

ARPAとAISの融合

奥田 成幸 海技大学校

市川 義文 海技大学校

堀 晶彦 海技教育機構 上級教育・研究国際部

新井 康夫 海技大学校名誉教授

新保 雅俊 東海大学

1

In the Previous Study

- First Paper: presented in ENC 2014

“Study on the Fusion of Navigational Information toward e-Navigation”

Propose and discuss basic fusion algorithm.

Discuss performance of ARPA systematically for fusion of ARPA and AIS.

2

In the Previous Study

- Second Paper: presented in IAIN 2015

“Availability of Navigational Fusion System for Small Domestic Vessels”

Propose and discuss association algorithm.

Compare with ARPA information by using plotting point as association method.

3

In the Previous Study

- Third Paper: presented in ISIS 2016

“Availability of Navigational Fusion System for Small Domestic Vessels

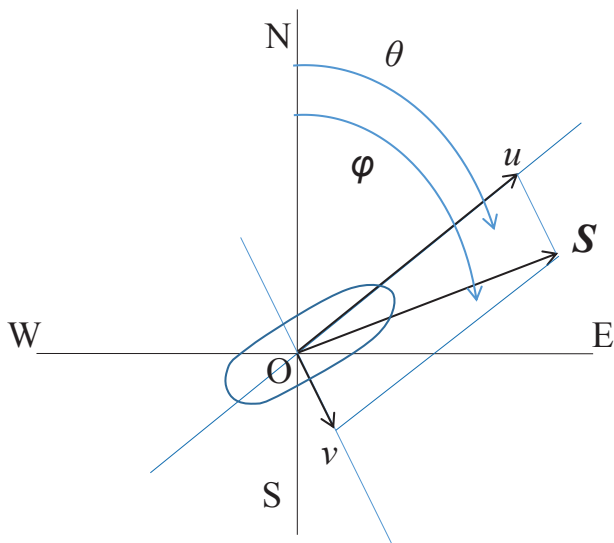
- Association between ARPA and AIS -”

Verify for our study and proposed association algorithm.

Extract of the problem and Resolve that problem.

4

PERFORMANCE OF ARPA INFORMATION



θ : Ship's Heading

DA Over the Ground V $S_{OG} = \begin{pmatrix} u_g \\ v_g \end{pmatrix}$ (1)

DA Through the Water V $S_{TW} = \begin{pmatrix} u_w \\ v_w \end{pmatrix}$ (2)

