

## 水上移動レスキューロボットに用いる触腕機構の開発 Development of a Tentacle Mechanism for a Water-Surface Mobile Rescue Robot

○唐 少恒・山上路生  
○Shaoheng TANG, Michio SANJOU

This study presents the development of a soft tentacle mechanism mounted on a water-surface mobile rescue robot for safe physical interaction with drowning victims. Grasping experiments were performed in a controlled water-flow environment using a human doll model and a cylindrical model representing the upper human torso. Experimental conditions were set to a water depth of 30 cm, a flow rate of 15 L/min, and a flow velocity of 0.125 m/s. While mannequin-based experiments exhibited unstable contact states, the cylindrical model enabled stable pressure measurements. Converted force and pressure values were evaluated based on human pain tolerance criteria. Although the converted contact force occasionally exceeded the allowable force threshold, the converted pressure remained sufficiently below allowable limits. These results suggest that pressure-based evaluation is more suitable for assessing safety in soft-contact rescue mechanisms. Future work will extend this system to dynamic capture experiments in flow and wave environments.

### 1. はじめに

水難事故の増加に伴い、溺者を安全かつ迅速に救助可能な水上移動レスキューロボットの開発が求められている。本研究は、触腕により、水上移動レスキューロボットが自ら溺者を把持し、「受け身の救助」から「能動的な救助」へと進化させることを目的としている。

水上移動レスキューロボットに搭載可能な柔軟触腕機構を対象とし、水流場における把持特性および人体への安全性について検討した。

本研究では、水流場における把持実験を通じて、触腕による接触力および接触圧力を定量的に評価することを目的とした。

図1は、本研究で使用した触腕システムを示す。シリコン柔軟材料製の空気圧駆動型ソフトアクチュエーターであり、エアポンプと電磁弁によるによって一方向への屈曲動作を実現する。

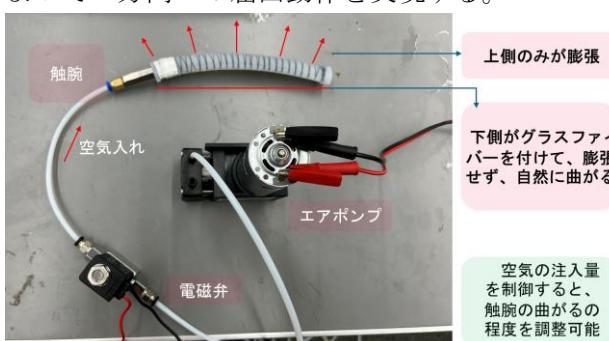


図1 触腕システム

### 2. 実験装置および実験条件

把持実験は屋内水路設備を用いて実施した。水路内の条件は、水深30 cm、流量15 L/min、流速0.125 m/sとし、緩やかな水流が存在する水上環境を模擬した。これらの条件は、実河川環境における比較的穏やかな流れを想定して設定している。



図2 理想的な把持姿勢

図2は、触腕による理想的な把持姿勢の模式図を示す。理想的な把持姿勢は、触腕が腋下から胸部にかけて交差し、対象を包み込む状態と定義した。人形モデルでは把持は可能であったものの、水面上で姿勢が変化しやすく、接触状態が不安定となる傾向が確認された。

把持対象として、溺者の身体形状を模擬した人

形モデルを使用したほか、接触状態の再現性向上を目的として、人体上半身体幹を近似した円柱モデルを導入した。図3は、円柱モデルを用いた圧力測定の様子を示す。



図3 円柱モデルの圧力測定

### 3. 評価方法および尺度換算

触腕による把持の安全性を評価するため、接触力および接触圧力を測定し、人体スケールへの換算を行った。成人男性（身長 180 cm、体重 80 kg）を想定し、上半身体幹を質量 30 kg、高さ 0.6 m、直径 0.36 m の等価円柱体として近似した。

実験に用いた円柱モデル（質量 80g、高さ 10cm、直径 6cm）との間で、質量比および長さ比に基づくスケール補正係数を定義し、測定結果を換算した。安全性評価の基準としては、ISO/TS 15066 に基づく人体の最大許容力および最大許容圧力を参考し、触腕把持が人体に与える影響を多角的に評価した。

### 4. 実験結果および考察

円柱モデルを用いた把持実験では、接触状態が安定しており、再現性の高い力および圧力データが得られた。

図4は、胸部把持時における換算力と最大許容力および換算圧力と最大許容圧力の比較を示す。図5は、背部把持時における換算力と最大許容力および換算圧力と最大許容圧力の比較を示す。

胸部把持時には最大換算力が 187.42 N となり、最大許容力の 113.8%に達するケースが確認された。

一方、背部把持時における最大換算力は 180.07 N であり、最大許容力の 85.75%に留まった。

しかし、接触面積を考慮した換算圧力に着目すると、胸部では  $4.06 \text{ N/cm}^2$ （同 3.38%）、背部では  $2.10 \text{ N/cm}^2$ （最大許容圧力の 1.00%）と、いずれも十分に低い値であった。これらの結果から、柔軟触腕による面接触把持では、瞬間的な力の大きさよりも、圧力分布を考慮した評価が重要であることが示唆された。

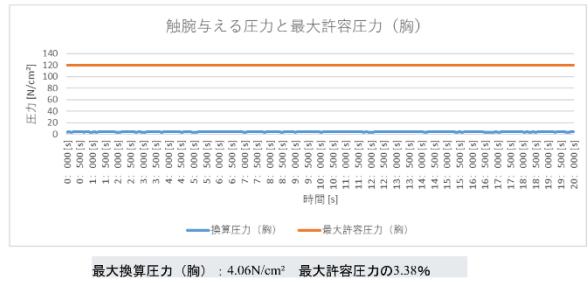
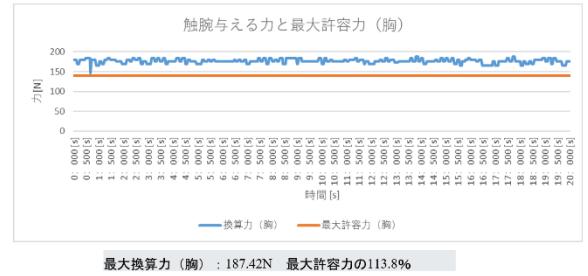


図4 胸部の換算力および換算圧力と最大許容値の比較

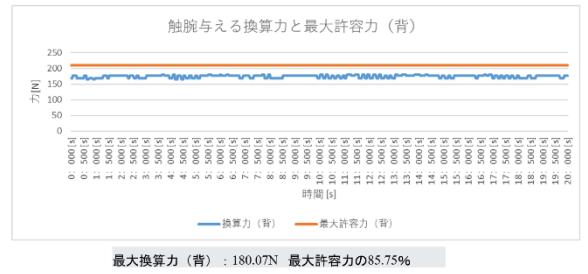


図5 背部の換算力および換算圧力と最大許容値の比較

### 5. おわりに・今後の展望

本研究では、水流場における触腕機構の把持特性と安全性について基礎的な検討を行った。今後は、触腕搭載ラジコンボートを用いた把握実験を行い、水流場および波動場における実環境下での有効性を検証する予定である。