

内航船における自動操舵装置の  
適正使用の促進へ向けたガイドライン

平成21年7月15日

自動操舵装置等の適正使用へ向けた実務検討会

－ 目 次 －

	頁
1. ガイドライン策定の目的 . . . . .	2
2. 実務検討会のメンバー及び開催日 . . . . .	3
3. 自動操舵装置の基本性能について . . . . .	5
4. 内航船における自動操舵装置の使用実態について . . . . .	7
5. 自動操舵への切換え判断と自動操舵装置使用に当たっての留意事項 . . . . .	10
6. おわりに . . . . .	15
付録	
1. 自動操舵装置の制御方法について . . . . .	16
2. アンケート結果概要 . . . . .	18
3. シミュレータによる自動操舵装置の検証 . . . . .	21
別紙	
「内航船における自動操舵装置の適正使用へ向けて」(掲示用要約版)	

## 1. ガイドライン策定の目的

自動操舵装置は、その導入により船員の操舵の負担が軽減されることから、航海当直時の見張りに専念できるとともに、レーダー等の航海支援装置から得られる情報を有効に活用した当直を行うことが可能となります。このため、自動操舵装置が適正に使用されれば、船舶の安全性の向上につながると考えられます。

自動操舵装置の適正な使用の観点からは、まず見張り方法については、海上衝突予防法において、視覚、聴覚、他のすべての手段（レーダー、VHF、AIS等の航海支援装置の情報）により、常時適切な見張りをしなければならぬと規定されており、自動操舵装置を使用している場合も例外ではありません。また、自動操舵装置の使用に関しては、STCW条約を受けた船員法施行規則において、危険のおそれがある海域を航行する場合に自動操舵装置を使用するときには、直ちに手動操舵を行うことができるようにしておく等の使用の際の遵守事項を定められています。

しかしながら、海難審判庁の海難レポート2008によれば、衝突海難の84%は「見張り不十分」と関連して発生しており、さらにその詳細は、見張りへの意識が薄れていること、見張りが全方位にわたっていなかったこと、相手船の動静監視を怠っていたことが指摘されています。また、平成20年3月に明石海峡で発生した多重衝突事故においても、衝突直前まで自動操舵で航行し見張りが不十分であったため周囲の動向の把握が遅れたことが原因として指摘されるなど、自動操舵装置の適正な使用がなされずに事故に至った事例が報告されています。

そこで今般、自動操舵装置の適正使用の促進を通じたさらなる航行の安全性向上を図るため、本ガイドラインを取りまとめたものです。

## 2. 自動操舵装置等の適正使用へ向けた実務検討会 メンバー

### [運航事業者]

(日本内航海運組合総連合会)

西村 充 弘 日本タンカー株式会社 取締役海務部長  
本間 利 幸 新和内航海運株式会社 海務安全リーダー

(日本旅客船協会)

石井 孝 仁 東海汽船株式会社 船舶部 海務課長

### [船員教育・研究機関]

飯田 敏 夫 独立行政法人 航海訓練所 教育部長  
田村 兼 吉 独立行政法人 海上技術安全研究所  
運航・システム部門 部門長

### [メーカー]

(日本船用工業会)

宮山 俊 雄 東京計器株式会社 第一制御事業部  
品質保証部 担当課長

### [海上保安庁]

川崎 勝 幸 海上保安庁 交通部 安全課長

### [運輸安全委員会]

菅井 雅 昭 運輸安全委員会 事務局 総務課長

### [海事局]

坂下 広 朗 国土交通省 海事局 安全・環境政策課長  
秋田 務 国土交通省 海事局 安全基準課長  
楳葉 伸 一 国土交通省 海事局 海技課長  
西村 典 明 国土交通省 海事局 運航労務課長

事務局 国土交通省 海事局 運航労務課

○実務検討会開催日

第1回 平成20年9月11日

第2回 平成21年2月27日

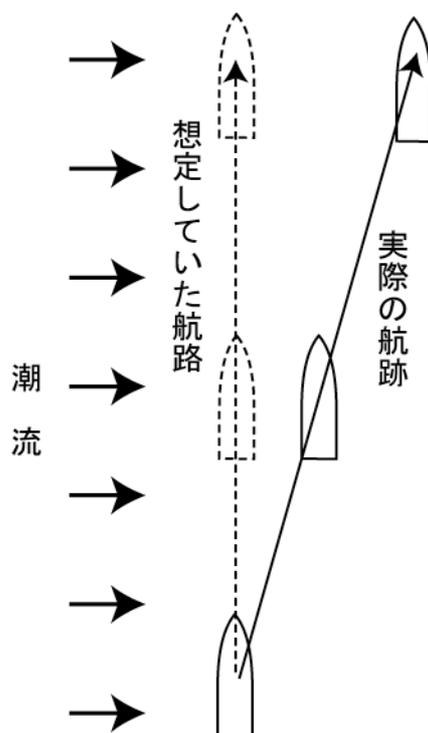
第3回 平成21年3月31日

### 3. 自動操舵装置の基本性能について

ここでは、自動操舵装置がどのような操作を行う装置か、のイメージを整理するため、自動操舵装置の基本性能について整理します。

一般に使用されている自動操舵装置には、船の船首方位だけを制御するもの(HCS： Heading Control System)と、船の航路を制御するもの(TCS： Track Control System)がありますが、ここでは特に船の船首方位だけを制御するものについて説明します。

自動操舵装置は、オートパイロットとも呼ばれ、船の進む方位だけを制御します。航空機のオートパイロットのように、地図上の指定したポイントを通るように制御するものではありません。したがって、以下の図のように風や潮流の影響で、想定していた航路から外れる可能性があります。



イメージ図 自動操舵中に潮流で流された場合の航跡

なお、自動操舵装置の使用する際に、船が想定していた航路から外れたり、予想外の動きを示したりといった事態を防ぐため、以下について確認する必要があります。

## ① 舵角リミッタ

舵角リミッタとは、自動操舵時の最大舵角を制限するものです。舵角リミッタは、大きな舵を取って船の抵抗が増えることや変針時の旋回が早くなり過ぎることを防ぎます。

舵角リミッタの一般的な設定・・・ 10～15度

### ● 舵角リミッタを小さく設定する場合

- 【状況】 ・ 設定針路から外れても周囲に余裕がある場合。  
・ 潮流や風等の影響を受けない場合。

### ● 舵角リミッタを大きく設定する場合

- 【状況】 ・ 設定針路をできるだけ正確に維持する必要がある場合。  
・ 潮流や風等の影響を受ける場合。  
・ 速力を落とした状態で通常よりも舵効きが悪い場合

## ② 外部機器からの船首方位情報の取得

自動操舵装置では、ジャイロコンパス、磁気コンパス、GPSコンパス等により船の船首方位情報を取得し舵の制御を行っています。これらに誤差や不具合がある場合には、意図した方位とずれた方向に向かうこととなります。

特に、通常航行している場合に針路がずれるなどの現象が生じた場合には、自動操舵装置のみならず、その他のセンサーについても故障がないか確認することが必要です。

(参考)

