

— 臨場感を有する遠隔制御移動ロボット —

機械技術研究所  
徳島県工業試験場  
ナンヤン工科大学

○ 館 藤, 荒井裕彦  
森本 巖  
G.G.L.シート

Study on Tele-existence (VII)  
— Mobile Tele-Robot System with Sensation of Presence —

Mechanical Engineering Laboratory  
Tokushima Industrial Research Institute  
Nanyang Technological Institute

Susumu Tachi, Hirohiko Arai  
Iwao Morimoto  
Gerald G.L. Seet

Abstract: A method is proposed to realize a mobile tele-existence system. A test hardware is made and the feasibility of the method is evaluated. The efficacy of the system is evaluated by navigation experiments of the tele-robot through the obstructed space.

**1. はじめに** 理想的な人間・ロボットシステムでは、人間の分身とも言うべきロボットが、その人の代りに仕事を行い、それでいてその状況を人が手にとるように分かる。必要な時には、そのロボットに代って自分でその仕事を直接行っているような高度の臨場感を持ちながら遠隔制御ができる。このような自分の分身のロボットを巧みに遠隔制御することを目的とした制御技術、すなわちレイグジスタンス（遠隔臨場制御）の研究を行っている。現在までに、レイグジスタンスの概念設計を行い、感覚のうち特に重要な視覚について、遠隔の3次元情報を歪なく正確にオペレータに提示する方法を提案し、その有効性を試作装置により心理物理学的手法を用いて定量的に実証した<sup>1,2)</sup>。また、視覚情報提示系設計の具体的な方法を明確に示した<sup>3)</sup>。本報告では、臨場視覚システムを移動ロボットに搭載して移動テ

レイグジスタンスシステムを構成する。それを種々のモードで遠隔から移動制御することにより移動レイグジスタンスシステムを評価し、最適なシステム設計法の確立をめざす。

**2. 試作実験システム** Fig.1 に試作した移動レイグジスタンスの実験システムを示す。移動ロボット (Fig.2) は搭載したマイクロプロセッサにより管理制御される3輪型移動車で、視線方向が水平に制御できる二台のカラーテレビカメラを有する。このロボットの視聴覚系は人間のディメンションに合わせてあり、カメラの捉えた二つのテレビ画面は、二系統のUHFチャンネルを介して遠隔の管制室に送られる。その画面が、操作者の頭に固定した立体映像装置<sup>3)</sup>を通して、左右の目で別々に観察される。この提示装置は人間の視覚特性に基づいて設計されているため、両眼の画像の融合が自然に生じ、操作

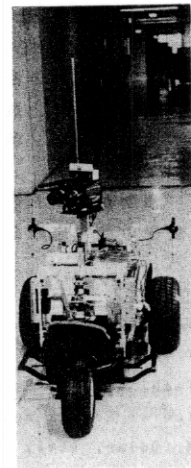
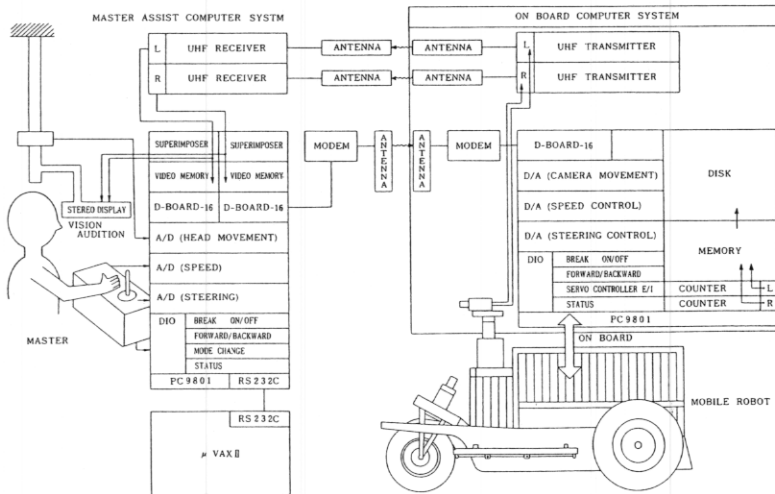


Fig.1 The mobile tele-existence system.

Fig.2 General view of the mobile robot.

