

水上飛行機の着水が船舶に与える危険感の定量化

Quantification of Perceived Safety when Landing the Seaplane

指導教授 轟 朝 幸

M4009 黒 崎 実 布 由

1. はじめに

わが国において、大正から昭和 40 年代にかけて、西日本を中心として水陸両用機による国内定期便が就航していた。海外では、カナダやアメリカの西海岸で入り江や湖沼、河川を利用した 20 人程度が搭乗可能な水上飛行機による定期輸送、不定期輸送、エアタクシー輸送などの旅客輸送が活発である。また、近年になってクロアチアやイギリスなどのヨーロッパや香港などのアジアでも水上飛行機輸送事業が始まっている¹⁾。わが国においても、沿岸や湖沼などには水上飛行場設置の適地が多数存在し²⁾、水上飛行機事業を展開できる可能性は十分ある³⁾。2016 年 4 月より瀬戸内を拠点として水上飛行機を活用して遊覧飛行やチャーター便の運航事業を開始する。このように水上飛行機活用が勃興し始めている。

実際に水上飛行機を運用するにあたって、既に水域において船舶等の利用が行われており、水上飛行機との共用について検討する必要がある。カナダのビクトリア港は運輸省によって水上飛行機離発着の運航に関するレギュレーションが存在する。水上飛行機の離着水帯と船舶の航路が明確に示され、離発着時における船舶と水上飛行機の距離は 50m を確保することが義務付けられている。筆者が知る限り、このようなレギュレーションが存在する地域はビクトリア港だけである。

わが国においては、航空法第 79 条には、「航空機は、陸上にあつては空港等以外の場所において、水上にあつては国土交通省令で定める場所において、離陸し、又は着陸してはならない。」と定められており、さらに現状において国土交通省令で定められた場所はない。つまり、一定規模の静穏な水域があつて安全が確保できれば、水上飛行機の離発着はどこでも可能である。しかし、離着水域における船舶などとの関係は規定されていない。

海上衝突予防法第 18 条では、「水上航空機は、水上にある場合は船舶として扱われるが、その操縦性能には一般の船舶と見合い関係を生じないようでき

る限りすべての船舶から十分に遠ざからなければならない。」と定められ、着水時の船舶との距離などは曖昧な表現にとどまっている。

以上の通り、わが国では水上飛行機が離発着する際の水域エリアにて、既に存在する船舶とのゾーニングなど水上飛行機の運用ルールに関する規定が不明瞭な点が多い。そのため、既に存在している船舶などからは、安全確保に関する懸念が出てくる可能性が高い。

そこで本研究では、水上飛行機が着水する際に水域エリアにて、既に存在している船舶との相対距離がどのくらいだと安全・危険と感じるのか評価する手法を提案し、評価の試行を行うことを目的とする。

本研究を行うことによって、操船者や水上飛行機運航者にとって安心して運用出来る環境づくりを提供できること、そして日本でも勃興し始めた水上飛行機事業の普及に大きく貢献できると考えられる。

2. 既存研究について

本研究では、船舶の安全・危険感を評価できる環境ストレスモデル（以下、ES モデル）を採用する。関連研究について以下に整理する。

ES モデル⁴⁾、⁵⁾ は、自船を取り巻く周辺環境が操船者に与える困難の度合いについて、定量的に数値評価するモデルである。また、このモデルでは操船者にとってその状況が許容できるかどうか、評価値によって判断することができるモデルである。自船の周囲を航行する他船が自船の操船上の行動を制約し、そのような環境が操船者に課す負荷やストレスの大きさを表す場合、交通環境ストレス値 (SJS 値) を用いて評価を行う。SJS 値のモデル式を式(1)に示す。

$$SJS = \alpha(R/Lm) + \beta \quad (1)$$

SJS: 他船との接近に対して操船者が感じる危機感

R: 他船との相対距離

Lm: 自他船平均船長

α, β : 他船条件によって決まる係数

他にも船舶同士の安全性評価に関する論文は多数

存在する。しかしながら、水上飛行機と船舶との安全性評価に関する論文は筆者が知る限りでは存在しない。そのため本研究では、SJS 値を参考に船舶と着水した水上飛行機との相対距離に応じて変化する操船者の知覚危険感を定量化する。

