

概況

設計者CAEとしてのファーストオーダーアナリシス

小島芳生

First Order Analysis as CAE for Design Engineers

Yoshio Kojima

要 旨

車両開発におけるCAEの役割は、評価段階における試作の代替としての数値実験的なものから、企画・設計段階を含んだ開発プロセス全体を支えるものとして議論され始めている。本稿では、最近、具体化が始まった企画・設計段階のCAEの在り方を概況しつつ、その一例としてのFirst Order Analysis (FOA)を紹介する。

キーワード 自動車，構造，機構，設計，CAD，CAE，FOA

Abstract

CAE (Computer Aided Engineering) has been regarded as a numerical experiment to replace prototyping and experiments. Moreover, the necessity for designers' CAE has recently come under discussion. This refers to the CAE that covers processes such as product planning and grand design. This paper will introduce FOA (First Order Analysis) software as the designers' CAE and address how it can work in the future.

Keywords Automobile, Structure, Mechanism, Design, CAD, CAE, FOA

1. はじめに

この原稿が活字になる頃には、新年の封切映画を楽しまれた方も多いと思う。最近の映画ではCG (Computer Graphics)が多用されているものの、私たちはそのことにさして興味を示さなくなり、様々な映像表現のひとつとして楽しんでいるに過ぎない。CAE (Computer Aided Engineering) も、現象を忠実に再現することは当たり前のことで、もちろん、そういう努力は日夜続けられるべきものとして、エンジニアリングの原点にたった部分に論点が移ってい

る。それは工学手法として、軽量かつ高剛性といった力学的な設計技術、ユーザーニーズに対してタイムリーに供給する生産技術、製品バリューを適正なコストで実現する製造技術、等々のもの作りを支えるひとつの仕組みとして理解されるようになってきている。

本稿では、こうしたCAEの広がりが、開発の上流域に向かっていることを述べ、企画・設計段階のCAEの在り方や、その一例としてのファーストオーダーアナリシスについて概説する。

2. CAEの役割の拡大

Computer Aided Engineering (CAE) は、設計・製造分野にタイムリーに解析情報を供給し、これによって今までにない新しい手法により、既存の製品への大幅な改良を可能にするものとして、1980年に米国で提唱された¹⁾。その後の米国では、日本の製造業の強さを背景にその分析が盛んに行われ、代表例にLean Productionと再定義したMITのグループのものがある²⁾。そこから派生した工学的な理念のひとつに、90年代初頭のConcurrent Engineering³⁾が挙げられるだろう。ここでは、製品設計、試験、製造等の開発プロセスを、従来のシーケンシャルな形態からオーバーラップさせる形態への変換が提唱された。そして、Design for X⁴⁾やAgile Manufacturing⁵⁾に代表されるような設計や生産の手法として、例えば、数ヶ月ごとにモデルチェンジが行われている携帯電話にみられるように、金型開発を含んでごく短期間の製品化が可能になるような事例をみている。これらは、コンピュータハードの発展を背景にした、試作・実験・評価段階のCAE化の成功とみなすことができる⁶⁾。

さらに、コンピュータハードの進展は、高度な3次元グラフィックス機能をパーソナルな3D-CAD (Computer Aided Design) システムとして設計者に提供されることにもなってきた。これを用いれば、CADで造形しながらCAEが実行できる。すなわち、設計者個人が高度なCAEを設計段階で扱えるような環境が提供されようとしている。

3. 設計者向けCAE

3.1 CAD embedded CAE

3D-CADシステムを用いれば、CGを操るように製品形状を描くことができる。そこで、モデル化というプロセスを意識することなく、CAEによる応力分布や変形の様子なども設計者が容易に算出できる。有力CAEベンダーからも、CAE内蔵型のCADシステム (CAD embedded CAE) を標榜するソフトウェアが提供され始めた^{7, 8)}。さらに、数値試作的に設計変数のパラメータスタディを行えば、例えばDOE/RSM (Design of Experiment/ Response Surface Method)⁹⁾を用いた最適化手法によって、許された設計領域のなかで形状の最適化も簡単に可能となる。こうした設計者CAEは、従来型の強力、かつ汎用的なCAEをソルバーに持ちながら今後も機能向上を進めていくものと考えられる。

開発の下流側における生産技術のデジタル化が、工作機械のNC (数値制御) 化と連動して普及したよ

うに、開発の上流側における設計段階のデジタル化は、3D-CADの登場によって具体化され、定着していくであろう。

3.2 ファーストオーダーアナリシス

設計の工程に、CAD embedded CAEは一定の役割を果たす。しかし、これには企画や概念設計といった創造的な活動や設計ノウハウを保守しつつ、継承していくような機能は必ずしも持ち合わせていない。なぜなら、現行のCAD embedded CAEは、形状を決めたのちの解析という従来型CAEのプロシージャから成り、造形を始める前のコンセプト作りという観点に欠けるからである。

