

サイバー救助犬の屋外探索活動における環境認識補助視覚の適用

Search Activities in Outdoor Environments by Cyber Rescue Dogs with Recognition Assistance

正 ○山崎 公俊 (信州大) 松田 耕太郎 (信州大) ARNOLD, Solvi (信州大),
星 達也 (東北大) 山口 竣平 (東北大) 濱田 龍之介 (東北大) 正 大野 和則 (東北大)

Kimitoshi YAMAZAKI, Shinshu University, kyamazaki@shinshu-u.ac.jp,
Kotaro MATUDA, Solvi ARNOLD, Shinshu University,
Tatsuya HOSHI, Shumpei YAMAGUCHI, Ryunosuke HAMADA, Kazunori OHNO, Tohoku University

This paper reports results on our verification experiments for outdoor disaster response using rescue dogs. We have developed environment recognition system that especially focuses on constructing recognition functions quickly. We embedded this result into the system of cyber rescue dog. We designed a scenario that assumed disaster-stricken situation, and confirmed the effectiveness of the system.

Key Words: Environment recognition system, disaster response, cyber rescue dog.

1. はじめに

被災環境での探索活動は迅速に進められることが期待される。しかしながら、倒壊家屋や崩壊斜面などの乱れた環境には、人間が直接入り込むことが難しい場合が多い。そのような場所での探索活動を実現するため、最近ではロボット技術の利用が進められてきている。その中の一つとして、救助犬に IT・RT 技術を搭載する方向性での研究開発が進められている[1]。犬は現状の移動型ロボットよりも高い機動力を持つため、上述したような不整地環境においても素早い探索活動が可能である。しかしながら、動きが速いことや視点が人間の意図に沿わないことなどから、救助犬が探索した場所についての情報を人間が詳細に得ることは難しい。

筆者らは、救助犬による探索活動をより有用なものにすることを目標として、特に画像認識に焦点をあてた研究をおこなっている。具体的には、救助犬にカメラを搭載して被災環境の映像を撮影し、その映像から被災者等を検出したり映像の解析をおこなったりすることを目指している。研究活動の一環として、事前に探索対象物品を映像として記録しておき、それを被災環境下で発見することができる画像認識システムを構築してきた[2]。今回、このシステムをサイバー救助犬のシステムの一部として組み込み、模擬被災環境フィールドでの実験をおこなった。本稿では、この実験を通して得られた知見と今後の課題について述べる。

2. サイバー救助犬のシステム構成

図 1 に、サイバー救助犬を示す。サイバー救助犬とは、探索行動を計測・記録・配信するサイバースーツを身につけた救助犬のことを呼ぶ。サイバースーツは、体重 15kg 以上の中型、大型犬が 2 時間以上の長時間装着しても負担が少なくなるように、形状や重さが工夫されている[1]。

図 2 にシステム構成を示す。サイバースーツで犬の探索行動の記録と配信を行う[3]。サイバースーツには、カメラ (解像度: 1980×1080, 視野: 160°), マイクロフォン (サンプリング周期: 48kHz, 方式: mono), 慣性センサ (加速度: $\pm 50\text{m/s}^2$, 角速度: $450^\circ/\text{s}$, 計測周期: 200Hz), GPS (単独測位, 計測周期: 5Hz) などのセンサが搭載されている。また、これらのセンサデータを記録する装置と、配信するための 3G/4G 携帯電話網に繋がる無線ルータが搭載されている。カメラの映像、音声、センサデータは、携帯電話網を利用し



図 1. サイバー救助犬: 体重の 10%未満のサイバースーツを身につけた救助犬 (日本救助犬協会 ゴン太) の瓦礫探索

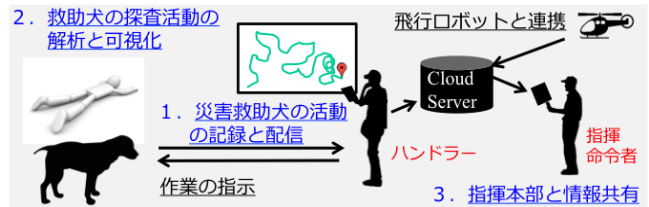


図 2. サイバー救助犬のシステム構成

てクラウドサーバーに蓄えられる。探索を解析・可視化する際は、クラウドサーバーから必要なデータを読み込んで利用する。

カメラ映像と音声の共有には USTREAM を利用している。ネットワークの遅延や、ネットワークの通信量の変化の影響を最小限にするため、映像の解像度を 320×176 に落としてクラウドサーバーに登録をした。20~30s 程度の遅れで、5~15fps の頻度で映像を取得することができる。

3. 画像認識システム

筆者らは、探索すべき被災環境の映像データを事前に手に入れることが困難であるという前提のもとで、画像認識器の構築法を提案した[2]。提案手法は、訓練データをよく分類できる識別器を算出するだけでなく、オペレータからの指示を受け付けて認識器を改変していく機能を有する。特に、操作者からの少ない指示に基づいて、指定されたカテゴリを見分ける認識能力を素早く獲得することに重点を置いた。

