

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01400

研究課題名（和文）ヒトとイヌのコミュニケーション方法の解明・応用

研究課題名（英文）Elucidation and application of communication method between human and dog

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） 14,870,000円

研究成果の概要（和文）：ヒトは有史以来、報酬を利用して異なる種との間でコミュニケーションを成立させている。このような報酬に基づく学習の方法は、脳科学の分野などで研究が進んでいる。課題は、リアルタイムに行動の制限なく複雑なコミュニケーションを計測・解析が行えないことである。本研究は、ロボット技術と動物行動学を融合して、ヒトとイヌの共同作業中のコミュニケーションの計測と解析と可視化を行う。災害救助犬の搜索を対象に、ヒトとイヌが連携して行う搜索能力の評価指標の提案と、異なる犬種の搜索能力の違いを可視化した。また、イヌが訓練の中で報酬を得た際の情動の変化の可視化も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義は、ヒトとイヌの共同作業中のコミュニケーションの計測と評価と可視化に取り組んだことである。これまでヒトの主観で説明されていた、災害救助犬の搜索能力を可視化することで、イヌの能力を客観的に把握したり、訓練による改善効果を評価したりすることが可能になる。また、イヌの情動を評価する方法は、イヌとヒトとの間の適切なコミュニケーションの形成の手助けにもつながり社会的な意義が高い。

研究成果の概要（英文）：Since the beginning of history, humans have used rewards to establish communication with other species. Research on such reward-based learning methods is progressing in the fields of brain science. The problem is that it is not possible to measure and analyze complex communication in real time without restrictions on behavior. This research integrates robot technology and ethology to measure, analyze, and visualize communication during collaborative work between humans and dogs. We proposed an evaluation index of search ability that humans and dogs collaborate with and visualized the difference in search ability of different breeds. We also visualized changes in emotions when dogs were rewarded during training.

研究分野：知能ロボット

キーワード：ヒトとイヌの共同作業の計測 行動の評価指標 非侵襲 ウェアラブル 心拍変動 情動推定

### 1. 研究開始当初の背景

ヒトは、イヌが群れの中で協力し合うという習性を利用して、ヒトのための仕事をこなすようにイヌを訓練し、ヒトの生活を助ける仕事をさせてきた。イヌが属するイヌ科動物の多くは、血縁を中心とした群れをつくり、狩猟などにおいて協力行動がみられる。イヌがヒトと共生できるようになったのは、群れ内で協力しあうという習性を引きついだためであろう。

ヒトは有史以来、報酬を利用して異なる種との間でコミュニケーションを成立させている。訓練では、ヒトが言葉や身振りや表情を工夫して指示を伝え、その指示が上手くいった時は褒めるなどの報酬を与えることで、仕事を身に付けさせた(図1)。このような報酬に基づく学習の方法は、脳科学の分野で研究されてきた。課題は、リアルタイムに行動の制限なく複雑なコミュニケーションを計測・解析が行えないことである。



図1 イヌ—ヒトコミュニケーションの例: 救助犬

### 2. 研究の目的

本研究は、ロボット技術と動物行動学を融合して、ヒトとイヌの共同作業中のコミュニケーションの計測と解析と可視化を行う。申請者は、災害救助犬の搜索を対象に、ヒトとイヌが連携して行う搜索能力の評価指標の提案と、異なる犬種の搜索能力の違いを可視化する。また、イヌが訓練の中で報酬を得た際の情動の変化の可視化にも取り組む。

対象とするコミュニケーションは、報酬に基づく学習である。報酬に基づく学習では、イヌのモチベーションが高い状態は、報酬が得られることに対する期待や喜びがある状態と捉えることができる。そこで、申請者は、イヌの報酬に対する期待や喜びがある状態に注目し、この状態を心拍変動から予測する。



