

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：85406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01243

研究課題名(和文) 船舶交通管制業務における2船間の接近に伴う警告時機に関する研究

研究課題名(英文) A study on the timing on warning from VTS to avoid ship collisions

研究代表者

西村 知久 (NISHIMURA, TOMOHISA)

海上保安大学校(国際海洋政策研究センター)・国際海洋政策研究センター・教授

研究者番号：30559240

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：運用管制官が衝突回避を促すために船舶に与える警告についての最終時機に関するガイドラインを提案した。本研究では、最終警告時機を衝突回避可能な時間(T1)、操船者が警告を理解するのに要する時間(T2)、運用管制官が警告を与えるのに要する時間(T3)の総和から特定している。避航船舶の全長が100mの場合、2船のTCPAが約3分になる前に、また、避航船舶の全長が160mの場合、TCPAが約4分になる前に警告を開始しなければならないことが明らかになった。ただし、避航船舶の速力が10.5ノット以下の場合かつ針路交差角が60度以下の場合には、最終警告時機をさらに約1分早める必要があることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：A guideline on the deadline for warning from VTS Operator to make a vessel avoid an abnormal approaching situation with another vessel is proposed in this study. The deadline for warning means the timing that if a VTSO gives a warning to a vessel by this timing at the latest, she can avoid the abnormal approaching situation. In this study, the deadline for warning is estimated by simulation on collision avoidance maneuver and by observation on OOW's and VTSOs' behavior (OOW:Officer of Watch). In case of the give-way vessel of 100 meters in length, the estimated deadline is approximately 3 minutes. In case of the give-way vessel of 160 meters in length, the estimated deadline is approximately 4 minutes. But if the velocity of the give-way vessel is 10.5 knots or less and if the crossing angle between the give-way vessel and the stand-on vessel is 60 degrees or less, VTSO should give a warning approximately 1 minute earlier than the estimated deadlines.

研究分野：船舶海難分析

キーワード：船舶交通 運用管制官 情報提供 警告 教育訓練 衝突回避 マーチス VTS

1. 研究開始当初の背景

船舶交通管制業務に従事する運用管制官に要求される知識および技能については、IALA Model Course V-103/1 に規定されている。しかしながら、当該規定は抽象的であり、具体的な記述に乏しい。例えば、運用管制官の主要業務の一つとして、2 隻の船舶が衝突の危険を伴う状況で接近している場合、当該船舶に対し、衝突回避を促すための情報提供を実施し、あるいは、警告を与えることがあるが（以後、情報提供および警告を併せて警告と記述する）、先述の規定には、いつまでに警告を与えなければならないのか（以後、この時機を最終警告時機と記述する）、具体的な記述がなされていない。したがって、新人運用管制官の教育指導を担当する者は、運用管制官としての自らの業務経験に基づき、この最終警告時機を含む知識および技能について伝授している。そのこと自体は、決して悪いことではないのだが、学術的あるいは科学的な裏付けのないものに対する社会的信頼性は、残念ながら、実際よりも低く評価されてしまうことがある。また、新人教育担当を任された運用管制官自身も自らの経験が教育上妥当なものであるのか疑問を抱いているというのが現状である。

以上の理由から、運用管制官が経験的に考える最終警告時機が妥当なものであるのか否かについて研究するに至った。

2. 研究の目的

先述のように、船舶交通管制業務に関する国際的なガイドラインにおいても、2 隻の船舶が衝突の危険を伴う状況で接近する場合、当該船舶に対し、運用管制官がいつまでに警告を実施すべきか、その最終警告時機については明記されていない。そこで、船舶交通管制業務あるいは運用管制官教育において利用可能な最終警告時機に関するガイドラインを策定することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