### ○トラックコントロールシステム (TCS)

前述のとおり、自動操舵装置には船の船首方位だけを制御するものの他、船の航路を制御するものもあります。これは、前述の船の船首方位を制御する装置に加えて、電子海図表示装置などを用いて船の航路を指示することで、予め指定された航路を航行するシステムです。

この装置を用いれば風や潮流などで流されている場合でも航路を維持できますが、その他の特性などは変わらないので、このタイプの自動操舵装置を使用している場合でも、本ガイドラインに記載した留意事項に十分留意することが必要です。

#### 4. 内航船における自動操舵装置の使用実態について

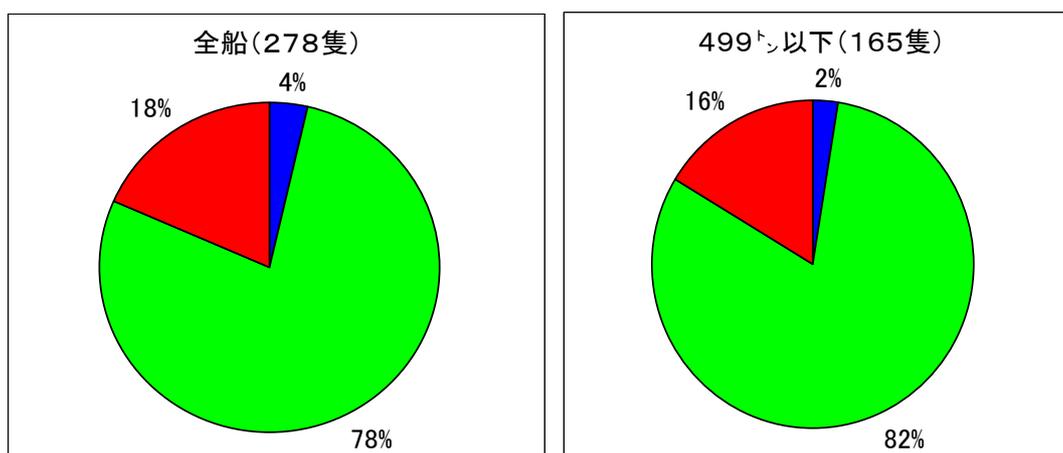
##### 4. 1 アンケートの実施

平成20年4月に日本内航海運組合総連合会、日本旅客船協会の協力を得て、自動操舵装置の使用状況についてアンケートを実施し、内航船278隻から回答がありました。(アンケートの詳細は付録2参照)

##### 4. 2 アンケート結果

###### (1) 自動操舵の使用状況

全体としては82%の船舶が海上交通安全法で規定されている航路内で自動操舵装置を使用する、あるいは場合によっては使用すると回答しており、500総トン未満の船舶においては、その割合が84%と高くなっています。



###### 凡例



自動操舵装置を使用する



場合によって自動操舵装置を使用する



自動操舵装置を使用しない

## (2) 自動操舵の長所・短所

アンケートで挙げられた自動操舵の長所としては、以下のように、より適切に航海当直を実施するに当たって有利な点が指摘されています。

- ・ 「見張りに集中できる」(24%)
- ・ 「視野が広がる」(10%)

一方、アンケートで挙げられた自動操舵の短所としては、自動操舵を使用するに当たって操船者が予め留意しておくべき、と考えられる事項として以下のようなものが挙げられています。

- ・ 「操船操作が遅れる」(20%)
- ・ 「潮流に影響されやすい」(20%)
- ・ 「外乱による変位が修正できない」(14%)
- ・ 「機器への過信」(15%)

また同時に、自動操舵装置による操船操作の特性として留意すべき、と考えられる事項として以下のようなものが挙げられています。

- ・ 「大角度の変針が難しい」(11%)
- ・ 「針路が安定しない」(11%)

以上のことから、内航船においては自動操舵装置の使用が一般的で、自動操舵装置を用いれば見張りに集中できるといったメリットを感じていることが窺えます。

一方、手動操舵に比べて操船操作が遅れることや潮流等の外乱の影響を受けやすいことを自動操舵の短所と捉えていることがわかります。

このため本ガイドラインでは、これらの操船者が短所と感じている点を中心に、自動操舵装置の使用に当たっての留意事項を整理します。

### 4. 3 実験の実施

自動操舵装置を用いた場合の操船特性を整理するため、以下の条件の船舶を操船シミュレータで再現し、自動操舵・手動操舵による操船を行った場合のデータを取得しました。(実験結果の詳細は付録3参照)

(対象船舶等)

499総トン型(満載)、船速12ノット

(比較のため30度変針のみ199総トン型、749総トン型の実験も実施。)

(検証項目)

1. 30度変針における手動操舵と自動操舵の比較
2. 大角度変針時のオーバーシュート角
3. 潮目での反応の手動操舵と自動操舵の比較
4. PID制御パラメータの影響

## 5. 自動操舵への切換え判断と自動操舵装置使用に当たっての留意事項

自動操舵装置は、舵の制御に係る操舵員の負担を軽減することにより、航海当直の際に見張りに専念すると共に、レーダー等の航海支援装置から得られる情報を有効活用することを可能にするという利点があります。従って、その適切な使用は、船舶の運航の安全性向上に資するものです。

しかしながら、自動操舵装置の特性を理解せず、これに過度に依存して船を運航する場合には、見張りがおろそかになり、船舶のふくそう状況や視界等の周辺状況次第では海難事故をひき起こす可能性もあります。

本章においては、海難事故を防ぐため、自動操舵装置の使用に当たり留意すべき事項について紹介しております。以下に示された事項に留意の上、自動操舵装置の適正な使用を心がけ、船の安全運航を心がけましょう。

### 5. 1 自動操舵への切換え判断

自動操舵装置とは、操船者が定めた設定針路に向かって進み続けるよう舵を制御する装置であり、一定の設定針路に向かって進み続ける場合には、航海当直者の疲労の軽減や見張りへの専念を促すことで、より安全な航海に寄与する装置です。

このため、以下の条件を満足するような状況下で航行する場合には、自動操舵装置は非常に有効な装置です。

- 周囲に衝突する恐れのある他の船舶が存在しないこと
- 周囲に障害物や浅瀬が存在しないこと
- 視界の状態が良好であること

このため、手動操舵から自動操舵へ切換えて航行する場合には、周囲が次のような状況ではないことを確認して下さい。

- 敏速な操船操作が必要となる他の船舶と危険な見合い関係が存在していないこと
- 周囲に座礁する恐れのある障害物や浅瀬などが無いこと
- 霧などの影響で周囲の視界が制限されていないこと

## 5. 2 自動操舵装置を使用するに当たっての留意事項

前項のように周囲の状況が良好な海域を航行する場合には、自動操舵装置は非常に有効な装置です。しかしながら、我が国周辺海域のように非常にふくそうした海域を航行している内航船の場合には、必ずしも周囲の状況が良好な海域のみを航行しているわけではありません。

以下のように周囲の状況を判断しながら航行する必要がある場合は、自動操舵のみで航行するのではなく、周囲の状況等を踏まえて、直ちに手動操舵に切換えて操船できるようにしておくことが必要です。