### 3. 研究の方法

本研究期間を通じて、(1)屋外で訓練中のイヌとヒトの関係をウェアラブルな機器で計測する方法を開発、(2)異なるハンドラーと犬種の訓練中の搜索行動を計測・解析する。また、解析では、訓練時の声かけのタイミング、お互いの位置関係について解析を行う。また、イヌの内的情動の変化を解析するために、(3)搜索中のイヌの快情動の可視化に取り組む。

### 4. 研究成果

災害救助犬の被災者搜索を対象に、屋外でイヌとヒトの関係を計測するイヌ用・ヒト用のスーツを開発した(図2上)。それぞれのスーツには、Global Navigation Satellite system (GNSS) や慣性センサ(IMU)やカメラやマイクや記録・通信装置が搭載されていて、ヒトとイヌの活動と相互のコミュニケーションを計測することが出来る。例えば、GNSSを利用することでイヌとヒトのお互いの相対位置を算出したり、カメラや音声のデータを解析することで、イヌがヒトの顔を見たり、ヒトがイヌに声がけしたりすることの影響を解析できるようになった。

加えて、イヌとヒトが連携した搜索活動の特徴を表す下記の6つの指標を定義し、ヘキサグラムを用いて可視化する方法を開発した。

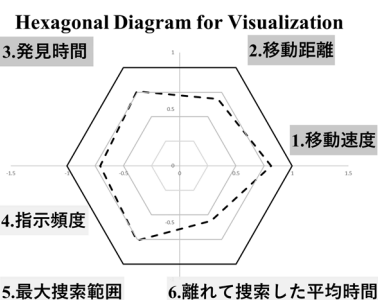


図2 搜索活動を計測し6つの評価指標で可視化:(上)ヒトとイヌの行動を計測するスーツ、(下)クワッドチャートを用いた可視化

- 救助犬の身体的能力を示す3つの尺度を定義
  - 捜索中の救助犬の平均移動速度
  - 救助犬の移動量
  - 要救助者の発見時間
- 救助犬に対するハンドラの影響を示す3つの尺度を定義
  - ハンドラによる指示の頻度
  - ハンドラから見た救助犬の最大捜索範囲
  - 救助犬がハンドラから離れて捜索する平均時間

ヘキサグラムの特徴は、複数のイヌのデータをもとに正規化されていて、異なる犬種の能力の比較を数値的で直接行うことができる。

日本救助犬協会(JRDA)の協力のもと、イヌ用・ヒト用スーツを利用して、異なる救助犬とハンドラ野組合せで被災者捜索の行動を計測した。計測したヒトとイヌの行動データを解析、定義した6つの指標を利用することで、異なるイヌの捜索の特徴を可視化することに成功した。図3にラブラドルとブリタニーの捜索能力を可視化した結果を示す。この結果をハンドラーに見せて確認したところ、ハンドラーの持つ主観的な特徴との一致が見られることが分かった。

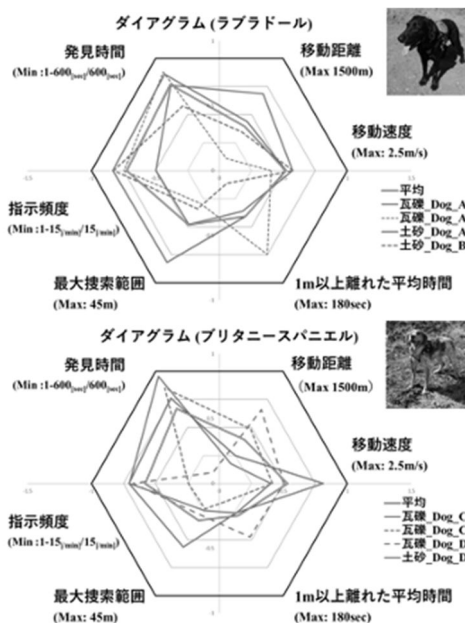


図3 異なる犬種の捜索能力を可視化した結果

報酬による強化学習における快情動の可視化にも取り組んだ。心拍変動を利用した内的情動の予測を利用して、異なるイヌで計測した心拍変動のデータから、データに含まれないイヌの情動を予測できるか検証した。図4の左側がデータに含まれるイヌの情動の予測、右側がデータに含まれないイヌの情動の予測結果である。救助犬が被災者を発見した時に表れる喜びに結び付いた情動は、異なるイヌのデータを利用して、推定出来ることを確認した。また、同様の手法を利用して、行動誘導を行っている最中のイヌの情動の変化の可視化にも成功した。