通常、2 隻の船舶が衝突の危険を伴う状況で接近している場合、避航する側の船舶操船者は、自身が運航する船舶の操縦性能と当該接近状況を考慮し、衝突回避のための動作（以後、避航動作と記述する）を開始する。しかしながら、もし、操船者が当該接近状況に気づいていないことが疑われる場合には、運用管制官が VHF 無線電話を用いて、他方の船舶との衝突の危険が迫っていることを警告することとなる。この場合、操船者は運用管制官からの警告を受信し、その警告された状況を理解して初めて、避航動作を開始することになる。したがって、運用管制官は、次の 3 つの時間的要素を考慮して、最終警告時機を決定しなければならない。

T<sub>1</sub>: 衝突回避可能な時間

衝突を回避するため、遅くとも避航船舶が

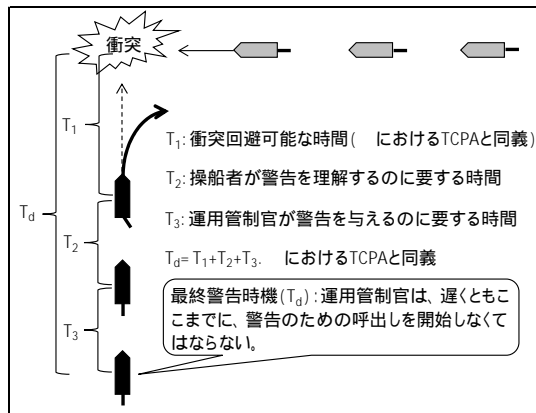


図 1 最終警告時機の概念

避航動作を開始しなければならない時機に相当する。この衝突回避のために要する時間は、避航船舶の操縦性能と接近状況に依存するものである。また、この時機（時間）については、後述の通り、衝突の危険を伴う状況で接近しつつある 2 隻の船舶の TCPA（最終接近までに要する時間）によって表すことができる。

T<sub>2</sub>: 操船者が警告を理解するのに要する時間

運用管制官からの警告を受信し終えた時点から、当該状況を理解するのに要する時間。

T<sub>3</sub>: 運用管制官が警告を与えるのに要する時間

運用管制官が避航船舶に対し、VHF 無線電話による呼出しを開始した時点から、衝突の危険が迫っていることを警告し終えるまでに要する時間。

各要素の概念を図 1 に示す。最終警告時機 (Td) は、式(1)に示す各要素の時間の総和によって求めることができる。よって、2 隻の船舶が衝突の危険を伴う状況で接近している際の TCPA が Td と等しくなる前に、運用管制官が警告のための呼出しを開始すれば、衝突を回避させることができる可能性が極めて高いものと言うことができる。

$$T_d = T_1 + T_2 + T_3 \quad \dots \dots (1)$$

3.1 T<sub>1</sub> の特定方法

T<sub>1</sub> を特定するための避航操船シミュレーションの手順の概要を図 2 に示す。なお、シミュレーション開始と同時に、避航船舶は避航を開始するよう設定している。

船舶運動モデルについては、船舶の旋回性および追従性の大略を再現することができる TK モデル<sup>[1]</sup>を用いた。ここで、最終警告時機に関するガイドライン策定を念頭に置き、安全サイドを考慮し、追従性および旋回性の悪い貨物船を対象船として考え、T<sup>\*</sup>=2.5、K<sup>\*</sup>=1.5 とした<sup>[2]</sup>。

