

デジタルAV事業分野へのシミュレーション技術適用

Computer Simulation Technologies for Development of Digital AV Products

岩田進裕* 中尾克*
Yukihiro Iwata Suguru Nakao

開発プロセスへの定着によるスピード開発を目指し、「設計変更に対応可能な高速評価、開発ステップ移行の判断時に利用可能な高精度予測」に重点をおいたシミュレーション技術を開発した。

本稿では、デジタルAV機器の共通課題である放熱および工法にフォーカスし、技術開発と商品適用事例を紹介する。

To realize high-speed development, simulation technologies were developed focusing on "high-speed evaluation" to evaluate promptly and "high-accuracy prediction" to judge quantitatively in the transient steps.

In this paper, we introduce the application of simulation technologies for heat dissipation and construction methods to the development of PDP televisions, digital cameras, lens barrels of digital cameras, and optical pickups.

1. シミュレーション技術の利用状況

デジタルAV商品開発においては、開発機種増に向けたLT（リードタイム）短縮および高性能化とコストダウンの両立への要望がますます強くなっている。

シミュレーション技術は、開発上流での設計完成度向上によるLT短縮、試作削減、および現象把握に基づく高難度課題の早期解決を実現する手段として、活用されている¹⁾。

しかしながら、実験評価を忠実に模擬するシミュレーションは、モデル規模が大きくなり、計算時間がかかり過ぎるという問題がある。また、高精度予測には、モデル作成および条件設定において、豊富な知見を有するシミュレーション専任者によるノウハウ蓄積が不可欠である。

このため、現状では、簡易モデルでの現象把握もしくは相対評価による方向づけに止まっている場合が多く、試作代替手段として定着するには、更に時間を要すると考えられる。

そこで、スピード開発を目的に、製品全体を短時間で評価可能な放熱シミュレーション技術、およびマイクロオーダーの複雑な現象を把握するための高精度な工法シミュレーション技術を開発したので、その技術と製品適用を紹介する。

2. 放熱シミュレーション

2.1 放熱シミュレーション技術開発

放熱シミュレーション技術は広く利用されているが、従来技術では解析専用モデルを作成する必要があり、解析

評価期間が長くなるとともに、解析精度は利用者のスキルに大きく依存するという問題があった。

上記課題に対し、3D（3 Dimensional）設計データと連携した製品全体を評価可能な放熱シミュレーション技術を開発した。本技術の特徴であるメッシュ生成、ファンPQ（静圧・風量）特性および部品等価モデルの3点について、以下に説明する。

第1に、メッシュ生成に関しては、部品を機能別に分類して、熱現象への影響度に応じたモデル化許容誤差（3Dデータとメッシュモデルの体積差の許容範囲）を定量化し、この許容誤差に従って各部品のメッシュを生成することで、利用者に関係なく、高精度な解析予測を可能としている²⁾。

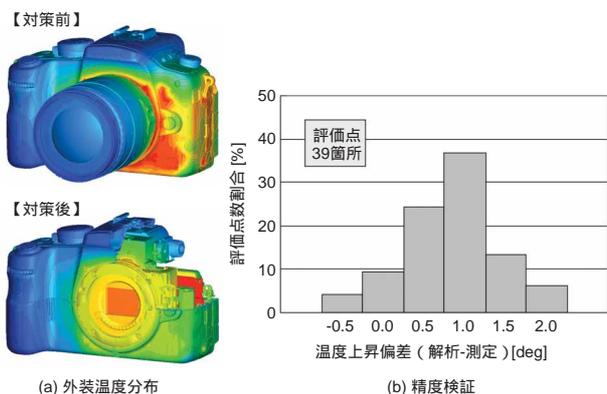
第2に、ファンPQ特性に関しては、冷却ファンを狭空間で用いる場合、PQ特性は壁面間距離に大きく依存するため、事前にファン詳細モデルを用いたシミュレーションで壁面間距離とPQ特性を算出し、このPQ特性で計算することで高精度な予測が可能となる。とくに軽薄短小化が進展するAV機器では、多くの場合ファンは狭空間配置を求められるため、重要な技術である。

