

CAD/CAM情報モデルのCAT機能の拡充に向けて
—適応的運動シミュレーションへのアプローチ—

2N-6

高山 毅¹, 藤代 一成², 池辺八洲彦²

1 筑波大学理工学研究科

2 筑波大学電子情報工学系

1. はじめに

設計から生産までをコンピュータが一貫して支援する統合的CAD/CAMに関してさまざまな研究が進められている。中でも形状情報と非形状情報を共に扱うCAD/CAM情報モデルがCAD/CAMの理論的基礎をつくる上で重要視されている。その一例として川辺らによる機械用の「プロダクト・モデル」が知られている[1]。同モデルの設計候補の評価(CAT)機能として運動シミュレーション、静力学解析等がある。その実行には寸法、距離などを表現する種々の変数間の変数関係式レコードが重要な役割を果たしている。しかし変数関係式の構築法、およびCATの実行に対するレコードの情報記述能力は万全とはいえない。本稿では運動シミュレーションの場合について現行の変数関係式レコードの問題点とその改善のための指針を示す。

2. プロダクト・モデルにおける変数関係式レコード

ここでは具体例として[1]で使用されているロボットハンドの例を用いて説明することにする。図1は機械の各部をSLIDER, LINK1, LEVER1, ...等に分けて考えたロボットハンドの平面図で、SLIDERを図中x軸の正方向に動かすとその運動が伝わってLEVER1, LEVER2が閉じる仕組みになっている。ここで、x座標に関して対称、z座標に関して同形であることに注目すれば運動の解析には全体の4分の1の部分を考えれば十分である。これに注目したロボットハンドの運動ダイアグラムを図2に示す。機械の各部分の寸法またはある2点間の距離に変数を割り当てるとそれら間には $E_1 \sim E_5$ のような関係があることがわかる。これら5つの式を変数関係式レコードとして格納する。そして機械に入力を加えた場合、出力も含めて機械の各部がどのように動くのかをシミュレートする際には、この変数関係式レコードを参照するというのが[1]で示された方法である。

さて、この方式には以下に示す2つの問題点がある。①初めから入出力関係を一意に制限して式を構築する(どれが独立変数でどれが従属変数なのかを限定している)ので、シミュレーション時にユーザが指定できる入出力関係が制限されてしまう。②式の構築のために正弦定理、余弦定理を効果的に利用する必要があり、個々の機械ごとに式の構築を行うのは煩わしい。この中でも特に①はユーザの問合せ内容を固定することになるので、プロダクト・モデルを基礎としてプロダクト・データベース・システムを構築した場合、致命的な欠陥となる。これまでも統合的CAD/CAMを目指した一貫性のあるモデリング手法の確立が種々試みられているが、われわれの知る限りこの問題について明確な解決案を示しているものは存在しない。

3. 問題解決のための指針

機械の構成を幾何学的にあらわしたモデルを機構(mechanism)といい、機構を構成する最小単位をエレメント(element, 機素)という。二つのエレメントが組み合わされ相接触して相対運動を行うものをペア(pair, 対偶)といい、ペアがいくつか接続されてきたものをチェーン(chain, 連鎖)という。チェーンのうち、どのエレメントを固定と考えるかによって異なる機構が得られる[2]。

2項で述べた既存の変数関係式レコードの問題点①をつきつめると、あるチェーンにおいて固定とすることができるエレメントが限定されている。これは変数関係式が陽関数という形式をとっていることに起因する。

次に、機構学では種々の機構に関して寸法、距離などを変数であらわした場合、それらの変数間の関係についてはすでに解析手法が確立されている。したがって機構が特定されて各変数名さえ与えられれば変数関係式はそれらの各変数を解析手法にあてはめるだけで機械的に得ることができる。これをシステムがおこなう仕事とすれば、ユーザがすべきことはチェーンの構成のされ方と、どのエレメントを固定するのかに関する情報を登録することだけに限定できる。なぜならば、あるチェーンについてどのエレメントを固定とするかが決まればその機械がどの機構であるかが一意に決定するからである。ここにおいてユーザが正弦定理、余弦定理等を考える必要はまったくない。

以上のことから運動シミュレーションの実行のために格納しておくべき情報およびその形式は、もっとも特化した(固定するエレメントを特定しさらに入出力関係まで限定した)場合の各変数間の関係式(これが既存の変数関係式レコードである)ではなく、チェーンの構成のされ方に関する情報であるとするのが、われわれの考えるところである。われわれはこのレコードのことをチェーン構成レコード(Chain Construction Records: CCR)と呼ぶことにする。そして運動シミュレーションをするときには要求に適合する形でCCR中のエレメントを固定すればよい。

この方式の特筆すべきことは、一度あるチェーンを登録してしまえば内包レベルでのいかなる変更もなしに固定するエレメントを自由に変えられることである。このことは必要に応じて一つのスキーマから種々の入出力関係が再設定できることを意味する。「入力の変化に対応する出力を含めた各部の変化(動き具合)をシミュレートする」のが通常の運動シミュレーションであったが、そのほかにも、「望むべく出力を得るための入力の調査」であるとか、「機械の途中の部分を動かしたときの各部分の呼応」など、CCRを導入することによってさまざまなシミュレーションを容易に実行することが可能となるのである。われわれはこれらのシミュレーションを総称して適応的(adaptive)運動シミュレーションと呼ぶ。

