

海上における遭遇船の目視観測距離の推定誤差について

正会員 ○八木 光晴（長崎大学） 正会員 楠本 成美（長崎大学）
正会員 山脇 信博（長崎大学） 正会員 清水 健一（長崎大学）

要旨

海上では陸上と異なり明確な目標が無いため、遭遇船との距離を目視観測において把握するのは困難である。近年では、レーダーや AIS 等の航海計器の発達により距離をほぼ正確に把握することが可能であるが、最終的には操船者の目による判断となる。本研究では、本船が衝突の恐れの有無を判断するときの代表的な要素の一つである相手船までの距離を目視により判断し、得られた推定距離とレーダー距離を基準とした場合の誤差率を比較して、被験者ごとに経験による違いが認められるかを調査したものである。その結果、経験年数の多い乗組員では誤差率はほぼ一定であったが経験の浅い学生では時として大きな誤差が得られた。また、相手船の大きさとの比較では相手船が小さいほど遠くに、大きいほど近くに見える傾向となった。相手船との実距離による比較においては相手船が近くにあるほど遠くに、遠いほど近くに見える傾向が見られたが、船体の色の違いによる推定誤差への影響は殆ど認められなかった。

キーワード：教育・訓練、目視観測距離、誤差率

1. はじめに

船舶が沿岸を航行する場合、付近に既知の高さの物標があれば、その仰角を六分儀で計測することにより距離を求める仰角距離法というものがある⁽¹⁾。しかし一般的には海上では陸上と比較して相対的な目安となるものがないため、距離を目視により把握するのは困難である。近年では、レーダーや AIS 等の航海計器の発達により距離をほぼ正確に把握できるが、避航操船や着岸操船では一般的に操船者の目視による判断が行われている⁽²⁾。

海上における目視観測の推定誤差については過去において目視による距離の推定を行いレーダー距離と比較したものがある⁽³⁾。この実験では 54 人の乗船経験者を対象に、眼高約 4.8m、視程約 9N.M. 時において 500m 付近までは比較的正確に目測できるがそれ以上になると過大に測りやすく 1000m を越えるとその傾向が強くなることが報告されている⁽³⁾。しかし、一般的に距離感とは、経験に基づく記憶や、学習に基づいて認知されて得られる認知距離と、単に大きさや物体の形状から得られる知覚距離の両方を総称したものと言え^(4,5)、船上での航海経験の多少や個人の特性によっても目視による距離の推定には誤差が発生すると考えられる。

そこで本研究では実際の海上において乗船中に衝突の危険の有無を判断する際に重要となる相手船

までの距離を目視により観測し、観測した推定距離の誤差を明らかにすることで目視観測による距離の誤差が訓練・経験によりどの程度小さくなるのか、またどういった場合に誤差が大きくなるのかを明らかにすることで海難に対する注意喚起や安全運航に寄与することを目的とした。

2. 方法

2.1 目視観測による距離の推定

長崎大学水産学部附属練習「長崎丸」（総トン数 842 トン）の船橋（眼高 9m）において、2015 年 4 月～12 月に乗船した専攻科進学希望の学生 11 名と、長崎丸で船橋当直業務に従事している乗組員 8 名を対象に、昼夜を問わず他の船舶（以下「対象船」とする）が視野内に視認できた場合に対象船までの距離を目視およびレーダーにより同時に計測した。測定日時とあわせて船の種類、船体の色、海上気象、及び AIS により判別できた場合に船体の長さについても観測野帳に記録した。ただし、目視観測を行う際には他の観測者の影響を排除するため、他の観測者とは会話をしないようにし、また、同一の船舶を複数回観測はしないこととした。

併せて、被験者はアンケート調査により視力を把握するとともに、乗組員 8 名に対しては当直従事年数についても調査した。

2.2 距離誤差と誤差率

本研究ではレーダーにより計測した対象船までの距離 (L_R) を真の値とし、目視観測により推定した距離 (L_V) との差を距離誤差 (L_E) として、以下の①式により求めた。

$$L_E = L_V - L_R \quad \cdots \textcircled{1}$$

①式において、符号のプラスは目視観測により推定した距離 (L_V) がレーダーにより計測した距離 (L_R) よりも大きい、すなわち実際よりも遠くに見えていることを示す。

