

数値シミュレーション

—音響、振動分野への応用—

前報¹⁾では、CAE(Computer-Aided Engineering)の歴史と役割、手法および手順、さらに構造分野への応用例について述べた。本報では音響および振動分野への応用例を示す。

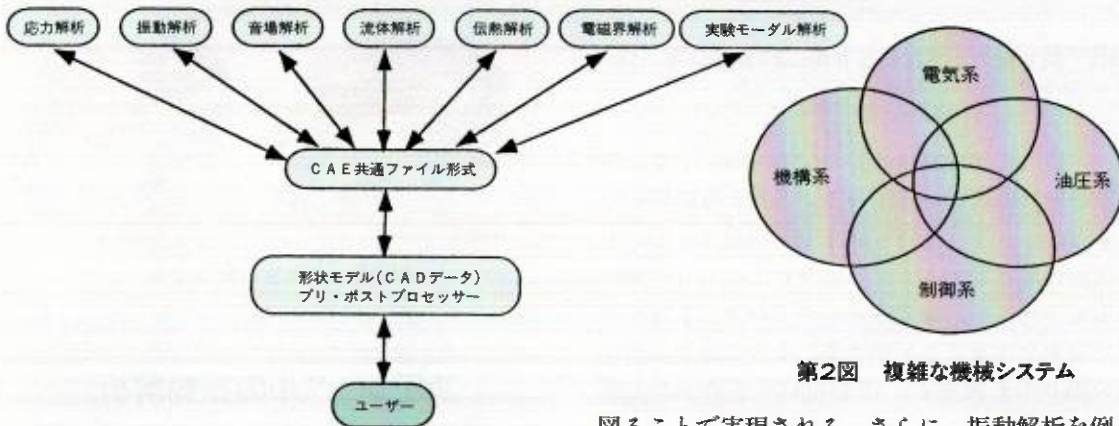
近年、住環境や作業環境の快適化への関心は、ますます高まってきている。その中でも騒音および振動に対する要求は非常にきびしい。また各種機械は高速高性能化、軽量化が進み、これらは騒音および振動といろいろな関係を有している。

音に関しては、一般にはまだ低騒音化とか、防音という表現が多いが、*静音化は、最近のひとの音環境に対する要求を、より近い形で表している。たとえば快適な音環境を求める立場から、家電製品では静音化が商品評価の1つの指標になる。冷蔵庫のモーター音、洗濯機や空調機器の音が安眠の妨げになることもあり、家電製品の静音化に対する要求はますますきびしくなっている。同様に、建設機械やロボットなどの産業用機械についても静音化、低振動化が差別化技術になっている。

以下に、われわれのまわりの騒音、振動例について、静音化・低振動化を実現するためにCAEを用いた解析例を紹介する。

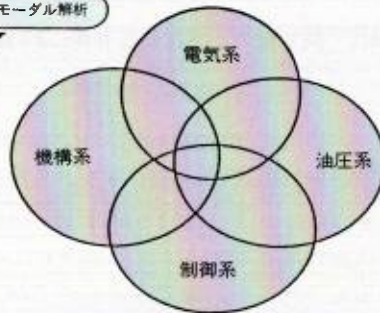
静音化、低振動化のためのCAE手法

B-1



第1図 CAE体系図

静音化、低振動化への期待に応える方法として、第1図に示すような体系的なCAEが注目されている。これは、設計のCADデータと音場解析、振動解析をはじめとするさまざまなソフトウェアを計算機内で結合させることや、実験モーダル解析などの実験解析分野とのデータベースの共有化を



第2図 複雑な機械システム

図ること実現される。さらに、振動解析を例にとれば、各種機械は第2図に示すように機構系、電気系、油圧系、制御系などの複数の系から構成され、これらは互いに影響をおよぼすので、全体系での解析技術が必要になる。

以下に、静音化解析および振動解析でよく用いられる境界要素法(BEM)・有限要素法(FEM)²⁾を使った解析例を示す。

1) 清水泰洋：こへるにくす, Vol.5, (1996), Apr., p.5

静音化、低振動化のためのCAE適用例

B-2

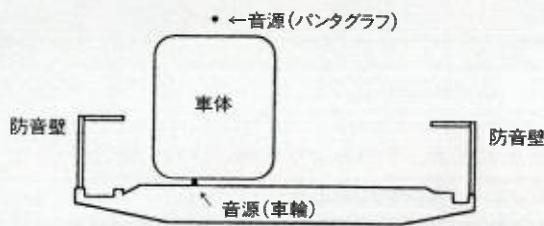
新幹線の音場解析

われわれの生活に近いところに交通騒音がある。新幹線騒音については、線路に近い住民の要求をみたすべく懸命の静音化努力がなされている。現状からさらに高速化が図られるとき、避けられないのが騒音問題であり、車体設計や防音壁

