

# TouchDeMeasure : タッチ教示を用いた画像計測支援ツール

榎本 洸一郎<sup>\*1</sup> 戸田 真志<sup>\*2</sup> 川崎 琢真<sup>\*3</sup> 清水 洋平<sup>\*3</sup>

## TouchDeMeasure: Image Measurement Support Tool using Touch Operation

Koichiro Enomoto<sup>\*1</sup>, Masashi Toda<sup>\*2</sup>, Takuma Kawasaki<sup>\*3</sup>, and Yohei Shimizu<sup>\*3</sup>

**Abstract** – In various fields, we frequently use the image measurement to measure the length and areas. We proposed the image measurement support tool “TouchDeMeasure” using touch operation for experts, non-experts, and non-skilled user. TouchDeMeasure extract automatically the object regions based on the touch operations from user, and measure some defining items based on professional knowledge.

In this paper, we developed the proposed tool TouchDeMeasure and compare a measurement error with previous measurement (manual) and the proposed tool. This experiment result was obtained a measurement error 5.0% and this is good accuracy.

**Keywords:** Image Measurement Support Tool, Touch Operation, Seeded Region Growing, and Sampling Investigation

### 1. はじめに

モノを“ハカル”ことは、様々な分野で日常的に行われる作業の一つである。一般的に長さや面積などの平面上での測定では、定規やメジャー等のスケールを測定対象に対して使用する直接測定の他に、近年ではデジタルカメラ等で計測対象を撮影した画像から測定することも多い。しかしこれらの測定は、対象に適した複雑な計測項目を大量に行うことも多く、大きな負担となっている。特に面積や周囲長等を計測する際は、対象領域の端を正確に指定する必要がある、最大のボトルネックとなっている。

画像計測は、対象とする平面を記録し、“ハカル”ことから、様々な測定との親和性が高い。ユーザの目視による画像計測（従来法）ではマウス操作が基本であり一般的な計測項目を例とすると、数は対象のクリック操作、長さは対象となる2点以上のクリック操作、面積は対象領域の塗りつぶし（ドラッグ操作）などとなる。これらの作業は全て正確に行う必要があり、クリック・ドラッグ操作のズレは計測誤差につながる。また画像計測は直接測定とは異なり、必ずしも計測対象に対して定規などのスケールを直接当てる必要はない。ただしユーザは、撮影時に計測対象をスケールと共に撮影し、実スケールに変換する必要がある。

そこで著者らは、計測領域を“なぞる”というタッチ教示により“ハカル”を実現する画像計測支援ツール

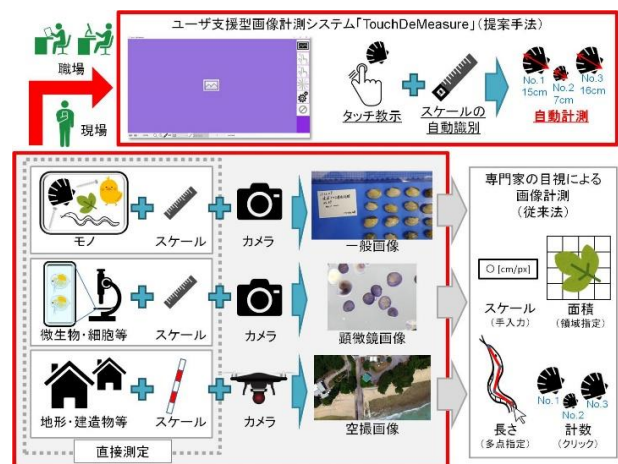


図1 従来法と提案する画像計測支援ツール「TouchDeMeasure」

Fig.1 Proposed Image Measurement Support Tool 「TouchDeMeasure」

「TouchDeMeasure」を提案する<sup>[1]</sup>。提案手法と従来法との関係を図1に示す。提案手法では、通常のデジタル画像や顕微鏡画像に限らず空撮画像など様々な画像を想定している。またユーザに求められる操作は、正確なクリック・ドラッグ操作ではなく、対象領域内を“なぞる”（ドラッグ・タッチ教示）操作であり、この情報に基づき計測対象に適した計測項目をシステムが自動計測するものである。

本稿では、提案する画像計測支援ツール「TouchDeMeasure」とこれを実現する画像解析手法について紹介すると共に、事例として水産業で取り組まれているアサリのサンプリング調査<sup>[2]</sup>に注目し、提案ツールによる解析を通してその有効性について述べる。

## 2. システム設計

### 2.1 関連研究

既存の画像計測アプリケーションとして、LayLax inc.

