

ファジィ理論の画像計測への応用

新技術応用部 富長 博 山羽 和夫*

1. 緒言

ファジィ理論は、近年日本を中し、として優れた応用例が数多く発表され研究がますます盛んになっている。このような状況のもと、従来のデジタル画像処理技術に替わる新しい画像処理技術を習得する目的で、ファジィを用いた各種基礎的画像処理技術について検討を進めるとともにニューラルネットワークを用いた色画像処理実験、並びにそれらのソフトウェア開発を試みた。なおこの報告は、平成元年7月から平成元年12月まで工業技術院機械技術研究所ロボット工学部自律制御課での研修をまとめたものである。

2. 研修の内容

従来のデジタル画像処理技術に替わる新しい画像処理技術を習得する目的で、ファジィを用いた各種の基礎的画像技術について検討を進めるとともにニューラルボードを用いた色画像処理の実験、並びにそれらのソフトウェア開発を試みた。

研修内容について各項目を列挙すると

- A ファジィ集合理論の習得と現状調査
- B 機械技術研究所自律制御課にある汎用画像処理装置のソフトウェア習得
- C ファジィ、ニューラルを考慮した色画像処理用ソフトウェア構築技術
- D 生産ラインへの汎用画像処理装置の導入設計

になる。

本報告ではおもにCについて述べることにする。

3. 研修の成果(ファジィ、ニューラルを考慮した色画像処理用ソフトウェア構築技術)

一般にノイマン型のデジタル画像処理は処理速度、処理容量の点で限界があり、また、システムの安全性、信頼性の面からも問題が多い。その意味でファジィ理論は現在、制御にその応用例が多い。

一方、制御以外は極めて応用例が少ない。電気学会あいまい量計測調査専門委員会によると、現在、ファジィの工学的価値は高いが制御以外では難しさゆえ暗中模索している段階であると報告されている。ここではファジィ理論とニューラルを考慮した色画像処理のシステム設計の調査、検討および実験を進めた。色画像には10種類の色文字を用いた。これを三層のバックプロパゲーションによる

* 工業技術院機械技術研究所

ニューロで学習させ、その学習時間による評価実験を行った。今回は人間の視覚情報処理手法として考えられているオポネントカラー理論(反対色説)に基づいて色と文字の両方同時に学習させた。

3. 1 ハードウェアの設計

人間の視覚は、約1億2,000万個の桿体細胞と約650万個の錐体細胞によって外界からの像が捕らえられ、約120万本の視神経にそのデータは圧縮され大脳に送られることで実現している。そのような処理機構の中の色処理機構モデルとして、Devalois, Padmos, 池田らのモデルがある。今回はそのモデルを考慮したハードウェアの基本設計ならびに試作を行い、ハードウェアで使用される処理プログラムの作成を行った。図1に試作した色覚モデルの基本構成図を示す。網膜にあたと

