

PS-3 衣服の影響を考慮した救命胴衣の復原性能評価計算法

流体性能評価系 * 黒田 貴子、国際連携センター 宮崎 恵子、太田 進

1. はじめに

2016年にイギリスで発生した、漁船の乗組員が国際基準を満たす救命胴衣を着けてうつ伏せの状態で見つかった海難事故を受けて、衣服を着用した状態での救命胴衣の復原性能の評価法について国際海事機関（IMO）で議論されている。船舶の救命胴衣の要件を示す国際救命設備（LSA）コードは、海上人命安全（SOLAS）条約で要求される国際基準を示している。現要件では救命胴衣の復原性能は水着のみを着用した被験者による復原性能試験で判定されており、衣服を着用した被験者による試験では再現性が低下する問題がある¹⁾。そこで本研究では着衣状態での救命胴衣の復原性能を評価する計算法²⁾を提案し、再現性の高い試験法の検討に活用する。

2. 救命胴衣の復原性能試験

救命胴衣の復原性能は、救命胴衣を着けた被験者が水面でうつ伏せの状態から口が水面上に出るまでの時間を計測して評価する。様々な身長と体重の被験者を最低12名揃え、水着を着用して試験を行う。図-1に救命胴衣の復原試験の様子を示す。衣服による救命胴衣の復原性能への影響を把握するために、これまでに衣服を着けた被験者による救命胴衣の復原性能試験が実施され、判定に影響することが報告されている¹⁾。本研究は、衣服が救命胴衣の復原性能へ及ぼす影響を評価する計算法を検討するため、被験者及び模型による救命胴衣の復原性能試験を実施した。

2.1 被験者による衣服を考慮した復原性能試験

身長1.72 m、体重63 kgの被験者が衣服を着た状態での救命胴衣の復原性能試験を実施した。試験時の衣服の組み合わせと判定結果を表-1に示す。なお、現行規則に基づく衣服を着ない復原性能試験の可否判定はReference Test Device (RTD)と呼ばれる所定の救命胴衣の復原時間と比較して行うが、本研究ではRTDを用いないため5 sを判定閾値とした。試験は6回実施し、1回でも判定閾値を超える場合は不合格とした。水着のみでの試験(H-1)は合格したが、上半身の上着の裾と襟を絞った場合(H-3)及び下半身も着用した場合(H-4, 5)は不合格であった。試験結果は衣服が救命胴衣の復原を妨げる傾向を示している。なお、復原する際はすべて頭から足の軸周り方向（以下「横方向」と記す。）に復原した。

2.2 模型による衣服を考慮した復原性能試験

救命胴衣の復原性能評価の計算法を検討するために、標準人体形状を設定し、模型を製作して着衣状態での救命胴衣の復原性能試験を実施した。標準人体形状は日本人男性平均値である身長1.70 m、体重63 kgとした。人体の頭、胴、脚の

3部位を矩形で表現し、長さとは幅は平均値、厚さは一律で設定した。なお、人体形状の容積配分は松井³⁾が示す被験者の人体部位の質量比と等しくした。標準人体形状と、身長を1.20 mに縮尺した人体模型を図-2に示す。人体の重心位置は頭部上端から46%³⁾とし、人体模型は内部の錘で調整した。

被験者による復原性能試験と同様に、人体模型に既製の子供服を補正したものを着けて試験を行った。救命胴衣は身長に合わせて縮尺したものを製作して使用した。試験条件と判定結果をこれまでに実施した標準人体形状に近い被験者による試験結果と合わせて表-2に示す。模型試験が被験者による試験結果と概ね合致していることが分かる。



図-1 救命胴衣の復原性能試験の様子

表-1 被験者による救命胴衣の復原性能試験条件と判定結果

No.	Clothing condition	Judgement
H-1	No clothing other than a swimming costume	Pass
H-2	Clothing for upper body [shirt, sweater, waterproof jacket (A)]	Pass
H-3	Clothing for upper body [shirt, sweater, waterproof jacket (B)]	Fail
H-4	Clothing for upper and lower body [shirts, sweater, waterproof jacket (A), trousers, socks, athletic shoes]	Fail
H-5	Clothing for upper and lower body [shirt, sweater, waterproof jacket (B), trousers, socks, athletic shoes]	Fail

A: hem and collar are loose, B: hem and collar are tight

表-2 模型による救命胴衣の復原性能試験条件と判定結果

	Model	Human	
Body length	1.70 m	1.72 m	1.77 m ³⁾
Body weight	63.0 kg	63.0 kg	56.1 kg
Body with lifejacket only	Pass	Pass	Pass
Clothing for upper body(A)	Fail	Pass	Fail
Clothing for upper body (B)	Fail	Fail	Fail
Clothing for lower body	Pass		
Clothing for upper and lower body (A)	Fail	Fail	
Clothing for upper and lower body (B)	Fail	Fail	

A: hem and collar are loose, B: hem and collar are tight



図-2 標準人体形状 (左) と人体模型 (右)