<sup>\*1</sup>: 新潟大学大学院 自然科学研究科

<sup>\*2</sup>: 熊本大学 総合情報統括センター

<sup>\*3</sup>: (地独)北海道立総合研究機構

<sup>\*1</sup>: Graduate School of Science and Technology, Niigata University

<sup>\*2</sup>: Center for Management of Information Technologies, Kumamoto University

<sup>\*3</sup>: Hokkaido Research Organization

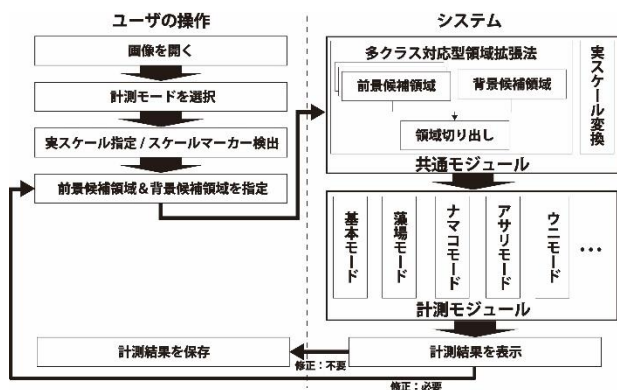


図 2 提案ツールによる画像計測の流れ

Fig.2 Proposed Image Measurement Support Tool  
「TouchDeMeasure」

の「爆釣メジャー」がある<sup>[3]</sup>。このアプリケーションは、レジャー・フィッシングのための計測ツールであり、iOS と Android OS に対応している。使用方法是、計測したい魚を同社が提供しているスケールマーカーと共に使用端末で撮影し、ユーザが魚の計測したい範囲（口先から尾びれ端等）をタッチ操作により指定する。計測結果は、画像内におけるマーカーの大きさを元に、指定された範囲の画像内の長さを実スケールに変換し表示する。一方で、計測範囲をユーザが細かく設定する必要があると共に、同画像内において計測できる対象は一つであり、計測項目も体長のみに限られている。

また林学や植物(森林)生態学分野での利用を目的として開発された画像解析アプリケーション「LIA for Win32 (LIA32)」がある<sup>[4]</sup>。これは多点をクリック操作で指定することで長さの計測やスケール変換、計測結果の保存を行うことができる。このアプリケーションは水産業においてマナマコの画像計測による資源量調査にも活用されている<sup>[1]</sup>。

しかし従来までのアプリケーションはいずれも、ユーザ自身が計測したい位置や領域をクリック操作により指定する必要があり、ユーザへの負担が大きい。またオープンソースの画像解析ソフトウェア ImageJ<sup>[5]</sup>もあるが、これは計測対象に応じてユーザ自身が画像処理・計測処理を組み合わせる必要があるため、ユーザに知識と経験が求められる。

## 2.2 システム設計

本稿で提案する画像計測支援ツールは、

- 直観的な操作と簡便性
- 多様な計測対象と撮影環境のための拡張性
- 使用端末の互換性

の点を満たす必要がある。「簡便性」では、システムを利用するユーザが、直感的なインタフェースと簡便な作業により計測できることが求められる。「拡張性」においては、水産業や農業、医療など様々な分野と多種多様な計測対象を考慮し、対象に応じて計測アルゴリズムをモジュール化することが最適と考えられる。「互換性」におい

ては、計測が行われる場所や環境に応じて使用される端末が制限される可能性があるため、デスクトップ型パソコンやタブレット端末などでも動作し、タッチディスプレイに限らずマウスでも操作できるように開発する必要がある。

