

数値解析技術の活用による設計品質の確保

Application of Numerical Analysis Technology to Product Development to Ensure Design Quality

長谷部 佳文 HASEBE Yoshifumi 森本 淳 MORIMOTO Jun

製品開発では、3D(3次元)CADを使用した設計の普及に伴い、作成した3D形状データに基づいて数値解析ができるCAE(Computer Aided Engineering)の活用で、試作なしの設計評価が求められている。

東芝テック(株)は、開發生産性を向上させる取り組みの中で、開発の上流工程(以下、開発上流と略記)における設計品質の作り込みに注力しており、CAEの活用を推進している。その一環として、設計の後戻り要因になりやすい耐落下強度を確保するため、試作前に製品の弱点となる落下姿勢の検出と、その強度を自動で評価する落下解析技術を開発した。ポータブルプリンターの製品開発へ適用することで、耐落下強度に対するロバスト性の向上を確認できた。

With the extensive dissemination of three-dimensional computer-aided design (3D CAD) in recent years, computer-aided engineering (CAE) analysis based on 3D shape data has become widely adopted in the field of product development. Accordingly, demand has recently arisen for design evaluation technologies that can eliminate the need for the fabrication of prototype models.

Toshiba Tec Corporation has been promoting the effective utilization of CAE to assure design quality in the upstream processes of product development as part of its efforts for the improvement of design productivity. As part of this approach, we have developed an automated tool for multi-posture drop analysis, which can evaluate the weakness of a dropping posture and the shatter resistance in this posture and enhance durability against dropping impact, in order to reduce the occurrence of process retrogression. We have applied this tool to the development of a portable printer and confirmed that it increases robustness against dropping impact.

1. まえがき

東芝テック(株)は、製品開発の生産性を向上させる取り組みとして、開発上流での設計品質の作り込みに注力している。その中で、まず、設計支援ツールであるIDCAEを活用して機能検証を行って製品仕様を作り込み、次に、その製品仕様に基づいて、3D CADで部品形状の作成と部品配置を行った3Dモデルを構築し、その3Dモデルに対してCAEで構造の検証を行って製品の構成部品を作り込む、という流れに沿った設計の確立を進めている。

一方、コンピューターの高性能化に伴い、CAEを担う各種の数値解析技術も高度化を続けており、これらの技術を効率良く製品開発へ活用するための取り組みも続けている。ここでは、当社における数値解析技術の活用への取り組みと、製品開発への適用について述べる。

2. 数値解析技術の活用への取り組み

当社は、製品開発プロセスにおいて、V字型製品開発を進めており、ハードウェア設計では、部品設計が完了するまでに、表1に示すような各種の数値解析技術を活用している。例を挙げると、機械設計の分野では、構造解析による

フレームなど構造部品の強度評価、機構解析によるカムやリンク機構の動作確認、熱流体解析によるエアダクトやヒートシンクの検討、公差解析による製造時の部品ばらつきを考慮した組立寸法の確認などを実施している。また、電気設計の分野では、基板単体のEMC(電磁両立性)チェックや、ESD(静電気)解析による静電気の影響確認、EMI(電磁干渉)解析による筐体(きょうたい)、フレーム構造、ケーブル配線の検討などを実施している。これらの解析を活用するにあたっては、設計課題の背景や開発進捗に合わせ、簡素化した解析モデルでの実施や試験結果との組み合わせなどのアレンジを行い、更なる開發生産性の向上に取り組んでいる。

一方、表1の解析のうち、落下解析と、熱流体解析、EMI解析は、製品全体を対象とした検証に活用しており、大規模なCAEとなる。特に、製品の軽薄短小などを他社と競う傾向が続く中、落下解析技術を活用した耐落下強度の検証は、重要な位置付けとなっている。

