

平成21年 6 月 4日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19760161

研究課題名 (和文) 人間志向な視線感による環境把握メカニズムの解明

研究課題名 (英文) Clarification of environment understanding mechanism by human oriented eye-sight feeling

研究代表者

城間 直司 (SHIROMA NAOJI)

茨城大学・工学部・准教授

研究者番号：90312826

研究成果の概要：本研究では、人間の身体性の一部である視点や視線の動きの重要性に特に着目し、人間志向な視線感による環境把握メカニズムの解明を目指し、環境の平面投影像としての移動ロボット搭載カメラ画像、環境設置カメラ画像およびそれらのカメラにより過去に撮像・記憶された画像をもとに人間志向な視線操作システムの開発および検証を行った。開発したシステムでは、得られる全ての画像情報を利用することでロボットが持つ物理的な拘束を受けずにより俊敏に意図する視線方向の画像を得て環境把握が可能であり提案環境把握モデルの有効性が確認できた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	0	2,100,000
2008年度	1,560,000	360,000	1,920,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,660,000	360,000	4,020,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：ユーザインターフェース, 知能機械, 制御工学, リモートセンシング, バーチャルリアリティ

1. 研究開始当初の背景

人間は外界の情報の約 80 パーセントを視覚により得ている。視覚は、現在の周囲環境の情報をリアルタイムに取得するものであるが、その取得した情報をもとに人間の脳内に構築される環境モデルを蓄積することにより、よく慣れた環境であれば目を閉じた状態でも脳内環境モデルをもとに（脳内モデルを頭の中で視認することにより）リアルタイ

ムな視覚を用いずとも移動することも可能である。また、未知の新しい環境においても人間は瞬時にこれまでの経験や知識をもとに脳内に環境モデルを構築し、その把握をすることができる。脳内の環境モデルは、人間の身体モデルや操作対象（車やロボット）モデルも含んでおり、人間が訓練により操作対象をうまく操れるようになるのは、操作対象も含んだ環境モデルを構築するからと考え

る。

申請者は、これまでに操作オペレータへの提示画像の違いによる操作性の違いに着目し、遠隔操作を容易とするような提示画像の検証実験を行い、そこより得られたロボットを俯瞰的に見る画像という知見を実ロボットに適用しその操作性向上を図ってきた。これはロボットの状態やその周囲状況をわかり易くするものであるが、環境の把握の向上とは違うように思われた。また、同様な俯瞰画像をソフトウェア的に実現する手法の提案およびシステムの実現を図ってきた。このシステムにおいての俯瞰画像の視点や視線の移動や切り替えによる操作感の違いおよび実際の人間がその場において環境を把握することとの違いを実感してきた。人間は、網膜への環境平面投影像を見、脳内に環境モデルを構築するが、モデル構築および環境把握には人間の視点や視線の動きなどの人間自身の身体性も大きくかかわってくると思われる。人間の環境把握モデルを環境の脳内モデル、環境の平面投影像、人間の身体性の3要素から成っているという仮説のもとに、この3要素がうまく絡み合うことで環境把握が可能であると考えにいたった。人間に重力加速度の感覚を与えたり、没入型のディスプレイを利用したりして、人間に遠隔地にいる感覚を与えたりする研究が存在するが、ここでは視覚の影響、特にその視点や視線の動きに着目しているものである。また、レイグジスタンスなどでは、遠隔地に存在するロボットを介して人間があたかもその遠隔地にいるようにその視点や視線の動きを実現しているものもあるが、その場合でも、その視線や視点の動きは、ロボットの移動機構に制限されたものであり、実際の人間の動きとは違うものとなっている。

そこで本研究では、人間の環境把握モデルで、特に人間の身体性の一部である視点や視線の動きの重要性に着目し、人間志向な視線感による環境把握メカニズムの解明を行う。このメカニズム解明は、ロボット技術およびコンピュータビジョン技術をもとに環境把握モデルを実現するシステムを作成し、そのシステムを用いた検証実験により行う。

2. 研究の目的

環境の脳内モデル、環境の平面投影像、人間の身体性の3要素から成ったとした人間の環境把握モデルで、特に人間の身体性の一部である視点や視線の動きの重要性に着目し、人間志向な視線感による環境把握メカニズムの解明を行うことを目的とする。検