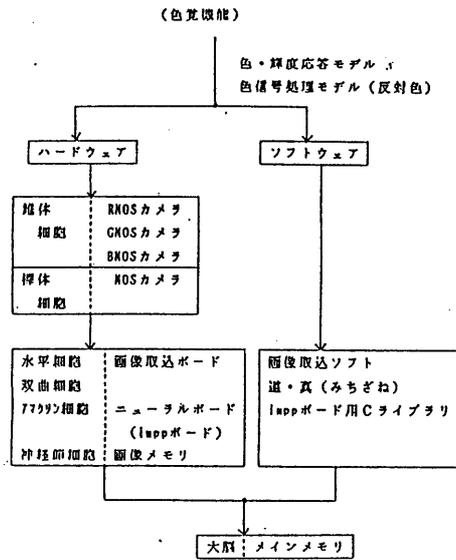


図1 色覚モデル基本構成図

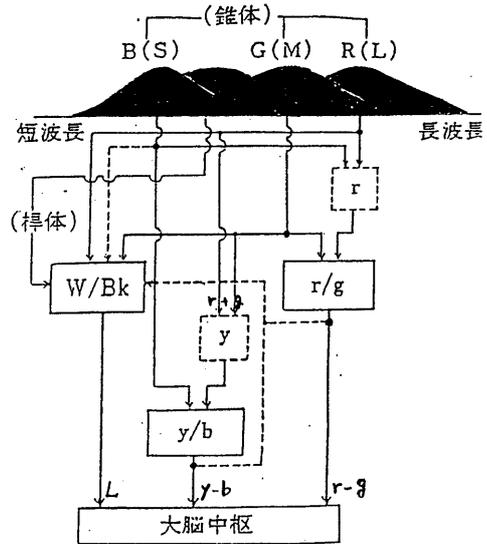


図2 色信号処理機構モデル

ころには、MOSカメラを使用し三原色を取り出すために三原色のゼラチンフィルタをカメラに取り付けた。カメラからの画像は256×256画素の大きさにコンピュータに取り付けられた画像メモリポートに取り込まれる。メモリボードは、4画面分のメモリを持っておりそのうち3画面を赤(R)、緑(G)、青(B)の原色にあてる。取り込まれた色データを前述のモデルによる反対色データをニューロコンピュータに入力して学習させる。反対色データというのは、図2にあるように視覚系で信号を大脳へ送り込むのにR-G, Y(黄)-Bの様な反対色の信号の差を取っているところからきている。ニューロコンピュータは、神経細胞どうしの信号伝達を模した演算処理機構である。細胞間の信号伝達のしやすさを変え、発火しきい値(入力信号の大き

o i k e g
a c d n t

図3 実験使用英文字

さがその細胞のしきい値を越えると信号を出力する)を変化させる(学習するという)ことで特定のパタンに対してそれに対応するカテゴリ細胞を発火させることができる(パタンの判別)。今回使用したニューロコンピュータの仕様は3層からなっており、第1層が入力層で99セル(11×9セル:細胞1個にあたるもの)、第2層が中間層で40セル、第3層が出力層で79セルの様な構成になっている。出力層の76個のセルは1個1個がいろいろなカテゴリ(記号: "%&'(), . : ; = ? 数字: 0~9 英大小文字: A~Za~z)に対応している。図3に実験で使用した英文字を示す。

3. 2 学習実験

図4に実験装置全景を示す。上述のようなハードウェア構成のもと学習させたのは無作為に選定した10種の英文字を色文字(赤、緑、青、黒、黄)として色背景(白、赤、青、黒)上に描いたものである。図5にニューロコンピュータに入力するまでの画像加工のプロセスを示す。カメラから画像メモリに入っているデータは、256×256でありニューロコンピュータへの入力には11×9であるので量子化する。まずメモリにあるデータを220×180に領域分割してさらにこの中の20×20の1ブロックをニューロコンピュータの入力層の1セル分とした。メモリの中には1画素が64階調で取り込まれており、これを1ブロック毎(20×20=400画素分)に集計(0~25200階調)し1セルではこれを0.0~1.00に対応させている。ニューロコンピュータでのしきい値、荷重(信号伝達のしやすさ)の変化のさせかた(学習のさせかた)はバックプロパゲーションをもちいた。この学習アルゴリズムは入力層-中間層-出力層と演算されてきた値と正解となる値(教師信号)との差(誤差)を荷重、しきい値の修正に使い正解になるように修正して行く学習アルゴリズムである。誤差が出力層-中間層-入力層というように今までと逆方向に伝わることから誤差逆伝搬学習ともいう。

