

知的データキャリアを利用した移動ロボットの自律的遠隔操作

正員 川 端 邦 明 (理化学研究所)
 非会員 石 川 達 也 (東 洋 大 学)
 正員 浅 間 一 (理化学研究所)
 非会員 嘉 悦 早 人 (理化学研究所)
 非会員 遠 藤 勲 (理化学研究所)

Autonomous Teleoperation of a Mobile Robot using Intelligent Data Carriers

Kuniaki Kawabata, Member (The Institute of Physical and Chemical Research(RIKEN)), Tatsuya Ishikawa, Non-member (Toyo University), Hajime Asama, Member, Hayato Kaetsu, Non-member, Isao Endo, Non-member (The Institute of Physical and Chemical Research(RIKEN))

In this paper, we propose an autonomous teleoperation system with IDCs(Intelligent Data Carriers). An IDC is a device to enable the working environment to work as an agent of the system. In conventional teleoperation techniques, the load of the task execution is shared by the operator and the robot as a teleoperated target system. However, the proposed teleoperation system allows the load to be shared by the operator, the robot and the IDC as a local information strage of the environment. By using IDCs for the teleoperation system, the required sensing ability of the robot can be reduced, because the robot can take the information about local working environment from IDCs which are placed in the remote environment. This implies the effectiveness of implicit collaboration among the operator , the robot and the remote environment. In this paper, we make some experiments with the real system through the Internet to show the effeciency of this system.

キーワード：遠隔操作，移動ロボット，知的データキャリア，ネットワーク・ロボティクス

1. はじめに

近年ネットワークの整備が進み，ネットワークを利用したサービス等に注目が寄せられている．インターネットは典型的な例であり，今後の技術的展開が期待されている．インフラ整備に関するコストや多様な場所から多様な場所へのアクセスが可能であることを考えれば，従来の遠隔操作に関する技術は特殊なネットワークだけでなく，汎用ネットワーク上において応用されていくべきである⁽²⁾．また，近年開発の進んだロボットはネットワーク上の物理エージェントとしての利用，活躍が期待される．現在までにネットワーク経由の遠隔操作に関する提案が幾つかなされている⁽¹⁾．国井らはRNS(Robotic Network System)の概念を提案しており，近未来サービスの一環としてのネットワーク・ロボティクス技術について注目している⁽³⁾⁽⁴⁾．また，Luoらもホームガード・ロボット等をインターネット経由で操作することを前提に研究を進めている⁽⁵⁾．比留川らもWWR(World Wide

Robotics)を提案し⁽⁶⁾，VRML(Virtual Reality Making Language)を用いた遠隔操作システムの構築を行っている⁽⁷⁾．さらに，SuzukiらはWWW(World Wide Web)ブラウザを介して群ロボットシステムを操作する試みを行った⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾．しかしネットワーク結合に基づく性質上，解決すべき問題点も未だ多く存在する⁽⁸⁾⁽⁹⁾．特に操作者への時間遅れは情報提示量の増大とともに大きくなるだけでなく，ネットワークのトラフィックに依存して一定ではないため，大きな問題となる．この点に関して，既に我々はインターネット経由で直接的に移動ロボットを遠隔操作するシステムを構築し，時間遅れの問題に関して検討を行い幾つかの解決策を講じている⁽¹²⁾⁽¹³⁾．また，仮に遠隔地に関する情報が全て事前に得られるとしてもその量は膨大なものであり，それらを効果的に利用することは困難であるといえる．

一方，藤田らは，環境をエージェント化する技術として既に知的データキャリア(Intelligent Data Carrier : IDC)を開発している⁽¹⁵⁾．IDCは局所的無線シリアル通信で読み