接近する船舶の速力については、管制海域で観測された速力データ<sup>[3]</sup>から、平均速力

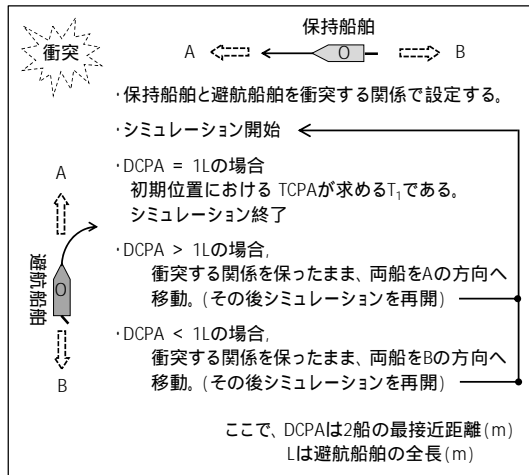


図2 数値シミュレーションの手順の概要

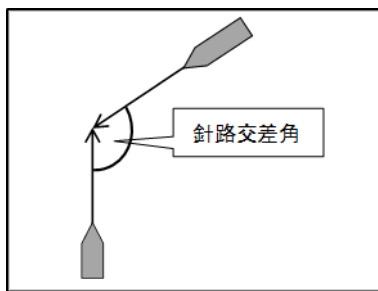


図3 針路交差角の定義

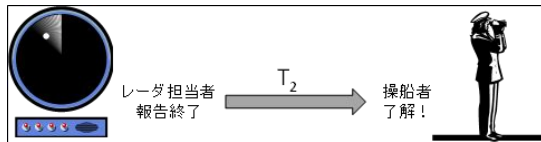


図4 T<sub>2</sub>に係る計測時間の概念

13.62ノットに標準偏差3.05ノットを加減した速力の組合せとした。接近する船舶の針路交差角（定義については、図3参照）については、管制海域で記録された船舶交通流を再生することができる統合型海域管制装置を用いるなどして検討した結果、60度～150度までの間を30度刻みで設定することとした。

避航船舶の全長として、100m程度のもの、と160m程度のもの2パターンを設定した。避航船舶の使用舵角については、常用舵角である15度とし、保持船舶の船尾方向に避航するよう設定した。

保持船舶は、針路および速力を一定とした。なお、2隻の船舶が衝突の危険を伴う状況で接近する場合、航路航行中の船舶であっても、主機関操作による避航に比べ、操舵による避航の方が効果的であることが明らかにされていることから<sup>[4]</sup>、当該シミュレーションでは、減速については考慮しないこととした。

### 3.2 T<sub>2</sub>の特定方法

運用管制官からの警告を受信し終えた時

表1 T<sub>3</sub>に係る計測時間の概念（通信の例）

無線局	無線通信の内容
海上交通センター	AAA, AAA, AAA, this is Kanmon MARTIS.
船舶 AAA	Kanmon MARTIS, This is AAA. Over.
海上交通センター	AAA, change to channel 12. Over.
船舶 AAA	This is AAA. Channel 12. Roger.
海上交通センター	AAA, this is Kanmon MARTIS. Warning, you will meet an east-bound container vessel BBB near the Tobata Passage Intersection. She is proceeding at the speed of 13 knots in the Kanmon Passage. You must give way to vessels in Kanmon Passage. Navigate with caution. Out.
通信時間 (T <sub>3</sub> ) 43 秒	

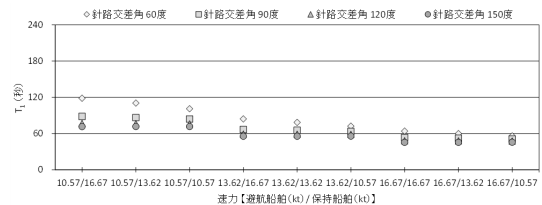


図5 避航船舶の全長が100m程度の時のT<sub>1</sub>

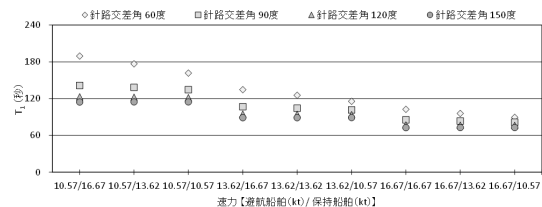


図6 避航船舶の全長が160m程度の時のT<sub>1</sub>

点から、警告された状況を理解するのに要する時間を実際の船舶運航現場において計測することは、現実的ではない。そこで、ある操船シミュレータ訓練を題材とし、操船者（航海当直士）が認識していない衝突の危険のある船舶について、レーダ監視を担当する乗組員が先に発見したケースを抽出し、当該乗組員から操船者になされた衝突の危険のある船舶に関する報告を運用管制官が与えた警告と見なすことで、T<sub>2</sub>を特定した。図4にT<sub>2</sub>に係る計測時間の概念を示す。

