

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：54401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23310116

研究課題名(和文) ICT技術を用いた消防隊員遠隔支援用レスキューベストの開発

研究課題名(英文) Development of Rescue Vest using ICT

研究代表者

土井 智晴 (Doi, Tomoharu)

大阪府立大学工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：00259897

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,400,000円、(間接経費) 3,420,000円

研究成果の概要(和文)：前年度に試作したレスキューベストの評価を行った。その評価内容は、継続稼働時間の評価および電波強度の評価である。継続稼働時間は約120分となり、実質的な消防隊員活動時間の60分を十分確保できていることを確認した。また、電波強度評価では、見通しの効くフロアーないであれば、30mは無線伝送が可能であることが確認できた。また、数多くの実演デモを行った。そのなかでも2013年7月7日には中間報告として多くの来場者の訪れるレスキューロボットコンテストの東京予選会場で行った。

研究成果の概要(英文)：We evaluated for the prototype of the rescue vest in the previous fiscal year. The contents of the evaluations are the evaluation of the radio wave intensity and the evaluation of ongoing operating time.

Also, we have many demonstrations with the rescue vest. We hold the largest demonstration in Tokyo qualifying venue of the rescue robot contest which visit the many visitors on July 7, 2013.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、社会システム工学・安全システム

キーワード：レスキューロボット ICT 無線技術 通信技術

### 1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、平成14年度から平成18年度に実施された文部科学省の大都市大震災軽減化特別プロジェクトに参画し、レスキューロボットの研究開発（以下、レスキューロボットを含め高度な消防関係資機材を「高度な資機材」という）を行った。その成果が近年開花し、その成果を活用した多くの高度資機材の技術を応用し、業務用ロボットや市販商品化している。

しかしながら、それらを操作する消防隊員等は、現場ではグローブの装着義務があり、細かな操作盤を操作することが困難であることを数多くの消防関係機関との実証実験で経験してきた。また、その実証実験では、消防隊員を支援する作業支援者が間近で高度な資機材を操縦したが、実際の災害現場には二次災害の危険性が高く、そのような技術支援者が災害現場で操縦等の技術支援をすることは現実的でないと考えに至った。

そのような経験や必要性を感じたことから、高度な資機材の操作を遠隔地から支援するシステムの必要性を見だし、普段消防隊員が着衣しているベストに遠隔地とのコミュニケーションが可能な ICT 関連機材（Information and Communication Technology）を全て内蔵した装着型遠隔作業支援システム（図1）を開発するという着想に至った。



図1 ICT レスキューベスト

この ICT レスキューベストには、研究代表者および研究分担者が関わってきたレスキューロボット遠隔操縦技術の多くを有機的に関連づけ、遠隔地から消防隊員の作業支援するシステムとして発展させること。そして、最も重要なキープポイントは、開発した ICT レスキューベストを消防関係者に評価を頂く産官学連携ネットワークが研究を推進することとした。

### 2. 研究の目的

本研究では、3年間の研究機関に対して、以下のように計画した。

#### (1) 平成23年度

平成23年度に研究グループの分担とタスクを明確にし、ICT レスキューベストのシステムを試作する。このとき、ハードウェアグループ、ソフトウェアグループ、外部評価グループに分かれ、それぞれ試作を前期に行う。後期には、それらを結合し、第1号試作を完成し、外部評価グループにより、消防関係者等に評価を頂く。

#### (2) 平成24年度

平成24年度に試作モデルの改善点と消防関係者からの評価を元にして、前期に実用化システム開発する。後期には、その評価を消防関係者に得て、実用化システムの改良を行う。

#### (3) 平成25年度

平成25年度に前期に改良型実用システムモデルを完成し、消防関係者と合同による想定訓練を行う。後期には、前期に行った想定訓練結果をまとめ、報告書作成、学会等による成果発表に努める。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実証用レスキューベストの製作

平成23年度に図2のような実証用レスキューベストを製作した。



図2 実証用レスキューベスト

ベストのサイズは成人用フリーサイズとして製作した。質量は3.3kgであり、色は視認性が高い蛍光オレンジとし防火性の高い生地を採用した。また、暗所での活動時の視認性を高めるために胸と背中に2本の銀色反射板も設置している。活動時の後方支援のため音声送受信と3種類の画像情報を送信している。それらデータを無線LANに送信するICT制御器としてサンリツオートメーション株式会社製のTPIP2ボードを用いている7)。動作に必要な電源は、比較的安定性の高い2次電池であるLiFe電池13.2Vを採用している。