証システムは、以下の2つを実現しているものである。

A. 身体性を考慮した視点・視線の動き
B. 超身体性を考慮した視点・視線の動き
人間は、脳内に構築した環境モデル内を無限の速度でその視点や視線を動かすことが可能である。B.の超身体性はこのことを示しており、脳内環境モデルに矛盾するものでなければ人間の身体に拘束されることなく自由な速度・方向へ視点・視線を動かすことが可能であるとしているものである。本研究では、これらA, Bを実現している人間の環境把握モデルを体現するシステムを構築し、構築システムにより人間の環境把握の向上を図ることが可能であるかの検証実験を行い、提案環境把握モデルの有効性を示す。

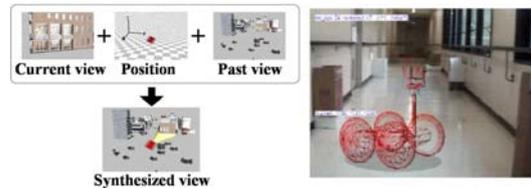


図1 過去画像履歴とその撮像位置情報より現在ロボットを俯瞰する画像複合技術

3. 研究の方法

本研究は、これまでに申請者が行ってきた研究により培ってきたいくつかの技術およびそれらの融合と発展により遂行する。本研究に関連する技術で中心的なものは、“過去画像履歴をその撮像位置情報とともに時空間情報として保存し、それを利用した俯瞰視点画像複合技術”である。

図1は、この俯瞰視点複合画像の生成の概念図である。図1左図は、画像複合のアイデアを表しているものであり、過去に撮像した画像を背景画像として、その地点より現在ロボットを眺めたときのロボットモデルと複合することにより左図下段の俯瞰視点複合画像の生成を行う。図1右図は、実際にこの技術により生成した俯瞰視点画像である。

本研究で実証実験用に開発するシステムの概念図を図2に示す。環境中には、固定カメラおよびカメラ搭載移動ロボットが存在し、それらから送られてくる画像は撮像位置情報とともに時空間情報として保存される。オペレータは、ロボットを直接操作するのではなく、環境把握をするのに環境中にある仮想的なカメラの操作を行う。仮想的なカメラの位置に物理的なカメラが存在しない場合は、画像位置時空間情報を利用して、希望の視点・視線



図2 全体システム概念図

の画像を生成する。これは、移動ロボットの移動機構に依存せずに、任意に視点・視線を動かすことができるシステムであり、人間の身体性にあったように視点・視線を動かすことが可能である（身体性を考慮した視点・視線の動き）。また、環境の時空間情報および環境の形状モデルなどにより、その視点・視線を脳内モデルに矛盾しないように無限に高速に動かすことも可能である（超身体性を考慮した視点・視線の動き）。

本研究課題では、移動ロボット搭載カメラ画像、環境設置固定カメラ画像およびそれらのカメラにより過去に撮像・記憶された画像をもとに人間志向な視線操作を行うがそれらは、離散的な環境画像情報である。そのため本研究課題においては、その離散的な環境画像間の画像補完を行う任意視点内挿画像生成技術の開発を行い、本開発システムの適用範囲の拡張を目指す。また、画像補完による開発システムの適用範囲の拡張以外に、通常のカメラ画像よりもより広視野のカメラ画像を取得できるようにすることにより本開発システムの適用範囲の拡張を目指し、複数カメラ画像の統合により広視野画像取得技術を開発する。そして、意図しない外界からの外乱は、意図しないつまり脳内環境モデルとそぐわない視点・視線の動きを誘発してしまうが、提示する画像は、意図および脳内環境モデルに即したものとなるように安定化されているほうが望ましい。そこで広視野の取得画像を人間にとって受け入れやすいものとするために安定化させる広視野画像安定化技術の開発を行う。

4. 研究成果

人間志向な視線感による環境把握メカニズムの解明を行う検証システムとして、“A. 身体性を考慮した視点・視線の動き”、“B.