3. 水上飛行機の接近に対する危険感の抽出

(1) 分析方法

本研究では、水上飛行機が着水した際の船舶の知覚危険感の評価を行うために ES モデルの SJS 値を援用する。また、水上飛行機の大きさを固定し、船舶の大きさを 3 パターンに固定をする。そのため、式(2)の通り自船と水上飛行機の平均船長 L_m 別に SJS 値を算出する。

$$SJS_{L_m} = \alpha_{L_m} R + \beta_{L_m} \quad (2)$$

SJS: 衝突関係による水上飛行機との相対距離に対する危機感

R: 水上飛行機との相対距離

L_m : 自船と水上飛行機の平均船長

α, β : 未知パラメータ

(2) 有識者アンケート

水上飛行機が着水した際に操船者が感じる危険感を把握するために、専門家にアンケートを実施した。本アンケートでは、日本では非常に珍しい水上飛行機を対象としているため、過剰に危険と評価される恐れがある。そのため、水上飛行機が着水した際の感覚を理解している水上飛行機のライセンスおよび船舶のライセンス取得者にアンケートを実施した。サンプル数は両方のライセンス取得者が非常に少ないため 5 となった。アンケート方法として、水上飛行機が着水した状況を図面と文章記述で説明したアンケート調査用紙を作成し、メール又は直接回答を依頼した。アンケート実施後も何度も連絡を取りアンケート対象者の認識を深めた。

アンケート調査において、水上飛行機の着水地は船舶の斜め前方、正横、斜め後方と設定し、進路は船舶と同方向、逆方向、斜め方向、横切りの 28 パターンに設定した。水上飛行機の出会い条件を図-1 に示す。

それぞれのパターンにおいて操船者が水上飛行機の着水地点の距離に応じて感じる危険感を +3 (かなり安全)、+2 (安全)、+1 (やや安全)、0 (どちらともいえない)、-1 (やや危険)、-2 (危険)、-3 (かなり危険) の 7 段階評価で直感的に答えてもらう。なお、水上飛行機の仕様は、全長は 10m、速度は 80 ノットに設定した。2016 年に日本で水上飛行機運航事業が開始される際に使用する KODIAK100 と同じ全長で着水する際の速度が公表されている Cessna208 を想定した。また、自分が操船する船の大きさは水上飛行機と同じ大きさの全長 10m と日本の港湾内で多く見られる船舶の全長 80m (1,000GT クラス)、150m (10,000GT クラス) の 3 パターンとし、速度は 12 ノットと設定した。