者の目の前に、ロボットの視野がカラー立体映像として広がる。音についても同様である。操作者は、この臨場感を有する立体映像を見ながら、また立体音響を聞きながら、手元のジョイスティックで移動ロボットの発信・加速・操舵の指示を行う。また操作者が必要に応じ、頭を左右に振ると、ロボットに搭載されたテレビカメラの視線が同一方向に向くように制御される。これらは、すべて無線のモデムを介して立体提示装置側のマイクロプロセッサ( $\mu$ VAX II; PC9801)及びロボットに搭載されたマイクロプロセッサ(PC9801)により行われる。走行中の左右の両後輪の回転はエンコーダとカウンタで測定され、車載のコンピュータのメモリに記憶され、その積算によりロボットの位置と姿勢が推定される。

**3. 評価実験** 本提示系の有効性を定量的に評価し、最適な提示モードや操縦モードを決定することを目的として、障害物を回避し目的地までロボットをナビゲーションする屋外実験を行った。Fig. 3に提示及び操縦の三つのモードを示す。独立モードでは、操舵角とカメラの視線が独立に制御される。操舵追従モードでは、カメラの視線は操舵の方向と一致し、前方固定モードでは操舵と無関係に常に前方を見る。Fig. 4にナビゲーション実験のコースを示す。Fig. 5はカメラ視線角度、操舵角、左右両輪の計測例であり、Fig. 6は推定した軌道である。

**4. 結果** 移動トレイグジスタンスシステムを提案し、その有効性を試作ハードウェアを用いたナビゲーション実験により定量的に評価した。研究所の構内の外周路を利用した走行試験の結果、障害物の構内の外周路を利用した走行試験の結果、障害物のある通路も、自分で車を運転しているのに類似した感覚で通過できることが確認された。また、従来の平面的なスクリーンによる提示との比較の結果、トレイグジスタンスの方法による提示の優位性が、目的地に到着するまでの必要時間や、障害物への接触の有無、走行軌跡の滑らかさ等の比較から定量的に示された。さらに、最適な提示法と操縦法を求めるための比較実験が三種の操縦モードについてなされた。

**謝辞** 移動ロボットの試作に御協力いただいたヤマハ発動機の鈴木忠雄氏、細井幸治氏に厚く御礼申し上げます。

**参考文献**

- 1) 館ら, 第21回SICE学術講演会予稿集, 167/168 (1982)
- 2) S.Tachi et al., Proc. 5th Symp. Theory and Practice of Robots and Manipulators CISM-IFTOMM, Udine, Italy, June (1984)
- 3) S.Tachi and H.Arai, Proc.'85 Int. Conf. Advanced Robotics, Tokyo, September (1985)

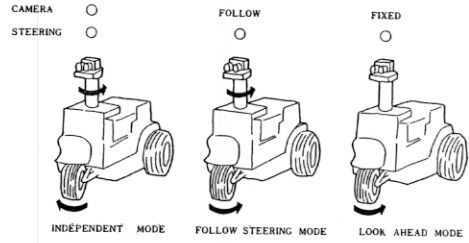


Fig. 3 Three control modes of the navigation.

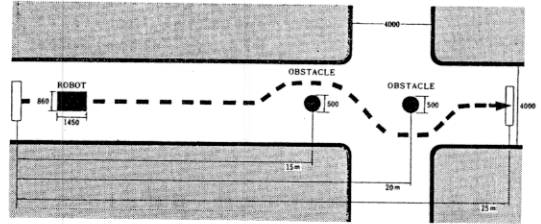


Fig. 4 Schematic representation of the course.

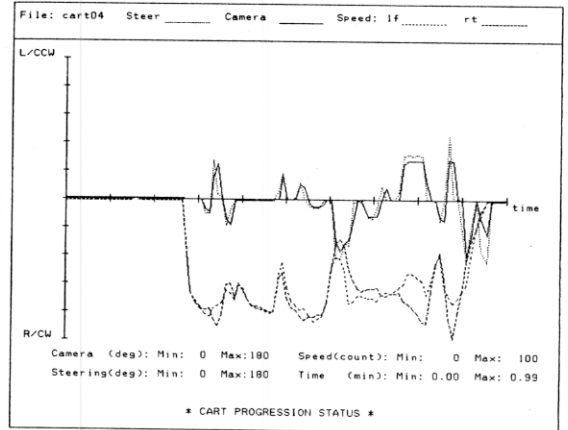


Fig. 5 Recorded data (Follow Steering Mode).

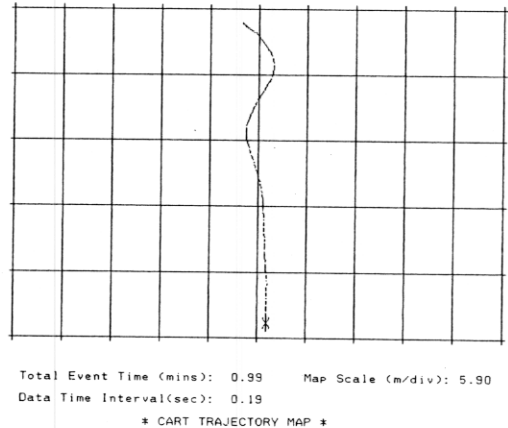


Fig. 6 Estimated trajectory.