- ① 周囲の状況を判断しながら、他の船舶を回避するための操船が求められる場合。
- ② 狭い海域等で潮流の影響を受け、その影響を加味した操船が求められる場合。

なお、船員法施行規則では、船舶交通がふくそうする海域、視界が制限されている海域その他の船舶に危険のおそれがある海域を航行する場合に自動操舵装置を使用するときは、直ちに手動操舵を行うことができるようにしておくことなどが定められています。

手動操舵・自動操舵の切換えが必要となりうる状況下で航行する場合には、以下の事項に留意することが重要です。

- ① 手動操舵・自動操舵の切換えの際にはスイッチを操作する必要がある<sup>※</sup>ため、手動・自動の切換えスイッチの場所を予め確認しておくこと。
- ② 自動操舵へ切換えた際には、針路が安定するまでに時間がかかる可能性があるため、針路が安定したことを操船者が確認すること。

※ 自動操舵で航行している際に手動で舵を取っても手動優先にはなりません。

<参考> 船員法施行規則 第三条の十五

船長は、自動操舵装置の使用に関し、次の各号に掲げる事項を遵守しなければならない。

① 自動操舵装置を長時間使用したとき又は船舶交通がふくそうする海域、視界が制限されている海域その他の船舶に危険のおそれがある海域を航行しようとする場合には、手動操舵を行うことができるかどうかについて検査すること。

② 船舶交通がふくそうする海域、視界が制限されている海域その他の船舶に危険のおそ

れがある海域を航行する場合に自動操舵装置を使用するときは、直ちに手動操舵を行うことができるようにしておくとともに、操舵を行う能力を有する者が速やかに操舵を引き継ぐことができるようにしておくこと。

③ 自動操舵から手動操舵への切換え及びその逆の切換えは、船長若しくは甲板部の職員により又はその監督の下に行うこと。

### 5. 3 自動操舵装置の特性を踏まえた留意事項

自動操舵装置の使用については、以下の特性にも留意して使用することが望まれます。

① 変針においては、オーバーシュート角\*があることに留意し、変針方向の海域に余裕を持った設定を行うこと。特に大角度の変針においては、オーバーシュート角が大きくなる場合があるため、目標針路方向に他の船舶や障害物がないことを確認すること。

\*オーバーシュート角とは、目標とする進路を超えて回頭する角度を言い、この数字が大きいほど想定した針路から外れる度合いが大きくなります。

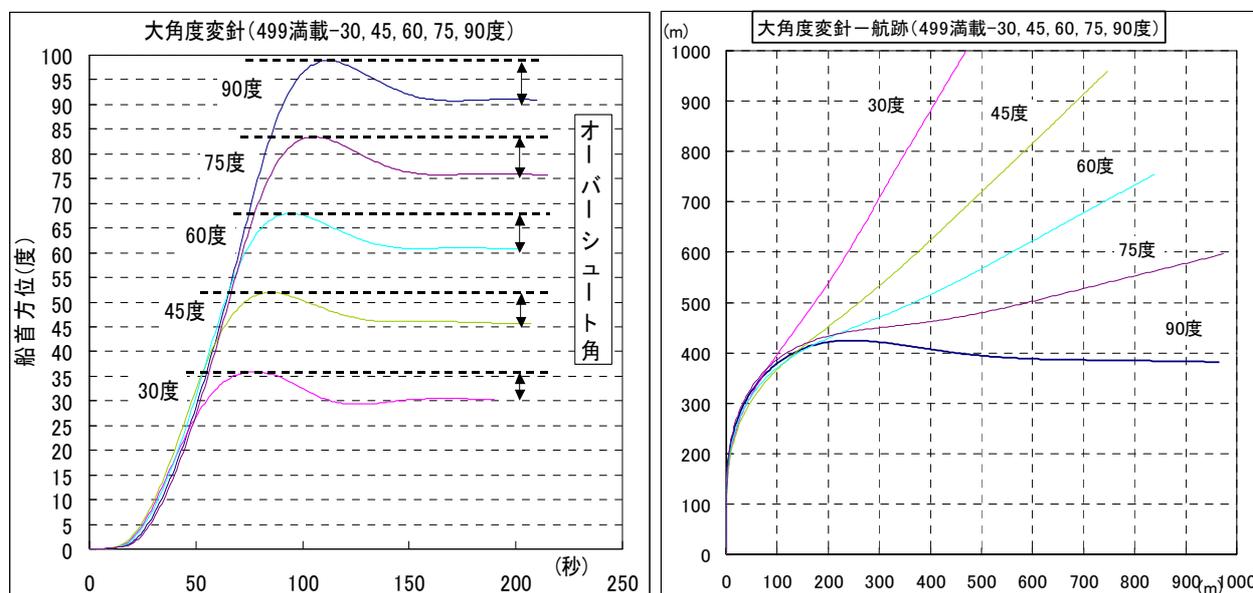


図1 自動操舵装置で変針した場合の船首方位の変化と航跡図  
(約5度～10度程度のオーバーシュート角が発生)

