

RSNP を用いた移動ロボットによる異常の早期発見

○北川 琳久 (東京大学), Young-woon Song (浦項工科大学),
Kanzhong Yao (マンチェスター大学), 松日楽 信人 (東京大学),
鈴木 俊一 (東京大学), 三輪 修一郎 (東京大学), 山下 淳 (東京大学)

Early detection of abnormalities by Mobile Robots Using RSNP

○Riku KITAGAWA (The University of Tokyo), Young-woon Song (POSTECH),
Kanzhong Yao (The University of Manchester), Nobuto MATSUHIRA (The University of Tokyo),
Shunichi SUZUKI (The University of Tokyo), Shuichiro MIWA (The University of Tokyo),
and Atsushi YAMASHITA (The University of Tokyo)

Abstract: To address the social issue of labor shortages in rural areas, we propose that mobile robots remotely controlled via RSNP are conducting patrols instead. The robot captures images, which are then analyzed by an image recognition system to detect anomalies, thereby preventing potential accidents. We verified this proposal in our preliminary experiments and confirmed its feasibility.

1. 緒言

昨今の日本では少子高齢化と地方の過疎化[1]が深刻化し、地方における人手不足[2]が大きな社会問題となっている。人手不足による弊害の一つとして、災害や事故発生時の対応の遅れが挙げられる。有事の際に対処できる人員が少ないため、地域住民の安全を確保するために災害や事故等を未然に防ぐことが重要な課題となる。また、人手不足と高齢化により、地方における高齢者や子供の安全管理も課題として挙げられる。これに対しても、高齢者や子供の怪我などに繋がりうる事象を早期発見し対処する必要がある。これらの課題をふまえて、本研究ではロボットの遠隔操作を利用した解決案を提案する。

2. 提案するロボットシステム

2.1 提案内容

本研究では、自律走行ロボットによる異常検知巡回システムの構築を提案する。本システムは、ロボットが定期的に地域を自律走行で巡回し、撮影した画像を物体検出にかけることで、通常時との異変を発見する。ロボットが日常の小さな異変や予兆を検出することで、災害や事故などの有事が実際に起こる前に対処することを目指す。さらに、異常を検知した場合には、自律走行から遠隔操作に切り替えることで、ロボットを詳細な状況確認に向かわせることも可能である。また、本提案では物体検出をクラウド上で実行することにする。これにより遠隔で検出結果を確認するだけでなく、物体検出のコードにアクセスできるため、不具合の変更や修正も容易にできる利点がある。

本提案では、ロボットを遠隔操作するためのプロトコルとして、RSi(Robot Services initiative)で開発されたネットワーク共通プロトコル RSNP(Robot Service Network Protocol)[3]を使用している。これにより移動ロボットと Web カメラの連携、ブラウザ上での遠隔操作を可能にしている。物体検出には画像認識用 Python ライブラリ YOLO を使用している。YOLO は学習済みモデルであり、画像内の物体検出を速い処理速度で行うこ

とができる。移動ロボットには制御用 PC、Web カメラ、2次元測域センサーを搭載する。移動制御は ROS(Robot Operating System)を使用する。ROS の gmapping による navigation 機能を利用し、地図作成を可能とした。これにより、事前に登録したルートを自律走行させることができる。さらに、地図データも RSNP サーバーに登録することで遠隔操作や遠隔モニタリングができる[4]。

提案するシステム構成を Fig. 1 に示す。操作用 PC(Operation PC)から HTTP 通信で RSNP サーバーに接続して移動ロボットの制御用 PC(Pioneer PC)に指示を送り(Move A)，移動ロボットに搭載している Web カメラから映像を返す。RSNP サーバー上で撮影された画像に対して YOLO で物体検出実行し、検出した結果をブラウザ上に返す。異常が検知され、さらに詳細を確認したい場合は、RSNP によりブラウザ上からロボットのカメラ映像を通して遠隔操作することができる。

本稿では提案内容の検証として、二種類の予備実験を行った。一つ目の実験では移動ロボットを RSNP 通信により操作し、物体検出はローカル環境で実行した。二つ目の実験では、YOLO による物体検出をクラウド上で完結できるかの検証を行った。提案内容を実現するには、一つ目の実験においてローカル環境で物体検出を行なっているのに対して、RSNP サーバー上で実行させることが必要である。

2.2 実験でのシステム構成

予備実験において使用したロボットのシステムを Fig. 2 に示す。一つ目の実験では移動ロボットの制御用 PC と監視用の Web カメラに追加して、もう一つ Web カメラを搭載している。移動ロボットを制御するための操作用 PC とは別に、物体検出を実行するための PC(Web Server PC)を用意し、追加した Web カメラと MQTT 通信で接続している。通常のロボット操作は RSNP サーバーを介した遠隔操作で行い、物体検出は MQTT によるローカル通信で物体検出用の PC に画像を送信し YOLO で物体検出を実行している。

二つ目の実験では、ロボットからサーバー上に画像が

受信された際、サーバー上で YOLO による物体検出を自動化し検出結果のみ出力するシミュレーションを行い、Google Cloud 上で YOLO による物体検出の自動化を確認した。

