

## CAE 解析の最適化手法に関する研究

福島祥夫\*・小宅勝\*・須田高史\*・久米原宏之\*\*

A Study on optimization of CAE Analysis

Yoshio FUKUSHIMA, Masaru OYAKE, Takasi SUDA, Hiroyuki KUMEHARA

近年、製造分野のみならず多くの分野でコストダウンへの要望が強くなってきており、製造業では従来から行われた手法を革新するというような流れも起きている。そのような状況の中、製造業においては、試作費を極力削減する方向でCAEの有効活用の検討や、CAE上で最適な設計を終了するという傾向が強くなっている。そこで、本研究では、CAEと最適化を機能的に組み合わせるための研究を行った。主に3DCADを最適化プロセスに取り込むことの効用と適用事例について述べる。

キーワード：CAE、最適化、コストダウン

Recently, a demand of cost-cutting in manufacturing field and other many fields becomes strong. So many engineers begin to look for new method to product. In the field of manufacturing, by using CAE, the development without prototype manufacturing is coming to the front. And the optimization in the CAE is also getting noticed. In this study, we investigated the method to integrate CAE and optimization method. Also the practical case using this method will be described.

Keywords : CAE, optimization, cost-cutting

### 1 まえがき

現在、群馬産業技術センターで行っている受託研究、依頼試験でのCAE解析は、企業から解析モデルの説明を受け、センター側で解析モデルを作成する場合と、企業が作成もしくは協力会社が作成した3DCADデータを持ち込まれる場合がある。いずれの場合も、持ち込まれたモデル形状での解析が主となり、たとえばセンター側で良い形状変更の提案があったとしても、再度、企業との打合わせが必要であり、時間的損失がある。しかし、解析モデルを受け取り、検討する時点で、設計変更可能な形状パラメータや範囲をヒアリン

グしておけばセンター側で最適化処理を行い提案ができる形となり、付加価値の高い企業支援体制となる。一般的にはパラメトリック最適化という範疇であるが、現状、当センター所有している有限要素法構造解析ANSYSでパラメトリック最適化を行うためには、APDL(ANSYS Parametric Design Language)という独特のプログラミング技術が必要である。しかし、当センター内でも特定の職員にしかできず、一般化するには無理がある。

そこで、これらを解決するためにAPDLなどの言語を必要としない、最適化システムを構築することを目的とする。現在、センターにはH17年度に導入した構造物振動解析システムがある。さらに3DCADを融合することで、当該システムの機能である最適化支援機能を使って既設の構造・振動解析ソフトと連携することを行うことによって、APDLによるプログラミング技術に較べ

\* 電子・計測グループ

\*\* 群馬大学

詳細なパラメトリック最適化を行うことができる。つまり、本研究では最適化支援機能⇔3DCAD⇔解析ソフトの連携を行い、活用ノウハウを確立する。

## 2 CAE 関連機器の現状と展望

Fig.1 にはセンターの保有する代表的な CAE 機器を示す。構造解析、湯流れ解析、3DCAD があるがその他に樹脂流動解析等も保有している。

Fig.2-1 は現在の最適化プロセスであり、APDL を利用する方法である。本手法では 3DCAD をプロセス内で利用できないため、自由曲面的な 3次元の微妙な形状を表現することは難しく、プリミティブな形状が主体の最適化となる。



Fig.1 CAE 機器

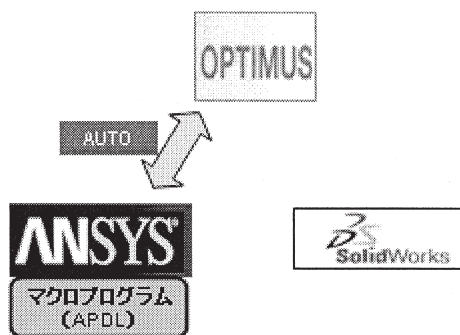


Fig.2-1 現在の最適化プロセス

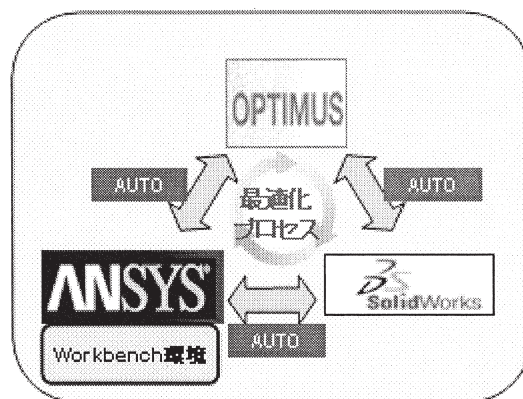


Fig.2-2 3DCAD 連携の最適化プロセス

一方、Fig.2-2 では 3DCAD がプロセス内に取り込まれているため、これによって製品本来の形状をより忠実に反映した最適化を実現することができる。本研究では ANSYS と SolidWorks の専用インターフェースを導入することによって機能的に組み合わせた。これらによって、本プロセスが完成された後の手順を以下に示す。

