

CAE活用事例集

名古屋市工業研究所



RING!RING!
プロジェクト
競輪の補助事業

この冊子は、競輪の補助により作成しました。

<http://ringring-keirin.jp>



目 次

| | 頁 |
|------------------------------------|----|
| 1 はじめに | 1 |
| 2 シミュレーション概要 | |
| 2.1 利用企業の技術分野、産業分野 | 1 |
| 2.2 主な対応分野 | 2 |
| 2.3 ソフトウェア | 2 |
| 3 シミュレーション手法 | |
| 3.1 計算の基本的な手順 | 3 |
| 3.2 事例1：樹脂材料試験の取り組み（熱・構造の連成材料物性測定） | 4 |
| 3.3 事例2：金型熱変形解析（熱・構造の連成解析） | 6 |
| 3.4 オープンソースの利用 | 9 |
| 4 測定・評価技術の開発 | |
| 4.1 デジタル画像相関法（DIC） | 10 |
| 4.2 熱伝導率・熱抵抗測定法 | 11 |
| 5 測定・評価装置 | |
| 5.1 熱物性 | 13 |
| 5.2 材料物性 | 17 |

1 はじめに

製品設計の早期化と高度化が求められるようになり、設計において CAE の果たす役割が大きくなっています。製品の機能、強度・耐久性・耐熱性、あるいは製造工程における様々な課題について、シミュレーションを用いて事前に検討することによって設計の効率化が期待されています。コンピュータの大容量化、高速化、ソフトウェアの進歩によって、CAE はある程度まで実用レベルで活用できるようになってきました。しかし、材料物性に関する情報が不十分であったり、計算における境界条件の設定やメッシュの取り扱いが難しいなどの理由によって、必ずしも適切な計算結果が得られているとは限りません。また、複合的な物理現象を同時に扱わなければ解けない問題もあり（連成解析）、ソフトウェアの機能としてはあるものの、実用的に活用するには難易度が高く、広く普及するにはいたっていません。

名古屋工業研究所（以下「当所」と記載）では、構造解析、熱解析をはじめ射出成形、電磁界解析など多岐にわたるシミュレーションを活用しながら、測定技術の開発を含め、多くの製品設計の支援を行ってきました。平成 28 年度（公財）JKA 公設工業試験研究所等における人材育成等補助事業において「熱・構造特性評価技術の開発」を実施し、複数の物理現象を同時に扱うマルチフィジクス解析の高度化と汎用化を目指しています。また、人材育成として、CAE の実践的な使い方やそれに関連する様々な測定技術、設計手法について研修や講習会を実施しています。

本冊子では、熱・構造連成解析の事例を中心にこれに関連する様々なシミュレーション、測定・評価技術についてご説明します。

2 シミュレーション概要

シミュレーションで扱う物理現象は多様であり、状況に応じてソフトウェアを使い分ける必要があります。ここでは、当所におけるシミュレーションの活用状況と、使用している代表的なソフトウェアを紹介します。

2.1 利用企業の技術分野、産業分野

当地域の特徴として自動車に関連が深い産業が多いことがあげられます。図 2-1 に当所を利用している企業の業種、図 2-2 に技術分野の内訳を示します。自動車関連の企業の利用が 6 割を超えており、自動車に関する塑性加工、自動車衝突に関する解析などの要望が多くあります。また、ハイブリッドカー（HV、PHV）や電気自動車（EV）の普及によって電子技術の需要が増し、電子機器の熱対策設計に関連する解析が増えています。

相談内容は、自社における解析業務の普及（シミュレーションの導入、社内標準化等）に関することやシミュレーションによる設計・開発における現象の確認や予測、シミュレーションに必要な物性値の測定など、企業によって様々です。この他にも、企業団体とシミュレーションモデルの開発に関する共同研究を行っています。

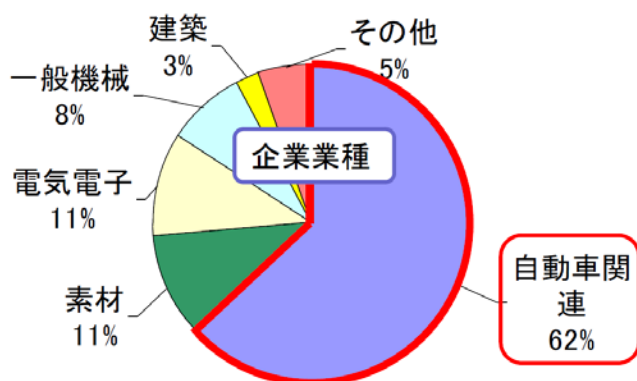


図 2-1 利用企業の業種

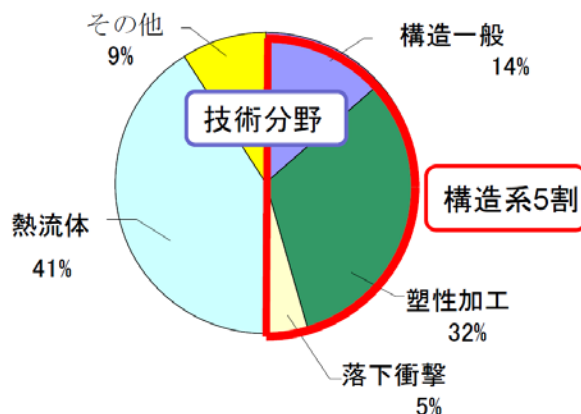


図 2-2 技術分野

2.2 主な対応分野

当所で主に対応している分野を表 2-1 に示します。解析と測定を独立して取り組むのではなく、互いに補間して製品設計等の目的達成のために活用しています。なお、これらの内容については 3 章及び 4 章で解説します。

