

# 44 浦賀航路における危険な遭遇頻度および避航失敗確率の推定

装備部 金湖富士夫

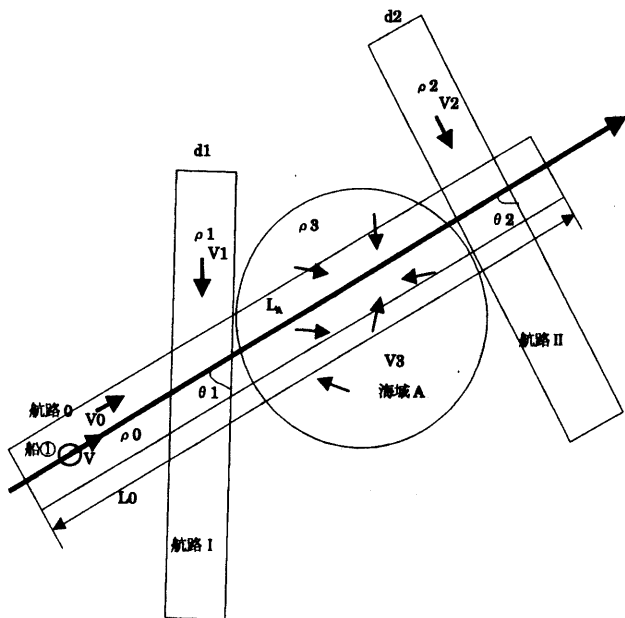
## 1. はじめに

衝突事故は、そのまま航行すると衝突する危険が発生し、回避可能な時間内に回避行動を採らなかった場合に発生する。

衝突事故を防止する方法は、危険な遭遇の頻度を減らすこと、あるいは、危険な遭遇が発生した場合に確実に回避するための措置を採ることを可能にするための支援を行うことの2つに大きく分けられる。前者として、東京湾賀航路等に設定されているセパレーション・スキーム（分離航行）が挙げられる。後者としては、衝突危険の認知のための支援装置（レーダー、ARPA等）、遭遇した場合の回避方法の指示（海上衝突予防法等）等がある。通常、見張りが衝突危険の発生を感知して操船者に通知し、操船者は、法規に従い、適当なタイミングで回避操船を行うため、衝突することはまれである。しかし、種々の不幸な状況が重なって回避できず衝突する場合がある。支援方法の効果は、衝突危険が発生した場合の衝突回数の減少で評価される。すなわち、同じ回数だけ衝突危険が発生した場合の衝突事故数で評価される。そのためには、衝突危険の発生数を正確に推定することが必要となる。

衝突危険の発生数に関しては藤井等による先駆的な検討<sup>1)</sup>があり、ここで示す著者の方法<sup>2)</sup>は定式化はその方法と同じであるが、任意の進行方向の船舶が航行している場における危険な遭遇の発生回数の推定にまで拡張しており、任意の海域で使用可能にしたものである。

ここでは、本方法の有効性を示すために、浦賀航路を例にとり、現在、浦賀航路に施行されているセパレーション・スキーム、および、さらなるRCO(Risk Control Option：安全対策)としての速度管理の効果を検討する。浦賀航路での衝突回数は、海上保安庁の要救助海難統計<sup>3)</sup>から、また浦賀航路における通航船舶数は海上保安庁による通航船舶実態調査報告書<sup>4)</sup>から得た。



図一1 航行環境

## 2. 遭遇頻度の求め方

ある船①(速度V)が、図1の航路0を左下から右上の方に航行する場合、航路I、航路II、海域Aが図1のように設定されていたとすれば、船①が航路0を出るまでに、危険な遭遇関係に出会う(他船の中心が船①の中心からr以内に入る)平均回数( $\lambda$ )は、以下のようになる<sup>2)</sup>。

$$\begin{aligned} \lambda_0 &= 2r\rho_0V_0T_0\sqrt{1+\alpha_0^2+2\alpha_0\cos\pi} \\ \lambda_1 &= 2r\rho_1V_1T_1\sqrt{1+\alpha_1^2+2\alpha_1\cos\theta_1} \\ \lambda_2 &= 2r\rho_2V_2T_2\sqrt{1+\alpha_2^2+2\alpha_2\cos\theta_2} \\ \lambda_A &= \frac{4r\rho_3V_3T_3}{\pi}(1+\alpha_3)E\left(\frac{2\sqrt{\alpha_3}}{1+\alpha_3}\right) \end{aligned} \quad \cdots(1)$$
$$\lambda = \lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_A$$

