

# 運動法則に基づいた映像からの運動モデリング

Motion Modeling from Image Sequence based on the Laws of Motion

岡田 尚基<sup>1</sup>  
Naoki OKADA

船富 卓哉<sup>2</sup>  
Takuya FUNATOMI

飯山 将晃<sup>3</sup>  
Masaaki IYAMA

角所 考<sup>3</sup>  
Koh KAKUSHO

美濃 導彦<sup>3</sup>  
Michihiko MINOH

京都大学工学部<sup>1</sup>

Faculty of Engineering, Kyoto University

京都大学大学院情報学研究所<sup>2</sup>

Graduate School of Informatics, Kyoto University

京都大学学術情報メディアセンター<sup>3</sup>

Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University

## 1 はじめに

物体が運動している映像からその運動を推定する問題において、従来研究では画像上での物体の位置や大きさ、物体上の特徴点等から各時刻における物体の3次元位置や回転をそれぞれ個別に求めたり、さらにそれらを滑らかに補間するという手法がとられてきた[1]。しかし、画像の解像度や物体の特徴点抽出の難しさ等から画像中の物体の大きさや特徴点の位置が正確に求まらない場合も多い。これに対し、物体は全て運動法則に基づいて運動していることから、運動推定結果の利用目的に応じてその運動をモデル化し、映像を時系列情報として利用することでその運動を推定する手法も考えられる。このとき運動モデルは運動推定結果の用途に十分なパラメータによって記述されており、かつそれらの間には定められた運動法則による制約が存在する。このため、運動推定においてこのような運動モデルを用いることで全ての観測画像からの情報が同じ一組のモデルパラメータ推定値として蓄積、集約されることにより、従来個別に推定していた各時刻毎の並進運動や回転運動を結びつけることができ、観測したパラメータから未観測のパラメータを求めることができるようになる。そこで本研究では、ボールの並進回転運動を取り上げ、映像内の物体の速度や回転といった運動をモデル獲得により推定し、CGで強調することを具体例としてこの手法の有効性を検証する。

## 2 運動モデルの利用

対象は剛体運動を行うボールとし、観測データは映像の各フレーム上でのボールの中心位置とする。ただしカメラパラメータ（焦点距離、床面に対する位置・向き）は既知とする。これらの観測データをもとにモデルの獲得を行い、ボールの3次元位置、速度、回転を運動として推定する。ボールの運動では運動法則のうち重力、空気抵抗、回転による揚力、摩擦のある非弾性衝突をモデルに含める。推定するモデルパラメータは、空気抵抗の影響の大きさを表す抗力係数 $C_D$ 、床との反発係数 $e$ 、及び動摩擦係数 $\mu$ 、映像の最初のフレームにおける3次元の位置 $r_0$ 、速度 $v_0$ 、角速度 $\omega_0$ とする。モデルパラメータから運動を求めるには物理シミュレータ[2]を利用し、求めた運動の軌跡のカメラへの投影像と観測データとのフレーム毎のユークリッド距離の2乗和を評価関数とし、Powell法でこれの最小化を行うことによりモデルを獲得し運動を推定する。

## 3 実験結果

本手法によるモデル獲得とそれを用いた運動推定の有効性を検証するため、シミュレーション実験を行った。観測データとして図1に示す軌跡A,Bを与え各々運動モデルの獲得を行った。この2つの運動のモデルパラメータは初期角速度を除き全て同じである。表1に入力した軌跡のモデルパラメータと推定したモデルパラメータの値を比較したものを示す。

表1 推定結果比較

	入力値	軌跡A 推定値	軌跡B 推定値
$C_D$	0.3	0.131	0.437
$e$	0.7	0.683	0.697
$\mu$	0.3	0.287	0.296
$r_0$	(-2.5, 1, 4)	(-2.43, 1.00, 3.89)	(-2.52, 1.00, 4.04)
$v_0$	(5, -1, -3)	(4.78, -0.934, -2.71)	(5.12, -0.997, -3.15)
$\omega_0$	(-5, 5, 5)	(-6.57, 5.13, 5.04)	-
	(-10, 10, 10)	-	(-9.72, 9.64, 9.66)

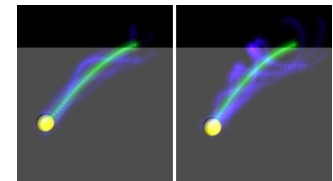
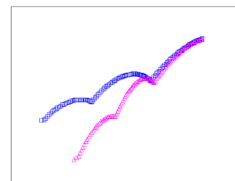


図1 軌跡(左上:A,右下:B) 図2 重畳画像(左:A,右:B)

観測データとして回転を直接推定できるような画像情報を与えていないにもかかわらず、軌跡の違いから推定された回転の違いが生じており、それぞれの推定結果は矛盾なく画像上での運動を再現するものとなっている。推定結果をもとに運動を強調するCGを重畳した結果が図2である。軌跡Aでは回転が小さいため回転を表すCGはほとんど重畳されていないが、軌跡Bでは回転が大きいため回転により飛び散るCGが重畳されている。本稿では、映像中の物体の運動の軌跡から運動モデルを獲得し、それを用いて未観測の運動を推定する手法を提案した。

## 参考文献

- [1] David G. Lowe, "Robust Model-based Motion Tracking Through the Integration of Search and Estimation", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 8, Issue 2, pp. 113-122, 1992.
- [2] AGEIA PhysX(<http://www.ageia.com/index.html>)