海難船舶に関する自己完結性の定量評価法と 20 世紀後半における時系列解析結果による今日の特徴

長畑 司*

A Quantitative Rating Method of Self-completion Ability at Casualty Ships and the Present Characteristics from the Results by Time Series Analysis in the Latter Half of the 20th Century

Tsukasa NAGAHATA

Abstract

It is the most important special characteristic that ships all have to hold the ability to complete their navigations by themselves, and it is defined as “the self-completion ability” in this paper.

The purposes of this paper are to investigate the values of varying quantities of ship's self-completion ability on the marine traffic accidents in Japan, and for a premise, to introduce the new function for rating this ability. The new function is composed of the transition ratio from the lower level damage or risk to the higher, and the levels are arranged in a series on the process of traffic accident. The numerical values of this ability are obtained by the statistical data of all the casualties and the marine accidents requiring rescue in the latter half of the twentieth century in Japan.

In consequence of these numerical results, this paper points out the average of the self-completion ability at the low level risk is improving after the 1970's but the ability at the higher is not very much change during the past about 50 years, and therefore, it is necessary to improve the ability obstructing transition to the higher level risk.

Keywords : *casualty, self completion ability, transition ratio, time series analysis, the latter half of the 20th cent.*

キーワード : 海難、自己完結性、遷移率、時系列解析、20 世紀後半

1. はじめに

航海成就に象徴される「船舶の自己完結性」は、豪華客船を典型例に引き出すまでもなく、船舶すべてが具備すべき最重要な特性である。海商法の「堪航性の担保」、船員法での「発航前の検査義務」などの規定は、運航形態が組織的になった今日にあっても、船長の義務として古来より同義的に生き続けており、その重要性を示す好例である。

他方、第二次世界大戦後の 20 世紀後半は、海運経営と船員労働の市場原理による国際的な競争激化が、船員の資質や乗組員数を介して、船舶の自己完結性に影響を与えた時代でもあった。それは意図がどう

あれ、海難事故における“人間（船員）の過失”という各界での議論が増幅したままで、21 世紀を迎えたことからその影響が傍証されよう。

本報告の目的は、これらの影響を議論するために、海難時の自己完結性を数量化する一手法を提案することであり、さらに同手法を 20 世紀後半の海難に適用して、その特徴を抽出しながら、21 世紀的議論参加への本手法の可能性を試論することである。

2. 定義と仮定

2.1 船舶の自己完結性

本論における自己完結とは、船舶運航の目的が船

* 正会員 海技大学校児島分校 (〒711-0913 岡山県倉敷市児島味野 4051 の 2) nagahata@mail.mtc.ac.jp

舶自体の能力のみで達成されることであり、目的達成の過程で、他船や陸上など、その船舶以外からの支援や救助を受ける場合、自己完結性の一部もしくは全部が欠落したと考える。

したがって、海難時の自己完結性の低下は、海難の結果生じた損傷や損害の大きさ、あるいは受けた支援や救助の程度などと、強い相関を持たせて評価できることになる。

2.2 自己完結阻害事象と遷移

運航目的を達成する過程の経過は、例えば航海時間や航海距離などの物理量で表記でき、過程中的海難による自己完結性の変化は、事故の態様別に分類された各事象間の遷移によって起きると仮定する。

すなわち、過程の中途ないしは終了時における自己完結の程度は、自己完結を阻害しようとする各事象自体の生起度に依存し、出航時の自己完結性の減少割合は、ある事象から他の事象への遷移確率への比例関係によって評価できるものと仮定している。

さらに、自己完結を阻害する各事象は、並列か直列、あるいはそれらの混合でその過程中に配置できるものとする。

2.3 阻害事象の並列型配置と直列型配置

本報告の解析データとなる「海難統計年報」⁽¹⁾による並列型配置例を Fig.1(a)に、直列型を Fig.1(b)にそれぞれ例示する。自己完結性の阻害事象としてここでは軽損、重損、全損が該当する。各事象の生起割合である軽損率、重損率、全損率という従来から用いられている Fig.1(a)中に示す表記法は、この並列型配置による記述である。本論では直列型配置による解析に関して考察する。

