衛星画像を用いた船舶の動態解析

正会員 渡川 真規* 正会員 小林 英一**
正会員 若林 伸和**

Kinetic Analysis of Ships using Satellite Image

by Masanori Watagawa, *Member* Eiichi Kobayashi, *Member*
Nobukazu Wakabayashi, *Member*

Summary

The Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM) on board of the Advanced Land Observing Satellite (ALOS) was launched for earth observation and there are more than 12 million scenes of archives including coastal areas during period of five years. Nowadays, the number of AIS (Automatic Identification System)-equipped ships is increasing for maritime safety and monitoring vessel traffic. The purpose of this paper is to acquire the knowledge about kinetic analysis of vessel traffic by satellite images with simultaneous acquisition of AIS data. We extracted vessel information from ALOS images with AIS data by using GIS (Geographic Information System) in the Straits of Malacca on 4th May 2010. It should be noted that this process would enable to classify various length vessels with AIS-equipped or AIS-unequipped. Then, Speed and Course of each vessel was obtained from observation time difference between two satellite images. The comparison between the information of each vessel from satellite images and AIS data (SOG: Speed over ground and COG: Course over ground) as actual measurement value show a quite good agreement.

1. 緒 言

著者らは、沿岸環境保全と海上交通安全を目的とした船舶のモニタリング手法を検討している。先行研究¹⁾では、沿岸域を広範囲かつ詳細に観測した陸域観測技術衛星だいち (ALOS: Advanced Land Observing Satellite) と船舶の動的な観測データである AIS (Automatic Identification System: 船舶自動識別装置) の特性に着目し、海上交通監視を想定した実験を行った。大阪湾を対象にした実験では、ALOS データと AIS データを地理情報システム (GIS) でマッチングさせる手法を用いて次の成果が得られた。

- (1) 衛星画像単独では確認できない船舶情報 (名称, 種別等) を AIS データから取得できる。
- (2) AIS データ単独では捕捉できない AIS 非搭載船 (小型漁船等) を衛星画像で認識し位置を特定ができる。

* 株式会社パスコ (研究当時 神戸大学大学院)

**神戸大学大学院 海事科学研究科

先行研究では衛星画像上で抽出した船舶に蓄積された AIS データベース²⁾の船舶の固有情報および航海情報 (位置情報, 針路, 速力, その他) を付与する手法を用いて対象海域の海上交通を監視する手掛かりを掴んだが, 衛星画像単独で船舶の動態を把握するには至らなかった。また, AIS 搭載義務のない船舶や自船情報を設定していない船舶が存在するなど, AIS が周期的に送信する船舶情報の解析だけでは対象海域全ての船舶を定常的に監視できないと考えられる。本研究では船舶の動態を把握するうえで重要な要素となる船舶速度と針路を抽出する方策として, 多くの光学衛星が備えているステレオ観測機能に着目した。ステレオ観測機能とは 2 枚のペア画像の視差を利用して三次元標高などを抽出する機能である。対象海域を数秒間隔で観測する機能は船舶の動態を測る能力を十分に備えていると考えられる。もし, 観測衛星から高い精度で船速と針路の解析が可能となれば, AIS が受信できない海域や AIS 非搭載船などの制約を受けることなく, 広範囲かつ定常的に海上交通量を把握できることになる。本研究では, 先行研究に引き続いて衛星画像 ALOS および AIS の両アーカイブデータを使用した。衛星画像 2 枚から船舶の移動量と針路を計測し, 観測時刻秒差から速度を推定する。この推定値を AIS データに記録された SOG (対地船速) および COG (対地針路) と比較検証を行った。その評価結果を海上監視の観点を交えて報告する。

2. 対象海域

船舶の特定と動態解析を効率的に行うには、衛星画像に船舶が複数観測された通航量の多い海域が望ましい。本研究では、分離通航方式が採用され海上交通量が見込めるマラッカ・シンガポール海峡を船舶抽出の対象海域と設定した。対象海域のマラッカ海峡は広大であるため、シンガポール港に近接かつ錨地（トランジット・アンカレッジ）が設定³⁾された SECTOR7 を実験エリアとして絞り込んだ。本研究では SECTOR7 を包含した衛星画像内で航行または停泊する船舶を AIS データで検証した。マラッカ・シンガポール海峡に設定された SECTOR7 の範囲を Fig. 1 に示す。

Fig. 1 Area of the Straits of Malacca and Singapore⁴⁾.