ϕ : COG

Figure 1 Ship's Double Axes Velocities

Relative Position

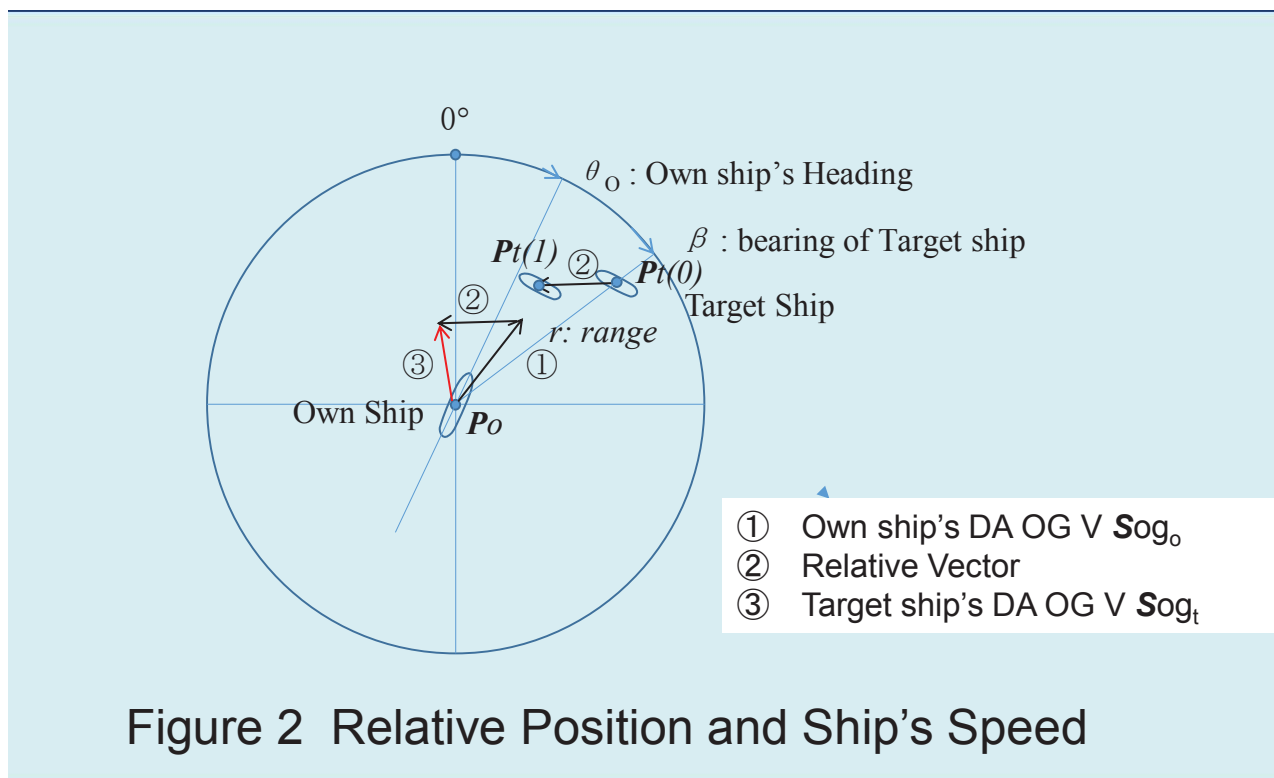


Figure 2 Relative Position and Ship's Speed

Relative / True Vector

- **Relative Vector by figure 2**

$$\dot{\mathbf{r}} = \mathbf{S}_{OG_t} - \mathbf{S}_{OG_O} \quad (8)$$

- **True Vector of Target Ship**

$$\mathbf{S}_{OG_t} = \dot{\mathbf{r}} + \mathbf{S}_{OG_O} \quad (9)$$

- **Ship's heading**

$$\mathbf{H}_{TW_t} = \dot{\mathbf{r}} + \mathbf{H}_{TW_O} - (\mathbf{L}_t - \mathbf{L}_O) - (\mathbf{T}_t - \mathbf{T}_O) \quad (10)$$

7

DCPA and TCPA

$$DCPA = |\mathbf{r}| \cdot \sin \alpha \quad (11)$$

$$TCPA = |\mathbf{r}| \cdot \cos \alpha / |\dot{\mathbf{r}}| \quad (12)$$

where $\alpha = \text{ang.} |\dot{\mathbf{r}}| - \beta - \pi$

8

First Proposed Fusion System (First Paper)

(1) プロットイングポイントの検出

基本的にプロットイングポイントは、AISの受信データから船体中心を割り出したターゲット位置とすべきである。

(2) AIS・ARPA情報の外挿

AISの受信が良好な場合、ARPA情報を使用するより優れている。

9

Association with ARPA and AIS Target

- 1) MSC.192 (79)により、RADAR/ARPA上にAIS情報を表示することが義務化。
- 2) ARPAとAIS情報を別々に表示するのではなく、一つのアソシエーションシンボルとしてARPA上に表示できる、という新しい機能が加わった。
- 2) 距離・方位などのARPAとAIS情報の差がユーザ設定の値より小さければ同一のターゲットとみなす機能。

10

Proposed Plotting Point

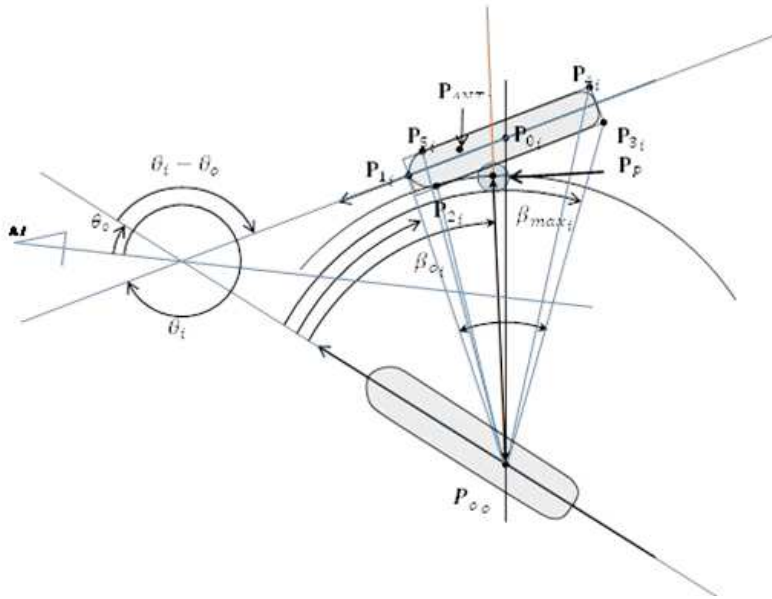


Fig.3. ARPA Plotting Point

Own Ship's and Target Ship's Heading are θ_o and θ_T , and the center of bearing is (1).