表 2-1 当所で対応可能な技術

| 分野 | 具体例 |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 金属塑性加工 | 薄板プレス 鍛造 自動車衝突 |
| 樹脂塑性変形解析 | 自動車用樹脂部品の衝撃変形 |
| CAE 用各種材料試験 評価試験 | 引張試験、圧縮試験、曲げ試験等 DIC によるひずみ測定 熱物性測定 高速引張試験 落錘衝撃試験 温度試験 |
| 電子回路 | 電子機器の熱流体解析 電子部品のモデル化 |

2.3 ソフトウェア

当所で使用しているシミュレーションソフトを表 2-2 に示します。これら以外にもオープンソースである OpenFOAM や、自作計算コードを使用することもあります。

表 2-2 当所のシミュレーションソフト

| 分野 | 種別・対象 | ソフト名 |
|------|----------|--------------------------------------------------------------------|
| 構造 | 設計者向け | SolidWorks Simulation |
| | 汎用 | LS-DYNA, HYPERWorks |
| 生産技術 | 塑性加工 | J-STAMP, Deform3D |
| | 射出成形 | 3DTIMON, SimpoeMold |
| 熱流体 | 設計者向け | SolidWorks FlowSimulaton (ElectronicCoolingModule, HVAC Module) |
| | 熱設計 | ANSYS Icepak, 熱設計 PAC |
| | 汎用 | SCRYU/Tetra, scFLOW |
| 電磁界 | 高周波 | SEMCAD X |
| | 低周波 | JMAG |
| その他 | X線 CT 連携 | Simpleware, Voxelcon |

3 シミュレーション手法

計算したい現象や目的によって、使用するシミュレーションソフトやモデル化、計算内容が異なってくるため、解析手法を一概に述べることはできませんが、ここでは代表的な手順について説明します。また、シミュレーションに必要な物性値の測定方法に関する研究、シミュレーションの事例について紹介します。最後に、最近注目を集めているオープンソースについて基礎的な事項を紹介し、有料ソフトウェアの利用方法とは異なった手法を提案します。

3.1 計算の基本的な手順

シミュレーションを行うときの手順はおおよそ図 3-1 のようになります。ここで重要なことは、最初に計算の目的を明確にして目標値を設定することです。たとえば、材料の降伏応力、部品の上限温度などがあります。これらを明確にせずに計算をしてしまうと計算結果を適切に評価できません。

また、最初から詳細な計算モデルを作成するのではなく、事前に簡易的な計算でおおよその目安をつけたほうが良い設計になると考えられます。コンピュータの性能が高くなったとはいえ、詳細な計算には時間がかかります。また、得られた結果が目標に到達しない場合は、改善をして再度計算する必要があります。実際に試作をするよりは短時間で済むかもしれませんが、計算を何度も繰り返すと多くの時間を費やすこととなります。また、根拠なく変更を繰り返すのは設計とはいえ、偶然に目標が達成できるだけで、他に最適な設計があるかもしれません。

詳細な物理現象をシンプルなモデル（あるいは計算式）に落とし込むことによって、目標達成の方針が定めやすくなります。たとえば、伝熱の問題は空気の流れと密接に関係があり、詳細な熱伝達は熱流体解析が必要になりますが、おおよその温度上昇を求めるには、簡易的な熱回路網法（伝

熱現象をオームの法則に置き換える手法)で考えることができます。これによって、どの要素が大きな影響を与えるかわかりやすくなるため、改善の手法が明確になります。粗い計算なため精度は落ちますが、それで目標が達成できない設計案は詳細なシミュレーションをしても不可という結果が得られるのみであり有意義な計算とはいえません。

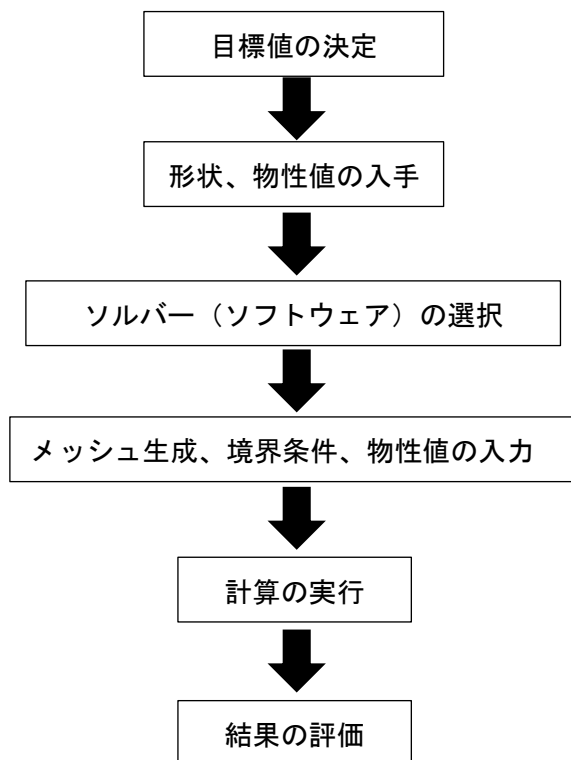


図 3-1 シミュレーションの基本的な手順

3.2 事例 1：樹脂材料試験の取り組み（熱・構造の連成材料物性測定）

自動車をはじめとする輸送機器には軽量化が求められています。そのため、樹脂材料の適用が考えられています。樹脂は成形する形状の自由度が高いため意匠部品に使われることが多くありましたが、現在では強度が重要となる部品への利用も拡大しています。たとえば、自動車の燃料タンクは金属から樹脂に置き換わっています。

しかし、樹脂材料は金属材料に比べて、計算手法が十分に確立されておらず、材料物性に関するデータも不足しているため、シミュレーションは金属材料ほど活用されていません。これらの課題を解決するために、樹脂の引張試験におけるネッキング部の応力、ひずみ、ひずみ速度、温度を同時計測する手法を開発しました。