ユーザがデジタル画像からモノを計測する作業は 2 つに大別すると、

- 計測対象（領域）か否かを選別する
- 計測対象に適した項目についてハカル

ことである。前者においては、対象画像中に含まれるモノが全て計測対象となるとは限らず、ゴミやノイズ、または計測目的に適さないものも含まれる。また撮影環境は、屋内環境下で撮影された画像に限らず、屋外環境や海中、空撮、顕微鏡など様々な状況が想定される。このため、対象画像から対象物体を自動で計測する場合、それぞれの撮影環境を考慮し、複数のモノから計測対象領域のみを抽出する必要がある。後者は、対象により計測項目が異なるが、それぞれの計測項目や測り方は各々定義されており、計測者は計測に必要な専門的な知識が求められる。

提案ツール「TouchDeMeasure」の処理の流れを図 2 に示す。まずユーザは対象画像および計測対象に応じた計測モードを選択する（図 2）。次に手入力またはスケールマーカーにより実スケールを算出する。ここでユーザが計測対象である前景領域および対象以外の背景領域の一部をタッチ教示により指定する。1 回のタッチ教示は 1 つ計測対象に対応し、

- 計測対象（領域）か否か
- 計測対象の数
- 計測対象（領域）の一部の情報

を与えることとなる。つまりユーザのタッチ教示は、前述の A) の作業をユーザ自身が担うと同時に、システムが B) の作業を行う上で必要な計測対象領域の情報を提供するものである。ユーザのタッチ教示に基づき、システムは多クラス対応型領域拡張法により計測対象領域を抽出する。そしてユーザによって選択された計測モードに基づき、計測が行われる。このため、ユーザは計測に際して専門的な知識は必ずしも必要ではない。最後に計測結果をユーザに提示し、修正が必要な場合は再度タッチ教示を行い、不要な場合は結果画像ファイルおよび計測結果のデータが保存される。

提案ツール「TouchDeMeasure」の外観を図 3 に示す。開発環境は Windows10, Microsoft Visual Studio C# であり、動作環境はタッチスクリーンおよびマウス操作に対応した 64bit の Windows デスクトップアプリケーションである。基本機能として、画像の拡大・縮小表示、戻る・やり直し、手動およびマーカーによる自動スケール変換、タッチ教示の線幅指定、計測および CSV ファイルへの表示・記録の項目指定に対応している（図 3）。

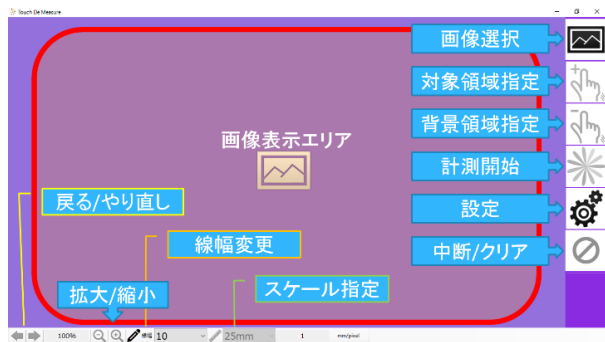


図 3 TouchDeMeasure の外観と各部説明

Fig.3 TouchDeMeasure appearance and the name of each part.

既に提案システムでは、ナマコ<sup>[11]</sup>とアサリ、藻場計測の計測モジュールを実装済みである。このうち本稿ではアサリを事例とし、具体的な計測方法について詳述する。

### 2.3 アサリのサンプリング調査

海洋環境及び水産資源の管理には、様々な環境下における対象生物のサンプリング調査による把握が必要不可欠である<sup>[12]</sup>。

本稿では、北海道栽培水産試験場により実施されているアサリのサンプリング調査に注目する。サンプリング調査では、対象を採集した場所でデジタルノギスにて、殻長および殻高を計測する。しかしアサリのように干潟に生息する生物の場合、サンプリング調査を実施できるのは潮が引いている時間帯に限られる。

画像を用いる場合、採集したアサリをバットなどに並べスケールと共に撮影する。多くのサンプリング調査において、撮影に三脚を利用することはごく稀であり、ほとんどの場合で手持ちにより行われる。また得られた画像はパソコンなどで目視にて確認され、計測される。この際、画像は手持ちで撮影されているため、画像ごとにスケールを指定する必要がある。またアサリの計測には専門的な知識が求められると共に、正確に計測範囲を選択する必要がある。計測者に大きな負担となっている。またこれらの計測には計測者による誤差が含まれる。

