水産業における情報技術の活用について-I.

- 三次元海底地形の取得と活用 -

和田雅昭*・畑中勝守**・木村暢夫***・天下井清***

Applying an Information Technology in Fishing Industry-I.

- Acquisition of a Three-Dimensional Topography -

Masaaki WADA, Katsumori HATANAKA

Nobuo KIMURA and Kiyoshi AMAGAI

Abstract

The number of fisherman in Japan is declining. As people currently involved in the fishery industry grow old and retire fewer and fewer young people come into the industry to replace them and it is said that Japan may face a fisheries crisis within a few decades. Under these circumstances, it is important that the efficiency of coastal resource management be increased in order to conserve the present catch. This can be done with the help of Information Technology. Scientific information about the spatial and temporary dynamic nature of marine habitats is especially important in coastal resource management and Geographic Information System (GIS) is a tool that can be used to assess and manage this kind of marine information.

In order to get marine information for GIS effectively and efficiently the authors have developed a general-purpose real-time sensor platform called "MovaCom (Movable Computer)". In this paper, experimental data for a 3-D topographic map of a seabed obtained by MovaCom combined with fishing echo sounder is reported to show the effectiveness of using MovaCom. The experimental data is in good agreement with measurements of multi-beam echo sounder and it is accurate to within approximately 1m.

Keywords: Fishing Industry, Information Technology, 3-D Topography, GPS, Fishing Echo Sounder

キーワード: 水産業、情報技術、三次元海底地形、全世界衛星測位システム、魚群探知機

1. はじめに

水産業の従業者数は全国的に衰退の一途を辿っている。地域差はあるものの、例えば、函館圏では平成 5 年から平成 15 年までの 10 年間に従業者数は 6,696 人から 3,242 人とほぼ半減している。また、国の水産基本計画⁽¹⁾を基にしたコホート法では、平成 24 年には更に半減し 1,457 人まで減少すると試算される。加えて、従業者の平均年齢は平成 5 年における 49.7 歳から平成 15 年には 55.8 歳と高齢化が進んでいる。このような状

況の中、現在の漁獲量を維持していくためには、水産業の効率化が不可欠である。

効率化の手段として、情報技術の導入は非常に有効な手段であると考えられる。最も代表的な情報技術の導入事例としては、衛星画像を用いたリモートセンシングの利用が挙げられる。衛星画像では広域の水温分布を把握できることから、スルメイカなど回遊魚の漁場予測などに利用されている。一方、ホタテ貝などの養殖業では、局所的な水温変化が重要視されることから、海洋観測ブイなどが利用されている。しかしなが

* 正会員 株式会社東和電機製作所 (〒040-0077 函館市吉川町 6-29) wada@towa-denki.co.jp

** 非会員 北海道東海大学情報教育センター (〒005-8601 札幌市南区南沢 5-1-1)

*** 正会員 北海道大学大学院水産科学研究科 (〒041-8611 函館市港町 3-1-1)

ら、多くの場合、これらの情報は大学や水産試験場といった研究機関での利用にとどまっている。

そこで、本研究では水産業のためのマリンネットワークの構築とセンサネットワーク技術による総合的な海洋 GIS (Geographical Information System) の構築を提案する。マリンネットワークの構築により何時でも、何処でも、誰でもが必要な情報を手軽に活用できる環境を提供し、同時に、センシングデータのリアルタイム収集を行う。そして、蓄積されたデータの分析、加工を行い水産業の効率化や若年後継者の支援に活用していく。本報では、センサネットワークを実現するための汎用プラットフォームとして開発したムーバブルコンピュータ (Movable Computer) と、最初の取り組みとして実施した GPS と魚群探知機を用いた三次元海底地形の取得と活用について報告する。

2. ムーバブルコンピュータの開発

2.1 micro80 規格の策定

海洋 GIS の構築は、多種多様な海洋情報の蓄積により実現する。そのため、海洋情報取得のための汎用プラットフォームとして、ムーバブルコンピュータ (以下、ムバコン) の開発を最初に行った。

