

機関番号：54401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19510178

研究課題名(和文) 完全人力駆動による超簡易探索レスキューロボットの開発

研究課題名(英文) Development of simple stick camera by complete human power generation

研究代表者

土井 智晴 (TOMO HARU DOI)

大阪府立工業高等専門学校・総合工学システム学科・准教授

研究者番号：00259897

研究成果の概要(和文)：

本研究により、すべての電力を人力により供給できる超簡易探索機(以下、本システム)を開発した。本システムは、発電部・充電部・棒カメラ部によって構成され、発電部と充電部により、足踏み回数350回で本システムを起動でき、踏み続けることで継続的に画像探索が可能な電力を発生し、かつ、蓄えることができる。棒カメラ部は、可変長でかつカメラ部を機械的に旋回することが可能である。本システムを特許出願し、学会発表1件を行った。

研究成果の概要(英文)：The simple stick camera that is able to supply all electric powers by human strength was developed by this research. This system is composed with the power generation part, the charge part, and the stick camera part. This system can be started by the power generation part and the charge part by 350 times of the standstill frequency. The electric power to search for the image can be generated continuously by keeping stepping. The stick camera part can adjust length and it's possible to turn mechanically around the camera. This system applied for the patent and it was announced once at a domestic academic Conference in Japan.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：自然災害科学，知能機械学・機械システム

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：都市・社会防災，レスキューロボット，画像探索

1. 研究開始当初の背景

国内外を問わず頻発する自然災害が人口密度の高い都市などで発生した場合、倒壊した家屋等下敷きとなった生存者(以下、要救助者)を迅速に発見する科学技術は、人命を守る基礎技術であり、安全・安心な国作りの根幹を支える科学技術となる。

そのような技術として、中越地震で活躍した電磁波探査装置のシリウスが知られてい

る。しかし、それら探索機器は消防隊員から「高度探索資機材」と呼ばれ、非常に高価で精密な機材でかつ専門的で高度な操作技術が要求される。

そこで、申請者は頑丈で簡便に探索ができる簡易型探索機を文部科学省の大都市大震災軽減化特別プロジェクト(以下、大大特)の採択テーマ：「産業化を視野に入れた社会システムに順応する普及型簡易型探索用レ

スキュー機器の研究開発」の研究代表者として研究開発を行ってきた。この探索機の特徴は、従来の棒カメラ（棒の先端にカメラと照明をもった高度探索資機材）とことなり探索部に駆動車輪を持ちカメラと照明が瓦礫内を移動できるという点である。さらに、シンプルで頑健な構造であること、探索部の駆動に人力で発電した電力を用いること、操縦が直感的で非常に容易なこと、があり、災害地での実用化を念頭に置いて開発を進めた。

2. 研究の目的

前述のような研究開発を進めた結果、数百万～数千万円する高度探索資機材に対して、百万円前後で簡易型探索機を製作できることがわかった。しかしながら、依然として高価格であること、完全に電力を人力で供給できていないなどの問題点を残している。

そこで、本研究費補助金を受けて、さらに構造をシンプルにし、完全に人力のみで機能する超簡易型探索機を開発することを目的とし、つぎのことを明らかにするために年度単位で研究を進めることとした。

①平成19年度

人力のみで「超簡易型探索機」を駆動できる発電能力10Wの人力発電装置の設計・試作を行う。探索装置については、すでに開発をほぼ終えているので、実用性を重視して改良を行う。本研究の概念を具体的に示すコンセプトモデルを提示する。

②平成20年度

コンセプトモデルを用いて消防関係者による想定訓練を行い、装置の評価を得る。その評価を基に改良改善を行い、実用化モデルを設計製作する。

③平成21年度

実用化モデルを用いて消防関係者による想定訓練を行い、装置の評価を得る。実用化モデルによる各種展示や学会発表を行い、国内外に研究成果を発表する。

3. 研究の方法

(1) 平成19年度の研究内容

本システムは発電機とカメラモニタに従事する作業員と棒カメラに従事する作業員の2名が必要となる。この実際に活動した場合、予想される活動図を図1に示す。本システムは大きく分けて二つ（人力発電部「図1中の番号5, 21,」と棒カメラ部「図1中の番号6, 11, 9, 2, 18, 8, 4, 3」）の機材で構成されている。平成19年度は、手回しによる発電機を地面に設置し、発電機によって充電された電気は棒カメラ先端に取り付けたライトやカメラのほかにモニタの電源として用いる。また画像取得用機器は、釣竿のリールを改造した可動式のカメラを搭載し全方向の視界を得られる。このシステムの接続図を図2に