このように理想的な撮影条件ではない画像を想定し、ユーザの専門的知識の有無や計測作業および計測者による計測誤差の軽減を考慮し、ユーザの画像計測を支援するシステムを設計し、次節以降で詳述する。

## 3. 提案する画像計測ツール

### 3.1 スケールの指定

デジタル画像上で計測される結果は、画像上に基準となるスケールも撮影し、実スケールを算出する必要がある。また対象物体とカメラの距離が一定でない場合、画像毎に対象物体と共に基準スケールを撮影しなければならない。

本稿では、対象物体とカメラの距離が一定でない場合を想定し、基準スケールとなるスケールマーカを提案

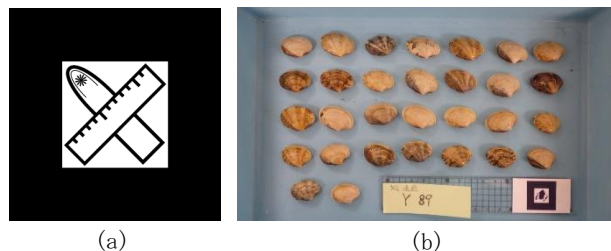


図 4 (a) スケールマーカ一例 (25mm×25mm)  
(b) アサリの画像計測での使用例

Fig.4 The scale maker is (a) and usage example is (b).

する。スケールマーカとその使用例を図 4 に示す。スケールマーカは ARToolKit<sup>[6]</sup>の仕様に基づき作成したものであり、用途に合わせたサイズごとに個別のデザインを与えられる (図 4(a))。図 4(b)より、スケールマーカは定規などの従来法で用いられている基準スケールに貼る形で利用できるよう設計されている。これは撮影条件などによりスケールマーカが正しく認識できない場合を想定されている。画像中のスケールマーカ検出には NyARToolkitCSUtils を利用した<sup>[6]</sup>。

またスケールマーカを用いない顕微鏡画像や空撮画像についてはユーザが基準スケールを選択または手動で入力を行う (図 2)。基準スケールの選択は、ユーザがタッチ (クリック) 操作により対象画像中の基準スケールの始点と終点を指定することで実現される。これにより顕微鏡画像であれば撮影時の倍率が一定の場合、同条件で撮影された複数画像に対しても一度の基準スケールの指定により実スケールの算出が実現できる。またスケールの自動検出が正常に動作しない場合においても、実スケールを算出することが可能である。

### 3.2 領域切り出し

領域拡張法は、画像から任意の領域を抽出する手法の一つであるが、いずれも前景領域と背景領域の二クラスによる分割である。しかし提案ツールにおいて、画像中に複数の計測対象が含まれることが多いため、複数クラスの分割に対応する必要がある。このため著者らは、清野ら<sup>[17]</sup>が提案している改良領域拡張法を多クラスへ拡張させた新たな多クラス対応型領域拡張法を提案している<sup>[1]</sup>。

### 3.3 多クラス対応型領域拡張法

著者らが提案し、提案ツールで用いられる対象物体領域の抽出手法である多クラス対応型領域拡張法 (Multi-Class Seeded Region Growing) について紹介する。

画像をグラフ  $G = \langle V, E \rangle$  で表し、 $V$  はノードの集合であり、 $E$  はノードをつなぐ辺の集合とする。前景領域  $F_1, F_2, \dots, F_M$ 、背景領域  $B$ 、それぞれの領域に隣接する未知領域  $N$ 、伝搬候補  $t$  の集合  $Q$  とする。ただし、 $F_1, F_2, \dots, F_M$  は互いに独立とし、 $F$  とする。

**処理 1.** ユーザが指定した前景領域および背景領域を表すノードの集合をそれぞれ  $F' = \{F_1', F_2', \dots, F_M'\} \subset V$ 、 $B' \subset V (F' \cap B' = \emptyset)$  とする。



処理 2. 次の操作により初期化する.

