

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 24 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2013～2015

課題番号：25700017

研究課題名(和文)レスキューロボドッグ：ロボットテクノロジーを用いた災害救助犬の建物内の探査の高度化

研究課題名(英文) Search and Rescue Robo-dog: Sophistication of SAR dog's investigation by using robotics technologies

研究代表者

大野 和則(OHNO, KAZUNORI)

東北大学・未来科学技術共同研究センター・准教授

研究者番号：70379486

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,400,000円

研究成果の概要(和文)：ロボット技術を利用した災害救助犬の探査の記録と可視化に取り組んだ。災害救助犬の探査行動を、非侵襲な行動計測スーツを利用して計測・記録した。屋内の瓦礫や階段にける犬の歩行を行動計測スーツやモーションキャプチャで計測、犬の歩行データを解析し、犬の歩行中の速度を搭載した慣性等センサで高精度に推定する方法を開発した。その情報を元に探査軌跡を推定する方法などを開発した。また、探査活動を解析し被災者の発見に繋がる行動の検出と、地図を利用した可視化を行った。これらの成果の一部を、国内・国際学会で発表した。

研究成果の概要(英文)：We have studied about recording and visualizing search and rescue (SAR) dog's investigation activities by using robotics technologies. Several SAR dogs' activities were recorded by using cyber-enhanced suits, which are non-invasive and lightweight suits, in indoor and outdoor environments. Velocity is estimated by using IMU data in indoor environment. However, the velocity has large cumulative error. Dogs' motion on rubbles and stairs were recorded by using a motion capture system and were analyzed to improve the accuracy. The cumulative error was canceled based on the analysis of the dog's motion. This technique can be used to improve accuracy of dog's trajectory in indoor environment. Dog's motion, which is related to victim found event, was detected from IMU data. It can be used to visualize SAR dog's victim found activities. We have reported these results in domestic and international conferences.

研究分野：ロボティクス

キーワード：センサヒュージョン 犬 行動解析 バイオロギング

1. 研究開始当初の背景

申請者らは、ロボット技術を利用して、災害救助犬の被災者探査の高度化に取り組んでいる。申請者は、このようにロボット技術を利用して探査を高度化した救助犬を、サイバー救助犬と呼んでいる(図1-1)。

災害救助犬は、ハンドラーの指示に従い、優れた機動力で瓦礫の上を動き回り、優れた嗅覚で被災者を発見する。発見した被災者の位置を吠えてハンドラーに知らせる。発見した被災者を救出するには、発見した被災者の位置を把握することが重要である。

本研究では、ロボットのセンシング技術を利用して救助犬の探査軌跡や、救助犬が被災者を発見した位置を把握する方法の開発を行う。屋外に加え、屋内の位置の把握に取り組む。

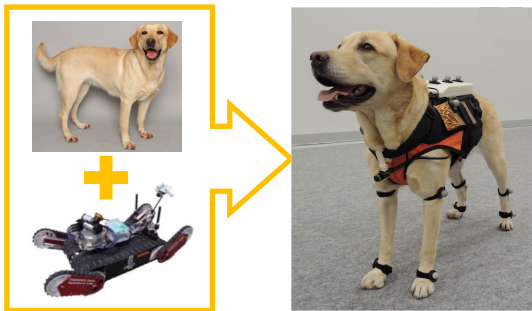


図1-1 サイバー救助犬:人と犬とロボット技術を融合した被災者探査の方法

2. 研究の目的

本申請では、被災建物内に取り残された被災者を探査する災害救助犬に計測装置を取り付け(図2-1)、救助犬の探査を計測・解析・可視化する技術の研究開発を行う。

具体的には、1. 犬が異なる歩容や、異なる地形を移動する動作を計測し犬の状態を推定する手法を構築、2. 犬の状態推定と慣性センサと外界センサの情報を組み合わせで犬の位置・姿勢を推定する方法を構築する。推定した軌跡を利用して3次元計測も試みる。また、3. 建物の形状と犬の反応の関係を考察する。開発した技術の有効性を、日本救助犬協会の協力のもと、訓練された救助犬を用いて評価する。

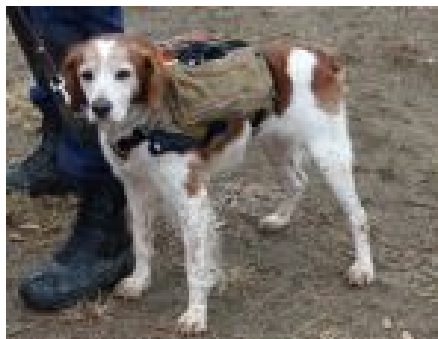


図2-1 行動計測スーツを身につけた実働認定救助犬

3. 研究の方法

1については、申請者らが開発した、中型・大型犬の動作を妨げない行動計測スーツ(図2-1)を利用して、犬の行動を計測すると共に、モーションキャプチャやカメラ映像で、異なる歩容や、異なる地形(平地、瓦礫、階段など)を移動する際の犬の行動データを収集する。収集したデータを解析し、各種の状態推定を試みる。

