

選択的正規化相関に基づくロバスト画像照合および 環境監視への応用に関する研究

学位論文内容の要旨

類似画像どうしを合理的評価尺度に基づいて定量的に判定するための画像照合技術は、パタン認識においても最も古いものの一つであり、FA 分野における組立て工程や目視検査のためのロボットビジョンなどを含む自動化を指向した産業応用技術、道路や駐車場等の環境監視システム、汎用の画像計測システム、など広い分野における画像処理技術の中核をなす重要な技術の1つである。近年高速・安価な汎用 PC 及び画像処理ハードウェアが普及し、従来実用的でなかった計算コストの大きなアルゴリズムの実利用の範囲が拡大している。

その技術は大別して、エッジや明度・色ヒストグラムなどの特徴照合に基づくアプローチと、画像を直接照合して相関値や累積2乗誤差によって類似度を評価するアプローチとに分けることができる。特徴照合アプローチでは、明度分布に比べて圧縮された特徴量を用いるため、効率的な処理が実現でき、スケーリングや回転に対する不変性も容易である利点をもつ。しかし、原画像から特徴抽出処理を経て得られるいわゆる2次データに基づくため、しきい値などのパラメタの自動設定のための有効な方法がなく、更にその手順に強く依存して特徴の不良や欠損が起こる場合も多い。一方、直接照合に基づく手法では、明度配列という1次データを利用するという意味で理想的であって、処理が単純であるためハードウェア化が容易であり、前者に比較してしきい値などのパラメタ設定に関わるあいまいさは少ない。但し、冗長な情報も含まれているため照合処理を阻害することもあり、不良照明などに起因する明度変化や遮蔽などに依存して性能を低下することが多い。

本論文ではこの直接照合アプローチを採りながら、それらの欠点を補う手法について検討する。直接照合アプローチとして、従来から残差2乗和、正規化相関、増分符号相関などが提案されている。正規化相関は画像間の相互相関係数による方法であり、ノイズや一様な明度変化の影響を押さえ明度値の一致を良好に評価することができる。また計算コストは大きいですが、近年ハードウェア化が進められており高速処理が可能になっている。しかし、局所的な明度変化や遮蔽された対象を照合することは一般的に難しい。残差2乗和は明度差の累積2乗和を評価する手法であり、高速計算は可能であるが、明度変化及び遮蔽に対して非常に弱い。増分符号相関は明度値自体ではなく、隣接明度値の増分の正負符号の変化傾向の一致度合に基づく手法であり、陰影、遮蔽、ハイライトなどに対してロバストな画像照合法として開発された。実際の状況においても高いロバスト性を示す高速な手法であるが、符号という形で情報量を削減しているため、画像サイズを小さくできな

い、微妙な明度パターンを評価できない、などの問題もある。

そこで本論文では、陰影（局所的な明度変化）、照明変化、ハイライト、遮蔽などを含む場合においても、ロバストな照合を行うことができる手法として、選択的正規化相関法を提案する。これは直接照合アプローチの一つである正規化相関を基本としているが、遮蔽部分を推定してマスクするために増分符号画像を用いる。マスク生成には増分符号の統計的性質を用いるため、しきい値等のパラメタ設定を一切必要としない。このマスク操作によって、不良画素のもつ明度値の相互相関値への悪影響を自動的に低減し、類似部分の明度分布を選択的に評価することが可能となる。

第1章では、研究の背景と位置づけ、目的および意義について述べる。

第2章では、選択的正規化相関法の定義を示し、遮蔽、光沢物体に対する照合実験を通して検証を行う。選択的正規化相関法は正規化相関を基本としているが、増分符号の統計的性質を用い、不良画素を推定してマスク画像を生成する。このマスク操作によって、不良画素のもつ明度値の相互相関値への悪影響を自動的に低減する。

この章ではまず始めに、基本マスク画像の特性について理論的、実験的考察を行う。また計算コストについての検討を行う。次に、基本マスク画像の拡張について検討を行う。撮像条件がよく制御されていない実環境下では、付加ノイズ、量子化ノイズ等の影響を受け、マスクの有効性が低下する。そこで、近傍領域の中のマスク率を判定し近傍内全画素を一括して強制的にマスク化する処理を導入し、マスクの有効性を増大させることを目指す。実画像を用いた実験により、拡張前と比較して遮蔽に対してより高いロバスト性を持つことを示す。

そして拡張されたマスク画像を用いて、遮蔽、光沢物体に対する照合実験を行う。実画像を用いた実験の結果、および相関値分布の検討から、従来手法と比較して遮蔽や光沢の影響を低減した照合を行うことができることを示す。また探索に必要なテンプレート画像サイズについての検討を行う。本手法では、マスク処理によって画素を取捨選択することにより情報量が低下するが、適切なテンプレート画像サイズを与えることにより、安定な探索が実現できることを示す。

