

Geometry-based Vision と VR の接点

池 内 克 史†

1. はじめに

コンピュータビジョンの研究分野を大別すると、明るさ解析や表面反射特性測定といった光学と深い関係のある分野と、両眼立体視や投影形状からの3次元形状再現といった幾何学に関連する分野に大別することができる。この両者ともロボティクス、インスペクション、マルチメディアなど広い応用分野があるが、CG や VR 分野における応用例が最近目立つようになってきた。前回の研究会論文誌では、光学に関連した分野と CG の境界領域に注目し、そこでの最新の論文を収録した。明るさ解析のもととなる反射モデル、それに基づく見えの生成、ならびに影計算などの論文が収録された。これと対をなすものとして、今回は幾何学と VR 分野に関連する研究に光をあてた。

2. 両眼立体視と射影幾何学

幾何学に関連する大きな分野として、2枚以上の画像をカメラ位置を変えて撮像し、画像間の特徴点の見えの角度の差違から各特徴点の3次元位置を復元する両眼立体視がある。人間は左右の目を持ち、両眼立体視に基づき3次元世界を認識している。このため、両眼立体視の理論は、コンピュータビジョンの黎明期、古くは1970年代から研究されてきた。初期の段階では、計算機の性能も低かったため、どのような特徴点を使用するのが効率的かとか、いかに対応点を効率良く見つけるかといったアルゴリズム的な論点が多く、ともすればアドホックな議論を展開した論文が多かった。

1990年代に入りこの分野に非ユークリッド幾何の理論を導入することで見通しのよい理論が構築できることが示された。さらに、投影された画像から原型(ユークリッド幾何形状)を復元するのではなく、投影された画像を違った方向から投影された画像(非ユークリッド幾何形状)に変換するための理論が数多く提案された。この変換を用いて仮想現実感システムが構築できるため、数多くの研究論文が発表された。

非ユークリッド幾何学の一部である射影幾何学の理

論を用いれば、カメラパラメータが未知の状況でもある程度の3次元形状の復元が可能になる。金谷らによる「未校正カメラによる2画像からの3次元復元とその信頼性評価」は、焦点距離が未知のカメラで撮影した2枚の画像の対応点から統計的に最適な3次元形状を復元するとともに、その形状の信頼性を評価している。この論文で中心的役割を果たすのが2つのカメラの関係を示す、基礎行列式と呼ばれるものである。この基礎行列式こそが、近代的なステレオ理論で中心的役割を果たすものでもあった。

この基礎行列式は、2つのカメラ間で、8組以上の点の対応が得られていると求められる。さらに、この基礎行列式が求まれば、1つのカメラ画像上での1点を、その3次元位置を知ることなく、2番目のカメラ画像上の点に変換できる。この特性を利用し、矢口らは「未校正多視点カメラシステムを用いた任意視点画像の生成」なる論文で、各テレビカメラ自体のキャリブレーションをせず、単に対応点を知るだけで、多数のカメラによる画像から任意視点での画像を生成する手法を提案している。

3. 両眼立体視と VR

両眼立体視を VR へ応用するためには実時間処理が必要になり、ハード化が必須である。実時間ハード化両眼立体視では画面全体で一様な処理が行えることが好ましい。そのため、対応点探索のために画面全体で、対象とする正方領域(窓)と同じ輝度分布を持つ領域を探すという領域ベースの両眼立体視が有利になる。これまでの領域ベースの両眼立体視は、両画像間の窓の間に輝度分布に変化はないと仮定して対応付けを行ってきた。しかし、実際は物体の局所勾配によって対応領域間の輝度分布が発生し、これが対応付けを悪化させる。服部による「物体表面の勾配を考慮したステレオマッチング」は、物体表面の局所勾配を考慮したマッチング法を用いて精度を向上させることを提案している。

一般に、両眼立体視の精度を向上させるためには、これを多視点とするのが有利である。多視点画像から精度良く物体の3次元形状を復元する手法として、空間を小区画に分割し各視線がどの小区画を通過するか

† 東京大学大学院情報学環(生産技術研究所)

を調べて、これを求める方法が提案されている。この手法の1つに、視体積交差法がある。1つの視点からのシルエットにより、もとの3次元空間に、その視点を頂点先のシルエットと頂点を結ぶ面を側面とする多角錐(視体積)が定義できる。多視点からの複数のシルエットが得られた場合、これらの多角錐(視体積)の交差が3次元物体を表現する。Wuらによる「平面間透視投影を用いた並列視体積交差法」は、視体積交差法を高速化するため、空間中の水平断面での交差多角形を計算することを提案している。これにより、処理が2次元平面(シルエット)の2次元平面(断面)となる。空間解像度が3cmのボクセルで、ビデオレートに近い速度での復元ができたと報告している。

先の多視点画像では、対象の物体を周辺から眺めることにより観測空間内のイベントを再現しようとした。一方、中心から見て、周辺のイベントを再現するという要求もある。この目的のため、放物面鏡をカメラの前に置き、周囲の画像をとれるようにしたパノラマカメラが目目されている。島村、横矢らのグループはこの全周パノラマ画像開発の初期からそれにあたってきた。本論文「全周パノラマステレオ画像とCGモデルの合成による複合現実環境の構築」では、解像度を維持しながらステレオ画像がとれるパノラマセンサーを入力装置としいる。先の放物面鏡をカメラの前に置く方式では、画像1枚で全面の画像をとるため解像度が

低下するという問題点があった。これを救うために、6個のカメラと6角錐ミラーを用いることで解像度の高い全周画像を得られるようにしている。このシステムを2組用意することで、全周パノラマステレオを実現した。このシステムを利用し、全周距離画像を生成し、全周実環境モデルを構築する。さらに全周実環境モデルにCGモデルを合成することによって、仮想物体に対するインタラクションが可能な複合現実空間を構築している。

4. おわりに

以上第2号「Geometry-based VisionとVRの接点」の採録論文と研究動向の流れを見てきた。最後に、今回もこの号を予定どおり発行することができた。これはひとえに編集委員の諸氏の努力のたまものである。各編集委員の努力に報いるために、本研究会論文誌では、各採録論文には担当編集委員の名前を入れることとした。

次号では、3月に行われた全周パノラマテーマセッションと連動してこのトピックの特集を組む予定である。そこでは、各個別手法を記述する論文のほか、各チームで行われている研究を総括的に記述した総合論文や、全体の流れを見わたす解説論文も掲載する予定である。今後とも、この研究会論文誌の発展を見守っていただきたい。