② 舵角リミッタは設定針路をできるだけ正確に維持する必要がある場合や潮流の影響を受ける場合には、大きく設定すること。

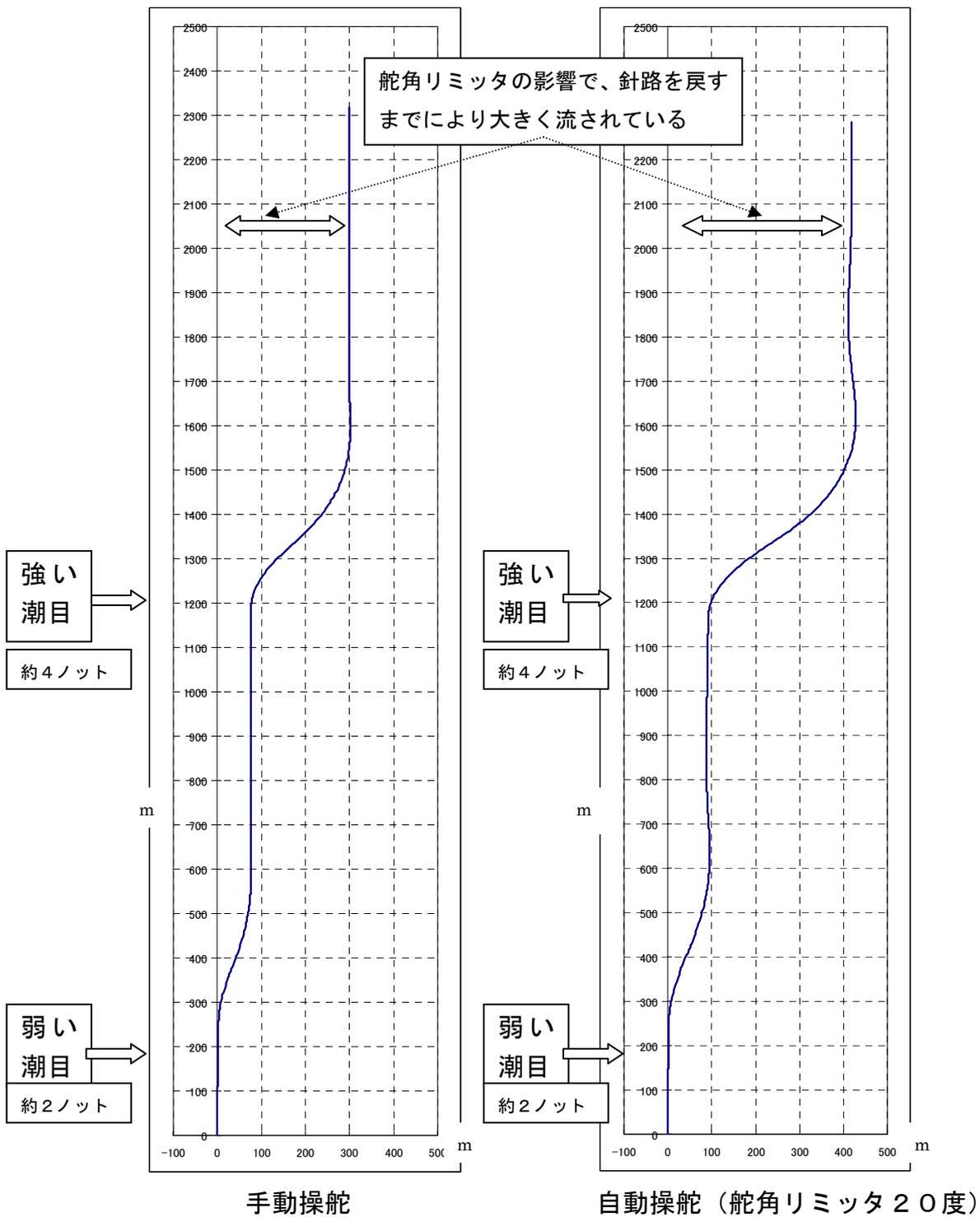


図2 潮目での反応

- ③ 自動操舵装置を用いて変針したときに、設定した針路を大きく蛇行したり、目標の針路に向かうまで非常に時間がかかる場合がある。この場合には、自動操舵装置の設定が不適切であることが考えられるため、調整を行うこと。  
(調整方法が分からない場合は、メーカーに問い合わせること。)

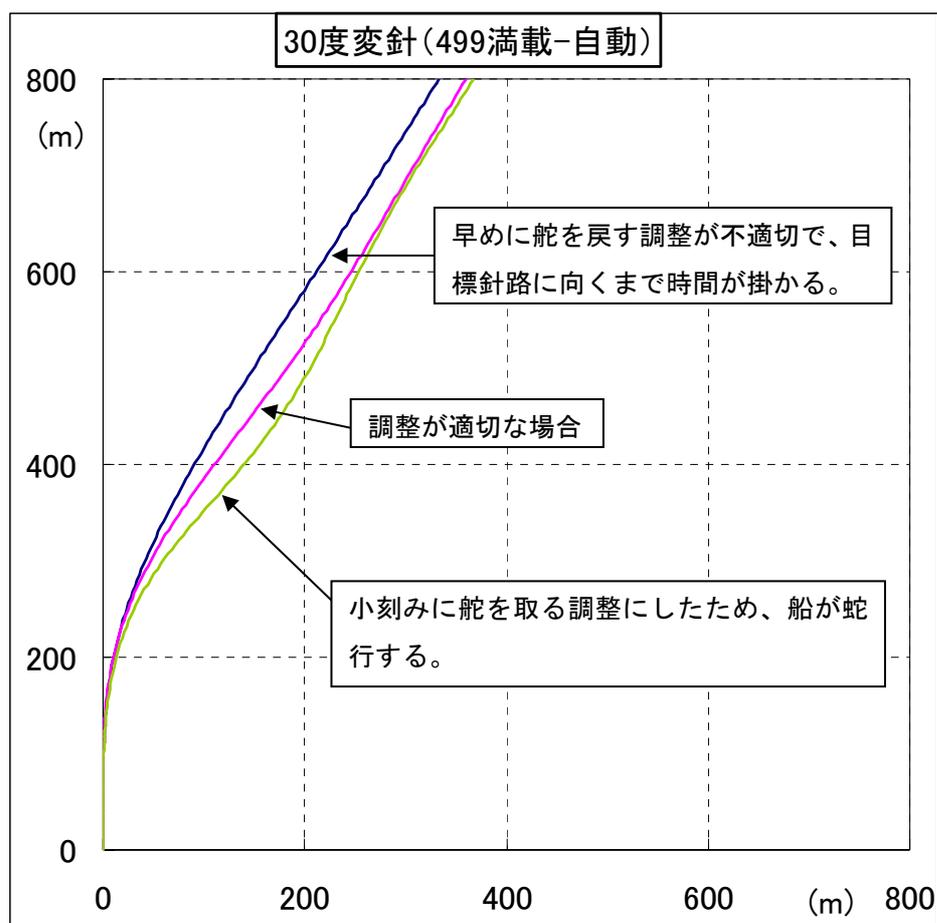


図3 適正な調整と不適切な調整

## 6. おわりに

航海当直においては、常に適切な見張りを行うことが大前提ですが、本ガイドラインで示した留意事項を踏まえ、航海当直者が自動操舵装置の基本性能を理解し、適正に使用していくことが重要です。

本ガイドラインの普及については、内航事業者団体や船員教育機関を通じて、現場の航海当直者や船員を目指す学生へ広く周知していくと共に、運輸安全マネジメント評価を通じて、安全統括管理者へ周知していくことで、海難事故の防止に役立つことを期待しています。

## 付録 1 自動操舵装置の制御方法について

自動操舵装置は、主に次の2つの制御方法によって作動しています。通常、これらの制御はメーカーによって調整され、船に設置されています。

### ① 比例制御

比例制御は、偏差（行きたい針路と現在進んでいる針路との差）に比例させて操作量を変える制御です。

例えば、比例制御の比率（ゲイン）が1.0倍で設定されている場合、針路を10度変えたい場合に舵を10度切り、15度変えたい場合は舵を15度切るというように、偏差と舵角を比例させます。

#### ● 適正な比例舵角調整

比例舵角調整は通常1.0倍の比率（ゲイン）に設定されています。

<参考>

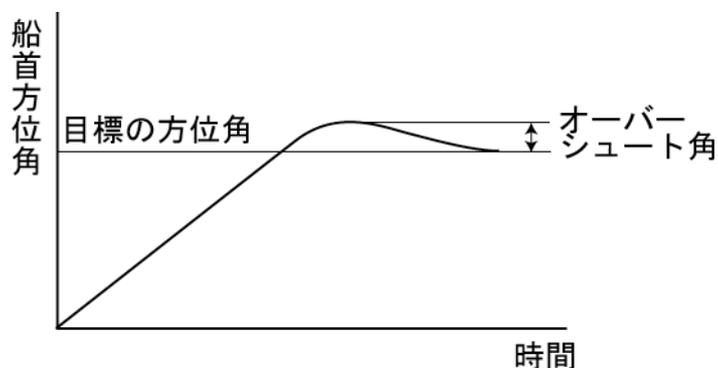
比例舵角調整を小さくすると偏差より小さな舵しか取らなくなり、比例舵角調整を大きくすると大きな舵を取るようになります。

