

学 位 論 文 題 名

海中転落者のための救助システムに関する研究

学位論文内容の要旨

【はじめに】

本研究は、海中転落者の生存救出を目的として、救命衣に GPS (Global Positioning System) 受信装置を組み込むという発想から、平成 10 年にスタートしたものである。海上における遭難および安全に関する世界的な制度としては GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) が、国内では海の 118 番通報が制定され大きな役割を果たしている。しかしながら、これらの制度は船舶を対象としており、個人を対象としたものとはなっていない。また、大規模システムとしての課題である“90%以上の誤報”といった問題を抱えている。そこで、本研究では、個人を対象とした実用的な救助システムの提案を行う。海中転落者の生存救出のための最低条件としては、“海上に浮いていること”、“事故の発生を通報すること”の 2 点が挙げられる。そのため、海上に浮いているための常時着用型の安全衣と、事故の発生とその位置を通報するための救助システムが必要となる。本研究では、“衛星通信”、“特定小電力無線機”、“携帯電話”を通信装置とする、3 種類の救助システムを考案、構築した。そして、洋上において実際に海中転落を行うことで、その有効性を示した。なお、本研究のキーワードは以下の 6 項目である。

- ・“個人”を対象とした救助システム
- ・“ローカルマネージメント”な救助システムの構築
- ・“安全衣”と救助システムの一体化
- ・“双方向”の通信による心理面からの保護
- ・“免許不要”な通信システムの選定
- ・“コスト”を考慮した救助システム

なお、ローカルマネージメントとは運用管理体制が小規模であり救助対象者の把握が容易であることを意味している。また、免許不要とコストは救助システムの普及のための条件として挙げることができる。

【衛星通信を用いた救助システム】

最初に、全世界で利用可能な救助システムとして、オープンコム衛星通信サービスを用いた救助システムを考案、構築し評価を行った。採用したオープンコム衛星通信サービスは、車輛および船舶での利用を想定しており、通信装置は携帯型の装置とはなっていない。

い。そのため、最初に携帯型アンテナの開発を行った。安全衣への組み込みを前提に、アンテナにはフレキシブルな素材を用いたヘリカルアンテナを試作した。しかしながら、ヘリカルアンテナを安全衣に組み込んだ状態では、海水の影響により通信を行うことができなかった。そこで、必要時にはアンテナを取り出し、手に持つことを前提として、衛星用アンテナとして有用なダイポールアンテナを収縮式とすることで携帯可能とした。開発したダイポールアンテナを用いた洋上試験では、海中転落から 4 分後に、事故発生の第一報を、5 分後に、位置情報を含んだ第二報をホストコンピュータで確認することができた。しかしながら、試作した携帯端末は通信装置と通信アンテナの十分な小型軽量化が図れなかったことから、常時着用型の安全衣ではなく船舶設置型の救命衣に組み込む用途を想定していた。ところが、平成 15 年にステラーサテライト社（イスラエル）によって外形寸法 $0.080 \times 0.110 \times 0.016\text{m}$ 、重量が 0.18kgf の通信装置が開発されたことから、現在では常時着用型の安全衣への組み込みが可能である。

【特定小電力無線機を用いた救助システム】

次に、携帯端末の小型軽量化を第一の目的として、特定小電力無線機を用いた救助システムを考案した。海上保安統計年報によると、海中転落事故における死亡・行方不明者のうち、約 60% が船舶の海難によらない海中転落事故、または、港内における海中転落事故となっている。そこで、特定小電力無線機を携帯端末とすることにより、海中転落時には起動信号を発信し、船舶や港湾に設置した中継端末を起動することで、間接的に事故の発生を通報するリレー方式を考案した。中継端末には携帯端末からの起動信号を受信する受信装置を組み込んでおり、船舶既設の GPS 受信装置、並びに通信装置と接続している。リレー方式では、GPS 受信装置、並びに通信装置は船舶既設の設備を利用することから、携帯端末の機能は起動信号を発信するだけの単機能となり、携帯端末の小型軽量化が可能である。湖沼、沿岸、沖合における海中転落実験の結果、安全衣の左胸部に携帯端末を組み込んだ状態において、湖沼では半径約 500m、海洋では半径約 300m の範囲に存在する中継端末を起動することができた。さらに、携帯端末を手に持った状態では、海洋においても半径約 1,000m の範囲で中継端末を起動できた。特定小電力無線機を用いた救助システムは、操業区域を特定の沿岸域とする前浜漁業には最適な救助システムであり、すぐにでも実用化が可能である。