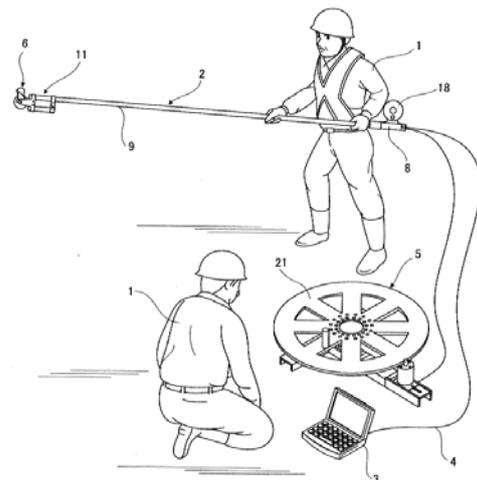


図1 完全人力発電型棒カメラシステム

示す。次にシステム構成図を図3に示す。手回し盤を回すことにより、発電された電気が発電機を介して急速充電器に蓄えられる（人力発電部）。この蓄えられた電気はライト、カメラ、モニタの電源となる（急速充電器）。棒カメラの先端部分であるカメラヘッドに收容されているライトとカメラは棒カメラの持ち手部分に搭載されているリールと連動しており、リールを巻くとライト、カメラが可動する仕組みになっている（棒カメラ）。また、カメラとモニタが連結されており、カメラが得た画像をモニタにて確認できるようになっている。

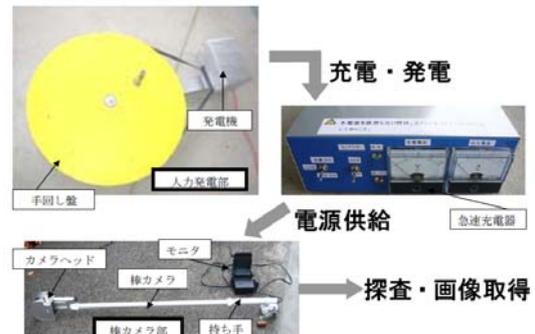


図2 システム接続図

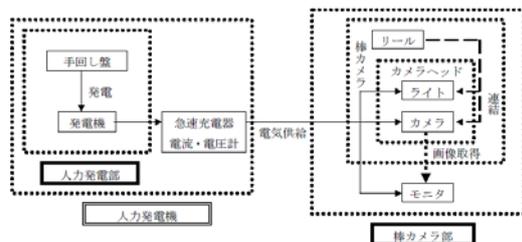


図3 完全人力発電棒システム構成図

以上のように、平成19年度はコンセプト

モデルとして、前述のようなコンセプトモデルを完成させた。このコンセプトモデルにより明らかになったことを各部ごとにまとめる。

発電部については、手回しによる人力発電機では、発電電力に対する装置のサイズが大きく、装置の可搬性が非常に低いことが問題であることがわかった。充電部については、設計仕様を満たしており、実用モデルとして利用可能であることがわかった。棒カメラ部については、機械的構造は設計仕様をみたしているが、消防関係者との共同実験（図4：大阪府立消防学校で平成19年12月18日に実施）の結果、カメラヘッド部が多きこと、装置重心の位置が悪いこと等がわかった。



図4 大阪府立消防学校での共同実験

(2) 平成20年度の研究内容

平成20年度は、平成19年度で問題になった手回し型人力発電機を根本的に見直し、足踏み式発電機として再度製作すること、棒カメラ部のカメラ部の小型化と重心位置の再設計製作に主眼をおいた。図5に開発した足踏み式人力発電機の外観、図6に再設計した棒カメラ部の前方外観と図7に後方外観を示す。



図5 足踏み式人力発電機



図6 新型棒カメラ部（前方からの外観）



図7 新型棒カメラ部（前方からの外観）

図6の前方外観でわかるようにカメラヘッドをおよそ5cm角に小型化した（平成19年度のカメラヘッド部は幅8cm、高さ10cm）。また、図7の操作者の右手後方にある直方体部分には電力ケーブルを収納したケースを設けることで同時に重心を後部にした。これにより、操作性が向上した。