#### (2) 後方支援用ソフトウェアの開発

災害現場で簡便に後方支援基地を解説できるようにタブレットPCを使ってレスキューベストと通信できるソフトウェアの開発を

行った(図3)。このソフトウェアを使用することでレスキューベストに搭載されているカメラからの画像や音声の送受信が可能となっている。



図3 後方支援用ソフトウェア  
(3) ハーネス型試作機

次章で述べる消防関係者との情報交換に基づき、実験当初には想定していなかった必要な機材のみを搭載したハーネス型試作機

(図4)を研究最終年度の平成25年度に作成した。

このハーネス型は、前方カメラ、ハンドカメラ、マイク、防水スピー



カ、ICT制御器を備え 図4ハーネス型試作機で駆動する。電源は6.6V、1.2AhのLiFe充電電池で駆動する。重量は電源を含み2.5kgある。

#### 4. 研究成果

以下には、実証用レスキューベストに対して行った評価実験について述べる。

##### (1) 視認性評価実験 2), 6)

日中にベストを着用した状態で森林を模擬した本校中庭にて視認性の確認実験を行った。これにより樹木が映える屋外で30m先



図5 視認性評価実験

での視認性を確認した。

##### (2) 探索活動想定実験 2), 6)

夕暮れに実証用試作機を装着し目視では隊員を確認できない距離で探索活動想定実験を行い、後方支援用機材としてレスキューベストの有用性を確認した(図6)。



図6 探索活動想定実験

##### (3) 連続駆動時間評価実験 3), 6)

ICT制御器に13.3V、2.3AhのLiFe充電電池により連続駆動実験を行い、2時間の駆動が可能なることを確認した。また、ハーネス型試作機についても6.6V、1.3AhのLiFe充電電池により連続駆動実験を行い、1.2時間の駆動が可能なることを確認した(図7)。

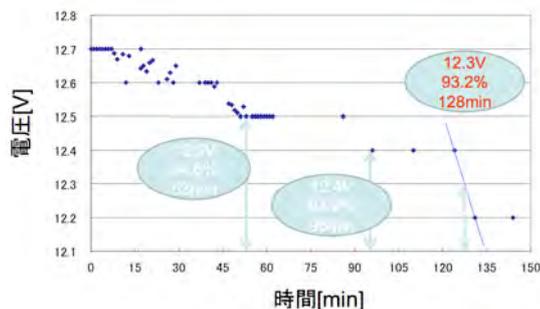


図7 連続駆動時間評価実験

##### (4) 耐環境評価実験 4)

平成25年夏季晴天の日中(気温39°C)時に実証用試作機を駆動させ、ICT制御器が正常に動作を続けるか確認した。その結果、120分後にICT制御器を保護するボックス内の温度が61.5°Cで平衡状態となり、正常動作を維持することを確認した(図8)。

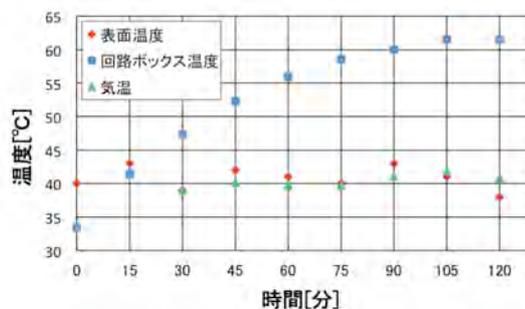


図8 耐環境評価実験

##### (5) 電波強度評価実験 3), 5), 6)

実証用試作機を着用して商業ビル内のフロアと階段室で電波強度評価実験を行った3)。これによりオフィスと廊下を隔てる壁を超えて映像受信は可能であるが、その奥の

階段室に入り階段を登り始めると機能停止となることを確認した。また、見通しの効く平地でハーネス型試作機（基本的には実証用試作機と同等のもの）を用いて電波強度実験を行った5)。これにより試作機とタブレットPCが26m付近で音声途切れ始め41mで音声途絶し、50m以上離れると映像の受信が停止し、機能停止となった(図9)。



図9 電波強度測定実験

#### (6) 消防機関との連携

本研究では消防機関との連携が目的の一つとなっている。そのため、平成23年度(7月8日、神戸サンボーホール)には消防関係者と研究グループがディスカッションを行う形式の講演会を開催した(図10)。



図10 平成24年度 成果公開講演会

また、平成24年度(7月7日、東京都立産業貿易センター台東館)には、レスキューロボットの研究者とともにレスキューベストの中間成果公开发表会を開催した(図11)。

そして、平成25年度(平成26年3月8日、スカイホール豊田)には、豊田消防局の隊員と共にレスキューロボットと接続したレスキューベストを着用して想定実験を成果公開実験として実施した(図12)。



図11 中間講演会



図12 平成25年度 成果公開実験

#### (7) 研究成果のまとめ

##### ①平成23年度：実証用レスキューベスト

###### の製作と総合的な評価実験の実施

研究初年度の平成23年度に図2のようなベストを製作した。このベスト開発で重点においたことは、視認性と耐火性である。この実証用レスキューベストは非常に耐火性の高い素材で出来ており、かつ、非常に視認性の高いオレンジ色を選定した。そして、そのベストにICT基盤と3つのカメラ、マイク、スピーカを搭載した。完成後、その実用性を確認するために視認性の評価実験と実際の災害現場での使用を想定した探索活動想定実験を行った。ここまでの、平成23年度の研究成果であり、概ね計画通りに研究開発活動は進行した。