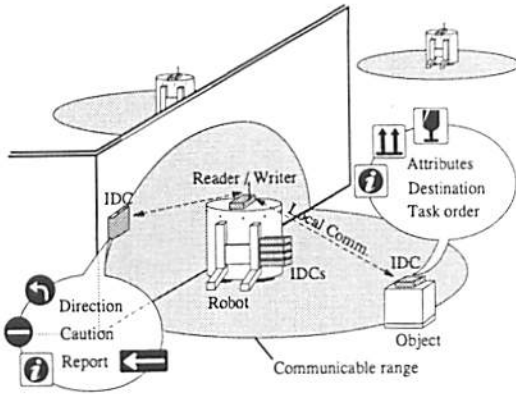


図1 IDCシステムの概念図

Fig. 1. Concept of an IDC System on Distributed Autonomous Robotic Systems

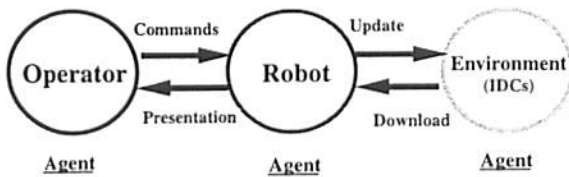


図2 エージェント間の協調

Fig. 2. Cooperation among Agents

書き可能なデータキャリアであり、幾つかの実験により有効性が確認されている⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。これまで、IDCは群ロボットシステムにおいて議論がされてきたが(図1)、その特徴から遠隔操作システムにIDCを導入することで、遠隔地に関する情報を分散局所的に管理することを可能とし、システムの通信に関する効率化が可能になると考えられる(図2)。そこで本論文ではIDCを汎用ネットワーク経由の全方向移動ロボット遠隔操作システムに導入し、移動ロボットに局所的自律機能を持たせながら操作者・ロボット・環境をマルチエージェント系として協調させることによって一定でない時間遅れのある場合にも有効で、利便性の高い遠隔操作システムを実現する。特に本論文では、移動ロボットの遠隔操作による未知狭路通過動作を対象として議論を進めていく。

2. システム構成

〈2・1〉 遠隔操作システム 図3に構築したインターネットを介した全方向移動ロボットの遠隔操作システムの構成を示す。構築したシステムは大きく分けると、入力部、通信部、操作対象部の3つとなる。入力部は、LinuxOSを搭載したPCとこれに接続されたジョイスティックで構成されており、遠隔地からのフィードバックは画像のみとなっている。この場合では、TVモニター上に提示することとした。この際、画像はビデオ・トランスミッタを通じてフィードバックされている。通信部はTCP/IPと無線LANにより構成されており、インターネットと同様の通信形態をとつ

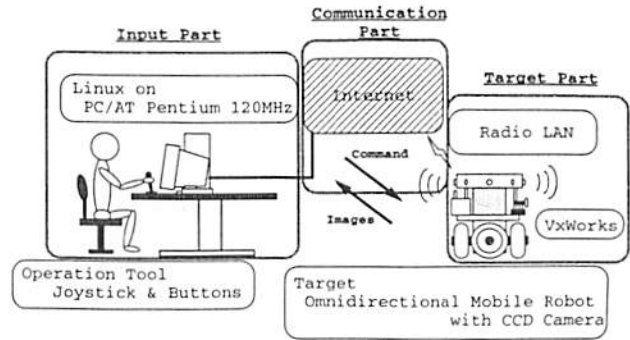


図3 移動ロボットの直接的遠隔操作システム

Fig. 3. A Direct Teleoperation System for A Mobile Robot

ている⁽¹²⁾⁽¹³⁾。これらにより、操作対象ロボットと入力部がネットワーク経由で接続される。ここで、ロボットに与えられる指令は速度値によって与えられる。操作対象部であるロボットに関する詳細は後節にゆずる。

オペレータからの入力ジョイスティックとボタンにより行われる。入力された指令はネットワークを通じ、無線LANを介してロボットへと送られる。入力デバイスであるジョイスティックは手前-奥・左-右の2自由度を有し、ボタンとの組み合わせによりロボットへの動作指令を与える。指令モードの切り替えはトリガボタンにより行われる。またトリガが引かれていない際に、ジョイスティックはロボットの並進方向の指令を司り、引かれている時はロボットの姿勢角方向とカメラのチルト動作を司る。ここではカメラのパン動作は姿勢角方向の動作と統合することとした。

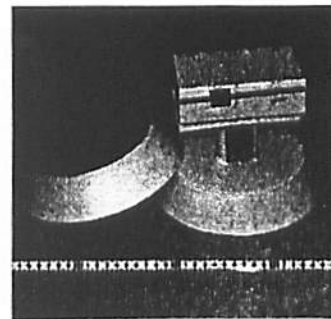


図4 IDCユニットの外観

Fig. 4. Overview of an IDC Unit

表1 IDCのスペック

Table 1. Specification of an IDC module

Media	Weak Electromagnetic Wave
Frequency	90MHz
Baud Rate	9600[bps]
Modulation	FM
Communication Range	1[m]
Intensity	10[mW]
Power Supply	DC 5[V]