2.4 直列型配置の特徴

海難に限らず多種の事故において、事故の結果生

Fig.1(a) Parallel arrangement by damage levels on the total casualties and each damage ratio

Fig.1(b) Series arrangement by damage levels on the total casualties and each self-completion level

じた損傷や損害あるいは受けた支援救助などの種類と内容またはそれらの程度により、事故の流れをパターン化する場合、直列型配置による説明がより現実的である。それは、事故の現実の過程、特に事故規模の展開や拡大が、一般的には時間や距離の直線的な経過であり、それ自体、直線型配置になじみやすいためである。

また、事故の原因や問題点の抽出、あるいはそれらの改善策を検討するとき、事故規模の重大さ順に直列配置された各事象間の遷移をもって、事故規模の展開や拡大、時には縮小さえも説明できる有利性が直線型配置にはある。

さらに、事故の過程が特定の時刻や距離、海域に固定されて遷移の概念が生じないとき、配置は並列型となることから、直列型配置は、両配置混在の有利さも内包しているといえる。

3. 海難事故時の自己完結性評価

3.1 阻害事象による海難事故のパターン化

船舶が出航後、海難の遭遇により何らかの損傷や損害あるいは支援や救助を受けて自己完結性が変化した場合、それらの大きさの程度を順次レベル化して直列に配置したのが Fig.1(b)であった。すなわち、自己完結レベルを海難遭遇(軽損)、重損、全損の三種類に選び、直列パターン化したものである。

この直列型配置を基本にして、もうひとつの解析データとなる「海上保安統計年報」⁽²⁾による要救助海難の場合を、Fig.2のように想定する。この場合の完結性レベルは、海難遭遇(軽損)、要救助海難(自力入港)、支援救助、全損の四種類である。

出航船舶がある航海時間の後、衝突海難に遭遇して近くの避難港に自力入港しようとしたが、途中、

Fig. 2 Series arrangement by damage levels on the marine traffic accidents requiring rescue

自力航行が不可能となり、他船による曳航を開始したものの浸水が激しく、ついには船体が積荷と共に沈没してしまい全損に至った、などのような事例は、Fig. 1(a)による並列型配置よりも Fig. 1(b)による直列型配置すなわち、ここでの Fig. 2 であればこそ記述が容易となる。

衝突後、瞬時に沈没するなどのような事例は、これら各レベルを極めて短時間に経過させることで、説明が可能である。

3.2 遷移による評価

Fig. 2 において、海難時に自力入港できずに巡視船や民間の海難救助船による曳航状態に移行し、さらに浸水が激しく全損事故に至ったとする前例を引用すれば、前者が「支援救助遷移」、後者を「全損遷移」とすることができる。同様に、それぞれ「海難遷移」、「要救助海難遷移」が定義できる。

したがって、海難時の自己完結性の程度がレベル別に説明できる一指標として次式を提案する。

Fig. 1(b) または Fig. 2 の基本配置図において、自己完結レベル i が、 n から $(n+1)$ へ遷移したとすれば、レベル i での遷移率 ε_i を、(1) 式とする。

$$\varepsilon_i = \frac{\sum_{i=n+1} f(x_{n+1})}{\sum_{i=n} f(x_n)} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $f(x_n)$ はレベル $i = n$ での自己完結度評価関数である。

さらに、 n から $(n+1)$ への非遷移量の相対度数 F_n

は(2)式となる。ここに、 $\sum f(x)$ は各レベルでの評価度数の総和を意味する。

$$F_n = \left\{ \sum_i^n f(x_n) - \sum_i^{n+1} f(x_{n+1}) \right\} / \sum f(x) \dots\dots\dots (2)$$

なお、 m 個の各レベルが並列型配置されている場合、自己完結度の相対度数 P_m は(3)式となる。

$$P_m = f(x_m) / \sum f(x_m) \dots\dots\dots (3)$$

3.3 総合評価式

海難時の自己完結性を評価するこれら指標は、自己完結レベルとして、事故規模の重大化順に直列配置された各事象へ順次遷移する割合を表現していることから、これら各事象にまで遷移する割合の総和、またはその平均値を用いれば、これら海難全体を通した総合評価ができる。

