

## 多数の重なりを持つ帯の結び目構造入力インタフェース

熊谷 一生<sup>†</sup> 松田 浩一<sup>†</sup>

岩手県立大学 ソフトウェア情報学部<sup>†</sup>

### 1. はじめに

近年、エンターテインメントの分野などを中心に三次元コンピュータグラフィックス (3DCG) を用いる機会が増えてきている。3DCG の利用の増加に伴い、様々な形状の三次元モデルをモデリングする必要が増えてきているがモデリングが困難な形状も存在する。

モデリングが困難な形状のひとつとして結び目を持つ形状が上げられる。結び目を持つ形状は構造が入り組んでおり、自己遮蔽が多くなっている。そのため、既存のモデリングソフトを用いた場合には多くの視点変更を行いながらの作業を必要とし、高度な技術を要する。

これまで紐における構造の入力をスケッチベースで行い、結び目をモデリングする手法が提案されている [1]。この手法によって紐における結び目のモデリングが可能となった。しかし、帯のように幅を持つ形状にはこの手法は適用できない。

先行研究 [2] では、帯におけるモデリングを実現するために、構造のみ (帯の軌跡、前後関係、裏表) の情報を入力する構造情報入力のステップと、三次元情報を入力するための表現情報入力のステップの二つに分けることにより帯の結び目の三次元モデルの生成を試みた。提案した構造情報入力インタフェースにより、帯の結び目の構造情報の入力が可能になったが、帯が多数の重なりを持つ場合には重なりにより奥の帯が隠れてしまい、奥の帯に対して操作を行えないという問題がある。そこで、本研究では帯が重なりによって隠れてしまう場合でも結び目構造の入力を可能にする手法を提案する。

## 2. 構造入力のための帯抽象化モデル [2]

### 2.1. 帯抽象化モデル

帯の結び目の特徴について調べた結果、構造を平面的にとらえることができるという帯の向きに関する制約と、後述する帯を結ぶために必要な要素から抽象化モデルを提案する。提案する抽象化モデルと実物との対応を図 1 に示す。抽象化モデルは折り返し点や端点に相当するピンと帯本体に相当するアームの二つからなる。帯における折り返し点や端点の位置は、帯の結び目を作成する上で重要な役割を担

ている。よって、折り返し点や端点に相当するピンを移動可能にし、形状の編集を行えるようにした。また、帯本体に相当するアームはピンの移動に付随して伸縮する。

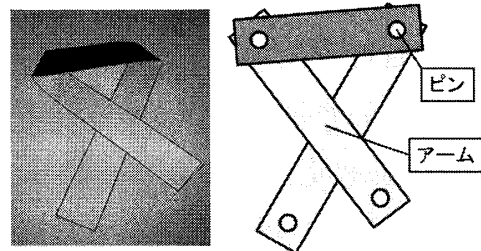


図 1 実物(左)と抽象化モデル(右)との対応

### 2.2. 帯抽象化モデルにおける必要動作の実現

帯を結ぶための動作として「移動」、「前後関係の指定」、「折り返し」、「縛る・緩める」という四つの動作を挙げ、抽象化モデルにおいて以下のように動作を実現した。

#### 2.2.1. 移動

移動の動作を実物の帯で行った場合、帯の長さに余剰や不足が発生する。余剰や不足を解消するために実物の帯では帯の端点に向けて余剰分を追い出したり、不足分を補ったりする。この動作は帯の構造全体に影響を及ぼす煩雑な作業となる。

よって、提案した抽象化モデルでは帯の長さの余剰や不足が発生しないように帯に相当するアームが伸縮する。

#### 2.2.2. 前後関係の指定

実際の帯で他の帯と交差させる場合、任意の奥行を与えて帯を交差させる。しかし、奥行き座標値のインタラクティブな入力はディスプレイなどの二次元的な表示に限られる環境においてもっとも困難な課題の一つである。

そこで、提案する抽象化モデルでは奥行き座標値を持たず、アーム毎の前後関係のみを入力することとした。

#### 2.2.3. 折り返し

帯を折り返す際は山折と谷折が存在し、同じ折り返しても構造がまったく異なる。

An interface to input knot structures having many overlaps

<sup>†</sup>Kazuki KUMAGAI

<sup>†</sup>Koichi MATSUDA

Iwate Prefectural University<sup>†</sup>

折り返しの山折と谷折を区別できるように抽象化モデルではアームの重なり方に変化をつけることによって区別できるようにした(図 2).

