

氏名	鈴木章夫
授与学位	博士(工学)
学位授与年月日	平成10年7月8日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第1項
研究科、専攻の名称	東北大学大学院工学研究科(博士課程)電気及通信工学専攻
学位論文題目	最大関係性原理を用いたパターン認識
指導教官	東北大学教授 矢野 雅文
論文審査委員	主査 東北大学教授 矢野 雅文 東北大学教授 阿曾 弘具 東北大学教授 澤田 康次 東北大学教授 樋口 龍男

論文内容要旨

第1章 序論

生物はリアルタイムに無限に変わる環境の中を柔軟かつ的確に認識し状況判断し行動しているが、認識能力においては、現在の機械認識システムは生物には遠く及ばない。従って、生物の認識システムの原理を明らかにし工学システムに組み込めるようにすることは有用である。柔軟な認識システムを考える上で、未知のパターンがどの位置に入力されても分節化できなければならない。入力情報は予めシグナルとノイズが分離されていないのである。しかし、このような視点に基づく計算論は存在しない。

従来のパターン認識の計算論は、入力情報からフィルタにより特徴を抽出し、それらを予め与えられたルールにより結びつけてパターンを作っているが、シグナルとノイズが分離できない場合はどの特徴を結びつけるか、どのルールを用いるかを決定することは難しい。本論文では、生理学・心理学の知見に基づき、並列に特徴分析を行い、特徴同士の空間的關係から視野全体の構造を作り、予めルールを与えることなくリアルタイムに任意のパターンを分節化できる計算論を提案した。入力パターンとしては主観的輪郭線を含む図形に対して計算機実験を行った。主観的輪郭線とは物理刺激が無いのに知覚される線で、パターン認識は単なる物理情報以上のものを処理していることを示す例である。

第2章 パターン認識機能に関する生理学的・心理学的知見

パターン認識の手がかりとなる生理学的及び心理学的知見をまとめた。

- (1) 先験的知識がなくても主観的輪郭線が生成されることから、網膜に入力された情報はボトムアップ的に統合するプロセスが存在している。
- (2) 空間のトポロジーの保存した並列処理がなされている。
- (3) 入力情報をGaborフィルタを用いることで方位・空間周波数・空間位相といった特徴を分析をしている。
- (4) パターンの形成にはline processとfilling-in processが存在している。
- (5) 主観的輪郭線の処理はボトムアップ処理によって生成される。

第3章 パターン認識機構のモデル

前章の知見に基づき、図1のようなパターン認識モデルを構築した。空間位相の90度異なるフィルタ同士で互いの要素同士の間を規定することにより、反対称型フィルタがline process、対称型フィルタがfilling-in processとして働き、1次元の領域が定まる。さらに方位統合を行い2次元の全体の構造が決まり分節化される。最後に最大関係性原理を用いて空間周波数の異なるフィルタ出力による構造を統合を行う。

全体の構造を決め方を位相統合について見ると図2のようになる。異なる特徴の要素同士が他方の特徴の要素間を規定していくことで全ての要素間を規定することができ(図2a)、境界と境界の関係が均一であるが決まり外部から特徴の結びつけ方をルールとして与えなくても全体の構造が定められる(図2b)。