以上が、平成20年度に行った研究内容である。これにより明らかになったことは次の通りである。足踏み式発電機は可搬性、操作性ともに向上した。しかしながら、平成19年度に製作した急速充電器との電圧レベルの不一致が確認され、発電した電力を効率よく充電することができないことがわかった。棒カメラ部については、設計仕様を満たし、操作性も向上したので平成20年度に製作した図6の棒カメラ部を実用モデルとした。

(3) 平成21年度の研究内容

平成21年度は、平成20年度に明らかになった足踏み式人力発電機と平成19年度製作の急速充電器の電気的特性を調整し、効果的な充電を行うことと総合的な評価を消防関係者とともに行うことを目的とした。

図8に足踏み式人力発電部の充電評価実験を示す。評価方法は充電電圧0Vから5V、10V、15Vに到達するまでに何度ペダルを踏み込んだかを計測することである。ペダルを踏

み込むペースは2Hzのペースで行った。充電評価実験では棒カメラの接続を接続しない無負荷状態で行った。

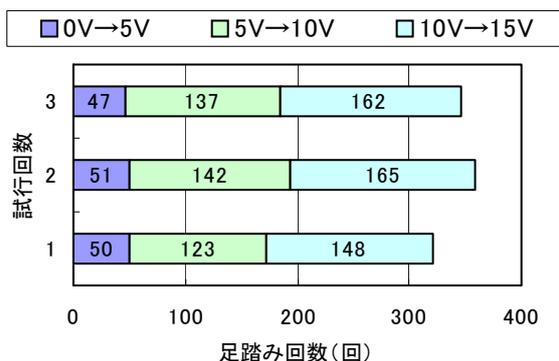


図8 充電評価の実験結果

得られた実験結果には若干のばらつきがあるものの、およそ340回前後踏み込むことで目標値である15Vまで充電することができた。実験で行った2Hzのペースより遅いペースでは700回の踏み込みを行っても12Vに到達するのが限界であった。これより、2秒に1回程度の踏み込みが必要であることもわかった。前述の充電評価実験に続き急速充電器に充電された電力を放電させる放電評価実験を行った。蓄電にはコンデンサを使用しているため時間に応じて電圧の低下が発生する。そのため、ある程度の時間が経過することで棒カメラの動作電圧を下回ることが予想される。

そこで、本実験では棒カメラを急速充電器に接続し放電を行った。評価内容は15Vまで充電した状態から放電を行い、何Vでカメラの動作が停止するか、その所要時間を評価した。図9に放電評価実験により得られた結果を示す。

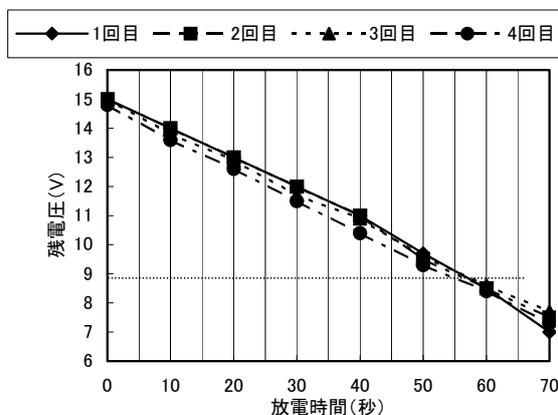


図9 放電評価の実験結果

放電評価実験より棒カメラの動作電圧は8.5Vで、低下までの所要時間は実験の結果より60秒前後であることが分かった。ただし、棒カメラ使用中であっても充電が可能であるため必要に応じ途中充電が可能であることから、途中30秒程度の休息をとりながら、足踏みを継続的に行うことで、継続的に電力が供給され、人力で完全に電力を供給できる「完全人力駆動型簡易棒カメラシステム」の実用化モデルを完成した。

その完成した実用化モデルを消防・防災関係者とともに共同実験を行った。共同実験は、平成21年10月27日(火)に(独)防災科学技術研究所兵庫県耐震工学研究センターで行った。当日、この耐震工学研究センターでは、木造3階建て住宅の振動台実験が行われ、本共同実験はその振動台実験後に倒壊した家屋を用いて行った(図10)。