【携帯電話を用いた救助システム】

最後に、救助システムの運用面からの実用化を目的として、携帯電話を用いた救助システムを考案し、評価を行った。携帯電話はその急速な普及により、国内最大級の通信手段として成長した。平成 14 年における海の 118 番通報の通信手段としては、携帯電話が過半数を占めていることから、洋上における緊急通報の手段として大変有効であると言える。そこで、“GPS ケータイ”を携帯端末とする、DLP (DoCoMo Location Platform) サービスを用いた救助システムを考案した。このシステムではインターネットを経由して DLP サーバにアクセスすることにより、携帯端末の位置情報を取得することができ

る。そのため、システムの構築、および、導入が容易であることから、ローカルなシステムの構築に適している。プールにおける実験の結果、安全衣の左胸部に携帯端末を組み込んだ状態において、落水した被験者の位置情報を含む緊急通報をコンピュータ上で確認することができた。しかしながら、手動による操作では、被験者の 30% が携帯端末の起動に失敗したことから、自動起動装置の開発を行った。自動起動装置は海水の伝導性を利用して、露出させた 2 本の電極間に流れる電流を検出する電子式を採用した。電子式とすることで、小型化が可能となる。自動起動装置を用いた洋上実験の結果、海中転落から 60 秒以内にコンピュータ上で事故の発生と位置を確認することができた。

【安全衣】

安全衣とは、“作業合羽に必要最小限の浮力を持たせたもの”と定義した。本研究では、漁労作業では必ず着用する作業合羽に救命衣の機能を付加することで、常時着用を推進することを考案した。研究の前半は、漁業用救命安全衣の技術基準を参考に、6.5kgf の浮力をもつ安全衣の開発を行った。研究の後半は、平成 14 年 10 月より導入された小型船舶用浮力補助具の技術基準を安全衣の技術基準とし、浮力は 5.85kgf とした。また、安全衣は作業性を最優先としてデザインを考案した。その結果、浮力材を多数のブロックに分割配置することで、高い作業性が得られた。安全衣の生地に関しては、強靱軽量で防弾チョッキにも利用されているダイニーマ素材を用いた安全衣の試作を行ったが、1 着 10 万円程度と高価であり、普及を目的とした安全衣には適さなかった。そして、漁業者による漁労作業での試用と試作を繰り返し、改良を重ねた結果、理想的な安全衣として、0.11m 角の浮力材を 30 のブロックに分割配置したウレタン素材の安全衣を完成させ、既に実用化している。この安全衣の乾燥重量は 1.38kgf であり、作業合羽 (1.04kgf) と救命衣 (0.65kgf) の組み合わせに比べ、約 20% の軽量化を実現した。なお、浮遊姿勢に関しては、一般的な垂直型ではなく、水平に近い“ラッコ型”の浮遊姿勢となる。15 歳から 49 歳までの 10 人の被験者による浮遊姿勢の実験の結果、安全衣の左胸部に配置した携帯端末を収納するポケットは、いずれの被験者であっても水面上に位置することが確認できた。

【おわりに】

本研究では、衛星通信、特定小電力無線機、携帯電話と免許不要で利用可能な全ての通信装置を用いた救助システムを考案、構築し評価を行った。その結果、目的に合わせた救助システムを選択することで、あらゆる状況の海中転落事故に対して、迅速な救助活動の要請を行い、生存救出へと結び付けることが可能である。救助システムは単独のシステムとして構築するのではなく、日常利用する他のシステムと組み合わせることにより、普及が推進する。例えば、携帯電話を用いた救助システムでは、同じく DLP サービスを基盤として構築されている、船舶の運航管理システムと統合することに成功した。また、特定小電力無線機を用いた救助システムでは、漁労機器のコントローラとしての機能を付加することは、非常に有効な方法である。第 7 次交通安全基本計画では、「平成

17 年までに海中転落による死亡・行方不明者数を年間 200 人以下とする」とした、具体的数値目標が掲げられているものの、現在は年間 320 人前後で横這いの状況が続いている。本研究は、海中転落者を迅速な救助活動により生存救出するために、IT の活用を提案し、実践したものである。また、救助する立場ではなく、救助される立場、すなわち、海中転落者の視点で救助システムを考案した。そのため、いずれのシステムにおいても、双方向の通信を前提としており、海中転落者が救助活動の開始を認知することで生存意欲を高め、心理面からも保護するシステムとしている。安全衣との一体化により、本研究の成果を実用化することで、多くの海中転落者を生存救出することが可能である。

学位論文審査の要旨

主査	教授	天下井	清
副査	教授	烏野	慶一
副査	教授	芳村	康男
副査	助教授	木村	暢夫

学位論文題名

海中転落者のための救助システムに関する研究

本研究は海中転落者の生存救出を目的として、救命衣にGPS受信装置を組み込み個人を対象とした実用的な救助システムを考案し、その有効性を実証したものである。海上に浮いているための常時着用型の救命安全衣として改良を重ねて、浮力約6kgf、乾燥重量1.38kgfという軽量で左胸部に通信装置の収納ポケットを設けたウレタン素材の安全衣を完成させた。