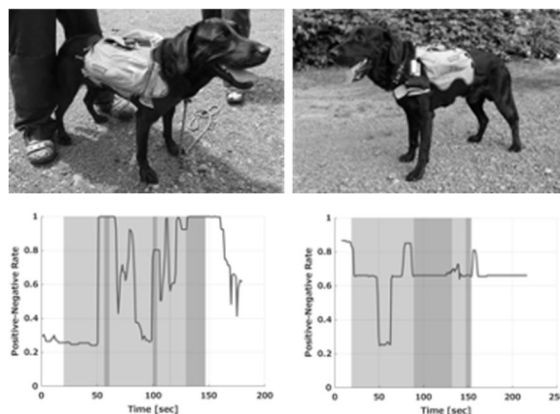


図4 異なる犬種の捜索中の情動の変化の可視化:(左)学習データに含まれるイヌの情動予測結果、(右)学習データに含まれないイヌの情動予測結果

以上のように、本研究では、災害救助犬を対象に、イヌとヒトの行動やコミュニケーションの可視化を行い、能力の可視化や情動の変化をリアルタイムに可視化することに成功した。この結果、これまで主観的に説明されてきた、イヌとヒトの関係やコミュニケーションの影響を数値的に解析することが可能になった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 1.Hiroyuki Nishinoma, Kazunori Ohno, Takefumi Kikusui, Miho Nagasawa, Naoko Tsuchihashi, Shohei Matsushita, Tomoha Mikayama, Sakiko Tomori, Maaya Saito, Mikuru Murayama, Satoshi Tadokoro	4. 巻 1
2. 論文標題 Canine Motion Control using Bright Spotlight Devices Mounted on a Suit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transaction Transactions on Medical Robotics and Bionics	6. 最初と最後の頁 189-198
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TMRB.2019.2930343	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kazunori Ohno, Shumpei Yamaguchi, Hiroyuki Nishinoma, Tatsuya Hoshi, Ryunosuke Hamada, Satoko Matsubara, Miho Nagasawa, Takefumi Kikusui, Satoshi Tadokoro	4. 巻 1
2. 論文標題 Control of Canine's Moving Direction by Using On-suit Laser Beams	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 2018 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems (CBS 2018)	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/CBS.2018.8612258	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Beokhaimook Chayapol, Ohno Kazunori, Westfechtel Thomas, Nishinoma Hiroyuki, Tamura Ryoichiro, Tadokoro Satoshi	4. 巻 34
2. 論文標題 Cyber-enhanced canine suit with wide-view angle for three-dimensional LiDAR SLAM for indoor environments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 715 ~ 729
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/01691864.2020.1772104	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ohno Kazunori	4. 巻 37
2. 論文標題 Practical Cyber-enhanced Rescue Canine Suit and Canine Remote-Control Suit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Robotics Society of Japan	6. 最初と最後の頁 795 ~ 799
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7210/jrsj.37.795	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 10件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 大野和則
2. 発表標題 使役犬の行動の測定と制御
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会、シンポジウム：センシングとAIが結ぶ神経科学と生態学（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 浩太郎、大野 和則、田村 涼一郎、Nayak Sandeep、小島 匠太郎、菊水 健史、永澤 美保、田所 諭
2. 発表標題 別のイヌの心拍データに基づくイヌの情動推定の検証
3. 学会等名 第21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
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大野和則
2. 発表標題 イヌ研究のすゝめ
3. 学会等名 SICE北陸支部特別講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazunori Ohno
2. 発表標題 Cyber-enhanced Canine -Digitally strengthening the capability of dogs-
3. 学会等名 Symposium on Systems Science of Bio-Navigation（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大野和則