金属プレス成形部品の圧縮試験と解析の比較を図 3-2 に示します。この例では、シミュレーションは実験結果をうまく予測することができます。これは、精度の良い材料データと計算手法が確立されているためです。

同様に、樹脂射出成形 BOX の圧縮試験と解析の比較を図 3-3 に示します。金属プレスの場合より簡単な形状になっているにもかかわらず、実験結果とシミュレーションの結果は大きく異なりま

す。この原因の1つに、材料物性（この場合は応力-ひずみ曲線）の精度が高くないことがあげられます。

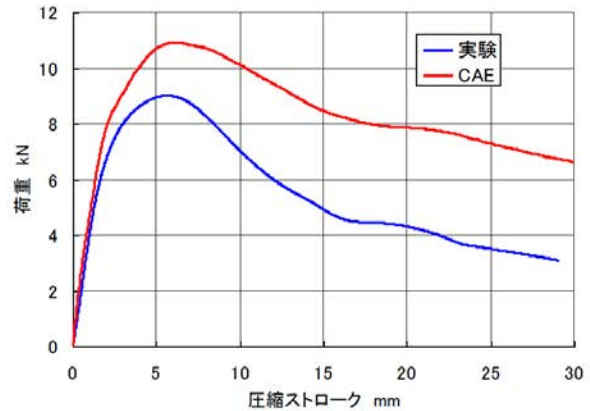
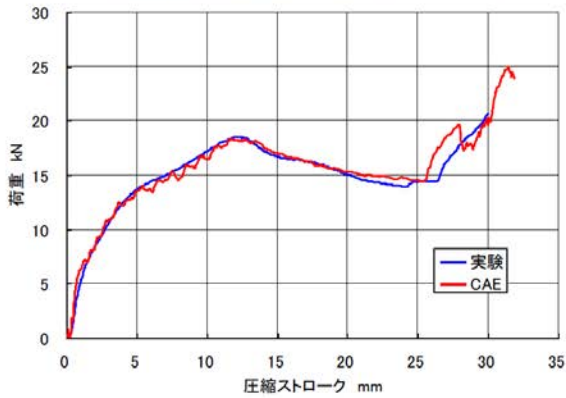
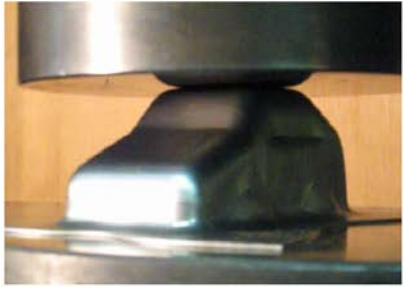


図 3-2 金属プレス成形部品の圧縮試験と解析

図 3-3 樹脂射出成形BOXの圧縮試験と解析

樹脂材料の引張試験が難しい理由を下記に示します。

- ・激しいネッキングを伴う
- ・ひずみが不均一であり、通常の伸び計では計測できない
- ・ひずみ速度（変形速度）が一定ではなく、物性が測定中に変化する
- ・ネッキングの進行に伴い発熱し、物性が測定中に変化する

これらの課題を解決するには、応力、ひずみ、ひずみ速度、温度の同時計測が必要になります。そのためにDIC（デジタル画像相関法、概要は4節に記述）とサーモグラフィを同期させて測定する手法を試みました。ネッキング中心の温度を追従する必要があるため、DICの座標系にサーモグラフィの温度をマッピングすることによって、ひずみの計測位置と同じ位置の温度履歴を測定しました。

測定の様子を図3-4に示します。また、ひずみの履歴を図3-5、温度の履歴を図3-6に示します。図3-5では、ネッキング部のひずみ分布とひずみ速度が、また、図3-6では、ネッキング部の温度履歴が測定できています（23℃から最大44℃まで温度が上昇）。なお、これらの測定結果は、両者の同期がとれています。