それを解決するものとして、私たちはファーストオーダーアナリシス (FOA) の試みを始めている^{10, 11)}。それは次のような構成となる。

- (1) 製品ごとの形状テンプレート機能
- (2) 製品の部品分けに対応するスプレッドシート機能
- (3) 部品ごとに特化される性能計算機能
- (4) 部品を組み合わせた製品の特性計算機能
- (5) 部品形状や設計パラメータの最適計算機能

FOAを用いれば、設計の手順にそった思考実験を行うことができ、ひらめきやその確認も設計者の手許で即座に実施できる。ここで言う設計の手順とは、初等材料力学による手法や、数値実験的なCAEの結果から設計上必要な情報のみを取り出す手法まで含まれる。その多くは長期にわたって製品設計にあたってみえたベテラン設計者が有す財産であり、FOAツールはそのデジタル化と言うこともできる。個々の具体例やツール化に際しての工夫については、本特集の個別の解説を参照頂きたい。

FOAの使われ方の本質は、造形を始める前のコンセプト作りや、いくつかの設計案を比べて、この案の方が良いと力学の知識を用いて、即座に判断できればよしとするところにある。数値実験CAEやそれをベースにするCAD embedded CAE型の設計者向けCAEが実現象に近づくことを第一とするならば、FOAは設計者の思考プロセスや図面化の手順に近づくことが主眼目となる。

4. これからの設計者CAE

設計者CAEが、今後、強い非線形性や非定常性に関する問題を扱うようになった場合、非線形・非定常といった現象が設計者によってどのように構想されてかたちに置き換えられているのか、そのプロセスを再度、討議するところから始めなくてはならない。FOAの持つ製品に特化した階層性は、扱うべき現象も特化することになり、FOAツールとして具体

化は可能と考えている。さらに、その機能はCAD embedded CAEのオプション機能として、提供されることもあるだろう。

製図台から2次元CADへの移行の際には、基本的には三面図がデジタル化されただけなので、設計ノウハウが散逸する心配は少なかった。これからの3D化では、形状の作り方から変わってくる部分がある。昨今の設計者CAEに対する期待には、製品の信頼性を支えてきたノウハウをいかに保存・継承していくかといったことも背景にある。

5. あとがき

CAEの進展によってもの作りを取り巻く環境に変革がもたらされ始め、そのメリットを享受する機会も増えてきた。一方で、試作回数の減少は実体としてのもの作りから学ぶ機会を乏しくしているのも事実である。このことに対し、FOAがひとつの方法を示すことができれば、私たちの試みは成功したと言えるだろう。さらに、FOAにより、構造・機構の企画・設計が身近なものとなれば、自分のアイデアをアピールする機会もあらためて増えてくるだろう。

冒頭、「この原稿が活字になるころには」としたが、すでに出版の世界では原稿を活字にする作業はなく、WEB上、書いたものがすぐさま出版物になり、誰でも情報の提供と入手が世界規模で容易になっている。同時に、それは従来型の製本・出版のビジネスを衰退させてもいない。それどころか、街には大きな書店がいくつも出店している。

CAE化を進める際に、効率化のもと省人化を進めてきた時代を経て、エンジニアリングの世界でも設計者CAEの概念が拡張され、そこから、新しいビジネスが生まれてくれば、FOAの研究に携わる者にとっては望外の喜びである。

参考文献

- 1) Lemon, J. R., et al., : Integration and Implementation of Computer Aided Engineering and Related Manufacturing Capabilities into Mechanical Product Development Process, (1980)
- 2) Dertouzos, M. L., et al. : "Made in America : Regaining the Productive Edge", MIT Press, (1989)
- 3) "Concurrent Engineering-Automation, Tools and Techniques", John Wiley & Sons, Ed. by Kusiak, K., (1993)
- 4) Boothroyd, G., et al., : "Product Design for Manufacture and Assembly", Marcel Dekker, (1994)
- 5) Goldman, S., : "People organization Technology: Integration for Agile Manufacturing", Pro. of the 3rd Int. CIM Symp., (1993)
- 6) 小島芳生 : "車両開発における構造・機構のCAE", 豊田中央研究所R&Dレビュー, 35-4(2000), 1
- 7) MSC Acumen, Available from Internet : <URL: <http://www.mscsoftware.co.jp/product/acumen/index.htm>>
- 8) Design Space, Available from Internet : <URL : <http://www.cybernet.co.jp/designspace/>>
- 9) Raymond, H. et al., : Response Surface Methodology, John Wiley & Sons, (1995)
- 10) Nishigaki, H., Nishiwaki, S., Amago, T., Kojima, Y., and Kikuchi, N. : First Order Analysis-New CAE Tools for Automotive Body Designers, SAE Tech. Pap. Ser., No.2001-01-0768(2001)
- 11) 小島芳生, : "ファーストオーダーアナリシス : 設計者CAEの提案", 計算工学, 5-3(2001), 4-7
(2001年12月21日原稿受付)

著者紹介



小島芳生 Yoshio Kojima
生年 : 1958年。
所属 : 第14研究領域。

分野 : 設計者向けCAEに関する研究。
学会等 : 日本機械学会, 自動車技術会会員。
1991年R&D100選受賞。
工学博士。