$$\beta_{0i} = (\beta_{min_i} + \beta_{max_i})/2 \quad (1)$$

AIS ANT position onboard is

$$\mathbf{P}_{ANT_i} = \begin{pmatrix} (b-a)/2 \\ (d-c)/2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Target Ship's (i) Position on center is

$$\mathbf{P}_{0i} = \mathbf{P}_{ANT_i} + \begin{pmatrix} \sin \theta & -\cos \theta \\ \cos \theta & \sin \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} (b-a)/2 \\ (d-c)/2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Where, "a" is the distance between ANT to Bow.

"b" is the distance between Stern to ANT.

"c" is the distance between Starboard to ANT.

"d" is the distance between Port to ANT.

Target Feature Point

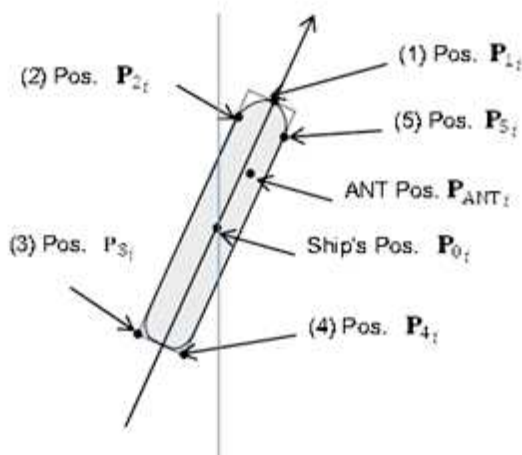


Fig.4 Target Feature Points

Position (1) ~ (5) are

$$\mathbf{P}_{ki} = \mathbf{P}_{0i} + \begin{pmatrix} \sin \theta_i & -\cos \theta_i \\ \cos \theta_i & \sin \theta_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{ki} \\ y_{ki} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Where $k = 1 \sim 5$, and each position is

$$\begin{pmatrix} x_{1i} \\ y_{1i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L/2 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} x_{2i} \\ y_{2i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (L-B)/2 \\ -B/2 \end{pmatrix}, \\ \begin{pmatrix} x_{3i} \\ y_{3i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -L/2 \\ -B/2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} x_{4i} \\ y_{4i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -L/2 \\ B/2 \end{pmatrix} \\ \text{and } \begin{pmatrix} x_{5i} \\ y_{5i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (L-B)/2 \\ B/2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Where L is Ship's Length and B is Breadth

