment was conducted using a digital camera and laser unit that generate flat beam. Further, sea experiment was done preparing a measuring system installed to watertight case that has capability of 300 m sea depth.

The measurement error was 4 % in mean and up to 5 % in the tank experiment. In the sea experiment, the measuring system was hanged underwater from the ship. The fish that recognized as walleye pollock was observed. The estimated length accorded with the size of walleye pollock distributed in the experimental area.

研究分野：漁業解析学

キーワード：海洋観測 水中画像計測 レーザー光

1. 研究開始当初の背景

今日、海洋における水中観測は、定性的観測から形状・計量測定などの定量的観測に及んでいる。定量的観測を行う上で技術的根幹となるのは、観測対象までの距離測定法である。現在、陸上では光、音を利用した距離測定は一般的であるが、海中では屈折や減衰のために陸上機器をそのまま持ち込むことはできない。現在、陸上では光、音を利用した距離測定は一般的であるが、海中では屈折や減衰のために陸上機器をそのまま持ち込むことはできない。また、カメラのオートフォーカス機能による距離情報は、カメラの露出状況による被写界深度の変化によってその範囲が一定せず、さらに、光条件が良好でない水中では至近距離以外では実用的精度に至らない。このため、一定の精度で対象物を計量する方法として、これまでに音響ホログラフィー技術を利用した DIDOSON (Dual Frequency Identification Sonar) やレーザー・カメラ、ステレオ・カメラの利用も研究されている。しかし、いずれの装置も機構の複雑さ、厳密な校正の必要性、高価といった点から利用機会や用途は限られており、広く普及するには至っていない。

これらの装置では、物体までの距離のみならずその形状も精度よく測定することが可能であるが、現場での調査や計測においては、多少の誤差を許しても簡便かつ安価に利用できる装置の要望も高い。

2. 研究の目的

本研究では、高度なセンシング技術を用いることなく、汎用のデジタルカメラとレーザーユニットのみを用いて、対象物のサイズを計測する方法を提案し、同手法の妥当性を明らかにする。さらに、提案された手法に基づく計測用カメラシステムを作製し、海洋での計測を通して実用性を検証する。

3. 研究の方法

(1) 計測手法の妥当性の検証 図1に計測方法の概要を示す。まず、カメラのレンズとレーザーユニットの射出口が並ぶよう距離 L を離して設置する。このとき、レーザー射出角を α とする。また、 Z はレーザー光を遮断する対象物とレンズ中心までの距離であり、 X は画面中心から対象物までの水平距離である。この時、距離 Z は $Z = (L + X) \tan \alpha$ で表せる。

デジタルカメラの画像サイズは縦・横の pixel 数により固定されているが、画面上の実距離は対象物までの距離 Z により変化する。したがって、距離 Z と撮像面での 1 pixel 当りの実サイズの関係(a)がわかっているならば、対象物の pixel サイズを実サイズに換算することができる。なお、距離 Z を求めるには、画面水平方向のレーザー遮断位置 (pixel 数) と Z の関係(b)を知る必要がある。

$$(a) \quad d_x = k_1 z + k_2$$

$$(b) \quad Z = a_n P_x^n + a_{n-1} P_x^{n-1} + \dots + a_0$$

ここで、 d_x は x 軸方向での 1 pixel あたりの実距離であり、 P_x は X に関する画面上の Pixel 数である。(a) と (b) の各式のパラメータは、事前に校正実験を行い求める。

校正と計測実験 直径 3 m の円形水槽内に図1にしたがって装置を構成した。使用したカメラの解像度は 3840×2160 であり、レーザーユニットの光波長は 532 nm であった。レーザーユニットとカメラの距離 L を 20 cm とし、照射角 α は 68° とした。まず、サイズの既知である模型対象物 (20 × 20 cm 平板) をレンズからの距離を変化させながら光軸上を移動させて撮影し、(a)、(b) の各パラメータを求めた。各式の決定係数はともに 0.99 であった。

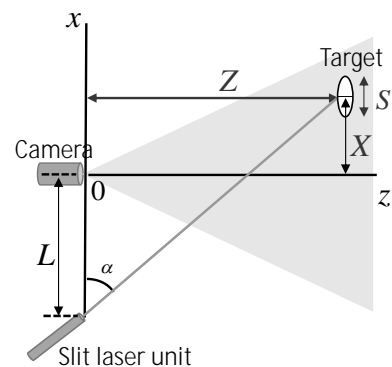


図1. 計測方法の概要

次に、計測のため、供試魚 (金魚、平均体長 13.6 cm) を 6 尾用意し、各個体について 20 回レーザー光を通過するまで撮影を行った。

撮影画像より、レーザー通過時の状態を静止画として、Visual Studio 2008 (Microsoft社) で作成したソフトウェア (図2) により通過個体の体長と体高を計測した。