ムーバブルコンピュータの利用形態は幾多にも及ぶことが想定される。例えば、センサインタフェースでは、シリアル通信 (RS-232C) などのデジタルインタフェースやアナログインタフェースが、また、ネットワークインタフェースに関しては、有線 LAN (IEEE802.3) や無線 LAN (IEEE802.11)、及び、携帯電話の利用が考えられる。さらに、データを記録するためのストレージデバイスの利用も想定される。しかしながら、実際にはこれらの機能の全てが同時に利用されることはなく、目的に合わせた機能のみを選択して利用することになる。

そこで、ムバコンには CPU ボードに拡張ボードを積み重ねるスタッカブル構造を採用した。スタッカブル構造とすることにより、必要とする機能を有した拡張ボードを組み合わせ、目的に合わせたムバコンを構築することができる。また、機能の追加にもメインボードの変更ではなく、拡張ボードを追加することにより容易に対応可能である。

このスタッカブル構造を汎用化するため、micro80 (マイクロハチマル) と呼ぶマイクロコンピュータボードの規格を新たに策定した⁽²⁾。micro80 規格ではボードサイズを 80mm×70mm とし、スタッカブル構造のためコネクタの実装を義務付けした。Table 1 にコネクタのピンアサインを示す。

Table 1 Pin Assign of Stacking Connectors

Pin Number	BUS Connector	I/O Connector
1	Data Bus 0	Digital I/O 0
2	Data Bus 1	Digital I/O 1
3	Data Bus 2	Digital I/O 2
4	Data Bus 3	Digital I/O 3
5	Data Bus 4	Digital I/O 4
6	Data Bus 5	Digital I/O 5
7	Data Bus 6	Digital I/O 6
8	Data Bus 7	Digital I/O 7
9	Address Bus 0	Digital I/O 8
10	Address Bus 1	Digital I/O 9
11	Address Bus 2	Digital I/O 10
12	Address Bus 3	Digital I/O 11
13	Address Bus 4	D I/O 12 (TIOCA 0)
14	Address Bus 5	D I/O 13 (TIOCB 0)
15	Address Bus 6	D I/O 14 (TIOCA 1)
16	Address Bus 7	D I/O 15 (TIOCB 1)
17	Address Bus 8	A/D 0
18	Address Bus 9	A/D 1
19	Address Bus 10	A/D 2
20	Address Bus 11	A/D 3
21	Address Bus 12	A/D 4
22	Address Bus 13	A/D 5
23	Address Bus 14	A/D 6 (D/A 0)
24	Address Bus 15	A/D 7 (D/A 1)
25	Address Bus 16	RxD0
26	WAIT#	TxD0
27	Chip Select 0#	RxD1
28	Chip Select 1#	TxD1
29	Chip Select 2#	HRxD0 (USER0)
30	Chip Select 3#	HTxD0 (USER1)
31	IRQ0#	HRxD1 (USER2)
32	IRQ1#	HTxD1 (USER3)
33	WR#	POWER
34	RD#	POWER
35	RESET#	GND
36	RESET	GND
37	GND	GND
38	GND	GND
39	VCC	VCC
40	VCC	VCC

Low Active

2.2 CPU ボードの開発

micro80 規格では、CPU ボードにフラッシュ ROM を搭載したマイクロコンピュータを用いることを義務付け、ファームウェアの更新がケーブル 1 本で行えるよう配慮している。ムバコンの性能は CPU ボードにより決定されることから、数種類の CPU ボードの開発を行った。マイコンコンピュータにはデバイスと情報の入手性を考慮し H8 マイコン (RENESAS) を採用した。そして、汎用的な CPU ボードに加え、定点観測等のバッテリー駆動アプリケーションを想定した低電圧動作、低消費電流の CPU ボード、並びに、車載ネットワークとして利用が拡がりつつある CAN バスに対応した CPU ボードの開発を行った。Table 2 に開発した CPU ボードとその特徴を示す。

