

インターネットを介した移動ロボットの遠隔操作におけるユーザインタフェース 浅沼和範(中央大学) 梅田和昇(中央大学)

User Interface for Remote Operation of a Mobile Robot via Internet

* Kazunori ASANUMA, Chuo University, Kazunori UMEDA, Chuo University.

Abstract - In this paper, a remote operation system of a mobile robot is constructed on Web browsers. This system is simplified by TCP/IP network techniques. This user interface on Web browser doesn't restrain the location of the operator, and provide the operator simple operation of a mobile robot. Operation is executed in virtual space based on map information of a distant place. In this system, the information of an unknown object and relative distance and direction between robots in remote site is displayed to local Web browser.

Key Words: Mobile Robot, Internet, Networked Robot, Teleoperation, User Interface

1. 序論

インターネットをロボットの遠隔操作に用いることで、汎用的なシステムが実現できるものと考えられ、実際に多くのロボットがインターネットに接続されている¹⁾。それらの研究の多くは、インターネットの特徴である広域性を活かしたもので、または通信時間遅れに対応したシステム構築といったものである。しかし、ロボットがインターネットに接続されてその操作に関わる人間が多くなると、ユーザインタフェースの重要性も高まるはずである。この場合、誰でもが予備知識を必要とせず直感的に操作できる必要がある。よって、本研究では Web ブラウザ上に仮想空間を持たせ、ロボットの誘導や障害物との接触回避を容易に行なうための操作性を実現する。

2. システム概要

2.1 ハードウェア構成

本研究では、Fig.1 のハードウェアによりシステム構築を行った。

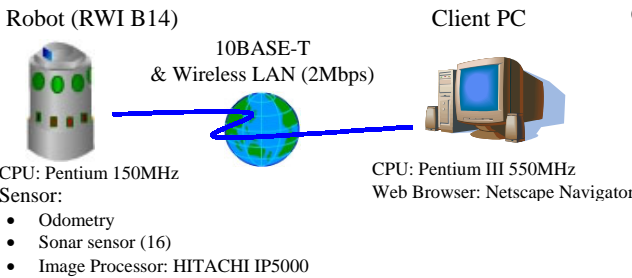


Fig.1 System Configuration

2.2 通信システム

本研究では、遠隔地に置いたロボットに動作命令を与え、ロボット状態量を取得するのに CGI と Socket 通信を利用している。Socket 通信では連続した形で命令を送信し、CGI では動作完了までの一連の動きを一つのオブジェクトとしてロボットに与え、後の動作をロボットの自律動作に一任することにした。また、本システムでは画像伝送に ServerPush の技術を用いて遠隔地の画像をクライアントに提供する。さらに、画像を CGI に関連付けることで、クラ

イアントが画像上の点をクリックしてロボットをその点上まで誘導させることができるシステムの構築を行った。

3. ユーザインタフェースの構築

3.1 Java アプレットによる GUI

本研究で構築したユーザインタフェースを Fig.2 に示す。この画面上ではマウスドラッグし視点を変えることで、ロボットと対象物（障害物やロボットなど）との相対位置を直感的に捉えることができる。

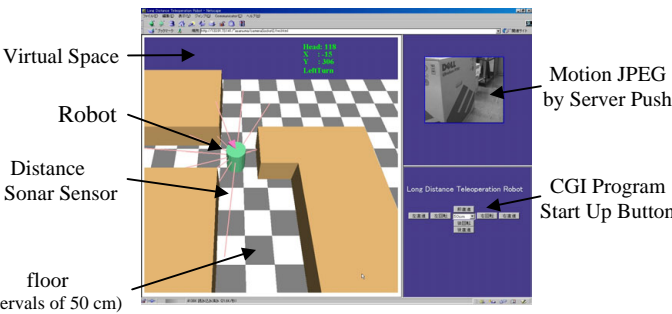


Fig.2 User Interface

3.2 既知環境での遠隔操作

Fig.2 に示したユーザインタフェースは、事前に登録されている環境マップ情報（障害物の位置と大きさ）をもとに、遠隔地の環境が再現されている。操作者はカメラ映像だけでは捕らえることの難しい遠隔地の大きな環境情報を認識することができる。

本インタフェースを用いて移動ロボットを 20 回繰り返し遠隔操作する実験を行った。実験は Fig.3 に示す室内の Start の位置から Goal の位置までロボットを遠隔誘導し再び Start の位置まで戻すというものである。Start から Goal に向かう往路では Map 情報に登録していなかった障害物との接触が 2 回生じたが（椅子と床面のコード）、それ以外では正確な誘導操作が行われた。一方で、Goal から Start に向かう復路ではオドメトリの誤差の蓄積が大きくなり、ロボットの実際の位置とユーザインタフェース上の位置のズレも大きくなってしまった。このため仮想空間を元に

した正確な誘導が行なえず障害物との衝突を4度起こしてしまっ。元の Start の位置に戻ったロボットの自己位置の誤差は X 方向に 10cm ~ 20cm, Y 方向に 20cm ~ 30cmであった。このため、オドメトリ以外の方法でロボットの自己位置を更新する方法が必要であると考えられる。