### ② 微分制御

微分制御は、自動操舵による回頭中に目標針路に近づいた際に、オーバーシュート角を抑え目標針路に早く向かうよう、早めに舵を戻す制御です。

#### ※「オーバーシュート角」とは

オーバーシュート角とは、目標とする針路を超えて回頭する角度を言います。



付録図 1 オーバーシュート角

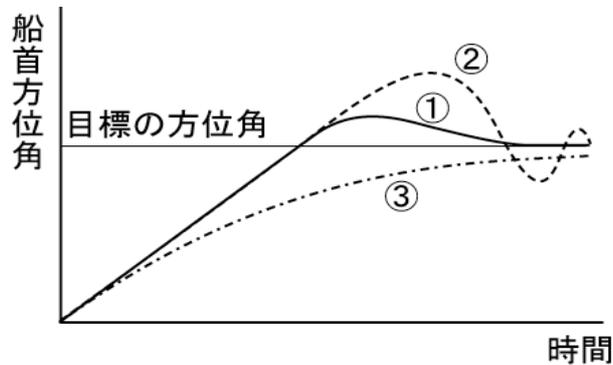
● 適正な微分舵角御調整

微分舵角調整はその船の特性に合わせて設定されています。

<参考>

微分舵角調整が小さすぎると、②のように船首方位が変動し船は蛇行します。微分舵角調整が大きすぎると、③のようにオーバーシュート角はなくなりますが、なかなか目標の方位角となりません。目標の針路に早く向かうためには、少しだけオーバーシュートさせて目標方位角に早く収束する①の様に調整するのが最適となります。

自動操舵で変針する場合は、オーバーシュート角により船首方位がある程度大きく変針してから戻ること前提に、変針する方向に陸地や他の船舶がある場合は、余裕を持って変針するよう航路を設定することが必要になります。



付録図2 適正なオーバーシュート角

## 付録2 アンケート結果概要

- ① 実施時期：平成20年4月
- ② アンケート対象：(社)日本旅客船協会、日本内航海運組合総連合会に加盟している内航の旅客船及び貨物船

- ③ 回答隻数：278隻

(内訳)

～499GT	165隻
500～999GT	55隻
1000GT～	23隻
GT不明	35隻

- ④ 質問内容

(ア) 海上交通安全法で規定されている航路内における自動操舵装置の使用について

(イ) 自動操舵と自動操舵の長所・短所について

※ 海上交通安全法で規定されている航路

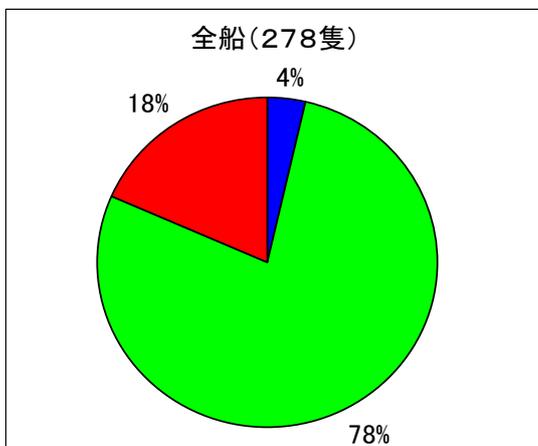
東京湾：浦賀水道航路、中ノ瀬航路

伊勢湾：伊良湖水道

瀬戸内海：明石海峡航路、備讃瀬戸東航路、宇高東航路及び宇高西航路、備讃瀬戸北航路、備讃瀬戸南航路及び水島航路、来島海峡航路

⑤ アンケート結果について

(ア) 海上交通安全法で規定されている航路内における自動操舵装置の使用について



凡例



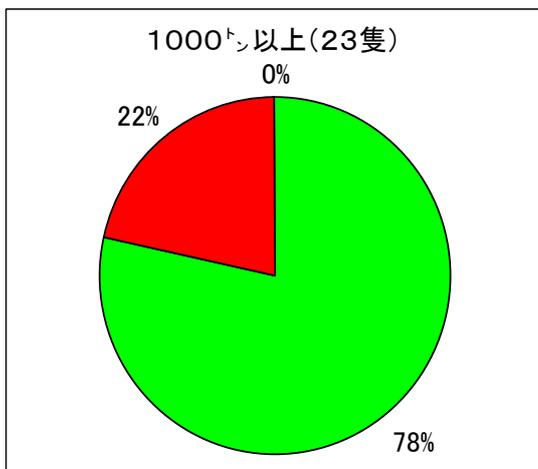
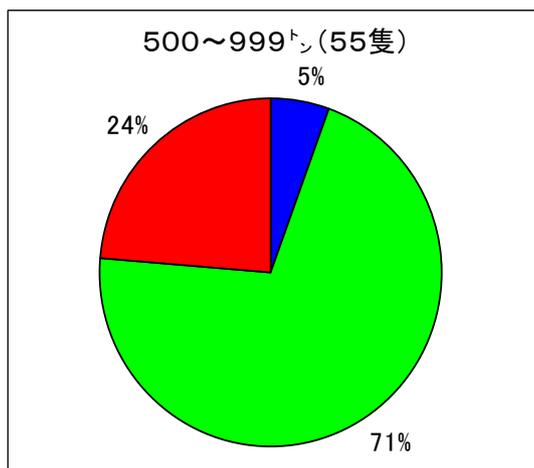
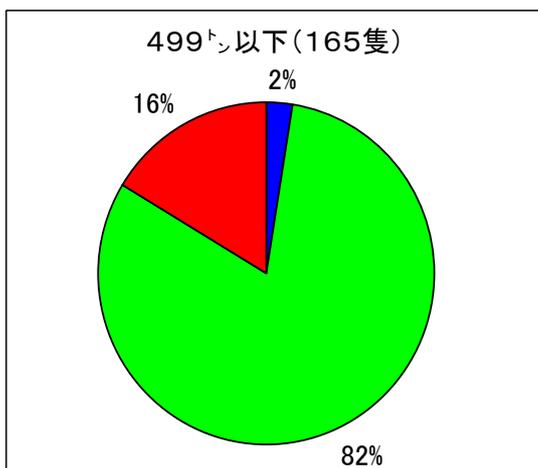
自動操舵装置を使用する



場合によって自動操舵装置を使用する



自動操舵装置を使用しない



(イ) 手動操舵と自動操舵の長所・短所について

手動操舵について

【長所】

【短所】

項目	割合(%)	項目	割合(%)
瞬時の操船が容易	23	見張りが疎かになる	24
潮流や風に対して有効	21	疲れる	19
避航操船に有効	14	針路保持が難しい	16
大舵操作が有効	10	他の作業ができない	10
保針性が良い	9	舵から離れられない	10
狭水道・港内に有効	6	人手が足りない	8
細かい運転可能	5	個人的操船技術の差が出る	5
変針がスムーズ	5	レーダー監視ができない	4
居眠り防止になる	4	操船装置が不便	2
自分の目と経験で十分	2	ヒューマンエラーの可能性	2
見張りが適切になる	1		