2.3 拡張ボードの開発

多種多様なセンサインタフェースとネットワークインタフェースに対応させるため、10 数種類の拡張ボードの開発を行った。センサインタフェースとしては、代表的なシリアルインタフェースである RS-232C のほか、電圧や電流によるアナログインタフェースへの対応が必須である。また、航海機器では NMEA インタフェースとして RS-422 が利用されている。その他、接点信号やパルス信号によるインタフェースも想定される。ネットワークインタフェースに関しては、有線ネットワークとしての IEEE802.3 や無線ネットワークとしての IEEE802.11、携帯電話、特定小電力無線への対応が要求される。

Table 2 に開発した主な拡張ボードとその特徴を示す。CF ボードでは PC 用の PCMCIA 規格に準じた CF カードを利用することができ、カード型携帯電話や無線 LAN カードの利用が可能である。また、メモ리카ードを用いることにより、データの記録が可能となる。

Table 2 Lineup of CPU & Extension Board

Board Name		Feature
CPU	H8/3048BV	Battery Operation
	H8/3069	General-Purpose
	H8S/2638	Controller Area Network
Extension	LAN	Ethernet (10Base-T)
	CF	Compact Flash Slot
	IDE	Storage Device
	ADIO	Analog and Digital Input/Output
	COM	4-Port Serial Interface
	RF	Wireless Communication

Photo 1 Movable Computer

Fig. 1 Browser Screen

2.4 三次元海底地形取得ムバコン

三次元海底地形取得ムバコンでは、GPS と魚群探知機をセンサとして利用する。いずれもインタフェースはシリアルインタフェースである。また、計測データはメモ리카ードを用いて記録するほか、ネットワークを活用したリアルタイムセンシングにも対応させた。その結果、CPU ボードには H8/3069 を選定し、拡張ボードとして LAN ボード、CF ボードを組み合わせた三次元海底地形取得ムバコンを構築した (Photo 1)。なお、H8/3069 ボードはシリアルインタフェースを 2 ポート有しており、GPS と魚群探知機を接続することが可能である。

ムバコンでは、魚群探知機からの受信をトリガとして、“日付、時刻、緯度、経度、測位状態、深度”を一組のレコードとして記録する。メモ리카ードにはコンパクトフラッシュを用い、一般的なフォーマットである FAT 形式を用いることで、記録したデータを PC で容易に処理できるようにした。また、リアルタイムセンシングに対応させるため、Web サーバの機能を実装した。これにより HTTP を用いてセンサ情報を取得することができることから、多様なネットワーク形態への対応が可能となる。Fig. 1 はブラウザでムバコンにアクセスした際の表示画面である。

3. 三次元海底地形の取得

3.1 三次元海底地形取得の目的

近年、水産資源保護の観点から、守る、育てる漁業への取り組みが広く行われている。計画的な水産増養殖や効率的な操業のためには海底地形を把握することは非常に重要である。しかしながら、一般に入手可能な海図は航海での利用を前提としていることから情報が粗く、水産業での利用には適していない。そこで、本報では漁船を海洋情報を取得するためのムーバブルなプラットフォームとして位置付けできることに着眼し、船舶既設の GPS と魚群探知機を用いた三次元海底地形取得のための実証実験と評価を行った。

3.2 予備実験

一般に、水面下の形状を計測する場合には深淺測量を実施する。深淺測量に用いる GPS、並びに、音響測深機は測量用途の機材であり、漁業用途の機材に比べ精度が高く、計測値の出力周期が早いといった特徴を有している (Table 3)。そこで、予備実験として魚群探知機による深淺測量を実施し、三次元海底地形図の作成を行った。

実験は平成 16 年 5 月 12 日に礼受漁港沖で実施した。船外機船第 8 祐盛丸 (4.9t) にカラー GPS プロッタ魚探 GP-1850WF (FURUNO) を艀装し海岸線に平行する 500m の測線を 5 本設定し計測を行った。なお、この時の船速は約 2knot であり、GP-1850WF の出力周期は 0.5Hz であることから、測線上では約 2m 毎にデータが取得されている。Fig. 2 は計測データにより作成した三次元海底地形図である。データ量が少ないことから全ての海底地形を表現することはできていないものの、測線上では海底の起伏を表現することができており、データを蓄積することにより実用的な三次元海底地形の取得が可能であることを確認した。なお、Fig. 2 の座標は平面座標系⁽³⁾における 12 系を用いている。

Table 3 Specifications of Devices

Device	Survey	Fishery
GPS	1m	3m
Sounder	0.01m	0.1m
Output rate	2 to 10Hz	0.5 to 1Hz

Fig. 2 3-D Topography at Reuke

3.3 実験

実証実験は、新星マリン漁業協同組合 (北海道留萌市) 所属のナマコ桁曳網漁船第 27 徳漁丸 (4.9t) の協力により実施した。ナマコ桁曳網漁は 20~30m の水深域において桁網を曳く漁法であり、海底地形の把握は効率的な操業航路の決定に役立つ。留萌におけるナマコ桁曳網漁は 6 月 15 日から 8 月 31 日までが漁期となっており、徳漁丸にムバコンを設置しデータを蓄積することで、三次元海底地形図の作成を行った。

徳漁丸には GPS プロッタ (GTD-111)、及び、魚群探知機 (FCV-262) が搭載されている。FCV-262 における深度情報の出力周期は 0.25Hz であり、操業中における船速は 1.5 から 2.0knot 程度であることから、航跡上では約 3 から 4m 毎にデータが取得される。実験では、コンパクトフラッシュを用いて取得データを記録すると同時に、洋上に無線 LAN のサービスエリアを構築し、リアルタイムセンシングによるデータの取得を行った。ナマコ桁曳網漁の漁場は海岸線から数 km の範囲となっており、見通しの良い海岸線に無線 LAN の基地局を設置することで、半径数 km の範囲内でリアルタイムセンシングが可能になると考えられる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

Fig. 3 Sketch of a Typical Acquisition of 3-D Topography

Fig. 3 は三次元海底地形取得の概念と、ムバコン、並びに、GPS、魚群探知機との接続を図示したものである。

無線 LAN には遠距離通信に対応した RTB2400 (root) を用いた。Table 4 は RTB2400 の主な仕様である。また、通信距離を確保するためアンテナには E 面半値角 9° の指向性を有する 8 段コリニアアンテナ (6dBi) を選定した。無線 LAN の基地局は海岸線の高台に立地する“留萌市のふるさと館” ($41^\circ 56.778'N - 141^\circ 37.785'E$) に設置を行った。Photo 2 に徳漁丸のブリッジ上部、並びに、ふるさと館の屋上に設置した無線 LAN のアンテナを示す。なお、移動局である徳漁丸のアンテナ高は海水面から 3.8m、基地局のアンテナ高は 31.5m であった。

基地局には Linux PC を設置し、RTB2400 により構成される無線ネットワークセグメントを介して移動局のムバコンと通信を行う。そして、Linux PC には Redhat9 を OS とする Apache2 + PostgreSQL + PHP による WebDB を構築し、ADSL 回線によりインターネットへの常時接続を行うことでリアルタイムセンシングを実現した。

Table 4 Specifications of RTB2400

Standards	RCR STD-33
Modulation	Direct Sequence Spread Spectrum
Frequencies	2.4GHz band
Transmission Output	10mW/MHz, maximum
Transmission Rate	2Mbps
Range	5km, maximum
Base Modulation	DQPSK
Interface	10BaseT

Photo 2 Antenna Installation

Fig. 4 3-D Topography at Rumoi

Fig. 4 は平成 16 年 6 月 25 日から 7 月 20 日までの 16 日間、約 14 万点の取得データを用いて作成した三次元海底地形図である。なお、取得日時の異なるデータを用いるため、潮位表を用いて測深データの補正を行っている。三次元海底地形図の精度は、データ量に依存する。そこで、取得データを月別に整理し、三次元海底地形図の比較を行った。6 月の操業日数は 4 日間、7 月、8 月は共に 15 日間であった。Fig. 5(a) は 6 月の取得データのみを用いて作成した三次元海底地形図である。Fig. 5(b) は 6 月と 7 月の取得データを用いて作成したものであり、同様に、Fig. 5(c) は 6 月、7 月、8 月の取得データにより作成した三次元海底地形図である。なお、ここでは Fig. 4 に示されているエリアのうち、ナマコ桁曳網漁場である 3 マイル×1 マイルのエリアを切り出しして比較している。また、座標は平面座標系における 12 系である。