2.3 実験内容と結果

2.3.1 RSNP 通信による移動ロボットを用いた予備実験

一つ目の実験では、RSNP 通信による移動ロボットの自律走行と画像の撮影、物体検出の動作確認として以下の実験を行った。まず実験室の環境地図を作成し、ロボットの到着地点を事前に登録した。到着地点の先に異常の再現として散らばった本を配置した。実際の環境地図と軌跡を Fig. 3 に示す。図中の黒点がゴールであり、左から右にロボットは移動している。ロボットは到着地点の画像を撮影し、MQTT 通信でローカルの PC に送信する。ローカルの PC では画像を受信すると自動で YOLO(v3)の物体検出に結果を出力するシステムを構築した。ロボットは測域センサーにより、障害物と一定以上接近すると自動停止する。実験は 4 回行い、それぞれで指定した位置に到達しているか、散らばっている本に対して物体検出が作動するかを確認した。

また、ロボットには自己位置推定機能が搭載されており、ロボットの座標を数値データとして記録できる。Fig. 4 はロボットの座標データをグラフ化した移動軌跡である。4 回の実験はそれぞれ異なる地点から出発しているが、各実験の到着地点間の距離は 10cm 以内に収まっているため、自律走行の精度は問題ないと言える。

YOLO による物体検出の出力結果を Fig. 5 に示す。出力結果を見ると、散らばっている全ての本に対して正確に認識できているわけではないが、物体の範囲を正しく囲み、“book”と出力できていることが確認できる。ただし、さらにパラメータ調整は必要である。

2.3.2 クラウド上での物体検出の自動化のシミュレーション

二つ目の実験では、受信された画像に対して自動で YOLO(v8)の物体検出を実行し、結果を出力することができるか確認するために、Google Cloud 上でシミュレーションを行った。Google Drive 上の input 用フォルダに新しく画像が追加されたときに、Google Colab 上で新しい画像を取得し YOLO を実行、結果を特定のフォルダに出力するシステムを構築した。

Fig. 6 に YOLO で検出した結果の画像の例を示す。特定のフォルダに新しい画像が追加されるとそれを検知し、YOLO で物体検出を実行して出力するという流れを全て自動化できることが、実験を通して確認できた。また、Google Colab を使用することで、常に最新版の YOLO を物体検出に使用することができるというクラウド上で処理する利点も確認された。

2.4 考察

実験結果から、提案内容のシステム構成の実現可能性が確認できた。ロボットを自律走行させ、目的地で写真を撮影させることは問題なく実行できるため、物体検出の結果を踏まえてどのようにして日常との差異を発見するかが残る課題となる。物体検出の結果を自動で出力するだけでなく、物体検出の結果から不自然さや異常を察知するアルゴリズムの開発が、サービスとして機能させる上で必要不可欠である。

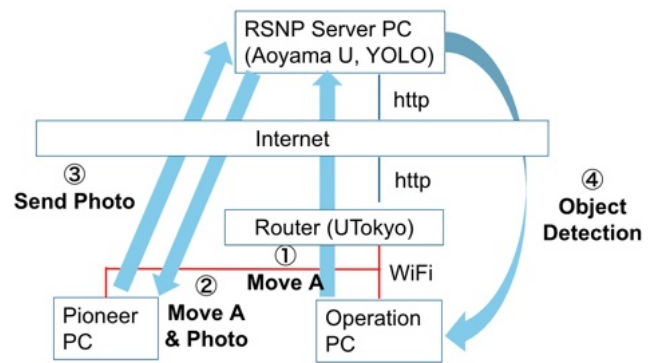


Fig. 1 System diagram of the proposed service

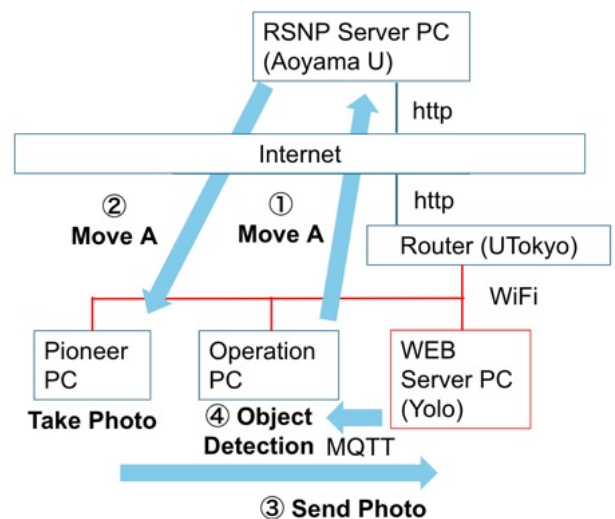


Fig. 2 System diagram of the robot experiment (Preliminary experiment of robot system using RSNP and YOLO execution on a local server)