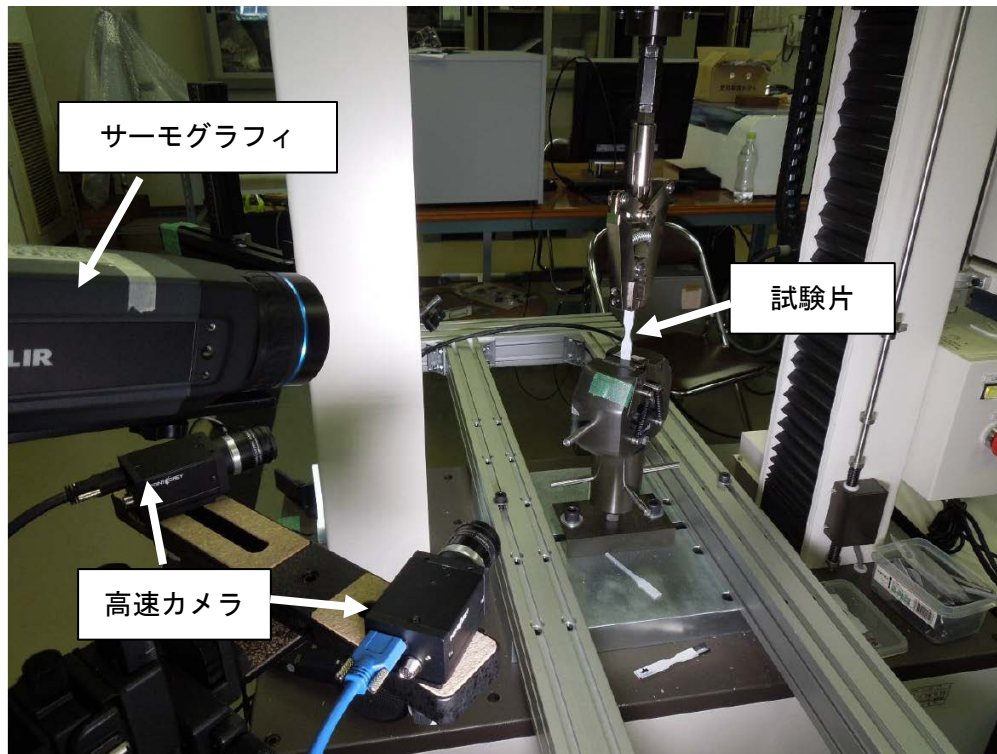


図 3-4 測定の様子

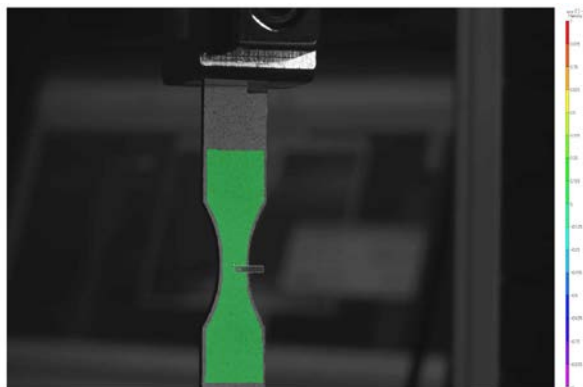


図 3-5 ひずみの履歴

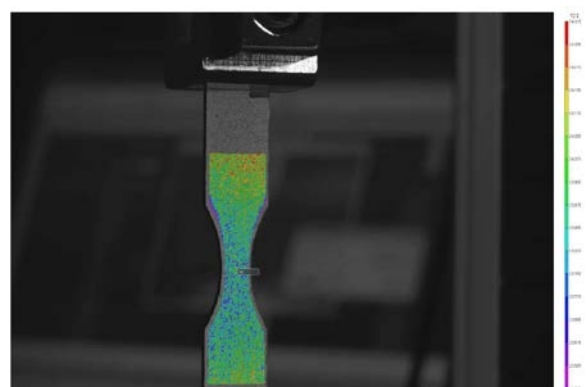


図 3-6 温度の履歴

このように、ネックング部の応力、ひずみ、ひずみ速度、温度を同時に計測することができるようになりました。今後は、計測したデータをシミュレーションの入力値として使用できるように加工するとともに、計測データから温度やひずみ速度の影響を分離する手法の開発を進めます。

3.3 事例 2：金型熱変形解析（熱・構造の連成解析）

ここでは、射出成形時の金型熱変形についてのシミュレーションの事例を紹介します。

金型は図 3-7 に示すように成形部品を囲んで凸部と凹部に分割されます。凸部はコア（Core）、凹部はキャビティ（Cavity）と呼びます。また、コアを雄型、キャビティを雌型ともいいます。この 2 つの金型の形状は成形において非常に重要となり、熱変形が問題になることがあります。

この事例は実際の製品ではありませんが、今回は目標として変位を 0.1mm 以下として、冷却の配管が適切であるか調べることを目的としています。成形する材料は熔融ポリプロピレンで、温度を 250℃とし、冷却水は初期温度 50℃で流入するとします。モデルの形状を図 3-8 に示します。

今回は熱による変形を求めるため、はじめに金型の温度分布を求めました。おおよその温度を求めるには、流体温度と境界の熱伝達率を一定とすることもできますが、ここでは冷却水の流れ・温度変化、金型周囲の熱流体を同時に計算して詳細な温度分布を求めました。これは、わずかな熱変形を計算するためには、詳細な温度分布が必要になるためです。

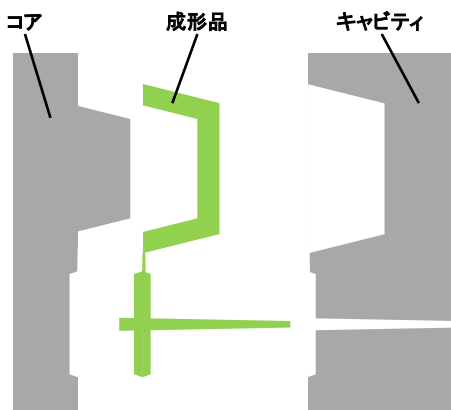


図 3-7 射出成形金型

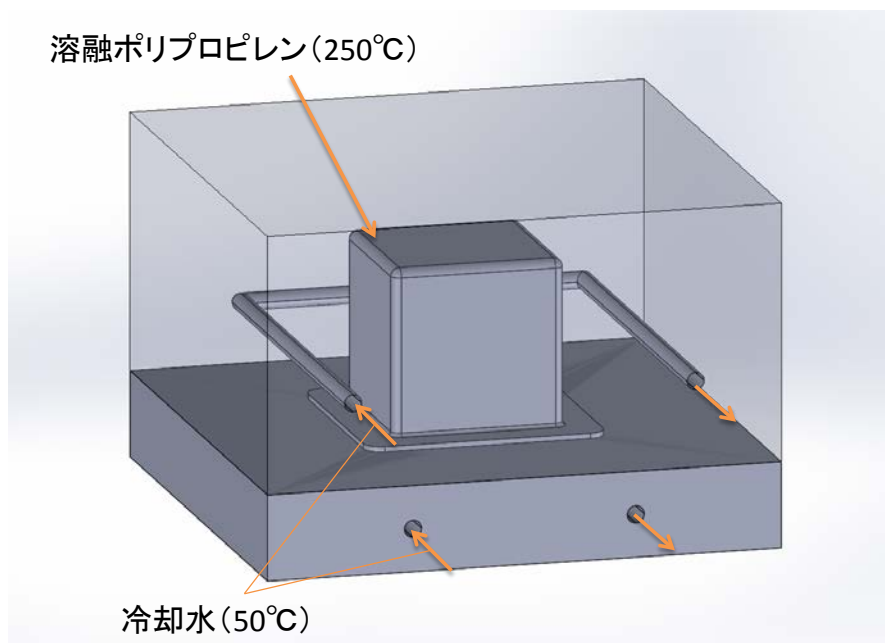


図 3-8 金型熱変形解析モデル

金型の温度分布の解析結果を図 3-9 に示します。樹脂の熱が伝わり、凸部の先端が高温になる様子がわかります。この解析では固体の熱伝導だけではなく周囲の空気の流れによる自然対流熱伝達 (図 3-10)、冷却水の温度上昇も同時に計算しました。