$\Delta R, \Delta \beta$

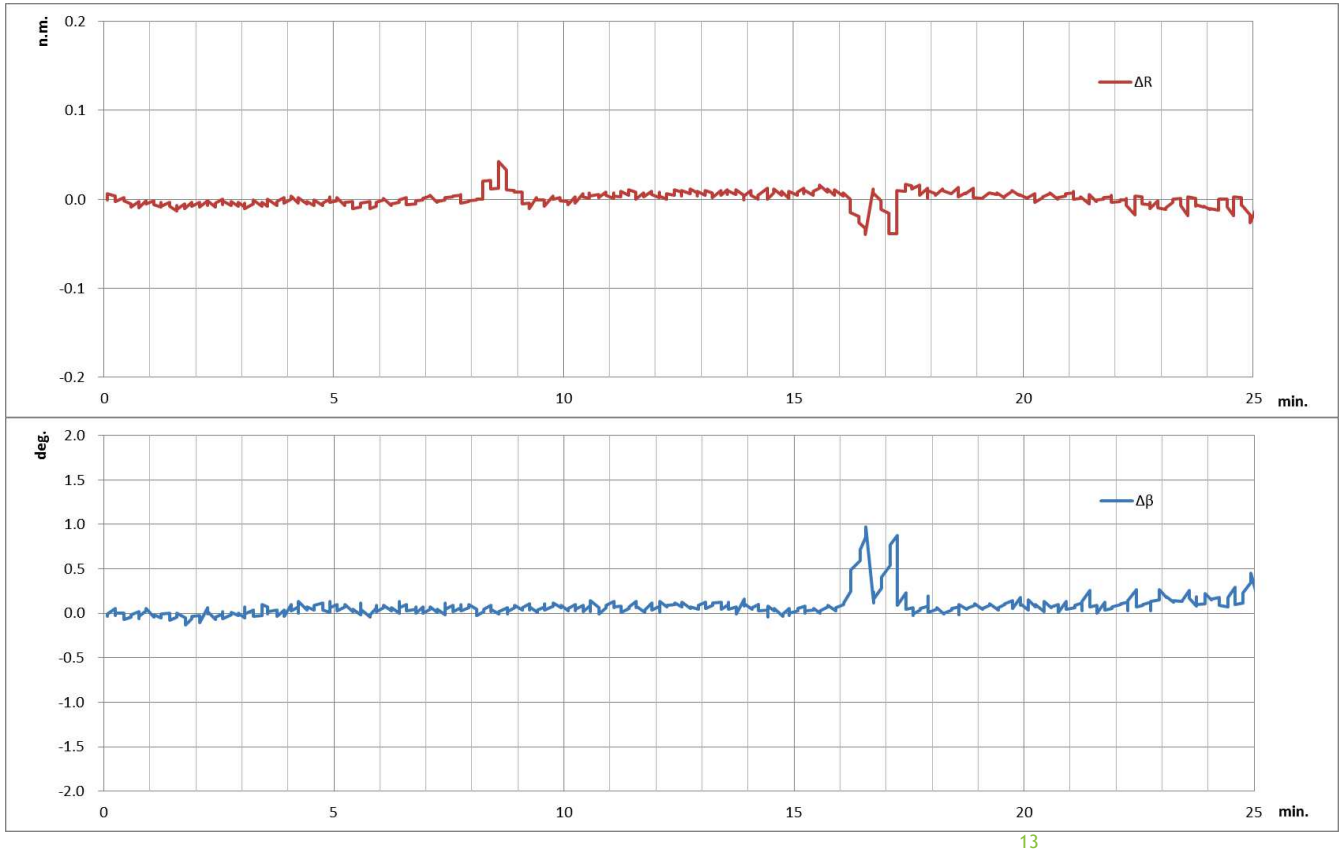


Figure 5. Differences between Calculated by AIS and ARPA

DCPA, TCPA

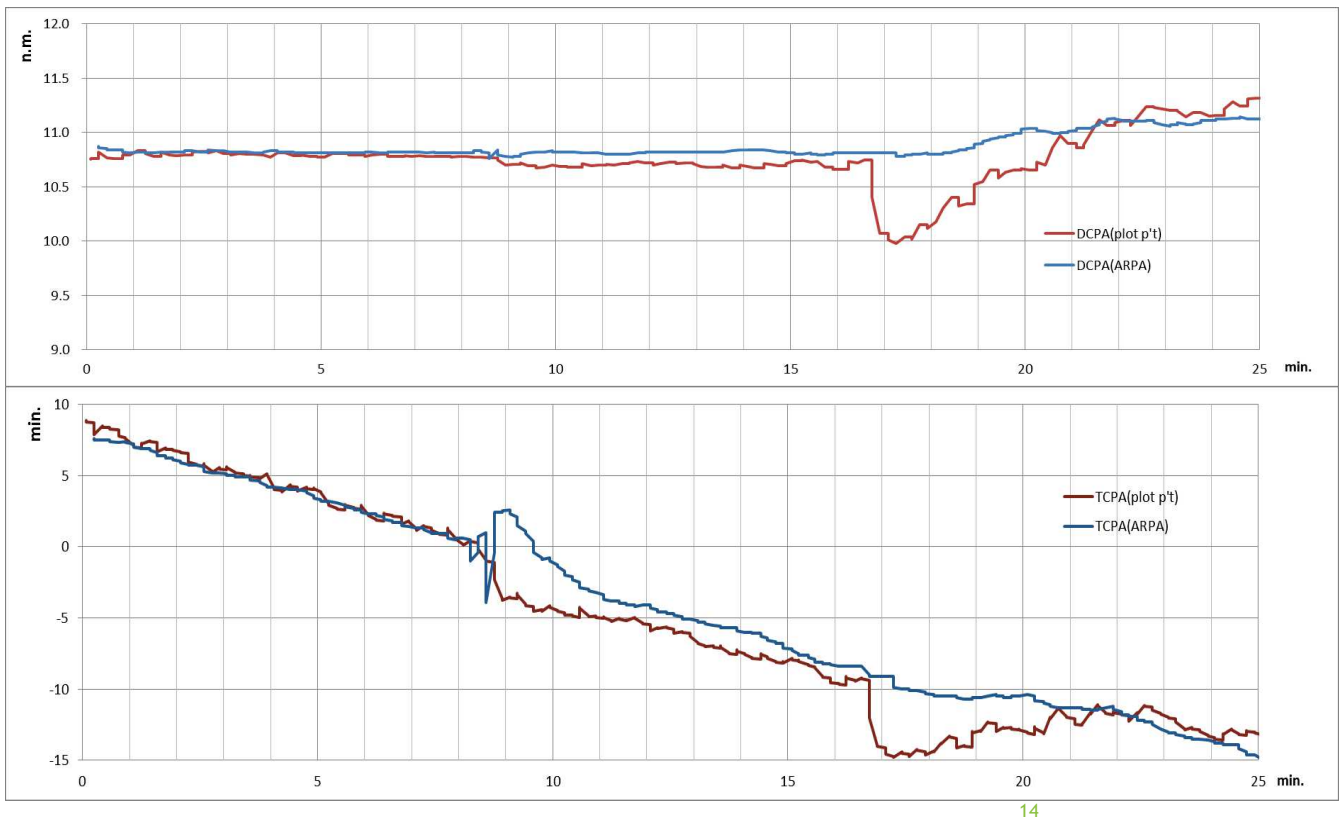


Figure 6. Differences between Calculated by AIS and ARPA

Association Algorithm (Second Paper)

- 1) 捕捉・追尾ウィンドウ内に入るAISターゲットを見つける。
- 2) AISを使用して推定したプロットングポイントとARPAによるプロットングポイントの差を計算する。
- 3) この差が一定値以内であれば、これらは同一のターゲットと考える。

15

Cont. Association Algorithm

- 4) AISデータを使用して作られたターゲットとレーダエコーが同一ウィンドウ内に存在すれば、これも同じターゲットとみなす。
- 5) ARPAの追尾計算の最後に 1) から 4) を実行する。
- 6) AISデータを使用するものと推測航法計算の差を見出し、一定値以下であるならば、AISを使用してCPA等を計算、表示する。

16

Cont. Association Algorithm

- 7) ARPAにAISデータが受信できていないとき、その前に短期的に確立したAISデータを使用してCPA等を計算、表示する。予測誤差が大きくなるならば、AISデータの使用をやめてARPAデータを使用する。
- 8) 予測誤差が一定値以内であれば、6)を実行する。

