

A-3

人体・流れ場連成数値解析に基づく津波被災時の溺水危険性評価

Hazards evaluation of drowning in tsunami floods through human-fluid coupled numerical analyses

○正 安嶋 大稀^{*1}, 正 中村 恭志^{*1}
荒木 達斗^{*1}, 井上 徹教^{*2}Daiki AJIMA^{*1}, Takashi NAKAMURA^{*1},
Tatsuto ARAKI^{*1}, and Tetsunori INOUE^{*2}^{*1} 東京工業大学 Tokyo Institute of Technology^{*2} 海上・港湾・航空技術研究所 National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology

We developed a new numerical model toward simulation of human-body movement in tsunamis. A combination of a multiphase fluid solution: CIP-CUP method and a method to represent a human body: link segment model enabled human-fluid coupled analyses. We evaluated the new model by comparing results with some flume experiments. Here, an isolated wave traveled in a large flume and generated a whirlpool behind blocks laid in the downstream sector. At the same time, a manikin was laid on the blocks and caught in the whirlpool. Our new model represented the body's movement precisely there. Next, we applied some additional buoyancy to the human body model toward evaluation of performance of life jackets. Consequently, there was a threshold of life-jacket buoyancy which is required to keep a human body floating. Besides, we showed that computation of unsteady flow is necessary to evaluate performance of life jackets in tsunamis. Especially behind some structures like the experiment, the amount of buoyancy required to the life jackets can be evaluated by comparing it with center-seeking pressure of the whirlpool mainly applied to the legs.

Key Words : CIP-CUP scheme, Link segment model, Drowning, Tsunami, Life jacket, Multiphase flow analysis

1. 緒 言

2011年に発生した東日本大震災を始め、これまで多くの人命が津波により失われている。人は水に吞まれると、しばしばパニックから過呼吸を引き起こし、大量の水を飲んでしまう。同時に呼吸性アルカローシスにより手足の麻痺や意識消失に陥り、結果1~2分程度で溺水に至るとされている(Giesbrecht and Wilkerson, 2014)。これに対し十分な浮力を持つ救命胴衣を用いれば、意識消失下でも人を浮上させ、呼吸の確保が可能となる。そのため近年幾つかの自治体で配備が進むなど、救命胴衣は避難が間に合わない場合の次善策として注目されている。

現在一般的な救命胴衣の性能基準（小型船舶安全規則第35条、ISO-12402など）は静水中の試験に基づいたものである。一方数m/sに上る流速と強い鉛直方向渦を伴う、津波による流れ場における救命胴衣の評価例は過去にない。津波中の人体運動と、それに対する救命胴衣の効果の評価に向けては、流れ場と水面の変動を人体より大きな空間スケールで再現する必要がある。よってその実験的検討は大型造波水路を有しない企業などでは困難であり、適切なモデルを用いた数値解析が求められる。

水中での人体運動を表す数値モデルについては、中島らによるSWUM(中島他, 2005)などの先駆的な研究がある。しかしこれらのモデルは津波による非定常な流れ場と、これを受けた人体の非定常な運動とを直接解析するものではなく、救命胴衣の評価に向けた適用は困難である。そこで本研究では混相流数値解析手法であるCIP-CUP法(Yabe and Wang, 1991)と、人体の表現手法である剛体リンクモデル(藤井他, 1995など)に基づく運動解析とを組み合わせ、流れ場と人体運動の連成解析モデルを新たに開発した。

本研究ではまず大規模水路実験の再現計算を通じ、開発したモデルの妥当性を検証した。その後モデルの人体に救命胴衣を模した付加的な浮力を与え、津波流中で求められる浮力を見積もる手法を検討した。