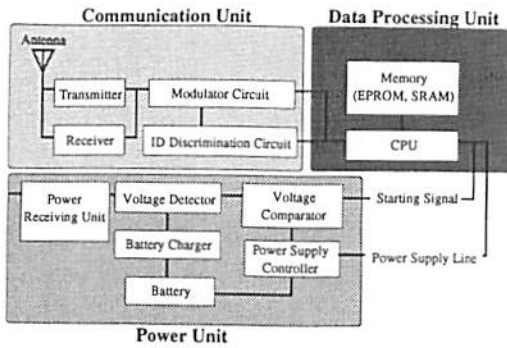


図5 IDCの内部構成

Fig. 5. Schematic Circuitry of an IDC Device

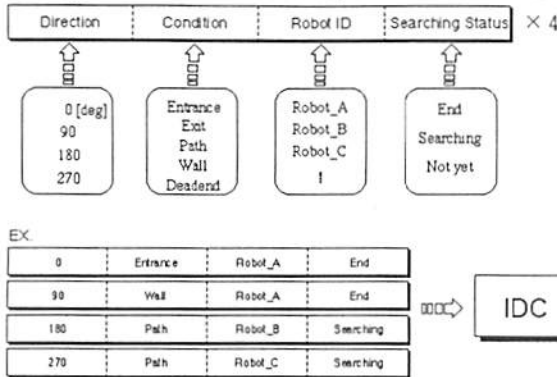


図6 本実験におけるIDC内のデータ・フォーマット

Fig. 6. Data Format on IDCs for Experiment

〈2.2〉インテリジェント・データ・キャリア (IDC)

一般的にデータキャリアとは、「人間が携行できるような小型のデータ記憶媒体(装置)」⁽¹⁸⁾を表す。既に開発されたIDCとは、通常のデータキャリアに局所無線通信、情報処理等の機能を付加したものであり、局所領域内においてReader/Writerを用いて通信を行うことが可能となっている。ここで、図4はIDCユニットの外観を示している。また、図5はIDCの内部構造を示しており、CPU、メモリ、電源、通信部から構成されている。さらに、表1はIDCの仕様の詳細を示している。本論文においてはIDCの技術的解説が主題ではないので、その点は文献⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾等にゆずることとする。

IDCに移動ロボットの走行すべき方向に関する情報を記述・更新することによって、環境情報管理、作業状況管理を分散的に行うことが可能である。また、そのデータ形式はその用途により構成可能であり、固定されているものではない。ここで、本研究ではIDC内の基本的なデータ記述形式として、既に提案されている図6のデータフォーマットを採用した⁽¹⁷⁾。ここには下記のデータが記述されている。

- 絶対座標系を基本とする走行方向
- 走行方向の状態
- 情報を更新したロボットのID番号
- 走行方向に関する探索状況(探索済み, 探索中, 未探索)

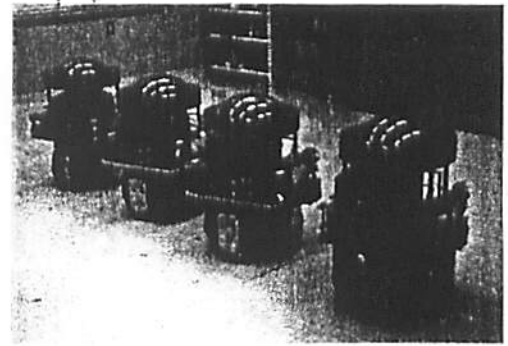


図7 全方向移動ロボット

Fig. 7. Omnidirectional Mobile Robots

このデータを管理することにより、未知環境における作業の場合でも近接するIDCにアクセスすることで環境情報が容易に入手可能になる。また、必要であれば情報の書き換え、書き足し等も行うことができる。これにより、他のエージェントとも情報を間接的に共有することが可能になり、あらかじめ全ての環境情報や作業状態を入手することが困難な場合においても、局所通信により情報を蓄積・獲得することができる。

〈2.3〉全方向移動ロボット: ZEN

ここで操作対象である全方向移動ロボットを(図7)に示す。このロボットは特殊な車輪と駆動メカニズムを持っている。この駆動方式は4つの車輪を3つのアクチュエータで駆動することで、全方向移動を実現している⁽¹⁴⁾。ロボット上には、前方の画像を取り込むためのCCDカメラ及び、姿勢角検出のためのジャイロセンサがそれぞれ1台ずつ搭載されている。ジャイロセンサは絶対座標系にそって初期化されているものであり、ロボットは絶対座標系における姿勢角を常に入手可能である。さらにロボットは外界センサとして赤外線センサ⁽¹⁹⁾と超音波センサを8個ずつ搭載している。一对の赤外線と超音波センサは一つのセンサユニットとして構成されており、各ユニットごとに駆動用として一つのマイクロ・プロセッサが割り付けられている。搭載OSはリアルタイムOSであるVxWorksを使用しており、IPアドレスを所有するネットワーク上の物理エージェントとなっている。ここで、ロボットはセンサ情報に基づく自律的移動機能を所有している。式(1)-(3)は、オペレータからの指令値とロボットの自律判断調整により決定される実際の指令を計算する関数を表している。