但し、

- $\lambda_0$ …航路0を航行する船舶との遭遇回数
- $\lambda_1$ …航路Iを航行する船舶との遭遇回数
- $\lambda_2$ …航路IIを航行する船舶との遭遇回数

$\lambda_A$ …海域 A を任意の方向に航行する船舶との遭遇回数

$V_0$ …航路 0 を航行する船舶の速度

$V_1$ …航路 I を航行する船舶の速度

$V_2$ …航路 II を航行する船舶の速度

$V_3$ …海域 A を任意の方向に航行する船舶の速度

$T_0$ …船舶①が航路 0 を通過する時間

$T_1$ …船舶①が航路 0 と I の交差点を通過する時間

$T_2$ …船舶①が航路 0 と II の交差点を通過する時間

$T_3$ …船舶①が海域 A を通過する時間

$\rho_0$ …航路 0 の船舶の密度

$\rho_1$ …航路 I の船舶の密度

$\rho_2$ …航路 II の船舶の密度

$\rho_3$ …海域 A の船舶の密度

$\alpha_0=V/V_0$ 、 $\alpha_1=V/V_1$ 、 $\alpha_2=V/V_2$ 、 $\alpha_3=V/V_3$

## 2. 1 セパレーション・スキームの場合

遭遇する船舶は同航船のみであるので、1 隻の船舶

が、航路帯の入り口から出口まで航行する間に危険な遭遇に陥る回数は、以下のように求められる。

$$n = \rho 2rT |V - V_0|$$

$$\rho = \frac{N}{V \cdot b \cdot t}$$

…(2)

ここで、

$V$  : 航路帯を航行している船舶の速度

$V_0$  : 自船の速度

$N$  : ゲートラインを時間  $t$  内に通航した船舶数

$b$  : 航路帯の幅 (以下、700m とする)

$T$  : 自船が航路帯を通過するまでの時間

$r$  : 自船に衝突する船舶と自船の最短距離で、2 船の半幅の和となる。ここでは、日本船舶明細書<sup>6)</sup>にある 20GT 以上の日本籍船舶およそ 12,000 隻の総トン数と型幅の回帰分析により、文献 5)の船型分布の代表型幅をそれぞれ求めそれらから、平均型幅を北航船、

