

要旨

従来多軸工作機械に対する工具オフセット面生成法は、工具姿勢についての取り扱いが困難なために、試行錯誤的な手法が用いられてきた。これに対し、本研究では、工具の位置と姿勢とを同時に表現することが可能である配位空間を、工具オフセット面生成に適用することを提案する。ただし、作業空間は二次元とし、工具と要求形状は多角形に限定する。

1.はじめに

近年、様々な形状の加工へのニーズが増していること、加工時間の短縮、後処理の簡略化が見込まれることから、多軸工作機械による加工に関する研究が盛んである。しかし、多軸工作機械のオフセット面生成は様々な工具姿勢を考慮する必要があるため、三軸工作機械の場合に比べ複雑になる。そのため、多軸工作機械に対する工具オフセット面生成法は、現状では工具干渉回避に関して試行錯誤的な手法が用いられている。これに対し、本研究では、解析的に工具干渉回避を実現するために、工具の位置と姿勢とを同時に表現することが可能である配位空間(configuration space)を、工具オフセット面生成に適用することを提案する。ただし、作業空間は二次元とし、工具と要求形状は多角形に限定する。また、シミュレーションを行い、本手法の有効性を確認する。

2.配位空間

配位空間とは、作業空間におけるロボットの位置の成分と姿勢の成分を座標値(配位)とし、ロボットを1点として表現することができる空間である。そのため、作業空間においてはロボットと障害物が領域同士である問題を、配位空間においてはロボットが点、障害物が領域である問題へと簡単化できる。

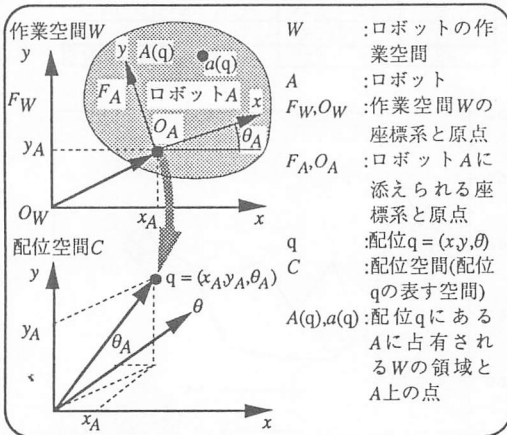


Fig.1 配位空間

作業空間が二次元の場合、Fig.1に示すように作業空間Wの座標系を F_W 、その原点を O_W 、ロボットAに添えられた座標系を F_A 、原点(参照点)を O_A とするとロボットAの位置は、 O_W に対する O_A の位置 (x_A, y_A) となり、ロボットAの姿勢は、 F_W のx軸に対する F_A のx軸の角度 θ_A となる。この時、ロボットAは配位空間Cにおける配位 $q=(x_A, y_A, \theta_A)$ に写像される。ロボットAが配位 q にある時、ロボットAが占有する作業空間Wにおける領域を $A(q)$ 、 $A(q)$ 上の点を $a(q)$ と記述する。

3.C-障害物

作業空間Wの障害物Bは、配位空間Cにおいては(1)式で表されるC-障害物CBに写像される。

$$CB = \{q \in C \mid A(q) \cap B \neq \phi\} \quad (1)$$

ロボットAが障害物Bの境界に接触する作業空間Wの領域は、配位空間Cにおいては(2)式で表される $CB_{contact}$ に写像される。

$$CB_{contact} = \{q \in C \mid A(q) \cap B \neq \phi \text{ and } \text{int}(A(q)) \cap \text{int}(B) = \phi\} \quad (2)$$

$CB_{contact}$ の θ 断面である $CB_{contact\theta}$ は、Fig.2に示すように、ロボットAを或る姿勢 θ で障害物Bに接触させて、内部が重なることなくBの境界上を滑らせる時の O_A の辿る軌跡である。従って $CB_{contact}$ は、Fig.2に示すように、 $CB_{contact\theta}$ を θ 方向に重ね合わせるにより得られる。また、C-障害物CBは、 $CB_{contact}$ に囲まれた領域であり、CBの θ 断面である CB_θ も $CB_{contact\theta}$ に囲まれた領域である。

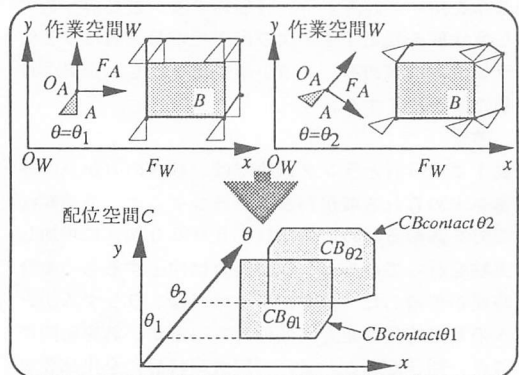


Fig.2 C-障害物

4. CBcontact生成アルゴリズム

以下にCBcontactの θ_0 断面の生成手順を説明する。ただし、ロボットAと障害物Bを凸多角形と仮定し、姿勢 θ_0 のロボットの頂点 $a_i(\theta_0)$ と法線ベクトル $v_i^A(\theta_0)$ 、障害物Bの頂点 b_j と法線ベクトル v_j^B を半時計回りに設定し、Fig.3(a)のように法線ベクトルを円上に並べる。