自動操舵について

【長所】

【短所】

項目	割合(%)	項目	割合(%)
見張りに集中できる	24	操船操作が遅れる	20
保針しやすい	18	潮流に影響されやすい	20
視野が広がる	10	機器への過信	15
海図確認・航海計器操作・航海日誌等	8	外乱による変位が修正できない	14
蛇行運転しにくい	7	大角度の変針が難しい	11
当直作業の軽減	6	針路が安定しない	11
肉体的疲労軽減	6	船位等確認作業の負担	3
レーダー及びプロッターがよく監視できる	6	自動・手動の切換え時の問題	2
人員の省力化	6	機械の故障が心配	2
VHF 電話の対応	4	相手船が本船の動きを予想しにくい	2
精神的負担軽減	4		
素早く手動操舵に切り替えられる	1		

### 付録3 シミュレータによる自動操舵装置の検証

#### 1. 30度変針における手動操舵と自動操舵の比較

##### (1) 実験条件

自船：199総トン型（満載、軽荷）

499総トン型（満載、軽荷）

749総トン型（満載、軽荷）の6種類

船速：12ノット

操舵方法：自動操舵（舵角リミッタ20度）と手動操舵

被験者：経験10年の航海士1名（実験結果では10）

経験1年程度の航海士2名（実験結果では1A、1B）

##### (2) 計測項目

- 最大進出距離
- 整定時間

##### (3) 実験結果

##### ■ 最大進出距離

（付録図 3.1）

手動操舵の場合、船型が大きくなると被験者によるばらつきが大きくなった。

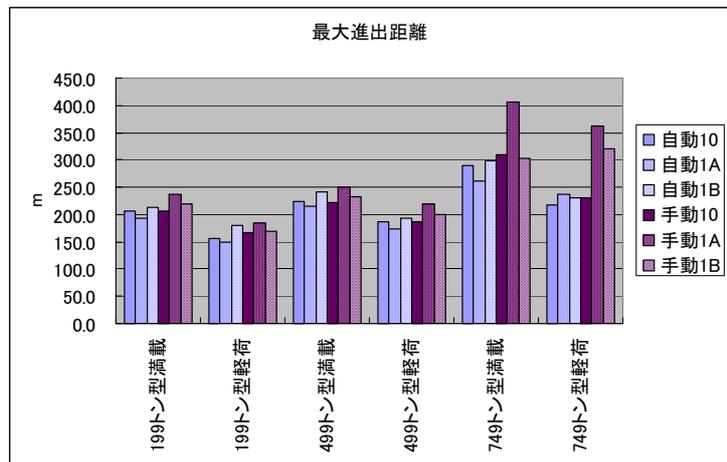
自動操舵の場合、被験者によるばらつきはなく、最大でも300mを越えなかった。

##### ■ 整定時間

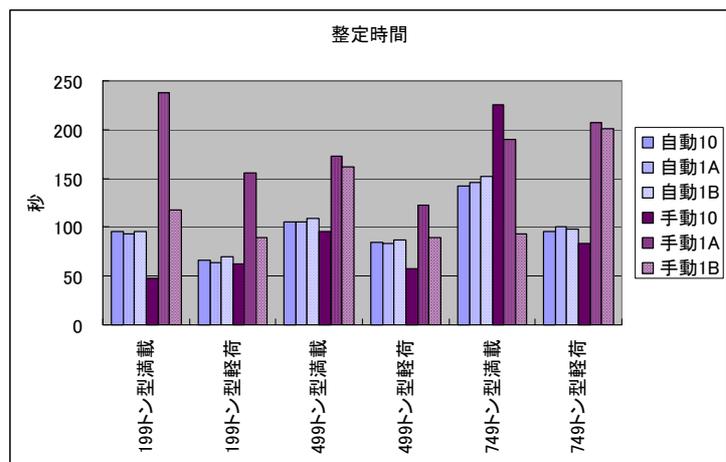
（付録図 3.2）

手動操舵の場合、熟練した操船者は自動操舵より早く目標針路に整定させることができた。

自動操舵の場合、安定した整定時間になっている。



付録図 3.1 最大進出距離の比較



付録図 3.2 整定時間の比較

## 2. 大角度変針時のオーバーシュート角

### (1) 実験条件

自船：499総トン型（満載）

船速：12ノット

変針角度：30度、45度、60度、75度および90度

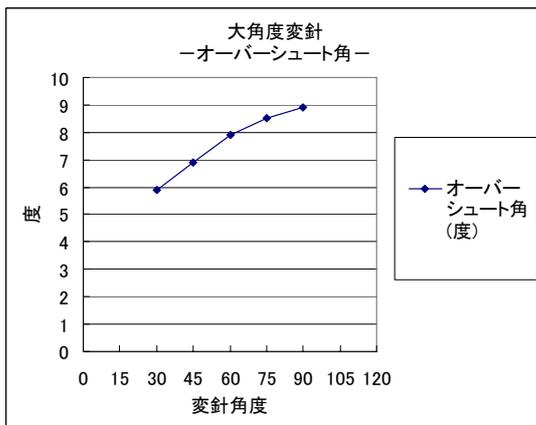
### (2) 計測項目

- オーバーシュート角
- 整定時間

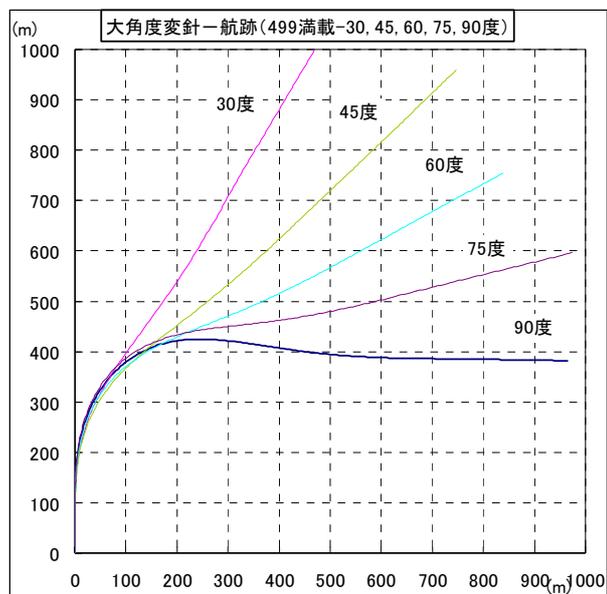