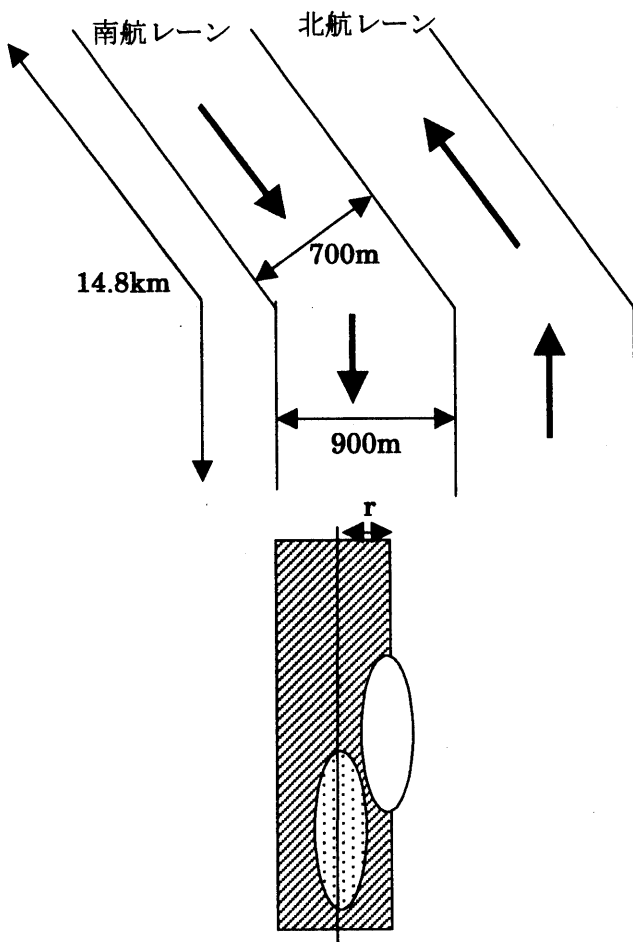


図-2 浦賀航路、衝突半径  $r$

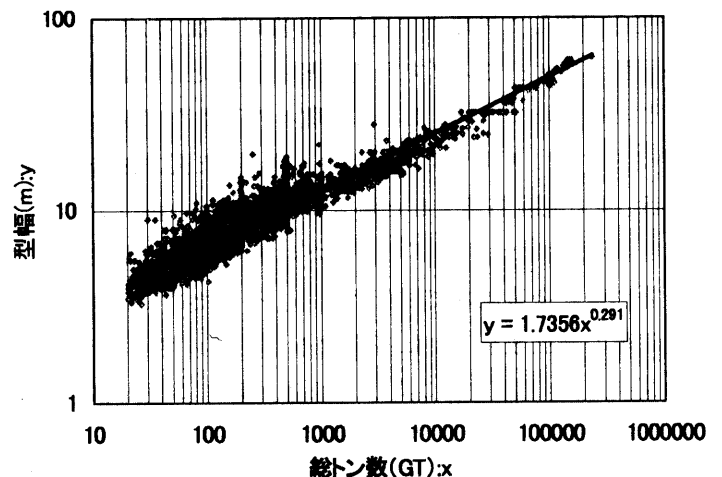


図-3 総トン数と型幅との関係<sup>6)</sup>

表-1 船型分布と型幅(北航船)<sup>6)</sup>

| 総トン数           | 隻数  | 比率 (A) | 型幅 (m) (B) | A×B(m) |
|----------------|-----|--------|------------|--------|
| 0-20           | 41  | 0.122  | 4.15       | 0.5    |
| 20-500         | 111 | 0.329  | 10.6       | 3.5    |
| 500-3000       | 120 | 0.356  | 17.8       | 6.3    |
| 3000-20000     | 54  | 0.160  | 31         | 5.0    |
| 20000-(100000) | 11  | 0.033  | 49.5       | 1.6    |
| 合計             | 337 | 1.000  | 型幅の平均値     | 16.9   |

表-2 船型分布と型幅(南航船)<sup>4)</sup>

| 総トン数           | 隻数  | 比率 (A) | 型幅 (m) (B) | A×B(m) |
|----------------|-----|--------|------------|--------|
| 0-20           | 16  | 0.047  | 4.15       | 0.2    |
| 20-500         | 143 | 0.424  | 10.6       | 4.5    |
| 500-3000       | 131 | 0.389  | 17.8       | 6.9    |
| 3000-20000     | 49  | 0.145  | 31         | 4.5    |
| 20000-(100000) | 7   | 0.021  | 49.5       | 1.0    |
| 合計             | 346 | 1.027  | 型幅の平均値     | 17.1   |

南航船毎に求めた(図-3、表-1、表-2)。

浦賀航路を航行する船舶には、北航船、南航船毎に速度の分布がある。また、時間毎に航路を通過する船舶数が異なる。これらを考慮して、浦賀航路内での遭遇回数を以下に算出する。時間毎の船舶数の分布、通航船舶の速度分布は、文献 5)より得る。なお、文献 4)では、3 日間観測の合計が記されているので、それを 3 で除して 1 日の通航数とした。

以下に、北航船とおしの遭遇危険発生数( $M_{n \rightarrow n}$ )、南航船とおしの遭遇危険発生数( $M_{s \rightarrow s}$ )の推定式を示す。

$$M_{n \rightarrow n} = \frac{N_n^2 r L}{\bar{V}_n b} \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{|V_n - V_{n0}|}{V_{n0}} f_n(V_n) f_n(V_{n0}) dV_n dV_{n0}$$

$$M_{s \rightarrow s} = \frac{N_s^2 r L}{\bar{V}_s b} \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{|V_s - V_{s0}|}{V_{s0}} f_s(V_s) f_s(V_{s0}) dV_s dV_{s0}$$

…(3)

ここで、

$N_n$  : 北航船が 1 定時間内 (1 時間) にゲートラインを通過する船舶数。

$N_s$  : 南航船が 1 定時間内 (1 時間) にゲートラインを通過する船舶数。

$\bar{V}_n$  : 北航船の平均速度(=10.74kt)

$\bar{V}_s$  : 南航船の平均速度(=11.15kt)

$L$  : 浦賀航路の長さ (14.8km)

$f_n$  : 北航船の速度の確率密度関数(正規分布、標準偏差 : 2.296kt)

$f_s$  : 南航船の速度の確率密度関数(正規分布、標準偏差 : 2.393kt)

