電子機器の熱設計における機能検証とコンセプト検証 Function and Concept Validation for Thermal Design of Electronic Equipment

○正 横野 泰之 (東芝) 久野 勝美 (東芝) 廣畑 賢治 (東芝)

Yasuyuki Yokono, Katsumi Hisano and Kenji Hirohata, Toshiba Corp.

In order to utilize numerical analysis techniques in the actual design process, not only the numerical analysis techniques themselves, but the procedures for applying those techniques in the design, were examined. According to the stage of a design, the example of application of numerical analysis and visualization in the design of an electric equipment was divided into the system performance analysis which drops a product concept on a system function, the layout analysis which determines a system function to a part layout, and the parameter analysis which determines the design parameter of each part. The progress of the numerical technology for product planning is expected. The product development process requires not only numerical simulation based on physics but also statistical approach.

Key Words: Design, Electronic Equipment, Numerical Analysis

1. はじめに

電子機器では小型軽量化や処理能力の向上が繰り返されており、その動作や信頼性を保つことが重要な課題となっている。また、電子機器の開発サイクルは短く、設計が固まった後に対策を行うことでは製品開発のスピードに対応できず、より効率的な設計が求められている。このような背景から、開発の効率化を目的として設計への数値解析の取り込みには大きな期待がかけられている。ここでは、数値解析の利用技術を設計の段階によって分類して、電子機器の熱設計における数値解析の適用例を紹介し、その現状と課題について述べる。

2. 製品開発プロセス

図1に電子機器における製品開発プロセスの概要を示す。マーケットの要求や新技術の登場によって、製品のコンセプトが生まれる。これからシステム機能、部品レイアウト、部品パラメータを決めていく作業を製品開発とする。上述の順序にブレークダウンしていくことを設計(design)と呼び、逆方向に想定した機能が実現されているかの確認を検証(verification)と呼ぶことにする。システム機能が容易に想像できたり、部品の詳細パラメータ選別に余裕がある場合は、検証は設計者の頭の中で行われる。システム機能に余裕が無く、それを容易には想像できない場合は実験などによる検証が必要になる。一度でシステム機能を満たせばよいが、通常この設計と検証が繰り返して行われる事が多い。設計に数値解析を適応するのは、この検証を勘や実験から数値解析に置き換えようとするものであり、設計と検証の繰り返しのコストを下げ、開発の速度を上げることが目的である。数値解析は検証を行う技術であり、設計との繰り返しがあつてはじめて開発の効率化に寄与する⁽¹⁾。ここでは、上述の製品開発プロセスの各段階に分けて、数値解析の利用技術を考えてみる。

3. 数値解析事例

3.1 パラメータ検証

電子情報機器における部品としては半導体パッケージや冷却フィン、ファンなどであり、寸法が小さく比較的低流速で用いられることから、定量的な数値解析が可能となっている。冷却用ファンの解析により、ファン内部での圧力分布が得られ、翼形状が剥離域に及ぼす影響などが検討できる⁽²⁾。このように、この段階では、解析結果の定量的な検討や速度、圧力、温度といった物理量の詳細な観察から

設計改良のヒントを得ることができる。さらに、最適化手法と数値解析の組み合わせによる設計案の算出や設計パラメータの変動によるロバスト性検討なども行われており、数値解析が有効な手段となっている。

3.2 レイアウト検証

部品のレイアウトを決めるようなシステム全体を対象とした例としてはノートPCの解析結果⁽³⁾などがある。この例では、詳細なCADデータを用いて詳細な解析を実施するのではなく、ある程度ラフな解析モデルに変換している。解析の結果による形状変更やレイアウト変更は構造設計など他の設計にも影響を与えるので、このラフなモデルでの設計変更は詳細なCAD情報そのものに反映される必要があるが、自動的にフィードバックすることは困難で、人の手を介してCADデータを変更している。このように、システム全体を対象とした解析では、様々な内蔵部品を取り替えるなどの柔軟なレイアウト変更には対応不十分な点があり、モデル構築技術に関しては進展を期待したい。また、定量性の向上や部品ごとの詳細な設計パラメータ表現が可能になれば新たな使い方が広がり、CADデータへのフィードバックも可能となる。これらは、解析モデルの大規模化や解析の高速化の進展に期待するところが多く、現時点でも一部は実施可能であり、将来には実現されると考える。