図2. ソフトウェア上での計測例

(2)計測用カメラシステムの構築 (1)と同じカメラ，レーザーユニットにより海上で使用するための計測システムを構築した。試験用であるため，カメラには耐圧水深 300 m の筐体を用意し，レーザーユニットと共にステンレス製フレーム（50 x 36 x 19 cm）内に装着した（図 3）。また，(1)と同様の模型対象物とスケトウダラ成魚（体長 29 cm）を用いて校正実験を行った。

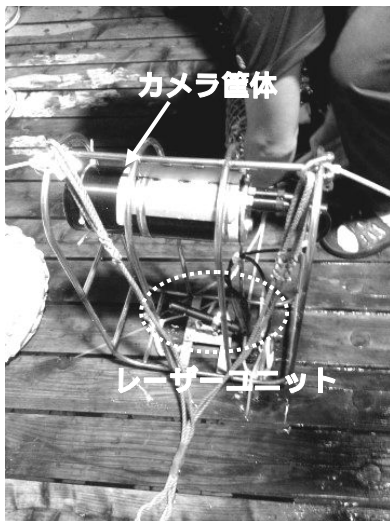


図 3. 試作された計測用システム

海上実験は H25 年 6 月，H26 年 6 月に a) 隠岐島周辺（日本海），H26 年 6 月に b) 北海道室蘭沖で実施された。いずれにおいても，試作したシステムを調査船の観測用ウインチにより海中に垂下して計測を行った。

4. 研究成果

(1)計測時には，まず魚体上のレーザー位置（図 2）を指定することで， Z 及び d_x が求まる。その後，体長：吻端位置と尾叉位置，体

高：最大胴周部の上端，下端位置をマウスで指定して PC に記録した。照明は用いていないものの，レーザー光により対象魚の外形ははっきりと撮影されており，計測は容易であった。表 1 に体長についての計測結果を示した。計測誤差は概ね 1 cm 以内であり，平均 4 % 程度であった。

表 1 実測された体長と計測値の比較

No.	実測値 (cm)	計測値 (cm)
1	15.2	15.2 (0.8)
2	13.0	13.4 (0.8)
3	14.7	15.2 (0.5)
4	12.4	12.7 (0.6)
5	12.8	13.2 (0.5)
6	13.5	13.4 (0.2)

計測値の括弧内は標準誤差

(2)水槽実験（図 4）での模型対象物に対する計測値は平均 19.4 cm であり，計測誤差は 3% であった。また，スケトウダラ成魚では，数回の計測での平均は 28.1 cm であり，誤差は約 3% であった。なお，精度の向上は計測アルゴリズムの修正によるものである。

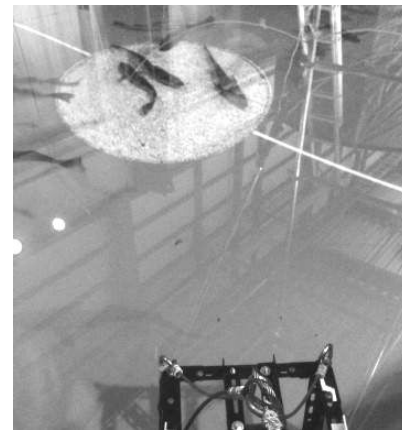


図 4. スケトウダラを対象とした水槽実験

海上実験では，H25 年，H26 年の a) 隠岐島周辺での海上実験では，当該海域の海水の濁度が高く，適切な計測を行うことができなかったが，b) において 2 個体について計測を行うことができた。いずれもスケトウダラと判断され，体長は約 30 cm と計測された。これは，同海域に分布するこの時期のスケトウダラの体長におよそ一致していた。

以上の結果を通して，本研究で構築したシステムの実用性を明らかにすることができ

た。また、本手法ではレーザー光を用いているため、照明を用いない場合でも対象物の形状をある程度判別できることから、その利用範囲は広いものと考えられる。

<引用文献>

Belcher, E.O.: Survey of dual frequency identification sonar (DIDSON) applications in fisheries assessment and behavioral studies: Acoustical Society of America Journal, 117(4), 2368-2368 (2005).

5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計1件)

藤森 康澄、山本 潤、木村 暢夫、汎用デジタルカメラを用いた水中下での魚体サイズ計測、H25 年度日本水産工学会大会（北海道・札幌市，札幌コンベンションセンター，平成 25 年 5 月 25 日）

6 . 研究組織

(1)研究代表者

藤森 康澄 (FUJIMORI, Yasuzumi)
北海道大学・大学院水産科学研究院・教授
研究者番号：40261341

(2)研究分担者

山本 潤 (YAMAMOTO Jun)
北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・助教
研究者番号：10292004