2. 発表標題 ロボット技術を利用したイヌの行動解析とナビゲーション
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西野間洋之、大野和則、濱田龍之介、星達也、Beokhaimook Chayapol、篠原歩、田所諭
2. 発表標題 実用的なサイバー救助犬スーツの開発 サイバー救助犬スーツの熱対策・傾き対策・軽量化・小型化
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazunori Ohno
2. 発表標題 Cyber-enhanced Rescue Canine -Digitally strengthening the capability of dogs-
3. 学会等名 Korea-Japan Disaster Response Robotics Workshop（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田村 涼一郎，大野 和則，西野間 洋之，鈴木 太郎，永澤 美保，菊水 健史，田所 諭
2. 発表標題 ダイアグラムを用いた災害救助犬の搜索能力の可視化
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 浩太郎、大野 和則、田村 涼一郎、Nayak Sandeep、小島 匠太郎、菊水 健史、永澤 美保、田所 諭
2. 発表標題 別のイヌの心拍データに基づくイヌの情動推定の検証
3. 学会等名 第21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
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazunori Ohno
2. 発表標題 Measurement and Control of Canine Behaviors
3. 学会等名 43回神経科学大会 「センシングとAIが結ぶ神経科学と生態学（招待講演）」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田村涼一郎、大野和則、山田健斗、鈴木太郎、西野間洋之、永澤美保、菊水健史、田所諭
2. 発表標題 オープンスカイ環境でヒトとイヌの協調連携行動を計測するスーツの開発
3. 学会等名 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論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大野和則
2. 発表標題 サイバー救助犬とタフなセンシング技術
3. 学会等名 VIEW OS基調講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大野和則
2. 発表標題 イヌ研究のすゝめ
3. 学会等名 SICE北陸支部特別講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 星達也，濱田龍之介，大野和則，松原聡子，永澤美保，菊水健史，山川俊貴，田所諭
2. 発表標題 運動時のイヌ心電図波形計測のためのインナーウェア開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西野間 洋之，大野 和則，濱田 龍之介，山口 竣平，星 達也，菊水 健史，永澤 美保，松原 聡子，片山 真希，鈴木 高宏，田所 諭
2. 発表標題 屋外でイヌの誘導に利用できる光源の開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大野和則
2. 発表標題 データ工学ロボティクス -ロボットの知能はセンサデータから生まれる-
3. 学会等名 ロボット学会学術講演会 0S：データ工学ロボティクスと確率ロボティクス招待講演（招待講演）
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 大野和則
2. 発表標題 ロボット技術を利用した実世界情報の収集と解析
3. 学会等名 公益社団法人 精密工学会主催「3D レーザスキャニング&イメージングシンポジウム」招待講演（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星達也, 大野和則, 濱田龍之介, 西野間洋之, 田所諭
2. 発表標題 屋外での高精度な地形計測に向けたイヌの歩容と慣性航法による軌跡推定
3. 学会等名 第19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
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田和司, 中原英里, 久保孝富, 山川俊貴, 濱田龍之介, 星達也, 西野間洋之, 大野和則, 永澤美保, 菊水健史
2. 発表標題 Emotional State Estimation for SAR Dogs
3. 学会等名 H30年度生体医歯工学共同研究拠点 成果報告会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kazunori Ohno et al.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 50
3. 書名 Cyber-Enhanced Rescue Canine, Disaster Robotics - Results from the ImPACT Tough Robotics Challenge-	

〔産業財産権〕

〔その他〕

ホームページ等: <https://www.rm.is.tohoku.ac.jp/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	永澤 美保  (NAGASAWA Miho)  (70533082)	麻布大学・獣医学部・講師    (32701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------