Fig. 5(b) と Fig. 5(c) を比較すると、細部の表現に若干の差異が認められるものの、ほぼ等しい海底地形を表現していることから、同じような操業形態を想定した場合には約 20 日間分の取得データを用いることにより、3 マイル×1 マイル程度のエリアの三次元海底地形図の作成が可能であると考えられる。また、Fig. 5(a) ではデータ量が少ないことから、海底の起伏を十分に表現することができていない。しかしながら、海底地形の特徴を読み取ることは可能である。なお、Fig. 5(d) は無線 LAN を用いたリアルタイムセンシングにより取得したデータを用いて作成した三次元海底地形図である。海岸線の見通しの良い高台にアンテナを設置したことから、基地局から半径約 4.8km の範囲が無線 LAN のサービスエリアとなり、ナマコ桁曳網漁場のほぼ全域をカバーすることができた。

Fig. 5(a)
3-D Topography (June)

Fig. 5(c)
3-D Topography (August)

Fig. 5(b)
3-D Topography (July)

Fig. 5(d)
3-D Topography (Remote)

3.4 精度評価

GPS と魚群探知機を用いることにより作成した三次元海底地形図の精度評価を行うため、留萌市三泊地区においてウニの増養殖を実施している 150m×100m のエリアの精密測量を、マルチビーム音響測深機を用いて平成 16 年 7 月 22 日に実施した。

Fig. 6(a) 3-D Topography by Multi-beam Echo Sounder

Fig. 6(b) 3-D Topography by Fishing Echo Sounder

Table 5 Products of High-Precision Sensor

Sensor	Product
GPS	Star Fire (Wide Area DGPS)
Compass	Vector Sensor (Satellite Compass)
Multi-Beam Sounder	Seabat8101
Motion Sensor	DMS2

マルチビーム音響測深機による精密測量⁽⁶⁾⁽⁷⁾は関西国際空港島などの建設現場や藻場の分布調査⁽⁸⁾で活用されており、Table 5 に示す高精度センサによる計測と、船体動揺の補正により約 0.1m の精度で三次元海底地形を取得することができる。Fig. 6(a)は精密測量により作成した三次元海底地形図である。0.5m メッシュで値を作成しており、海底の細かな起伏を表現することができる。Fig. 6(b)は船外機船第 8 徳漁丸 (0.9t) に GP-1850 WF を艀装し取得したデータ (計測値) を用いて作成した三次元海底地形図である。

精度評価には、精密測量の結果を真値として、計測値から nearest neighbor を求め、誤差を評価する方法を用いた。最初に、計測座標に対応する真座標を抽出した (Fig. 7)。抽出された座標は 2,878 点である。次に、抽出された座標における平均水深の有意差検定 (t 検定) を行った。その結果、計測値の平均水深が 4.286m、真値の平均水深が 4.100m となり、平均の差は有意 ($\alpha = 0.01$) となった。そこで、計測値の水深誤差 ε を

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{(h_s - h)^2}{h^2}}$$

Fig. 7 Correspondence between the Sounding Data and its Nearest Neighbor

Table 6 Statistics on the Error

Average	14.3%	S. D.	20.3%
Standard Error	0.4%	Variance	4.1
Median	8.0%	Minimum	0.0%
Mode	0.0%	Maximum	168.8%

のように求めた。ここで、 h_s は計測値、 h は真値である。誤差の基本統計量を Table 6 に示す。誤差の平均は 14.3% であり、最頻値は 0% であった。また、誤差の水深方向の分布を Fig. 8 に、水深毎の平均誤差を Fig. 9 に示す。水深の浅い範囲では、波浪、及び、船体揺動の影響が顕著に現れ、平均誤差が大きくなった。しかしながら、水深 3m 以深では、平均誤差は約 10% 以下となっており、計測結果は良好であると考えられる。

