

物体の運動分類とそれを用いた軟質変形動画像描画

5D-1

宮田 勇一 村尾 洋 榎本 肇

芝浦工業大学

1 はじめに

物体には、自分自身は変形しない剛体と自分自身が変形する軟質体の2種類がある。剛体は全体がまとまって形を崩さず運動するが、軟質体は剛体の運動に加えて元の形を崩すような動きもする。剛体と軟質体の運動はこの点で異なっている。

しかし、剛体の運動も軟質体の運動も“運動”という大きな枠組で1つのものとしてとらえた方がより自然である。このことをふまえ、剛体の動画像と軟質体の動画像を同一の手順で描画できることについて述べる。

2 物体の運動分類

3次元空間内でのある物体の動きを2次元平面(画面)上で表現すると、その2次元平面上での動きは、ある要素的な運動(これを要素運動と定義する)の組み合わせで成り立っている。従って、動画像を描画する時にはそれぞれの要素運動のませ合わせ具合を時間に沿って変えれば、任意の動きをする動画像を描画することができる。要素運動には剛体のものと軟質体のものがあり、それぞれが互いに独立なものとして以下のように細かく分けられる。

1. 剛体運動^[1]
 - 1.a 並進運動
 - 1.b 拡大・縮小(距離の遠近による)
 - 1.c 鉛直軸回転
 - 1.d 面内軸回転
2. 軟質体運動
 - 2.a 変形についてある規則を持った軟質体運動
 - 2.b 変形について全く規則のない軟質体運動

並進運動、拡大・縮小(距離の遠近による)、鉛直軸回転は affine 変換で表すことができる。面内軸回転は、表側の画像が裏側に隠れ、裏側の画像が表側に現れる回転であり、奥行き情報(Zデータ)を与えれば affine 変換で表すことができる^[1]。変形についてある規則を持った軟質体運動の例としてしゃぼん玉の変形が挙げられる。しゃぼん玉は、どこかがへこめばどこかがふくらみ、体積が一定であるような変形をする。この場合、体積が一定であることが変形の規則になる。このような規則のある変形にはせん断や等角写像が応用でき、affine 変換で表せるものと表せないものがある。変形について全く規則のない軟質体運動は、画像が部分的に自由な伸び縮みを起こすもので、affine 変換では表せない。

3 motion vector の導入

1枚の画像を構成している個々の構成要素の画像を要素画像と呼ぶ。例えば皿の上がりんとバナナが乗って

いる画像があったなら、この画像を構成しているりんご、バナナ、皿の画像それぞれが要素画像である。

動画像における各フレーム間で、要素画像の各点の移動は距離と向きを持つ。よって、この移動をベクトル量としてとらえ、motion vector と定義する。このベクトルは要素画像上にベクトル場を生成し、フレーム間時間当たりの各点の移動を表しており、近似的に動画像の任意の動きを表現できる。

2章により、任意の動きが要素運動の組み合わせで成り立つなら、motion vector は個々の要素運動を表すベクトルの和になっている。そして、motion vector を個々の要素運動のベクトルに分解することができ、分解されたベクトルも要素画像上にベクトル場を作っている。

特に、motion vector のつくるベクトル場を個々の要素運動ごとに分解したうちの軟質変形(規則のあるものと規則のないものの両方とも)のベクトル場に注目すれば、このベクトル場の発散と回転は0でない値をとる。

4 軟質変形動画像描画

ここで、動画像を描画する具体的な手順を示す。motion vector を用いて動画像を描画する方法では、ユーザが画像に剛体運動をさせるような motion vector を入力すれば剛体運動をする動画像が描画できるし、軟質体運動をさせるような motion vector が入力されたなら、軟質体運動をする動画像が描画できる。しかし、軟質変形をより意識した方法であるといえるので、特に軟質変形動画像描画について説明する。

4.1 軟質変形動画像描画の方法

動画像を描画するために、まずユーザは動画像の元となる要素画像の輪郭形状の特徴的な部分に点を打つ。この点を輪郭の主要点と呼ぶ。次にシステム側は、入力された主要点を結ぶように線を引く。次にユーザは、輪郭の各主要点がどの向きにどのくらい動くのかを motion vector で指定する。motion vector は、motion diagram 上で決定される。次にシステム側で、システム側で引いた輪郭線に沿って motion vector を補間し、さらに輪郭線上で補間されたベクトルをもとにして水平方向に motion vector を補間する。こうして、要素画像上に motion vector のベクトル場が生成できる。

しかし、これでは水平方向にしか補間していないため、垂直方向の連続性は保障されない。そこで、横方向に補間されたベクトル場から affine 変換の係数を求め、その係数を用いて affine 変換で生成できるベクトル場を取り除き、affine 変換の数式を使ってこの分のベクトル場を再生成する。残った、affine 変換で計算できない成分(軟質変形分)については、このベクトル場の発散と回転が0でないという条件から発散と回転がある定数になると仮定して、偏微分方程式を数値的に解いてベクトル場を平滑化し、水平方向と垂直方向の連続性をもったベクトル場に修正する。このベクトル場に、affine 変換により再生成されたベクトル場を加え合わせて合成する。これによって水平方向にも垂直方向にも連続である motion vector のベクトル場を得る。この作業を、動画像が特徴的な動きをする時点(主要時点)について繰り返す(図