17

Own Ship Data and Target Raw Data

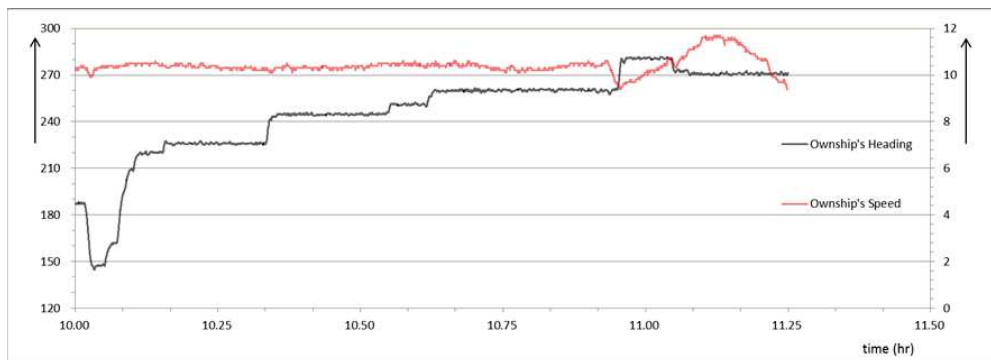


Fig.7 Time History of Own Ship's Heading and Speed

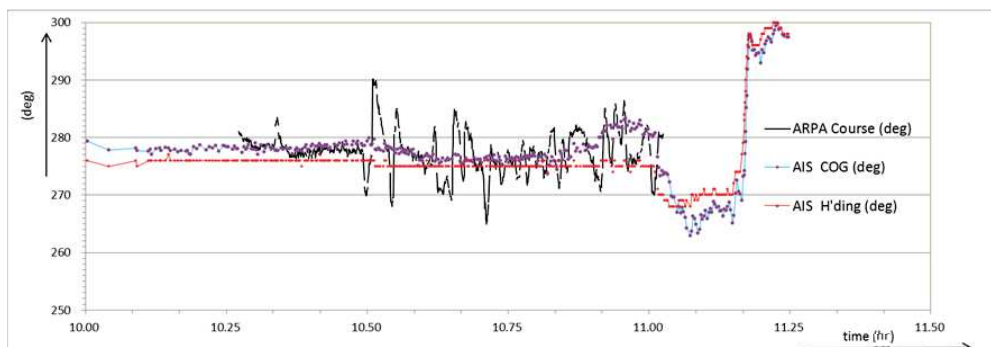


Fig.8 Time History on the Heading, COG and Course of ARPA and AIS

Difference of Range and Bearing between ARPA and AIS

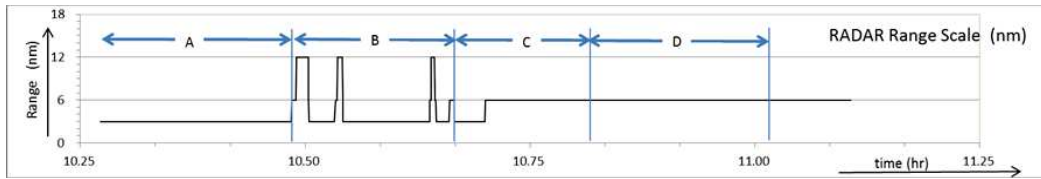


Fig.9 Time History on the RADAR RANGE

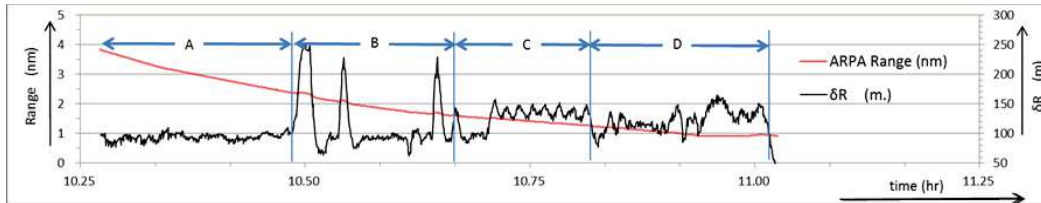


Fig.10 Time History on the difference of Ranges between ARPA and AIS

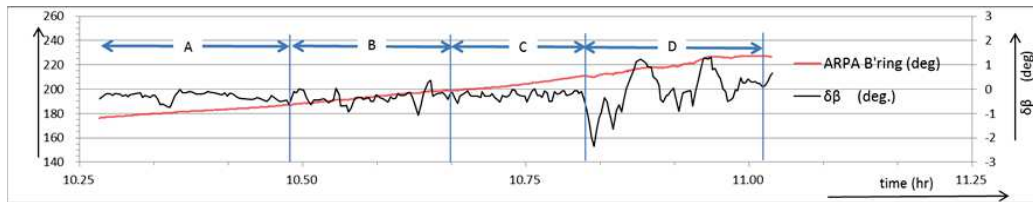


Fig.11 Time History on the difference of Bearings between ARPA and AIS

Difference of Range between ARPA and AIS with Compensation

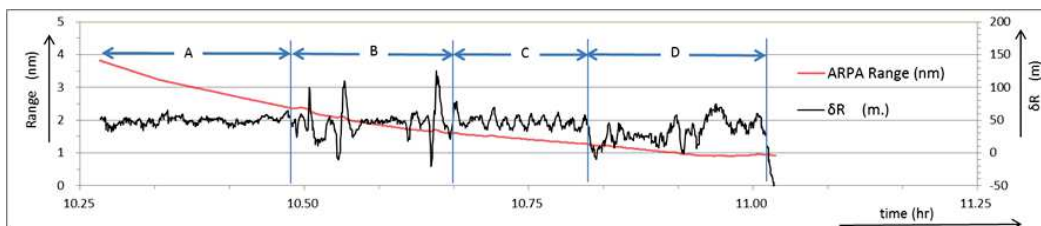
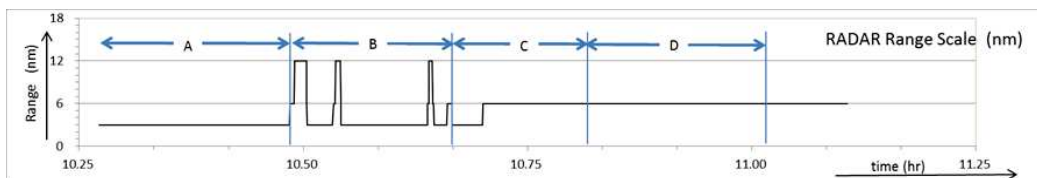


Fig.12 Time History on the difference of Range between ARPA and AIS with Compensation

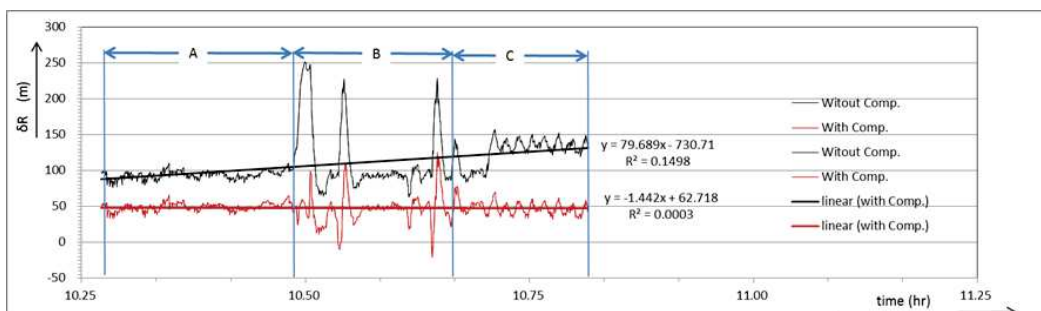


Fig.13 Time History on the difference of Range between ARPA and AIS without Compensation and with Compensation

Table 1 Statistics for dR and dB

interval	raw dR	compensated dR	