第3に、部品等価モデルに関しては、基板実装部品、電池などの内部構造の複雑な部品は、事前に詳細モデルを用いたシミュレーションで異方性も含めた熱伝導率を算出し、等価物性値モデルとして扱うことで、短時間での製品全体評価を可能としている。

2.2 デジタル一眼カメラ放熱設計

適用事例を、第1図に示す。(a)は外装温度分布の対策前後の比較、(b)は精度検証に関するヒストグラムである。外装、撮像素子および主要LSIの温度低減が最も重要な課題の1つである。検討においては、撮像素子および主要LSIからの熱を効率的に外装に導くとともに、外装表面温度を均等化するための伝熱経路の設計がポイントと

* AVCネットワークス社 技術統括センター
Technology Planning & Development Center, AVC Networks
Company



第1図 一眼デジタルカメラの放熱設計
Fig. 1 Heat-proof design of single-lens DSC

なるため、商品内部の温度分布を可視化している。

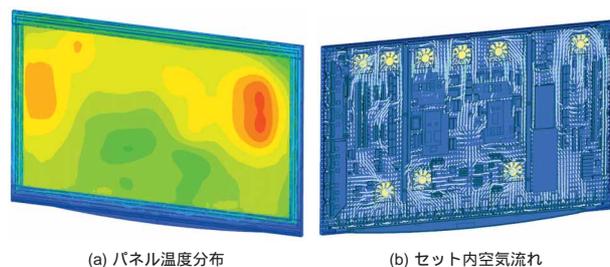
検討の結果、前面外装高温部への熱伝導経路を抑制することでヒートスポットを回避し、外装温度を均等化している。

計算誤差は ± 3 deg以内でよく一致し、設計の定量判断に適用可能なレベルである。本解析では、商品全体（部品約400点）を丸ごと評価し、定常解析、1000万要素、8 CPU並列で、計算時間は約6時間程度である（従来：約48時間）。

2.3 PDPテレビ放熱設計³⁾

シミュレーション適用事例を、第2図に示す。(a)はパネル温度分布、(b)は筐体（きょうたい）内部の空気流れを示している。パネル温度低減が最も重要な課題の1つである。検討においては、排熱効率を極大化するための流路設計がポイントとなるため、吸気から排気に至る流路を可視化した。

上記検討の結果、ファン、通風孔配置を最適化で排熱量を増大し、パネル温度低減を実現した。



第2図 PDPテレビの放熱設計
Fig. 2 Heat-proof design of plasma display panel TV

本解析では、商品全体（部品約800点）を丸ごと評価し、定常熱解析、800万要素、8 CPU並列で、計算時間は約5時間程度である（従来：約40時間）。

3. 樹脂成形シミュレーション

3.1 樹脂成形シミュレーションの技術開発

樹脂成形シミュレーションは、充填時の樹脂流動解析、保圧冷却時の樹脂収縮解析、離型後の反り変形解析の3ステップから構成される。樹脂流動解析では、熔融樹脂をせん断速度、粘度、温度の関数式で非ニュートン粘性流体として近似し、充填後の樹脂の圧力、温度などを算出する。樹脂収縮解析では、熔融から固化状態までの物性変化を、圧力、体積、温度の関数式で近似し、流動解析結果を用いて、冷却過程での体積収縮率を算出する。反り変形解析では、体積収縮率を荷重条件として構造解析を行い、成形後の反り変形量を算出する。

精密成形品の事前検討において、最も重要となる反り変形解析は、全ステップの解析誤差が累積するため精度が悪く、これまで参考程度でしか活用されなかった。今回、3次元ソリッド要素の解析モデル、型内圧力測定結果に基づく解析条件設定、冷却過程での型内収縮考慮を盛り込んだ解析手法を構築し、高精度化を実現した。以下に、具体的内容を記載する。

FEM (Finite Element Method) の離散化モデルは板厚方向のディメンジョンがないシェル要素を一般的に用いる場合が多いが、板厚方向は一様分布として、速度、圧力、温度を差分計算するため、板厚変化が多い場合の流動解析では精度が劣化すること、板厚方向の体積収縮率が一定となるためヒケや反り計算の精度が悪いことなどの課題が生じる。そこで、6面体形状の3次元ソリッド要素を板厚方向に多層化した離散化モデルを基本とした。