図-1 水上飛行機出会い条件

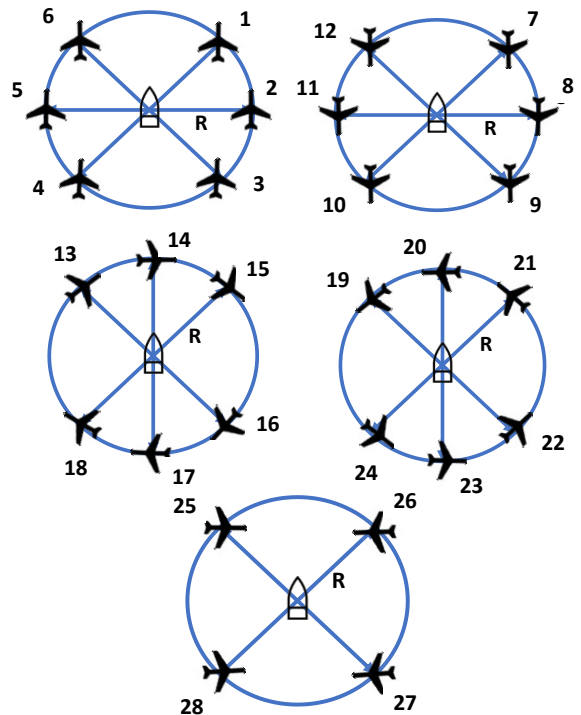


図-1 水上飛行機出会い条件

(3) 回帰分析

アンケートの結果、特に水上飛行機が船舶の後方に着水した場合の散布図に大きくばらつきがみられる。安全と感じる人は、船舶に対し水上飛行機は後ろに着水し遠ざかって行くため特に危険と感じないと示したが、危険と感じる人は、水上飛行機が着水した際に発生する波が船舶に影響を与え転覆する可能性が考えるため危険と示した。このように人によって危険感の感じ方が大きく異なっていることがわかる。ほとんどの出会い条件のパターンで大きくばらつきがみられるため、本研究では出会い条件のパターンごとに船長別より出した散布図の平均値と、誰もが安全と感じる距離を設定するために最低値の 2 つを

評価の対象とする。

相対距離 (R) を説明変数、抽出した危険感 (SJS) を目的変数として、出会い条件のパターンごとに直線近似による回帰分析を船長別に行った。

この場合、全パターンでの回帰分析の結果はおおむね 0.6 以上の良い決定係数が得られた。

(4) 交通環境ストレス値 (SJS 値) の算定

パターンごとに船長別で行った回帰分析より求めた傾き (α) と縦軸切片 (β) をモデル式(2)に代入し、SJS 値を求めた。決定係数が高かったパターン 16 (水上飛行機が船舶の右後ろに斜めに向かって遠のいて着水した場合) の SJS 値と水上飛行機と船舶との相対距離の関係を図-2 に示す。

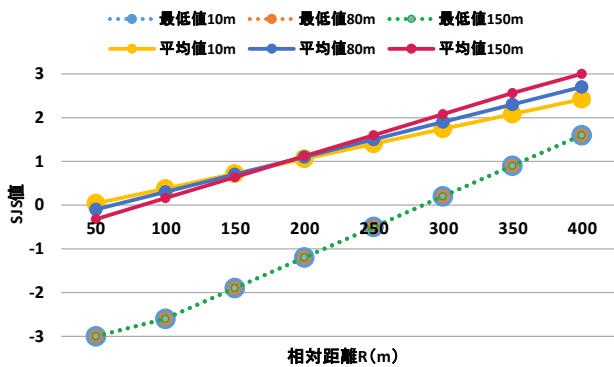


図-2 SJS 値と相対距離との関係 (パターン 16)

図-2 より平均値をとった場合、全ての船長において水上飛行機との相対距離が 100m 離れていると SJS 値が 0 (どちらともいえない) 以上を示し、450m 以上離れるとほとんどの船長で+3 (かなり安全) を示した。また、相対距離が 200m を境に船長が大きいほど SJS 値が高い値を示すことがわかった。これは、相対距離が短い時に船長が小さい程、早く回避行動ができるため、船長が小さい方が SJS の値が高くなったと考えられる。一方、最低値をとった場合、全ての船長の傾きは同じであった。また、水上飛行機との相対距離が 300m 以上離れると SJS の値が 0 (どちらともいえない) を超えることがわかった。平均値と最低値を比較すると、危険と感じなくなる距離 (SJS=0 以上) は約 3 倍もの差があることがわかった。