### (3) 実験結果

オーバーシュート角は変針角度が大きくなるに従って増大し、90度変針では、約9度であった。（付録図 3.3）

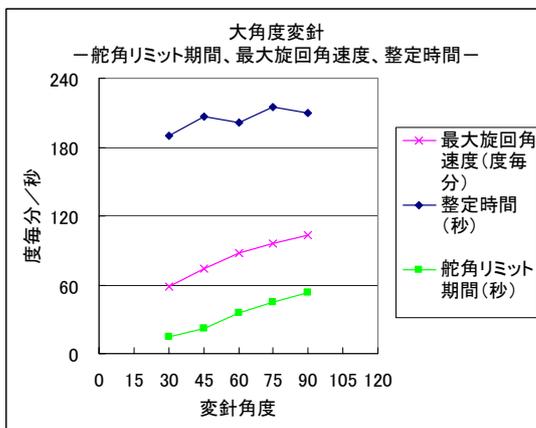
設定針路への整定時間はほぼ200秒付近で一定であった。（付録図 3.4）



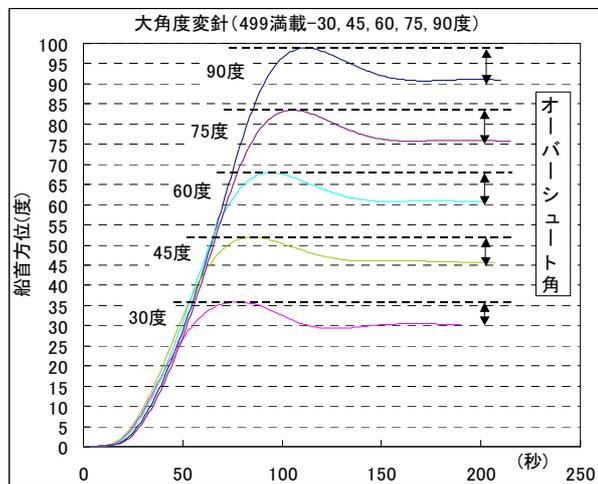
付録図 3.3 オーバーシュート角



付録図 3.5 航跡比較



付録図 3.4 旋回角速度、整定時間他



付録図 3.6 船首方位の変化

### 3. 潮目での反応の手動操舵と自動操舵の比較

#### (1) 実験条件

自船：499総トン型（満載）

船速：12ノット

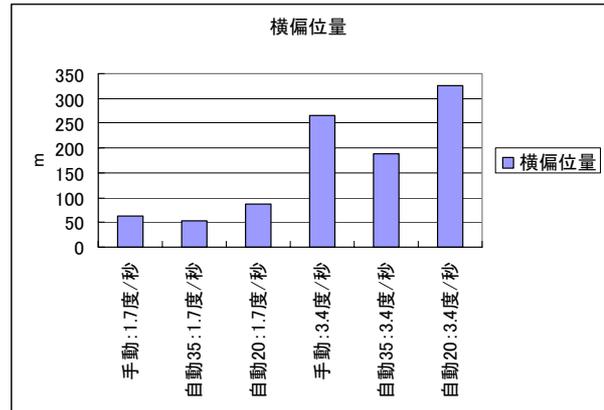
操舵方法：自動操舵（舵角リミッタ35度、20度）と手動操舵

（実験結果では自動35、自動20）

潮目：回頭角速度で、1.7度/秒および3.4度/秒の強さの潮目に遭遇する。※

#### (2) 計測項目

- 横偏位
- オーバーシュート角
- 整定時間



付録図 3.7 潮目遭遇時の横偏位置

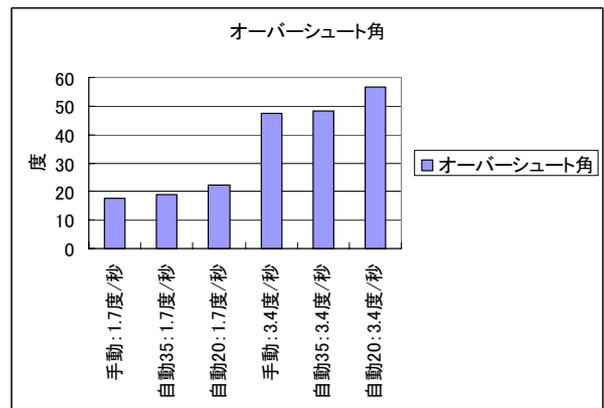
#### (3) 実験結果

##### ■ 横変位（付録図 3.7）

舵角リミッタ20度の場合は強い潮目遭遇時に横偏位が大きくなっている。

##### ■ オーバーシュート角（付録図 3.8）

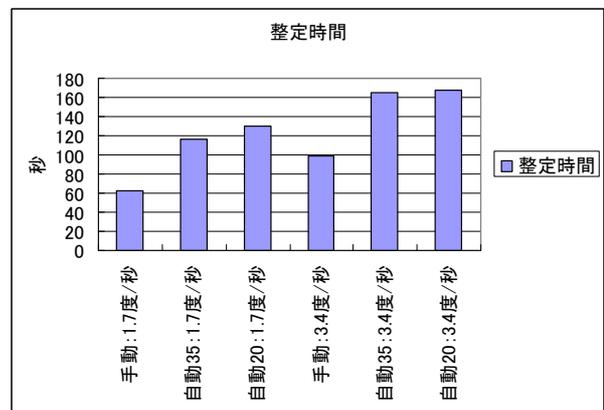
手動操舵と自動操舵がほぼ同等の値を示した。



付録図 3.8 潮目遭遇時のオーバーシュート角

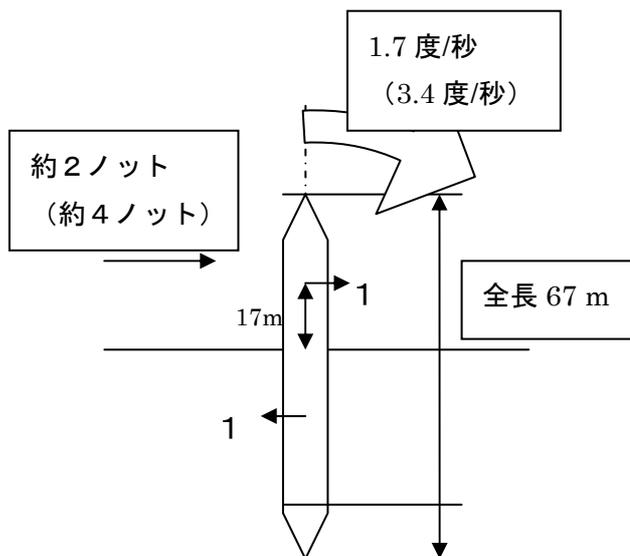
##### ■ 整定時間（付録図 3.9）

手動が最も短かった。



付録図 3.9 潮目遭遇時の整定時間

※ここで用いた潮目の強さは、約2ノット（1.7度/秒）、約4ノット（3.4度/秒）の流速差のある潮目の真上に乗った場合に相当する。



付録図 3.10 潮目の強さの

⋮

#### 4. PID制御パラメータの影響

##### (1) 実験条件

自船：499総トン型（満載）

船速：12ノット

比例ゲイン：0.5,1.0,2.0

微分ゲイン：0.5,1.0,2.0

舵角リミッタ：20度

以上の条件で30度変針を行った。

##### (2) 計測項目

- オーバーシュート角
- 整定時間
- 進出距離
- 舵角10度以上を取った時間

##### (3) 実験結果

- オーバーシュート角を抑える

(付録図 3.11)

