

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月29日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650079

研究課題名（和文）

人間・動物・ロボットテクノロジーの融合による新しい3次元地図構築手法の提案

研究課題名（英文）

New 3-D map construction method by fusion of humans, animals, and robot technology

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

研究成果の概要（和文）：本研究の成果は、25kg程度の犬に装着し、犬の動作、移動中の軌跡、周囲の形状を計測する装置を開発した。犬の体型や動きの特性を考慮して装置を設計した。また、装置で計測したデータをベイズフィルタで処理し、歩行中の犬の位置・姿勢を推定した。推定した位置・姿勢を用いて3次元地図の復元を試みた。歩行速度の推定精度を、歩行の着地に注目して高精度化する方法を開発した。

研究成果の概要（英文）：We developed a dog mapping system for about 25kg dogs. Wearable measurement devices were designed by considering dog's body form and its motion. The dog's trajectory and pose are estimated by using Bayesian filtering. 3-D map was constructed from the trajectory and pose data and laser scanner data.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：センサ融合・統合、レスキューロボット、位置推定、地図構築

## 1. 研究開始当初の背景

救助犬を使った被災者の探査や、ネズミを使った地雷探査など、人間と動物が共同して探査が注目を集めている。理由は、動物を用いることで、人間の能力を超えた安全な探査が行えるからである。しかし、動物の集めた情報を、言葉や手書きメモで救助隊員や他の人に伝えるため、的確な情報伝達が困難であ

るという問題が潜在している。

一方、ロボットテクノロジーの発展により、レスキューロボットの分野では、人間とロボットが共同で被災地を探査することが行われ始めている。本申請は、動物の持つ探査の課題を、レスキューロボットの計測技術を応用することで、動物の持つ探査能力と情報収集能力を向上した新しい探査手法を構築す

る

訓練された動物は、人間の言葉で容易に扱  
うことができ、人間の思った通りの探査を  
実現できる。訓練された動物を用いて情報  
収集を行う場合の課題は、動物の動きや  
見ている映像を記録すること、自由に動  
き回る動物の位置・姿勢を推定し記録場  
所を可視化することである。動物の移動  
中の位置・姿勢が分かれば、行動から被  
災者の位置の特定や、動物に取り付け  
たカメラや距離センサの情報を統合して  
地図を構築し、可視化することが可能に  
なる。

## 2. 研究の目的

本申請は、人と動物とロボットテクノロ  
ジーの融合による新たな探査・記録シス  
テム（ドッグマッピング）の構築を目指  
している。本申請期間に、(1)犬に取り  
付けた複数の慣性センサをから得られ  
る情報を統合して犬の移動軌跡を推定  
する方法の開発する。また、手法の有  
用性を利用する救助隊員に示すため、  
(2)推定した位置・姿勢に基づく地図  
の構築を行う。

## 3. 研究の方法

図1に本研究で開発を行うドッグマッ  
ピングの概要を示す。本システムを開  
発するために必要な2つの研究課題を  
以下の方法で解決する。

(1) 犬に取り付けた複数の慣性センサ  
をから得られる情報を統合して犬の移  
動軌跡を推定する方法の開発は、①犬が  
装着するベストを利用して計測装置を  
開発、②訓練された犬を用いた歩容  
の計測と解析、③慣性センサの値を  
積分して速度と姿勢を導出し、速度  
の累積誤差を歩容に注目してキャン  
セルする方法を開発した。複数センサ  
データの融合は、拡張カルマンフィル  
タを用いて行った。歩行解析の参照  
値として、犬にマーカを取り付け、  
モーションキャプチャで動きを計測  
した(図2)。また、得られた速度と  
姿勢を入力として、拡張カルマンフ  
ィルタを用いて犬の軌道と姿勢の推  
定を行った。

(2) 推定した位置・姿勢に基づく地図  
の構築は、推定したセンサの位置と  
姿勢と、垂直方向に取り付けた2次  
元レーザ距離計で計測した形状デー  
タを統合して、作成した。

## 4. 研究成果

(1) ①の計測装置の開発は、犬の移動  
速度、犬の筋骨格や歩行特性に合  
わせて作成した。装置は3kg程度  
の重さにすることができた。

図1に犬が装着した計測装置を示す。図3  
に計測装置の部分の拡大図を示す。装  
置には、カメラ、レーザ距離計、IMU  
、GPS等が取り付けられ、犬の動き  
を記録出来ることを確認した。図4  
にカメラ映像の一例を示す。瓦礫上  
でも、フルHD画質の映像と、犬の  
動作を計

