

距離センサを用いたカメラアーム

Camera Arm with a Distance Sensor

木村海斗, 安達聖也, 妻木勇一

Kaito Kimura, Seiya Adachi, Yuichi Tsumaki

山形大学大学院 理工学研究科 機械システム工学専攻

Department of Mechanical Systems Engineering,
Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University

キーワード: カメラアーム (Camera arm), テレオペレーション (Teleoperation),
距離計測 (Distance measurement), オペレータ支援システム (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 妻木研究室 木村海斗,

Tel & Fax: 0238-26-3252, E-mail: tsr16415@st.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

ロボットを遠隔操作する場合, 操作者が状況を把握するためにカメラが必要となる。しかし, その多くは, 固定式のカメラか 2 自由度のジンバル機構とズーム機構を組み合わせたものであり, その視野は限られている¹⁾。一方, カメラを多自由度のマニピュレータと組み合わせると, より自由な視点から対象物を見ることができ²⁾。これにより, 対象物に関する詳細な情報を得ることが可能となる。我々もこれまで 6 自由度を持つカメラアームを開発してきた³⁾。

しかし, 多自由度のマニピュレータを動かすためには, 複数のパラメータを同時に扱わなくてはならない。6 自由度マニピュレータの場合は 6 個のパラメータが必要となる。操作を容易にするためには, 扱わなければならないパラメータを減らす必要がある。

そこで, 我々はこれまで球座標を用いた視点・

注視点制御を提案してきた⁴⁾。しかし, この手法は視点・注視点間の距離が必要となる。これまでは既知環境下での操作を前提とすることで視点・注視点制御を実現していた。

本論文では, 未知環境下での視点・注視点制御を実現するため, 距離センサを導入する。しかし, 距離センサから得られる値には, 時として大きなばらつきがある。そこで, この問題を解決するために, カメラアームを操作することなく正しい距離が得られているかどうかを確認する操作支援システムを提案し, シミュレータによりその有効性を検証する。

2. 球座標を用いた視点・注視点制御

一般に 6 自由度のカメラアームを操作するためには 6 自由度全ての操作を行う必要がある。作業を行うロボットアームの場合は, 並進と姿

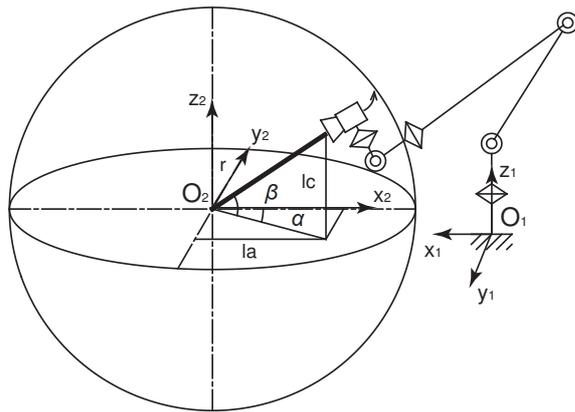


Fig. 1 球座標とカメラアーム

勢を別々に操作することが良く行われているが、カメラアームの場合は、見たい対象物を中心に視点位置を変える必要があるため、並進動作と姿勢動作を同時に行う必要がある。

これに対して、容易な操作、高い臨場感と作業効率の向上を実現する方法として、我々はこれまで球座標を用いた視点・注視点制御を提案してきた。この手法は、視点を中心とする球座標系を用いて注視点を動かす場合と注視点を中心とする球座標系を用いて視点を動かす場合の二つの方法を切り替えて操作する。これにより、操作する自由度数が減ると同時に、注視点を固定した状態でカメラの位置と姿勢を同時に変えることができる。具体的には、視点制御を行う際は3自由度、注視点制御を行う際には2自由度の指令によりカメラアームを操作できる。操作者は視点変更を容易に行うことが可能となり、より効率的で直感的な遠隔操作を行えるようになる。球座標とカメラアームの関係（注視点を中心とした場合）を Fig. 1 に示す。各モードの詳細を以下に示す。

視点制御モード

注視点を中心とする球座標系を用いて視点を操作するモードである。操作方法の概念図を Fig. 2 に示す。このモードでは、注視点は対象物に固定され、そこを中心とした球座標系を用いて