3. 落下解析技術の活用

当社は、図1に示すようなポータブル製品を開発している。これらの製品は、持ち運びながら使用するため、ユーザー

表1. 東芝テックにおける数値解析技術の活用

Utilization of numerical analysis technologies in Toshiba Tec Corporation

数値解析技術名	目的
構造解析	構造部品の変形・応力の確認
	構造部品の熱変形・熱応力の確認
	固有値の確認
	強度・疲労耐久性の確認
落下解析	落下衝撃時の挙動確認
熱設計ツール・熱流体解析	ファンレス可否の確認
	ファン・ダクト・ヒートシンク・開口面積の確認
	ダクト内流れの確認
	筐体内流れの確認
流体解析	機体内温度分布の確認
	ダクト内流れの確認
	筐体内流れの確認
機構解析	機構の検討
	紙搬送経路の検討
公差解析	公差検討
光線追跡	光学ユニットの光路確認
SI解析	信号波形の確認
	基板配線の検討
	回路動作の確認
	クロストークの確認
PI解析	ハーネスの影響確認
	電源インピーダンスの確認
EMI解析	デカップリングコンデンサの最適配置の検討
	電源-GND間のプレーン共振の確認
ESD解析	EMCの確認
	筐体とハーネス引き回しの確認
	静電気経路の確認
無線解析	間接放電による影響の検討
	直接放電による影響の検討
	無線LANユニットの配置検討

SI : Signal Integrity (信号品質)
 PI : Power Integrity (電源品質)
 GND : Ground (接地)

が誤って床に落としても壊れない強度を持たせることが必要となる。例えば、当社のPOS (Point of Sales : 販売時点情報管理) ハンディーターミナルの製品カタログでは、「高さ1.6 mからの落下も大丈夫」としている⁽¹⁾。この場合、設計に対する要求仕様として、1.6 mの高さから製品を落下させる試験(落下試験)で、製品に破損や故障を生じない強度(耐落下強度)の確保が求められる。一方、落下試験で耐落下強度を検証するには、製品の試作機が必要となる。しかし、試作機が完成するのは全ての部品設計が完了した後なので、この時点で不具合が発生すると、大きな後戻りとなる。また、不具合が製品内部で発生した場合、現象の観察が困難なことから、発生メカニズムの究明が難しく、対策に時間が掛かることも少なくない。そこで、2016年から、試作前に実施可能な検証手段として落下解析技術を導入し、耐落下強度の作り込みを開発上流へシフトする取り組みを進めてきた。

3.1 落下解析技術の概要

落下解析は、対象とする物体をある高さから床に落としたときに、その物体が衝突した床面から力を受けて変形が伝搬する現象を数値計算する手法である。対象とする物体が前述のポータブル製品である場合、まず外装カバーが床面に衝突し、床面から力を受けて変形しながら落下速度を低下させる。これに続き、カバー内部の隣接部品がカバー内面に衝突し、カバー内面から力を受けて変形しながら落下速度を低下させる、というように、隣接部品同士が玉突き衝突を繰り返して変形が伝搬していく現象を計算している。したがって、部品が密に詰まった製品に対して落下解析の計算を行うには、図2に示すように、製品を構成するほぼ全ての部品について、3D形状と材料物性のデータが必要となる。



