

スライダーを含む機構運動を追跡するための増分・反復法

岐阜大学 学生員 ○若山せつ子

正員 藤井文夫

本州四国連絡橋公団 正員 白田幸生

1. 機構解析

建設機械・産業用ロボット・工作機械をはじめとし、海洋・宇宙空間におけるマニピレータなどの機構運動を追跡する手法は、古典的には幾何学的関係や複素数を使ったベクトル解析が用いられる。最近では剛体の非線形問題として定式化された汎用性のある機構解析の手法が Uicker らにより提案されている。本研究も汎用性のある点では共通しているが、機構運動を剛性行列を用いて定式化する点が特徴である「1～5」。材料そのものが弾性体であっても結果的に弾性変形が発生していなければ剛体の有限変位となり、剛体の有限変位理論を、弾性体の有限変位理論の特別な場合として捉えることができる。すわち弾性体の有限変位理論において剛体運動を除去する手法があるが、これにヒントを得て、剛体有限変位理論としての機構学で誤差としての弾性変形を消去する逆の発想である。

2. 剛体変位の抽出

収束が保証された有限要素の完全性の条件として、要素レベルでの剛体変位モードは仮定した変位場の中に含まれていなければならない。力学的に不安定な機構構造系を有限要素でモデル化した場合、このような要素剛性行列の重ね合わせの結果として得られる系の剛性行列は特異行列となる。系全体の剛体変位モードがこの特異剛性行列のなかに含まれている事実注目するならば、これを抽出し微小増分の範囲内で、つぎに目標とする機構形状の予測子として活用できる。この増分の結果得られた形状は誤差としての弾性変形を含み、反復法でこの誤差を落とし完全な機構形状を実現してゆく。

3. スライダーの考慮

以上の解析法は、実際の機構系の部材の接続関係がマトリックス法でうまく表現でき、その剛性行列が求められるか否かにかかっている。スライダーは形削り盤の送り駆動部（図1）などに採用される対偶要素であり、節点と節点との間の接続関係でないため、リンク機構系のなかでも最も表現の難しい接続関係である。部材 m の節点が他の部材 $m-1$ の部材軸上を滑るより一般的なメカニズム（図2）を設定し、未知の拘束力を節点外力として作用させる。この拘束力は滑る節点では直接節点力として考慮されるが、部材 $m-1$ の両端では等価節点外力として振り分ける。この係数は付加的な列のなかに格納される。このつり合い条件に対応して、滑る節点の節点変位と部材 $m-1$ の両端の節点変位との間に課せられた幾何学的拘束条件は付加的な行のなかに格納され、結果的には全体で対称行列となる。対称行列ではあるが、幾何量と力量の両方が解ベクトルに含まれるため、混合法のように非正値行列となり、連立方程式の解法としてコレスキー法などは使えなくなること注意到要する。

4. 例題計算

紙面の制限から簡単な例題だけを紹介する。図3は水平・傾斜支承面を一本の剛体棒が滑る際の機構運動を、図4は部材 $\langle 1 \rangle$ の節点2が部材 $\langle 2 \rangle$ 上を滑る際の機構運動を示す。XYプロッターの出力はいずれも増分幅を十分に小さくして運動を追跡するなら、非線形増分方程式の解法において誤差の蓄積を実用上回避でき、弾性変形もきれいに落とすことができる。

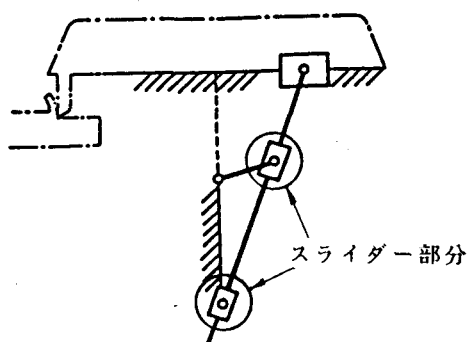


図1 形削り盤の送り駆動部

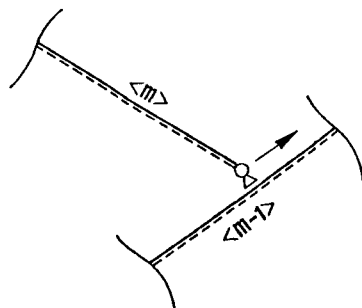


図2 スライダーのモデル化

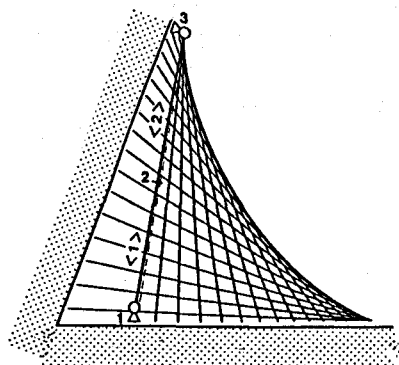


図3 水平・傾斜支承面を滑る機構運動

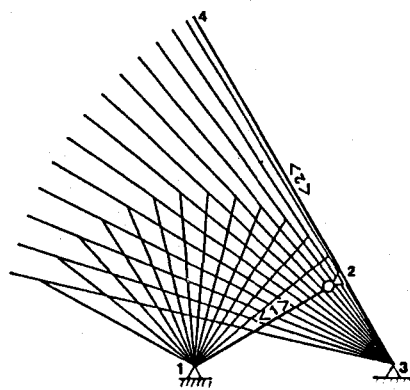


図4 節点がおのの部材上を滑る機構運動

5. おわりに

その他カムなどの接続関係の考慮が今後の研究対象として挙げられる。有限要素法のプログラムを多少改良するだけで剛性行列による機構運動の追跡に転用できるのがひとつの特徴で、離散化手法による限り3次元の機構解析への拡張については何らの問題もない。応力解析での剛性行列を用いているため、機構系の動力学や強度解析、さらにはCAM/CADと結び付けて応用のきく汎用システムへと拡張できる可能性を持っている。

参考文献 「1」 臼田幸生・藤井文夫, "剛性マトリックス法による平面骨組みの機構解析の定式化", 土木学会中部支部研究発表会, 1988年3月, 金沢大学, 「2」 臼田幸生・藤井文夫, "剛体の有限変位問題として定式化した機構解析について", 土木学会全国大会, 1988年10月, 広島工業大学, 「3」 Fujii, F. and S.X.Gong, "Field transfer matrix for nonlinear curved beams", ASCE, ST, Vol.114, No. 3, 675-692, 1988 「4」 Fujii, F. "Scheme for elasticas with snap-back and looping", ASCE, EM, Vol. 115, No.10, 2166-2181, 1989 「5」 Fujii, F. "A stiffness formulation of planar kinematics", ASCE, EM, Vol. 116, 1991 (to appear)