とすると、1 日の時間毎の  $M_{n \rightarrow n}$ 、 $M_{s \rightarrow s}$ 、および、これらの合計は表 3 (平成元年度のみ例示する) のように求まり、年毎の変化は、表 4 のようである。表-3 では、それぞれの方向の航行隻数の合計を文献 4)より得、文献 5)より得たそれぞれの方向の時間毎の船舶数の比率を乗じて時間毎の航行隻数の算出して  $N_n$ 、および  $N_s$  を求め、(3)式により各方向の遭遇回数を求めた。

2. 2 セパレーション・スキームに、速度の標準偏差を 10%とする速度管制

$f_n$  の標準偏差を 0.2296、 $f_s$  の標準偏差を 0.2392 とする。表-3、表-4 に結果を示す。

2. 3 セパレーション・スキームがない場合

この場合は幅 1400(および 1800)m、長さ 14.8 km の航路に、北航船、南航船が混在しているとする。

$$M_{n \rightarrow n} = \frac{N_n^2 r L}{2 \bar{V}_n b} \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{|V_n - V_{n0}|}{V_{n0}} f_n(V_n) f_n(V_{n0}) dV_n dV_{n0}$$

$$M_{s \rightarrow s} = \frac{N_s^2 r L}{2 \bar{V}_s b} \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{|V_s - V_{s0}|}{V_{s0}} f_s(V_s) f_s(V_{s0}) dV_s dV_{s0}$$

$$M_{n \rightarrow s} = \frac{N_n N_s r L}{\bar{V}_n b} \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{V_n + V_s}{V_n} f_n(V_n) f_s(V_s) dV_n dV_{s0}$$

$$M_{s \rightarrow n} = \frac{N_n N_s r L}{\bar{V}_s b} \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{|V_s - V_{s0}|}{V_{s0}} f_s(V_s) f_n(V_{s0}) dV_s dV_{s0}$$

$$M_{all} = M_{n \rightarrow n} + M_{s \rightarrow s} + \frac{M_{n \rightarrow s} + M_{s \rightarrow n}}{2}$$

…(4)

$M_{n \rightarrow s}$  : 北航船が、南航船と遭遇する回数。

$M_{s \rightarrow n}$  : 南航船が、北航船と遭遇する回数。

結果を、表-3、表-4 に示す。

### 3. 考察

#### 3. 1 避航失敗確率について

浦賀航路が設定されたのは、海上交通安全法が施行された昭和 48 年 7 月である。ここでは、それ以前とそれ以後とでの衝突回数の変化、避航失敗確率(危険な遭遇の発生回数と衝突回数の比)を入手し得る資料(要救助海難統計<sup>3)</sup> : 昭和 43 年から 53 年、昭和 59 年から平成 8 年および通航船舶実態調査報告書<sup>4)</sup> : 平成 48 年から 53 年、平成元年から 8 年)から算出する。

文献 3)は、衝突で要救助の場合、海上保安庁が救助した船舶の隻数が記されており、衝突に関わった船舶が全て記されているわけではない。したがって、要救助の数値から衝突回数を得るために、衝突した箇所を示してある図から、同じ衝突かどうかを判定した。また、要救助海難統計には不要救助も含めた隻数が記されているが、この数値は衝突回数の 2 倍と考えることにした。文献 3)の衝突には流木等への衝突も含まれているがこれを見捨てることにする。

図-4、図-5 に航路設定前後の衝突回数の分布を示す。航路設定前 (衝突回数の年平均 : 2.0) はデータ数が 5 年分 (5 件) しかないため、実績値の分布が理論分布とあまり一致していないが、航路設定後 (衝突回数の年平均 : 0.278) はデータ数が 18 年分 (18

件)とある程度あるため、実績値の分布と理論分布とが良くあっている。

表-4より、浦賀航路設定前と後とでは、年平均の衝突回数は、一桁小さくなっている。また、浦賀航路設定前と後とでは、避航失敗確率(航路設定前： $6.867\text{E-}05$ 、航路設定後： $4.136\text{E-}05$ )の比は約1.6となっている。分離航行により遭遇回数は約4分の1になることがわかるが、これを考慮しても分離航行の方が避航失敗確率が低いのは、同航と反航では避航の困難さが異なるためと考えられる。文献1)では、実態調査等より、反航は同航の場合より、1.3から1.8倍ほど避航失敗確率が高いことが記されている。また、同文献では、避航失敗確率として、反航の場合は $2\times 10^{-4}$ 、同航の場合は $1\times 10^{-4}$ 、さらに推定精度として $10^{\pm 5}$ 、すなわち3倍から1/3倍程度としている。したがって、ここで推定した値は、文献1)の値とほぼ一致していると言えよう。