いま、自己完結レベルの数 i が n 個の場合、総和は(4)式で、その平均値は(5)式でそれぞれ求められる。

$$E = n - \sum \varepsilon_i \dots\dots\dots (4)$$

$$\bar{E} = 1 - \frac{1}{n} \sum \varepsilon_i \dots\dots\dots (5)$$

4. 資料と解析対象船舶

海難時の自己完結性を、20 世紀後半の 50 年近い長期間を対象として、時系列評価するために使用できる公刊された関連資料は、実態データの分類収集に整合が比較的認められる政府発表の三点の報告書⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾以外にはないであろう。

第二次世界大戦直後は、これら資料上にも交通実態を必ずしも正確に反映できてないと思われる混乱期や欠損期がうかがえ、1948 年海上保安庁発足により、翌々年の要救助海難の実態が文献⁽²⁾1 号として公刊される頃以降は、データの信頼性と整合性がようやく向上し始めたといえよう。なお大戦直後のデータは、例えば文献⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾などにより可能な限り精査して、明白なものは補完したが、不明なものも少なくない。

また周知のように、海上交通事故は船舶交通量と強い相関があるため、海難遭遇による完結性の低下を評価するには、交通量データが必要不可欠である。しかし近年においてさえ、交通量データをすべての日本沿岸で系統的に蓄積したものは皆無である。そのため、文献⁽³⁾による日本の全港湾に入港した船舶

数、すなわち各港湾から出航したであろう隻数で交通量を代用し、近似的に解析している。

このような解析資料の制約から、本報告では、日本における平均的な船型を持つ船舶が、日本の港湾を出港直後に保有していたであろう一般的な自己完結性を、海難によって減少させていく相対量を平均的に考察していることになる。

5. 解析結果

5.1 20 世紀後半における海難の一般的傾向

文献⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾による全国港湾入港船舶数と海難船舶数は Fig. 3 になる。それらの隻数は共に 1970 年代をピークに増減し、20 世紀末の水準は 1950~60 年前後の模様を呈している。

港湾入港船舶数調査は総トン数 5 トン以上が対象であるため、非要救助を含む全海難と要救助海難の隻数については、5 トン以上のみの隻数も併記している。知られているように、小型船舶の海難割合が年毎に高くなり、20 世紀末には、全海難船舶の約 1 割、要救助海難では実に約 6 割にも及んでいる。

したがって、これら資料上の不整合を排除するために、以下の解析では対象船舶を総トン数 5 トン以上とした。プレジャーボートや小型漁船を含む 5 トン未満の小型船舶は解析には含まれていない。

5.2 解析対象船舶の平均船型

解析対象とした 5 トン以上船舶の、1 隻隻当り平均総トン数を求めると Fig. 4 となる。日本の港湾に出入りしている船舶の大きさは、大戦後 50 年間一貫

Fig.3 Time series of the total number with the ships entering to Japanese ports and the casualty ships in the latter half of the 20th century

Fig.4 Time series of the average gross tonnage per ship entering to Japanese ports and encountering to casualties in the latter half of 20th century

して増大し続けており、終戦当時 60 トン前後であったその平均総トン数は約 10 倍の 600 トンを超えて、21 世紀を迎えたことが分かる。

他方、海難を起こした船舶は入港船舶よりも平均的に大型船であり、ピーク時、要救助海難で 3.5 倍前後、海難全体では 12~3 倍も大きい。したがって、入港船、要救助船、全海難船の順に大型化しており、全海難船舶と、さらに要救助海難へ遷移した船舶との平均の大きさは、最大時 4 倍程度から、その差が僅少になった状態で 21 世紀を迎えていることは、海難船舶の小型化を意味して、興味深い。

5.3 海難報告での自己完結性評価

標準船型が Fig. 4 にある全海難の船舶について、文献⁽¹⁾のデータを整理し、Fig. 1(b) による各遷移率を(1)式により、順次計算した結果が Fig. 5 である。

Fig.5 Time series of the transition ratio by equation (1) at series arrangements with damage levels of Fig.1(b) in the latter half of the 20th century on the total casualty