本研究では、“衛星通信”、“特定小電力無線機”、“携帯電話”を通信装置とする、3種類の救助システムを考案、構築した。

【衛星通信を用いた救助システム】

最初に、全世界で利用可能な救助システムとして、オーブコム衛星通信サービスを用いた救助システムを考案、構築し評価を行った。採用したオーブコム衛星通信サービスは、車輛および船舶での利用を想定しており、通信装置は携帯型の装置とはなっていない。そのため、最初に携帯型アンテナの開発を行った。安全衣への組み込みを前提に、アンテナにはフレキシブルな素材を用いたヘリカルアンテナを試作した。しかしながら、ヘリカルアンテナを安全衣に組み込んだ状態では、海水の影響により通信を行うことができなかった。そこで、必要時にはアンテナを取り出し、手に持つことを前提として、衛星用アンテナとして有用なダイポールアンテナを収縮式とすることで携帯可能とした。開発したダイポールアンテナを用いた洋上試験では、海中転落から4分後に、事故発生第一報を、5分後に、位置情報を含んだ第二報をホストコンピュータで確認することができた。しかしながら、試作した携帯端末は通信装置と通信アンテナの十分な小型軽量化が図れなかったが、平成15年にステラーサテライト社（イスラエル）によって外形寸法0.080×0.110×0.016m、重量が0.18kgfの通信装置が開発されたことから、現在では常時着用型の安全衣への組み込みが可能である。

【特定小電力無線機を用いた救助システム】

次に、携帯端末の小型軽量化を第一の目的として、特定小電力無線機を用いた救助システムを考案した。海上保安統計年報によると、海中転落事故における死亡・行方不明者のうち、約 60%が船舶の海難によらない海中転落事故、または、港内における海中転落事故となっている。そこで、特定小電力無線機を携帯端末とすることにより、海中転落時には起動信号を発信し、船舶や港湾に設置した中継端末を起動することで、間接的に事故の発生を通報するリレー方式を考案した。中継端末には携帯端末からの起動信号を受信する受信装置を組み込んでおり、船舶既設の GPS 受信装置、並びに通信装置と接続している。リレー方式では、GPS 受信装置、並びに通信装置は船舶既設の設備を利用することから、携帯端末の機能は起動信号を発信するだけの単機能となり、携帯端末の小型軽量化が可能となった。湖沼、沿岸、沖合における海中転落実験の結果、安全衣の左胸部に携帯端末を組み込んだ状態において、湖沼では半径約 500m、海洋では半径約 300m の範囲に存在する中継端末を起動することができた。さらに、携帯端末を手に持った状態では、海洋においても半径約 1,000m の範囲で中継端末を起動できた。特定小電力無線機を用いた救助システムは、操業区域を特定の沿岸域とする前浜漁業にも最適な救助システムであり、すぐにでも実用化が可能である。

【携帯電話を用いた救助システム】

最後に、救助システムの運用面からの実用化を目的として、携帯電話を用いた救助システムを考案し、評価を行った。携帯電話はその急速な普及により、国内最大級の通信手段として成長した。平成 14 年における海の 118 番通報の通信手段としては、携帯電話が過半数を占めていることから、洋上における緊急通報の手段として大変有効であると言える。そこで、“GPS ケータイ”を携帯端末とする、DLP (DoCoMo Location Platform) サービスを用いた救助システムを考案した。このシステムではインターネットを経由して DLP サーバにアクセスすることにより、携帯端末の位置情報を取得することができる。そのため、システムの構築、および、導入が容易であることから、ローカルなシステムの構築に適している。プールにおける実験の結果、安全衣の左胸部に携帯端末を組み込んだ状態において、落水した被験者の位置情報を含む緊急通報をコンピュータ上で確認することができた。しかしながら、手動による操作では、被験者の 30%が携帯端末の起動に失敗したことから、自動起動装置の開発を行った。自動起動装置は海水の伝導性を利用して、露出させた 2 本の電極間に流れる電流を検出する電子式を採用した。電子式とすることで、小型化が可能となった。自動起動装置を用いた洋上実験の結果、海中転落から 60 秒以内にコンピュータ上で事故の発生と位置を確認することができた。

本研究は、海中転落者を迅速な救助活動により生存救出するために、IT の活用を提案し、実践したものである。また、救助する立場ではなく、救助される立場、すなわち、海中転落者の視点で救助システムを考案した。

以上の研究の成果は我が国の漁船数の約 95%に当たる救助通信手段を持たない 20 トン未満船の漁業者はもとより、全世界で操業する漁業者の遭難時の救助システムの実用化が可能となるものであり、何よりも双方向の通信を前提としたことにより、海中転落者が救助活動の開始を認知し、生存意欲を高め待つことにより一層の生存救出の可能性を示した。よって審査員一同は、本論文が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。