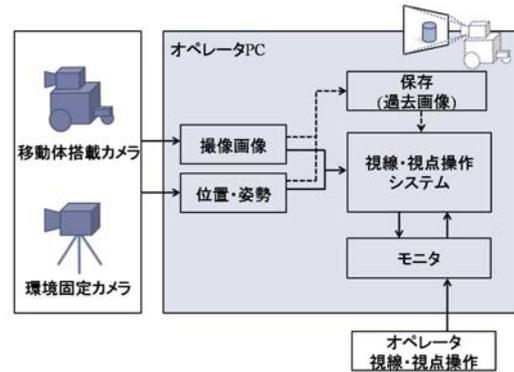


図3 処理概要

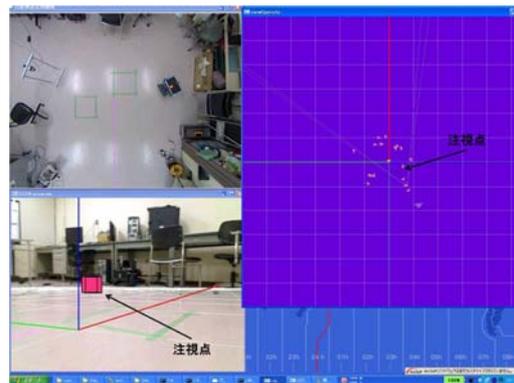


図4 右下のセルを選択した場合の視線自動選択例

超身体性を考慮した視点・視線の動き” を実現するシステムを開発した。時空間に存在するカメラから様々な画像情報を取得し、オペレータが見たい視線、視点操作し、操作時のストレスや違和感をオペレータに与えない、状況を喪失させないための視線・視点からの画像提示を行う。視線・視点操作を行う処理概要（図3）は以下のとおりである。

- 1) 環境固定カメラの位置姿勢を予め取得
- 2) 環境固定カメラの撮像画像を取得し、オペレータPCへ送信
- 3) 移動体搭載カメラからの撮像画像とその位置姿勢を取得し、オペレータPCへ送信
- 4) 2), 3) の画像情報は、状況に応じて過去画像情報として保存
- 5) オペレータが視線・視点を操作
- 6) 視線・視点操作システムから最適な視線または視点位置・姿勢からの画像を提示
- 7) 5) に戻り視線・視点操作の処理を繰り返す
- 8) 常時または必要があれば2), または3) に戻り新規の撮像画像情報を取得

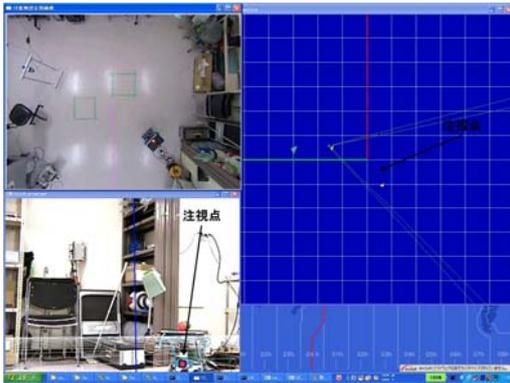


図 5 左上から右下へマウスドラッグした場合の視線自動選択例



図 6 注視点をジョイスティックにより移動させた場合の視線自動選択例。各画像中の立方体が注視点であり、この注視点を中心に捉える画像が自動的に選択されている。

環境中で見たい場所を注視点、その注視点を見る方向を視線とすると、視線・視点操作は、注視点の選択と視線の選択より構成される。注視点の選択・操作は、ジョイスティックにより行い、選択した注視点に対する視線の選択は、視点セルを指定することによる自動選択、マウスドラッグによる視線の自動選択、注視点を中心に表示する自動選択、の三種類の方法で実現した。

図4は、環境を四つのセルに分割し、セルを選択することで視線自動選択を行った例を表している。図中左上図が上方から環境を撮像した画像、左下図が自動選択により選ばれた画像で、その中の立方体が注視点である。図中右図は、視点選択用のGUIであり、このGUI

