

室内飼育犬の行動とストレスの推定による飼育支援システムの提案

政井 天佑^{1,a)} 川崎 大輔^{1,b)} 山本 真也^{1,c)}

概要：

近年、飼主が一人暮らしかつ室内飼育されている飼育犬が増加傾向にある。このような飼育犬は、毎日余儀無く留守番をすることになるが、犬は社会性があり群になって行動をする習性がある動物であることから、留守番によって孤独や不安から分離不安症を起こしたり、ストレスや運動不足から強迫神経症や常同障害へと発展することが知られている。これらの問題を解決するため、室内飼育されている飼育犬のストレスの軽減、問題行動の抑制、運動不足の解消を目的とした飼育支援システムを提案する。

1. はじめに

東京都福祉保健局が平成 29 年 9 月 – 平成 30 年 3 月に実施した飼育頭数の実態及びペット飼育に関する都民意識等の調査結果によると、回答者の世帯構成のうち、単独または夫婦のみの世帯が全体の 48.3% と約半数にのぼり、屋内のみで飼われている犬は、飼育犬全体の 87.0% を占めている [1]。また、一般社団法人ペットフード協会によると、2014 年から 2017 年の過去 5 年間に於いて、室内飼育が増加傾向にあると報告されている [2]。

犬は社会性があり群になって行動をする習性がある動物であることから、犬は留守番をすることで孤独や不安から分離不安症を起こすこと、度重なる留守番によってストレスが溜まるにつれ、吠える、噛む、破壊するなどの問題行動を起こしたり常同障害を起こしたりする可能性が高くなることが知られている。重度の分離不安症や常同障害になった場合は、獣医師の治療が必要になる。そこで飼主が飼育環境にいないときでも飼育犬の状態を把握できるシステムが必要とされている。また、文献 [3] では飼主の主観評価では飼育犬のストレス状態を正確に判断できていないことが示されており、飼育犬のストレス状態を客観的に評価するためのシステムが望まれている。

これまでに飼育犬を対象とした各種センサを搭載した首輪 (以後、スマートカラーと呼ぶ) がクラウドファウンディングやペット用品としていくつか存在しているが、GPS を

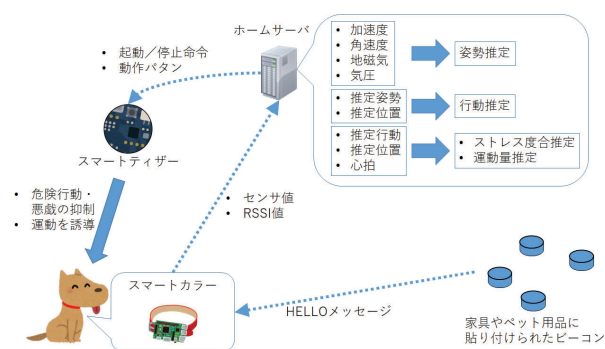


図 1 提案システムの概要

利用した飼育犬の失踪時の支援や生体情報履歴の取得と閲覧に留まっている。ホームカメラを用いたペット監視システムも存在するが、セキュリティ面、プライバシー面に不安があり、また、家の一部しか監視ができないなどの問題があり、飼育犬の飼育支援システムとしては不十分である。

さらに、人間を対象とした行動推定に関する研究として、加速度センサ、ジャイロセンサ、マイク、カメラなどから構成されるウェアラブルセンサを用いた手法は盛んに行われている [4], [5], [6], [7] が、ウェアラブルセンサを使用した動物の行動認識の研究は少ない。

そこで、本稿では、室内飼育されている飼育犬の生体情報や位置情報を取得し、行動、ストレス度合、運動量を推定し、飼主が留守の際には飼育犬の飼育を積極的に支援するスマートカラーとそれに付随する支援システムからなる室内飼育犬の飼育支援システムを提案する。