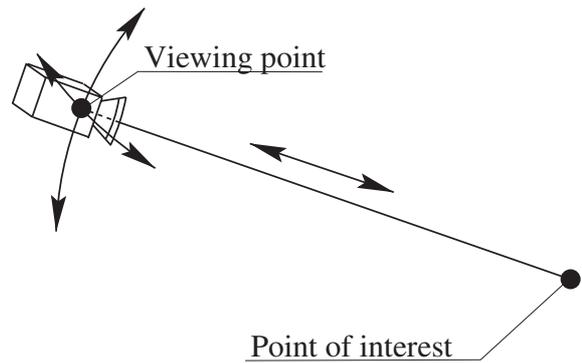


Fig. 2 視点操作

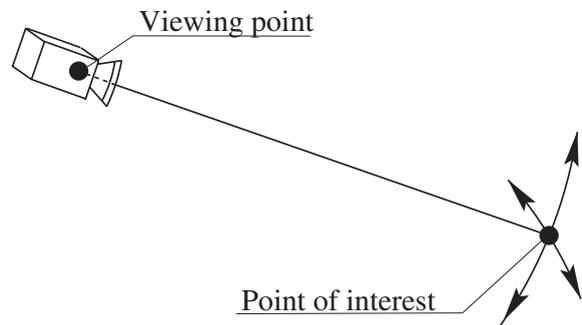


Fig. 3 注視点操作

視点を操作する。半径を変えることで倍率も変えることができる。対象物を様々な角度から見ることができるので、対象物を詳細に観察することができる。

注視点制御モード

視点を中心とする球座標系を用いて注視点を操作するモードである。操作方法の概念図を Fig. 3 に示す。このモードでは、視点を固定し、そこを中心とした球座標系を用いて注視点を操作するため、注視点の変化に伴い視点の向きが変更される。すなわち、注視点を動かしているが、実際には注視方向を操作している感覚を操作者は得ることになる。これにより、周囲の環境を把握することができる。

尚、注視点は操作者が任意に定めることが可能であり、3D マウスのボタンを押した時の画面中心にある物体上の1点が注視点となる。した

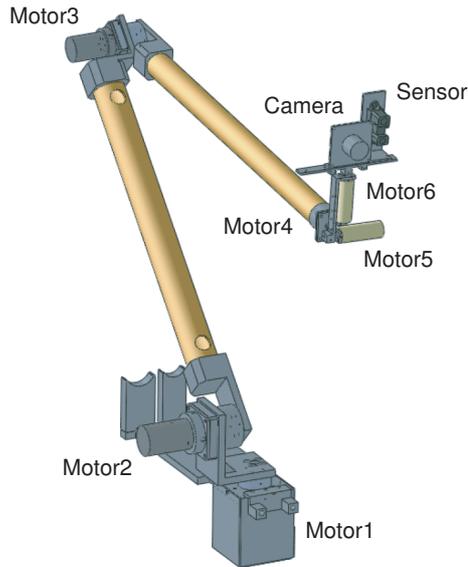


Fig. 4 カメラアーム概観図

がって、操作者は注視したい対象物を画面中心に収め、ボタンを押すだけで良い。その後、視点制御モードに切り替えて、対象物の周囲を詳細に観察することができる。

視点制御モードと注視点制御モードの切り替えも 3D マウスのボタンにより行っている。

3. 距離センサを用いた 視点・注視点制御

前述したように、視点・注視点制御モードを実現するためには、球座標系上の半径が必要となるため、視点と注視点間の距離を知る必要がある。これまでは既知環境下での操作を前提としていたため、視点・注視点間の距離は予め構築されたモデルから求めることができた。しかし、未知環境下で操作を行うためには視点・注視点間の距離を計測しなければならない。