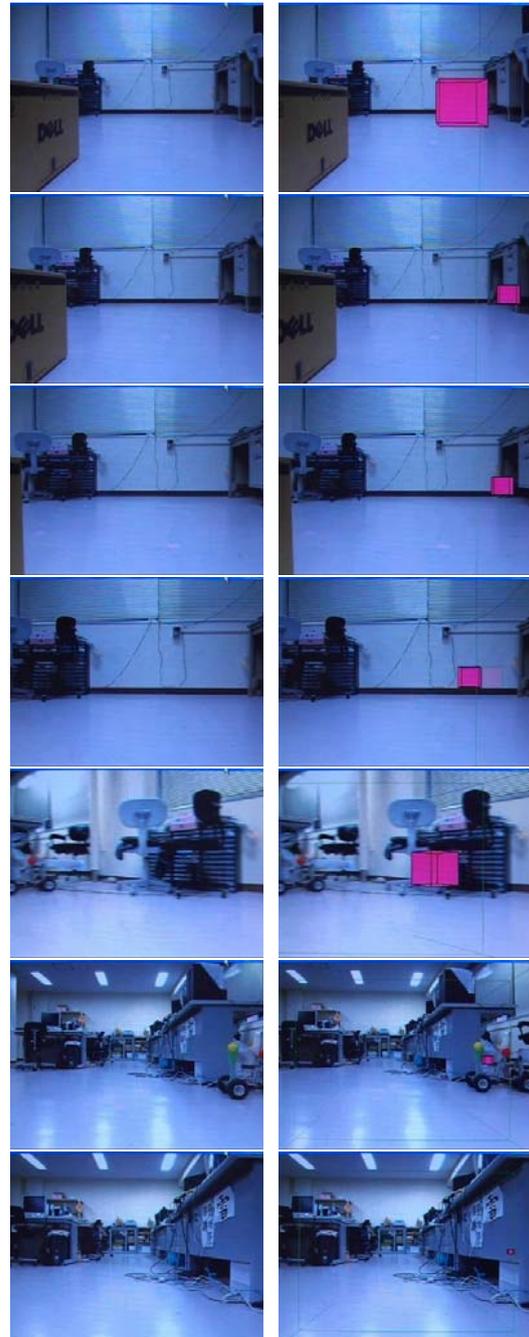


図 7 L字型経路移動時の環境画像。

左列：移動ロボット搭載カメラより取得および提示される画像列。右列：本システムにより得られた注視点操作による提示画像列。

上で右下のセルを選択することにより、右下の方向から注視点を見る画像が自動で選択される。図5は、マウスドラッグによる視線自動選択を行った例を表している。各図の配置は、図4と同様である。図中右図のGUI上でマウスドラッグすることでそのドラッグ方向を視線方向として注視点を見る画像が自動で選択

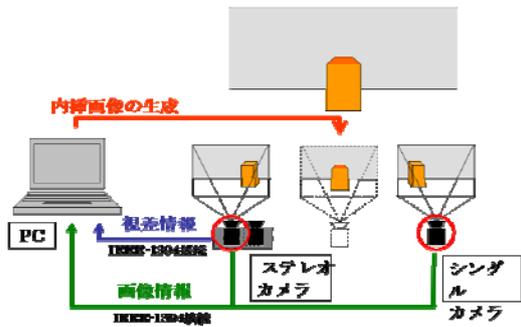


図 8 任意視点内挿画像生成システム概要

される。図6は、注視点をジョイスティックにより移動させた場合の視線自動選択例を表している。各画像中の立方体が注視点であり、この注視点を中心に捉える画像が自動的に選択されている。図7は、全長4mのL字型の経路を、実移動ロボットを走行させて環境画像を取得して提示する場合（左列図）と、ロボットを移動させるのではなく、本開発システムにより時空間的に保存された同一環境画像内で注視点を移動させることにより環境画像を提示する場合（右列図）の比較を表している。注視点操作の場合は、ロボットが有するような物理的拘束を有さないため、より早いスピードで環境画像の提示が行え（超身体性を考慮した視点・視線の動き）、実時間画像ではないもののオペレータの視線・視点からの画像をスムーズに提示可能であり、身体性および超身体性を考慮した視点・視線の動きを表現できる開発システムにより提案環境把握モデルの有効性が確認できた。