2. 提案手法

本稿では、飼育犬の守番における孤独や不安を原因とし

¹ 山陽小野田市立山口東京理科大学

^{a)} f216052@rs.socu.ac.jp

^{b)} f216016@rs.socu.ac.jp

^{c)} shiny-ya@rs.socu.ac.jp

た分離不安症の発症を軽減，運動不足の解消を目的とした飼育支援システムを提案する．提案システムは，図1のような，各種センサを搭載したスマートカラー，ビーコン，自律動作するペット玩具（以後，スマートティザーと呼ぶ），ホームサーバからなる．スマートカラーは，コアとなるシングルボードコンピュータ，加速度センサ，ジャイロセンサ，地磁気センサ，気圧センサ，脈拍センサ，通信モジュールを備える．これらを用いて，飼育犬に対して，(1) 位置推定，(2) 行動推定，(3) ストレス度合の推定，(4) 危険行動・悪戯の検出，(5) スマートティザーの自律動作による運動の誘発を実現する．

- (1) 飼育犬の位置推定では，部屋の四隅，餌場，トイレ，家具・家電の隅などの任意の位置に配置された数個のビーコンとスマートカラーに装備された通信モジュールを用いて，ビーコンから発信される電波の RSSI 値を用いた位置推定手法 [8], [9] によって算出する．ただし，犬は一般的に家具よりも背が低いため，スマートカラーで受信される電波は，人間を対象とした位置推定に関する研究の想定環境よりも障害物が多く，RSSI 値が大きく変動することが予想されるが，犬の行動認識は家具・家電の配置から推測でき必要な位置情報の粒度は数十 cm 程度の誤差が含まれていても問題ないと考えられるため，十分に実用に足る．ただし，設置時には，ユーザとなる飼主にフィンガープリンティングなどによる初期設定をさせることは困難であるため，文献 [10] などに代表されるノード同士の通信情報から算出される相対位置関係に基づく位置推定手法を用いた初期環境設定を行う必要がある．
- (2) 飼育犬の行動推定には，(1) で推定された位置と姿勢の推定が必要となる．姿勢の推定には，スマートカラーに備えられた加速度センサ，ジャイロセンサ，地磁気センサ，気圧センサの計測値を用いて，あらかじめ機械学習によって得られた決定木によって行う．ただし，犬の首輪は，走る，搔く，首を振るなどの動作によりセンサの装着位置が頻繁にずれることが予想され，また，犬は体格差が大きく，どんな犬種にでも対応できるようにするために，決定木による推定の前処理として，地磁気センサによる補正および正規化を行う必要がある．これによって，推定された姿勢と (1) で推定された位置の情報を用いて行動推定を行う．想定外の行動はすべて悪戯もしくは危険行動として処理する．
- (3) 飼育犬のストレス度合は，安静 / 緊張が顕著にあらわれる脈拍値を用いる．ただし，興奮状態や動き回っている状態などでも脈拍は大きく変化することが予想されるため，推定精度を向上させることを目的として，(1) で得られた推定位置，(2) で得られた推定行動を組み合わせる．犬の脈拍は首回りで計測できることが知られており，首に巻いて用いるスマートカラーで十分

に計測可能である．

- (4) 危険行動・悪戯の推定では，自身のしっぽを追い掛ける（テイルチェイシング），家具・家電の破壊行動，テーブルなど高所への移動などが対象となる．これらの行動は，ストレスが原因である場合が多く強迫神経症や常同障害と発展する可能性が高いため早期発見が重要である．これらの検出は，前述 (1)–(3) の位置推定，行動推定，ストレス度合の結果を組み合わせることによって推定を行う．
- (5) スマートティザーの自律動作による運動の誘発では，ホームサーバ，ビーコン，スマートカラーと連携した自律移動するボール形状のロボット，ねこじゃらし，レーザーポインタなどを動作させる．これらは，危険行動・悪戯，高いストレス度合，運動量の不足が推定された場合に，危険行動・悪戯から関心を逸らす，ストレスや運動不足の解消を目的として起動し，発音や発光によって関心を引き，自律移動によって一人遊びを誘発する．犬が落ち着いた場合や設定時間に達した場合には，ビーコンの RSSI 値を用いた自己位置推定を用いて自動的に収納位置へと帰還する．また，スマートカラーによって得られる行動履歴によってどれだけ関心もったか，熱中したかを数値化することによって，定期的に動作を更新することで飽きさせないように試みる．

3. 予備実験

提案システムを実装するうえでの予備実験として，RSSI 値を用いた位置推定および決定木による行動推定を行った．

3.1 RSSI 値を用いた犬の位置推定

位置推定に関する予備実験として，RSSI 値による位置推定が数個のビーコンによって実用に足る精度を達成可能かを確認するため，Arudino UNO 3 に ZigBee 通信モジュール XBee S1，SD カードを接続した通信モジュールを 5 つ作成し，そのうち 4 つをビーコン，ひとつをスマートカラーとみたと実験を行った．実験では，まず，一般的な部屋を想定し，所属大学構内廊下脇の $3m \times 3.8m$ の空間の四隅にビーコンを設置し， $0.5m$ 毎に RSSI 値を計測し，フィンガープリントマップを作成した．次に，スマートカラーを装着した小型犬実寸大のぬいぐるみをランダムに配置し，計測された RSSI 値からそれぞれのビーコンとスマートカラーの距離 $d_n (n = 1, \dots, 4)$ を推定した後，それぞれのビーコンを中心とする半径 d_n の円を重ね合わせ，各交点の重心をスマートカラーの位置とする手法を用いた．25 回の計測を行った結果，平均誤差 $0.5m$ 以内の誤差に収まった．室内飼育犬の行動推定では，詳細な位置は重要ではなく，部屋に配置された家具・家電のうちどの側で何をし

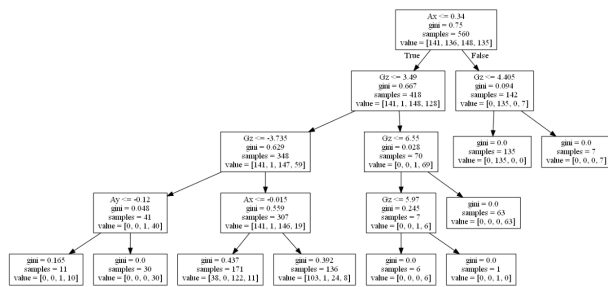


図2 決定木：犬の姿勢推定（4足立ち，歩行，おすわり，伏せ）

ているかがわかれば良いので，フィンガープリントマップが0.5m間隔で作成されていることと一般的な家具・家電の大きさを考慮に入ると十分実用可能な誤差に収まっていることがわかる。

3.2 決定木による犬の姿勢推定

犬の行動推定に関する予備実験として，行動の推定に用いる犬の姿勢がスマートカラーで推定可能かを確認するため，Arduino UNO 3に9軸センサ Grove IMU 9DOF v2.0, SDカードを接続し，各種センサ値をロギングするスマートカラーの試作機を作成し，SONY aibo[11]に装着したうえで，動画を撮影しながら各センサ値のロギングを行った。取得した800個のログデータを動画を見ながら手動でラベル付けを行った後，全体の70%にあたる560個を学習データ，30%にあたる240個を試験データとしてランダムに選択し用いた。今回の実験で推定する姿勢は，4足立ち，歩行，おすわり，伏せの4種類とし，決定木の構築アルゴリズムには最大深さを4とするCARTを用いた。この結果，図2のような決定木が生成され，推定精度89%を達成し，動物の首輪に装着されたセンサから計測される加速度値・角速度値だけでも十分に姿勢推定可能であり実用的であることを確認した。推定誤差の多くの原因は，4足立ちと伏せの判別ミスによるものであるが，これは，立っている状態と伏せている状態で首の角度に顕著な違いがあらわれないことにありと考えられるが，気圧センサの導入によってさらなる精度向上が望める。また，地磁気センサを用いたセンサの取り付け位置を補正することによって，さらなる精度向上が期待できる。