### ① 3DCAD によるモデリング

今回対象にする 3DCAD は当センターで所有している Solid Works を対象とした設備を導入した。

### ② 構造解析ソフトで条件設定と予備解析

最適化プロセスの雛形となる初期解析を行う必要があるために、荷重条件、拘束条件を決定し、解析を行う。

### ③ 最適化支援ソフトでの設定

ここでは、次のような項目について決定する。

- ・ 目的関数：最適化を行って改善したい項目。例えば、応力、重量、変位など製品使用上問題となる項目が多い。
- ・ 変数：目的関数の数値を実現するために変更できる設計値。製品使用上変更できる範囲を検討する必要がある。
- ・ 計算アルゴリズム：最適化手法にはいくつかの種類があり、問題の特性を理解してアルゴリズムを選択する。

### ④ 結果の評価

相関図、応答局面等の手法を使い結果を評価する。

### 3 適用例

#### 3.1 最適値探索について

適用例の前に最適化における概要について述べる。最適化手法には大別して、大域的最適化と局所的最適化がある。前者は、設計空間全体を探索するため計算時間は長くなるが、設計空間全体での解を探し当てることができる。一方、後者は、最適化速度は速いが、最適解が初期値に依存し、狭い範囲つまり局所的な解を探しあてることになる。これらを図示すると Fig.3 のようになる。

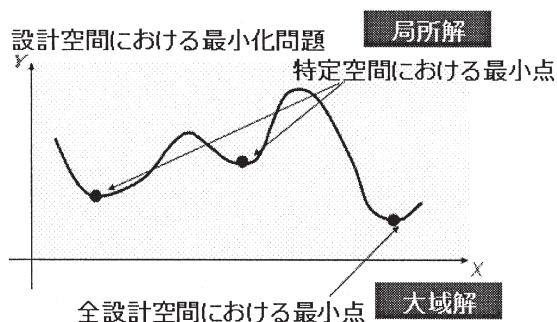


Fig.3 局所解と大域解

#### 3.2 応力・質量最小化問題

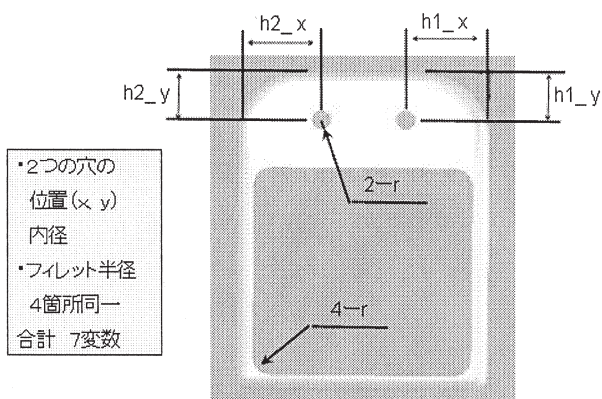


Fig.4 解析モデルと変数

Fig.4 には解析モデルと変数を示す。本適用例は、フォンミーゼスの相当応力 (Stress) と質量 (Mass) を小さくするという問題である。しかし、通常であれば、穴を多くすると質量は小さくなるが、応力は上がる傾向にあるので、手計算では簡単には解けない問題である。設計変数は2つの穴位置や内径、及び開口部の4つ角のフィレット半径の計7つである。

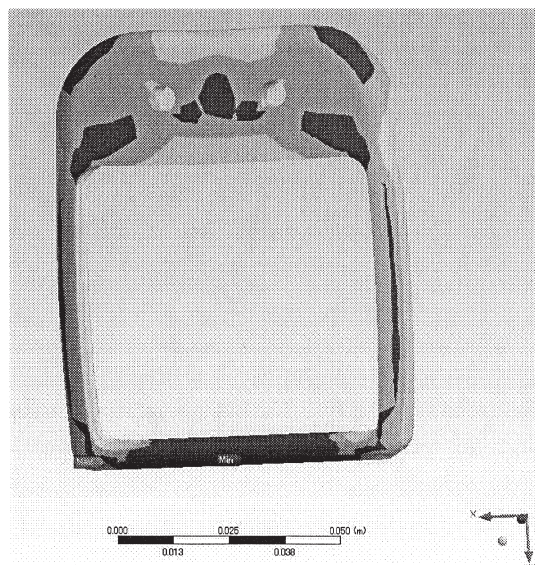


Fig.5 解析結果の例

Fig.5 には解析結果例を示す。本プロセスでは Fig.5 の解析結果より必要な情報を自動的に抜き出し、これを小さくするための設計変数の候補を最適化アルゴリズムにより算出し、再度計算を行う。このプロセスを繰り返す、計算終了値以下になるまで繰り返す。従って、計算終了の予測が見つからないという欠点もある。

