

## 二次元オブジェクトの変形の一方法

A implementation about deformation of two-dimensional object

嶋田 憲央† 柳瀬 龍郎† 田村 信介† 谷口 秀次†

Norio Shimada Tatsuro Yanase Shinsuke Tamura Shuji Taniguchi

## 1. はじめに

バネモデルによる弾性体の変形に関する研究は古くから行われている。しかし、外力よらない変形のモデルについてはほとんど見られない。しかし、バイオメカニクスにおいては自発する変形のモデルは多数見ることができるが、まず人体を形成する筋肉、くらげやタコなどの軟体動物の組織など、本研究では外力によらない自ら変形する二次元あるいは三次元オブジェクトの変形の方法について検討、提案し、簡単なモデルを実装し、CG表現したので報告する。

基本的には、反復配置された要素（ここではノードと呼ぶ）が相互にバネによって結合されていると考える、特殊なノードのセルラーオートマトンである。ただし、物理的相互結合の関係は変わらないものとし、各ノードの座標は変位する。当然そのための情報は近傍ノードからのみ入力されるものとする。

## 2. CG 出力システム

## 2.1 システムの概要

アプリケーションコードにて関数を記述するだけで簡単にCGが出力できるシステムについて少し説明を行う。メインプロセスとは別のCG出力用プロセス「CGS」を、メインプロセスにおいて `gprintf` という関数の呼び出しにより起動し、メインから受け取った表示データを用いてCG出力を行う。 `gprintf` 関数内では、CGSの起動、CGSとのソケット通信の接続、送受信などを行っている。

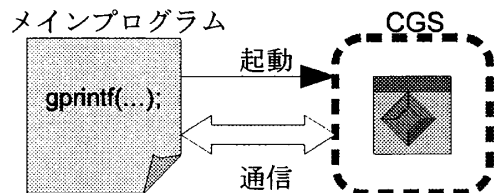


図1:CG出力システムの概要

## 2.2 CGSの機能

CGSの主な機能は、

- ・CG出力用ウィンドウを生成
- ・CGを出力する(座標点を頂点とする面を出力)
- ・作成したCGオブジェクトをメインアプリケーションの実行とは独立してマウスで対話的に視点変更することができる。アプリケーションコードに特に記述しなくてよい。
- ・再度関数が呼ばれた時、CG出力用ウィンドウを作り直さずCGオブジェクトのみを上書きする等である。

## 2.3 CG出力関数の文脈

出力のためのAPIのシンタックスを次に記す。

```
void gprintf(int type, int line, int row,
             int text, float color[], float point[][]);
```

type : 表示形式  
line : CGデータの行数 (pointの2次元目の要素数)  
row : CGデータの列数 (pointの3次元目の要素数)  
text : テキスト表示のON、OFF  
color : CGの色データ (1次元配列で要素はRGBA)  
point : CGの座標データ (3次元配列で、[xyzの区別][行番号][列番号]の順)

## 3. バネモデル

オブジェクトを構成するノード群を結合するのはバネとし、全体をバネモデルで形作る。変形を作り出すノードの座標の計算はある微小時間の間にノードに接続されるすべてのバネの合成力を計算し、ノード自身の加速度を算出して微小時間後にノードがどれだけ変位するかを計算する。

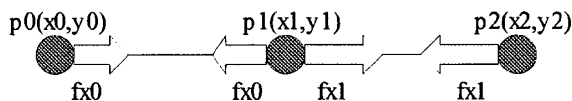


図2:1次元バネモデル

今回、オブジェクトは図3のように各ノードが三角形格子にて結合構成されたモデルを用いる。三次元の場合、稠密立方格子(ダイヤモンド格子)とする。これは直接に接する近傍ノードがすべて物理的等距離になる利点がある。

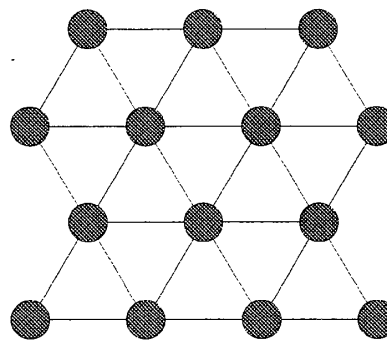


図3:オブジェクトの構成

## 4. オブジェクトの変形

バネモデルで構成されたオブジェクトを、外部からの力によって変形させるのではなく、オブジェクト自身が伸縮し、変形するメカニズムについて検討し、導入する。各々のノードは興奮と沈静の状態を時間的経過とともに遷移する。この状態はバネを通して隣り合ったノードに閾値を通して伝播する。バイオメカニズムにおいては、くらげなどのように弾性体が外力によらず変形する例は

† 福井大学工学研究科

多く見ることができるが、本モデルにてシミュレートが可能となると考えられる。

#### 4. 1 興奮

ノードのうちのひとつが、ある時を境に興奮状態になり、収縮する。そのノードから接続しているすべてのバネを、現在の長さはそのままだが自然長のみを短くすることで収縮力を発現している。こうすることで、バネは伸びた状態から、自然長に近づこうとしてそのノードに向かって収縮しようとする。

#### 4. 2 興奮の伝播

オブジェクトのノードの興奮は、一定時間が経つと隣のノードに伝播していく。ノードにはそれぞれ固有の興奮時間と伝播の閾値を持つ。沈静状態にあるノードは、自身の閾値を隣接するノードが超えると、興奮が始まる。全ノードの中にはいくつかスペシャルなノードが存在し、通常のノードに比べて高速で興奮を伝播する。

#### 4. 3 沈静

興奮状態になり収縮したノードはその後沈静化し、元の大きさに戻ろうとする。沈静化はオブジェクトの一番外側のノードから発生する。沈静も興奮と同様に、隣のノードの状態を情報として受け取り伝播していく。すなわち、外側のノードに比べて内側のノードは興奮状態が長く続くことになる。

一回のみの興奮であれば一過性の変形であるが、あるひとつのノードが興奮と沈静化の動作を繰り返すことで、あたかも心臓が鼓動するかのようにオブジェクト全体が収縮、弛緩の変形を反復する。

#### 4. 4 興奮・沈静伝播の例

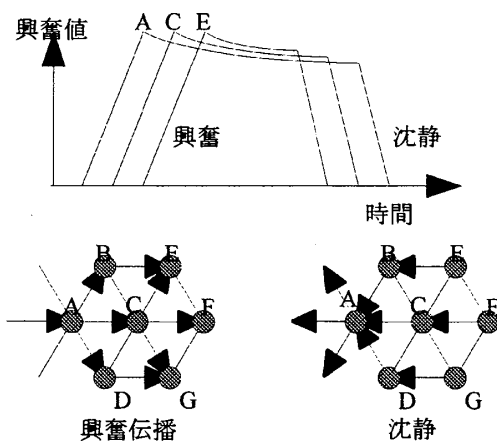


図4:興奮伝播と沈静の過程

図4は興奮と沈静の様子である。今、A,B,C,Dはオブジェクトの内部にあるノードであり、E,F,Gはオブジェクトの最も外側に位置するノードであるとする。伝播速度はすべてのノードで同一であるとする。Aが興奮状態になり、それから一定時間後にB,C,DはAの興奮時間カウンタが一定値になるのを確認すると、B,C,Dに興奮が伝播し、時間のカウントを始める。続いてE,F,GがB,C,Dの中から隣接するノードの興奮を参照し、一定値

であれば興奮状態になる。たとえばB,C,Dの内、Bの状態が一定値になればそれに隣接し、通常状態であるEのみが興奮状態になるが、Cが一定値に達すればE,F,Gすべてが一度に興奮状態になる。

E,F,Gは最外部のノードなので、興奮状態になってから更に一定時間後に自発的に沈静化が起こる。そしてさらに一定時間後、今度は内側に向かって沈静が伝播する。

#### 5. むすび

二次元オブジェクトの外力によらない変形の方法を検討した。ノード自身が縮み、更に縮みが伝播する様子をCGにて表した。図5がそのサンプルである。オブジェクトの左下の1個のノードから興奮が全体に伝播している。

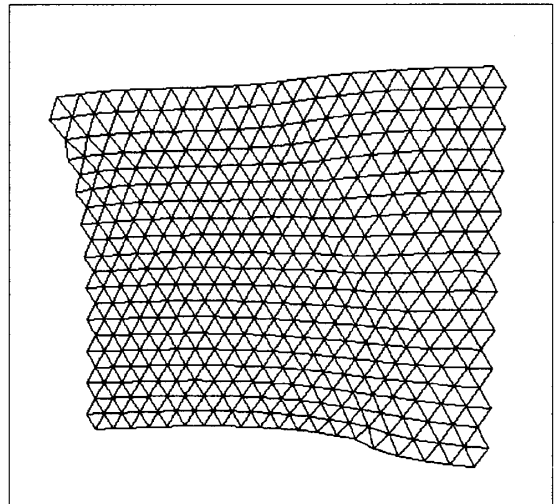


図5:サンプル図

#### 6. 今後の課題

くらのような弾性体の変形シミュレーションは未完である。形状を調整できるようにし、実際にシミュレーションの実現を考えている。

また、興奮状態にあるノードの色を変え、視覚的に変化を分かりやすくするなど、グラフィック面での高機能化も必要である。

#### 参考文献

- [1]嶋田憲央, 中川直哉, 柳瀬龍郎, 田村信介: “キャラクタ入力/出力からマウス入力/CG出力へ” 情報科学技術フォーラム2007(2007.9)
- [2]八木寛, 柳瀬龍郎, 山西潤一: “心室の興奮伝播過程の計算機シミュレーション” (1979.2)
- [3]Okajima, M., Fujino, T., Kobayashi, T. and Yamada, K.: “Computer simulation of the propagation process in excitation of the ventricles.” Circulation Res. 23, 203, 1968
- [4]Harumi, K., Burgess, M. Jo. and Abildskov, J. A.: “A theoretic model of the T wave.” Circulation Res. 34, 657-668, 1966