##### ②平成24年度：実証用レスキューベストに対する消防関係者からのコメント

研究2年目の平成24年度は、前年度に完成した実証用レスキューベストへのコメントを消防関係者から頂いた。以下が、その主要なコメントである。

###### ■消防関係者からの意見

- 後方(本部)と現場で情報を共有できることはよい。
- 匍匐(ほふく)前進するときに出っ張りは邪魔になる。
- 暗所での活動も想定して発光体をつけてほしい。
- 駆動時間は長いほどよいが、実際の現場は1時間程度を活動時間の最小単位にすることが多い。そのため最低1時間は、駆動する必要がある。
- 高い耐久性が必要である。

これら消防関係者からのコメントは本研究遂行に非常に有益なものであり、これらコメントに基づき、その後の研究方針を以下のように修正した。

消防関係者からのコメントb)に関しては、新たな試作ベストとしてハーネス型試作機を設計製作することとした。コメントd)およびe)に関しては、各種評価実験(電波強度実験、連続駆動実験、耐環境実験)を実証用レスキューベストに対して行うこととした。

##### ③平成25年度：ハーネス型試作機の製作とベストとロボットの結合技術の確立

研究の最終年度は、実証用レスキューベストとレスキューロボットの結合技術の確立を行う予定であり、それを予定通り遂行できた。その成果は、成果公開実験として平成2年3月8日に豊田消防局と連携し開催した。

また、平成24年度に消防関係者から頂いた意見を基に、当初の開発予定には無かったハーネス型試作機を製作し、実証型レスキューベストと同様の評価実験を行った。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1) 奥川雅之、土井智晴:[解説] レスキューロボットコンテストと遠隔操縦システム, 計測自動制御学会学会誌 計測と制御, Vol. 52, pp. 503/508 (2013)

[学会発表] (計 6 件)

1) 土井智晴、衣笠哲也、奥川雅之、山内仁、宗澤良臣、小林滋、大坪義一:Development of Rescue Vest using ICT (査読付), 11th IEEE International Symposium, SSRR2013 (2013)

2) 土井智晴、奥川雅之、山内仁、宗澤義臣、小林滋、大坪義一、衣笠哲也:ICT 技術を活用したレスキューベストの開発～プロジェクトサマリー～, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'14 講演論文集, 3P1-I09 (CD-ROM) (2014)(ポスター発表)

3) 土井智晴、奥川雅之、山内仁、高森年、大坪義一、衣笠哲也:ICT 技術を用いた消防隊員遠隔支援用レスキューベストの開発～第1報:研究概要と平成23年度研究計画～, 第12回(社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集, 1A3-4, 58/59 (2011)

4) 土井智晴、奥川雅之、山内仁、高森年、大坪義一、衣笠哲也:ICT 技術を用いた消防隊員遠隔支援用レスキューベストの開発～第2報:レスキューベストの機能とその評価～, 第13回(社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集, 1I2-5, 658/660 (2012)

5) 土井智晴、奥川雅之、山内仁、宗澤良臣、大坪義一、小林滋、衣笠哲也:ICT 技術を活用したレスキューベストの開発～第3報:電波強度と連続稼働時間の評価および消防関係者からの意見～, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'13 講演論文集, 1P1-P20 (CD-ROM) (2013)(ポスター発表)

6) 土井智晴、奥川雅之、山内仁、高森年、大坪義一、衣笠哲也、山中恵介、蓬臺優堯:ICT 技術を活用したレスキューベストの開発～第4報:プロトタイプ2号機の開発について～, 第14回(社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集, 2D2-6, 1243/1244 (2013)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.ct.osakafu-u.ac.jp/~doi/kakenhi/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

土井 智晴 (DOI, Tomoharu)

大阪府立大学工業高等専門学校・総合工学システム学科・准教授

研究者番号: 00259897

### (2) 研究分担者

高森 年 (TAKAMORI, Toshi)

特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構・その他部局等・名誉教授

研究者番号: 10031098

山内 仁 (HITOSHI, Yamauchi)

岡山県立大学・情報工学部

研究者番号: 10275373

奥川雅之 (MASAYUKI, Okugawa)

愛知工業大学・工学部・准教授

研究者番号: 50290747

大坪 義一 (YOSHIKAZU, Ohtsubo)

特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構・その他部局等・准教授

研究者番号: 90257973

宗澤 良臣 (YOSHIOMI, Munesawa)

広島工業大学・工学部・准教授

研究者番号: 90257973

### (3) 連携研究者

衣笠 哲也 (TETSUYA, Kinugasa)

岡山理科大学・工学部・准教授

研究者番号: 20321474