4. 船舶に与える危険感の評価

ここでは、SJS 値が 0 以上の値となった距離を安全な距離として着水位置の評価を行う。評価結果を図

3~8 に示す。また、図-3~8 に関しては、水上飛行機は船舶の同一直線上に着水はしないため、評価対象外とした。

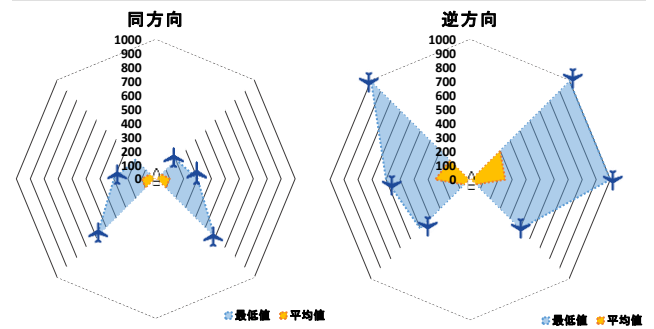


図-3 同・逆方向の危険範囲 (船長 10m)

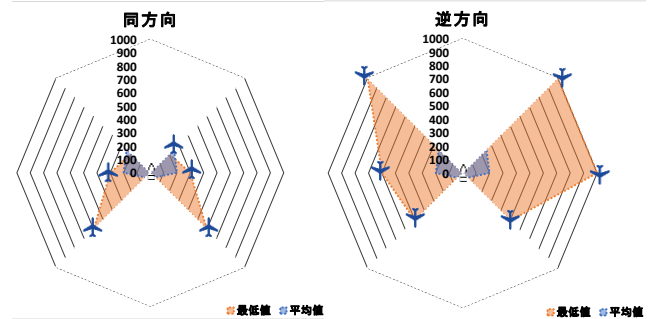


図-4 同・逆方向の危険範囲 (船長 80m)

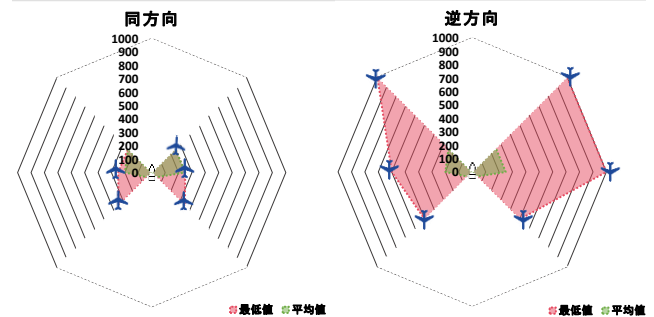
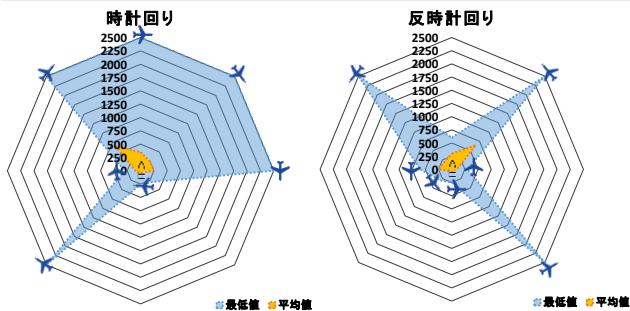


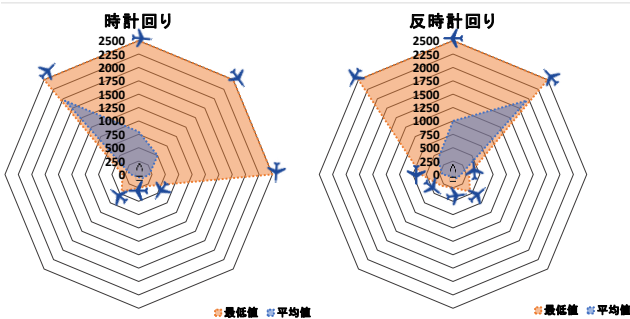
図-5 同・逆方向の危険範囲 (船長 150m)