1950年代以前の結果は、参考値に止めるが、第二次大戦直後から70年代中頃までは、出航船の海難への遷移率は年毎に急増するが、海難後、さらに重損へと遷移する率は逆に激減している。さらに重損から全損へと事態が悪化する割合は、重損への遷移ほどではないにしても、確実に改善している。

しかしながら、1970年代中頃以降、21世紀を迎えるまでの四半世紀は、海難への遷移は急激に改善されて60年頃の値を回復する一方、重損、全損への遷移率は横ばいのまま改善されず、70年代中頃にかけの最良値に比べ、明らかに漸増傾向を示しながら世紀末を迎えていることは、際立った特長である。

5.4 要救助海難報告での自己完結性評価

次に評価対象として、標準船型にFig.4中の要救助海難船舶を選び、文献⁽²⁾のデータからFig.2に基づく各遷移率を同様に計算した結果をFig.6に表す。

Fig.6では、Fig.5と同様に、出航後の海難遷移率を比較のため再掲しているが、要救助海難の各遷移は、Fig.5とやや異なり緩やかである。

すなわち1970年代中頃を境として、出航船舶が海難に遭遇することを意味する、海難遷移率が増から減へと転じるのに対して、さらに救助を要する海難へと遷移する要救助海難遷移率は、逆に減から、微増ではあるが増に転じている。

さらに事態が重大となり、支援救助を受けたりついには全損に至る割合を、それぞれ支援救助遷移率、全損遷移率として図示しているが、これらは前述の、

Fig.6 Time series of the transition ratio by equation (1) at series arrangements with damage levels of Fig.2 in the latter half of the 20th century on the marine traffic accidents requiring rescue

海難自体への遷移やさらに要救助海難へと遷移する傾向とは異なり、半世紀の間、緩やかな減少を示しつつもほぼ横ばい状態のままで推移している。

5.5 海難時自己完結性の総合評価

海難統計年報⁽¹⁾、海上保安統計年報⁽²⁾による各遷移率は、Fig.5、Fig.6に示したが、これら各遷移率から(4)式で総合評価した結果が、Fig.7、Fig.8である。

Fig.7を例にとれば、自己完結性に対応させた障害事象は、出航後の海難レベル1では、海難発生(軽損)、重損、全損の三種類であるから、レベル数 i が $n = 3$ 個に相当する。三種類の全レベルを遷移した最悪の全損海難状態では、(1)式による各遷移率 $\varepsilon = 1$ となる。したがって(4)式による自己完結総合評価値の最大値は3である。同様にFig.8の最大値は4である。

さらに各レベルでの評価は、例えば、重損レベル2では海難発生(軽損)の後、重損、全損へと遷移する危険性を評価することに対応するので、海難(軽損)遷移率を1に仮定した場合の評価と考えることができる。このとき(4)式による評価値の最大値は2である。以下、順次同様にして、全損レベル3での最大値は1となる。

このように、各レベルの最大値が異なるので、評価したいレベルの内容との関係を明らかにできる利点はあるが、全レベルを通して規格化した値、例えば、最大値を共に1にしたい場合には、各レベルの最大値で(5)式により規格化できる。

Fig.7 Time series of the self completion ability by equation (4) at series arrangements with damage levels of Fig.1(b) in the latter half of the 20th century on the total casualty

Fig. 8 Time series of the self-completion ability by equation (4) at series arrangements with damage levels of Fig. 2 in the latter half of the 20th century on the marine traffic accidents requiring rescue

Fig. 7、Fig. 8 両図の全海難(軽損)レベル1の特徴から、出航後の海難遭遇による自己完結性の総合評価値は、1970年代に最低値に減少した後、回復基調にある凹型を示すが、50年代の水準を未だ回復しないまま21世紀を迎えていることが分かる。

さらにFig. 7からは、重損、全損へと事故規模のレベルが重大化すると、総合評価値の変化はより単調になる傾向がみられ、特に全損レベルよりも重損レベルにその傾向が強い。しかしながら、海難発生(軽損)レベルでの評価値のように凹型にはならず、70年前後までは増加して完結性の改善を示すが、その後約30年間ほとんど変化せず、重損レベルでの評価はむしろ下降気味で21世紀を迎えている。