図6~図9に実験結果を示す。学習回数は50回とし学習効果の様子は最小2乗和を用いた。グラフは上

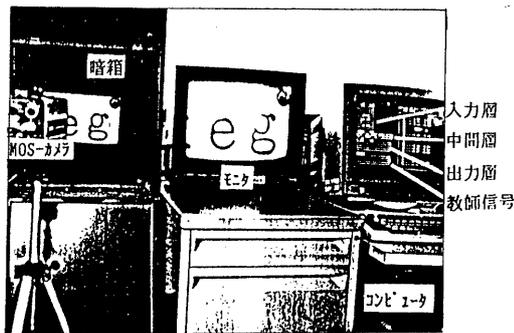


図4 実験装置全景

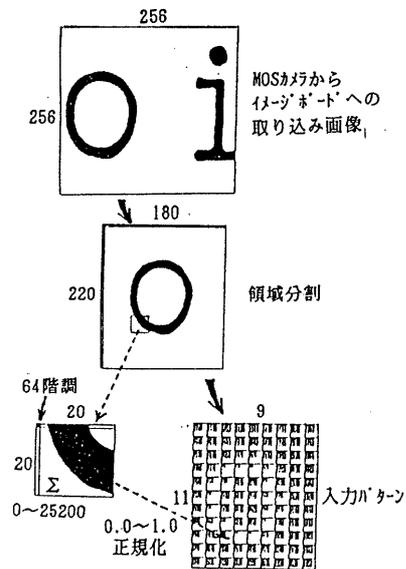


図5 ニューラルネットワークの入力画像作成過程

端が出力層最小2乗和の最大値である。図6に赤文字、白背景という条件下で前述のいろいろな様式の色文字がその文字のカテゴリに対応するように学習させたときの結果を示す。図から明るさ知覚($L = K(R+G+B)$)、および反対色($R-G, Y-G$)というデータ処理方法では学習効果が低いことがわかった。これを改善するために2つの方法を採用した。1つは、 Y を算出するのに $Y=0.4(R+G)$ としてデータ処理する方法。2つ目は、生体では色錐体の内赤色錐体が色覚に影響を及ぼすことを考慮して $R-G$ のみによる学習実験を行った。1つ目の方法による実験結果では、式のように0.4という重みをつけると学習効果が上がることがわかった。2つ目の方法による実験結果から $R-G$ のみで実験した方が学習効果が上がることがわかる。したがって以降の実験ではこの2つの方法に絞って別の色文字、色背景の学習実験を行うことにした。

図7に赤文字、黒背景という条件下での実験結果を示す。結果から白黒のみの明暗情報では学習効果が上がらないことがわかる。

図8に背景色を白に統一した場合の各色文字についての学習効果を示す。

図9に黄文字、青背景という条件下での実験結果を示す。

3. 3 結論

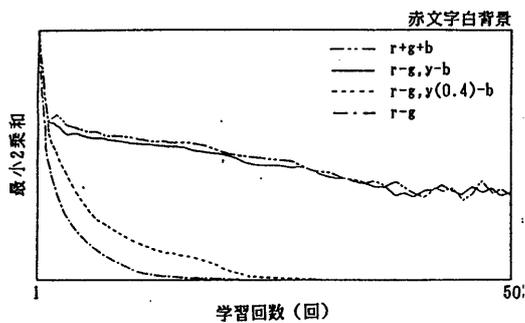


図6 実験結果(その1)

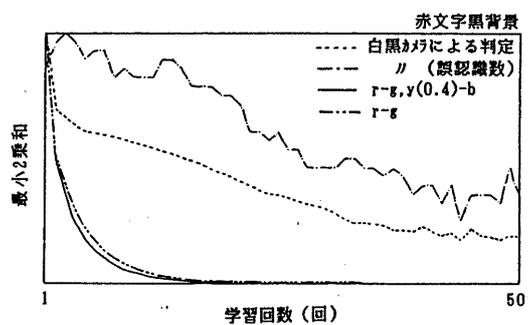


図7 実験結果(その2)

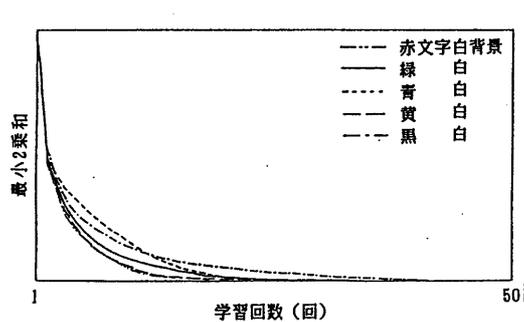


図8 実験結果(その3)

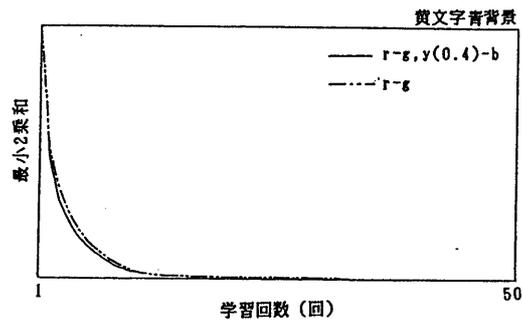


図9 実験結果(その4)

今回の実験において、以下のようなことがわかった。

- * 明るさ知覚に相当するLでの学習効果は少ない。
- * R-G, Y-BでYに適当な重みをつけることで学習効果が増す。
- * 背景が明るい場合, R-Gのみで学習させた方がよい。
- * 背景が暗くなったとき, R-G, Y-Bの処理結果が学習により効果を与える。

4. 結 言

画像処理技術においては、新しい概念に基づくソフトウェアの構築が必要不可欠と言える。本研修で行った各研修項目についてはなお研究継続中であり、その後実用化を念頭に置いた研究を進めていく予定である。

5. 謝 辞

本研修を進めるにあたり、ファジィ集合理論、色画像処理手法、センサ関連技術、ニューラルネット、人間の視覚情報処理手法を中心に熱心に御教授頂いたロボット工学部自律制御課山羽和夫技官に感謝致します。また、同部自律制御課の方々には多大なるご支援をいただきました。特に中村達也課長には、研究の場を提供していただくとともに学習理論について貴重なるご教授を賜わり本研修の成果向上にもつながりました。ここに、お礼申し上げます。