2については、カルマンフィルタなどを利用して速度や軌跡を推定するとともに、犬の歩行の特徴を利用して推定精度を高める。建物内の犬の位置の計測は慣性センサの積分によって行う。一方、慣性センサは、積分誤差が蓄積するという問題があり、この誤差を修正する必要がある。収集した犬の行動データを解析し、積分誤差をキャンセルするのに利用できる犬の歩容特徴について解析する。搭載したセンサの情報を利用して、歩容特徴の検出と誤差の修正を行う方法を開発する。

3については、建物3次元計測と犬が反応位置の関係を記録し、ハンドラーの意見も合わせて解析を行う。

4. 研究成果

1. 2.については、異なる歩容(ウォーク、トロット、ギャロップ)と異なる地形(平地、階段、瓦礫)で犬の行動の計測を行った(図4-1)。また、犬の探す動作についても計測を行った。これらのデータを解析し、犬の歩容の特徴を利用することで、犬の移動速度の推定精度を高める方法について提案を行い、有効性を確認した(図4-2)。また、これらの情報を積分し位置・姿勢を推定する方法(図4-3)、レーザ距離計の情報と合わせて3次元計測を行う方法を試みた。一部の成果を、国内外の学会で成果として報告した。

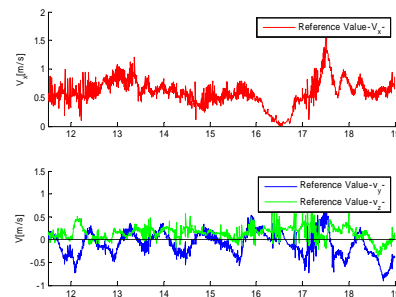


図4-1 行動計測の一例:計測に利用した階段や瓦礫(上),計測した犬の速度データの一例(下)

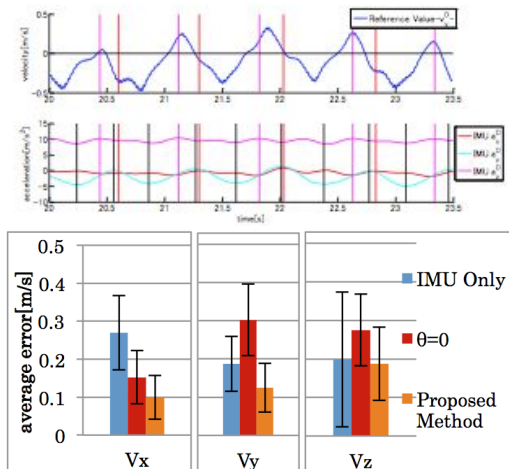


図 4-2 速度推定の一例：特徴量の解析の例（上），異なる 3 つの方法で階段を上っている時の速度を推定した際の精度比較（下）結果は提案手法の精度がいいことを示唆。

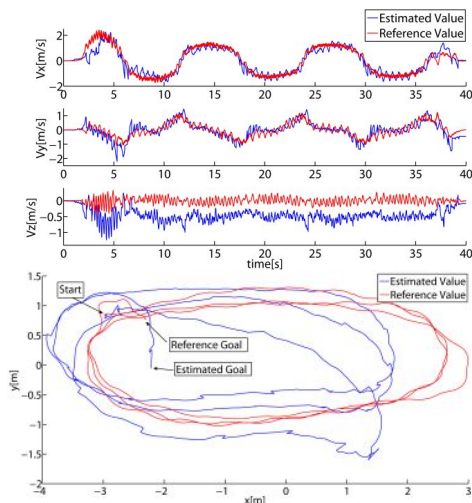


図 4-3 犬の速度推定（上）と軌跡推定（下）の結果の一例

また，1. の状態推定を開発する過程で，犬の被災者発見に繋がる動作の検出も可能であることが分かった．犬の吠えるという動作が有効であると考え，音声や慣性センサの情報から，1 回や連続で吠えるという動作を検出する方法を提案した．音声でも，慣性センサでも同等の精度で検出出来ることを確認した．また，この成果を応用し，探索中に犬が被災者を発見した位置を自動で地図にマッピングする方法も開発した（図 4-4）．成果の一部を国内外の学会で報告した．

加えて，3. の建物の 3 次元形状と被災者の位置の関係についても考察を行った．建物中では，形状が被災者の発見に影響を与えることが分かった．発表できる十分な成果としてまとめるには，より詳細な解析が必要なが分かった．