離散的な環境画像間の画像補完を行う開発した任意視点内挿画像生成技術のシステムの

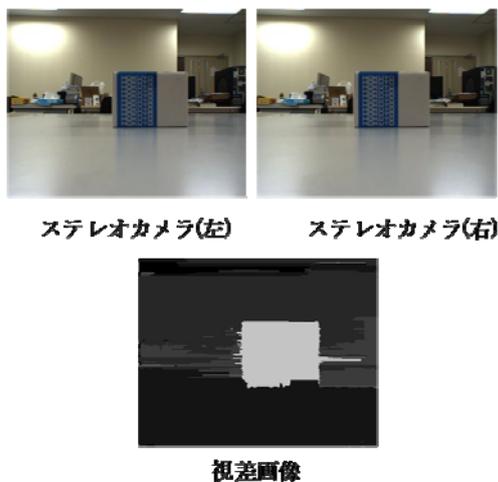


図 9 ステレオカメラからの左右の画像とその視差画像

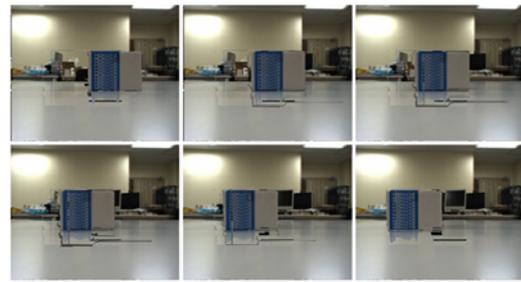


図 10 生成内挿画像



図 11 四つの魚眼レンズ付きカメラを統合したカメラユニット。

概要を図8に示す。図中のステレオカメラにおいて視差画像を生成することにより、画像中での前景と背景を分離し、その情報をもとに、円で囲まれた左側のカメラと右側のカメラとの間の内挿画像を生成するシステムを開発した。図9にステレオカメラからの左右の画像とその視差画像を示す。この視差画像をもとに画像中の前景と背景の分離を行う。生成内挿画像例を図10に示す。図10中左から右、上段から下段へと進むに従って、カメラが左から右へと移動していったときに得られるであろう内挿画像が生成されている。これらの内挿画像は、前景と背景とを視差画像をもとに分離し、別々に内挿画像を生成し、それらを複合したものである。ここで左右間の対応点は手動により与えている。分離した前景と背景の位置関係がカメラの移動とともに変わっていている（視差に対応）のが確認できる。

複数カメラ画像の統合による広視野画像取得およびその画像の安定化においては、広視野の安定化画像を得るために、4台のカメラ画像を複合した広視野安定化画像カメラシステムの開発（図11）を行った。図12に示すように、4台のカメラからの画像を同一球面に写像することにより統合することで、仮想的なひとつの画像として扱うことができ、また、センサにより検知した画像の揺れを補償するように画像を写像した球面を回転させることに

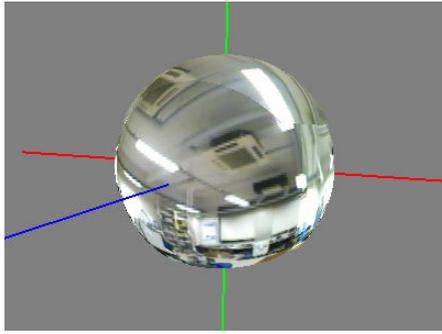


図 12 複数画像の球面投影



図 13 全方位安定化画像例. 左列：
原画像，右列：安定化画像。

より，広視野画像の安定化を図っている．図 13は，全方位画像安定化の例を示している．
図中左列が原画像，右列が安定化画像である．
原画像は，揺れているが，安定化画像ではその揺れが抑えられているのがわかる．広視野画像を利用できることにより，画像の安定化領域が格段に増大し，また，機械的にカメラを動かす必要性も減るのでシステムの応答性が増すことができる．また，これまでのシステムでの解像度が低い生成安定化画像をより環境認識性能がよい高解像度な画像を生成できるシステムへと改良を行った．

本研究の成果・知見は，人間自身の視線感で情報収集を可能とする意義のあるものであり，実身体が存在しない場所での人間の環境把握および情報収集活動がより迅速にリ

アリティのあるものとして実現することができ，災害現場等での情報収集活動への適用等が期待できる．

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 4 件)

- ① Naoji SHIROMA, Jun'ichi KOBAYASHI and Eiei Oyama, Compact Image Stabilization System for Small-sized Humanoid, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2008), 2009 年 2 月 23 日, タイ バンコク
- ② Masataka Ito, Noritaka Sato, Maki Sugimoto, Naoji Shiroma, Masahiko Inami and Fumitoshi Matsuno, A Teleoperation Interface using Past Images for Outdoor Environment, SICE Annual Conference 2008, 2008 年 8 月 22 日, 電気通信大学
- ③ 伊藤 誠崇, 佐藤 徳孝, 杉本 麻樹, 茨城大 城間 直司, 電通大 稲見 昌彦, 松野 文俊, 屋外環境における過去画像履歴を用いた遠隔操作システムの開発, 計測自動制御学会 (SICE) システムインテグレーション部門講演会, 2007 年 12 月 22 日, 広島大学
- ④ Ryo Miyauchi, Naoji Shiroma and Fumitoshi Matsuno, Development of Omni-directional Image Stabilization System using Camera Posture Information, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2007), 2007 年 12 月 17 日, 中国海南島

[その他]

- ① 清水元喜, 時空間情報を用いた視点・視線操作に関する研究, 平成 20 年度茨城大学修士学位論文
- ② 木内弘樹, 任意視点画像の生成に関する研究, 平成 19 年度茨城大学卒業論文

6. 研究組織

(1) 研究代表者

城間 直司 (SHIROMA NAOJI)

茨城大学・工学部・准教授

研究者番号：90312826

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし