

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 岩本 和世

本論文は「視線追従型広視野高解像度映像提示システムの研究」と題し、7章からなる。ロボットの遠隔操作作業において視覚情報は極めて重要であり、広視野で高精細の提示システムが求められている。しかし、広視野で高精細であると情報転送が大容量となり通信が困難となって、どちらか一方を犠牲とせざるを得ない。本研究は、広視野画面に人間の視線に追従して、視線の中心部に狭視野高精細の画面を重ねることにより、広視野高解像度を実現するシステムを提案し、その設計のために必要な人間の視覚特性を明らかにして、一般的な視線追従映像提示システムの設計法を明確にしている。さらに NTSC 方式を用いても通信容量を大幅に増やすことなく広視野で高解像度なディスプレイが構成できることを示すことにより応用への道を拓いている。

第1章「緒論」は緒言で、ロボットの遠隔操作における広視野高解像度の映像情報提示の重要性について論じ、広視野高解像度映像提示に関する従来技術の現状と問題点について系統的に述べ、通信路の負担を軽減する観点から、視線追従型映像提示システムが優れているが、その設計のための基礎的な研究が必ずしも系統的に行われおらず従ってその設計法も確立していないなどの問題点を指摘して、それを解決するという本究の目的と立場と意義とを明らかにしている。

第2章は、「注視点近傍における静的視覚特性の検討」と題し、視線追従型映像撮像・提示システム設計に際し、広視野映像に注視点周りの小領域に高解像度映像がスーパーインポーズして提示されるが、その境界を認識させない高解像度映像の大きさを評価することが緊要であることを明確にして、中心部と周辺部で異なる解像度を有する縦縞模様パターンを表示刺激に用いて、解像度の境界を判別させる実験を行い、以下の基礎事実を明らかにしている。

中心部と周辺部で解像度の異なる像を提示した場合、解像度の差にかかわらず、中心部高解像度像の幅をある値以上にするとその境界の識別が困難になる。このときの高解像度視野角は、26度から33度である。この特性は人の網膜の生理学的構造に起因すると推定される。

第3章は「注視点近傍における動的視覚特性の検討」と題し、オペレータが視線移動するとき、その視線追従する高解像度映像の許容できる提示時間遅れについて論じている。まず眼球運動の種類と特性について論じ、その知見を基にコンピュータグラフィックスによって生成された縞模様画像を視線移動に対してある時間遅れをもって提示する評価実験を行い、映像提示時間遅れの評価実験結果をもとに物理量である解像度を感覚量に変換し、より広範囲の解像度に対応した定時間遅れの変動傾向を推定し、視線追従に対して許容できる映像提示時間遅れに関する以下の基礎事実を明らかにしている。

NTSC ディスプレイを用いて110度の視野角でランドルト視力1.0相当の映像提示を行う場合、被験者が視線を移した後それが違和感なく高解像度であると感じられるためには、サッカーボール終了後、60-80ms以内に高解像度映像が注視点に提示される必要がある。

第4章は「映像提示システムの開発」と題し、視線追従型映像提示システムを具体化するために必要な、注視点近傍に高解像度映像を提示する方式を提案するとともに、その試作機を設計し、実験によって提案方式の映像提示手法の妥当性を確認している。即ち、視線追従型映像提示システムを具体的に構成

する、プリズム方式、楕円鏡方式、前方投射方式という広視野高解像度映像提示のための3種類の実現方法を考案し検討を行い、その結果、前方投射方式が最も優れていて有効であるとしている。次に、その方式のシステムの構成について、映像の投影方法、高解像度映像の視線追従の方法、視線検出手法について提案し、提案方式に基づく実験システムを試作してその高解像度映像提示系の評価を行っている。評価実験では、まず本システムで用いた走査ハーフミラーの応答特性を測定し、それが視線の移動速度に十分追従し得るものであることを確認するとともに、本手法の妥当性を心理物理学的に検証している。

第5章は「映像撮像・提示システムの統合」と題し、視線追従型映像撮像・提示システムを具体化するための映像提示システムに加え、その提示システムに対応した実環境映像を取得するための映像取得システムの構成方法について検討を行い、4章で検討・試作した映像提示システムをもとにその高解像度映像提示位置を水平方向だけでなく垂直方向にも制御できる試作システムに発展させ構成するとともに、その提示装置に対応した実環境映像を取得するための撮像システムを設計試作し、提示システムと統合したシステムを構築している。次に単眼システムにおける高解像度映像を視線に追従して適切に提示するための条件について検討し、格子状に並んだ9個の指標を用いて高解像度映像提示の評価実験を行っている。実験の結果、オペレータの注視点と高解像度映像の提示位置が一致して、その視線方向に一致した映像内容が高解像度映像として提示されていることを確認し、検討・試作した映像取得・提示システムの有効性を検証している。例えば、オペレータの視線移動に対する高解像度映像の追従性能について、実験中の作業時間を計測した結果、現状のシステムでは、直接視には及ばないが、市販のNTSCディスプレイを視覚提示に用いた場合よりも作業時間が短くなることがわかったとしている。

第6章は、「視線追従型映像提示システムの設計指針」と題し、2章から5章で行われた実験結果をもとに、NTSCディスプレイやHDTVのデバイスの使用を想定した視線追従型映像提示システムの設計法について述べている。特に換算視力1.0相当の提示系でありながら、広視野と高解像度視野の境界を認識しないための、背景の低解像度領域の視野角と高解像度視野角との関係および、高解像度映像が視線追従して提示される際の時間遅れと映像の提示方法について述べている。また、周辺視の変化知覚に関する予備実験結果から、注視時およびサッカドやスムーズパーストなどの眼球運動に対するシステム制御の対処方法について検討している。さらに、視線追従型映像提示システムを制御設計する際の視線検出のタイミング、高解像度映像の移動と提示方法についても考察し、本映像提示方式における伝送容量に関する優位性について述べている。

第7章「結論」は結語で、本論文の結果をまとめ、今後を展望している。

以上これを要するに、従来は、アドホックに扱われることの多かった視線追従型広視野高解像度の視覚提示システムを、人間の視覚特性の計測実験にまでもどり系統的に検討することにより、その設計指針を明らかにして、それに基づく設計法を構築し、実際に利用可能なディスプレイを試作することでその有効性を示して応用への道を拓いたものであってシステム情報学及びロボット工学に貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。