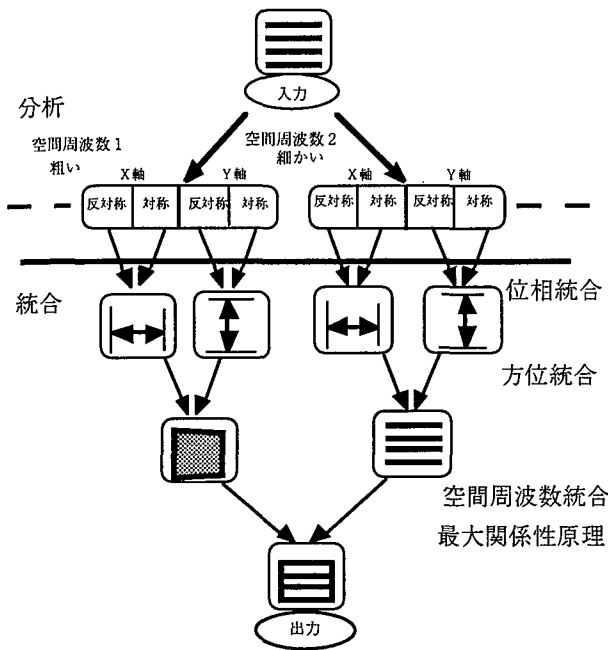


図1 モデル

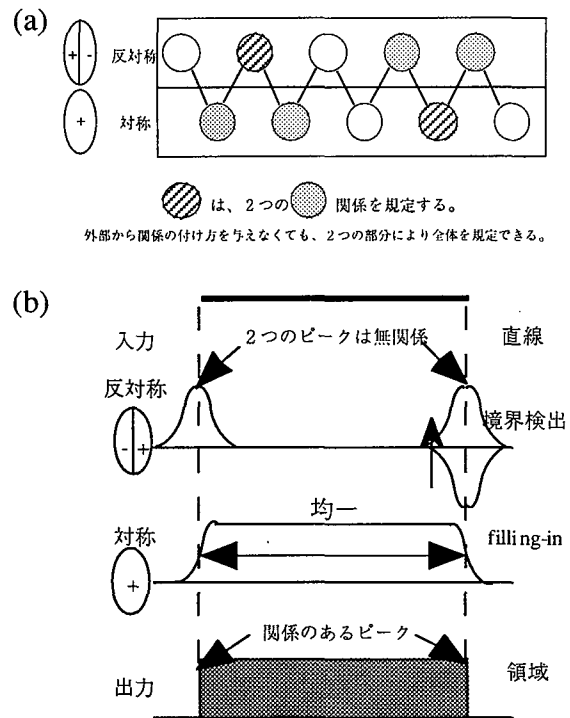


図2 全体の構造の決定

本論文で提案した最大関係性原理を示す。

最大関係性原理：「最も関係がとれたところが残り他は消える。」かつ「変化部分は残す。」

空間周波数は分析する空間分解能の違いを表し、粗い構造から細かい構造を順に規定していくことでパターンを浮かび上がらせる。この原理は任意のパターンが任意の位置にあるときでも有効である。

本モデルは、生理学から明らかになった情報処理の要素の構造に対して、心理学から示唆される機能に対応させてパターン認識における位置づけを行っている。

第4章 主観的輪郭線を含む図形の認識実験

第3章で構築したモデルに対して計算機実験を行った。入力図形として主観的輪郭線を含んだ図形特に隣接縞パターンを用いた。このパターンに対して全体の構造が表現できている結果を図3に示す。図3(a)は

フィルタの方位を水平と垂直の2方位での結果である。中央のかなり複雑な主観的輪郭線に対しても検出可能であることから任意の形の図形への対応が可能であると考えられる。分析方位が2方位の場合のそれらの中間方位に対する分析能の低下を改善するため3方位にした場合を図3(b)に示す。ほぼ全方位の主観的輪郭線を検出可能となった。従って、任意の大きさ、形のパターンを分節化を行うためには有限個のフィルタで可能である。これは生物が比較的少ない種類のフィルタで柔軟に処理を行っていることとも合致する。