1. $-v_i^A(\theta_0)$ が v_{j-1}^B と v_j^B の間ならば(Fig.3(b)参照)、 $b_j - a_i(\theta_0)$ と $b_{j-1} - a_{i+1}(\theta_0)$ はCBcontact θ_0 の頂点である。
2. v_j^B が $-v_{i-1}^A(\theta_0)$ と $-v_i^A(\theta_0)$ の間ならば(Fig.3(c)参照)、 $b_j - a_i(\theta_0)$ と $b_{j+1} - a_i(\theta_0)$ はCBcontact θ_0 の頂点である。
3. 半時計回りに $-v_i^A(\theta_0)$ と v_j^B を調べて、CBcontact θ_0 のAの頂点数(n_A)+Bの頂点数(n_B)の頂点を構築する。

障害物Bが凹多角形の場合には、それを複数の凸多角形に分解し、生成されたCBcontactを合成する。

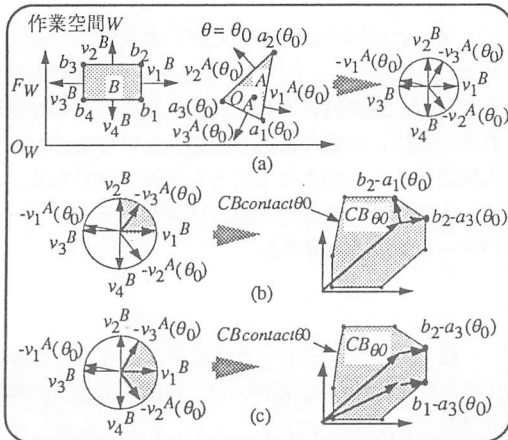


Fig.3 CBcontact生成アルゴリズム

5. オフセット面とCBcontact

オフセット面とは、Fig.4のように工具Tと要求形状Mが常に接触し、TとMが干渉しないTの参照点 O_T の拘束面である。配位空間で表現すると(3)式となる。

Offset = $\{q \in C \mid T(q) \cap M \neq \phi \text{ and } \text{int}(T(q)) \cap \text{int}(M) = \phi\}$ (3)
 ロボットAを工具T、障害物Bを要求形状Mとすると(4)式となる。

$$A(q) = T(q), B = M \quad (4)$$

(4)式を(3)式に代入し、(2)と比較すると(5)式が導かれ、

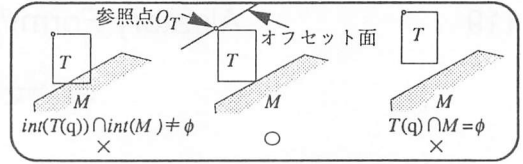


Fig.4 オフセット面

CBcontact = Offsetとなる。

$$CBcontact = \{q \in C \mid A(q) \cap B \neq \phi \text{ and } \text{int}(A(q)) \cap \text{int}(B) = \phi\} = \text{Offset} \quad (5)$$

工具形状を多角形と仮定するので、工具が半無限領域の場合は、Fig.5のようにCBcontactの一部がオフセット面となる。

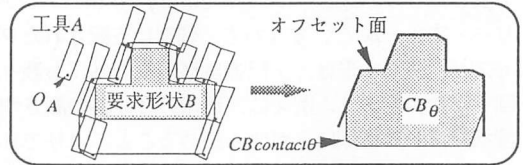


Fig.5 工具Aが半無限領域の場合

6. シミュレーション

Fig.6は、工具と要求形状に対してオフセット面を生成した例である。(a)は、4.で説明したアルゴリズムによって生成したCB(オフセット面)を示している。CB上の太線は、計算された工具の配位を示している。(b)は、その配位を辿る時の作業空間における工具の振舞を示している。(c)は、その拡大図である。

7. おわりに

本研究の結論は、以下の通りである。

- (1) 配位空間において、位置と姿勢を含めた工具のあらゆる振舞を表現できることを示した。
- (2) CBcontactとオフセット面は一致することを示した。
- (3) 配位空間において、工具の位置と姿勢をも考慮したオフセット面生成が可能であることを示した。
- (4) 工具と要求形状が多角形の場合のオフセット面生成と工具の振舞の具体例を示した。

参考文献

- [1] Jean-Claude Latombe : "Robot Motion Planning", Kluwer Academic Publishers(1991)

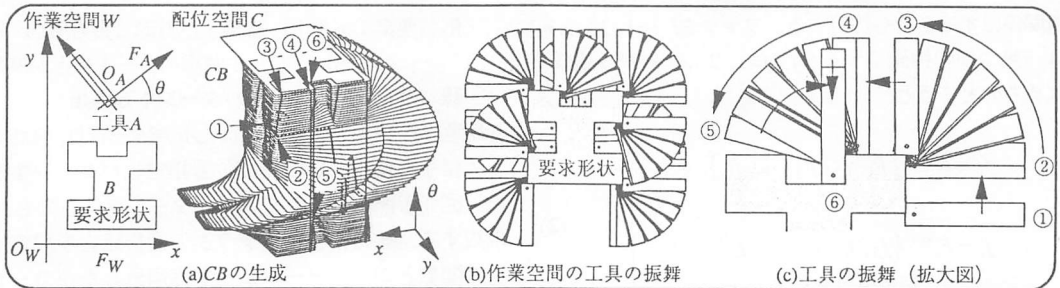


Fig.6 オフセット面生成シミュレーション