$$v_{comx} = v_{opx} - k(s)G(\|v_{opx}\|, l_s)p_s \dots\dots\dots (1)$$

$$v_{comy} = v_{opy} - k(s)G(\|v_{opy}\|, l_s)q_s \dots\dots\dots (2)$$

$$\omega_{com} = \omega_{op} \dots\dots\dots (3)$$

$$G(v, h) = \begin{cases} 0 & \dots & \alpha < h \\ \frac{v}{\alpha - \beta}(\alpha - h) & \dots & 0 \leq h \leq \alpha \end{cases} \dots (4)$$

ここで、

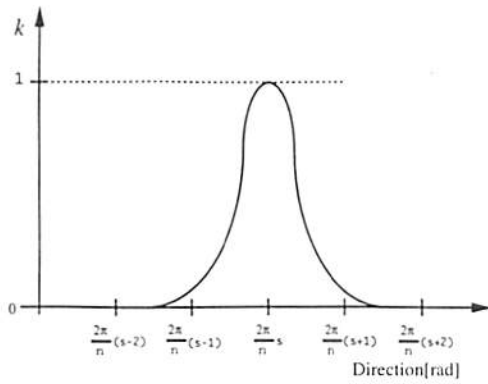


図8 センサに対するゲイン
Fig. 8. Gain for Sensor

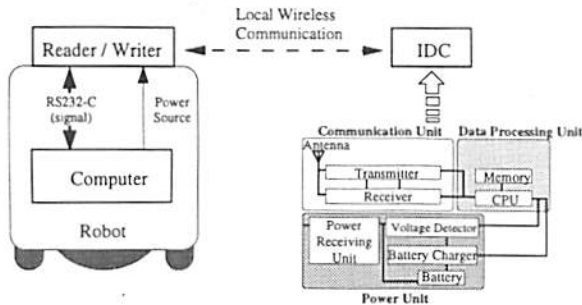


図9 ロボット- IDC 間の通信

Fig. 9. Communication between a Robot and an IDC

- v_{comx} : x 軸方向並進速度コマンド [m/sec]
- v_{comy} : y 軸方向並進速度コマンド [m/sec]
- ω_{com} : 旋回角方向の速度コマンド [rad/sec]
- v_{opx} : 指令 x 軸方向並進速度コマンド [m/sec]
- v_{opy} : 指令 y 軸方向並進速度コマンド [m/sec]
- ω_{op} : 指令旋回角方向速度コマンド [rad/sec]
- l_i : i センサのセンシング距離 [m]
- s : 最短距離を検出したセンサ番号
- p_i, q_i : センサ固有の x, y 軸方向の単位ベクトル
- α, β : しきい値 ($\alpha > \beta$)

とする。ここで i はロボットに搭載されたセンサを特定するための番号を示しており、ロボットに実装されている個数は 8 個である。 $G(\cdot, \cdot)$ は、 α を自然長とする非線形ばね特性を持つ関数であり、 α を境に押しには反発するが引きには無反応な特性を所有している。この関数により、センシング結果を指令値に対してどの方向にどの程度の影響を与えるかの基本が決定される。また、 $k(\cdot)$ はセンシング結果に対するゲインであり、ロボットの駆動コマンドに反映されるものである (図 8)。さらに、しきい値 α, β は局所的な調整の度合いを決める定数であり、任意に決定できるものである。具体的には、 α はセンサ情報の中から障害物に対する望ましい認識開始距離として選択され、 β は障害物に対しての望ましい最接近距離として選択される。また、

今回対象としたロボットは位置と姿勢を独立に決定できることから、姿勢角にはロボットの判断を盛り込まず、オペレータの指令値をそのまま反映した。これらの関数により、ロボットは障害物に近づいた際、それを回避するようオペレータからの指令値を調節する。このように、操作対象移動ロボットは自律的に局所センシング情報を用いることでオペレータからの指令と協調し、障害物回避を行う。このため前面画像情報のみという比較的少ないフィードバック情報だけであるにも関わらず、横方向や後ろ方向の障害物を自律的に回避しながら比較的容易に遠隔操作を実現できる⁽¹²⁾。通常、一定でない通信遅れによる指令値の未更新はロボット駆動に支障を与える可能性がある。実際、ロボット内では通信系と駆動系、センサ系が並列処理されているため未更新現象が起こり得る。しかしそのような場合においても、ここで設定した関数によりセンサ情報を用いて衝突回避は達成される。さらにいえば、通信エラーなどにより指令値が正確に伝達されていない場合においても十分に効果を発揮する。

