OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	連続画像からの環境構造とカメラ運動の推定
Author(s)	陳, 謙
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3087961
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【45】

氏名	陳謙（ちんけん）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 10274 号
学位授与年月日	平成4年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科 物理系専攻
学位論文名	**連続画像からの環境構造とカメラ運動の推定**
論文審査委員	(主査) 教授 辻 三郎 (副査) 教授 井口 政士　教授 谷内田正彦

論文内容の要旨

本論文は，連続画像から環境構造及びカメラ運動の推定の研究について述べる。ロボットに“目”（カメラ）を持たせる目的は，環境内の物体の形状や相対的位置関係を測定し，またロボット自身の動きを知る能力を持たせることである。この能力の実現を目的とする研究の中心課題は，カメラで撮像した画像から環境の3次元構造及びカメラ運動の推定である。

従来の研究は，シーンから画像への投影を中心射影で表現し，静止環境に対して画像内の特徴点の動きからカメラ運動と特徴点までの距離を算定する。しかし，実画像に適用すると画像ノイズの影響によって算定された距離の誤差が大きい。そのため，滑らかなカメラ運動という条件の下で多数回の観測結果を融合してノイズの影響を抑え，推定の信頼性を向上させる研究がなされた。

しかし，この方法で環境内の物体形状を推定するには問題がある，特にカメラから物体までの距離が遠いと形状推定は不正確になる。画像の分解能に基づく距離算定の誤差は，距離が遠くなると急速に増大する，従って，遠距離にある物体形状をこのような大きい誤差のある距離情報から算定しても，信頼性のある結果を得ることは難しい。

物体までの距離が物体サイズに比べて十分大きいと，シーンから画像への投影は平行射影で近似できる。平行射影の利点の線形性を利用し，多数回の観測から物体形状とカメラ運動を信頼性高く推定する。しかし，現実の世界での撮像条件が平行を射影を満足するとは限らず，むしろ希であると考えられる。

一方，カメラ運動が制御可能の場合，ある拘束条件の下にカメラを動かし，カメラの運動情報を利用して物体の形状を抽出する研究がなされた，しかし現実には，特に移動ロボットの場合，カメラの運動が自由で精密に制御できることは希であると考えられ，この方法の応用範囲は限られている。

本論文は，一般化した撮像条件のもとで信頼性高く物体形状とカメラ運動を推定する方法を提案する。この方法の適用条件としては，(1)環境にある動物体の数が少ないこと，(2)動画像解析に伝統的に用いられたカメラ運動の平滑性，すなわちカメラ運動の並進・回転の両成分が急激には変わらないことを用いる。本論文は，一般的なシーンに対して形状推定をするため，以下のアプローチで研究した。

1．動物体の抽出

2．静止物体の形状とカメラの運動の推定

a．深さ範囲が狭いシーン

b．一般のシーン

動物体の抽出はロボットの環境理解に有用な機能の一つである。本研究では，大多数の物体が静止しているという条件を利用して，画像画上の動物体の像の動きと静止物体の像の動きの違いから動物体を抽出する。

静止物体の形状とカメラ運動を求める時，まずシーンの深さ範囲が狭いと仮定する。この場合，シーンからカメラへの投影は平行射影で近似できる。カメラ運動が滑らかという条件から，短い時間範囲での平行射影パラメータの変化は小さいと考えられる。画像列を短いサブ画像列に分割すれば，個々のサブ画像列におけるカメラの投影関係は一つの平行射影で近似でき，平行射影の線形性を利用して物体形状を推定できる。次に推定された形状は不変という条件を用いて，サブ画像列間の平行射影のパラメータの変化，即ち深さ方向の変化と回転角度の変化を個々のサブ画像列で求め，物体形状とカメラ運動が推定できる。

深さ範囲が広い一般的シーンに本手法を適用すると，得られた形状情報には歪がある，しかし，特徴点の大まかな配置を知ることができる。この情報を利用して，シーンを分割し，ほぼ深さが一定のグループに分割する。個々のグループに対して上記の手法を用いると，各グループの形状とカメラ運動が計算できる。グループ間のパラメータの変化，即ちスケールファクタの変化，座標原点位置の変化と座標軸の回転角度の変化を，算定されたカメラ運動は不変という条件を利用して求め，各グループの形状をひとつに融合し，シーン全体の形状を獲得することができる。このシーンの構造をカメラ運動を初期値として，ニュートン法を利用して投影の非線形方程式を解くことにより，正確な環境構造とカメラ運動を推定できる。

同じ方法を動物体に適用すると動物体の形状及び動物体とカメラ間の相対運動が求められる。この運動情報と静止物体に対するカメラの運動情報を利用して動物体の動きを算定できる。

論文審査の結果の要旨

移動するカメラが連続撮像した画像列を解析し，環境内の物体の形状，配置とカメラ運動を推定する問題は，コンピータビジョン研究の重要な課題として，多くの人が研究している。代表的な手法は，シーンから画像への投影を中心射影で表現し，静止環境を仮定して画像内の特徴点の動きからカメラ運動と

特徴点までの距離を算定する。しかし，画像ノイズの影響によって算定距離に誤差を生じ，そのため環境内の物体形状推定には問題がある。画像の分解能による距離算定の誤差は，距離が遠くなるに従って急速に増大するので，遠距離にある物体の形状は，この手法で推定することは難しい。

物体までの距離が，物体の大きさに比べて十分大きいと，シーンから画像への投影は直交射影で近似できる。直交射影の線形性を利用し，多数回の観測から物体形状とカメラ運動を信頼性高く推定する方法が，最近提案された。しかし現実世界で撮像条件が直交射影を満足することは限らず，この手法の適用範囲は限られている。

本論文は，上述した手法を一般化した撮像条件で適用てぎるように拡張した。この方法は，(1)環境内にある動物体の数が少なく，(2)カメラは水平面上を平滑に動く，すなわちカメラ運動の並進，回転の両成分が急激に変らない，(3)画像内のX 軸上の特徴点の動きが追跡できることを仮定し，X 軸を含む水平面で切断した物体形状とカメラ運動を特徴点から算定する。

まず，物体とカメラの距離に比べて物体の深さ範囲が狭いと仮定する。シーンから画像への投影は直交射影と近似できる。カメラ運動が滑らかという条件から，短い時間範囲では。この条件が保たれ，直交射影の線形状を利用した形状推定ができる。従って画像列を短いサブ画像列に分割し，個々のサブ画像列で求めた結果に物体形状が不変という条件を適用して直交射影のパラメータの変化，すなわち深さ方向と回転角度の変化を求め，物体形状とカメラ運動を推定できる。なお，シーンに動物体が存在すると，各サブ画像列で雑音行列の成分のうち他に比べて大きな値を持つものとして検出される。

深さ範囲が広い一般的シーンに本方法を適用すると，得られた形状には歪があるが，特徴点の大まかな配置は知ることができる。これを利用して，シーンを分割し，ほゞ深さが一定のグループに分割する。個々のグループに上記の手法を適用して，各グループの形状とカメラ運動を算定する。グループ間のパラメータの変化をカメラ運動は共通という条件を用いて融合し，シーンの形状を算出する，このシーン構造とカメラ運動を初期値として，ニュートン法を利用して投影の非線形方程式を解き，正確な環境構造とカメラ運動を推定する。

本論文では，上記の理論をコンピュータシミレーションにより検証し，その有効性を示した。以上，本論文は情報科学，ロボット工学の発展に寄与するところが多く，よって博士（工学）の論文として価値あるものと認める。