また、流動計算の初期条件には、流速、温度など成形機の設定を用いるが、解析領域は金型内のスプール先端以降と、計算モデルと初期条件設定との間にずれが生じるため、スプール、ランナーなどの型内圧力の測定結果から、初期条件を補正する手法を用いることで精度向上を図った。

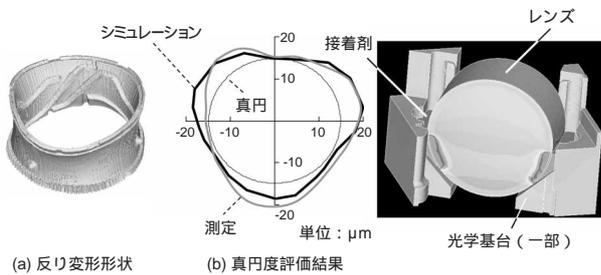
さらに、樹脂が熔融状態から常温固化するまでの温度低下に伴う体積収縮を、冷却過程での型内収縮と、離型後の大気中収縮に分離する計算手法を用いることで精度向上を図った。

3.2 デジタルカメラのレンズ鏡筒の成形工法開発

以下に、デジタルカメラのレンズ鏡筒の成形工法開発に適用した結果を示す。レンズ鏡筒は円筒面に設けたカ

ム機構で伸縮する精密機構部品であり、高い真円度が要求される。そのため、成形時の反り変形を低減する金型構造、成形条件、鏡筒部品形状を見いだすため、商品開発段階からシミュレーションを実施した。

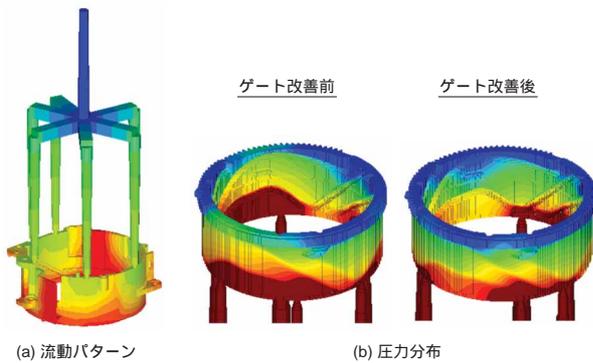
第3図に、反り変形シミュレーション結果の一例を示す。(a)は反り変形形状、(b)は真円度評価におけるシミュレーションと測定結果である。解析結果は数ミクロンレベルの誤差で測定結果とよく一致している。なお、今回、反り変形シミュレーション結果を自動的に真円度評価するシステムを開発し、シミュレーションのスループットを30%改善している。



第3図 デジタルカメラ鏡筒の成形シミュレーション事例

Fig. 3 Plastics mold simulation of lens barrel for digital camera

第4図に、流動パターンと充填圧力分布のシミュレーション結果の事例を示す。ゲート位置を円周方向に複数均一配置するのではなく、120°間隔で配置したカム溝の位置に同期させて最適配置することで、充填時の成形品の圧力分布を均一にし、その結果、反り変形を抑制することが可能となった⁴⁾。



第4図 デジタルカメラ鏡筒の成形工法事例

Fig. 4 Improved case of lens barrel for digital camera

4. 今後の展望

本取り組みの結果、放熱シミュレーション技術としては、製品全体の温度を予測誤差 ± 3 deg以内、計算時間5~6時間で評価可能な高速・高精度技術を開発した。工法シミュレーション技術としては、ミクロンレベルの誤差で予測可能な超高精度技術を開発し、各種製品開発の中で、LT短縮、高難度課題解決に不可欠なツールとして利用されている。

今後は、上記シミュレーション技術と最適化技術の連携で更なるスピード開発を実現し、開発機種増への対応や製品性能向上と対策コスト低減の両立を図って行く。

また、堅牢・静音・防塵設計など、他分野のシミュレーション技術開発についても、取り組む必要があると考えている。

参考文献

- 1) 井ノ上裕人：AV機器の開発プロセス業務革新におけるCAEの役割と適用事例 第13回設計・製造ソリューション展講演(2002).
- 2) 岩田進裕 他：日本特許 PA2009-096824 (2009).
- 3) 古川貴之 他：日本特許 PA2009-096824 (2009).
- 4) 伊豫田真 他：日本特開 2008-18727 (2008).