図-3~5 より、船長別ではそれほど大きな差がないことがわかる。各図の左右を比較すると、船舶と同方向に着水するより正面から着水する方が非常に危険と感じる。また、正面から着水する場合、船舶の右側に着水する方が安全と感じる距離が長いことがわかった。これは、船舶は右に回避行動を行うため、水上飛行機が向かってくる際に船舶が誤って回避行動を行うと衝突することが想定されるため、右側に着水することは危険と感じやすいと考えられる。また、同方向でみると船舶の後方に水上飛行機が着水するのは正横や前方に比べ危険と感じやすいことが

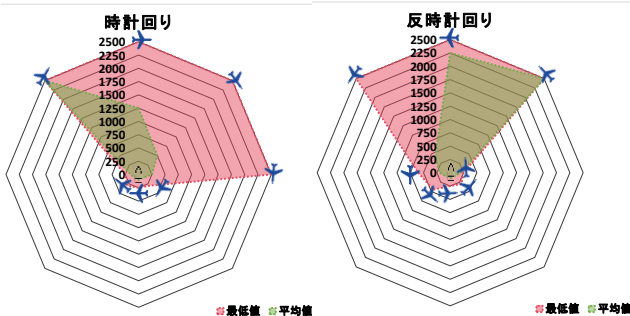
わかる。これは、操船者は水上飛行機が着水するまで気づかず水上飛行機がいきなり現れたかのように感じ、着水した際に発生する波の対応が困難になるためだと考えられる。



図一 6 時計・反時計回りの危険範囲 (船長 10m)



図一 7 時計・反時計回りの危険範囲 (船長 80m)



図一 8 時計・反時計回りの危険範囲 (船長 150m)

図一 6～8 より、船長別にみると船長が大きくなるにつれて船舶の前方に着水する際には長い距離が必要になってくることがわかる。これは、水上飛行機が前方に着水した場合、操船者は危険と感じ回避行動に移る。その際、船長が小さいものに比べると回避時間がよりかかるため、長い相対距離が必要になってくると考えられる。また、方向別でみると左右対称のようになっている。これは、船舶の進行方向と逆方向の時と同様に船舶に対し向かってくると感じられることや、右側に水上飛行機が着水されると危険と

感じやすいことがわかる。

水上飛行機が着水する際に船舶との距離が短い場合は、水上飛行機は船舶の斜め前方に同進行方向で着水するか、斜め右後方へ遠ざかる様に着水するのが良いことが明らかとなった。

5. おわりに

本研究では、水上飛行機が着水した際の船舶が感じる安全・危険感の定量化を行った。その結果、船舶の操船に影響を与えないためには着水位置が重要になることが明らかとなった。また、海外の船舶との距離間隔 50m では船舶の操船者は場所や方向によってかなり危険と感じる人もいたり、船舶の右側に着水すると操船者は非常に危険と感じることがわかった。

日本では水上飛行機と船舶の共存運用の実態がなく、仮想のアンケートでは危険側に判断されていると考えられる。特に最低値ではその傾向が強く、アンケート回答者の中にも、本結果を疑問視する声がある。この結果の精査は水上飛行機を実際に運航した調査が必要である。

参考文献

- 1) Giang Gobb, Barry Lightning, Bernd Sträter, Andrzej Majka: Report on current strength and weaknesses of existing seaplane/ amphibian transport system as well as future opportunities including workshop analysis, FUSETRA,2011.
- 2) 新機械システムセンター：『新海洋交通システムに関するフィージビリティ・スタディ報告書』、機械振興協会、1987年.
- 3) 角田健：水上飛行機の利用実態及び水上飛行場の設置基準に関する研究、日本大学理工学部社会交通工学科卒業論文、2004年.
- 4) 井上欣三・増田憲司・世良亘：海上交通安全評価のための技術的ガイドライン策定に関する研究-I. -環境負荷の概念に基づく操船の困難性評価-、日本航海学会論文集、第98号、1997年3月.
- 5) 井上欣三・久保野雅敬・宮坂真人・原大地：危険の切迫に対して操船者が感じる危険感の定量化モデル、日本航海学会論文集、第98号、1997年3月.