〈2・4〉システムの統合について ここでは前述の各ユニットの統合について述べる。基本とするシステムは操作者の指令とロボットの局所自律判断を合わせたものである。ロボットは常に並列タスクとして障害物との距離のセンシングと IDC との通信が可能か否かの検索を行っており、IDC との通信可能範囲に入ると情報交換を開始する (図 9)。また、ロボットは自分の姿勢角をジャイロセンサから入手できることから、IDC からの走行方向情報と照らし合わせることで容易に現在の走行方向を前面とした際の各走行可能方向の状態を得ることができる。

一方、操作者に対する情報提示は基本操作システムにおいては画像のみとしていたが、ここでは IDC 情報も操作者に提示しなければならない。そこで、グラフィカル・インタフェースを導入することとする。図 10 は、IDC の情報を提示するインタフェースの例である。このインタフェース上には IDC 内に書き込まれている各走行方向の情報が提示されるものである。今回対象としている狭路通過を考えた場合、各走行方向の状態としては以下のものが考えられる。

- 進入可能。
- 未探索。
- 進入可能であるが探索済みで行き止まり。
- 進入不可能 (壁、障害物、etc)。

IDC から読み出した情報をもとにインタフェース上には、進入可能な方向及び未探索方向に進入可能であることを伝える矢印を提示することとする。また同様に、IDC との通信により壁や行き止まりであるといった情報が得られた方向には壁や STOP 印を提示することで操作者に進入不可能であることを提示する。このようなインタフェースを導入することで、IDC の情報を視認可能となる。

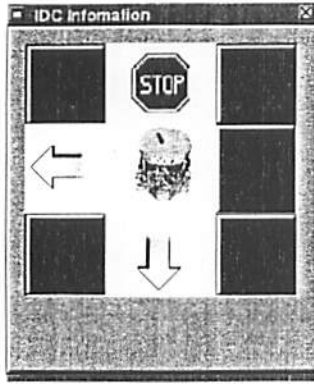


図 10 IDC 情報提示用インタフェースの例

Fig. 10. Displaying Directional Information stored in an IDC

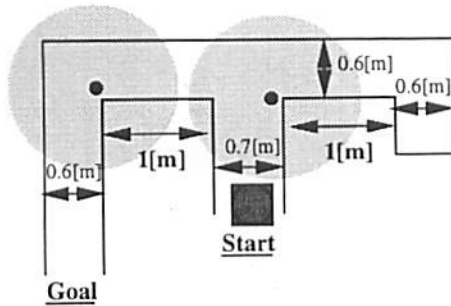


図 11 実験環境

Fig. 11. Experimental Environment

3. 実 験

次に提案するシステムを用いて実験を行った。ここで、実験に用いられた遠隔地の環境は図 11 に示されるものであり、全体のマップおよび IDC の場所は操作者に事前に知られていないものとする。各 IDC は図中の黒丸により示す場所に存在する。ここで図中の濃い灰色の四角は地図に対するロボットの大きさを示しており、IDC の通信範囲は、薄い灰色の円で示してある。ロボットの寸法は $0.45[m] \times 0.45[m]$ であり、IDC の通信範囲は半径 $0.8[m]$ である。ここでは、IDC には既に前述の形式で走行方向情報が書き込まれているものとし、読み出された情報は図 10 のようなインタフェースに提示され、操作者はその走行方向に関する情報を参照しながら狭路通過を試みる。本実験は著者らの研究室のネットワーク環境上で行われており、実験中に他のユーザー等にネットワークの使用制限を特に設けていない。本実験中におけるオペレーターロボット間の通信遅れは、最大 $138.2[msec]$ 、最小 $42.4[msec]$ 、平均 $69.8[msec]$ であった。ここで、実験結果を各イベント毎にまとめたものを図 13 から図 20 に示す。また、各イベントのマップ上の位置については図 12 上にイベント番号により示した。

まず、操作者はロボットをスタート位置より進路方向に遠隔操作して移動させ、ロボット上の CCD カメラからの画像 (図 13) により最初の IDC を確認した。次に操作者は、