3. 手 法

マラッカ・シンガポール海峡を観測した ALOS データおよび同日・同時間帯に受信した AIS データを収集し通航実態調査および動態解析を実施した。衛星画像からの船舶抽出は先行研究で開発した船舶特定手法を用いている。すなわち、衛星画像の観測時刻と同期する時間帯の AIS データを抽出し、それらを GIS で重畳させることによって対象海域の AIS 搭載船を割り出す手法である。本研究では、対象船舶が特定されたものとして、観測衛星から船舶の移動距離・速度・針路を計測する手法を新たに提案する。

3.1 衛星画像データ

検証に使用する ALOS には 3 つの観測センサが搭載されているが、本研究では高精度画像が取得できる高解像度パンクロマティック立体センサ PRISM で観測された画像を使用した。PRISM は地上分解能 2.5m、直下視 70km（3 方向視モード 35km）の観測幅で、衛星の進行方向に対して前方視、直下視、後方視の 3 方向の画像を同時に観測可能である。絶対位置精度は直下視でピクセル方向に 5.6m、ライン方向に

5.3m、後方視ではピクセル方向に 5.0m、ライン方向に 7.1m と報告⁵⁾されており、AIS データと空間座標上で重畳できることは先行研究より明らかである。ALOS の観測パスは緯度引数に基づき 7200 フレームに分割されるが、マラッカ・シンガポール海峡 SECTOR7 を含む PRISM の観測パスは 120、中心フレームは 3570 から 3065 の範囲である。

本研究では船舶速度を観測時刻の秒差を利用して推定する手法を検討するため、同じエリアを数十秒間隔で観測した直下視と後方視の画像ペアを選定条件とし、その中から比較的雲量が少ない 2010 年 5 月 10 日に観測されたペア画像を使用した。Table 1 にシーン ID とシーン中心時刻（UTC）、観測幅を示す。使用した直下視と後方視の観測時刻の秒差は 45 秒である。衛星画像の観測時刻は協定世界時（UTC）で表示されるが、本研究で利用した AIS データは現地時刻（PC 時刻）に変換される仕様である。そのため、AIS データと時刻を同期させるため、衛星画像の観測時刻をシンガポール現地時刻（UTC+8）に変換した。

Table 1 Observation time of ALOS on study area.

Scene ID	Observation time(UTC)	Observation width(km)
ALPSMW227713580	3:36:20	75
ALPSMB227713635	3:37:05	35

選定した ALOS データの範囲を Fig. 2 に図示する。衛星画像が表示された範囲が直下視 75km 幅、赤枠で囲われた範囲が後方視 35km 幅で観測された範囲を示す。なお、赤点でハッチングされたエリアはトランジット・アンカレッジの領域である。PRISM 直下視の観測幅 75km は船舶監視できる範囲が広い利点があるが、船舶の移動距離・速度・針路を求める事ができるのは後方視と重なる赤枠の観測範囲（40km×35km）である。本研究では、この後方視 1,415 平方 km メートルの範囲で認識できる船舶を動態解析の対象とした。

Fig. 2 Observation area of PRISM in the Straits of Malacca and Singapore on May 10, 2010.

(C) PASCO / Included Material (C) JAXA

3.2 AIS データベースの利用

先行研究と同仕様で設置⁶⁾された AIS 受信設備と記録装置に蓄積された AIS データベースを利用した。Fig. 3 にマラッカ・シンガポール海峡の AIS 受信範囲を示す。Fig. 3 が示す通り、AIS データが示す軌跡はマラッカ・シンガポール海峡の海上交通を地図上に重畳して表現しており、AIS データは大きな位置精度誤差を含んでいないものとして解析を行った。なお、受信データは Class A 搭載船舶のみであり、主に小型船を対象とした Class B 搭載船舶については受信していない。

Fig. 3 Ship trajectories in the Straits of Malacca and Singapore.