3. 衣服の影響を考慮した救命胴衣の復正性能評価計算法

救命胴衣の復正性能を船舶の復原性理論をもとに、救命胴衣と衣服を着けて水面上にうつ伏せ状態の人体の縦 (身長) 方向の釣り合いと、図-3 に示す横メタセンタ高さ (GM) を計算して評価する。縦方向の釣り合い点がなければ、縦方向に復正し、釣り合う場合はその姿勢での GM を計算し、GM が負であれば横方向に復正すると評価する。

人体形状は標準人体形状とし、救命胴衣は完全没水状態での浮力を計測し、浮力相当の容積になるよう縮尺して設定する。衣服も同様に浮力を計測し、浮力相当の容積を矩形で人体形状に与えることとする。上半身の衣服の浮力分の容積は図-4, 5 に示すように与え、下半身の衣服の浮力分の容積は脚部表面に均一に与えた。

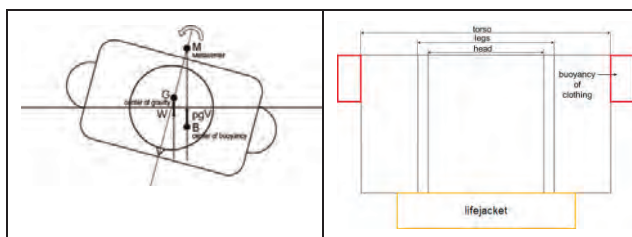


図-3 メタセンタ高さ GM

図-4 上半身衣服の設定 (平面 - 頭頂部から投影)

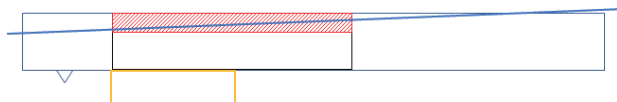


図-5 上半身衣服の設定 (側面)

4. 計算結果

衣服の影響を考慮した救命胴衣の復正性能を身長 1.70 m 及び 1.55 m で計算した。図-6 に上下に衣服を着けた状態での姿勢の計算結果を、模型試験時の姿勢と合わせて示す。計算と試験での姿勢は近いことが分かる。復正性能評価で計算した GM と模型による復正性能試験結果との関係を図-7 に

示す。GM が零に近い場合は、判定にばらつきがみられるが、GM が負であれば合格、正であれば不合格になる傾向は確認でき、本評価計算法が有用であることが分かる。

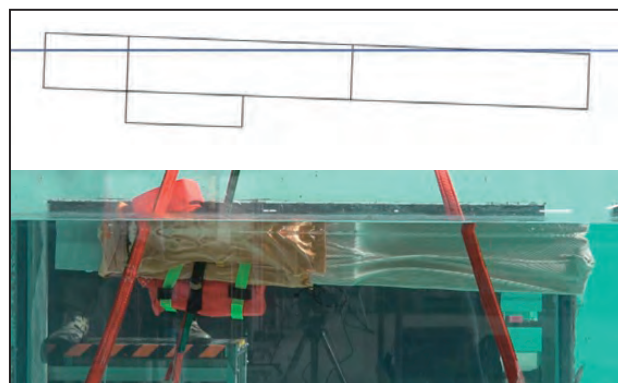


図-6 計算と試験での着衣時の平衡姿勢 (上: 計算, 下: 模型)

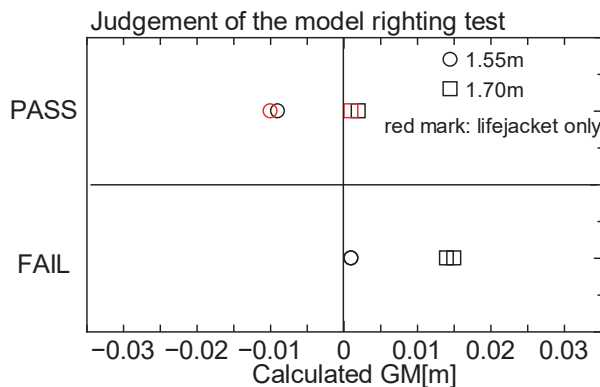


図-7 GM 計算結果と復正試験判定の関係

7. まとめ

衣服の影響を考慮した救命胴衣の復正性能評価計算法を提案し、被験者及び模型試験と比較して有用性を確認した。

謝辞

本研究は、日本財団助成事業の一環として日本船舶技術研究協会が実施した「救命設備基準改正の検討に関する調査研究」の 2020 年度受託研究として実施しました。

参考文献

- 1) K. Miyazaki and S. Ota: Preliminary experimental research on righting performance of lifejackets with clothing, Transaction of navigation, Vol.6, No.1, pp.43-51
- 2) T. Kuroda, K. Miyazaki, S. Ota: Numerical method evaluating the righting performance of a lifejacket influenced by clothing, Transactions of Navigation, Vol.7, No.1 (2022).
- 3) 松井秀治: 各種姿勢の重心位置に関する研究 (1) 身体各部の簡易質量計測とその質量比による重心位置の合成, 体育学研究, 2 巻 2 号, pp.65-76, 1956