要救助海難統計に把握されている衝突事故以外にも軽微な衝突で未報告のものもあると思われる、さらに衝突件数は増加すると考えられ、今のところそれらの実数は未把握である。

今後、船型の分布およびそれに伴う速度の分布等の考慮をさらに行うことによってより詳細な検討が可能である。

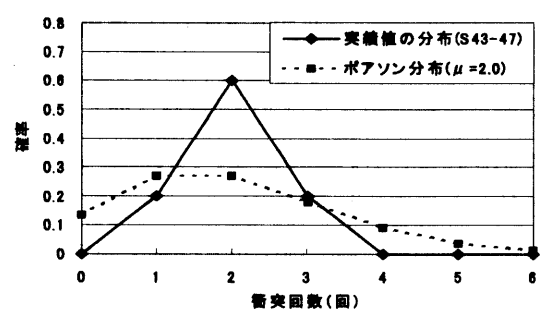


図-4 衝突回数の分布(浦賀航路設定)

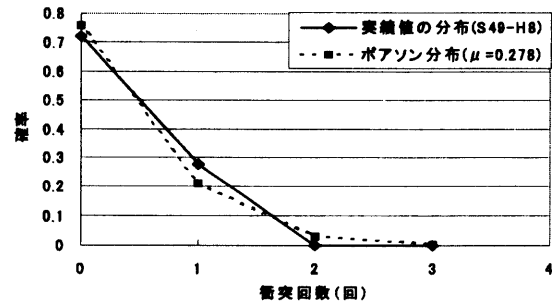


図-5 衝突回数の分布(浦賀航路設定)

### 3. 2 衝突防止の RCO について

表-4より、セパレーション・スキームはかなり効果があり、遭遇回数をほぼ1/4にする。こうした効果は、表-4より現実に浦賀航路で得られていると言えよう。

さらに、速度を厳しく管理すれば、同航船どおしで、大幅に遭遇回数を減らすことが可能であることが予想されるが、船種、船型で航行速度の違いがあるため一律に速度管制を実施することは困難である。

また、現実の衝突回数はすでにかなり低く、遭遇頻度を減らすためにこれ以上の対策を施す必然性は薄いと思われる。

### 4. おわりに

船型、速度、進行方向等の確率密度関数、および船舶密度から、船舶の危険な遭遇頻度を求める方式をレビューし、その方式と衝突および航行の実態より、浦賀航路における危険な遭遇の発生頻度および避航失敗確率を求めた。

これらより、セパレーション・スキームの効果が定量的に明らかになるとともに、浦賀航路における避航失敗確率が推定された。推定された避航失敗確率は航行方向の違いを反映し、他の調査より得られた値とほぼ一致することが確認された。

この方法は、任意の海域に適用できるものであり、航路設計等に役立つと期待される。また、現在、IMOで審議中のFSA(Formal Safety Assessment)のリスク評価に有効である。

### (参考文献)

- 1) 藤井、巻島、原：海上交通工学、1981、海文堂
- 2) 金湖：船舶の確率論的安全評価手法(その1：船舶の遭遇確率の推定手法について)
- 3) 海上保安庁：要救助海難統計、1968-1978、1984-1996
- 4) 海上保安庁：通航船舶実態調査報告書、1973-1978、1989-1986
- 5) 東京商船大学東京湾船舶航行調査研究会：東京湾船舶航行調査報告書、1992/3
- 6) 日本海運集会所：日本船舶明細書、2000