比例ゲイン：小

微分ゲイン：大

- 整定時間を短くする

(付録図 3.12)

比例ゲイン：大

微分ゲイン：大

- 進出距離を抑える

(付録図 3.13)

比例ゲイン：大

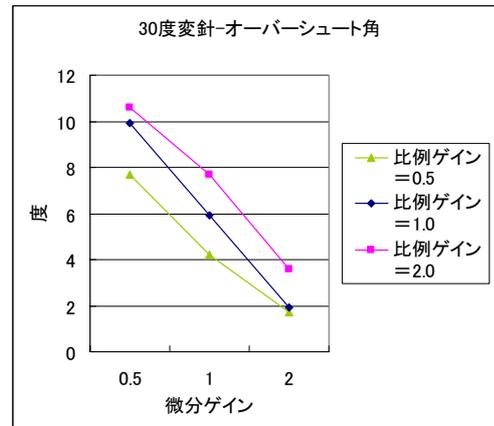
微分ゲイン：大

- 大きな舵を取っている時間を短くする

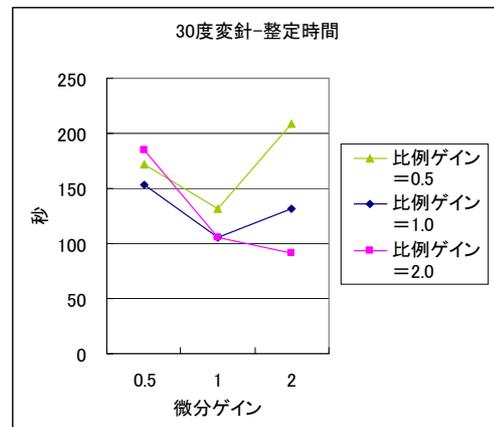
(付録図 3.14)

比例ゲイン：小

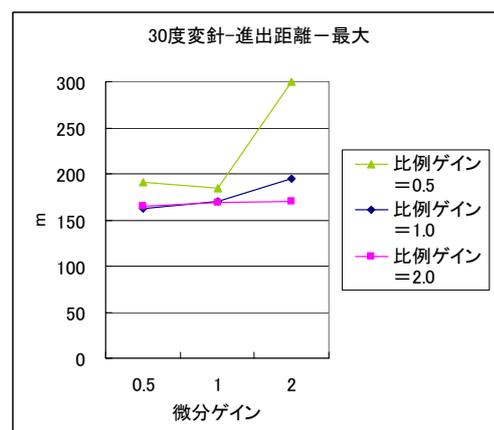
微分ゲイン：大



付録図 3.11 オーバーシュート角

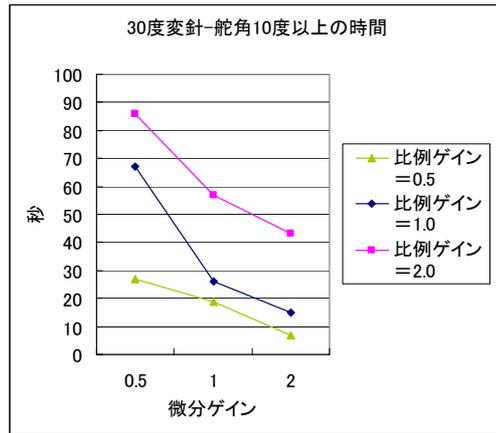


付録図 3.12 整定時間

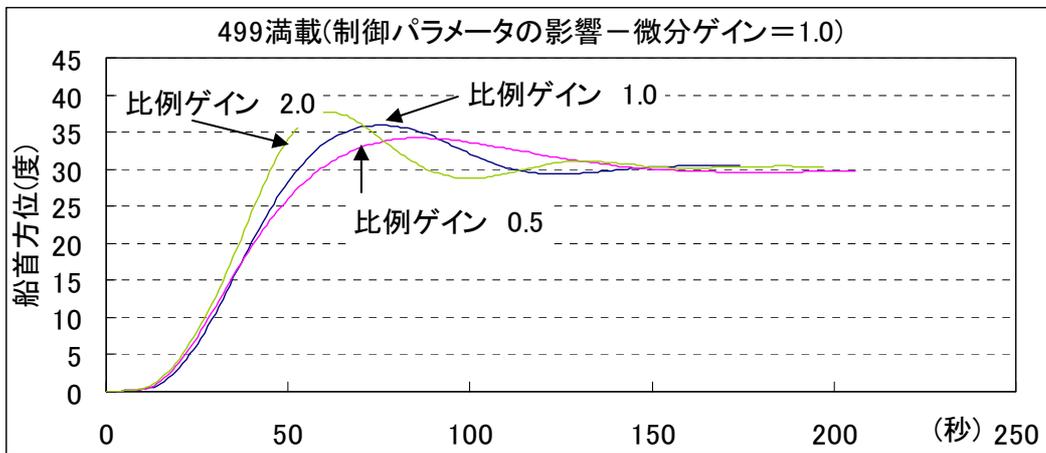


付録図 3.13 進出距離

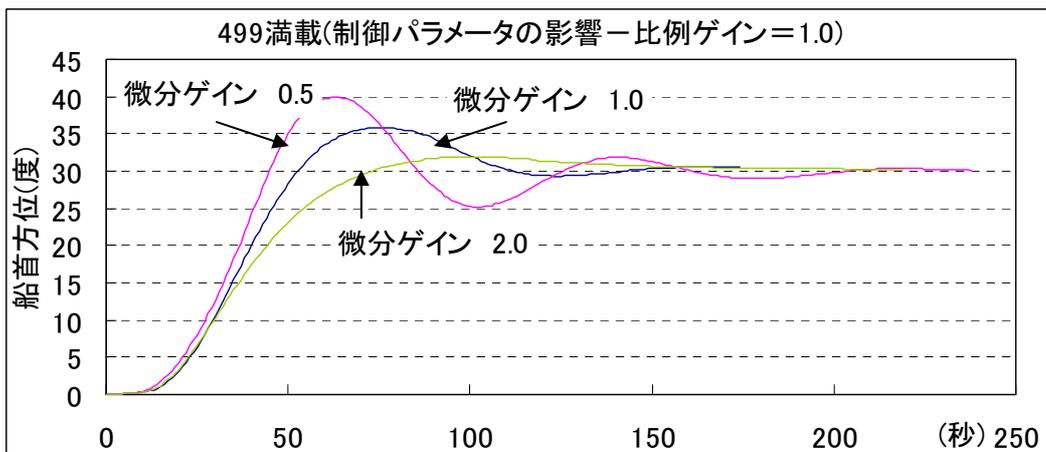
- 微分ゲインより比例ゲインが小さい  
→ 整定に時間が掛かる
- 微分ゲインより比例ゲインが大きい  
→ 蛇行する  
(付録図 3.15、3.16)



付録図 3.14 大舵角時間



付録図 3.15 比例ゲインの比較



付録図 3.16 微分ゲインの比較