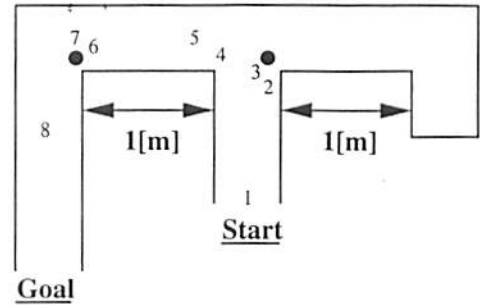


図 12 各イベントの発生位置

Fig. 12. Event Positions at Environment

図 13 の画像を得たことで IDC に近づいて情報を得るためにジョイスティックでロボットを移動させる。この間、ロボットはセンサを用いて壁との距離を検出することで自律的に衝突を回避している。ロボットが IDC の通信圏内まで近づくと、自動的に IDC からデータを読み出す (図 14)。図 15 の左上部に提示されているウィンドウは IDC の通信範囲内であることを示すものである。また、IDC からの情報読み出し中はインタフェース上の別のウィンドウに読み出し中であることを示すメッセージが提示される。ここで読み出された走行方向情報は操作者用のインタフェース上に図 15 のように提示される。ここでは、最初の通路が T 字路であり右折方向は行き止まり、左折方向とロボットの進入して来た方向に進入可能であることが確認できる。操作者はこの提示された情報をもとに進入方向を決定することができ、この場合は左折を選択した。次に、IDC からの情報をもとに左折し (図 16)、次の IDC をロボット上の CCD カメラにより確認した (図 17)。操作者は再びジョイスティックを用いて、ロボットとの協調により壁との衝突回避を行いながら IDC の通信圏内まで近づく。同様にこの IDC との通信を試み (図 18)、図 19 のような走行方向情報を得た。ここでは、左折方向とロボットの進入して来た方向にのみ進入可能であることが確認できる。次にインタフェースの情報 (図 19) に基づいて、左折方向に向かって操作することでゴールへと到達した (図 20)。以上により、IDC に記述された局所情報を用いることで地図を与えられていない遠隔地における移動ロボットの遠隔操作による狭路通過が実現された。

4. ま と め

本論においては知的データキャリアを導入した移動ロボット遠隔操作システムの構築を行った。冒頭で述べたとおり、ネットワークを用いた遠隔作業やサービスは今後注目を浴びる分野であると考えられる。本研究では、ネットワーク経由による移動ロボットの遠隔操作システムにおけるオペレータ依存の情報処理や情報伝達時間遅れの問題を解決するために、知的データキャリア (IDC) を利用した自律的遠隔操作システムを構築した。ここで構築したシステムでは、