RFID : Radio Frequency Identification

図1. 東芝テックのポータブル製品

ポータブル製品は、ユーザーが持ち運びして使用するため、軽量であることに加え、床に落としても壊れない強度が求められる。

Portable products provided by Toshiba Tec Corporation

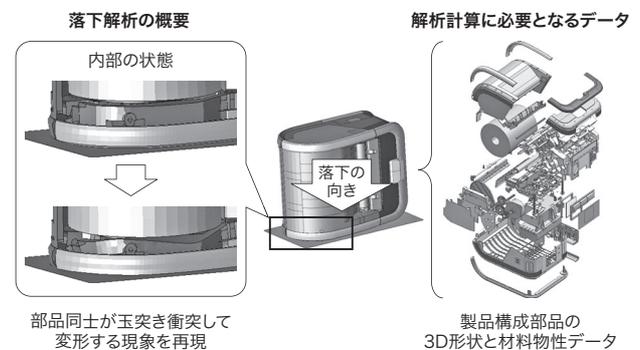


図2. 落下解析の概要と解析に必要なデータ

複雑な現象を数値計算で再現する落下解析では、製品を構成するほぼ全ての部品について、3D形状と材料物性のデータが必要となる。

Overview of drop analysis and data required for analysis

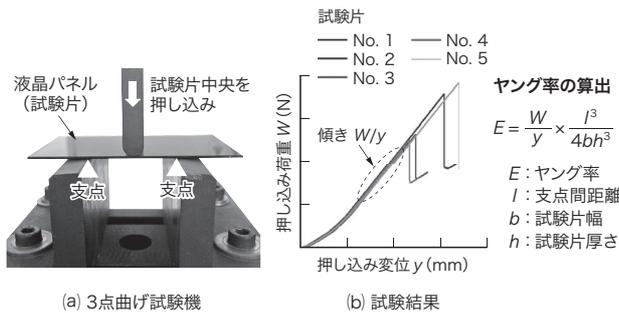


図3. 3点曲げ試験機による材料物性データ取得の例

液晶パネルのような複合部材は、落下解析では単一部品として扱うため、複合部材の状態では材料物性データを取得する必要がある。

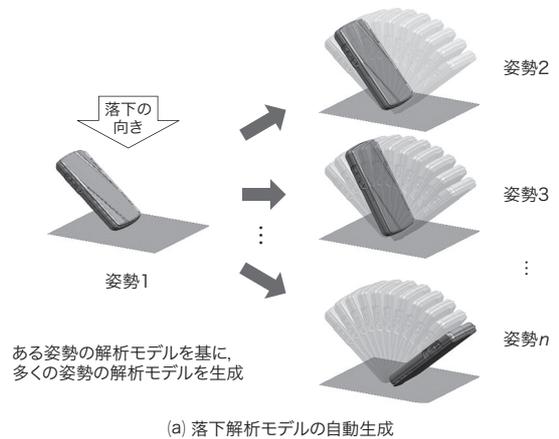
Example of acquisition of data on material properties using three-point bending tester

ここで、3D形状データは、3D CADで部品形状を作成することで得られるが、材料物性データは、部品に使用する材料ごとに別途取得しなければならない。材料メーカーから入手できることもあるが、入手できない場合は、材料の試験片を準備して引っ張り・圧縮試験や曲げ試験といった材料試験の結果からの取得が必要となる。また、例えば、液晶パネルは、2枚のガラスによって液晶が封止された構造をしているが、この状態を落下解析で再現するのは難しい。このため、単一部品として扱うために複合部材としての材料物性データの取得が必要となる。図3に、液晶パネルの曲げ試験によって、材料物性データの一つであるヤング率を算出する例を示す。このような手法で実物に基づく材料物性データを得ることで、落下解析の計算結果の正確性を確保している。

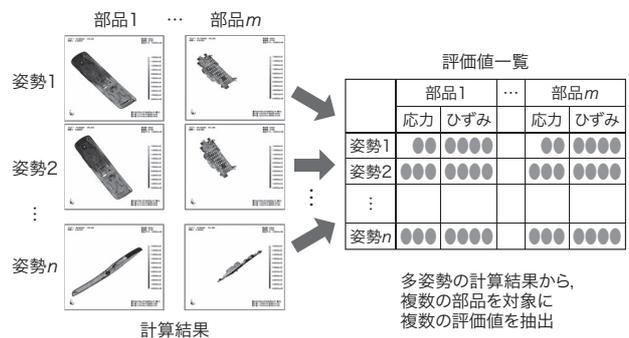
また、落下解析は、一般的な構造解析と同様に、有限要素法で数値解を得るため、3D形状データを有限個の要素に分割しなければならない。分割した要素のサイズは解析の精度(実際の現象との一致度)に影響し、小さいほど精度が高くなる。一方、要素のサイズを小さくすると、分割数が増えるので、各要素について計算することを考えると、必然的に計算時間は長くなる。そこで、このことを踏まえ、製品開発のスケジュールに合わせて耐落下強度の検証を行うために、独自のノウハウで精度と計算時間の両立ができる要素サイズを見極めて、落下解析に活用している。

3.2 製品の実使用を想定した耐落下強度の評価

使用中のポータブル製品を、ユーザーが手を滑らせて落下させる場合を考えると、床と衝突する姿勢は様々である。一方で、製品の耐落下強度は、最終的に落下試験によって評価しているが、落下試験は、これまでの製品開発における経験に基づいて、落下姿勢を絞り込んで実施している。