$$F_1 = F_1', F_2 = F_2', \dots, F_M = F_M' \quad (1)$$

$$B = B_0 \quad (2)$$

$$N = V - (F \cup B) \quad (3)$$

$$Q = \{t \in N | e(t)(F \cup B) \neq \emptyset\} \quad (4)$$

ここで  $e(t)$  は  $t$  と隣接する伝搬元のノードであり次式で定義される.

$$e(t) = \{s \in (F \cup B) | (s, t) \in E\} \quad (5)$$

処理 3. 次に伝搬が行われる伝搬候補  $t_m = \arg \min \{C(t)\}$  を選択する. ここで  $C(t)$  はコスト関数であり,

$$C(t) = W_1(s, t) \cdot D(s, t) + W_2(s, t) \cdot C_s \quad (6)$$

により定義される. ただし,  $D(s, t)$  はノード  $s$  と  $t$  の RGB 空間における色の二乗距離,  $C_s$  は過去に前景領域もしくは背景領域がノード  $s$  に伝搬した時のコスト,  $W_1(s, t)$ ,  $W_2(s, t)$  は,  $D(s, t)$ ,  $C_s$  に対する重みである.

処理 4. 伝搬元のノード  $s \in e(t_m)$  の属する領域  $R(s) = \{F_1, F_2, \dots, F_M, B\}$  を伝搬候補  $t_m$  に伝搬する.

処理 5. 伝搬候補  $Q$  を次の操作により更新する.

$$Q = Q - \{t_m\} \quad (7)$$

$$Q = Q \cup \{t \in n(t_m)\} \quad (8)$$

ただし,  $n(t)$  は  $t$  と隣接する未知領域のノードである.

処理 6.  $Q = \emptyset$  ならば終了. そうでなければ処理 3 に戻り処理を繰り返し行う.

従来手法においては, 前景領域は一つであることが前提であった. このため, 抽出したい前景領域に色特徴が大きく異なる領域が含まれている場合, 複数の領域を指定することで単一の前景領域として抽出される. 一方で提案手法では, 前景領域の個数に制限はなく, 単数・複数の両方に対応可能である.

コスト関数  $C(t)$  における  $W_1(s, t)$ ,  $W_2(s, t)$  は, 従来手法を複数領域へ拡張し, 定義される<sup>[6]</sup>. RGB 色空間における色  $c = (r, g, b)$  が量子化数 256 であったとき, 量子化数を  $s$  に変更する関数  $q(c)$  は次式で定義される.

$$q(c) = q(r, g, b) \left( \left\lfloor \frac{r}{256} s \right\rfloor, \left\lfloor \frac{g}{256} s \right\rfloor, \left\lfloor \frac{b}{256} s \right\rfloor \right) \quad (9)$$

ただし,  $\lfloor x \rfloor$  は, 実数  $x$  を超えない最大の整数を表す. 本稿では  $s=16$  とする. 前景の代表色集合  $K_F = \{K_{F1}, K_{F2}, \dots, K_{FM}\}$ , 背景の代表色集合  $K_B$  は, 次式で定義される.

$$K_{F1} = \bigcup_{v \in F_1'} q(c_v), K_{F2} = \bigcup_{v \in F_2'} q(c_v), \dots, K_{FM} = \bigcup_{v \in F_M'} q(c_v) \quad (10)$$

$$K_B = \bigcup_{v \in B_0} q(c_v) \quad (11)$$

$W_1(s, t)$ ,  $W_2(s, t)$  を伝搬元のノード  $s$ , 伝搬候補  $t$  の色  $c_t$ , 前景の代表色集合  $K_F$ , 背景の代表色集合  $K_B$  を用いて次式で定義する.

