T－3

SYSNOISEによる数値音響解析の動向と課題

Current Status and Problem of Numerical Acoustic Analysis using SYSNOISE

石川　幸男（サイバネットシステム(株)）
Yukio IshiKAWA, Cybernet Systems Co.,Ltd.
15-6, Otsuka 2chome, Bunkyo-ku, TOKYO

1. はじめに

騒音を抑制し、静穏化を図ることや快適な音環境を整えることは、何らかの規制に従うためだけでなく、製品の高付加価値化や競争力強化を行うための重要な要因の一つである。特に自動車、建設機械、家電などの産業分野においては、騒音問題が重要な課題となっている。このような状況下で、コンピュータ技術のめざましい進歩と共に、数値解析の分野における研究開発が進み、音響解析用のソフトウェアについても汎用のプログラムが普及し始めている。これらの解析手法にはいくつかの種類があるが、音を波動現象として捉えて波動方程式を近似的に解くソフトウェアのひとつとして、数値音響解析プログラムSYSNOISEがベルギーLMS Numerical Technologies社より提供されている。ここでは、このSYSNOISEを用いた解析例と課題について述べる。

2. 解析手法

音響問題の基礎方程式を以下に示す。

$$\nabla^2 P = \frac{1}{C^2}\frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \text{ --- (1)}$$

ここで、pは圧力、Cは音速を表す。

時刻歴応答の解を得たい場合には、適当な境界条件と初期条件の下で、上記(1)式の微分方程式を解けばよい。このときの解は実数となる。現在のSYNOISEはこの時刻歴応答解析を行う解析モジュールを提供している。しかし音響解析では周波数応答を考える場合が多く、この場合には(1)式を調和振動問題として、次のHelmholtz方程式の解を求めることになる。

$$\nabla^2 P + \kappa^2 P = 0 \text{ ---- (2)}$$

(2)式を適当な境界条件の下で解けば、周波数応答の解が得られる。このときの方程式の解は複素数となる。

現在、(1)(2)の方程式を解くために広く用いられている手法は、有限要素法(Finite Element Method:FEM)と境界要素法(BoundaryElementMethod:BEM)である。

有限要素法は、1960年代より構造力学分野をはじめとして各分野で膨大な研究がなされており、コンピュータの発展と共に確立された近似解法となっている。この手法の主な長所として、　(1)定式化が一般的によく知られており、物理的な意味づけが行える　(2)作成される係数マトリクスがバンド型となり、研究された多くの高速なソルバが適用できる　(3)要素毎に異なる媒質の物性値(密度,音速)の指定ができる　(4)各節点において、解が直接得られる　等が挙げられる。その一方で、　(1)複雑な形状を持つ内部空間の要素分割には、作業時間がかかる　(2)解析に必要な自由度数が多い　(3)外部放射音題への適用が困難である等の短所もある。

境界要素法も、有限要素法の発展とほぼ同時期に応用され始めたが、有限要素法ほどの発展は見られなかった。1970年代後半になって研究が集大成され、現在は音響解析をはじめとして様々な領域に応用する研究が進められている。この境界要素法の長所としては、　(1)解析領域の境界部分だけをモデル化するために、要素の作成が容易であり解析自由度数も少ない　(2)内部問題および外部問題に対して適用が容易である　(3)解析結果を任意の位置で得ることができる　等が挙げられる。一方、　(1)作成される係数マトリクスが非対称マトリクスとなる場合があり、その取り扱いに多くのコンピュータ資源を必要とする　(2)閉空間の外部放射問題で特異周波数(Irregular Frequency)の問題が生じ得る　(3)境界面以外の音場の解は、別途後処理を行って求め直さなければな