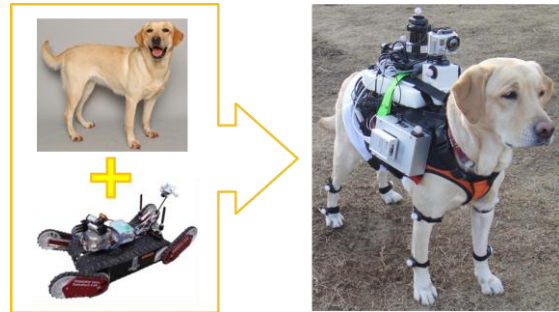


図1. ドッグマッピング



図2. モーションキャプチャの  
マーカ位置と計測実験

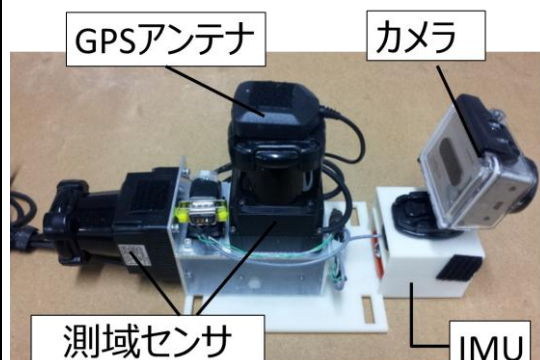


図3. 計測装置搭載センサ

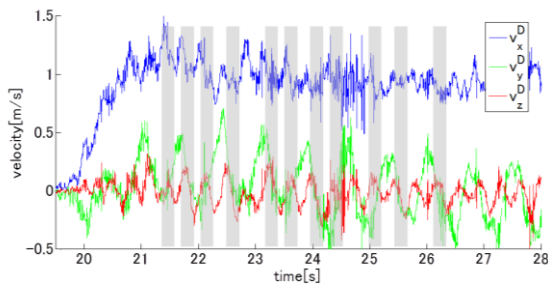


図4. 搭載したカメラの映像

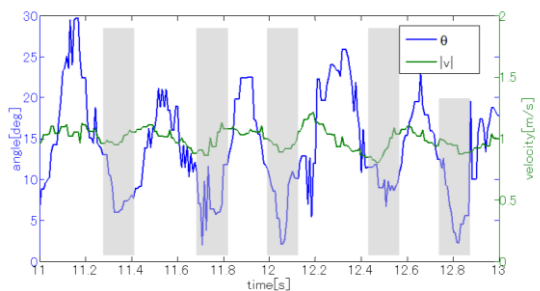
測することができた。また、犬が装着  
した状態で歩行、走行、ジャンプが  
出来ることも確認した。詳細は学  
会発表(4)で報告した。

(1) ②の歩容の計測と解析は、計測  
装置を

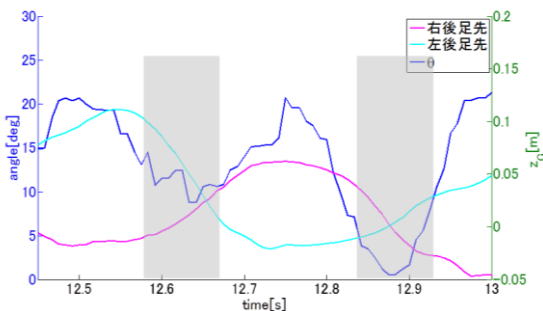
用いた計測と共に、モーションキャプチャで動きと位置の参照値を計測し、犬の歩容と、進行方向の関係を解析した。図2の左側に犬に取り付けたマーカ位置を、右側に計測実験の様子を示す。解析結果から、歩行と、トロットにおいて、足の着地に合わせて、一定周期で速度の向きと姿勢の向きが近づくことを新たに発見した。図5(a)に、犬座標系で観測した各軸方向の速度の大きさを示す。図5(b)にy軸とz軸方向の速度が0に近づく瞬間の犬の速度の大きさと、犬の速度方向と犬の姿勢の間の角度差 $\theta$  (内積)を示す。図5(c)に、角度差 $\theta$ と足先速度の関係を示す。