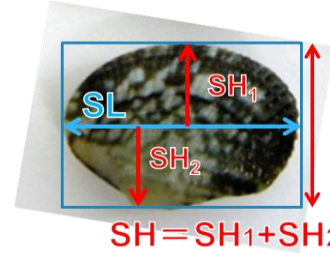


図 5 アサリの殻長・殻高の定義

Fig.5 Definition of Shell Length (SL) and Shell Height (SH)

$$W_1(s, t) = \begin{cases} 1 & \begin{cases} R(s) = F_i, q(c_t) \in K_{Fi} - K_B - (K_F - K_{Fi}) \\ R(s) = B, q(c_t) \in K_B - K_F \end{cases} \\ 4 & \begin{cases} R(s) = F_i, q(c_t) \in K_B + K_F - K_{Fi} \\ R(s) = B, q(c_t) \in K_F - K_B \end{cases} \\ 2 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

$$W_2(s, t) = \begin{cases} 0 & \begin{cases} R(s) = F_i, q(c_t) \in K_{Fi} \\ R(s) = B, q(c_t) \in K_B \end{cases} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

$W_1(s, t)$  は色の距離  $D(s, t)$  への重み付けであり,  $W_2(s, t)$  蓄積する過去のコスト  $C_s$  への重み付けである.

本稿において前景領域は, ユーザが 1 回のドラッグ操作により入力したノードの集合を同クラスとする.

### 3.4 文章の区切り

前節で得られた前景領域の情報に基づき, アサリのサンプリング調査に必要な計測項目である殻長・殻高の自動計測手法を提案する.

提案システムでは殻長・殻高をそれぞれ,

- 殻長(SL)・・・領域の重心を通り, 境界との距離が最長となる線分の長さ
- 殻高(SH)・・・領域の重心を通り, 殻長の線に対して垂直で正・負の方向の最大長の和

と定義する. 図 5 に殻長と殻高の定義を示す.

## 4. 実験

### 4.1 実験方法

本稿では, 提案ツールと実測値との精度検証と実際の目視計測と提案ツールとの作業時間の比較の二つの実験を通して有効性を検証する.

実験 1 では, 経験豊富な専門家によるデジタルノギスの計測値を真値とし, アサリを撮影したデジタル画像から提案ツール「TouchDeMeasure」による計測値を比較し, 評価実験を行った. 実験には, アサリ画像 7 枚, 内アサリ 487 個であり, 図 4(b)のようにスケールマーカーと共に撮影されたものである. またスケールはスケールマーカーにより算出される.

評価に使用したアサリのサイズは, 実測値で殻長 6.38 ~ 31.37mm, 殻高 4.52 ~ 21.58mm である. 個体によりサイズにバラツキがあるため, 精度評価は以下のように行

う．実測値の殻長を  $SL$ ，殻高を  $SH$ ，提案ツールによる計測値をそれぞれ  $SL_{TDM}$ ， $SH_{TDM}$  とするとき，計測誤差を

$$E_{SL} = \frac{(SL - SL_{TDM})}{SL} \times 100 \quad [\%], \quad (14)$$

$$E_{SH} = \frac{(SH - SH_{TDM})}{SH} \times 100 \quad [\%] \quad (15)$$

と定義する．このとき計測誤差の平均  $AVE$  および標準偏差  $SD$  を用いて，評価を行うこととする．

実験 2 では，デジタルノギスによる従来の手動計測と提案ツール「TouchDeMeasure」を利用した作業時間の比較を行う．計測者 A～C の 3 名とし，計測者 A はサンプリング調査を日常的に行う経験豊富な専門家である．計測者 B のサンプリング調査経験は 3 か月ほどであるが作業に慣れた専門家であり，計測者 C は通常調査を行わず不定期に計測を行う非専門家である．

従来の手動計測では，アサリ 30 個体を 1 セットとして 3 セット，計 90 個体を実験 1 と同様にデジタルノギスでの計測時間を測り，1 セット当たりの平均計測時間を基準とする．提案システムでの計測では，アサリ 30 個体をバットの上に並べ DV カメラで写真を撮るのを 1 セットとする撮影時間，および撮影した画像を利用して提案システムによる計測する作業時間とし，3 セット行う．また提案システムでは撮影時間と作業時間の合計を計測時間とし，1 セット当たりの平均計測時間を比較する．

## 4.2 実験結果

実験 1 の結果例を図 6 に示す．図 6(a)より殻に模様のあるアサリに対しても適切になぞることで，図 6(b)からも正しくアサリの殻長および殻高が計測されていることがわかる．