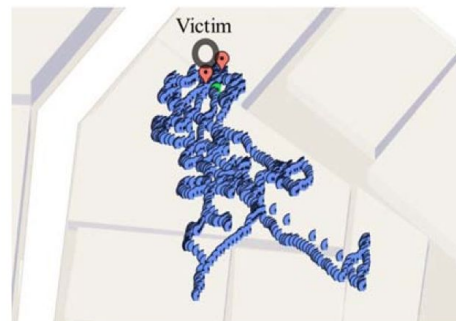
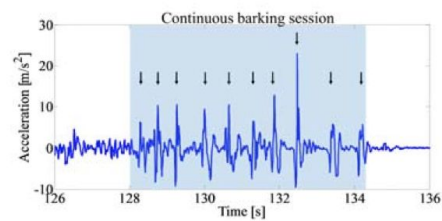


図 4-4 連続吠えの検出と可視化の一例：連続吠えの際の加速度的値の変化（上），加速度を解析して地図に被災者位置を自動的にマッピングした例（下）

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 4 件）

1. Yuichi KOMORI, Kazunori OHNO, Takuaki FUJIEDA, Takahiro SUZUKI, Satoshi TADOKORO “Detection of Continuous Barking Actions from Search and Rescue Dogs’ Activities Data,” 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp.630-635, 査読有, 2015, DOI: 10.1109/IROS.2015.7353438.
2. 大野和則, 古森雄一, 山口峻平, 鈴木高宏, 田所諭 “レスキューロボドッグ：-災害救助犬の行動計測スーツの開発と探索行動の可視化-,” 宮城県獣医師会会報 第 68 巻 4 号, pp. 180-186, 査読無, 2015.
3. 大野和則 “最新ロボット事情 第 48 回 レスキューロボドッグ,” ロボコンマガジン No. 100, pp.92-95, 株式会社オーム社, 査読無, 2015 年 7 月 1 日.
4. Naoki Sakaguchi, Kazunori Ohno, Eijiro Takeuchi, Satoshi Tadokoro, "Precise Velocity Estimation for Dog using its Gait," Field and Service Robotics, Volume 105 of the series Springer Tracts in Advanced Robotics, pp.515-528, 査読有, 2013, DOI: 10.1007/978-3-319-07488-7_35.

〔学会発表〕（計 7 件）

1. 古森雄一, 藤枝卓明, 大野和則, 鈴木高宏, 田所諭 “ 中型災害救助犬の被災者発見時の連続吠えの検出, ” 第 33 回日本ロボット学会学術講演会, 1B3-03, 2015 年 9 月 3 日, 東京電氣大学 (北千住).
2. 古森雄一, 藤枝卓明, 大野和則, 鈴木高宏, 田所諭 “ 音声と慣性センサに基づく災害救助犬の吠え検出, ” ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1A1-U10, 2015 年 5 月 17 日, みやこめっせ (京都).
3. 藤枝 卓明, 大野 和則, 古森 雄一, 田所 諭 “ 瓦礫や階段上の犬の移動速度の高精度化に向けた歩容解析, ” ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P2-H05, 2015 年 5 月 17 日, みやこめっせ (京都).
4. 大野和則, 古森雄一, 田所諭, 犬の研究のすすめ, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会, 3I3-02, 2014 年 9 月 4 日, 九州産業大学 (福岡).
5. 古森雄一, 大野和則, 竹内栄二郎, 田所諭, 「被災者発見につながる災害救助犬の動作計測」ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P2-I06, 2014 年 5 月 25 日, 富山市総合体育館 (富山).
6. 坂口尚己, 大野和則, 竹内栄二郎, 田所諭, “ 犬の歩容の特徴に着目した速度推定の精度評価, ” 第 14 回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予稿集, 1C3-4, 2013 年 12 月 18 日, 神戸国際会議場 (神戸).
7. 坂口尚己, 大野和則, 竹内栄二郎, 永谷直久, 田所諭, “ 災害救助犬が長時間装着可能な探査記録装置の開発, ” ロボティクス・メカトロニクス講演会講演予稿集, 1P1-P11, 2013 年 5 月 22 日, つくば国際会議場 (つくば).

〔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

1. 東北大学 HP
<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2016/02/award20160203-01.html>
2. サイバー救助犬 HP
<http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/サイバー救助犬/>
3. 首相官邸 HP
http://www.kantei.go.jp/jp/97_abe/actions/201603/28skgikaigi.html

その他 :

➤ 新聞報道等多数 .

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

大野 和則 (OHNO KAZUNORI)

東北大学・未来科学技術共同研究センター・准教授

研究者番号 : 7 0 3 7 9 4 8 6

(2) 研究分担者

なし .

(3) 連携研究者

なし .