また、距離誤差 (L_E) は以下の②式によりレーダーにより計測した真の距離 (L_R) に対する割合 (誤差率) として無次元化した。求めた誤差率は船の長さとの関係や船体の色、対象船までの実際の距離との関係性について調べた。

$$Error = \frac{L_E}{L_R} \times 100 (\%) \quad \cdots \textcircled{2}$$

3. 結果及び考察

3.1 被験者

本研究における被験者 19 名の各要素について表 1 に示す。被験者 A～H の 8 名は乗組員、I～S の 11 名は学生を示している。表は各被験者の年齢、視力 (カッコ内は矯正視力を示す)、船橋当直年数、長崎丸の船橋当直年数を並べたものである。学生については年齢 21 歳～23 歳で、乗船経験年数はいずれも 0.5 年 (6 ヶ月) であった。一方、乗組員については年齢や船橋当直年数に幅が見られ、短い人では船橋当直の経験が 1 年程度から、多い人では 30 年以上に及ぶ被験者もいた。

表 1 被験者の属性

		年齢 (歳)	通算乗船年数 (年)	長崎丸乗船年数 (年)	当直従事年数 (年)	視力 (矯正)
船員	A	36	3.5	3.5	3.5	(1.5)
	B	36	10	8	8	(1.0)
	C	31	2	2	1	1.5
	D	63	48	7.5	35	1.1
	E	60	40	12	40	(1.2)
	F	65	10年以上	10年以上	10年以上	
	G	36	12	3	3	(1.2)
	H	43	16	4	3	1.5
学生	I	21	0.5	0.5	0.5	(1.0)
	J	22	0.5	0.5	0.5	(1.0)
	K	21	0.5	0.5	0.5	(1.0)
	L	23	0.5	0.5	0.5	1.2
	M	23	0.5	0.5	0.5	(1.0)
	N	23	0.5	0.5	0.5	(1.0)
	O	23	0.5	0.5	0.5	(1.0)
	P	23	0.5	0.5	0.5	(1.0)
	Q	23	0.5	0.5	0.5	(1.0)
	R	23	0.5	0.5	0.5	(1.0)
	S	23	0.5	0.5	0.5	(0.8)

3.2 学生と乗組員の誤差率について

学生 7 名の目視観測における誤差率の結果を図 1 に、乗組員の目視観測における誤差率の結果を図 2 に示す。図 1、図 2 はともに横軸に観測回数、縦軸に誤差率を示したもので、縦軸の「0」を誤差ゼロとし、プラス方向をレーダー距離より遠くに見た場合の誤差量、マイナス方向をレーダー距離より近くに見た場合の誤差量として表したものである。

まず、図 1 の学生の場合に着目すると、学生 L や学生 N のように誤差率の振れ幅が観測回数を重ねる毎に小さくなる被験者が見られた。一方で、学生 I や学生 J のようにはじめと同じような誤差率の振れ幅が見られ、観測回数を重ねても誤差範囲が安定しない被験者もいた。これは本研究において、学生の場合は経験年数が浅く十分な訓練が行えていない可能性やその時々条件 (気象、海象、船の種類や大きさなど) によるためと考えられる。この中で、誤差がプラス方向に突出して大きいデータ、すなわちレーダー距離と比較して遠くに見た船舶に着目したところ、これらはいずれも共通して船体の長さが約 50m の船舶であった。反対に、誤差がマイナス方向に突出して大きくなっていったデータ、すなわち実際よりも近くに見ていた船舶に着目したところ、いずれも船体の長さが約 200m の船舶であり、共通して水平線よりも遠くにある船舶であった。また、実際よりも近くに見誤っていた船舶は共通して対象となる船舶が大きく、水平線よりも遠くに見えた船の一部を水平線付近にある船と見誤った可能性が考えられる。

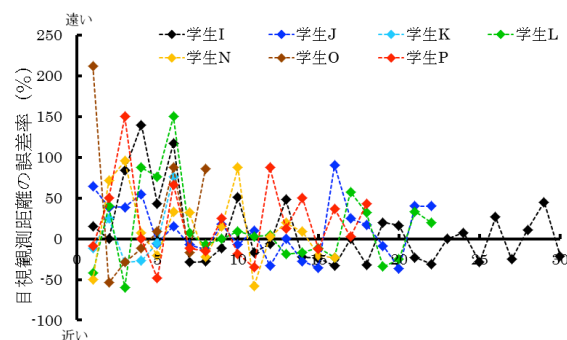


図 1 学生の目視観測結果の誤差率

一方、図 2 の乗組員の場合では学生と比べ誤差率のばらつきが小さく安定していた。表 1 より、乗組員の場合、当直従事年数は少ない人もいたがいずれも学生より乗船経験年数が多く、その分目視での距離の推定経験が多く、精度が向上していることが考