(a) 犬座標系からみた犬の速度



(b) 速度の大きさと相対速度方向の関係



(c) 左右の足先速度と速度の向きの関係

図5. 歩行の計測データ

図5(a)から、y軸方向とz軸方向の速度が周期的に0に近づいていることが確認できる。図5(b)から、0に近づく時の、犬の姿勢と、速度の向きの角度差(内積) $\theta$ が0に近づいていることが確認出来る。この時は、速度の大きさと、犬の姿勢が分かれば、3次元の犬

の速度ベクトルを求めることが出来る。

図5(c)から、 $\theta$ が0に近づく瞬間は、着地・蹴り出しと関係していることが確認出来た。つまり、歩容と足の動きが分かれば、1自由度の速度のデータから3次元の速度ベクトルを予測することが可能といえる。詳細は、学会発表(2)と(3)で報告した。

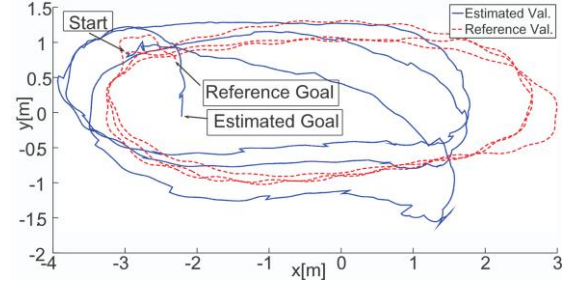


図6. 歩行中に推定された犬の軌道(青)と参照値(赤)

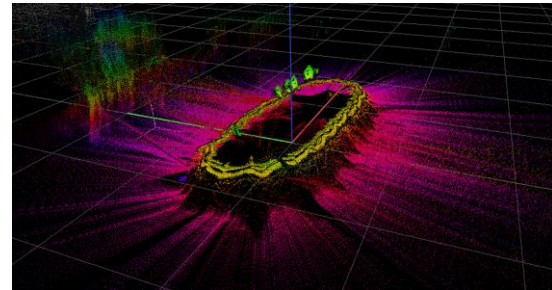


図7. 構築した3次元地図

(1) ③については、加速度を積分して得た速度の累積誤差を、犬に搭載したセンサで計測した速度の大きさと姿勢でキャンセルする方法を開発した。歩行中のデータを用いて提案手法の有効性を確認した。図6に歩行中の軌跡を推定した結果を示す。参照データとほぼ同じ軌跡が得られることを確認した。詳細は、学会発表(2)で報告した。

(2) の3次元計測については、犬に搭載したレーザ距離計のデータを、犬の位置・姿勢を基準に統合することを行った。図7に成果を示す。

本申請で行った、救助犬の高度化に関する研究は、全く新しいレスキューロボットの分野を切り開いた。また、これまでも犬の動作を計測する研究は存在したが、新たに、犬の歩行特性から犬の進む向きと姿勢が同じになる瞬間があることを発見した。またこの知見を利用することで、犬の軌跡を高精度に推定出来ることを確認した。

今後の課題は、装置の小型化、軽量化、歩容を解析するための犬の着地をはかるセンサの開発、無線通信を利用し、遠くに居るハンドラがオンラインで犬のデータを確認する方法の開発である。装置の小型化、軽量化については、進展があり、学会発表(1)で、詳細を報告した。課題を克服し、計測装置の実用化を目指す。

## 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 0件)

〔学会発表〕(計 4件)

- (1) 坂口尚己, 大野和則, 永谷直久, 竹内栄二郎, 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, 1P1-P11, 2013年5月22日, つくば.
- (2) 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位置・姿勢推定 第13回 公益社団法人計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会, 1L2-4, 2012年12月18日, 博多.
- (3) 坂口尚己, 大野和則, 竹内栄二郎, 田所諭 災害救助犬の位置推定のための速度推定手法に関する考察 日本ロボット学会第30回記念学術講演会, 3M1-7, 2012年9月18日, 札幌.
- (4) 坂口尚己, 大野和則, 竹内栄二郎, 田所諭 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, 1A2-B11, 2012年5月27日, 浜松.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況(計 0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等  
東北大学情報科学研究科田所研  
<http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/>

## 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: 70379486

### (2) 研究分担者

なし ( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

なし ( )

研究者番号: