

弾性体モデルを使ったペンユーザインタフェース

2J-5

村尾 高秋

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

1 はじめに

ペンの利点として次のようなものが考えられる。
 形状 人間が使いなれた道具である筆記用具と同じ形状である文字の入力、スケッチの入力に適する。

ペン先の画面との直接対応 高いポインティング機能、インタラクティブな操作に適する。

ペンはその形状からエンドユーザ向けの入力装置と捉えられている場合が多い。しかしながら、ペンにはこの他にもペン先と画面との対応が直接なされているという利点がある。これはインタラクティブな操作に適した特質である。

ペンで図形を入力しようとした場合、従来のドローイングツールのマウスのようにドラッグして図形を描くことはペンには適さない。またその形状から筆記用具と似た使い方が出来ることが望ましい。ペンのストロークをなんらかの形で認識するのは一つの方法であるが、認識アルゴリズムがユーザの意志を完全に反映するのは非常に難しく思われる。

そこで前に述べた、ペンはインタラクティブな操作に適するという点に着目したユーザインタフェースを提案する。具体的にはある規則に従ってリアルタイムに動くモデルをペンを使って操作しようというものである。こうすることによって、ユーザにリアルタイムにフィードバックをかけユーザの意志を反映した結果をほぼ確実に得ることが狙いである。このときモデルの持つ規則は我々に馴染みのある物の方が良いはずである。そこでここでは棒状の弾性体モデルを使ったペンのための図形入力ユーザインタフェースを考える。

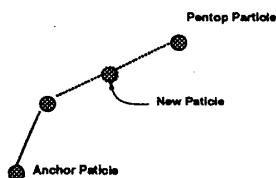


図 1: 棒状弾性体モデル

2 モデルの動作

棒状弾性体のモデルは図1のように与えられる。個々の質点は質量 m 、位置 p 、速度 v 、加速度 a の他に法線の情報即ち、法線 n 、角速度 β 、角加速度 α 、慣性モーメント I を持つ。ペンドウンしたときモデルの一端がその箇所固定され、もう一端をペン先で引っ張りながら形状を描いてゆく。(図1)

このとき棒状弾性体モデルは伸びるに従って質点を自ら補間しながらペン先に追従する。一定時間経ったなら、質点の座標と法線方向を固定してそこから形状を得る。

3 個々の質点に働く力

3.1 質点-質点方向に働く力

質点-質点方向には次の式で与えられる斥力を働かせる。

$$F_a = \left(\frac{k_{a1}}{r^{n1}} + \frac{k_{a2}}{r^{n2}} \right) v_{eij}$$

但し $n1 > n2$, $|v_{eij}| = 1$ 。具体的には図2のような力が与えられる。

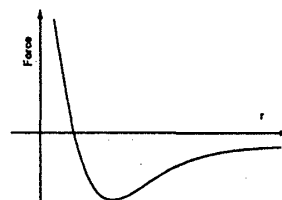


図 2: 質点-質点方向に働く斥力

3.2 曲げ方向に働く力

弾性体の曲げ方向に働く力である。今回は単純に曲げの変位に比例した力を与える(図3)。

$$F_b = k_b(n_i v_{ij}) n_i$$

但し $|n_i| = 1$

3.3 回転方向に働く力

各々の質点は向き(法線ベクトル)を持っており、隣あった質点の向きの同一性、対称性を保つために以下のような軸力を質点間に働かせる。

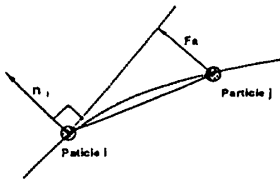


図 3: 曲げの方向に働く力

3.3.1 向きの同一性を保つ力

隣あった質点の向き（法線）は外力が無い場合、そろわなければならない（図 4）。そこで質点の向きを同一に保とうとする軸力が必要となる。この軸力は次式で与える。

$$T_c = k_c(n_j - n_i)$$

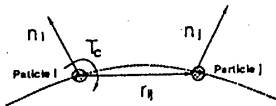


図 4: 向きの同一性を保つ力

3.3.2 対称性を保つ力

隣合った質点の向きは質点を結ぶ線分の垂直二等分線に対して対称であるようにしたい。そこで質点の向きの対称性を保つ軸力を働かせる。この軸力は次式で与える。

$$T_d = k_d r_{ij}(n_i n_j)$$

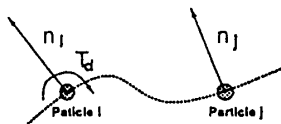


図 5: 対称性を保つ力

3.4 質点の運動

個々の質点は隣合った質点からそれぞれ前に述べた力を受け、質点の運動は

$$ma = F_a + F_b$$

$$I\alpha = T_c + T_d$$

という簡単な運動方程式で与えられる。

4 本弾性体モデルで表現出来るもの

このモデルでは回転方向に働く力によって曲線距離に対する1回微分成分の連続が、曲げ方向に働く力によって2回微分成分の連続がそれぞれ得られる。原理的にはスプライン曲線と同等のものが得られる。

5 おわりに

棒状弾性体モデルを使ったベンユーザインタフェースの概要を述べた。今後質点間の力の与え方によってどのような表現が出来るか。また、どのようなユーザインタフェースを提供出来るかを考えて行きたい。

参考文献

[1] R.Szeliski et al.: "Surface Modeling with Oriented Particle Systems," ACM Computer Graphics, July 1992, pp.185-194.