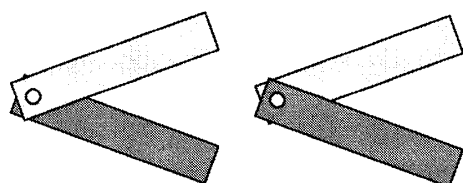


図 2 折り返しの山折と谷折の表現

#### 2.2.4. 縛る・緩める

縛る動作や緩める動作のような同時に複数本の指を用いて行う動作を, 一般のコンピュータのような単一のポインティングデバイスしか存在しない環境で行うことは困難である.

抽象化モデルにおいては, 選択範囲中の複数のアームの長さを同時に伸縮することによって縛る動作と緩める動作を疑似的に実現した.

### 3. 多数の重なりを持つ場合の構造入力

抽象化モデルにおいて, 三次元的な構造を持つ形状を二次元空間上に投影しているため, 多数の帯が重なることによって隠れて見えない部分ができる. 見えない部分に対して帯を交差させるなどの操作を行うことは現在のシステムでは不可能である.

そこで本手法では帯本体を表すアームをレイヤ構造という概念によって管理することによってこの問題を解決する(図 3). 実際にはマウスのホイールを奥に回転させることによって表示されている一番手前のアームを一つずつ非表示にし, 手前に回転させることによって非表示にしたアームを一つずつ再び表示することができる. この操作によって, 重なりを取り除き任意の帯の上に帯を通すことが可能となる.

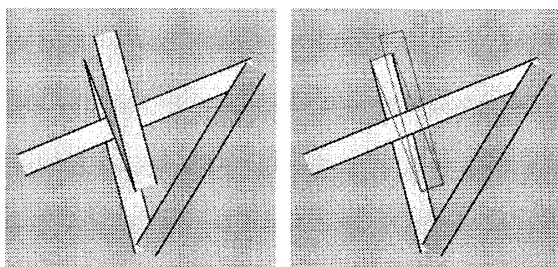


図 3 手前の帯の非表示化

### 4. 結果

提案手法を用いてネクタイにおけるダブルノット結

び(図 4)の構造を入力した結果を図 5 に示す. ダブルノット結びでは結び目にボリュームを持たせるために同一箇所にもネクタイを二回巻きつける動作が含まれる. 既存の手法では同一箇所にも二回以上巻きつけた場合, 先に巻きつけた帯が完全に隠れてしまうため, 隠れてしまった箇所における帯の前後関係の指定ができなかった. しかし, 提案手法によって, より奥の帯を見ることができるようになったため, 他の帯が覆いかぶさっている場合でも帯の前後関係を一意に指定できるようになった(図 6).



図 4 ネクタイのダブルノット結び

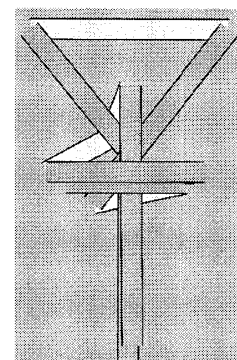


図 5 ダブルノット結びの構造入力結果

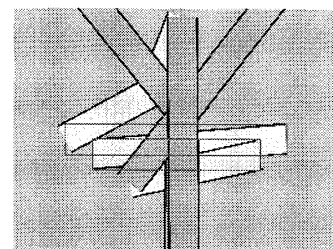


図 6 ネクタイにおける手前の帯の非表示

### 5. おわりに

本研究では帯における結び目構造の入力のための構造情報入力に関して, 特に帯が多数の重なりを持つ場合について構造の入力方法を提案した. 提案手法により, 帯が重なって奥の帯が見えなくなっている場合でも, 前後関係の指定を行えるようになった.

### 参考文献

- [1] P. Ruchikachorn, "An interactive system for knot design," 東京大学大学院 情報理工学系研究科 修士論文, 2008.
- [2] 熊谷 一生, 松田 浩一, "帯における結び目構造入力のための抽象化モデルによる入力・表示インタフェース," インタラクション 2010, 2010.