そこで、カメラアーム手先部に距離センサを取り付け、視点・注視点間の距離を計測し、球座標系を用いた視点・注視点制御を実現する。

距離センサはSHARPの赤外線センサGP2Y0

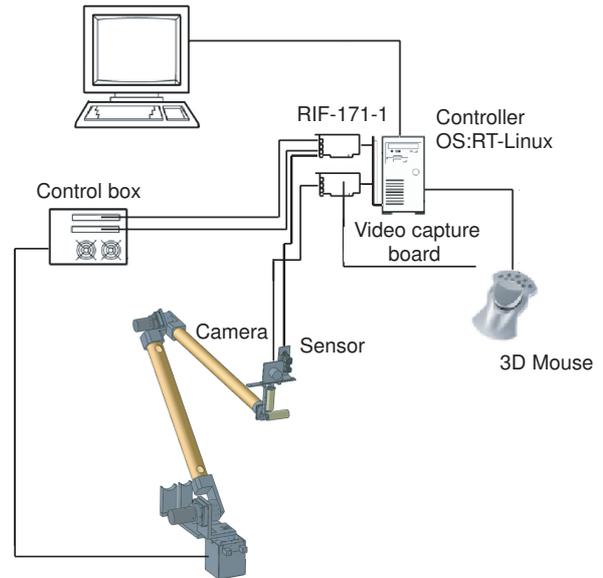


Fig. 5 制御システム

A02YK0Fを使用した。計測可能な距離は20～150 cmである。本センサは、赤外線を照射して対象物から反射してきた赤外線の反射角度から対象物までの距離を計測している。

4. 実験システム

4.1 カメラアーム

使用するカメラアームは対象物を任意の位置・姿勢で観察するために並進3自由度、手首部3自由度の合計6自由度のシリアル機構を採用している。また、アーム先端に外部同期に対応したカメラ CIS社製 DCC-3355N 2台を取り付け、立体視を可能にしている。今回は、アーム先端にカメラ1台を取り付け、その横に距離センサを取り付けた。手首部には球状リスト機構を採用している。カメラアーム全体の概観図を Fig. 4 に示す。

4.2 制御システム

カメラアームの制御システムを Fig. 5 に示す。制御用 PC の OS には Red Hat Linux 8.0 kernel

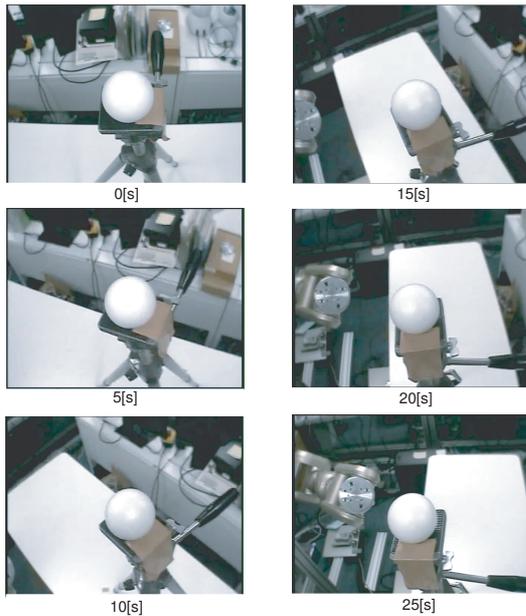


Fig. 6 カメラ視点

version 2.4.18 ベースの RTLinux 3.2-pre1 を使用している．制御ボードにはカウンタ機能と D/A 変換機能を備えた Ritech Interface Board を用い，モータドライバにはライテックス社製 Okatech Driver を使用している．

また，入力デバイスとして LogiCad 社製 3D Mouse Magellan を用いている．3D Mouse は 6 自由度（並進，回転）の入力が可能であり，カメラアームを操作する際は，速度指令を与えることができる．カメラからの映像はビデオキャプチャボードにより取得し，PC の画面上に表示する．距離センサからのデータは Ritech Interface Board の A/D を介して PC に取り込まれる．

5. 動作実験

距離センサを用いてカメラアームの視点・注視点制御を行った．尚，実験では注視点位置に直径 5 cm の白色の球体を置き，注視点としている．操作者が 3D マウスのボタンを押すと，距離を距離センサで計測し，取得した値を視点・注視点間の値として使用する．

視点制御モード時における動作の様子を Fig.