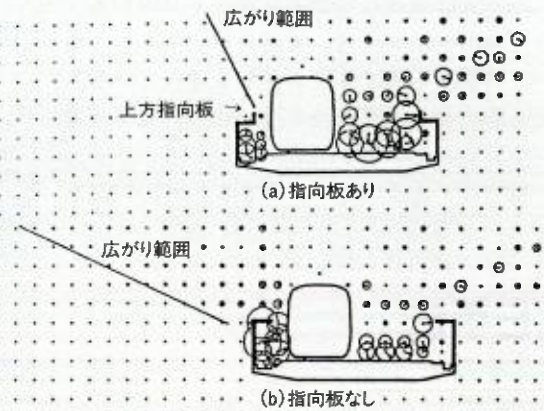
設計の見直しが真剣になされている。

たとえば、防音性能を向上するための防音壁構造の検討がコンピューター上で行われている²⁾。第3図は、防音壁周辺の音場解析モデルを示す。防音壁および新幹線の境界を1,100の要素で分割している。第4図は、車輪から発生する音がどのように伝播するかをBEMを用いて解析した結果である。円の直径の大きさは音圧の大きさに比例

2) 田中俊光ほか：R&D 神戸製鋼技報, Vol.41, (1991)No.2, p.13



第3図 防音壁周囲の音場解析モデル(BEM)



第4図 防音壁の上方指向板有無による音圧分布

し、円内の矢印の方向は音の伝播方向を示す。防音壁の形状の違いが音圧分布にあたえる影響を知ることができる。進行方向左側に注目すると、上方指向板を設置することにより音圧の大きい領域の広がり角度が大幅に狭められており、上方指向板の効果を知ることができる。さらに、上方指向板の高さの最適値もCAEを用いて求めることができる。

建設機械運転室の音場解析

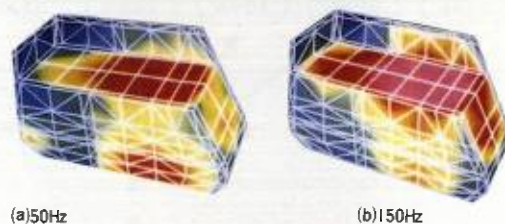
自動車や建設機械では、車内あるいは運転室内のこもり音の低減に代表されるような静音化努力が続いており、制振鋼板などの防音材料や吸音材が利用されている。一例として、建設機械の運転室のこもり音を挙げる³⁾。第5図はラフテレーンクレーンで、第6図にその運転室のBEM解析モデルを示す。第7図は運転手の耳元高さで切断した断面上の音圧分布の解析結果の一例で、左図は周波数が50Hz、右図は150Hzの音圧分布を示す。赤い部分ほど音圧が高い。この数値シミュレーションを用いると、吸音材の位置を変えたときの音圧を各周波数ごとに知ることができるので、静音化のための吸音材の最適位置をコンピューター上で求めることができ、開発期間の短縮やコストの低減を図ることができる。



第5図 ラフテレーンクレーンのソリッドモデル



第6図 運転室のBEMモデル



第7図 運転室の音圧分布

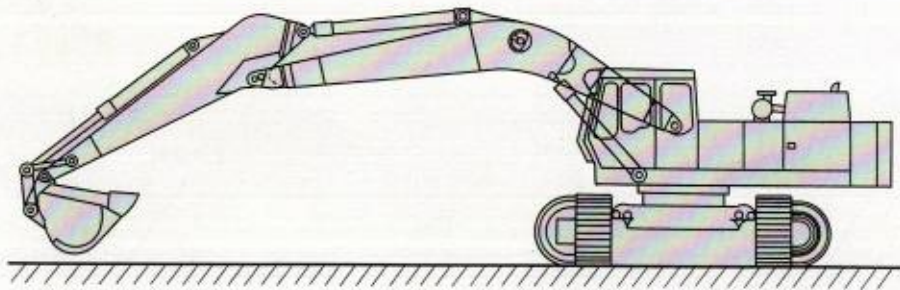
油圧ショベルの振動解析

建設機械は、近年われわれの居住空間近くで操作されることが多くなり、静音化、低振動化が強く望まれている。また、安全性の面からも振動特性を十分に考慮した設計が必要となっている。振動など構造物の動特性は従来の試作・実験の繰返しから数値シミュレーションにたよる度合いがますます増えている。一例として、油圧ショベルについて動特性解析を紹介する⁴⁾。