CCRはプロダクト・モデルの枠組みの中に容易に

組み込むことができる。この点に関しての詳しい説明は本稿の範囲を越える。文献[3]を参照されたい。

4. 具体例

具体例に関する詳細も[3]に説明されているが、ここではその概略を述べることにする。2項で例として用いたロボットハンドは機構学ではリンク機構（固定エレメントに対してすべてのペアが回転または直線運動のみをするもの[4]）に分類されるものである。リンク機構はエレメントのつりあいを変えることによってさまざまな動きを形成できるので、もっともよく利用される機構の一つである[5]。機構学ではリンク機構をいくつかの三角形に分割してそれにベクトル解析を行うことにより、入出力関係を容易に考察できることが知られている[6]。図2の運動ダイアグラムから実際に三角形への分割を行ったのが図3であり、図4はこれから得られるCCRの一例の一部である。[3]では機械が平面リンク機構である場合のみをとりあげているので、このレコードのことをリンクベクトル三角形属性（Linkage Vector Triangle Attribute; LVTA）と呼んでいる。LVTAはCCRの一例である。

5. まとめと今後の課題

CAD/CAM情報モデルのCATに関する問題点

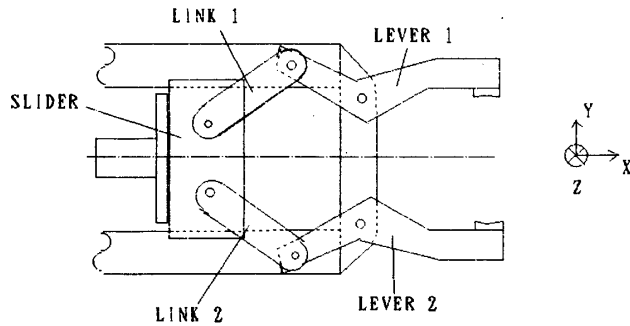


図1 ロボットハンド

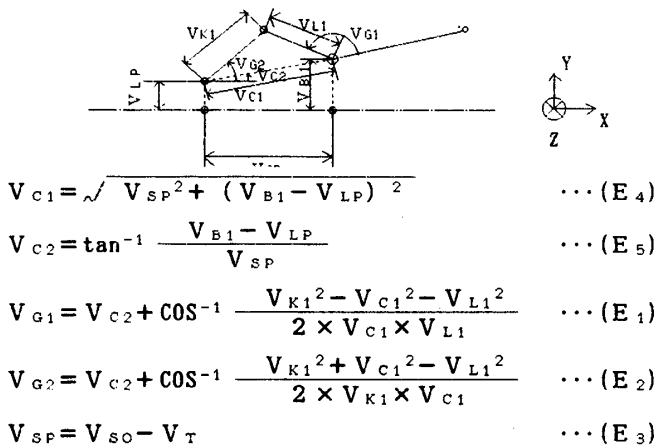


図2 運動ダイアグラムと変数関係式

とその解決への指針をプロダクト・モデルを例にとって述べた。今後さらに、本稿で述べたリンク機構以外の機構について、および運動シミュレーション以外のCATについて本論の適用を試みる予定である。

参考文献

[1] 川辺真嗣：次世代CAD/CAM，工業調査会，240pp.，1985。
 [2] 窪田雅男：機構学，森北出版，308pp.，1972。
 [3] Takayama, T., Fujishiro, I., and Ikebe, Y. : "Product Database Modeling for Adaptive Kinematic Simulation of Planar Linkage Mechanisms," submitted to the ACM Symposium on Solid Modeling Foundations and CAD/CAM Applications, 1991.
 [4] 谷口 修：機械力学 I 機構と運動，養賢堂，262pp.，1974。
 [5] Phelan, R.M. : Fundamentals of Mechanical Design, 3rd Edition, McGraw-Hill, 1975。
 [6] 高野政晴，遠山茂樹：演習 機械運動学，サイエンス社，234pp.，1984。

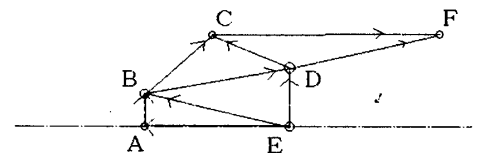


図3 解析のための三角形への分割

PARAM	ROLE	SYMBOL	VALUE
T _{ABE}	1CS	input1	*1
	2CS	constant	V _{LP}
	RVS	output1	(BE)
	1CA	constant	0
	2CA	constant	π/2
T _{BED}	RVA	output2	
	Ptrn#	1	
	1CS	input1	(BE)
	2CS	output1	V _{C1}
	RVS	constant	V _{B1}
1CA	input2		

図4 ロボットハンドのためのLVTA (CCRの一例)
 *1 V_{SP} または V_{SO}-V_T