図 13 ステップ 1. IDC の確認

Fig.13. Step1: Recognition of an IDC through the CCD Camera

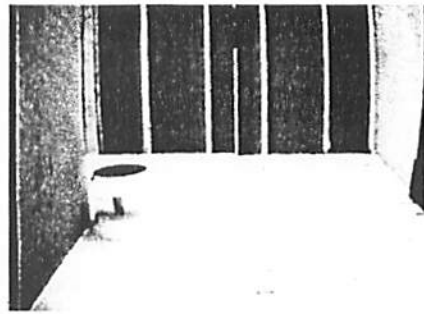


図 17 ステップ 5. 次の IDC の確認

Fig.17. Step5: Recognition of Another IDC through the CCD Camera

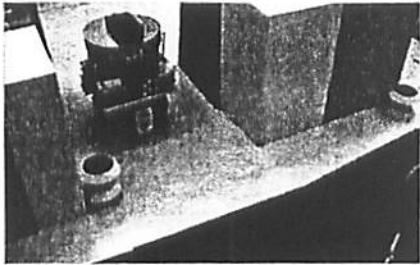


図 14 ステップ 2. IDC とデータ通信

Fig.14. Step2: Communication with the IDC

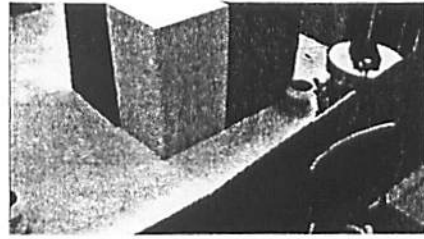


図 18 ステップ 6. IDC とデータ通信

Fig.18. Step6: Communication with the IDC

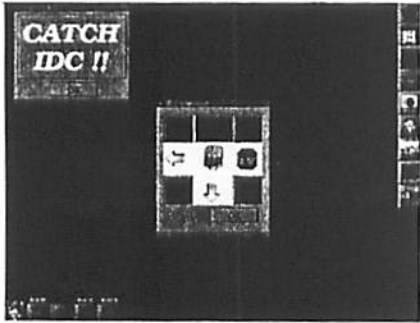


図 15 ステップ 3. 走行方向情報提示インタフェース

Fig.15. Step3: Presentation of the IDC Data

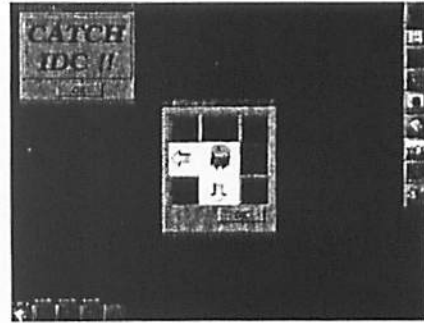


図 19 ステップ 7. 走行方向情報提示インタフェース

Fig.19. Step7: Presentation of the IDC Data

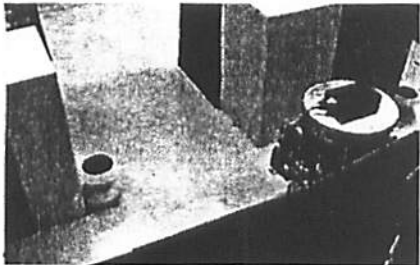


図 16 ステップ 4. 走行方向情報に基づく移動

Fig.16. Step4: Moving based on Information

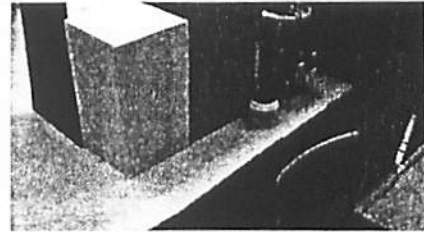


図 20 ステップ 8. ゴール到達

Fig.20. Step8: Arriving to the Goal

情報獲得を局所的に行い、情報面において人間・機械（ロボット）・環境の協調を実現している。このことから、実用的なネットワーク経由遠隔操作の基本システムとして十分な効果が期待される。本論文では実際のシステムを構築し、

