

要 旨

部品間の干渉を考慮した組立品の可能領域を表現するために、配位空間を用いて、部品間の接触拘束をその拘束を満たす運動領域として表現することができる。しかし、多部品間の組立等を考える場合多数の自由度を考慮した多次元配位空間を表現する必要があるが、膨大なデータが必要となるため、全配位空間を計算機上で表現することは困難である。そこで、本報では、部品間の接触拘束を満たす運動領域のみによって多次元配位空間を表現する方法を提案する。

1. はじめに

部品間の干渉を考慮した組立品の可能領域を表現するために、配位空間 [1] を用いて、部品間の接触拘束をその拘束を満たす運動領域として表現することができる。しかし、多部品間の組立等を考える場合多数の自由度を考慮した多次元配位空間を表現する必要があるが、膨大なデータが必要となるため、全配位空間を計算機上で表現することは困難である。そこで、本報では、部品間の接触拘束を満たす運動領域のみによって多次元配位空間を表現する方法を提案する。また、具体的な例について計算機によるシミュレーションを行い、本手法の有効性を示す。

2. 研究の目的

組立品における構成部品の表面要素間に運動拘束を与え、部品の位置（運動領域）を導出するという問題に対して、いくつかの研究が行われてきた [2] [3]。これらの研究においては、部品の表面要素間に与えられた拘束のみによって部品の位置と姿勢を導出するため、部品間に干渉が発生する可能性がある。そのため、部品の運動領域の表現と同時に、干渉回避を実現するために、運動領域を配位空間上で表現することとする [4]。例えば、図1 (a) の2つの部品の面1と面2との面接触拘束を満たす運動領域は、部品1の参照点について図1 (b) のように表現できるが、これを図1 (c) に示すように配位空間において表現する。しかし、多部品間の組立品（構成部品間に自由度が残っているものを含む）の可能領域を表現する場合、多数の自由度を考慮する必要がある。そのため、多数の自由度を表現するパラメータを座標軸にとって配位空間全体を表現しようとすると、膨大なデータ量が必要となり、それを計算機上に蓄えておくことは困難である。

そこで、本研究では、配位空間全体を構築するのではなく、部品間に与えられたそれぞれの運動拘束を満たす領域のみを計算機上に蓄える方法を提案する。その際、C-patch [5] と呼ばれる領域が部品間の運動拘束を満たす運動領域

を含んでいることに着目して、配位空間においてC-patchを生成し、そのC-patchから運動拘束を満たす配位の集合（運動領域）を導出することによって、多次元配位空間における部品間の運動拘束を表現する方法を提案する。

3. C-patchの定義

前述のように部品間に与えられた運動拘束を満たす運動領域を配位空間において表現するため、C-patchを導入する。ここで、C-patchについて説明する。2次元作業空間における部品Aと部品Bとの間の点接触には、部品Bが固定されているとき、図2 (a) に示されるタイプA接触と図2 (b) に示されるタイプB接触が存在するが、それらを満たすC-patchは、図中の変数を用いて (1) 式で定式化される。

$$C\_patch \equiv \left\{ q : q = X(p), \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \leq p \leq \begin{pmatrix} |e| \\ \pi - \alpha \end{pmatrix} \right\} \quad (1)$$

$$p = \begin{pmatrix} l \\ \theta \end{pmatrix}$$

ここで、pは、接点から辺eの一方の端点までの距離lと、辺eと接点が属する一方の辺との間のなす角θとからなるベクトルであり、Xはpを組立品の配位空間における配位qに変換する変換マトリクスであり、|e|は辺eの大きさである。また、θ=0またはθ=π-αのとき、2つの部品は線接触する。3次元作業空間の場合についても同様にC-patchが生成できる。ただし、C-patchは、2つの凸形状同志の表面要素間に与えられた拘束を満たす運動領域を示しており、凹形状の場合や、複数の部品が存在する場合には、以下の問題点がある。

- ・C-patch上の配位であっても、部品間に干渉が存在する可能性がある。
- ・複数の拘束を満たす運動領域である複数のC-patchの交わりを求めることが困難である。

以上の問題点を解決するため、以下では、C-patchを離散化し、干渉のない運動領域を導出する方法を示す。

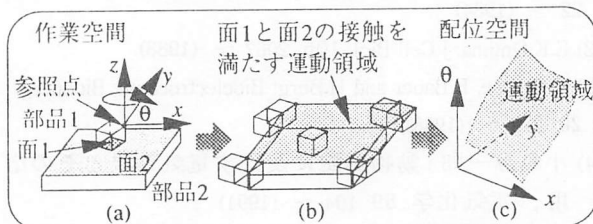


図1 部品間の運動拘束の配位空間における表現

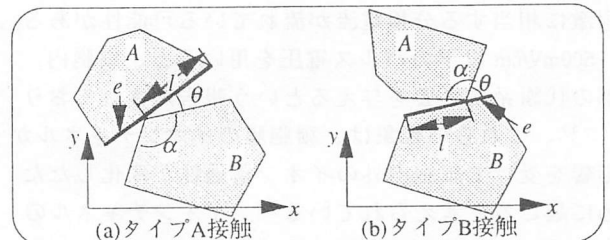


図2 C-patchの定義

4. 運動領域の抽出

干渉のない運動領域を表現し、複数のC-patchの交わりの導出を容易にするために、C-patchを離散化し、各配位に対してその配位において満たされる状態を格納する必要がある。すなわち、離散化されたC-patch上の各配位には、その配位で満たされる複数の運動拘束の種類(干渉、または、満たされる拘束条件)が格納される。そのうち、干渉のない配位を、求める運動領域の一要素として抽出する。例えば、図3(a)に示すように、ある拘束を満たす運動領域を含むC-patchが存在するとき、図3(b)に示すように、配位の離散要素の集合としてその運動領域を抽出する。その際、C-patch上の各配位に対して、その配位で満たされる運動拘束を調べる必要がある。