図10 実物大家屋の加振動倒壊実験

図10の右側の家屋が加振動実験により倒壊し、その倒壊家屋を探索した。その様子を図11に示す。

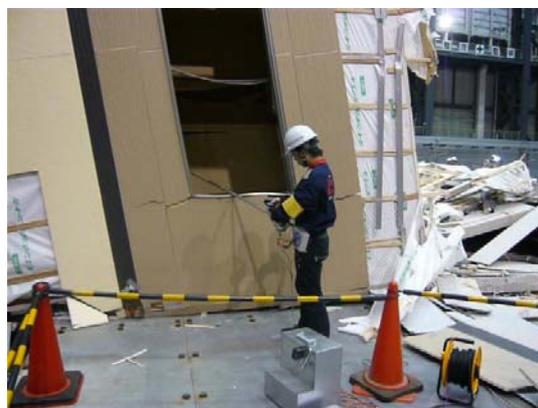


図11 倒壊家屋探索実験

この実験により、倒壊家屋の壁にできた隙

間から、壁の向こうを探索することができ、およそ5 m先の見通しのきかない壁の裏側を倒壊家屋内に操作者が進入することなく探索できることが確認できた(図12)。



図12 倒壊家屋内探索の様子

また、この共同実験に参加いただいた神戸市消防局の隊員さんにも足踏み発電を体験いただき現場での使用の可能性も見込めるだろうというコメントを頂いた。

これらから、本研究のターゲットとしていた実用モデルを完成させ、申請当時の研究目的を達成した。

4. 研究成果

前章までで述べたように本研究により申請当時に掲げた目標である「実用化モデルの完成とその評価」は達成した。主な研究成果を以下にまとめる。

- ①必要電力をすべて人力で供給する完全人力駆動型棒カメラシステムの実用化モデルを完成した。
- ②その棒カメラシステムの評価実験を消防防災関係者とともに2回行い、消防現場での実用性の検証と実用化の可能性を評価した。
- ③本棒カメラシステムを特許出願した。
- ④本棒カメラシステムを学会にて発表し、優秀講演賞を受賞した。

なお、今後もNPO法人国際レスキューシステム研究機構等と連携し、消防防災に関連する研究を進めてゆく予定である。そのなかで、本科研費申請にて行った簡易型探索機の商品化を目指した開発の可能性を探るべく、商品化には企業との連携が必須である。そのための基礎的なデータ蓄積を進めながら、産学連携可能な企業を求めてゆく予定である。

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 土井智晴,堀井尚,花村茂,元行清次, 完全人力発電による簡易型棒カメラの開発, 計測自動制御学会 SI 部門講演会 2009 講演論文集, 第10回, 191/192 (2009) 査読なし

〔学会発表〕(計1件)

- ① 土井智晴,堀井尚,花村茂,元行清次, 完全人力発電による簡易型棒カメラの開発, 計測自動制御学会 SI 部門講演会 2009 講演論文集, 第10回, 191/192 (2009) 査読なし

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)

名称: 探査用棒カメラ

発明者: 土井智晴,堀井尚,花村茂,元行清次

権利者: 土井智晴,堀井尚,花村茂,元行清次

種類: 特許

番号: 特願第2007-278245

出願年月日: 平成19年10月26日

国内外の別: 国内

〔その他〕

アウトリーチ活動

1999年から、レスキューロボットコンテスト実行委員会に委員として参加、平成20年度～現在に至るまで、同実行委員会の実行委員長を務める。このレスキューロボットコンテストは、ロボット科学者やロボット技術者を夢見る若者に技術的な修練の場を提供し、そこで生まれたロボット達が織りなす楽しい科学技術の祭典を通して、ひとりでも多くのひとにロボット技術の可能性を膨らませ、また、普段忘れがちな自然災害の厳しさを予見し備えて欲しいと願い開催している。詳しくはURLを参照されたい。

レスキューロボットコンテスト公式サイト

<http://www.rescue-robot-contest.org/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土井 智晴 (TOMOHARU DOI)

大阪府立工業高等専門学校・総合工学システム学科・准教授

研究者番号: 00259897