実験を行うことによりシステムの有効性を確認した。今回は狭路通過のような比較的簡単な作業であったが、今後はより高度な作業に応用していく。

（平成 10 年 3 月 23 日受付，同 10 年 7 月 15 日再受付）

文 献

- (1) 藤井, 石田, 黒田, 國井, 菅野, 橋本: "インターネットにおける物理メディアとしてのロボットシステム", 第15回日本ロボット学会学術講演会予稿集, No.3, pp823-824, 1997.
- (2) 比留川: "ネットワークロボティクス", 第15回日本ロボット学会学術講演会予稿集, No.3, pp807-810, 1997
- (3) 國井, 李, 大橋, 安藤, 中井, 橋本: "Robotic Network System-物理エージェントとしてのロボット-", 第15回日本ロボット学会学術講演会予稿集, No.3, pp827-828, 1997.
- (4) 國井, 橋本: "Robotic Network Systemにおける作業教示と協調", ロボティクス・メカトロニクス'97 講演会講演論文集, Vol.A, pp587-588, 1997.
- (5) R. C. Luo, T. M. Chen: "Remote Supervisory Control of Sensor Based Mobile Robot via Internet", *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Vol.2, pp1163-1168, 1997.
- (6) 比留川, 原, 松井, 平井, 小中, 河村: "ワールドワイドロボティクスの提案-その1: VRMLを用いたオフライン遠隔操作システム", 第2回ロボティクスシンポジウム講演論文集, pp108-113, 1997.
- (7) H. Hirukawa, T. Matsui, S. Hirai, K. Konaka, Susumu Kawamura: "A Prototype of Standard Teleoperation Systems on an Enhanced VRML", *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Vol.2, pp1801-1806, 1997.
- (8) K. Taylor: "Issues in Internet Telerobotics", *Proceedings of the International Conference on Field and Service Robotics*, pp151-157, 1997.
- (9) E. Freund, J. Roßmann: "The Projective Virtual Reality Approach to Smart Man-Machine Interfaces", *Proceedings of the International Conference on Field and Service Robotics*, pp165-172, 1997.
- (10) T. Suzuki, T. Fujii, H. Asama, K. Yokota, H. Kaetsu, N. Mitomo, I. Endo: "Cooperation between a Human Operator and Multiple Robots for Maintenance Tasks at a Distance", *Distributed Autonomous Robotic Systems 2*, Springer-Verlag, 50-59, 1996.
- (11) T. Suzuki, T. Fujii, K. Yokota, H. Asama, H. Kaetsu, I. Endo: "Teleoperation of Multiple Robots thorough the Internet", *Proceedings of 5th IEEE International Workshop on Robot and Human Communication(ROMAN'96)*, 84-89, 1996.
- (12) K. Kawabata, T. Ishikawa, T. Fujii, T. Noguchi, H. Asama, I. Endo: "Teleoperation of Autonomous Mobile Robot under Limited Feedback Information", *Proceedings of the International Conference on Field and Service Robotics (FSR'97)*, pp158-164, 1997.
- (13) 川端, 新井, 鈴木, 高橋, 藤井, 浅間, 遠藤: "全方向移動ロボットの直接的遠隔操作", 第15回日本ロボット学会学術講演会予稿集, No.3, pp831-832, 1997.
- (14) H. Asama, M. Sato, L. Bogoni, H. Kaetsu, I. Endo: "Development of an Omni-Directional Mobile Robot with 3 DOF Decoupling Drive Mechanism", *Proceedings of International Conference on Robotics and Automation*, Vol.2, 1925-1930, 1995.
- (15) 藤田, 浅間, ヌーマース, 琴坂, 宮尾, 嘉悦, 遠藤: "群ロボットののための知的データキャリアの開発(第1報)-データキャリアの設計と試作-", 1995年度精密工学会秋期大会学術講演会予稿集, pp491-492, 1995.
- (16) 藤田, 浅間, 藤井, 琴坂, 嘉悦, 松元, 遠藤: "群ロボットののための知的データキャリアの開発(第3報)-インテリジェントデータキャリアを用いたナビゲーション手法-", ロボティクス・メカトロニクス講演会'96, Vol.B, pp1191-1194, 1996.
- (17) 藤田, 浅間, 藤井, 嘉悦, 松元, 遠藤: "群ロボットののための知的データキャリアの開発(第4報)-実ロボットへのIDC搭載と動作実験-", 自律分散システム, シンポジウム講演予稿集, pp5-8, 1996.
- (18) 竹田: "データキャリア1", 日本工業新聞社, 1991.
- (19) 鈴木, 新井, 琴坂, 浅間, 嘉悦, 遠藤: "マルチ移動ロボット環境における衝突回避のための局所的な通信を利用したセンサシステムの開発", 日本機械学会論文集C編, Vol.62, No.602, pp3752-3758, 1996.

川端 邦明 (正員) 1970年2月3日生。1992年法政大学工学部電気工学科電気電子工学専攻卒業。1994年同大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。1997年法政大学大学院工学研究科電気工学専攻後期博士課程修了。博士(工学)。現在、理化学研究所基礎科学特別研究員として生化学システム研究室勤務。自律分散ロボットシステム、ロボットの遠隔操作技術に関する研究に従事。IEEE, 電気学会, 日本ロボット学会等の会員。



石川 達也 (非会員) 1976年3月5日生。1998年東洋大学工学部情報工学科卒業。現在、同大学工学研究科電気工学専攻博士前期課程在籍。自律移動ロボットおよびインターフェイスの研究に従事。日本ロボット学会の学生会員。



浅間 一 (正員) 1959年1月18日生。1984年東京大学大学院工学系研究科機械工学修士課程修了。1986年理化学研究所化学工学研究室研究員補。生化学システム研究室研究員を経て、現在研究基盤技術部先任研究員。工学博士。自律分散型ロボットシステム、複数移動ロボットの協調に関する研究に従事。IEEE, ニューヨーク科学アカデミー, 日本機械学会, 精密工学会, 日本ロボット学会等の会員。



嘉悦 早人 (非会員) 1948年10月30日生。1971年東京理科大学中退。1971年理化学研究所同位体元素研究室勤務。1981年同化学工学研究室へ移籍。同位体分離の研究, 分散型ロボットシステムの研究に従事。現在, 先任技師として理化学研究所生化学システム研究室に在籍。日本原子力学会, 日本機械学会, 精密工学会の会員。



遠藤 勲 (非会員) 1940年8月14日生。1970年東京大学工学研究科博士課程終了。理化学研究所化学工学研究室勤務。現在, 同主任研究員。1989年より埼玉大学理工学研究科客員教授兼任。生物工学, 特にバイオプロセスエンジニアリングに関する研究に従事。1978年化学工学協会論文賞受賞。1994年ヘルシンキ工科大学名誉工学博士。ニューヨーク科学アカデミー, アメリカ化学工学会, アメリカ化学会, 化学工学会等の会員。

