

A Study on Orientation Code Matching for Robust Pattern Search

(ロバストパターン探索のための方向符号照合法に関する研究)

学位論文内容の要旨

本論文はロバストパターン照合問題を効率よく解くための独自の一手法の提案に関するものである。提案手法においては、画像内の各画素において定義される「方向符号」を基本的特徴量として用いる。この符号は中心画素近傍領域の局所的な明度値分布によって定義され、その画素位置における明度の最急勾配方向を量子化したものとなっている。照合法においては、その基本的特徴量の分布に対応する方向符号画像へ原画像を変換し、符号画像における相違度を新たに定義に、その大小によって照合を判定する。このような基本的アプローチに基づいて、その様々な応用について具体的に検討している。

まず、第1章は序論であり、問題の定式化、従来の画像照合アルゴリズムに関する概説、ロバスト性に関する議論などを含んでいる。

第2章では、離散化された明度および位置を用いる微分演算に基づく方向符号の計算アルゴリズム、量子化幅の問題、方向符号に基づく相違度関数の基本的な統計的性質などについて議論している。それに基づく方向符号照合法 (Orientation Code Matching) の定式化、その基本特性について検討している。特に、方向符号照合法は基本的には照合性能に加えて、明度変化や遮蔽に関して強いロバスト（頑健）性をもつ。このロバスト性に関する考察は独自のものであり、手法のもつロバスト特性が大きいものであることがわかった。

第3章では、方向符号法の基本的な応用として、画像照合問題へのアプローチに関して述べる。手法のもつ基本性能を確認するための実験について詳細に述べる。明度変化や遮蔽に対する基本的なロバスト特性について検証する。方向符号照合法の計算コストに関しても考察している。この結果、妥当な計算コストで高精度の画像照合が可能であることがわかった。

第4章では、方向符号法の有効な応用の一つとして、物体追跡問題へのアプローチに関して述べる。特に、物体がカメラに対して、近づいたり遠ざかったりする場合には、画面内への投影像の大きさに変化が生ずるが、このように対象物体の見かけの大きさが変化する場合にも対処するための追跡アルゴリズムについて検討している。適当な部分画像を定義し、部分から全体への2段階方式のアルゴリズムを設計した。実画像群を用いて性能試験を行った結果、大きさの変動する画像データに対しても、ロバスト性を保存しながら照合が可能であることが確認できた。

第5章では、方向符号法の有効な応用の一つとして、オプティカルフロー計算問題への

アプローチに関して述べる。オプティカルフロー問題においても、不良条件（特に、明度変化）に対するロバスト性は必要とされている。そこで、方向符号照合法を応用することを検討する。実画像を用いた基本実験の結果、従来よく用いられている残差2乗和と比較しても良好な特性をもつことがわかった。

第6章では、方向符号法を回転物体の検出問題に適用するために、「方向符号ヒストグラム」という新しい特徴表現を導入することについて述べる。原画像全体において算出された方向符号値を集めて作成する方向符号ヒストグラムを用いる。これは画像の回転に対しても不変となる特性をもっており、回転パタンの探索問題において効果的に用いることができる。この方法と方向符号照合法を2段階に組み合わせることによって、回転した画像パタンの照合問題に応用することについて検討している。実画像を用いた実験により、自由な回転パターンに対して、高い照合性能をもつことがわかった。

第7章では、それ以前の各章において述べられた実験結果を踏まえて、方向符号法の全般的な得失に関しての議論を展開する。

第8章はまとめである。

学位論文審査の要旨

主査	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

A Study on Orientation Code Matching for Robust Pattern Search

(ロバストパターン探索のための方向符号照合法に関する研究)

画像パタンの照合技術は、ロボット視覚、生産工学などにおいて必要となる基本技術の一つであり、従来から多くの研究がなされている。しかし、その多くは整備された環境における問題を扱っており、照明不良、遮蔽、飽和などという不良条件下における照合問題への正当なアプローチは未開拓の分野であり、ロバストパターン照合問題と呼ばれるこの分野は今後の発展が待たれる状況にある。

本論文はロバストパターン照合問題を効率よく解くための独自の一手法の提案に関するものである。提案手法においては、画像内の各画素において定義される「方向符号」を基本的特徴量として用いる。この符号は中心画素近傍領域の局所的な明度値分布によって定義され、その画素位置における明度の最急勾配方向を量子化したものとなっている。照合法においては、その基本的特徴量の分布に対応する方向符号画像へ原画像を変換し、符号画像における相違度を新たに定義に、その大小によって照合を判定する。このような基本的アプローチに基づいて、その様々な応用について具体的に検討している。

まず、第1章は序論であり、問題の定式化、従来の画像照合アルゴリズムに関する概説、ロバスト性に関する議論などを含んでいる。

第2章では、離散化された明度および位置を用いる微分演算に基づく方向符号の計算アルゴリズム、量子化幅の問題、方向符号に基づく相違度関数の基本的な統計的性質などについて議論している。それに基づく方向符号照合法 (Orientation Code Matching) の定式化、その基本特性について検討している。特に、方向符号照合法は基本的には照合性能に加えて、明度変化や遮蔽に関して強いロバスト（頑健）性をもつ。このロバスト性に関する考察は独自のものであり、手法のもつロバスト特性が大きいものであることがわかった。

第3章では、方向符号法の基本的な応用として、画像照合問題へのアプローチに関して述べる。手法のもつ基本性能を確認するための実験について詳細に述べる。明度変化や遮蔽に対する基本的なロバスト特性について検証する。方向符号照合法の計算コストに関し

でも考察している。この結果、妥当な計算コストで高精度の画像照合が可能であることがわかった。

第4章では、方向符号法の有効な応用の一つとして、物体追跡問題へのアプローチに関して述べる。特に、物体がカメラに対して、近づいたり遠ざかったりする場合には、画面内への投影像の大きさに変化が生ずるが、このように対象物体の見かけの大きさが変化する場合にも対処するための追跡アルゴリズムについて検討している。適当な部分画像を定義し、部分から全体への2段階方式のアルゴリズムを設計した。実画像群を用いて性能試験を行った結果、大きさの変動する画像データに対しても、ロバスト性を保存しながら照合が可能であることが確認できた。

第5章では、方向符号法の有効な応用の一つとして、オプティカルフロー計算問題へのアプローチに関して述べる。オプティカルフロー問題においても、不良条件（特に、明度変化）に対するロバスト性は必要とされている。そこで、方向符号照合法を応用することを検討する。実画像を用いた基本実験の結果、従来よく用いられている残差2乗和と比較しても良好な特性をもつことがわかった。

第6章では、方向符号法を回転物体の検出問題に適用するために、「方向符号ヒストグラム」という新しい特徴表現を導入することについて述べる。原画像全体において算出された方向符号値を集めて作成する方向符号ヒストグラムを用いる。これは画像の回転に対しても不変となる特性をもっており、回転パタンの探索問題において効果的に用いることができる。この方法と方向符号照合法を2段階に組み合わせることによって、回転した画像パタンの照合問題に応用することについて検討している。実画像を用いた実験により、自由な回転パターンに対して、高い照合性能をもつことがわかった。

第7章及び8章では、それ以前の各章において述べられた実験結果を踏まえて、方向符号法の全般的な得失に関しての議論を展開している。

これを要するに、著者は、照明不良、遮蔽などの不良条件下におけるロバストパターン照合問題において、独自に提案した方向符号照合法の有効性に関して新たな知見を得たものであり、制御情報工学、特に画像計測技術、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。