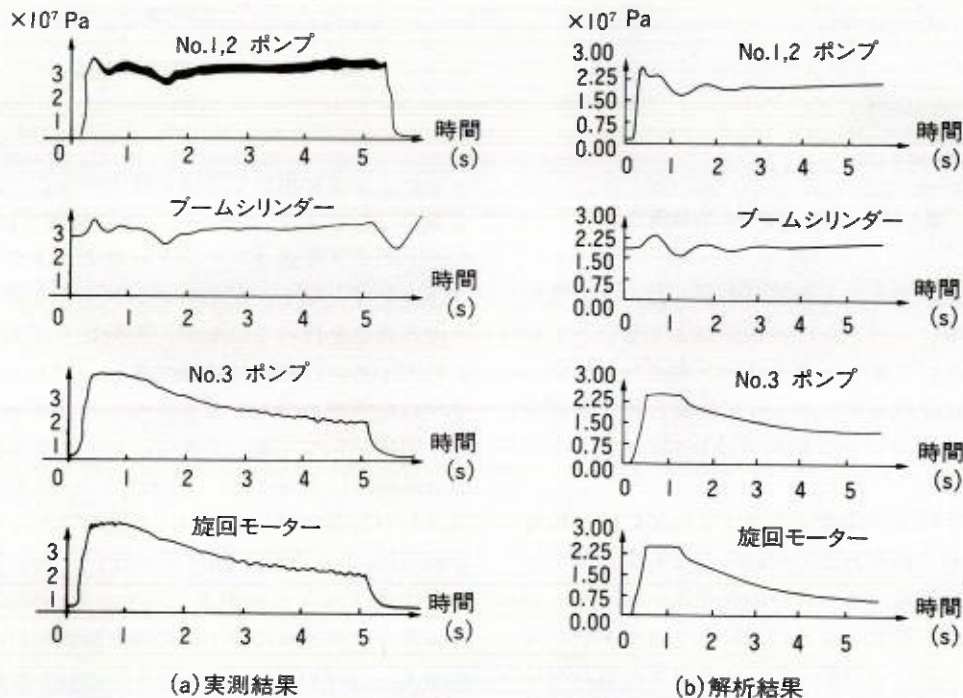
第8図に油圧ショベルを、また第9図にその機構系、油圧系のFEM解析モデルを示す。ここでは、油圧ショベルによる旋回操作とシリンダーによるブーム持ち上げ操作を同時に行ったときの解析例を示す。この解析では、2つの異なったシステム(機構系と油圧系)を同時に解析しているのが特徴で、その結果は、油圧システムのポンプの容量などの選定に利用される。第10図は、それぞれNo.1、2ポンプ、ブームシリンダー、No.3ポンプおよび旋回モーターの圧力波形の実測値と解析値を示

3) 松井利夫ほか：R&D 神戸製鋼技報, Vol.41, (1991)No.2,p.9

4) 今西悦二郎ほか：日本機械学会論文集, Vol.53, (1987),p.1711



第8図 油圧ショベル

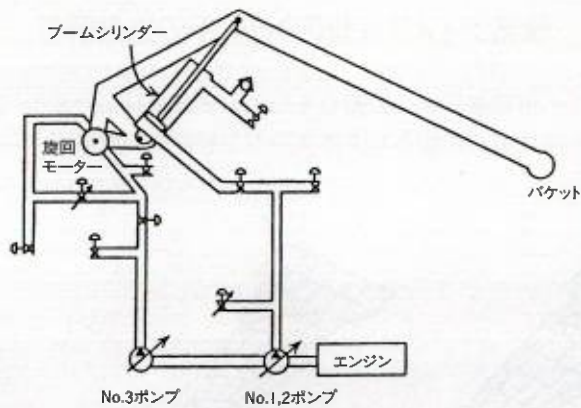


第10図 圧力波形(実測値と解析値の比較)

す。両者は定量的にもよく一致していることがわかる。このように、異なったシステム(機構系と油圧系)の相互作用を考慮できるCAE技術は、建設機械の乗り心地改善にも適用されている。

産業用ロボットの挙動解析

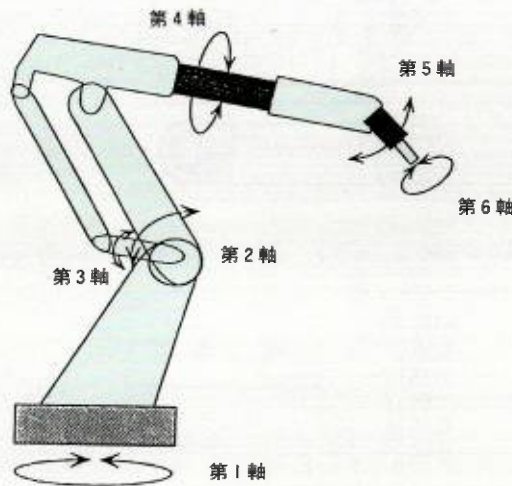
ロボットも機構系、モーター、制御系からなる複雑なシステムで、それぞれの系が互いに悪影響をおよぼす可能性があり、ロボットマニピュレーターが予期せぬ振動を発生することがある。そのために事前にマニピュレーターの挙動を数値シミュレーションを用いて予測することが重要である。たとえば、自動車のドア部などのシールをするシーリングロボットを例にとると、安定したシーリング品質を確保するためにはマニピュレーターが振動のない、教示軌跡とのずれが少ない、高い軌跡精度で作動することが要求される。ここで