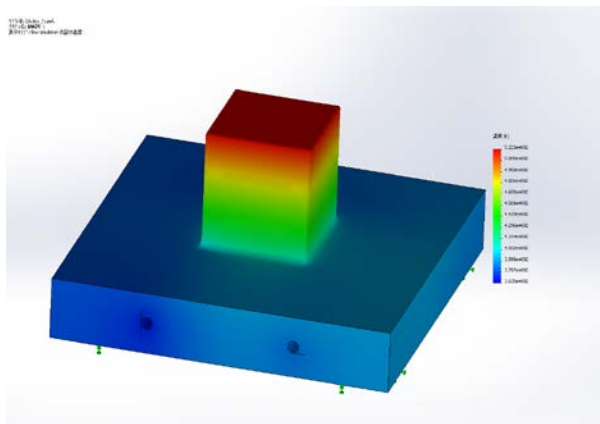


図 3 - 9 金型の温度分布

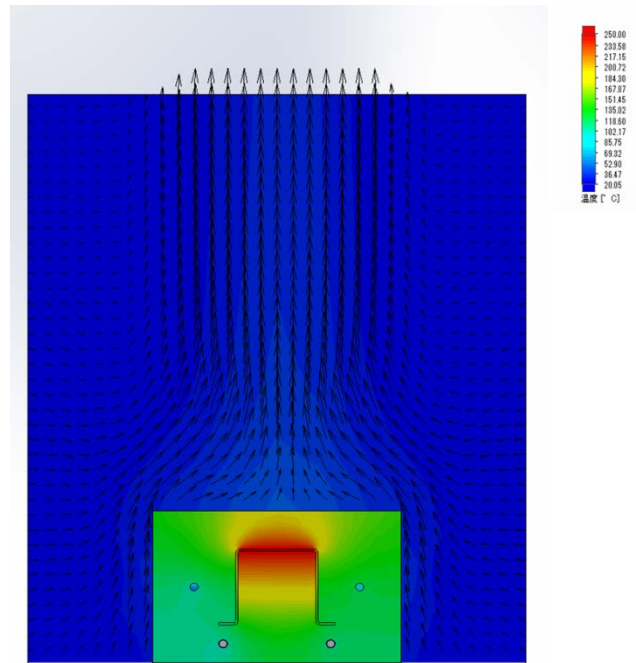


図 3 - 10 金型周囲の自然対流熱伝達の様子

次にこれらの金型の温度分布をインプットとして熱変形の計算をしました。計算結果を図 3 - 11 に示します。

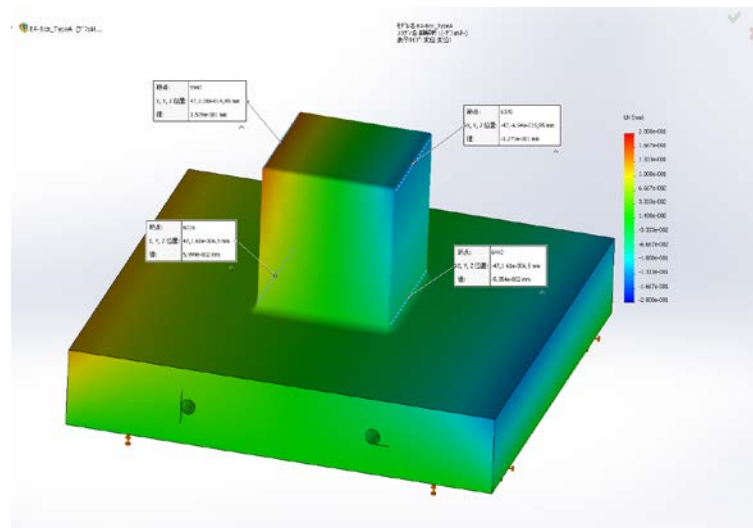


図 3 - 11 変位量の分布

今回の計算結果では、突起部の変位がもっとも大きく 0.15mm でした。目標（変位 0.1mm 以下）には到達しておらず、改善が必要になります。図 3 - 9 から温度分布が大きいことがわかり、これを改善するために冷却水配管の変更が有効と考えます。なお、実際の設計では、形状を変更して再度計算を行うことになります。

3.4 オープンソースの利用

計算をするためのハードウェア（コンピュータ）は低価格化が進みました。また、（公財）計算科学振興財団の FOCUS スパコン等が比較的手軽に利用できる環境も整ってきました。しかし、ソフトウェアの価格は非常に高価（一般的には数百万円）であり、シミュレーションの導入の妨げとなることがあります。

このような背景から、近年はオープンソースの解析ツールに注目が集まっています。その代表的なツールとして、OpenFOAM（流体解析）、SALOME-MECA（構造解析）などがあります。GNU General Public License（GPL）のもとで公開されており、無料で使用することができます。しかし、市販の有料ソフトウェアのように手厚いサポートがあるわけではなく（有料でサポートを受けることは可能）、自助努力によってツールを使えるようにしなくてはなりません。また、市販ソフトのようにわかりやすい GUI が用意されているわけではありません。その反面、ソルバーは非常に充実しており、ソースが公開されているため必要であればコードを改良して使用することも原理的には可能です。ただし、コードの改良まで行うことは非常に難易度が高く時間がかかります。特に、設計で実用的に使うという視点で考えると、有料ソフトの方が費用対効果の面で優れている場合も多くあります。