### 3.3 T<sub>3</sub>の特定方法

関門海峡海上交通センターにおいて、同センターから船舶局を無線電話にて呼出した時点から警告を終了するまでに要した時間を計測し、T<sub>3</sub>を特定した。T<sub>3</sub>に係る計測時間の概念（通信の例）を表1に示す。

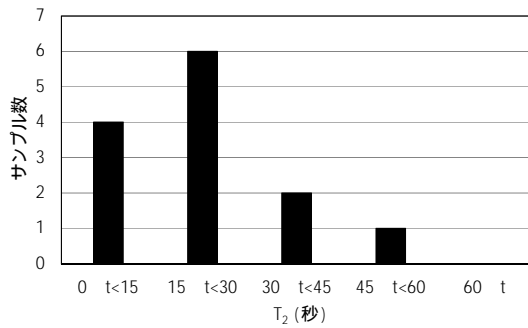


図7 T<sub>2</sub>に関する計測結果

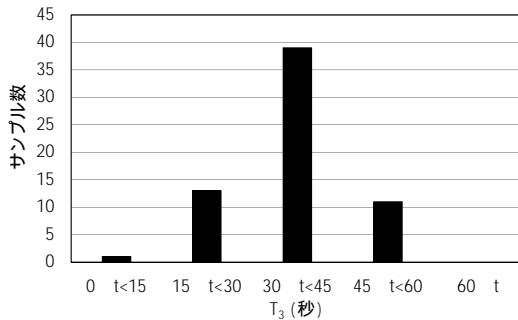


図8 T<sub>3</sub>に関する計測結果

#### 4. 研究成果

3.に記載した方法により、T<sub>d</sub>を構成する各要素(T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>)を特定した結果を以下に示す。また、各要素の合計時間であるT<sub>d</sub>の結果を示し、最終警告時機に関するガイドラインを提案する。

##### 4.1 T<sub>1</sub>の特定結果

避航操船シミュレーションによって特定されたT<sub>1</sub>を図5および図6に示す。特定されたT<sub>1</sub>は、次に示すTCPAと同義である。

避航船舶の全長が100m程度の場合、保持船舶とのTCPAが約1分になる前に、一方、避航船舶の全長が160m程度の場合には、保持船舶とのTCPAが約2分になる前に、それぞれ避航動作を開始する必要がある。

ただし、避航船舶の速力が10.57ノット以下であり、かつ、針路交差角が60度以下の場合には、避航動作をさらに約1分早める必要がある。

##### 4.2 T<sub>2</sub>の特定結果

T<sub>2</sub>について、操船シミュレータによる避航操船13件を計測した結果を図7に示す。10件の避航操船においては、レーダを担当する乗組員からの情報を操船者が受け取った後、30秒以内にその状況を操船者が理解している。また、全ての避航操船において、遅くとも報告から1分以内にはその状況を操船者が理解している。ここでは、安全サイドを考慮し、約1分をT<sub>2</sub>として特定した。

##### 4.3 T<sub>3</sub>の特定結果

T<sub>3</sub>について、平成27年11月12日14時

表2 特定されたT<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>

要素	2隻の船舶が衝突の危険を伴う状況	時間
T <sub>1</sub> (L=100)	通常(以外)	約1分
T <sub>1</sub> (L=160)	通常(以外)	約2分
T <sub>2</sub>	-	約1分
T <sub>3</sub>	-	約1分
	避航船舶の速力が10.5ノット程度以下の場合かつ針路交差角が60度以下の場合	上記T <sub>1</sub> の値に約1分加える。

ただし、Lは避航船舶の全長(m)

表3 ガイドライン(T<sub>d</sub>=T<sub>1</sub>+T<sub>2</sub>+T<sub>3</sub>)

L(m)	2隻の船舶が衝突の危険を伴う状況	最終警告時機(T <sub>d</sub> )
100	通常(以外)	約3分
160	通常(以外)	約4分
	避航船舶の速力が10.5ノット程度以下の場合かつ針路交差角が60度以下の場合	上記T <sub>d</sub> の値に約1分加える。