衛星画像を用いた動態解析を行うにあたり、マラッカ・シンガポール海峡で受信した AIS データベースの 1 日の統計量を解析し、海上交通量を把握することにした。衛星画像 ALOS の観測日と同日の 2010 年 5 月 10 日 0 時から 24 時までの 1 日間のデータを抽出、その船舶総数と操船状況の変移を調査した。船舶数の集計については、AIS 機器へ固有に割り当てられる MMSI (Maritime Mobile Service Identity)、操船状況は Navigation status (under way using engine, at anchor, etc) を解析して求めた。Fig. 4 に 1 時間毎の船舶総数の変移を図示する。船舶数のピークは AM5 時から AM6 時の 1274 隻あり、AM8 時以降からは次第に減少している。船舶総数から「機走中および錨泊」の船舶の 1 時間毎の変移を比較した。これを、Fig. 5 に図示する。機走中の船舶は Fig. 4 に示す船舶総数と類似した線形を示しており、AM8 時以降から次第に減少し、PM20 時頃までは錨泊中の船舶数が上回っている。また、錨泊中の船舶は平均して 400 隻ラインに近似しているが、AM8 時以降は次第に減少している。本研究で検証した ALOS の観測日 2010 年 5 月 10 日 11:36:20 (UTC+8) と 11:37:05 (UTC+8) を含む 1 時間は、機走中が錨泊中の船舶より減少していくタイミングであるが、船舶総数 1,115 隻のうち 356 隻が航海中であり、海上交通が活発といえる。

以上より、衛星画像を用いた船舶の動態解析手法を検討す

るうえで十分なサンプルを抽出できると判断した。

Fig. 4 Number of ship on May 10, 2010 by AIS analysis.

Fig. 5 Under way using engine and at anchor by AIS analysis.

3.3 空間情報データの取得

船舶の動態解析を実施するために衛星画像と AIS データを空間情報データとして GIS へインポートした。衛星画像で観測された船舶の位置座標と AIS データの緯度経度 (Latitude, Longitude) が空間的にも時間的にも近似していれば、同じ船舶であると判定できる。衛星画像から抽出した船首位置座標 (点) と AIS データに記録された緯度経度情報を同じ平面直交座標系へ投影変換した。衛星画像から抽出する空間情報データを船舶の船首位置座標 (点) としたのは、次項で説明する船舶の移動距離の計測条件を統一するためである。この操作により、テキストデータで記録された AIS データは船舶の連続的な軌跡として視覚的に表現され、衛星画像の船舶と GIS 上で重畳することが可能となる。

3.4 船舶速度と針路の推定

衛星画像上で特定した船舶の移動距離と針路の計測手法と速度推定手法を説明する。第一に、直下視の衛星画像で観測された船舶を目視判定し、その船首の位置座標を起点として取得した。この起点が船舶の移動前である。Fig. 6 に衛星

画像上で位置を特定した船舶 (Target Ship A) と起点を示す。次に、45 秒後に観測された後方視の衛星画像で同一の船舶 (Target Ship A) を目視判定し、船首の位置座標を移動後の終点として取得した。AIS 搭載船の場合は AIS データを視覚化した船舶軌跡が衛星画像の船舶と重なるため、移動前後の船舶を容易に判定が可能である。しかし、AIS 非搭載船の場合は衛星画像上の船舶から情報を抽出する必要がある。例えば、Fig. 6 の船舶形状と航跡から南東 (4 時の方位) へ移動することが予測できる。航跡の長さから急激な針路変更をする気配もないため、直線的に移動すると予測できる。さらに、移動前の船速 20knot と仮定しても、観測時差である 45 秒間では 460m しか移動できない。南東方位 460m 以内の直線上に存在すると予測できる。これらの情報を踏まえ、GIS で移動前に特定した船舶座標を中心に表示させ、画面縮尺 1/2,500 から 1/10,000 程度で衛星画像を切り替えて同一船舶の船影かを確認する。特定した船舶ペアの起終点を直線で結び、その移動距離を GIS 機能により演算した。移動距離が求まれば、観測時刻差 45 秒での速度を求めることが可能である。さらに、起点座標から終点座標方向へ真北から時計回りの角度を GIS 機能により求めた。Fig. 7 の例は、船舶の起点 (青丸) と終点座標 (赤丸) が 45 秒間で針路 121 度へ 290.6m 移動したことを示し、その速度は 12.5knot と推定される。この様に対象海域内の船影を特定し、観測時刻差 45 秒間に各船舶が移動した距離と針路、そして推定速度を集計した。

Fig. 6 Origin point and end point on ALOS.

Fig. 7 Moving distance and Ship Course by GIS analysis.