オープンソースは、定型的な解析業務に適していると考えられます。具体的には、製品の改良など、同じ解析手法を用いて形状や物性値を小変更したモデルを数多く計算する場合などです。日常的に同じような解析を数多くこなす場合にうまく適用できれば、多数のコンピュータで並行に計算させて（並列計算も可能ですが、難易度が高くなります）、短時間で解析業務を終わらせることができます。有料ソフトウェアではライセンス数が決まっているため、同時に多数の計算を行うには多額のライセンス料を用意する必要がありますが、オープンソースでは基本的にはハードウェアの準備のみですみます。

また、非常に特殊な解析で市販のソフトウェアでは対応できないような計算をオープンソースで実施できる可能性があります。市販のソフトウェアは内部コードが非公開な場合がほとんどであり、改変することができません。ライセンス上もほとんどの場合改変は許されません。しかし、オープンソースでは変更が可能です。ただし、計算結果については自己責任であるため、相当な知識が必要になります。

オープンソースについては、基本的に無保証でサポートはありませんが、断片的ではありますが、Web 上で多くの情報を得られます。また、各地で講習会等も開かれているのでこれらを利用する方法があります。当所においても、平成 28 年度（公財）公設工業試験研究所等における人材育成等補助事業として、「オープンソースによる流体解析に関する講習会」、「オープン CAE による解析の基礎と実習（全 5 回）」を実施しました。

オープンソースの中でも比較的多くの利用が検討されているのが流体解析のツールボックスである OpenFOAM です。主に有限体積法を用いた偏微分方程式ソルバー開発用のクラスライブラリと、複数のソルバー、ツール群で構成されています。表 3-1 に代表的なソルバーを示します。OpenFOAM-4.0 では 83 個のソルバーと 215 個のチュートリアルケースが用意されています。目的に応じて、これらの中から最適なソルバーを選択し、似たチュートリアルを元に設定を変更すると比較的使いやすくなります。

表 3-1 代表的な標準ソルバー

| 種類 | | ソルバー | |
|------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| basic | 基本的な CFD コード | laplacianFoam potentialFoam scalarTransportFoam | 拡散方程式 ポテンシャル流れ スカラー輸送方程式 |
| incompressible | 非圧縮流れ | icoFoam simpleFoam pisoFoam pimpleFoam | 非定常層流 定常乱流 非定常乱流 (PISO 法) 非定常乱流 (PISO 法 + SIMPLE 法) |
| compressible | 圧縮流れ | | |
| multiphase | 多相流 | interFoam multiphaseInterFoam | VOF 法 2 相流 VOF 法多相流 |
| DNS | 直接数値シミュレーション | | |
| combustion | 燃焼 | | |
| heatTransfer | 熱輸送 | buoyantBoussinesq-SimpleFoam buoyantBoussinesq-PimpleFoam buoyantSimpleFoam buoyantPimpleFoam | 定常熱流動 (ブジネスク近似) 非定常熱流動 (ブジネスク近似) 定常熱流動 非定常熱流動 |
| electromagnetics | 電磁流体 | | |
| stressAnalysis | 固体応力解析 | | |
| discreteMethod | 離散解析 | | |
| lagrangian | 粒子追跡 | | |
| financial | 金融工学 | | |

4 測定・評価技術の開発

精度良くシミュレーションを行うためには、入力する物性値等の正確な把握が必要になります。また、最終結果については、実測で評価する必要があります。ここでは、当所で行った測定・評価技術の開発事例を紹介します。

4.1 デジタル画像相関法 (DIC)

Digital Image Correlation の略で DIC と呼ばれます。サンプルに塗布されたランダムパターンを変形前後で追跡し、サンプルの変形やひずみを算出する手法です (図 4-1)。当所では、VIC-2D 及び VIC-3D (Correlated Solution 社) を利用しています。3D 計測の様子を図 4-2 に示します。

3章で述べたような材料物性の測定や、製品の変形に関する評価など様々な利用方法があります。

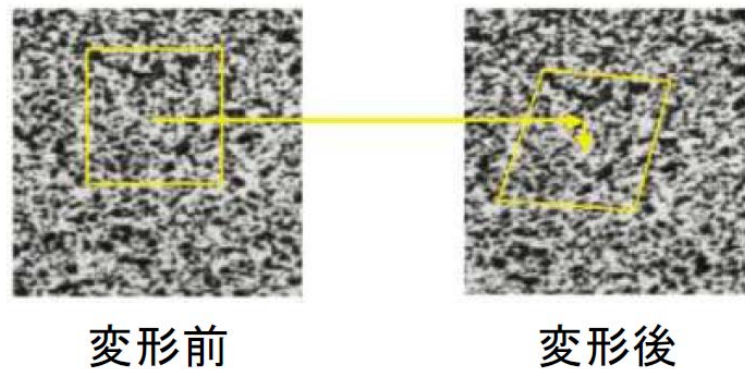


図 4-1 ランダムパターンの変形画像



図 4-2 3D 計測の様子

4.2 熱伝導率・熱抵抗測定法

熱解析では主に熱伝導率が重要な入力値になります。単一材料であれば熱物性に関する便覧等で調べることができます。また、当所ではフラッシュ法などによる測定を行っています。しかし、近年は材料の複合化が進んでおり、単一材料を前提とするフラッシュ法では測定が難しい場合が増えてきました。そこで、平成 28 年度（公財）JKA 公設工業試験研究所等における人材育成等補助事業を活用しながら、定常法による熱伝導率測定手法の開発を行いました。