4. おわりに

本稿では，飼犬の守番における孤独や不安を原因とした分離不安症の発症を軽減，運動不足の解消を目的とした飼育支援システムを提案した。提案システムは，各種センサを搭載したスマートカラー，部屋の任意の家具・家電に貼り付けるビーコン，自律動作する玩具，ホームサーバからなる。提案手法では，飼育犬に対して，センサ情報を利用した姿勢推定とビーコンを用いた位置推定の結果から行動推定を行う。また，位置推定結果，行動推定結果，心拍セ

ンサ値からストレス度合の推定をこなう。さらに，これらの履歴から運動量を推定を行う。これらの結果を用いて，スマートティザーの自律動作による危険行動・悪戯の検出と抑制と運動の誘発を実現する。

予備実験として，4つのビーコンからRSSI値を用いた位置推定と，加速度・角速度を用いて決定木による4種類の姿勢推定を行い，十分に実用に足ることを確認した。

今後の予定として，任意の位置に設置したビーコンによる相対位置推定，位置推定結果および姿勢推定結果を用いた行動推定，心拍値，姿勢推定結果，行動推定結果を用いたストレス度合の推定と運動量の推定を実装し，実験を行う。また，スマートティザーの実装を行う。

謝辞

本研究は株式会社アイキューブとの共同研究による成果の一部であり関係者各位に謝意を表します。

参考文献

- [1] 東京都福祉保健局：”東京都における犬及び猫の飼育実態調査の概要（平成29年度）”，(2017).
- [2] 一般社団法人 ペットフード協会：”平成30年（2018年）全国犬猫飼育実態調査結果”，(2018).
- [3] Chiara, M., Elena, R., Marcella, Z., Beatrice, C. and Angelo, G.: ”The assessment of dog welfare in the waiting room of a veterinary clinic”, *Animal welfare (South Mimms, England)* 24, pp.299-305, DOI: 10.7120/09627286.24.3.299, (2015).
- [4] 杉本千佳，長井宏和，江副亮介，保坂寛，佐々木健，板生清，龍田成示：”ウェアラブルセンサによる行動認識システムの開発”，*マイクロメカトロニクス VoL.51 No.197*, pp.1-12, 2007.
- [5] 前川 卓也，柳沢 豊，岸野 泰恵，石黒 勝彦，亀井 剛次，櫻井 保志，岡留 剛：”ウェアラブルセンサによるモノを用いた行動の認識について”，*電子情報通信学会技術研究報告 Vol.109 No.474(CPSY2009 81-96)*, pp.411-418, (2010).
- [6] 伊藤大晃，後藤佑介：”マルチセンサを用いた打撃フォームの分析による野球初心者への打撃技術支援システム”，*情報処理学会 第23回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS 2018)*, pp.36-43, (2018).
- [7] Toru, M., Akira, U. and Teruo, H.: ”A Feasibility Study on Battery-less Travel Context Estimation Using Ambient Backscatter”, *IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*, pp.664-669, DOI:10.1109/PERCOMW.2019.8730700, (2019).
- [8] 古館達也，豊瀬冬実，堀川三好，菅原光政：”受信電波強度を用いた位置測定手法の提案”，*情報処理学会 第76回全国大会講演論文集 2014(1)*, pp.207-208, (2014).
- [9] 駒井清顕，藤本まなと，荒川豊，諏訪博彦，安本慶一：”複数人の行動・移動状況の把握を目標としたiBeaconによる存在領域判定システムの検討”，*情報処理学会 第23回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS 2015)*, pp.71-77, (2015).
- [10] 森流星，北之馬貴正，川田千尋，滝沢泰久：”IR-UWBを用いた自己組織化ノード位置推定方式の実装評価”，*研究報告マルチメディア通信と分散処理 (DPS) 2019-DPS-178(28)*, pp.1-7, (2019).
- [11] AIBO: <http://aibo.sony.jp/>