Fig. 8 Distribution of Error

Fig. 9 Comparison of Averaged Error along with Depth

4. 考察

従来、GPS の位置情報と魚群探知機の深度情報は船上において必要時に利用されるにとどまり、蓄積して活用することは行われていなかった。しかしながら、開発を行ったムバコンを用いることにより、船舶既設の GPS と魚群探知機をセンサとして利用することで、海洋 GIS のためのデータを取得し、三次元海底地形図として活用できることを示した。また、作成した三次元海底地形図は水産業の効率化に用いるという目的に対し、十分な精度を有していることを示した。

精度評価を行った海域はウニの増養殖に適した起伏に富んだ地形であり、また、水深が 10m 以下と浅いことから、精度の評価は誤差を水深に対する割合で表現することにより行った。水深の浅い範囲では 100% を超える誤差が確認されているものの、フィルタリングにより極端な誤差データは検出可能であり、また、水深が浅いことから誤差値そのものが大きくなることから、問題のない範囲であると考えられる。なお、誤差を割合ではなく値 (0.1m 単位) として評価した場合の基本統計量を Table 7 に、ヒストグラムを Fig. 10 に示す。誤差の分布は正規分布を示しており、平均の 95% 信頼区間は 0.021m であった。また、計測値は 91.4% の確度で真値に対して 1m 未満の誤差という結果であった。

Table 7 Statistics on the Error Estimated by Value

Average	-0.186m	S. D.	0.585m
Standard Error	0.011m	Variance	0.342
Median	-0.210m	Minimum	-3.510m
Mode	-0.250m	Maximum	2.794m

Fig. 10 Histogram of Error Estimated by Value

Fig. 11 Sounding Area

Fig. 12 Wide-area 3-D Topography

Photo 3 Plotter Screen

無線 LAN を用いたリアルタイムセンシングにより作成した三次元海底地形図は、取得データ量が少なかったことから、海底の起伏を十分に表現することができなかった。しかしながら、無線 LAN のサービスエリアはナマコ桁曳網漁場のほぼ全域をカバーしているため、Linux PC からのムバコンに対するポーリング周期を魚群探知機の深度情報の出力周期に合わせることで、メモリカードを用いた場合と同様の詳細な三次元海底地形図の作成が可能である。なお、操業の海域が海岸線から大きく離れるような場合には、漁港に基地局を設置し帰港時に一日の取得データをまとめて WebDB に登録する方法が有効である。

Fig. 11 に北海道大学水産学部が八戸沖に設定している調査定点を含む 5 マイル四方のエリアを示す。このエリアに格子状に 0.5 マイル間隔で 22 本の測線を設定し、計画的な三次元海底地形の取得を実施した。実験は北海道大学練習船附属練習船うしお丸 (197t) により行った。船速は約 10knot、魚群探知機である KCN-200 (KAIGO) からの出力周期は 0.5Hz であることから、測線上では 10m 毎にデータが取得される。Fig. 12 に作成した三次元海底地形図を示す。また、Photo 3 は実験終了時のプロッタ NWU-800 (JRC) の画面を写したものである。作成した三次元海底地形図では、プロッタに表示されている等深線に比べ、より細かく海底地形を表現することができた。

5. おわりに

GPS と魚群探知機を用いた三次元海底地形の取得は、特別な装置も、特別な作業も必要とせず、ムバコンを用いることにより簡単に実施することができ、その成果として実用的な三次元海底地形図を作成することができることから、広く普及するものと考えられる。また、実際の利用に際しては、複数の漁船間で取得データを共有することにより、より早く、より詳細な三次元海底地形図を作成することが可能である。今後は、作成した三次元海底地形図を有効に活用するため、プロッタ上に三次元海底地形図が表示されるようメーカーとの協力を進めたいと考えている。

三次元海底地形図の活用に関しては、例えば、ナマコ桁曳網漁では海底地形に合わせた操業航路を計画することが可能となり、操業効率の向上と操業時間の短縮が期待できる。また、水産増養殖の分野では海底地形を種苗の放流地点の決定に役立てることにより成体の回収率の向上が期待できるほか、定置網漁では地形条件を最大限に活用した定置網の形状設計や設置を行うことが可能となり、魚道の把握による漁獲の向上、

