

## 遠隔ロボットの過去画像を利用した周辺環境の提示

### Surrounding Environment Display using Past Image for Teleoperated Mobile Robot

○高野博史, 妻木勇一

○Hiroshi Takano, Yuichi Tsumaki

山形大学

Yamagata University

キーワード: 遠隔移動ロボット (teleoperated mobile robot), 過去画像 (past image), 周辺環境 (surrounding environment), 操作支援システム (operator support system),

連絡先: 〒992-8510 山形県米沢市城南4丁目3-16  
山形大学大学院理工学研究科機械システム工学専攻  
高野博史, E-mail: ttr76621@st.yamagata-u.ac.jp

## 1. 緒言

遠隔移動ロボットは、災害現場など人が立ち入ることが危険な区域で活躍することが多い。しかし、遠隔地からの情報量には制限があるためロボットを遠隔操作することは容易ではない。

遠隔移動ロボットを操作する場合において重要なことは、ロボットの周辺環境を認識することとロボット自身の環境に対する車体感覚を把握することの2つである。これらをわかりやすく提示するために多くの研究が行われている。城間らは、過去画像にロボットのグラフィックを重ねることで、俯瞰的に状況を認識できるようにした<sup>1)</sup>。しかし、過去画像によって周辺環境を提示しているため、現在の状況を認識することができない。齋藤らは、全方位カメラを用いて周辺状況を提示している<sup>2)</sup>。全方位の現在映像を見ることができ、映像の分解能が低いという問題点がある。戸畑らは、周辺環境

を測定し3次元環境地図を作成している<sup>3)</sup>。しかし、計測用レーザーは高価であり、システムも複雑になってしまう。

これに対し我々は、カメラより取得した画像のみを用い、ロボットの周辺環境を認識しやすくするための支援システムを提案する。他のセンサを必要としないため、簡易なシステムで実現できる。周辺環境を提示するために過去画像を使用するが、現在画像も提示するため、環境の変動にも対応できる。本論文では開発した支援システムについて述べる。

## 2. 支援システム

### 2.1 原理

支援システムの原理をFig. 1に示す。Fig. 1において、水色が移動ロボットのカメラで位置①から位置②へ移動したものとする。位置①で得られる情報は緑色の部分であり、位置②で得ら

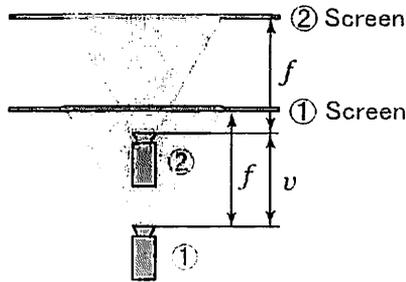


Fig. 1 Outline

れる情報はオレンジ色の部分である。スクリーン①において、位置①から得られる情報は緑線の範囲であるが、位置②に進むと黄色線の部分の情報が得られなくなる。そこで、スクリーン②に位置①からの過去情報を拡大して映すことで、位置②で得られる情報よりも外側の部分を提示することができる。

スクリーン①からスクリーン②への過去画像の拡大率は、進む距離とスクリーンまでの距離で決定される。緑色の部分とオレンジの部分とは相似の関係となり、拡大率は  $\frac{f+v}{f}$  となる。

## 2.2 ロボットが移動する場合の画像合成

直進する場合の画像を Fig. 2 に示す。Fig. 2 は仮想空間での検証用プログラムのスクリーンである。このプログラムは、GLUT を用いてポリゴンで環境を構築しているが、図に示す映像はポリゴンを直接提示しているのではなく、一度、平面画像としてキャプチャした過去画像を拡大し、その上に最新の画像を重畳させたものである。シミュレーション上ではロボットの位置が正確にわかるため、幾何学的な矛盾がないかどうか確認できる。

Fig. 2 において、枠で囲われた部分が現在画像であり、その外側の部分が過去画像の拡大によって補われた部分である。直進の場合、過去画像を進む距離によって拡大し、その上に現在画像を貼り付ける。

曲進する場合の画像を Fig. 3 に示す。曲進の場合、直進と同様に過去画像を拡大し、曲進の

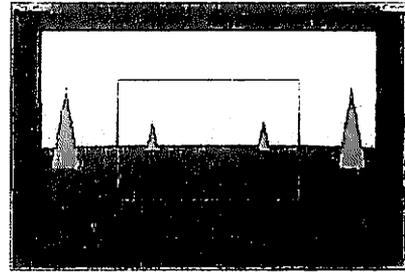


Fig. 2 Simulation(Straight)