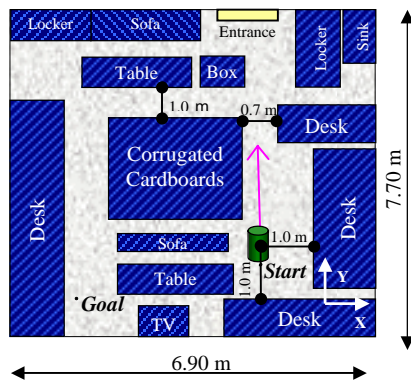


Fig.3 Environmental Map

3.3 未知物体の表示

3.2 節で示した環境マップ情報に登録されていない障害物の位置を知るために、カメラ画像をもとにして2地点からのステレオ距離計測を行ない、その位置を Web ブラウザ上の仮想空間に表示するためのユーザインタフェースを構築した。Fig.4 に構築したインタフェースでの操作を示す。ロボット頭部に搭載したカメラより送られてくる画像上で、位置を計測したい対象物にマウスをあわせクリックする。そのときの画像上の座標値が (CGI を介して) Web ブラウザ上のアプレットプログラムに渡され、対象物の方向を指し示す線が表示される (Fig.4(a))。ロボットを移動させ同様の作業を続けて行なうことで対象物までの別の方向線が表示される (Fig.4(b))。この2つの方向線の交点を対象物の位置とみなすことでマップ情報にない物体の位置を仮想空間上に示すことができる。このように行なう距離計測では、オドメトリによる自己位置計測の精度やユーザのクリックの仕方などによって、表示する対象物の位置精度が左右されるが、画像情報だけでは捉えづらい物体までの距離を3次元の仮想空間上に表示させることでロボット操作に役立つものとする。

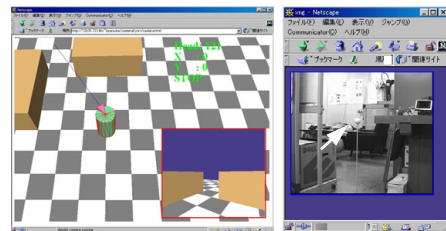
3.4 遠隔地に置いた2台のロボットの相対位置表示

今回、Fig.4 に示すブラウザの仮想空間において、操作ロボットの近くに位置する同型のロボットを操作ロボットと同じワールド座標に表示することを考えた。これにより、カメラがとらえる画像からでは分かりづらいロボット間の相対距離を仮想空間上で直感的に捉えることができると考えられる。

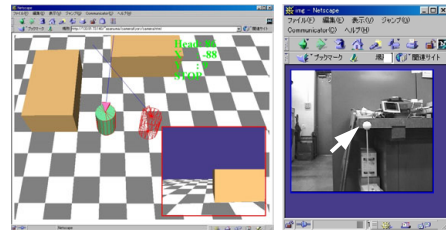
ロボット間の相対距離は、ロボット側面に引いた2本の平行線 (間隔 275mm) を操作ロボット側のカメラで取り込み、画像上でその間の距離を計測することで求めた。同様に、2台のロボットの相対向きも2本の平行線の間に摺り掛け状に引いた線 (傾斜角 16deg) の高さ (平行線からの距

離) を画像上で計測することで求めた。相手ロボットの検出結果の様子は Fig.5 のものとなる。

この手法における相手ロボットの検出では距離で 3cm, 向きで 5deg と比較的小さな誤差で検出が可能であった。しかし、相手ロボットをカメラに捉えていない時はロボットの位置の更新はされない。そこで、その部分を内界センサを利用して、相対位置の変化量で補完する必要があると考えている。



(a) Display of Direction by 1st Click on Target in Image Data



(b) Display of Direction by 2nd Click on Target in Image Data

Fig.4 Display of Unknown Objects in Virtual Space

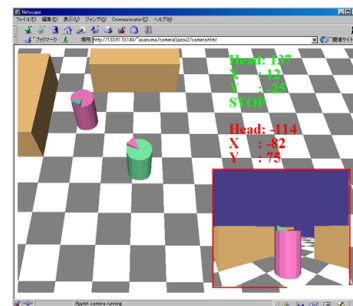


Fig.5 Display of Relative Distance and Direction between Robots

4. 結論

TCP/IP の通信技術を用いることによって遠隔地にあるロボットの操作を行い、ロボットとロボット周辺の状態を Web ブラウザで観察するためのユーザインタフェースの構築を行なった。ユーザインタフェースに遠隔地のマップ情報を持たせることで、操作に臨場感を持たせ、より安全なロボット操作性を実現した。また、マップ情報に含まれない遠隔地の物体の位置を仮想空間上に表示する方法を示した。さらに、遠隔地における2台のロボットの相対位置表示をおこなった。

参考文献

- 1) 比留川博久: テレロボティクスからネットワークロボティクスへ, 日本ロボット学会誌, Vol.17, No.4, pp.458-461 (1999).