Motion classification and painting flexibly moving pictures using it

Yuuichi Miyata, Yo Murao, Hajime Enomoto
Shibaura Institute of Technology

1)。

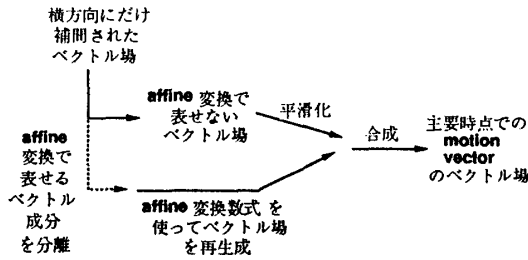


図 1: 主要時点での motion vector のベクトル場生成手順

全主要時点のベクトル場が生成されたなら、システム側でそれを時間軸に沿って補間し、主要時点間のベクトル場を生成していく(図2)。これにより、各時点の画像を生成するにはどのように元になる要素画像の各点を移動させればよいかを得られ、軟質変形動画像が描画できる。

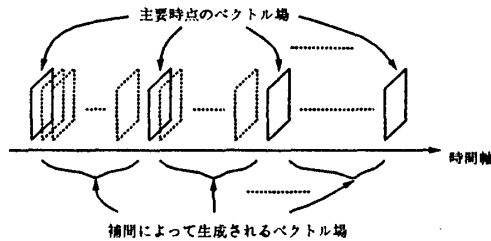


図 2: 時間軸に沿ったベクトル場の補間手順

5 軟質変形の領域分割について

イメージスキャナ等で入力した人間の顔画像に笑いや怒りなどの表情を持たせることを考える。顔画像に表情を持たせるには、顔面の凹凸を分割する分割線によって囲まれる領域(支配領域^[2](図3))に軟質体運動をさせればよい。

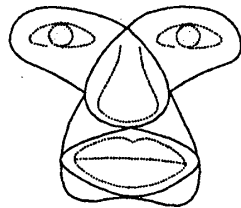


図 3: 顔の支配領域(実線部)

例えば、ある顔画像にある表情を持たせるために目尻を下げる(図4)。そのために、4.1章に述べた方法により分割線の各主要点に目尻を下げるような motion vector を与えればよい。こうして分割線で囲まれた目の支配領域内では、連続性が保たれた軟質変形ができる。しかし、支配領域内でのみ motion vector が生成されているので、図4の変形後の画像のBの部分では画像データが失われる。また、軟質変形によって他の部分から画像データが移ってきた場所と、移動が起きなかった場所の境界では画像データの連続性が失われる。これは図4のD、E間の部分にあたる。しかし現実には、顔の支配領域が移動すればその影響を受けて支配領域の近傍も移動する。よって、領域の境界部分で不連続が起きないように考慮する必要がある。

いま、この目の支配領域の変形に affine 変換のせん断をあてはめると、領域内にはせん断で表せる motion vector のベクトル場が生成される。

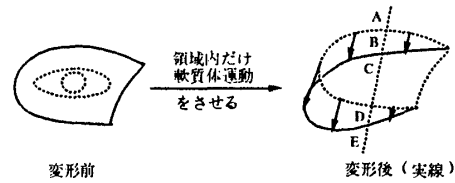


図 4: 目尻を下げる

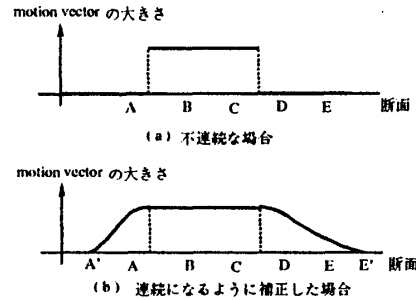


図 5: 断面上の motion vector の大きさ(せん断を用いた場合)

図4の断面A、B、C、D、E、の motion vector の大きさは図5(a)のように領域内では一定、領域外では0である。また、領域の境界部では不連続が起きる。これを補正するため、領域外に motion vector の大きさが0になる点A'、E'を設定し、ユーザが指定した領域の境界の motion vector の大きさと新たに設定した2点の motion vector の大きさを図5(b)のようになめらかにつなげば、画像データの欠陥や不連続が避けられる。従って、ユーザが指定した領域の外側に motion vector の大きさが初めて0になる境界をシステム側で生成し、新たな領域をつくる。そして、システム側では新たに生成した領域を扱い、この領域内で軟質変形のベクトル場を生成すれば連続性を保った軟質変形動画像が描画できる。

6 まとめ

画面上の任意の物体の任意の運動は6つの要素運動から成り立っていることを示した。また、動画像描画時に motion vector を導入し、要素画像上にベクトル場を生成する。運動の分類に従いこのベクトル場を剛体運動分と軟質体運動分(affine変換で計算できる分と affine 変換で計算できない分)に分離し、affine 変換で計算し直したベクトル場と偏微分方程式を数値的に解いて平滑化を行ったベクトル場を加え合わせている。affine 変換で計算できるベクトル場の成分を分離してからそれぞれを再生成と平滑化のように処理を分けた方が、数値解法の収束が速くなるので計算時間が短縮できると共に、水平方向にも垂直方向にも連続性が高い、いい結果が得られる。そしてそれを時間軸に沿って補間することで、動画像が描画できる。

なお、本論文の顔画像の研究については、情報構造工学研究室の学生である秋葉 俊之氏、菅間 英夫氏の多大なる協力があったことを感謝いたします。

文献

[1] 猪野、宮本、村尾、榎本：“構造ネットワークによる静止画と動画像の統合” 情報処理学会第48回全国大会 7U-4 1994.3
 [2] 平井、青木、村尾、榎本：“Extensible-WELLにおける制約処理” 情報処理学会第50回全国大会 2L-2 1995.3
 [3] 基礎流体力学編集委員会編：“基礎 流体力学” 産業図書 1989