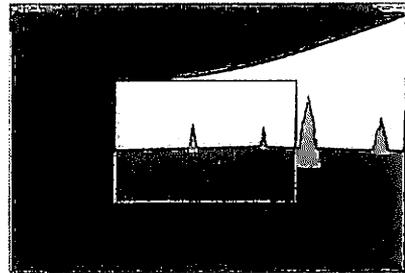


Fig. 3 Simulation(Left turn)

中心角度に応じて過去画像の貼り付け角度を変化させる。その上で、現在画像を貼り付ける。Fig. 3 において左側の部分が黒く表示されるのは、左折することにより画角の左端が過去画像の外側に出てしまい情報がなくなるためである。それを解消するために、ジンバル機構を導入し、カメラの向きを動かせるようにする。

## 2.3 ジンバル機構による周囲画像の合成

Fig. 4 にジンバル機構を導入することを想定し、カメラの向きを変えて、周囲を見回した場合の実行画面を示す。Fig. 4 において、枠で囲われた部分が現在画像であり、その外側の部分が過去画像をそのまま残した状態である。ジンバル機構を動かす指令値を利用し、画像の中心点が球状になるように座標を計算して表示している。概要を Fig. 5 にしめす。Fig. 5 において  $\vec{a}$  は画像の中心点を指し、 $\vec{b}$  は  $y$  軸上の単位ベクトルである。 $\vec{c}$ 、 $\vec{d}$  は次式となる。

$$\vec{c} = \frac{\vec{a}}{|\vec{a}|} \times \vec{b} \quad (1)$$

$$\vec{d} = \vec{c} \times \frac{\vec{a}}{|\vec{a}|} \quad (2)$$

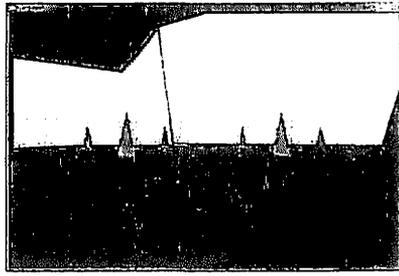


Fig. 4 Simulation(with camera motion)

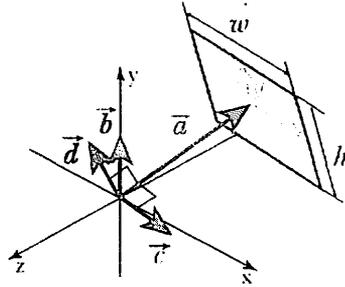


Fig. 5 Coordinate of Screen

以上より画像を表示する際の各頂点は、画像の横幅を  $w$ 、縦幅を  $h$  とすることで、 $\vec{a} + \frac{w}{2}\vec{c} + \frac{h}{2}\vec{d}$  のように表すことができる。

### 3. 実験装置

本章では遠隔移動ロボットを操作するシステムのハードウェアについて述べる。システム全体を Fig. 6 に示す。

#### 3.1 遠隔移動ロボット

遠隔移動ロボットには ZMP 社の RoboCar を使用する。RoboCar は車型のロボットで、サイズは  $429.0 \times 195.0 \times 212.2$  mm、メインコントローラ OS は Linux である。画像を取得するためのカメラ部分は、ジンバル機構に変更している。ジンバル機構のアクチュエータには、双葉電子工業社の RS301CR を使用している。カメラには、RF System 社の無線カメラ HG-88s を使用する。カメラとジンバル機構部分を Fig. 7 に示す。