3.5 停泊した船舶の判定

停泊する船舶は 45 秒間では、ほとんど動きがないと考えられる。AIS 搭載船で錨泊のステータスを示す船舶の移動前後の衛星画像を比較したところ、船首座標の距離は半径 30m 程度に納まった。そのため、直下視と後方視の船首座標の距離が半径 30m 以内に納まる船舶については停泊中として集計するように判定条件を統一した。観測前後で若干の移動量があるのは、波風または観測衛星の入射角の差の影響と考えられるが、本研究では停泊中の船舶の挙動については明らかにしない。Fig. 8 に衛星画像上で特定した停泊中の船舶とその船首位置 (赤四角) を示す。大型船舶が等間隔の距離で船首を南方に向けて停泊している事が観測衛星から確認できる。

Fig. 8 Mooring ships on ALOS.

Fig. 9 に衛星画像で特定した停泊中の船舶 (Target Ship B) と対応する AIS データを重畳した例を示す。停泊中の船舶は AIS データが取得できない場合があるが、AIS データを発信している場合は衛星画像から抽出した船舶付近で複数回の GPS 位置が表示されるため、機走中の船舶と同様に一定間隔で軌跡が表示されないことが先行研究より判明している。

Fig. 9 Mooring ship with AIS data.

3.6 衛星画像上の船影と AIS データのマッチング

衛星画像から推定した船舶速度・針路を精度評価するため、AIS データに記録された SOG と COG を実測値として採用する。推定速度と針路は衛星画像ペア（直下視と後方視）から求めるが、比較する値は後方視（移動後）の船影と重畳している AIS データを使用する。著者が提案する手法では、AIS データが衛星画像上で認識できる船影のピクセル範囲内に包含されており、船首位置の座標に近似している点を採用した。衛星画像上で特定した船舶と AIS データが示す軌跡（橙丸）、マッチングした点（赤丸）の例を Fig. 10 に示す。図のように AIS データは衛星画像上の船影に必ずしも同じ位置で重ならないが、これは衛星画像と AIS の両データの位置精度と取得条件に起因する誤差と考えられる。しかし、本研究では船橋付近に存在する GPS アンテナ位置を求めるほど厳格な位置精度は必要ないため、前述の判定条件で後方視の船影とマッチングする AIS データを特定し、推定値の精度評価に用いた。ただし、衛星画像上の船影と他船の AIS データを誤ってマッチングするのを防ぐため、衛星画像から確認される船影の航跡と AIS データを視覚化した軌跡と同じ方向であることを確認した。

Fig. 10 Sample of congruent point on ALOS.

以上の手法より、対象エリアで観測された船舶の動態解析を実施した。なお、本研究では AIS データから得られる個々の船名や行動について明示、特定するものではない。

4. 動態解析の結果

4.1 船舶のマッチング結果

対象エリア内で衛星画像から認識できた船舶総数は 77 隻あった。その中でも ALOS データと AIS データが同じ座標で重畳した船舶は 32 隻であった。マッチングできなかった船舶は全長 110m 以下の船舶が多く、小型船舶（漁船）などの AIS 非搭載船や AIS 受信機で正常に記録できなかった船舶と考えられるが、本実験では AIS データとの船速の比較を目的とするため、マッチングできた船舶を対象とした。マッチングした船舶を種別毎に調べると、タンカー 20 隻と最も多く、続いて貨物船の 8 隻であった。また、船舶の大きさ別に分類すると、全長 0 から 65.5 m が 4 隻、65.5 m から 110m

が 5 隻、110 m から 173.5m が 5 隻、173.5m から 300m が 15 隻、そして 300m 以上が 15 隻であった。衛星画像で視認が容易な大型船が多く集計されているが、65.5m 以下の小型船も特定される結果となった。Fig. 11 にマッチングした船舶の大きさで分類した散布図を示す。船舶全長（Length）および幅（Width）はマッチングした AIS データから付与している。

Fig. 11 Distribution of length and width of matched ship.