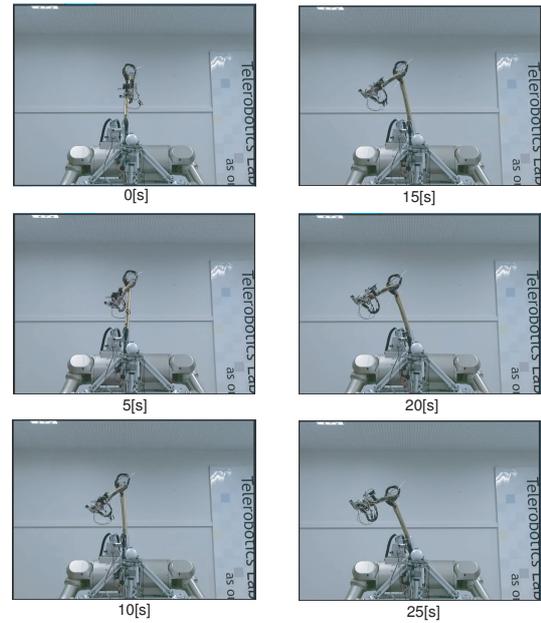


Fig. 7 カメラアームの動き

6 および 7 に示す．Fig. 6 はカメラで撮像された映像，Fig. 7 はカメラアームの動きを示しており，視点・注視点制御が実現されていることがわかる．尚，操作を行う前に視点（カメラ）・注視点間（球体）の距離を実測した数値は 38 cm であり，距離センサを用いて測定した視点・注視点間の距離は 37 cm であった．この程度の誤差は大きな問題にはならない．

しかし，距離センサからの値は，対象物との位置関係により，計測距離が大きくずれることがあった．このため，未知環境下では，距離センサを用いて取得した視点・注視点間の距離が正しいかどうかを操作者が判断できるシステムが必要である．

そこで，操作者が計測値が正しいかどうかを認識するための操作支援システムを提案する．

6. 距離認識のための操作支援システム

操作者が計測距離が正しいかどうかを認識できるように，実画像の上に CG を重畳させる．CG は，距離センサで取得した値から計算される注視

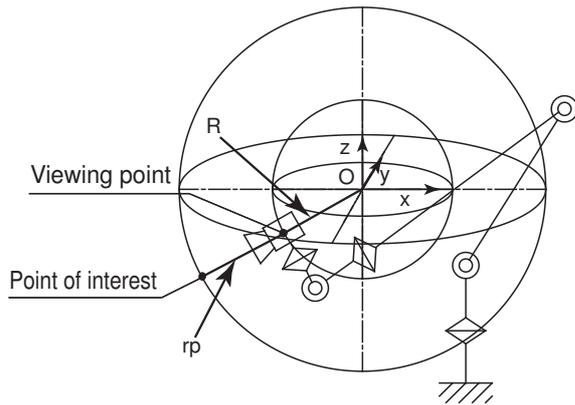
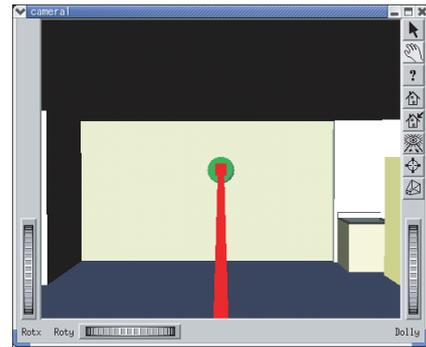


Fig. 8 並進成分を加えた注視点制御

点位置とカメラアームの土台位置を結んだビームである。ただし、実際の注視点位置と計測結果から求められる注視点位置は両方とも画面中心にあるため、お互いが重なってしまい、このままでは誤差を認識することはできない。そこで、視点の位置が異なる過去画像を利用する。ただし、カメラの運動成分に並進成分がないと視点の角度が変わっても同様の問題が発生するため、注視点制御モードにおいてカメラを球座標の原点に置くのではなく、一定の半径上に沿ってカメラを動かすことで並進成分を導入する。概念図を Fig. 8 に示す。これにより、計測結果から求められる注視点とビームを過去画像上に表示することで、カメラアーム本体を動かすことなく、迅速に計測結果が正しいかどうかを認識することができる。

尚、この手法を導入するためには過去の画像を適宜保存する必要がある。過去画像を動画として一定時間保存する方法や角度や時間によってスナップショットを保存する方法など、その方法はいくつか考えられる。