Fig.1 Product development process

3.3 機能検証

この段階では、製品コンセプトからシステムでの機能がどのようになるべきか、あるいはならざるを得ないかを決定する。電子機器では、ある発熱量のCPUをどのくらいのファンで冷却するか、その際に筐体の大きさや重量はどの

ようにすべきか、また、バッテリー持続時間との兼ね合いはどのようにするかといったような様々な機能を決める段階といえる。多目的最適化を用いたパワーユニットの設計例⁽⁴⁾を図 2,3 に示す。パワーユニットでは、素子の温度を所定の値以下に保つのみではなく、熱膨張差による歪の低減や冷却に必要な送風機の低圧力損失と低騒音、さらには機器の小型化を同時に満たしていく必要がある。これに対応するため、あらかじめ熱伝導解析などにより求めておいた設計パラメータと各目的関数の関係を基に、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithms)による多目的最適化を実施したものである。目的関数のトレードオフ関係が分かると共に、ある評価基準の値を改良するためには残りのどれかの評価基準の値を改悪しなければならない解、すなわちパレート解が得られた。機能検証には、電気的特性や使いやすさ、製品全体での騒音、品質感など解析困難な指標間でのトレードオフを調べるのが求められたり、まったく新しい概念が生まれてきた時にどのような性能を発揮するかを定量的に把握するといった要望もあり、今後の進展を期待したい。

3.4 コンセプト検証

これまでの検証は物理現象に基づく数値シミュレーションによって行った。製品コンセプトを検証するにはこのような数値シミュレーションは適さない。ここでは、統計手法を用いて、ノートPCを対象として、販売台数に及ぼすCPU性能やHDD容量といった機能と販売価格および意匠デザインなど官能指標の関係を定量化した例⁽⁵⁾を図 4,5 に示す。用いた手法は、実際の販売台数、価格を基にした共分散構造モデリング、モンテカルロシミュレーション、ニューラルネットによる回帰である。実際の販売データを基にして、ノートPCの価格、スペック、官能性能から販売台数を推定する回帰モデルを作成し、このモデルにより、仕様を変化させた際の販売台数の違いや、販売台数が変化しないような価格差について検討することができた。この段階の解析例はほとんど見られず、事例の増加が望まれる。

4. おわりに

数値解析の利用技術を製品開発の段階によって分類して、電子機器の設計における数値解析の適用例を紹介した。部品レベルのパラメータ検証やシステム全体を対象としたレイアウト検証は様々な解析例があり、普及してきている。製品のシステム機能を検討するための新たな解析手法や最適化、可視化技術の進展が期待される。製品のコンセプトを考える場合には、物理現象に基づくシミュレーションのみではなく統計手法も必要になり、今後、解析事例が増加することが期待される。

5. 参考文献

- (1) Yokono, Y., Hisano, K. and Ishizuka, M., Thermal Science and Engineering Vol.8, No.1, (2000), pp.39-45
- (2) Biswas, D., Yokono, Y. and Iwasaki, H., Proc. of International Symposium on Micro-Mechanical Engineering, 200-207, (2003)
- (3) Hisano, K., Iwasaki, H. and Ishizuka, M., Thermal Science & Engineering, Vol. 5, No. 2, (1997), pp.7-12.
- (4) 横野ほか, 可視化情報学会論文集, Vol.24, No.10, (2004), pp.49-54
- (5) 横野ほか, 可視化情報シンポジウム, (2007)

Fig.2 Multi objective optimization

Fig.3 Effect of flow rate limit

Fig.4 Parameters on PC sales

Fig.5 Structural equation modeling