15分~同日17時15分にかけて、関門海峡海上交通センターにおいて、船舶とのVHF無線電話を用いた無線通信64件を計測した結果を図8に示す。呼出しから警告を終えるまでに要する時間は1分未満であった。したがって、約1分をT<sub>3</sub>として特定した。

##### 4.4 特定されたT<sub>d</sub>および最終警告時機に関するガイドライン

表2に特定されたT<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>に関する時間を、また、表3に最終警告時機に関するガイドラインを示す。

避航船舶の全長が100m程度の場合、最終警告時機は、衝突の危険を伴いながら接近する2隻の船舶のTCPAが約3分になる前である。また、避航船舶の全長が160m程度の場合、最終警告時機は、同様にTCPAが約4分になる前である。

ただし、避航船舶の速力が10.5ノット程度あるいはそれ以下の場合かつ針路交差角が60度あるいはそれ以下の場合には、最終警告時機をそれぞれ約1分程度早める必要がある。

上記のガイドラインを各海上交通センターにおいて、運用管制官指導を担当する者に提示したところ、管制業務において、経験的に実施されてきた最終警告時機と概ね一致していることが確認された。換言すれば、本研究成果は、運用管制官が実施する管制業務内容の妥当性を科学的に証明したことになる。

また、運用管制官が経験的に実施してきた最終警告時機が、何故そのような時機になるのかが明らかにされたことから、現在では、本研究成果が運用管制官教育に採用されている。

<引用文献>

- [1] 野本謙作：船の操縦性，造船協会誌，424号，pp.8-22, 1964.11.
- [2] 本田啓之輔：操船通論（増補三訂版），pp.24-33, 成山堂, 1992.
- [3] 海上保安庁交通部安全課：「海上交通安全法航路における制限速力に係る検討会」報告書, 2013.3.
- [4] 小林弘明・濱田俊秀・片岡高志：操船シミュレータによる海難の事故分析に関する研究 - 第拾雄洋丸とパシフィック・アレス衝突事件について -, 日本航海学会論文集, 98号, pp.151-159, 1998.3.

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計3件)

NISHIMURA T., NAKAYAMA Y. and SHINOHARA M., A Study on a Critical Timing of the Final Warning from VTS for Collision Avoidance – The Deadline for warning from VTS -, Proceedings of 17th Asian Conference on Maritime System and Safety Research, pp.23-30, Singapore, 2017.8., 無査読.

NISHIMURA T., Training for VTS operators using a ship-handling simulator, Proceedings of 16th Asian Conference on Maritime System and Safety Research, pp.17-22, Busan, Korea, 2016.8., 無査読.

NISHIMURA T., SHINOHARA M. and NAKAYAMA Y., A Study on the Validity of an Experiential Method of VTS Operators, Proceedings of 15th Asian Conference on Maritime System and Safety Research, pp.115-119, Tokyo, Japan, 2015.8., 無査読.

〔学会発表〕(計3件)

NISHIMURA T., A Study on a Critical Timing of the Final Warning from VTS for Collision Avoidance – The Deadline for warning from VTS -, 17th Asian Conference on Maritime System and Safety Research, Singapore, 2017.8.

NISHIMURA T., Training for VTS operators using a ship-handling simulator, 16th Asian Conference on Maritime System and Safety Research, Busan, Korea, 2016.8.

NISHIMURA T., A Study on the Validity of an Experiential Method of VTS Operators, 15th Asian Conference on

Maritime System and Safety Research, Tokyo, Japan, 2015.8.

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

西村 知久 (NISHIMURA Tomohisa)  
海上保安大学校 (国際海洋政策研究センター)・国際海洋政策研究センター・教授  
研究者番号：30559240

(2)研究分担者

中山 喜之 (NAKAYAMA Yoshiyuki)  
海上保安大学校 (国際海洋政策研究センター)・国際海洋政策研究センター・准教授  
研究者番号：70747013

(3)連携研究者

( )

研究者番号：

(4)研究協力者

( )