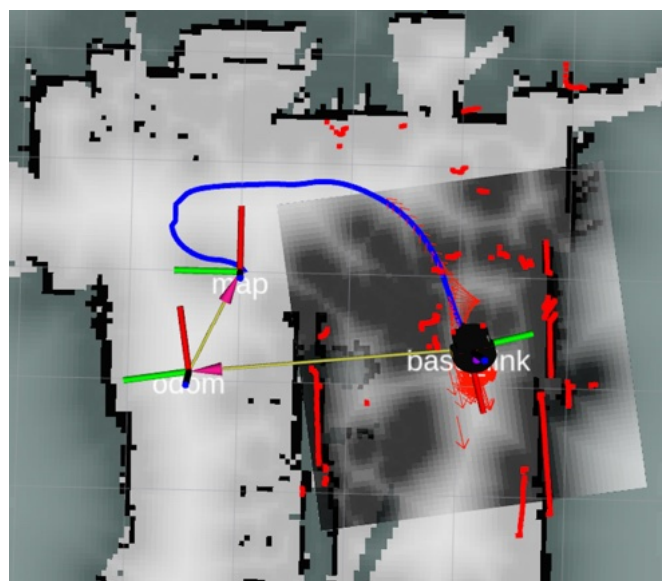


Fig. 3 A trajectory drawn on an environment map for a mobile robot to follow

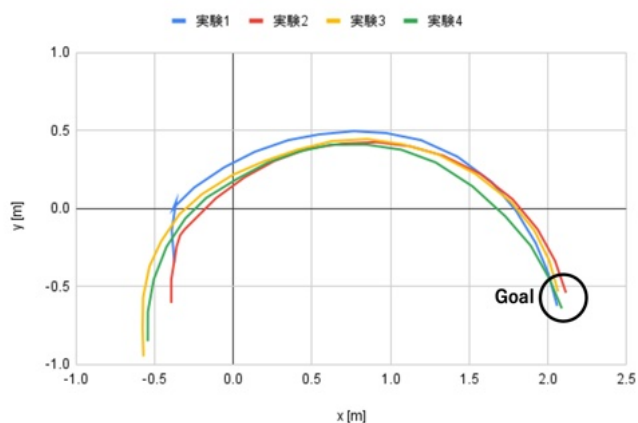


Fig. 4 Actual trajectories of a mobile robot during four experiments



Fig. 5 The result of object detection using YOLO in preliminary experiment 1

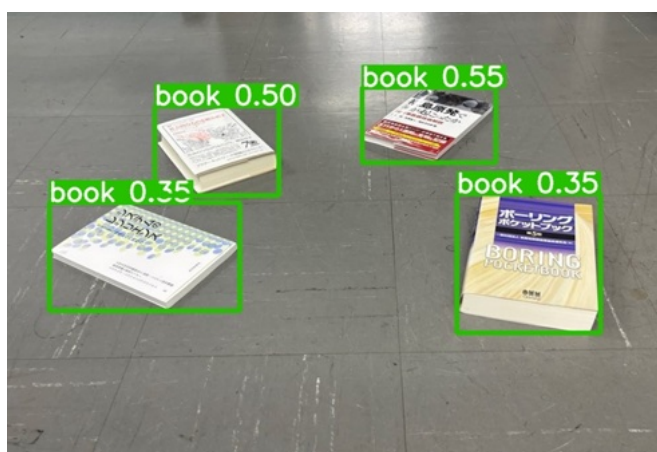


Fig. 6 An example of the result image of object detection using YOLO in preliminary experiment 2

3. 結言

本稿では、RSNP による移動ロボットの遠隔操作と自律走行を利用し、連携した外部カメラの映像に物体検出を用いることで異常検知の巡回サービスを提案した。また、実現性の検証として、ローカル環境で物体検出用ライブラリである YOLO の物体検出を実行しての予

備実験と、Google Cloud 上で物体検出の自動化実験を行った。これにより、今回提案したシステムが実現可能であることを確認できた。今後は具体的に施設等での実験を実施し、現在の課題の確認などを施設側と行う。さらに、不自然さや異常をどう定義づけるかが次の課題となる。今回は物体検出を用いて、本来そこにあるべきでないものを検出することを目指している。そのため、検出した物体が普段から存在するものなのか、あると不自然なのか判別する基準を考えることが必要となる。

また、移動ロボットをドローンに置き換えても今回の提案と同様のシステム構成を適用することができる。ドローンの活用により現在使用している移動ロボットと比較してより広範囲を巡回可能になることや、多角的に撮影できるようになることで物体検出の精度が向上することが期待される。

謝辞

本研究は、令和 6 年度大熊町知の集結に資する学びの場の形成事業の一環として実施した。

また、本研究の一部は、JAEA 英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業 JPJA24H24020026 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 内閣府: 令和 6 年版 高齢社会白書 (全文) . Accessed on 24.09.2024. https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/enbun/pdf/1s1s_04.pdf
- [2] 内閣府: 地域の経済 2018 第 1 章 (1) . Accessed on 24.09.2024. https://www5.cao.go.jp/j-j/cr/cr18/pdf/chr18_1-1.pdf
- [3] Robot Service Initiative : Robot Service Network Protocol 2.2 仕様書.
- [4] 加藤宏一朗, 中村幸博, 松日楽信人, 成田雅彦, RSNP ユニットを用いた複数台ロボットの遠隔操作実験, ROBOMECH2021, 1P1-G03,2021.