表-3 セパレーション・スキームおよび速度管理による遭遇頻度の変化（平成元年）

| 時間帯       | セパレーション・スキームで速度の分散現状程度 |       |       |      |       |       |       |       |       | セパレーション・スキームで速度の分散現状の10% |              |        | セパレーション・スキームのない場合で速度の分散現状程度 |              |                |                |        |
|-----------|------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|--------------|--------|-----------------------------|--------------|----------------|----------------|--------|
|           | 北航                     |       |       | 南航   |       |       | 総数    |       |       | 北航船とおし遭遇する回数             | 南航船とおし遭遇する回数 | 遭遇回数合計 | 北航船とおし遭遇する回数                | 南航船とおし遭遇する回数 | 北航船が南航船と遭遇する回数 | 南航船が北航船と遭遇する回数 | 遭遇回数合計 |
|           | 航行隻数                   | 船舶数割合 | 遭遇回数  | 航行隻数 | 船舶数割合 | 遭遇回数  | 航行隻数  | 船舶数割合 | 遭遇回数  |                          |              |        |                             |              |                |                |        |
| 1200-1300 | 4.9                    | 0.019 | 0.10  | 8.2  | 0.029 | 0.28  | 13.2  | 0.024 | 0.39  | 0.010                    | 0.028        | 0.038  | 0.05                        | 0.14         | 1.40           | 1.41           | 1.6    |
| 1300-1400 | 8.1                    | 0.031 | 0.28  | 6.9  | 0.024 | 0.20  | 14.9  | 0.027 | 0.47  | 0.027                    | 0.019        | 0.047  | 0.14                        | 0.10         | 1.91           | 1.93           | 2.2    |
| 1400-1500 | 9.0                    | 0.034 | 0.34  | 12.3 | 0.043 | 0.64  | 21.3  | 0.039 | 0.98  | 0.034                    | 0.063        | 0.097  | 0.17                        | 0.32         | 3.83           | 3.86           | 4.3    |
| 1500-1600 | 10.8                   | 0.041 | 0.49  | 17.8 | 0.062 | 1.33  | 28.6  | 0.052 | 1.82  | 0.049                    | 0.131        | 0.180  | 0.24                        | 0.67         | 6.64           | 6.68           | 7.6    |
| 1600-1700 | 12.1                   | 0.047 | 0.62  | 16.5 | 0.057 | 1.13  | 28.6  | 0.052 | 1.75  | 0.062                    | 0.112        | 0.173  | 0.31                        | 0.57         | 6.89           | 6.94           | 7.8    |
| 1700-1800 | 6.7                    | 0.026 | 0.19  | 22.9 | 0.079 | 2.19  | 29.6  | 0.054 | 2.38  | 0.019                    | 0.215        | 0.234  | 0.10                        | 1.09         | 5.32           | 5.35           | 6.5    |
| 1800-1900 | 6.3                    | 0.024 | 0.17  | 20.1 | 0.070 | 1.69  | 26.4  | 0.048 | 1.86  | 0.017                    | 0.167        | 0.183  | 0.08                        | 0.85         | 4.37           | 4.40           | 5.3    |
| 1900-2000 | 5.4                    | 0.021 | 0.12  | 19.7 | 0.068 | 1.62  | 25.0  | 0.046 | 1.74  | 0.012                    | 0.159        | 0.171  | 0.06                        | 0.81         | 3.66           | 3.68           | 4.5    |
| 2000-2100 | 11.2                   | 0.043 | 0.53  | 11.9 | 0.041 | 0.59  | 23.1  | 0.042 | 1.12  | 0.053                    | 0.058        | 0.111  | 0.27                        | 0.30         | 4.61           | 4.64           | 5.2    |
| 2100-2200 | 8.5                    | 0.033 | 0.31  | 10.5 | 0.037 | 0.46  | 19.0  | 0.035 | 0.77  | 0.031                    | 0.046        | 0.076  | 0.15                        | 0.23         | 3.10           | 3.12           | 3.5    |
| 2200-2300 | 6.7                    | 0.026 | 0.19  | 4.6  | 0.016 | 0.09  | 11.3  | 0.021 | 0.28  | 0.019                    | 0.009        | 0.028  | 0.10                        | 0.04         | 1.06           | 1.07           | 1.2    |