実験 1 の結果を表 1 に示す．表 1 より，殻長の計測誤差は  $AVE(E_{SL}) = 4.14\%$ ， $SD(E_{SL}) = 3.63\%$ ，殻高は  $AVE(E_{SH}) = 5.00\%$ ， $SD(E_{SH}) = 3.44\%$  であった．

実験 2 の結果を表 2 に示す．表 2 より対象のアサリを並べ写真を撮影する時間は 2 分以内であり，計測者ごとの差異は見られなかった．また計測者 A については，提案ツールの計測時間が長くなったが，計測をより精密にするために前景候補領域・背景候補領域を丁寧に指定するのが確認された．また計測者 B および C において従来手法よりも提案ツールを利用したほうが短い計測時間であった．

## 4.3 考察

実験 1 より，提案ツール「TouchDeMeasure」の計測精度は計測誤差 5.0% 以内であり十分な精度であった．また表 2 より，計測者 B および C のように調査経験の浅いユーザの場合，従来法よりも短い時間で計測が可能であり，殻長や殻高などの対象物ごとの計測項目についても経験や知識に因らず調査が可能であることが示された．

これらの提案ツールの優位性は，本稿で対象としたアサリやサンプリング調査に限ったものではなく，それ以



(a) 領域指定例．赤色：前景領域，青色：背景領域



(b) 領域計測結果

図 6 実験結果例（対象画像は図 4(b)）

Fig.6 Examples of experiment 1  
(The object image is Fig.4(b))

外の画像計測に共通するものである．画像計測支援ツールを用いることで，計測者の作業負担の軽減に加え，計測者自身の経験や知識の差，計測者ごとの計測誤差などの影響をなくすることができるものである．

## 5. おわりに

従来までのユーザの手動による画像計測に対して，‘なぞる’というタッチ指示による画像計測支援ツール「TouchDeMeasure」を，実際のアサリのサンプリング調査を事例とし，計測実験を通して，その有効性を示した．

提案ツールは図 1 に示した通り，一般的なデジタル画像や顕微鏡画像，蛍光染色画像，空撮画像など様々な環境で撮影された画像に対応する計測システムであり，水産業以外にも医学，工学，農学，生物学など多分野への応用が可能である．また提案ツールは，ユーザのタッチ指示により自動的に必要な計測を行うため，ユーザの専門的な知識や経験などの差に左右されることなく一定の基準で計測が可能である．

今後はさらなる計測対象ごとの計測モジュールの開発を行う予定である．

表 1 実験 1 の精度評価結果

Table 1 Result of measurement accuracy

	計測誤差 (E)	
	平均 (AVE)	標準偏差 (SD)
殻長(SL)	4.14%	3.63%
殻高(SH)	5.00%	3.44%

## 参考文献

[1] 榎本, 戸田, 清水, 宮崎, 吉田: 水産資源管理のためのユーザ支援型画像計測システムの提案; 動的画像処理実利用化ワークショップ (DIA2015), 4 pages in CD-ROM (2015)

[2] 清水, 板倉, 川崎, 菊池, 井上: 有珠湾におけるアサリ人工種苗の中間育成; 水産技術, **Vol.9**, No.3, pp.119-124, (2017)

[3] LayLax inc.: DRESS アプリ「爆釣メジャー」;  
<http://www.f-dress.jp/library/campaign/1516/>  
accessed. 2017/07/16

[4] 山本: LIA for Win32 (LIA32);  
<http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~shinkan/LIA32/> accessed.  
2017/07/16

表 2 手動計測と提案手法の実作業時間の比較

Table 2 Comparison result of previous method and proposed method.

被験者		A	B	C
提案手法	手動計測	03:18	05:05	06:09
	計測時間	05:03	03:03	03:55
	内, 撮影時間	00:50	01:25	01:44
	内, 操作時間	04:13	01:39	02:10

(平均時間(分:秒)/枚)

[5] Rasband, W.S.: ImageJ; U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, 1997-2012.

[6] NyARToolkit project: NyARToolkitCSUtils;  
<http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>  
accessed. 2017/07/16

[7] 清野, 林, 尾内, 三條, 森: 改良領域拡張法による高速画像切り抜き手法の提案と評価; 情報処理学会論文誌, **Vol.50**, No.12, pp.3233-3249 (2009)