

En パラメータ算出方法

作成日: 2014/1/30

1. 概要

ソフトフィンガで対象物体を把持するときの、En パラメータ算出方法の概要を説明する。

[前提条件]

- ・ソフトフィンガの把持面は平面であるとする。

2. 方法

入力:

ハンドと把持対象物との接触点 p_{contact}

ハンド接触面法線ベクトル n_{contact}

力の最大値 f_{max}

めり込み量の最大値 h_{max}

出力:

En パラメータ

以下の手順から構成される。

- 1) ハンドの接触面クラスタの導出。
- 2) オブジェクトの接触領域候補の絞込み
- 3) En パラメータの算出

2.1. ハンドの接触面クラスタの導出

接触点 p_{contact} 、法線ベクトル n_{contact} からハンドの接触面クラスタ C_{hand} を導出する。

クラスタの最大厚さ $\text{thickness}_{\text{max}}$ は設定されているものとする(プログラム中では 3mm に設定している)。

[手順 1] ハンドのポリゴンモデルから接触点 p_{contact} を含む三角形 t_{contact} を選択する。

[手順 2] クラスタ C_{hand} に三角形 t_{contact} を追加する。

[手順 3] クラスタ C_{hand} の隣接三角形リスト N を作成する。

[手順 4] N に含まれる三角形を法線ベクトル n_{contact} に近い順にソートする。

[手順 5] N に含まれる三角形に対し[手順 5-1, 5-2]を実行し、クラスタに含むことが可能か判定する。

クラスタに含めることができる三角形がなかったら C を出力し、終了する。

[手順 5-1] 三角形 t をクラスタ C_{hand} に追加したときのクラスタの厚さ thickness を計算する。

[手順 5-2] $\text{thickness} < \text{thickness}_{\text{max}}$ ならばクラスタ C_{hand} に三角形 t を追加し、手順 3 に戻る。

2.2. オブジェクトの接触領域候補の絞込み

オブジェクトのポリゴンモデルから接触領域候補となる部分だけを選択する(図 1)。

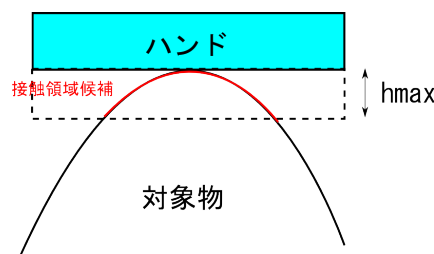


図 1: 接触候補領域

ハンドのめり込み量が最大(h_{max})の場合の対象物の接触クラスタを求め、接触候補リスト $T_{\text{candidate}}$ とする。対象物の接触クラスタは、次のように求める。接触面クラスタ C 、接触点 p_{contact} 、法線ベクトル n_{contact} 、めり込み量の最大値 h_{max} から接触候補となる領域を導出し、その空間内に存在する三角形を接触クラスタとする。

[手順 1] 接触面クラスタ C の境界となる点とその点を $h_{max} \cdot n_{contact}$ 移動させた点とで構成される空間を接触候補領域とする

[手順 2] 対象物ポリゴンを構成する全ての三角形 t に対して[手順 2-1,2-2]を実行する。

[手順 2-1] 対象三角形 t のすべてが接触候補領域に含まれているならば、t を $T_{candidate}$ に加える。

[手順 2-2] 対象三角形 t の一部が接触候補領域に含まれているならば、t と接触候補領域の共通部分を求める。その共通部分を三角形に分割し、 $T_{candidate}$ に加える。

2.3. En パラメータの算出

対象物に加わる力が f_{max} に近い値となるめり込み量 h を求め、そのときの En パラメータを算出する。

めり込み量 h を 0 から h_{step} ずつ増やし、対象物に加わる力を計算し f_{max} に一番近いめり込み量 h のときの En を計算する。下記に擬似コードを示します。

```

h = 0, f0 = 0, i = 0

while fi < fmax and h < hmax
    i = i + 1
    h = i * hstep
    Cobj ← generateCluster(h)
    fi = calcF(Cobj)
    Eni = calcEn(Cobj)
end while

if fi - fmax > fmax - fi-1 then
    output Eni-1
else
    output Eni
end if
    
```

generateCluster(h)は、めり込み量 h のときの接触クラスタを 2.2 と同様の方法により算出します。

CalcF, calcEn は以下の式を利用し算出します。

ここで

depth(t)は三角形 t の重心と $h \cdot n_{contact}$ 移動させたハンドクラスタ平面との距離、

area(t)は三角形 t をハンドクラスタ平面に射影したときの面積、

dist(t)は三角形 t の重心をハンドクラスタ平面に射影した座標と接触点との距離を表す(図 2)。K は弾性係数でプログラム中では $0.01 [GN/m^2]$ としている。

$$f = \frac{K}{h_{max}} \sum_{t \in C_{obj}} (depth(t) * area(t))$$

$$En = \frac{\sum_{t \in C_{obj}} (dist(t) * depth(t) * area(t))}{\sum_{t \in C_{obj}} (depth(t) * area(t))}$$

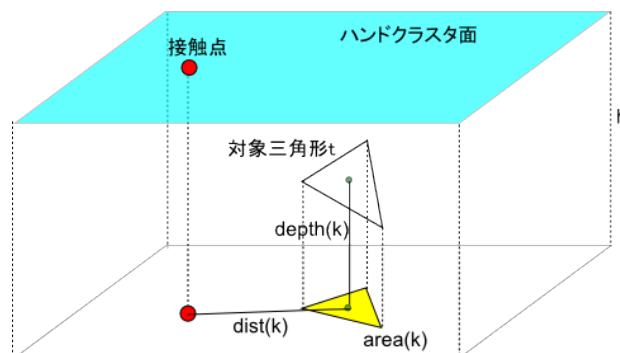


図 2: depth(k),area(k),dist(k)