drift	1.328	-0.024	m/min
A-B-C	2.214	-0.040	cm/sec

average			
A	93.18	49.01	m
B	112.14	46.64	m
C	133.60	46.47	m
A-B-C	109.73	47.51	m
D	120.06	31.26	m
sig			
A	5.90	5.54	m
B	43.76	19.44	m
C	11.25	7.77	m
A-B-C	32.32	13.38	m
D	20.47	20.64	m
duration			
A	12.53	12.53	min
B	12.99	12.99	min
C	6.99	6.99	min
A-B-C	32.60	32.60	min
D	12.42	12.42	min

average	raw dB
A	-0.29016
B	-0.35372
C	-0.24041
A-B-C	-0.30479
D	-0.02749
sig	
A	0.154255
B	0.237372
C	0.171727
A-B-C	0.202324
D	0.794257

21

CONCLUSION

▶ 提案するアソシエーションアルゴリズムの検証

- ▶ 追尾点としてのARPAのプロットングポイントはレーダエコーの前縁であるべきである。そのようにすれば、ターゲットが追尾され、GPSなどの航法システムの位置精度とRADAR/ARPAの距離測定精度以内でアソシエーションされることが可能である。
- ▶ DCPA/TCPAの計算結果がアソシエーションターゲットにAISデータを使用することによって正しく安定した値となるので、FUSIONシステムは衝突予防に貢献できる。

22

In general

- ▶ アソシエーションシステムはAISを装備しない船舶（ターゲット）では考慮されない。
- ▶ ターゲットがAISを装備していても、そのレーダエコーが捉えられない場合もある。
- ▶ 遠距離の場合、アソシエーションの必要はほとんどない。
- ▶ 近距離の場合、エコーがない理由により考慮が必要である。
- ▶ 一般に、AISが受信できているときにはターゲットの存在は把握できる。
- ▶ 逆に、近距離でAISが受信できないことは問題である。

23

日本航海学会
第136回講演会・研究会

平成29年5月20日
航法システム研究会

ご清聴ありがとうございました

24