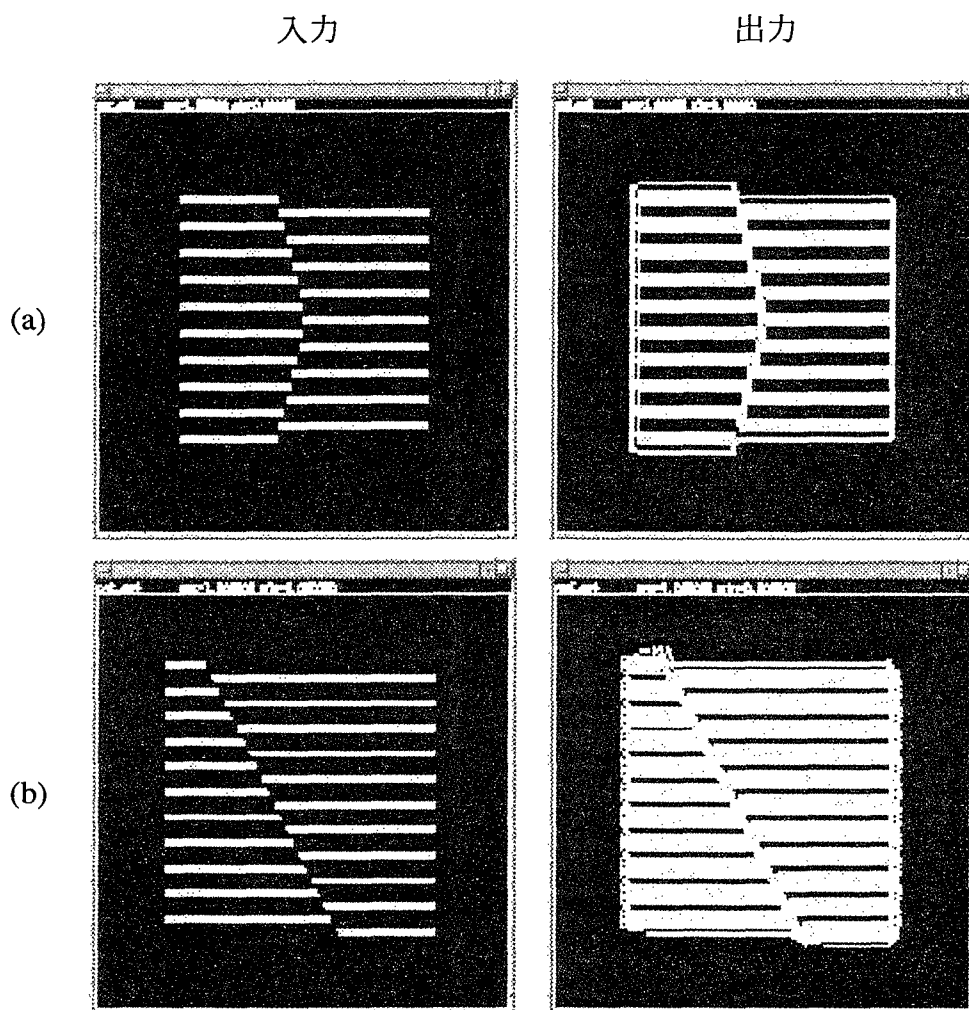


図3 入出力例 (a)2方位 (b)3方位

第5章 総括と結論

本研究の総括として、各章で得られた結論をまとめている。

審査結果の要旨

計算機に人間と同じように画像認識、文字認識などの認識能力を持たせることは、現代の情報システムの大きな課題の一つである。認識能力を実現するには何をどの様に計算するのかという計算論、計算に用いられる情報の表現とアルゴリズムを明らかにし、それに基づくハードウェアを如何に作るのかという課題を解決しなければならない。実世界を対象とするパターン認識の場合、一般に入力情報はシグナルとノイズが予め分離されていない。このような入力情報から解析的あるいは論理的にパターンを分節化していく一般的な計算論は今のところ存在しない。

著者は脳の視覚情報処理で重要とされる形態視の問題に着目し、生理学的知見を基に種々の空間的關係を取り出し、それらを集約することによって任意の図形を分節化する計算論を考案した。この方法論の有効性を検討するために、物理的に連続した図形だけではなく、物理的な刺激がない場合でも起きる主観的輪郭を有する図形を含めて研究を行った。本論文はこれらの成果をとりまとめたもので、全編5章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、パターン認識の計算論の手がかりとなる生理学的及び心理物理学的知見をまとめている。主観的輪郭は第1次視覚野、第2次視覚野といった視覚処理の初期過程でも見られる。トップダウンの効果が存在しない場合でも主観的輪郭が生成されることから、パターンの分節化にとって方位、空間周波数フィルタで分析した情報をボトムアップ的に統合する機構が視覚認識の計算論を考える上で重要であることを指摘している。

第3章では、パターン認識のモデルを提案している。位相の異なる対称、反対称の2種のガボールフィルタを用いることで入力空間の境界が抽出される。反対称フィルタは領域の境界を抽出し、対称フィルタは境界と境界の間が均質であることを抽出し、両者の情報を統合することで全体の構造が表現されることを示している。異なる空間周波数は空間の特徴を捉えるスケールを表し、粗いスケールから密なスケールへと順に統合することにより、全体の構造の中に細部構造が出現する。この方法を最大関係性原理による統合と名付けている。これは主観的輪郭を含んだ任意の図形に対しても有効である。これは有用な成果である。

第4章では、上記の方法論を実際の主観的輪郭を生じる図形に適用して、主観的輪郭を含んだ全体の構造が表現できることを計算機実験により示している。分析の方位を3方向にすると、ほぼ全方位の主観的輪郭が検出可能であることを明らかにしている。有限個の方位フィルタで全方位の輪郭が検出可能であることから、任意の大きさ、形に対する分節化が行えることを示している。これはこの方法論の有効性を示している。

第5章は結論である。

以上要するに本論文は、パターン認識の計算論として任意の図形の分節化が可能となる方法論を提案し、それを主観的輪郭を含む図形に適用することで、その有効性を実証したもので、パターン認識工学、情報通信工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。