第9図 FEM解析モデル

は、直角動作をさせた場合のアーム先端軌跡をシミュレーションにより求める⁵⁾。第11図はシーリングロボットの軸構成を示す。第12図にこのときのロボットアームの先端(第6軸先端)軌跡を示す。通常の制御では、第12図に示すような直角の

5) 住本 正：機械設計, Vol.40(1996),No.6,p.29



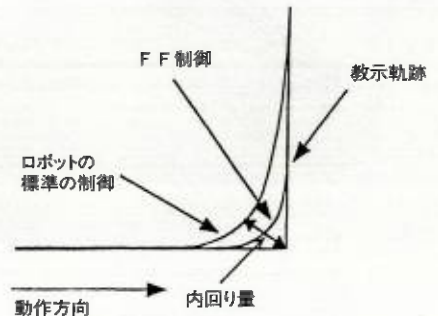
第11図 ロボットアームの軸構成

教示軌跡をあたえても角部が内回りし、その量が大きいと、シーリングの精度がよくない。しかし、たとえばフィードフォワード制御(FF制御：外乱の変化を検知して前もって外乱の影響を打消すような訂正を加える制御方法)を加えると内回り量が $1/2$ 以下になる。

このようにCAEを用いると、より高い軌跡精度をえるための制御方法の検討のみならず、ロボットアームの剛性、モーターの減速比、モーター容量、制御系のゲインなどの設計パラメーターがマニピュレーターの挙動にあたる影響を設計時に知ることができ、これらパラメーターの最適値を求めることができる。

磁気ディスク装置のヘッド部の振動解析

情報機器は、振動やその他の変形挙動がただちに性能に影響をおよぼすので、設計時に数値シ



第12図 ロボットの先端軌跡

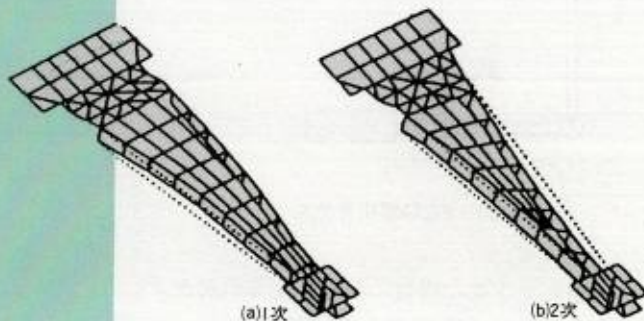
ミュレーションを用いて問題を解決することが重要である。たとえば、ハードディスク装置では、磁気ヘッドがサブミクロンオーダーのすき間でディスク面上を浮上して、ディスクとヘッドの間で情報の読み書きを行っているが、振動などによりヘッドがディスクに動的に接触すると、ディスク面に書かれた情報が消えてしまうヘッドクラッシュという問題が発生する。しかも、ディスク装置の各部分は非常に小さく薄いものが多く、接触部や外部からの影響を受けやすい。したがって、設計時にFEMによる固有振動解析を行い、ヘッドの挙動を予測することが重要である。第13図にFEMによるヘッド・支持バネ系の固有振動解析の結果を示す。これらは、ヘッドクラッシュを起しうる振動モード(1次：曲げモード、2次：ねじれモード)で、ディスクの回転数との共振を起した場合に、このような形でヘッド・支持バネ系が振動することを示している。これにより、共振を避けるための支持バネの剛性やヘッドの重量を数値シミュレーションを用いて求めることができる。

本報では、われわれのまわりの騒音、振動について、静音化・低振動化を実現するためにCAEを用いた解析例を示した。

つきつぎと響きのよいコンサートホールをつくることのできるようなよい音環境が求められ、また、振動のない、安全な快適作業空間が求められる時代に入り、人間工学とのドッキングが求められつつある。このきびしい要望に素早く応える手段としてFEM・BEMに代表される音響および振動CAE技術は、コンピューターの高速度化にもなって今後ますます有効になると考えられる。

次回は、流れの数値シミュレーションの適用例について紹介する。

〔研究開発部 CAE研究室 廣岡栄子〕



第13図 FEMによるヘッド・支持バネ系の固有振動解析結果