シミュレータを用いて、本手法の有効性を検証した。結果を Fig. 9, 10 に示す。距離センサで取得した値を基に注視点を描画した画面が Fig. 9, 10 の上画面に示してある。3D マウスのボタンを押すと、Fig. 9, 10 の下画面に示すように過去画像上に現在の注視点を描いた CG が重畳



↓ 過去画像上にCGを重畳

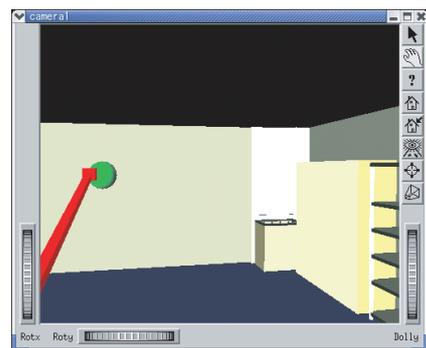
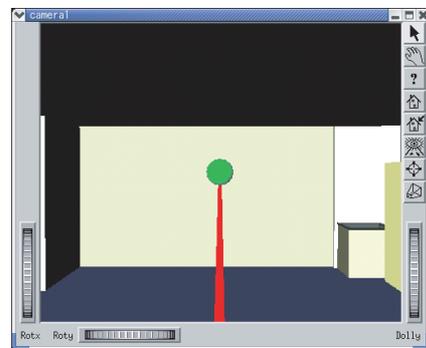


Fig. 9 注視点が対象物よりも近い時



↓ 過去画像上にCGを重畳

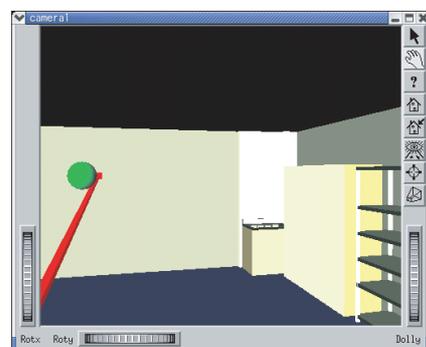


Fig. 10 注視点が対象物よりも遠い時

される．図では実際の距離が 40 cm に対して，距離センサからの値が 30 cm の場合と 60 cm の場合をそれぞれ示してある．距離が実際よりも短い場合も長い場合も，過去画像を利用することで，正しいかどうかを認識できる．尚，シミュレータでは画像を保存しているのではなく，位置情報を保存して CG を描画している．

このため，Fig. 10 においては対象物がビームの手前に表示されているが，実際には実画像上にビームを重畳させるため，ビームが必ず手前に描画される．したがって，Fig. 10 に示すほど明確な前後関係を示すことはできないが，中心が対象物からずれていることより，計測距離に大きな誤差があることがわかる．

7. 結論

距離センサを用いてカメラアームの視点・注視点制御を実現した．このとき，注視点とカメラの相対位置関係により，距離センサで取得した距離に大きな誤差が発生する問題点を指摘した．この問題を解決するために，過去画像を利用することで，距離の誤差を操作者が確認するための操作支援システムを提案した．これにより，操作者は距離を測定した後に，画面上のみで距離の誤差を確認することが可能になる．本論文では，シミュレータでその有効性を確認した．

今後は，実機に提案システムを適用し，未知環境化でも効果的に視点・注視点制御を実現するシステムを構築する．

参考文献

- 1) Craig R. Carignan, David L. Akin, J. Corde Lane, “Dynamic Tool Vector for Robo-Centric Control,” Proc. of the 2000 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 1188–1193, 2000.

- 2) 小田光茂, “ETS-VII のミッション”, 日本ロボット学会誌, Vol. 17, No. 8, pp. 1055-1061, 1999.
- 3) 田中博貴, 妻木勇一, 高臨場テレマニピュレーション用カメラアームの開発, 計測自動制御学会東北支部 40 周年記念学術講演会講演論文集, pp. 97-100, 2004.
- 4) 妻木, 小寺, Nenchev, 内山, “特異点適合法を用いた宇宙遠隔操作実験”, 日本機械学会論文集, 65 巻 636 号, 1999.