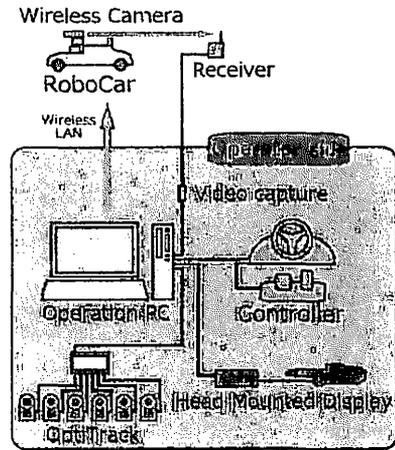


Fig. 6 System overview

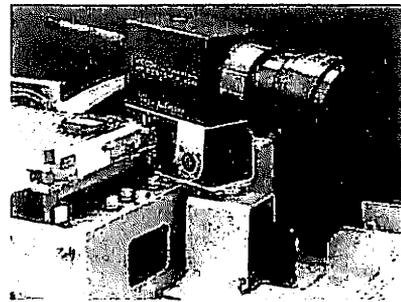


Fig. 7 Gimbal mechanism

#### 3.2 コントローラー

コントローラーには、ギョムンエンターテイメント社の REAL DRIFT RACING HANDLE を使用する。このコントローラーはハンドルとペダルによって指令を入力するため、自動車を運転するように操作することができる。

#### 3.3 OptiTrack

移動ロボットの操作はコントローラーにて行うが、ジンバル機構によるカメラの動きも操作することは難しい。人は見たいものがある場合、その方向に頭部を向ける。これと同じようにカメラを動かすために OptiTrack V100:R2 で頭の動きを取得し、それに合わせてカメラを動かせるようにする。OptiTrack V100:R2 は NaturalPoint 社のものである。



Fig. 8 Overview of Experiment

### 3.4 ヘッドマウントディスプレイ

頭の動作によってカメラを操作するために、ディスプレイが固定されていると操作画面が見えなくなる。常に操作画面を見ることができるようヘッドマウントディスプレイを使用し、どの方向に頭を動かしても問題がないようにする。ヘッドマウントディスプレイには、オリンパス光学工業社の Eye-Trek を使用する。

## 4. 動作検証

実際に支援システムを用いた状態で、ロボットを操作した。操作者の状態を Fig. 8 に、操作時の支援システム画面を Fig. 9, Fig. 10 に示す。Fig. 9, Fig. 10 において、枠の内側が現在画像である。なお、枠は理解しやすいように後から書き込んだものであり、実際には表示されない。画面下に見える灰色の台形部分は、車体感覚をわかりやすくするためにグラフィックスで提示したものである。支援システムにより、障害物のおおよその位置が過去画像により認識できた。映像がゆがんでいるのは、ロボットの位置の不正確さによるものである。周辺の映像はこのようにゆがみが発生するが、おおよその位置をつかむには十分と考えられる。また、現在映像が歪む事はないので、もっとも重要な正面の映像には影響はないことを明記しておく。

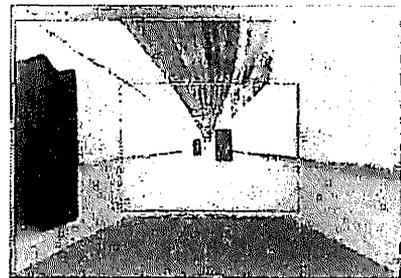


Fig. 9 Support system (Straight)

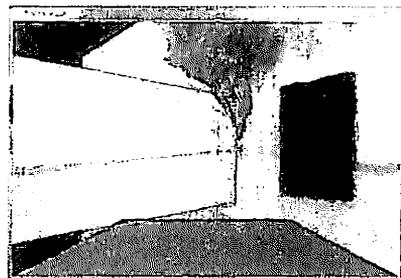


Fig. 10 Support system(left turn with gimbal motion)

## 5. 結論

搭載カメラより取得した画像のみを用い、ロボットの周辺環境を認識しやすくするための支援システムを提案した。本システムは、他のセンサを必要としないため、簡易なシステムで実現できる。また、実験システムを構築し、動作検証を行った。今後は被験者による実験を行い、支援システムの評価を行う予定である。

## 参考文献

- 1) 城間直司, 長井宏和, 加護谷譲二, 杉本麻樹, 稲見昌彦, 松野文俊: ロボットの遠隔操作のための過去画像履歴を用いたシーン複合, 計測自動制御学会論文集, Vol. 41, No. 12, pp. 1036-1043, 2005.
- 2) 戸畑亨大, 倉爪亮, 村上剛司, 長谷川勉: 群ロボットによる3次元環境計測と地図生成, 第13回ロボティクスシンポジウム講演会予稿集, pp. 159-165, 2008.
- 3) 齋藤研作, 清川清, 竹村治雄: 移動ロボットの遠隔操縦インタフェースのための全方位映像と三次元形状モデルを用いた情報提示手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文集, Vol. 12, No. 4, 2007.