施設設置のコスト削減といった効果が期待できる。このように、三次元海底地形図の活用は水産業の効率化に大きく寄与するものである。

また、洋上に構築した無線 LAN はリアルタイムセンシングだけではなく、操業の安全管理⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾にも利用することができる。このように付加価値を持たせた統合的なマリンネットワークを構築することにより、普及を促進することができると考える。

本報では水産業における情報技術の活用に関する最初の取り組みとして、三次元海底地形の取得と活用について報告した。開発したムバコンは、その特徴であるスタックアップ構造により拡張性に優れ、多様な用途に応用可能である。また、HTTP を用いていることから、ネットワークアプリケーションとの親和性が高く、WebGIS の構築に非常に適している。今後は、人工衛星を用いたリモートセンシングやムバコンを活用した定点観測による三次元海洋情報の取得を進める計画である。

謝辞

実験にご協力をいただきました、米倉水産株式会社、有限会社祐川商店、留萌市役所、新星マリン漁業協同組合、北海道東海大学、北海道大学水産学部、株式会社東亜建設工業、有限会社ネクサスの皆様に厚く御礼申し上げます。最後に、本研究は文部科学省知的クラスター事業「札幌 IT カロツェリア創生」の研究として実施されたことをここに記し謝意を表します。

参考文献

- (1)水産庁 HP：水産基本計画
<http://www.jfa.maff.go.jp/sinseisaku/keikaku.htm>
- (2)ムバコン HP：micro80 規格
<http://www.movacom.org/>
<http://www.microcube.net/>
- (3)国土地理院 HP：平面直角座標系
<http://www.gsi.go.jp/LAW/heimencho.html>
- (4)浦上美佐子・富岡祐司・村井祐介・堀康之・藤中達也・藤井敬治・重安哲也・松野浩嗣：小型船舶を対象とした海上における無線 WAN の構築のための基礎実験と評価，電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集，54，pp.449-450，2003
- (5)浦上美佐子・松野浩嗣・岩崎寛希：海上無線 LAN を利用した小型船舶対象の安心ネットワーク構築，日本航海学会論文集，111，pp.173-180，2004
- (6)増田稔：自律走行型測深システム「自動ベルーガ」の開発，マリンボイス 21，225，pp.11-13，2002
- (7)増田稔・今村一紀：湖沼等における自律航行型測深システム，建設の機械化，pp.20-25，2001.10
- (8)Teruhisa Komatsu・Chiaki Igarashi・Kenichi Tatsukawa・Sayeeda Sultana・Yasuaki Matsuoka・Shuichi harada：Use of multi-beam sonar to map seagrass beds in Otsuchi Bay on the Sanriku Coast of Japan, Aquatic Living Resources, 16, pp.223-230, 2003
- (9)和田雅昭・天下井清・木村暢夫・岩森利弘：海中転落者のための救助システムについて-III., 日本航海学会論文集，110，pp.81-88，2004
- (10)和田雅昭・天下井清・木村暢夫・岩森利弘：海中転落者のための救助システムについて-IV., 日本航海学会論文集，111，pp.165-172，2004

質疑応答

桐谷伸夫（海上技術安全研究所）：

船体運動補正へ対する考え方、今後の方針について、お知らせ下さい。

和田雅昭：

既存の機器で簡易に海底地形を取得するという目的からは、特別な装置を追加するという解決方法は趣旨に反します。今回の実験では実施をしておりませんが、私が開発を担当した“いか釣りロボット”では、加速度センサを用いて船体運動を検出し、釣り糸の巻き取り速度をリアルタイムで補正することを行っております。この技術を応用することにより、簡易な船体運動の補正を実現することができると考えます。

長岡栄（電子航法研究所）：

マルチビームを用いたときの測定精度はどの程度でしょうか。

和田雅昭：

今回の実験で利用しました機材の組み合わせでは、約 0.1m の精度で海底地形を表現していると言えます。

安田明生（東京海洋大学）：

魚群探知機の計測精度はどの程度でしょうか。

和田雅昭：

マルチビームでの計測結果との比較では、値として誤差を評価した場合に、平均値、最頻値とも約 0.2m 程度水深を深く計測しております。従いまして、この 0.2m が魚群探知機の精度、または、オフセットの目安として捕らえることができると考えられます。