

(別紙 2)

## 論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 モハメド カラト

本研究の目的は、溺れている swimmer を早期に検出して救助するための、ユビキタスコンピューティング技術を確立することである。溺れている swimmer の救出は2つのステップから構成される。まず、swimmer が溺れそうな初期段階を早期に検知する段階と、溺れている swimmer を救出する段階である。本研究ではこれらの2つの段階について、溺れのパターンに応じた複数の新しい手法を提案し、その有効性の評価検証を行った。

まず、本研究では溺れを早期に検知するために、溺れパターンの調査分析を行なった。溺れには大別すると2つのパターンがある。泳げないことや疲労、身体の部位の痙攣などが原因で明確な意識下で溺れ状態になり激しくもがくパターンと、心臓疾患などが原因で意識が低下し、そのまま静かに水没する (silent death) パターンである。

本研究では、前者の激しくもがくパターンを検出するために2つの手法を提案した。まず第一に、溺れる者の運動的振舞いのパターンに着目した。例えば、パニックを起して水面を上下運動しながらもがくのは、典型的なパターンであり、これらを文献調査だけでなく、現場のライフガード隊員へのインタビューなどによって確かめた。本研究では水泳時に装着可能な MEMS センサーを用いて、このパターンを自動検知した。具体的には、胸部と頭部に圧力 (水圧) センサーやジャイロ、加速度センサーを設置してデータを抽出し、ニューラルネットワークを使ってセンサーからの信号パターンを解析することで溺れ状態を検出する方式を開発した。実際に溺れている人を被験者にするには困難であるため、第一線のライフガード隊員が溺れ動作を模擬し、溺れる直前の状況 (near-drowning incident) の検出を確かめた。

第二の手法は、溺れによってパニックを起した時の、心理的、生理的現象の変化に着目した。具体的には、心拍数が急激に増加することによって溺れを検知するアプローチをとった。そこで、本研究ではピエゾフィルムセンサーを用いて、心拍数を常時モニタし、得られデータのパターンを解析した。ピエゾフィルムセンサーは、センサーの特性上ノイズが大きいいため、それを除去して溺れを早期検知するために、Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD) に基づいた新しい Weight Factor Mode (WFM) 手法を提案した。これにより、センサーからの信号処理を十分な精度と性能で達成すること確認できた。

次に、静かに水没する、いわゆる silent death を検出する方法として、スイマーに防水処理を施したスマートフォンを装着し、それへの通信パケットの到達性と備え付けられた加速度センサーを用いて、スイマーが水没している時間と運動しなくなった時間の両方を検出する方式を開発した。

本研究では、これらの手法で溺れを早期に検知した次に、swimmer を救出する手法として、2つの手法を提案している。第一の手法として、電気信号によって自動的に膨らむことがで

きるエアバックを開発した。圧縮空気を備えた小型ポンペを装着し、溺れ発見がなされた場合に、自動的に膨らむエアバッグである。この方法は、溺れた状態の者を救出することは可能であるが、スポーツとして水泳を楽しんでいる swimmer が装着することには、大きさなどの観点からやや難がある。

第二の手法として、silent death を検出するためのスマートフォンを用いた手法を拡張し、遊泳中に swimmer の位置を常時サーバーサイドにアップロードすることで、水没した場合には、最終取得位置を溺れの位置と推定し、その周囲にいるライフガードまたは救助可能な者に、通信により自動通知する機構を考案した。

このように本研究は、溺れに対してそれを早期に検知し救出することに対して、網羅的に研究を進めており、特に溺れの早期検知のためのセンサーデータ解析に関する基礎的な手法に多くの成果を挙げた。今後の課題は、実用化に向けた装置の小型化や信頼性や耐久性の高い実装を行なうことである。

本研究成果は、既に国際会議等における 4 本のフルペーパー及び、3 本のショートペーパーとしての公表を達成しており、総合分析情報学コースの博士論文基準を十分に超える成果を挙げている。さらに本論文の内容は、NewScientist や NHK など、国内外のメディアによる取材や報道も行なわれ、社会的にも大きなインパクトを与えることに成功した

審査委員会において、まず本研究成果が社会的にも極めて必要性の高い研究であること、これまであまり積極的には取組まれてこなかった研究テーマに取組んだこととして、そのオリジナリティは高く評価された。また、溺れの早期検知の方式や手法も妥当なものであり、理論的には十分に有益な成果が出ていると考えられる。課題としては、本研究成果の実用化に向けて、特にセンサーや計算処理、通信などを実現する装置の小型化や信頼性・耐久性の高い実装に対して、更に研究が必要であることが指摘されると同時に、早急に実用化される事に対して強い期待が述べられた。これらのことを総合的に判断した結果、審査委員会は、本論文が博士（学際情報学）の学位に相当するものと判断した。