図 2 は、画像認識器の構築方法を示している。この方法で核となるのは畳み込み自己符号化器 (図中左) である。この

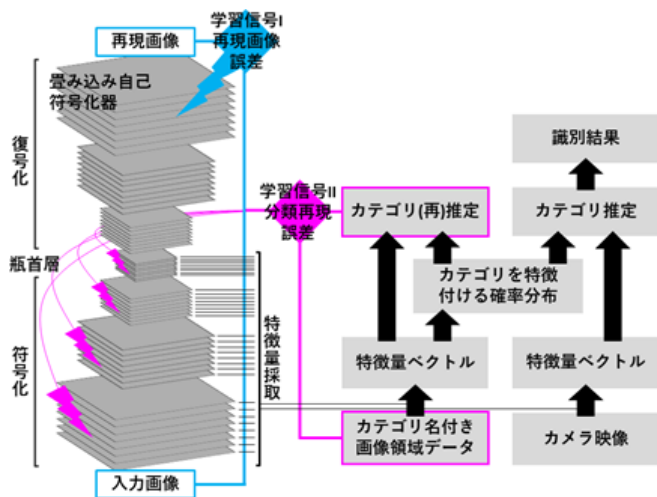


図 3. 画像認識器の構築方法

自己符号化器は入力画像をよく再現するように重みを学習するものであるが、その中でも本研究では、入力画像を小さく分割した各画像領域から、カテゴリ間の区別が明確になるような特徴ベクトルを生成する機能に着目した。このとき、捜索作業からカテゴリの追加・削除・融合などの指示（図中「カテゴリ名付き画像領域データ」）があることを想定し、「表現ずらし」と呼ぶ手法を用いてネットワークの重みを再学習する。これにより、捜索対象があらかじめ捜索作業から指示されていれば、それが画像に映り込んでいた場合に自動で発見することができる。

4. 模擬フィールドにおける試験

屋外に構築した模擬被災フィールドにおいて、2016年11月7～11日の昼間の時間帯にサイバー救助犬による捜索活動の試験をおこなった。実際の救助活動に近いシナリオとして、以下を設定した。

- ① 捜索対象者が身につけている衣服等のうちいくつかは既知であり、捜索本部はそれらを画像情報として保持している。
- ② コンクリート片、土砂、ヒューム管などで構成された瓦礫領域があり、ヒューム管の中に被災者が倒れている。ただし、ヒューム管は障害物にふさがれており、被災者を目視することはできない。また、捜索者が入っていくにはヒューム管は狭い。
- ③ ヒューム管の近くに捜索対象者の遺留品である靴が落ちている。靴がある位置までは、捜索者と救助犬がともに行くことが可能である。
- ④ まず、救助犬ないし捜索者が靴を見つけ、救助犬に搭載されたカメラにそれを映す。その画像に対して認識器が適用され、その結果が捜索本部の映像ディスプレイに表示される。そして、その靴が捜索対象者のものであるとされ、その近辺に捜索対象者が存在するとの判断がなされる。
- ⑤ 救助犬による捜索が始まる。嗅覚によりヒューム管内部に人がいる可能性があることを吠えて伝える。捜索者はヒューム管の障害物をどかし、救助犬はヒューム管の中を探索する。
- ⑥ 被災者の一部（頭部）が救助犬に搭載したカメラで撮影され、頭部として認識された結果が捜索本部の映像ディスプレイ上に表示される。



図 4. 被災者の遺留品判定：救助犬の首もとカメラで撮影した映像から、遺留品が被災者の靴であると特定

上記のうち、④と⑥において画像認識が適用された。靴と頭部の認識結果を図4に示す。6日間の試験期間中には、天候が晴れ・曇り・雪のように変化したがる、いずれの条件下においても、ほとんどで捜索対象物品の発見が可能であった。

本実験を通して得た課題は次のとおりである。

- ・ カメラの動きが犬の動きに連動して様々に変わるため、捜索対象を映したフレームがきわめて少ない場合があった。また、画像がぶれている場合があった。これらの両方において、認識器が捜索対象を発見できないことがあった。
- ・ 本実験では、比較的色味が強いものを認識対象としたが、短時間に照明条件が大きく変わったとき、いくつかのフレームで捜索対象物を見つけれないことがあった。
- ・ 今回のサイバー救助犬のシステムは画像をUstreamで配信していたため、認識器に入力する画像は画質が落ちており、解像度・色味の双方で認識に影響があった。

5. まとめ

本稿では、画像認識システムを搭載したサイバー救助犬でのフィールド試験について述べた。所定のシナリオ下での効果を確認し、課題を整理した。今後は課題解決に向けたさらなる改良を進める。

謝辞

本研究は、内閣府 ImPACT、タフ・ロボティクス・チャレンジの援助を受けておこなわれたものである。

参考文献

- [1] 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査行動の可視化,-” 宮城県獣医師会会報 第68巻4号, pp. 180-186, 2015.
- [2] Solvi Arnold, 山崎公俊：「畳み込み自己符号化器を用いた対話的学習に基づく災害対応のための画像認識システム」, 第22回ロボティクスシンポジウム, 3D3, 2016.
- [3] 山口峻平, 大野和則, 岡田佳都, 鈴木高宏, 田所諭 “携帯電話網とクラウドサービスを利用した災害救助犬の探査活動の共有,” ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿集, 1A1-09a2 2016.