測定原理を図 4-3 に示します。ヒータから冷却ブロックまで熱が一次元的に流れるように配置し、ヒータと冷却ブロックの間には熱流センサをはさみます。そして、予め熱伝導率が既知の銅製ブロックに熱電対を入れ、銅ブロックの間に測定試料をはさみます。熱流と温度を測定することによって銅ブロックの界面温度を外挿して求めることができます。これによって、両端の温度差 ($T_{\text{hot}} - T_{\text{cool}}$) がわかり、熱流で割ることによって測定試料の熱抵抗が求まります。さらに、試料の厚さを測定すれば熱伝導率が求まります。なお、試料にかかる荷重によって熱抵抗が変化することが

あるため、図4-4のように重りを置いて荷重を変化できるようにしてあります。

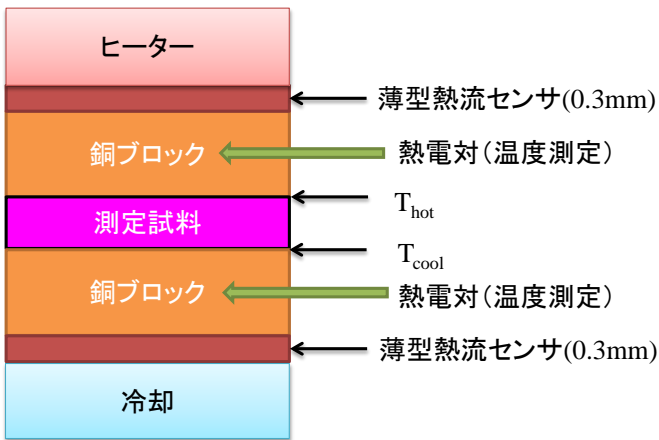


図4-3 熱抵抗測定原理

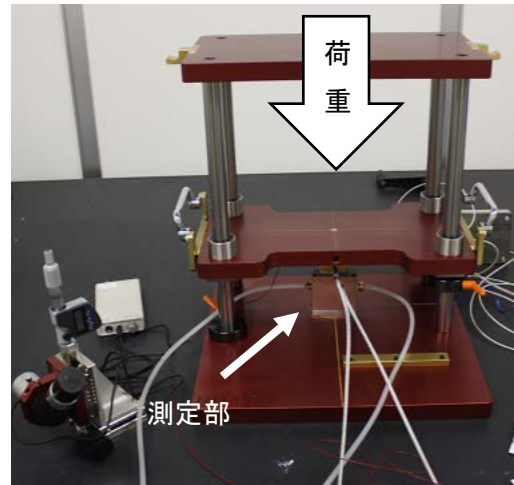


図4-4 熱抵抗測定治具

熱流センサは(株)デンソー製半導体式センサ RAFESPA を使用しています。従来の熱流センサに比べて感度が高く(約10倍)、厚みは薄く(0.3mm以下)、高耐圧性(4MPa)であるため本測定には適しています。図4-5に熱流センサを示します。今回の治具には右側の□40mmのセンサを利用しました。1Wあたり約70mVの出力があります。加熱側と冷却側で2枚の熱流センサを利用しており、上下で熱流の差は1%以下になっています。

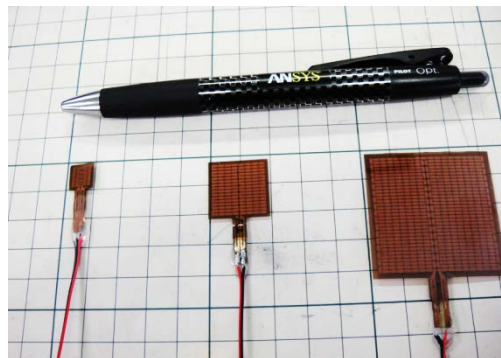


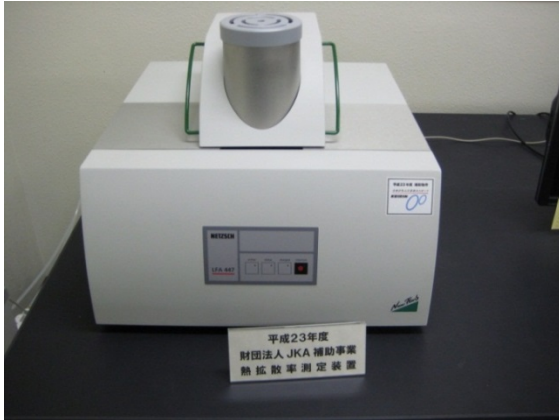
図4-5 熱流センサ

5 測定・評価装置

ここでは、当所に設置されている測定・評価装置のうち、熱・構造の連成解析を行う際に必要となる熱物性ならびに材料物性に関連したものをご紹介します。

5.1 熱物性

○キセノンフラッシュ法熱定数測定装置（平成23年度（公財）JKA 設備拡充補助対象事業）



- ・ 型式
LFA 447 Nanoflash（ネッチ）
- ・ 対象
樹脂材料、樹脂系複合材料の熱拡散率測定
- ・ 温度
室温～300℃
- ・ 試験体サイズ
○10mm または□10mm、厚さ 1mm～1.5mm

○レーザフラッシュ法熱定数測定装置（平成16年度（公財）JKA 設備拡充補助対象事業）



- ・ 型式
TC-7000H（アドバンス理工）
- ・ 対象
金属材料、セラミックス材料の熱拡散率測定
- ・ 温度
室温～1000℃
- ・ 試験体サイズ
○10mm、厚さ 1.5mm～2mm