Fig. 8の要救助海難の場合では、事故レベルの重大化にともなう評価値の単調さがさらに顕著となり、支援救助レベル、全損レベルでの評価値にはわずかな増減はあるがこの約50年間ほとんど変化していない。さらに特徴的なことは、やはり70年にかけて上昇した要救助海難レベル2の評価値が、その後は横ばいとなり、90年代からはむしろ遞減傾向に転じながら21世紀を迎えていることである。

6. 結論

船舶の自己完結性を海難との関係で論考し、要約以下の結論を得た。

(1) 海難による自己完結性の低下を数量化して評価できる一手法を提案した。数量化は、事故規模の重大さ順に直列配置した、高レベル海難への遷移率に基づく評価式の導入によりおこなった。

(2) 20世紀後半の平均的な船舶が持ったであろう自己完結性の評価値の変化を、海難統計年報⁽¹⁾、海上保安統計年報⁽²⁾の各データから計算解析した。

(3) 約50年間に渡る評価値の時系列結果から、海難時の完結性総合評価値は1970年代までは悪化して、その後は改善傾向にあるが、未だ十分に回復してはいないことが判明した。

(4) 事故が重大化するレベルほど評価値の経年変化は緩やかである。海難統計での重損、全損レベルではこの四半世紀、要救助海難での支援救助、全損レベルでは半世紀、共にほとんど変化がみられない。むしろ海難遭遇直後に遷移して、事態が高レベル化する評価値は、悪化傾向を示しながら21世紀を迎えている。

(5) 以上の解析結果から、海難時の自己完結性に関する今日的な問題点が次のように指摘できる。

船員の資質や技量あるいは過失など、事故(軽損)そのものの回避と強い相関を持つこれら因子の向上は引き続き重要ではあるにしても、それ以上に、重損、支援救助状態やさらに全損状態へと遷移する、事故規模の高レベル化を阻止する自己完結力の強化が必要不可欠な現状にある。

この高海難レベルへの遷移性と強い相関を持つ因子は、現場船上での応急処置能力、船体強度、陸上支援力などであるが、支援救助に時間を要す海難の場合、船員と直結する応急処置能力の向上が決定的となる。それには現場応急処置法、初期防災船上設備資材、船員技量、乗組員数など、密接に関係するこれら因子による評価値への寄与を度外視しては、事故規模の高レベル化は当然阻止できない。

謝辞

第二次世界大戦終了後の混乱期、海難資料の有無確認に困難を要した上、長期に渡る資料収集であるためにたいへん多くの関係先にお世話になった。

国立国会図書館、運輸省図書室、海上保安庁図書室、神戸商船大学図書館、東京商船大学図書館、神戸海運管理部他の各機関と当時の職員各位に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- (1) 国土交通省：海難統計年報，1956～各年版
- (2) 海上保安庁：海上保安統計年報，1951～各年版
- (3) 国土交通省：港湾統計，1945～各年版
- (4) 海上保安庁：昭和21年海難統計表，1948.8
- (5) 海上保安庁：昭和22年海難統計表，1948.9
- (6) 海上保安庁：海上保安庁50年史，1998.12

質疑応答

湯本 宏（航海訓練所）：

乗組員の減少と事故率の上昇との関係について、
何か具体的なデータはあるでしょうか。

長畑 司：

本解析では、事故率を介した自己完結性の数量化を扱いましたので、ご質問の件について、今回の解析上からはお答えできる知見を持ち合わせておりません。しかしながら、Fig. 4 でも触れておりますように、20 世紀後半の約 50 年間、航行船舶の大型化は顕著であり、反面、周知のように乗組員数は減少しております。両者は自己完結性に当然影響しますので、完結性の向上改善を図る等のためには、これらの要因の検討を必要としています。その過程でも、ご質問の「乗組員の減少と事故率の上昇」も明らかになってくるものと期待します。なお、ご質問に関連して、1981～94 年の 14 年間に渡る経年解析値から、乗組員数が減少した場合、要救助海難への移行（遷移率）が上昇していることは、別途、次の研究報告に明らかにいたしております。（「乗組員数の減少と海難実態の関係」海技大学校研究報告、第 41 号、p. 41、1998. 3）