Table1 と Fig.6 とは本適用例の最適化結果を示す。

Table1 結果(変数と目的値の変化)

変数	初期値	最適値
Fillet	5	5.28
h1_r	6	6.54
h1_x	25	23.75
h1_y	15	14.83
h2_r	6	8.33
h2_x	25	24.59
h2_y	15	14.61

目的関数		
Mass	0.4665	0.4617
Stress	123138.38	116267.63

今回最適解を求めるまでには304回の繰り返し計算が行われた。適用例ということで、数値の小数点以下の規制は設けていないため、Table1 に示す様な最適値となっている。

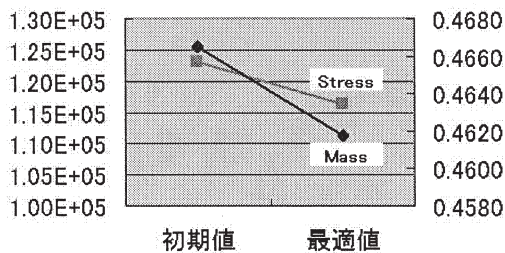


Fig. 6 最適化結果

#### 4 結果評価の例

##### 4.1 応答局面

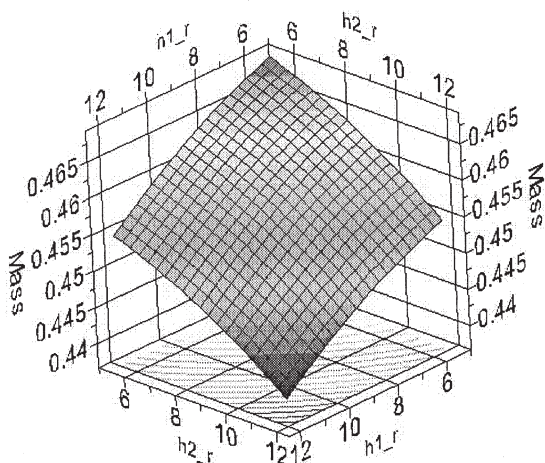


Fig. 7 応答局面の例

応答局面は解析結果を利用して作成したものである。この応答局面を見て解析の信憑性を評価することができる。Fig. 7 では横軸に2つの穴内径をとり縦軸に質量(Mass)を示している。本図では穴を大きくすればMassが減少している事を示している。また、この応答局面だけで最適解を導出する方法もある。(応答局面法)但し、応答局面が実現象を的確に表現できているということが前提である。

##### 4.2 相関散布図

相関散布図は変数同士の関係を2次元的に示すものである。Fig. 8 中の○印はMassと穴内径の関係を示したものである。このように負の関係になっており、穴内径が大きくなるとMassが小さくなるという実現象を表している。

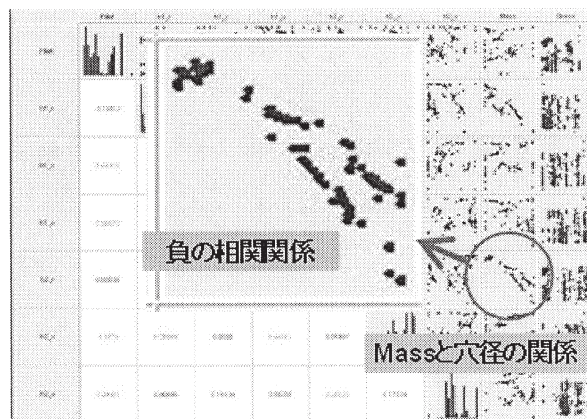


Fig. 8 相関散布図の例

#### 5 まとめ

3DCADとの連結を実現することで、実用化設計に転用できるレベルの図面での最適化プロセスが確立できた。現在は対象となる3DCADがSolidWorksだけであるが他のCADにおいても随時検討していきたい。

また、現時点では構造解析ソフトのみが対象となっているが、射出成形用の樹脂流動解析についても検討した。しかし、当センターの有するソフトでは最適化ソフトとの連携が不可能であることが判明した。そのため、湯流れ解析ソフトとの連携を検討しており、現段階では連携可という状態になっているため今後検討していきたいと考えている。