4.2 船舶速度の解析結果

本研究では AIS に記録された SOG/COG を実測値とし、衛星画像から推定した速度及び針路を実験値とする。真値となる AIS データと衛星画像から求める値を比較することにより、著者が提案する手法の精度を評価することにした。

対象エリアで衛星画像から認識できた船舶総数 77 隻の中から移動距離を求める事ができた船舶は 49 隻あった。その中でも AIS データとのマッチングによって SOG との比較ができた船舶は 17 隻であった。衛星画像から推定した船速と SOG の比較結果を Table 2 に示す。船舶全長毎（Length）に隻数（Number of ships）を分類し、各グループの誤差率（Error rate）を求めた。誤差率が大きい値ほど、AIS の記録値との差があることを示し、逆に誤差率が小さい値ほど推定値の精度が良いと仮定した。グループ毎の誤差は全長 173.5m から 300m のグループが最も誤差が大きく 5.7%、全長 65.5 m から 110m のグループが 1%以内の誤差であった。17 隻の平均誤差率は 3.2%であった。

Table 2 Error rate from kinetic analysis between the speed of each vessel and the SOG (Speed over ground) from AIS.

Length (m)	Number of ships	Error rate (%)
0~65.5	2	4.4
65.5~110	2	0.9
110~173.5	4	1.4
173.5~300	7	5.7
300~	2	3.5

次に、船舶の推定速度と誤差率の関連を調べた。その散布図を Fig. 12 に示す。Speed (knots) は衛星画像から計測した移動距離から推定した速度、Error rate は SOG と比較した誤差率を示す。SOG が 3.3 および 3.5 knots の船舶の誤差が 13% 以上と大きく、速度 5.0 knots 以上の船舶のほとんどが誤差率 5% 以内であった。速い船舶、つまり移動量が大きい船舶ほど誤差が一定になる結果となった。

Fig. 12 Scatter graph from kinetic analysis of SOG.

4.3 対地針路の解析結果

4.2 項で検証した船舶 17 隻に対して、衛星画像から推定した針路と AIS データの COG を比較した。その結果を Table 3 に示す。前項と同じく船舶全長毎にグループで分類し、誤差率を求めた。グループ毎の誤差は全長 65.5m から 110m のグループの誤差が 4.1%，全長 110m から 173.5m のグループが 1% 以内の誤差であった。17 隻の平均誤差率は 2.6% であった。

Table 3 Error rate from kinetic analysis between the angle of each vessel and the COG (Course over ground) from AIS.

Length (m)	Number of ships	Error rate (%)
0~65.5	2	3.1
65.5~110	2	4.1
110~173.5	4	0.7
173.5~300	7	4.0
300~	2	1.1

次に、衛星画像から求めた船舶針路と AIS の COG との誤差率の関係を散布図に示す。Fig. 13 は衛星画像から推定した針路（角度）と誤差率の関連を示し、Fig. 14 は推定速度毎の誤差率の関連を示す。各散布図の近似曲線は誤差率に回帰して求めた。

Fig. 13 Scatter graph (Angle-COG) from kinetic analysis.

Fig. 14 Scatter graph (Speed-COG) from kinetic analysis.

針路別に比較すると、ほとんどの船舶は誤差 7% 以内に収まっているが、速度別で見ると約 3.5 knots の他船より遅い 3 隻が高い誤差を示した。前項の推定速度の解析結果と同じく、移動距離が短く速度が遅い船舶ほど誤差が大きい傾向となった。これは、PRISM の空間分解能が 2.5m であることに起因する。そのため、距離計測時に 1 ピクセルのズレが生じると移動量 2.5m の誤差が生じる。すなわち、推定速度が速い船舶は測定距離が長いので誤差が分散されたと考えられる。また、直線距離から角度を求める手法の特性に起因している。速度 14 knots 以下で針路変更する船舶の AIS 送信間隔 4 秒であるため、真値である COG は 4 秒間隔の GPS 位置から算出される。しかし、本論文で示した手法は衛星の観測差 45 秒間の推定値であるため、低速で針路変更している船舶に対しては誤差が大きくなったと考えられる。

4.4 停泊した船舶の解析結果

対象エリアを観測した前方視・後方視画像を比較して移動量が求められない船舶は「停泊中」と判断した。船舶総数 77 隻の中から停泊中と判断した船舶は 28 隻あり、さらに AIS データから航行状況が確認できた船舶は 16 隻であった。

なお、シンガポール海峡に設定された錨地（トランジット・アンカレッジ）に停泊する船舶は観測時間帯には存在しなかった。Table 4 に解析結果を示す。

Table 4 Navigation status of ALOS on study area.