○平板熱流計法熱伝導率測定装置（平成23年度 JKA（公財）設備拡充補助対象事業）



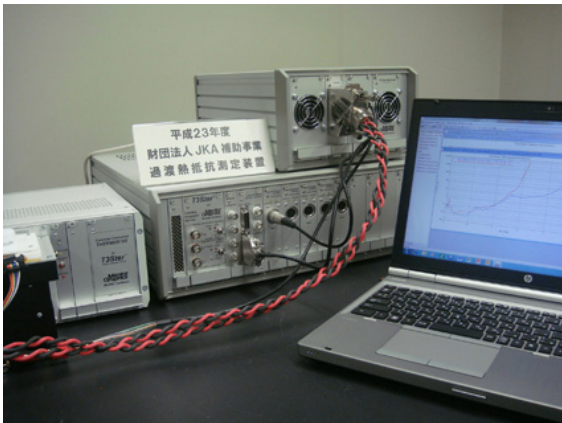
- ・ 型式
オートΛ HC-074/200(英弘精機)
- ・ 対象
断熱材の熱拡散率測定
- ・ 温度
20℃～60℃
- ・ 試験体サイズ
□200mm、厚さ 10mm～20mm

○示差走査型熱量計（DSC）（平成 16 年度（公財）JKA 設備拡充補助対象事業）



- ・ 型式
DSC Q100 (TA インストルメント)
- ・ 対象
各種工業材料の比熱容量測定
- ・ 温度
室温～300℃
- ・ 試験体
○4mm、厚さ 1mm まで

○過渡熱抵抗測定装置（平成 23 年度（公財）JKA 設備拡充補助対象事業）



- ・ 型式
T3Ster (メンターグラフィックス)
- ・ 対象
半導体部品やヒートシンク等の実装状態での過渡熱抵抗測定
- ・ 測定方法
Static 法 (JESD51-14)
- ・ 付属品
試料加熱用電源ブースター (50A/30V)
試料冷却用コールドプレート・サーキュレータ
- ・ 測定温度範囲
5～90℃ (恒温槽)
- ・ 電圧測定レンジ
400, 200, 100, 50mV

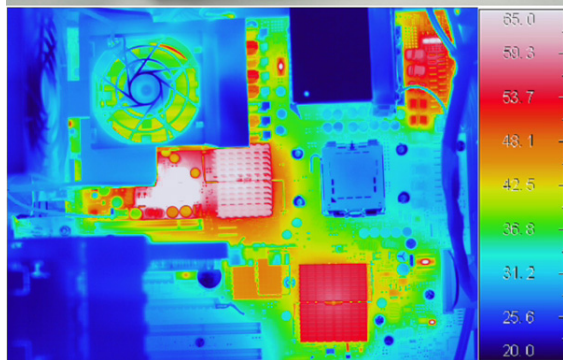
※アウトプットは熱構造関数になります。熱構造関数の解釈、CAE への活用について技術相談や受託研究を行っています。

○放射率計



- ・ 型式
TSS-5X (ジャパンセンサ)
- ・ 対象
各種工業材料の放射率
- ・ 測定波長
2 μ m \sim 22 μ m
- ・ 試験体サイズ
50mm \times 50mm

○サーモグラフィ (高精度型)



- ・ 型式
TH9260 (NECAvio 赤外線テクノロジー
現在は、日本アビオニクス)
- ・ 対象
各種工業製品の温度分布
製造ライン等の温度分布
- ・ 測定レンジ
-20 \sim 60 $^{\circ}$ C, -40 \sim 120 $^{\circ}$ C, 0 \sim 500 $^{\circ}$ C, 200 \sim 2000 $^{\circ}$ C
- ・ 焦点距離
30cm \sim ∞ , 75mm (近接レンズ使用)
- ・ 最小検知寸法 (分解能)
180 μ m \square \sim , 95 μ m \square (近接レンズ使用)
- ・ 画素数
640 \times 480
- ・ 測定波長
8 \sim 13 μ m
- ・ 動画撮影
1/30 秒 \sim
- ・ 記録
専用形式 \rightarrow 静止画 \cdot 動画 (.jpg, .bmp, avi)
or 数値 (.csv)

○サーモグラフィ（ハンディー型）



- ・型式
G100EX（日本アビオニクス）
- ・測定レンジ
-40～1500℃
- ・焦点距離
10cm～∞（精度保証は30cm～）
- ・空間分解能
1.78mrad
- ・機能
パノラマ機能
- ・画素数
320×240
- ・測定波長
8～14 μm
- ・記録
静止画（データ付. jpg）

※物体はその表面温度に応じて赤外線を放出しているので、その赤外線を測定すれば温度に換算することができます。手軽に測定でき、非接触測定のため危険箇所や遠距離での測定に有利で、また画像として測定されるので温度分布や最高点などの理解が容易という利点があります。一方、対象の表面温度しか測定できないこと、表面の材質・状態（放射率）により影響を受けることなどから、測定に工夫が必要な場合もあります。

5.2 材料物性

○高速引張り試験（平成22年度（公財）JKA設備拡充補助対象事業）



- ・型式
HITS-T10（島津製作所）
- ・装置仕様
速度設定範囲 0.0001～20m/s（常用 5m/s）
最大試験力 10kN
ピストン移動量 300mm
試験温度範囲 -40～150℃
- ・測定項目
材料の高速変形時の機械的特性（引張強度や応力ひずみ曲線等）

○衝撃圧縮試験機（平成22年度（公財）JKA設備拡充補助対象事業）



- ・型式
IM10T-20HV（IMATEK社）
- ・装置仕様
最大 100kg までの錘に対応
落下高さ 2000mm
ロードセル 60kN, 120kN
- ・測定項目
衝撃吸収材料の衝撃吸収性能評価
JIS K 7211-2（ISO 6603-2）硬質プラスチックのパンクチャー衝撃試験方法—第2部：計装化衝撃試験（ISO 6603-2）にも対応



名古屋市工業研究所

〒456-0058 名古屋市熱田区六番三丁目4番41号

Tel: 052-661-3161 Fax: 052-654-6788

ホームページ: <http://www.nmiri.city.nagoya.jp>

Eメール: kikaku@nmiri.city.nagoya.jp



RING!RING!

プロジェクト

競輪の補助事業

平成29年1月発行

(この冊子は古紙パルプを含む再生紙を使用しています。)