第3章では、選択的正規化相関法におけるマスク画像を、周辺増分符号相関 (PISC) 画像として拡張し、環境監視処理への応用を検討する。PISC 画像は、マスク画像が画像を1次元系列と見立て、一定の方向性を持ちながら隣接画素の明度の増減傾向のみに基づいて生成されていたのに対し、着目点の16近傍の明度の増減に着目しながら生成される。これは計算コストの面で不利となるが、ノイズや明度のゆらぎ等の影響を最小限に押さえ、画像間の相違部分を高コントラストで抽出することが可能になる。環境監視処理では従来、背景差分法など単純な画像間の差に基づく相違検出が主であったが、背景の照明変化などを相違として誤検出するなどの問題があった。これに対しPISC 画像は、出現した物体の領域は良好に検出するが、背景の照明変化や陰影などは原理的に感知しない。この性質を用いることで、照明の変化に影響されないロバストな出現判定を行う。更に、情景中に現れた人物などの出現領域を抽出する処理を検討する。PISC 画像内の背景領域と出現物体領域のセグメンテーションには、独自に提案している MF 交叉法を用いた遺伝的アルゴリズムに基づく画像フィルタ最適化システムを用いる。実画像を用いた実験結果を示し、手法の有効性を示す。

第4章では、第2章および第3章で得られた結果を総括して考察を行う。

第5章は、本研究のまとめである。

学位論文審査の要旨

主査	教授	五十嵐	悟
副査	教授	土谷	武士
副査	教授	島	公脩
副査	教授	岸浪	建史
副査	助教授	金子	俊一

学位論文題名

選択的正規化相関に基づくロバスト画像照合および 環境監視への応用に関する研究

類似画像どうしを合理的評価尺度に基づいて定量的に判定するための画像照合技術は、パターン認識においても最も古いものの一つであり、FA 分野における組立て工程や目視検査のためのロボットビジョンなどを含む自動化を指向した産業応用技術、道路や駐車場等の環境監視システム、汎用の画像計測システム、など広い分野における画像処理技術の中核をなす重要な技術の1つである。

その技術は大別して、エッジや明度・色ヒストグラムなどの特徴照合に基づくアプローチと、画像を直接照合して相関値や累積2乗誤差によって類似度を評価するアプローチとに分けることができる。特徴照合アプローチでは、明度分布に比べて圧縮された特徴量を用いるため、効率的な処理が実現でき、スケーリングや回転に対する不変性も容易である利点をもつ。しかし、原画像から特徴抽出処理を経て得られるいわゆる2次データに基づくため、しきい値などのパラメタの自動設定のための有効な方法がなく、更にその手順に強く依存して特徴の不良や欠損が起こる場合も多い。一方、直接照合に基づく手法では、明度配列という1次データを利用するという意味で理想的であって、処理が単純であるためハードウェア化が容易であり、前者に比較してしきい値などのパラメタ設定に関わるあいまいさは少ない。但し、冗長な情報も含まれているため照合処理を阻害することもあり、不良照明などに起因する明度変化や遮蔽などに依存して性能を低下することが多い。

本論文ではこの直接照合アプローチを採りながら、それらの欠点を補う手法について検討し、陰影（局所的な明度変化）、照明変化、ハイライト、遮蔽などを含む場合においても、ロバストな照合を行うことができる手法として、選択的正規化相関法を提案している。これは直接照合アプローチの一つである正規化相関を基本としているが、遮蔽部分を推定してマスクするために増分符号画像を用いている。マスク生成には増分符号の統計的性質を用いるため、しきい値等のパラメタ設定に合理的な手続きを導入した。このマスク操作によって、不良画素のもつ明度値の相互相関値への悪影響を自動的に低減し、類似部

分の明度分布を選択的に評価することを可能としている。

撮像条件がよく制御されていない実環境下では、付加ノイズ、量子化ノイズ等の影響を受け、マスクの有効性が低下するが、近傍領域の中のマスク率を判定し近傍内全画素を一括して強制的にマスク化する処理を導入し、処理コストの増大を抑えながら、マスクの有効性を増大させる改良を行っている。拡張されたマスク画像を用いて、遮蔽、光沢を含む実画像に対する照合実験を行い、実験結果および相関値分布の検討から、従来手法と比較して遮蔽や光沢の影響に対してロバストな照合を行うことができることを示している。

さらに、選択的正規化相関におけるマスク画像を、周辺増分符号相関 (PISC) 画像として拡張し、環境監視処理への応用を検討している。マスク画像が一定の方向性を持つ隣接画素の明度の増減傾向のみに基づいて生成されていたのに対し、PISC 画像は、着目点の 16 近傍の明度の増減に着目しながら生成される。これは計算コストの面で不利となるが、ノイズや明度のゆらぎ等の影響を最小限に抑さえ、画像間の相違部分を高コントラストで抽出することが可能になる。環境監視処理では従来、背景差分法など単純な画像間の差に基づく相違検出が主であったが、背景の照明変化などを相違として誤検出するなどの問題があった。これに対し PISC 画像は、出現した物体の領域は良好に検出するが、背景の照明変化や陰影などは原理的に感知しない。この性質を用いることで、照明の変化に影響されないロバストな出現判定を可能としている。更に、情景中に現れた人物などの出現領域を抽出する処理を検討している。PISC 画像内の背景領域と出現物体領域のセグメンテーションには、独自の MF 交叉法を用いた遺伝的アルゴリズムに基づく画像フィルタ最適化システムを提案している。実画像を用いた実験により、出現領域を精度良く抽出することができることを示し、手法の有効性を実証している。

これを要するに著者は、実環境下において安定でロバストな画像照合を可能とする、選択的正規化相関と呼ぶ手法、およびこの手法の遮蔽検出機構を拡張して、環境中の出現物体の高精度検出を可能とする、周辺増分符号相関と呼ぶ手法を、それぞれ新たに提案し、実画像を用いた実験により、これらの有効性を実証したものであり、画像認識工学、画像情報処理技術の分野に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。