Navigation Status	Number of ships
no matching	12
0:under way using engine	4
1:at anchor	11
8:under way sailing	1

AIS とマッチングした 16 隻のうち、「1:錨泊」を示すステータスは 11 隻あった。他の 5 隻は「0:機走」と「8:帆走」を示していたが、「8:帆走」を示した船舶の船舶種別はタンカーのためエラーと考えられる。一方、「0:機走」を示した 4 隻は AIS データが同一座標上に複数点存在しており、入出港するための「沖待ち」行為の船舶とも考えられるが、本研究では明らかにしていない。AIS ステータスが「1:錨泊」の割合が過半数を占めたが、AIS データとマッチングできなかった船舶も 12 隻と多い結果となった。12 隻の全長を衛星画像から全長を測定すると、大型船にも関わらず AIS データとマッチングしていなかった。何らかの理由で AIS 装置をオフにしていると考えられるが本研究では明らかにしていない。

しかし、違法操業する小型漁船などを識別するには、衛星画像単独で「停泊中」の船舶を含めた動態を把握する必要があるだろう。

5. 結 言

本研究では、研究の第一段階としてマラッカ・シンガポール海峡で受信された AIS データを解析し交通流の実態を把握した。第二に、衛星画像を用いた船舶の動態解析のために、同じエリアを数十秒間隔で観測した PRISM 画像ペアを選定し、2 つの衛星画像から抽出した船舶の位置座標から移動距離と針路を計測した。最後に衛星画像の観測時刻の秒差を利用して推定した速度を検証するため、実測値として AIS データに記録された SOG（対地船速）および COG（対地針路）と比較した。今回の評価結果をまとめると以下ようになる。

(1) 複数の衛星画像から船舶を抽出し、誤差 4% 以内で船舶速度を誤差 2.6% 以内で船舶針路を推定することが可能となった。

(2) 衛星画像を用いた動態解析では移動距離が短く、速度が遅い船舶の誤差が最大となり、船速が速いほど安定した解析結果となった。衛星画像の空間分解能に起因する測定誤差が平坦化されるためである。

(3) 移動量が少ない船舶は AIS ステータス「錨泊」が過半数以上だが、他のステータス「機走」も含まれていた。必ずしも「停泊中」と断定できない。

以上より、衛星画像から一定の精度で船舶速度・針路を把握した成果は、AIS 非搭載船を含む船舶の動態解析の有効性を示している。例えば、海上交通センターのレーダの範囲外や AIS が受信できない海域を対象とし、観測衛星が持つ特性を生かした船舶監視が提案できるだろう。

また、本研究で示した基本的な手法はレーダで取得された画像へも適用可能と考えられる。本研究で提案した手法をさらに深めるため、天候や夜間でも観測が可能な衛星搭載型レーダ及び AIS データベース解析を含めた検証を課題とする。

謝 辞

衛星画像データを提供頂いた株式会社パスコ、AIS データの提供および貴重な助言を頂いた神戸大学海事科学研究科の関係者に深謝致します。

参 考 文 献

- 1) 渡川真規, 香西克俊, 古莊雅生, 嶋田博行: ALOS を用いた沿岸環境モニタリング手法の検討, 日本航海学会論文集, 第 125 号, pp.83-89, 2011.
- 2) 若林伸和, 塩谷茂明, 小林英一, 庄司るり: AIS を用いた大阪湾海上交通流データベースシステムの開発, 日本航海学会論文集, 第 117 号, pp.19-26, 2007.
- 3) 財団法人 海上保安協会: マラッカ・シンガポール海峡白書 2007, <http://nippon.zaidan.info/seikabutsu/2006/00783/mokuji.htm>, 2011.9.
- 4) 財団法人 海上保安協会: 平成 17 年度 国際的海上保安業務能力向上の推進 事業報告書, <http://nippon.zaidan.info/seikabutsu/2005/00439/mokuji.htm>, 2011.9.
- 5) JAXA: JAXA 標準プロダクトの精度評価結果, http://www.eorc.jaxa.jp/hatoyama/satellite/data_tekyo_setsu_mei/alos_hyouka.html, 2009.7.
- 6) Eiichi Kobayashi, Nobukazu Wakabayashi, Kenji Ishida, Trika Pitana, Hidenari Makino, Soo Jin Hwang: Installation and application of AIS data receiving system network, Proceedings of Techno Ocean 2010 (CD-ROM), Kobe, Japan, 2010.