

エピポーラ幾何による
両眼視、運動視、物体認識の諸問題の統一

Unification of Stereo, Motion and Object
Recognition Via Epipolar Geometry

研究代表者 立命館大学工学部情報学科助教授 徐 剛
Gang Xu, Associate Professor, Department of
Computer Science, Ritsumeikan University

In this research I try to show that through recovering epipolar geometry we can provide a unified approach to the problems of image matching and segmentation in stereo, motion and object recognition, which have been treated separately so far. I propose a new approach to recovering epipolar geometry for multiple rigid motions using feature points in two uncalibrated images. Using the recovered epipolar equations, the edge images are then easily matched and segmented. Examples are shown for matching and segmenting motion images with multiple rigid motions, and for matching model view against input view and localizing the 3D object in the input view.

1 研究目的

同じ人でも、撮影するカメラ、位置、角度によっては、得られる写真が異なる。しかし、写真上の見かけそのものが異なっても、同じ人は同じ人として認識される。それは見かけに依らない元の3次元形状の不変性があるからである。本著書では、同じ3次元形状を異なる地点、異なる方向、或いは異なる時間で撮影して得られた画像間の幾何関係を定式化し、かつその幾何

関係、即ちエピポーラ幾何を用いて、従来別々の枠組みで扱われてきた、コンピュータビジョンの根本問題である両眼視、運動視と物体認識の諸問題を統一的に扱う枠組みを提案する。

エピポーラ幾何の定式化自身は画像情報の基礎理論であるが、その応用は画像理解にとどまらず、画像圧縮、画像通信、パターン認識、ロボティクス、ヒューマンインターフェース等の分野に広がりつつあり、今後ますます注目されていくと思われる。

2 研究経過

本研究は画像間の対応に基づく物体認識から始まったものである。そこから、エピポーラ方程式が得られた。このエピポーラ方程式を用いて、複数運動の分割が可能との認識に至り、更に両眼視、運動視と物体認識などの多重画像における対応と分割問題を統一的に扱うことができるという枠組みの提起に到ったのである。

多重画像は、両眼で得られたものも、異なる時間（場所）で得られたものも、画像間に相違がある。即ち、同じ世界でも写っている画像は微妙に異なってしまう。その違いを用いて、三次元世界を二次元の画像から知覚することができると考えられているのである。すると、異なる画像において、どの点とどの点が3次元世界の同じ点に対応しているのかという対応問題が存在する。そして、この対応問題は、3次元知覚に不可欠とされている。

従来は、両眼視、運動視と物体認識では、別々のやり方で対応をとっていると一般的にされていた。しかし、本研究で示すように、どの多重画像の問題でもエピポーラ幾何を通じて、共通の枠組みで扱うことができる。これにより、問題が簡略化され、定式化も容易になり、更に対応の高速化も可能となる。

そこで、本研究は以下のステップを踏んで進めてきた。

まず、同じ3次元世界を見ている異なるカメラ位置による画像間の幾

何関係（エピポーラ幾何）の定式化から始まり、エピポーラ幾何学の厳密な体系化を行った。次に、画像が与えられた時に、画像からエピポーラ方程式を求めるアルゴリズムを提案し、実験で確かめた。その時のエピポーラ方程式の安定的抽出や誤差の分析を行った。また、求められたエピポーラ方程式を用いて、画像上の違いを水平線上の変位のみとなるように画像を整列する方法を考案し、一次元の対応問題に問題を簡略化した。最後に画像の対応と分割を行った。

3 研究成果

本研究の成果は以下の四つである。

- 1、エピポーラ幾何の定式化
- 2、画像からエピポーラ方程式を復元するアルゴリズム
- 3、エピポーラ方程式を用いた画像の整列
- 4、エピポーラ方程式による対応と分割

1、は基礎的なもので、多くの分野での利用が可能である。数学としても意味がある。2、はエピポーラ方程式を実際に求めるためのアルゴリズムであり、一般的に利用できるものである。3、と4、は本研究の目的に上げたものであり、従来別々に扱われてきた両眼視、運動視と物体認識の諸問題を統一的に扱う枠組みを与えた。

また、研究成果は単行本、本の一章、雑誌論文などとしてまとめられ、出版されている。

4 今後の課題と発展

本研究の成果は画像からエピポーラ幾何を復元し、それを画像間の対応と分割に使うことであり、多くの問題に実用が可能である。この方面での研究を今後更に進めていく予定である。本研究は多重画像解析一般に新しい枠組みを与えるため、従来の多くの研究がこれを取り入れることができると考えられる。従来の各々研究が見直されるだけでなく、視覚心理学、生理学、ロボットビジョン、自立ロボット誘導、ヒューマンインタフェース、画像通信などへ応用の可能性もある。

5 発表論文リスト

Gang Xu: "Unification of Stereo, Motion and Object Recognition Under Epipolar Geometry", Invited paper, Proc of 2nd Asian Conference on Computer Vision, 1995

Gang Xu and Zhengyou Zhang: Epipolar Geometry in Stereo, Motion and Object Recognition: A Unified Approach, Kluwer Academic Publishers, 1996

Gang Xu: "Unifying Stereo, Motion and Object Recognition Under Epipolar Geometry", Recent Developments in Computer Vision, eds S. Li et al, Lecture Notes on Computer Science, No.1035, Springer-Verlag, 1996

Gang Xu and Saburo Tsuji, "Correspondence and Segmentation of Mul-

iple Rigid Motions via Epipolar Geometry", Proc of 13th International Conference on Pattern Recognition, pp.A213-217, 1996

Gang Xu: "A Unified Approach to Image Matching and Segmentation in Stereo, Motion and Object Recognition via Recovery of Epipolar Geometry", VIDERE: A Journal of Computer Vision Research, Vol.1, No.1, 1997

Zhengyou Zhang and Gang Xu: "A General Expression of the Fundamental Matrix for Both Perspective and Affine Cameras", Proc of 15th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1997

Qifa Ke, Gang Xu and Song De Ma, "Recovering Epipolar Geometry by Reactive Tabu Search", Proc of 6th International Conference on Computer Vision", Jan. 1998

Gang Xu and Noriko Sugimoto: "A Simple Linear Algorithm for Motion from Three Weak Perspective Images Using Euler Angles", Proc of 3rd Asian Conference on Computer Vision, Jan. 1998

徐剛:"コンピュータビジョンにおけるエピポーラ幾何"、松山等編著:コンピュータビジョンの最新動向(仮称)、1998年始め出版予定