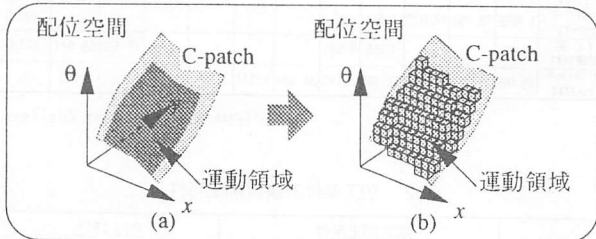


図3 C-patchからの運動領域の抽出

5. 関数C\_space

C-patch上の各点に対して、その配位で満たされる運動拘束を調べるために、関数C\_spaceを以下のように定義する。すなわち、関数C\_spaceは、図4(a)に示すような部品の配位の集合を引数とし、それらの位置で満たされる部品間の拘束の種類を戻す関数とする。従って、図4(a)に示すように、関数C\_spaceにおいては、引数として入力された配位の集合に対して、それぞれの部品を配置し、部品の表面要素間のすべての組み合わせについて満たされる拘束条件を調べ、その拘束条件を戻す。例えば、図4(b)に示すような3つの部品に対して、それぞれの配位が関数C\_spaceに入力されると、図4(c)に示されるように、部品がその配位に配置され、つぎに、異なる部品のすべての表面要素間の関係を調べる。そのとき満たされる運動拘束の種類(辺 $e_A$ と辺 $e_B$ の線接触)を戻す。

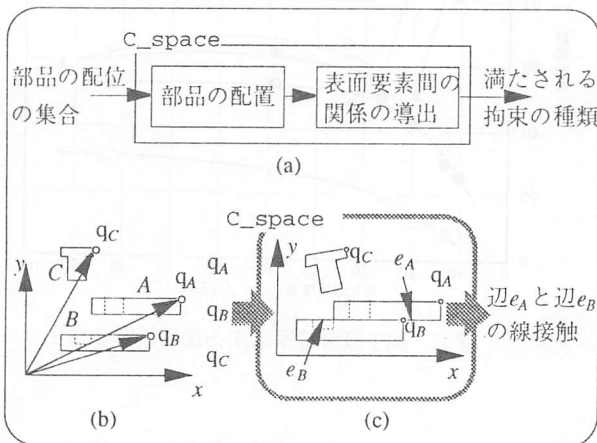


図4 関数C\_space

6. 計算機による部品組立シミュレーション

以上の手続を使用して、図5(a)に示されている三部品の組立について計算機による配位空間を用いた部品組立シミュレーションを行った。図5(a)に示すように、部品の表面要素間に拘束(線接触)を与える。図5(b)と図5(c)は、それぞれ、異なる実現可能な部分組立品の例を示している。部品CまたはAが連続的に移動している部分は、前述した手続によって求められた線接触拘束を満たす配位空間における運動領域を作業空間において表現したものである。図5(d)は、それぞれの部分組立品に対して残りの部品を組み立てた結果である。

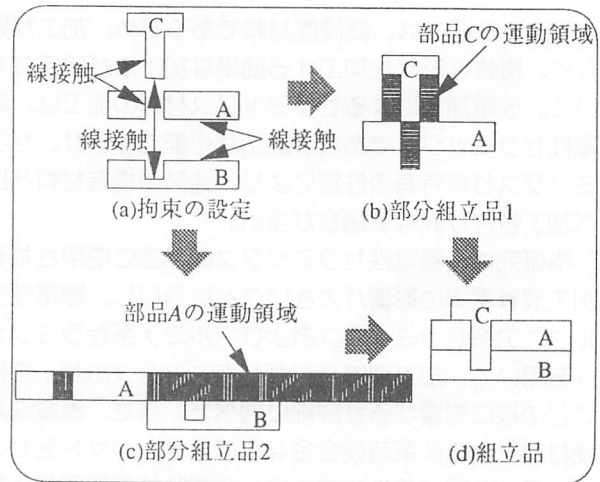


図5 三部品組立シミュレーション

7. おわりに

本研究の結論は、以下の通りである。

- ・多次元配位空間を用いて組立品における部品間の運動拘束が表現できることを示した。
- ・多次元配位空間を表現するために、配位空間全体を表現する代わりに、C-patchを用いて、部品間に与えられた運動拘束を満たす領域のみを導出する方法を提案した。
- ・提案した手法を使用して、具体的な例について、計算機上で、組立品の可能領域の導出を行った。

参考文献

[1] J. C. Latombe, Robot Motion Planning, Kluwer Academic Publishers, 1991  
 [2] K. Lee, et al., System for interactive assembly modeling, Computer-Aided Design, Vol. 19, No.2, 1987  
 [3] J. U. Turner, et al., Relative positioning of variational part models for design analysis, Computer-Aided Design, Vol. 26, No.5, 1994  
 [4] 徳永ほか, 部品間の運動拘束の表現法に関する研究, 1995年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集  
 [5] Y. H. Liu, H. Onda, Constructing an Approximate Representation of a Configuration Space Without Using an Intersection Check, Proc. of the 1993 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 1993