

氏 名	かわ 川 上 はじめ
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 143 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科・専 攻	工芸科学研究科 情報・生産科学専攻
学位論文題目	Design of Robust Artificial Vision Systems
審 査 委 員	(主査) 教 授 森 武 宏 教 授 三 宮 信 夫 教 授 吉 田 靖 夫 助教授 黒 江 康 明

論 文 内 容 の 要 旨

人と人が画像を介して自然にコミュニケーションするのと同じように使用することができる知的アプリケーション、人工視覚システムの実現に対する期待は大きい。

本論文は、この目的を目指して人に備わる視覚の数理的な実現方法をさまざまな観点から議論し実際に設計法を提案したものであり、第1章の緒言と第6章の結言とを含めて、6章で構成されている。

第2章は、人の感覚に合った方向センサについて述べている。人は紋様などに現れるパタンの並び方に関する方向性に対して360度を周期とする周期性を感じるので、この周期性をも考慮して、パタンの方向性に関する情報の抽出法を開発することが問題となる。このために、周期性を考慮して定義された、方向に対する距離の概念を導入し、さらに方向データに関する情報としての統計量の算出を、その距離に関する二乗和を最小化する問題として定式化することを提案している。この統計量を求める演算は単純ではないが、漸化式を活用した方法によって、処理量の増大による処理速度の劣化を補償することができる。その結果、提案する方法によって、方向データからその正確な統計量を効率良く算出できることが示されている。

第3章は、知覚対象のロバストな近似法について述べている。見えている物体をマシンに復元させるとき、その物体表面上に亘って、基準面から物体表面までの三次元距離、物体表面の法線方向、およびそこでの曲率など、その微分幾何学的データ群を採取できるようになってきた。そこで、データが疎でかつ雑音を含む場合に、これら異種データ群やその滑らかさの事前知識などを融合することにより、物体表面をより高精度かつロバストに近似する方法の確立が求められる。ここでは、これを導関数値データを融合させることにより未知関数を近似する問題として、この問題を一般化している。まず、融合の状態を調整できるようにパラメトライズされた形式のエネルギー汎関数を導入し、その停留値によって近似関数を記述する。そのうえで、各階の導関数データとのペナルティが同時に減少するようにパラメータを調整することにより近似特性を改善する方法を提案している。

第4章は、ロバストな画像照合について述べている。観測される画像と標準画像との類似の程度が最大、あるいは相違の程度が最小となる後者の名称を安定に出力する工学的システムの検討が目標である。ここでは、観測される画像がある標準画像を単位とする局所的な周期構造で構成されるテクスチャなどを含むような場合に、このシステムのロバスト性を改善する方法を検討した。このような場合、観測画像と標準画像との相互相関係数は、両画像と一致する位置を原点として点対称になる。この対称性は、白色雑音から生成されるランダム変動に対してロバストであることを示すことができる。そこで、この対称性が乱れる程度に基づいて画像間の相違の程度を新たに定義し、この新しい相違の程度を用いて識別することを特

徴とする画像認識法を提案し有用性を確かめている。

第5章は、初期視覚系の設計法について述べている。生体の初期視覚系をマシンに実装するため、網膜像が投影される視覚一次野から、さらに上位に伝わる視覚情報の経路や各経路に課せられた処理の役割が解明されつつある。そこで、これらの知見に基づいて、網膜像に混入する変動に対するロバスト性を実現できるように初期視覚系を設計する方法が問題となる。このため、ここでは初期視覚系を構成する空間視と形態視のそれぞれで処理される情報が、互いに関係づけられた信号群に基づいて表現し得る点に着目した。本研究では、このような信号間の関係が工学的な意味での融合効果を誘導し、その結果、初期視覚系にロバスト性を実現されるものとする。信号間の関係を数式で記述し、それを満たす数理的なシステムとして、初期視覚系を工学的に設計する方法を提案している。

論文審査の結果の要旨

人の感覚システムの中で視覚系は最も多量の情報を処理するシステムといわれている。これを人工的に計算機の援護のもとで実現しようという試みは古くて新しい課題であり、その完全な達成はなおほるか先のことと考えられている。

この研究は、人工視覚システムの実現を目指して、人が視覚系にもつ特徴をふまえて視覚情報処理のいくつかの基本問題を数理的にとり扱ったものである。検討されているのは、方向センサの実現問題、知覚対象の近似問題、画像照合問題および人の初期視覚の模擬問題である。どの問題にも共通した視点は、人の視覚のもつと考えられる特性、例えば周期性への感度、雑音に対する頑健さ、様々な異種情報の融合処理などを考慮に入れるよう努めたことである。

まず方向センサの実現では、パタンの周期性を考慮して考案された演算方式により方向データから有意の統計量を効率的に計算する手法を考案している。

視覚の対象の近似問題においては、視覚データの導関数値を融合的に利用することにより計算機内に高精度で対象物を復元する方法を提案している。

相互相関関数は画像の照合に用いられるが、ここでは関数の局所的な対称性を有効に利用して雑音に強いロバストな画像認識法を得ている。

人の初期視覚系には依然未開明な部分が多いが、ここではすでに受け入れられている生理的仮説、空間視と形態視の存在に注目し、その融合的な処理を可能にする数学モデルを構築している。

以上いずれの問題においても、適当な標本データをもとにシミュレーションを繰り返し、各方法の有用性を確かめている。本研究は、1) 人が備えている高度な視覚情報処理特性を可能な限り取り込もうとしたこと、2) 単なるアルゴリズムではなく数学モデルとして実現を計ったこと、の二点で特徴的、独創的といつてよい。目標を高く掲げつつ、工学的にも有意の結果を着実かつ具体的に導いており、学位論文の授与に値すると判断される。この場合、論文内容がいくつかの人工視覚システムの構築手法の提案であることから、博士(工学)の学位がより適切である。

なお本研究の内容を公開したものとして、歴史のある学術論文誌に掲載された2編の論文があるが、現在さらに2編が投稿中となっている。またこれらは、いずれも学位申請者が筆頭著者である。