| 2300-2400 | 8.1                    | 0.031 | 0.28  | 3.7  | 0.013 | 0.06  | 11.7  | 0.021 | 0.33  | 0.027                    | 0.006        | 0.033  | 0.14                        | 0.03         | 1.02           | 1.03           | 1.2    |
| 000- 100  | 7.6                    | 0.029 | 0.25  | 3.2  | 0.011 | 0.04  | 10.8  | 0.020 | 0.29  | 0.024                    | 0.004        | 0.029  | 0.12                        | 0.02         | 0.84           | 0.85           | 1.0    |
| 100- 200  | 6.7                    | 0.026 | 0.19  | 4.6  | 0.016 | 0.09  | 11.3  | 0.021 | 0.28  | 0.019                    | 0.009        | 0.028  | 0.10                        | 0.04         | 1.06           | 1.07           | 1.2    |
| 200- 300  | 9.9                    | 0.038 | 0.41  | 3.7  | 0.013 | 0.06  | 13.5  | 0.025 | 0.47  | 0.041                    | 0.006        | 0.046  | 0.21                        | 0.03         | 1.25           | 1.26           | 1.5    |
| 300- 400  | 6.7                    | 0.026 | 0.19  | 2.7  | 0.010 | 0.03  | 9.5   | 0.017 | 0.22  | 0.019                    | 0.003        | 0.022  | 0.10                        | 0.02         | 0.64           | 0.64           | 0.8    |
| 400- 500  | 9.4                    | 0.036 | 0.37  | 3.2  | 0.011 | 0.04  | 12.6  | 0.023 | 0.42  | 0.037                    | 0.004        | 0.042  | 0.19                        | 0.02         | 1.04           | 1.05           | 1.3    |
| 500- 600  | 31.4                   | 0.121 | 4.16  | 5.5  | 0.019 | 0.13  | 36.9  | 0.067 | 4.29  | 0.415                    | 0.012        | 0.427  | 2.08                        | 0.06         | 5.96           | 6.00           | 8.1    |
| 600- 700  | 12.1                   | 0.047 | 0.62  | 12.3 | 0.043 | 0.64  | 24.4  | 0.045 | 1.26  | 0.062                    | 0.063        | 0.124  | 0.31                        | 0.32         | 5.17           | 5.20           | 5.8    |
| 700- 800  | 12.1                   | 0.047 | 0.62  | 15.5 | 0.054 | 1.01  | 27.6  | 0.050 | 1.63  | 0.062                    | 0.100        | 0.161  | 0.31                        | 0.51         | 6.51           | 6.55           | 7.3    |
| 800- 900  | 9.9                    | 0.038 | 0.41  | 17.4 | 0.060 | 1.26  | 27.2  | 0.050 | 1.67  | 0.041                    | 0.124        | 0.165  | 0.21                        | 0.63         | 5.93           | 5.97           | 6.8    |
| 900-1000  | 20.2                   | 0.078 | 1.72  | 18.7 | 0.065 | 1.47  | 38.9  | 0.071 | 3.19  | 0.171                    | 0.145        | 0.316  | 0.86                        | 0.74         | 13.09          | 13.17          | 14.7   |
| 1000-1100 | 18.4                   | 0.071 | 1.43  | 19.2 | 0.067 | 1.54  | 37.6  | 0.069 | 2.97  | 0.142                    | 0.152        | 0.294  | 0.71                        | 0.77         | 12.21          | 12.29          | 13.7   |
| 1100-1200 | 17.9                   | 0.069 | 1.36  | 27.0 | 0.094 | 3.05  | 44.9  | 0.082 | 4.41  | 0.135                    | 0.300        | 0.435  | 0.68                        | 1.52         | 16.74          | 16.85          | 19.0   |
|           | 260                    | 1.000 | 15.35 | 288  | 1.000 | 19.64 | 548.0 | 1.000 | 34.99 | 1.528                    | 1.933        | 3.461  | 7.67                        | 9.82         | 114.27         | 115.02         | 132.14 |

表-4 浦賀航路設定前後の避航失敗確率の変化

| 年               | 衝突隻数<br>(要救助) | 衝突回数<br>(浦賀航路<br>内) | 衝突隻数<br>(要救助：<br>東京湾)A | 衝突隻数<br>(要救助+不<br>要救助：東<br>京湾)B | B/A | 通航船舶隻数<br>(浦賀航路内)+ |      |      | セパレーション・ス<br>キームで速度の分散現<br>状程度 |              | セパレーション・ス<br>キームで速度の分散現<br>状の10% |              | セパレーション・ス<br>キームのない場合で速<br>度の分散現状程度 |              |
|-----------------|---------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|-----|--------------------|------|------|--------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|-------------------------------------|--------------|
|                 |               |                     |                        |                                 |     | 合計                 | 北航   | 南航   | 遭遇回数<br>(1日)                   | 遭遇回数<br>(1年) | 遭遇回数<br>(1日)                     | 遭遇回数<br>(1年) | 遭遇回数<br>(1日)                        | 遭遇回数<br>(1年) |
| S43             | 6             | 2                   |                        |                                 |     |                    |      |      |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S44             | 3             | 2                   | 29                     | 122                             | 4.2 |                    |      |      |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S45             | 4             | 2                   | 70                     | 161                             | 2.3 |                    |      |      |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S46             | 3             | 3                   | 21                     | 95                              | 4.5 |                    |      |      |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S47             | 1             | 1                   | 33                     | 119                             | 3.6 |                    |      |      |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S43-S47計        | 17            | 10                  | 153                    | 497                             | 3.2 |                    |      |      |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S43-S47平均       | 3.4           | 2                   | 38.3                   | 124.3                           | 3.2 |                    |      |      |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S48(浦賀航路<br>設定) | 1             | 0                   | 37                     | 120                             | 3.2 | 613                | 327  | 286  |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S49             | 1             | 1                   | 30                     | 98                              | 3.3 | 510                | 262  | 248  | 30.1                           | 11004.2      | 3.0                              | 1089.5       | 114.6                               | 41812.6      |
| S50             | 1             | 0                   | 43                     | 106                             | 2.5 | 563                | 294  | 269  | 36.8                           | 13416.9      | 3.6                              | 1328.6       | 139.5                               | 50904.0      |
| S51             | 3             | 0                   | 28                     | 92                              | 3.3 | 511                | 233  | 278  | 30.6                           | 11178.7      | 3.0                              | 1105.2       | 114.5                               | 41786.9      |
| S52             | 0             | 0                   | 11                     | 58                              | 5.3 | 476                | 232  | 244  | 26.3                           | 9606.1       | 2.6                              | 950.5        | 99.8                                | 36437.2      |
| S53             | 2             | 1                   | 12                     | 56                              | 4.7 | 572                | 293  | 279  | 37.9                           | 13841.9      | 3.8                              | 1370.4       | 144.1                               | 52603.5      |
| S59             | 0             | 0                   | 11                     | 52                              | 4.7 | *                  | *    | *    |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S60             | 1             | 1                   | 21                     | 124                             | 5.9 | *                  | *    | *    |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S61             | 0             | 0                   | 15                     | 69                              | 4.6 | *                  | *    | *    |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S62             | 1             | 0                   | 11                     | 50                              | 4.5 | *                  | *    | *    |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| S63             | 0             | 0                   | 4                      | 36                              | 9.0 | *                  | *    | *    |                                |              |                                  |              |                                     |              |
| H1              | 1             | 0                   | 17                     | 67                              | 3.9 | 548                | 260  | 288  | 35.0                           | 12703.4      | 3.5                              | 1256.6       | 132.1                               | 47876.6      |
| H2              | 0             | 0                   | 11                     | 49                              | 4.5 | 579                | 274  | 305  | 39.1                           | 14182.8      | 3.9                              | 1402.9       | 147.5                               | 53438.1      |
| H3              | 0             | 0                   | 24                     | 67                              | 2.8 | 529                | 214  | 315  | 33.9                           | 12253.2      | 3.3                              | 1210.1       | 120.2                               | 43426.3      |
| H4              | 1             | 1                   | 22                     | 53                              | 2.4 | 552                | 256  | 296  | 35.6                           | 12901.0      | 3.5                              | 1275.8       | 133.8                               | 48369.1      |
| H5              | 1             | 0                   | 10                     | 39                              | 3.9 | 549                | 251  | 298  | 35.3                           | 12789.6      | 3.5                              | 1264.6       | 132.2                               | 47779.9      |
| H6              | 1             | 0                   | 13                     | 49                              | 3.8 | 583                | 285  | 298  | 39.5                           | 14349.4      | 3.9                              | 1419.9       | 149.8                               | 54326.1      |
| H7              | 1             | 1                   | 21                     | 55                              | 2.6 | 512                | 231  | 281  | 30.8                           | 11138.2      | 3.0                              | 1101.1       | 114.8                               | 41429.6      |
| H8              | 0             | 0                   | 17                     | 67                              | 3.9 | 535                | 250  | 285  | 33.4                           | 12147.6      | 3.3                              | 1201.4       | 125.8                               | 45638.9      |
| S49-H8計         | 14            | 5                   | 321                    | 1187                            | 3.7 | 7019               | 3335 | 3684 | 444.4                          | 161513.0     | 44.0                             | 15976.5      | 1668.6                              | 605828.8     |
| S49-H8平均        | 0.778         | 0.278               | 17.8                   | 65.9                            | 3.7 | 540                | 257  | 283  | 34.2                           | 12424.1      | 3.4                              | 1229.0       | 128.4                               | 46602.2      |

\*：未調査    +：通航船舶実態調査報告書(海上保安庁)

避航失敗確率(航路設定後)P1： 4.136E-05

避航失敗確率(航路設定前)P2： 6.867E-05

P2/P1： 1.660E+00