えられる。さらに、学生の場合と同様に、実際の距離との誤差の大きかった船舶について船の長さとの関係について調べたところ、乗組員の場合も学生と同じく、船体の長さが約 50m の船舶は誤差がプラス方向に大きく実際よりも遠くに推定しており、反対に船体の長さが約 200m の船舶は誤差がマイナス方向に大きく、すなわち実際の距離より近くに推定していた。

今回、水平線よりも遠くにある船舶について、学生と比較すると乗組員の場合にはデータの数は少ないが、乗船年数の長い乗組員は推定誤差が小さくなる傾向にあり、経験によって対象船舶が水平線より遠くにあるかどうかを瞬時に判別できていたことが考えられる。

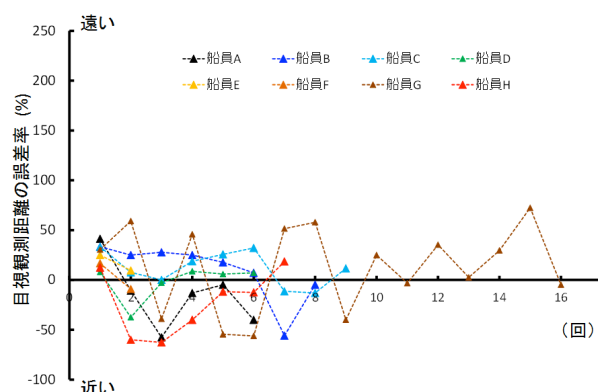


図2 乗組員の目視観測結果の誤差率

3.3 対象船の長さによる誤差の傾向

図1、図2により、学生、乗組員共に船の長さにより誤差が大きくなる場合があることが明らかになったことから、船の長さに着目し、目視観測距離の推定結果について、図3に示す。図3は学生、乗組員を合わせて横軸には対象船の長さ、縦軸に赤色で実際よりも船を遠くに見た人の割合を、青色で実際よりも近くに見た人の割合を表したものである。

図3に示すように対象船が長さ 50m 未満の船舶の場合には遠くに見る人の割合が 68%であったが、船の長さが増すごとに近くに見る人の割合が増加し、対象船の長さが 200m～300m 未満の場合には反対に近くに見る人の割合が 66%となった。このことから、対象船の長さは経験の多少にかかわらず目視観測距離に影響を与える要因の1つであることが示唆された。特に、対象船の長さが 50m 未満の場合、もしくは長さが 200m 以上の船舶は特に注意が必要であると考えられる。

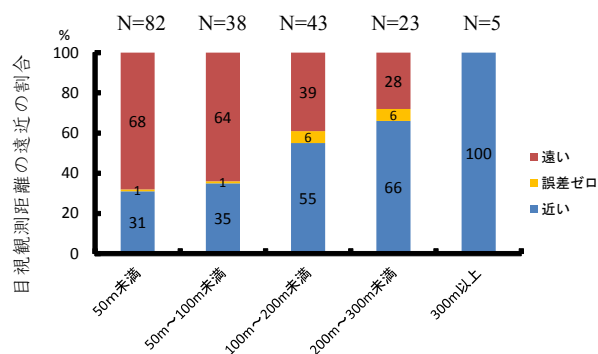


図3 対象船の長さによる誤差の傾向

3.4 対象船までの実距離による誤差の傾向

次に、対象船までの実距離と目視観測の見え方の違いについて、被験者全体の傾向を図4に示した。図4は横軸に対象船までの実距離（マイル）を、縦軸には観測した船の距離を実際より遠くに見た人の割合を赤で、反対に実際よりも近くに見た人の割合を青で表したものである。

図4に示すように、対象船までの実距離が 0～2 マイル未満の場合には実際より遠くに見る人の割合が 62%であったが、対象船までの実距離が増すごとに近くに見る人の割合が増加し、対象船までの実距離が 4～6 マイル未満の場合には近くに見る人の割合が 60%となった。結果として、対象船までの実距離が遠いほど近くに見える傾向があり、反対に対象船までの実距離が近いほど遠くに見える傾向があることがわかった。すなわち実際の距離が近い船舶は実際よりも遠くに見える傾向があり、操船者が意図する以上に本船に近づく可能性があるため特に注意が必要だと考えられる。

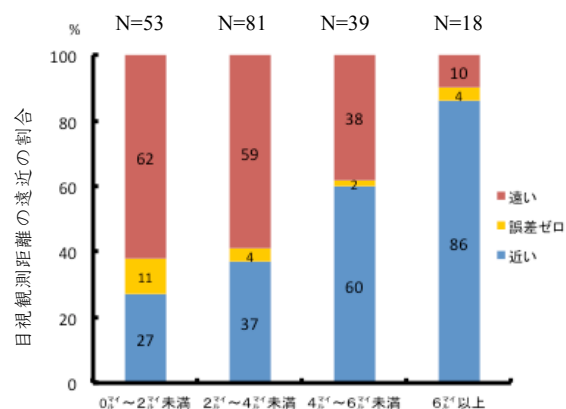


図4 対象船までの実距離による誤差の傾向

3.5 船体の色による誤差の傾向について

本研究では夜間の観測結果がほとんど得られなかったため、対象船の船体の色とそのときの誤差率の大きさについて比較した。図5は横軸に船体の色を黒、白、青の場合に分けて縦軸に対象船の距離を実際よりも遠くに見た人の割合、もしくは近くに見た人の割合を表したものである。

この結果をみると船体の色の違いによる大きな違いは見られず、したがって対象船の船体の色は目視観測距離に大きな影響を与えないと考えられた。

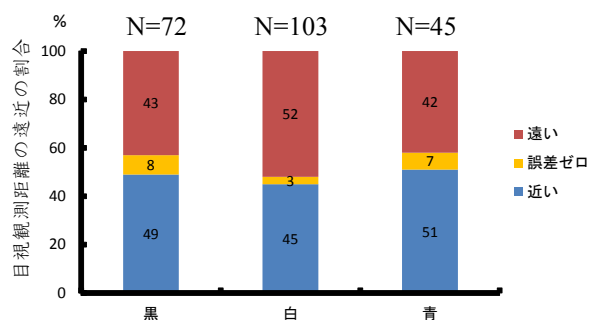


図5 船体の色ごとの誤差率の比較

4. まとめ

本研究では目視観測による対象船舶の推定距離の誤差をさまざまな場合に分けて検証し、どういった場合に誤差が大きくなるのか、またその誤差は経験により小さくすることが可能であるのかについて、当直中に実際の海上において乗船調査を行った。その結果、以下点が明らかになった。

- (1) 学生については、観測回数を重ねることにより誤差の範囲が小さくなる傾向は見られたものの、誤差の範囲は ± 2 マイル程度と乗組員と比べると大きくなっていた。また、調査回数を重ねてもばらつきの範囲が安定せず、本研究の範囲においては明確な上達は認められず、半年程度の乗船期間では距離の推定精度の向上は見られなかった。
- (2) 乗組員については、はじめから誤差範囲が狭く安定している傾向があり、誤差の範囲は $+1$ マイル ~ -0.5 マイル程度に収まった。また、誤差率についても学生と比較して全般的にばらつきの範囲が小さく安定していた。
- (3) 推定誤差の大きくなる場合には、約50m未満の小さい船舶の場合は遠くに見る傾向、反対に約200m以上の大きい船舶は近くに見る傾向が認

められた。

- (4) 対象船舶の船体の色との関連性については明らかなものは認められなかった。

海況は視程や明るさ、視界の状態などにより、目視観測に影響を与えると考えられるが、本研究では海況との比較や夜間の観測における傾向について明らかにすることができなかった。

また、夜間の観測では、船舶の種類ごとに航海灯、集魚灯、作業灯など灯火の種類により見え方が異なるため、昼間とは違った傾向が現れる可能性も考えられる。今後この点についても明らかにしていく必要がある。

謝辞

本研究を行うに当たり調査に御協力いただいた長崎丸乗組員一同及び長崎大学水産学部4年次生の皆さまに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- (1) 長谷川健二：新訂 航海科算法、海文堂出版株式会社、pp.107-109、東京、1964.
- (2) 長畑 司：避航の判断と操船者の特性、日本航海学会論文集、Vol.48、p.77-85、1973.
- (3) 長畑 司：海上における遠近感と目視距離、日本航海学会論文集、Vol.66、pp.47-55、1982.
- (4) 田崎 京二、大山 正、桶渡 涓二編：視覚情報処理、朝倉書店、東京、1979.
- (5) 大山 正：視覚心理学への招待-見えの世界へのアプローチ-、株式会社サイエンス社、pp.216-231、東京、2000.