(a) 落下解析モデルの自動生成



(b) 評価値の自動抽出

図4. 多姿勢落下解析の自動化ツールの概要

様々な落下姿勢で解析を行う際の多大な工数を削減するため、解析モデル作成及び計算結果処理の一部を自動化するツールを開発した。

Outline of automated tool for multi-posture drop analysis

絞り込む背景には、製品の落下試験を様々な姿勢で実施しようとした場合、ダメージの蓄積に配慮して、被試験機を多数準備しなければならないことが挙げられる。しかし、この問題は、落下解析技術の導入により、実機による落下試験ではなく、バーチャルに耐落下強度の評価が可能となったことで解決された。

ところが、様々な姿勢で落下解析を行う場合、それぞれの姿勢について、①角度と高さを調整した落下解析モデルを準備して計算を実行する、②計算結果から部品ごとに耐落下強度の評価値を抽出する、といった作業を行わなければならない、多大な工数を要する。これに対し、当社は、落下解析に使用する衝撃解析ソフトウェアの開発を行っているメーカーと協力し、前述の①の落下解析モデルの準備と、②の耐落下強度の評価値抽出を自動化する機能を開発し、世界に先駆けて(注1)この機能を衝撃解析ソフトウェアに組み込んだ。具体的な機能を図4に示す。このような機能を

(注1) 2019年9月時点、当社調べ。

衝撃解析ソフトウェアの汎用ツールとして実装するのは業界初であり、このツールを使用することで、例えば、10姿勢10部品において、評価値である応力とひずみをリスト化するのに要する時間は、これまでの1/25となり、大幅な工数削減につながった。

これらの取り組みにより、製品開発において、落下解析で耐落下強度のマーヅンが小さい姿勢を弱点姿勢として検出することが可能となり、その姿勢で落下試験による検証を行うことで、耐落下強度のロバスト性の向上を実現した。

3.3 製品開発への適用事例

ポータブルプリンターの製品開発において、落下解析を活用した例を、図5に示す。ポータブルプリンターでは、落下衝撃に対する緩衝材として、筐体の稜(りょう)となる部分にゴムを一体成形することが多い。ゴムが潰れるときは、圧縮される方向と垂直な方向に膨らむため、膨らむことができる部分を多く取れるように分割することで、緩衝効果が増す性質がある。この例は、前機種から質量とサイズが変更となった新機種において、緩衝効果が前機種と同等となるゴムの厚さと分割数の関係を開発上流の構想段階で求め、製品デザインに適用したものである。この例を含め、ポータブ

ルプリンターの製品開発に落下解析技術を活用した結果、活用前に比べ、金型改造を含む設計変更(後戻り)の回数が1/3に低減した。

4. あとがき

当社は、ハードウェア設計における設計品質を確保しつつ、開発生産性を向上させるため、部品設計段階で様々な数値解析技術を活用している。その中でも、設計の後戻りの主要因になりやすい耐落下強度について、これを検証する落下解析技術を開発し、ポータブル製品の開発上流から活用することで耐落下強度の確保を実現している。

今後、更なる開発生産性の向上を目指し、数値解析技術を発展させるとともに、製品開発への適用を推進していく。

文献

- (1) 東芝テック. “無線オーダーシステム OrderStar (オーダースター)”. 東芝テック. <<https://www.toshibatec.co.jp/products/orderstar.html>>, (参照 2019-09-20).



図5. ポータブルプリンター開発への適用例

落下衝撃に対する緩衝用ラバーについて、開発上流で、前機種の落下解析を活用した落下解析を検討することにより、製品のデザイン性と緩衝効果の両立を実現した。

Example of application of drop analysis to development of portable printer

長谷部 佳文 HASEBE Yoshifumi
東芝テック(株)
商品・技術戦略企画部
グローバルモノ創りセンター
Toshiba Tec Corp.

森本 淳 MORIMOTO Jun
東芝テック(株)
商品・技術戦略企画部
グローバルモノ創りセンター
Toshiba Tec Corp.