

東北大学機械系

複合材料研究センターだより

No. 2 (2009. 3 発行)

複合材料研究センターよりのご報告

2008年度の東北大学機械系複合材料研究センターの活動および現況をご報告させていただきます。2008年4月18日にコラッセ福島にて第2回複合材料研究セミナーを、また、2008年9月2日にホテル古涌園にて第2回複合材料研究セミナーを実施させていただきました。数多くの方々にご参加頂き、大変盛況に行うことが出来ました。心よりお礼申し上げます。また、2008年5月26日には東京大学西川雅章先生をお招きし、第1回複合材料研究レクチャーを実施いたしました。多くの質問が飛び交い、意味のある会となりました。複合材料研究セミナー、複合材料研究レクチャーともに今後も続けていきたいと考えております。ご協力をどうぞ宜しくお願い申し上げます。特に次回2009年4月3日に東北大学にて第4回複合材料研究セミナーを予定しております。ご参加を心よりお待ちしております。

また、この2008年の12月に東北大学機械系複合材料研究センターのホームページを立ち上げました。アドレスは

<http://www.plum.mech.tohoku.ac.jp/ccmr/>

となっております。随時内容を更新する予定ですので、ごらん頂ければ幸いです。また、ホームページに告知等を掲示なさりたい場合はご遠慮なく、ご連絡ください。随時対応させていただきます。

2008年度は、東北大学機械系複合材料研究センターの関係者が3つの賞を受賞されました。

日本複合材料学会 林賞 高坂 達郎

「Strain monitoring of braided composites by using

embedded fibre-optic strain sensors」

日本複合材料学会 林賞 岡部 朋永

「繊維強化複合材料の損傷・破壊を対象とした

マイクロメカニクスに関する研究」

日本複合材料学会 林エンジニア賞 武田 一朝

「一方向にチョップドストランドが配向した

新規プレス成形材料」

本センターの活動が関係者に認められた成果と思われれます。

また、2008年度より、東北大学松島紀佐先生、東京大学西川雅章先生が本センターに加わっていただけることになり、さらに幅の広い陣容を整えることが可能となりました。おかげさまで、センター関係者の複合材料関係の公刊論文は、この2年間で、50を超え、世界の名だたるセンターに匹敵する成果を上げております。

今後は、センターとしては次の点にさらに力点をおいて研究を行いたいと考えております。

「不連続繊維強化プラスチックの強度特性向上」

「繊維強化プラスチックの成形シミュレーション」

「繊維・プラスチック界面の濡れ性に関する

分子シミュレーション」

「航空機用複合材積層板の長期耐久性に関するモデリング」

「繊維強化プラスチックのトライボロジー特性」

昨今、景気が冷え込んでおりますが、こんな時こそ背筋を伸ばして、精力的に取り組みたいと考えております。是非とも、ご支援を宜しくお願い申し上げます。

(東北大学 岡部 朋永)

「足るを知る」ものづくりに向けて

仏教の教えに「足るを知る」という言葉があります。身の程をわきまえて、むやみに不満を持たないという意味です。現代は「物で栄えて心で滅ぶ」と言われるように、物質的にはもう十分くらいに潤ってきました。人類は産業革命以来、地球にあるエネルギー、資源を利用して、技術革新を進め、幸福と繁栄を求め続けた結果、現代のような便利で快適な社会を築きました。しかし一方で、経済活動と自然環境が対立するかのよう状況も生まれ、地球環境への配慮が経済活動における最優先テーマになりつつあります。技術開発の方向を人類が地球環境システムに共生化することに向けるべきで、これまでのように際限のない欲望で資源を浪費したり、過剰な便利さ・快適さを求めることを止める時期にきています。まさに「足るを知る」ことを真剣に考える時代に突入しました。

地球上や宇宙のすべてのエネルギーや資源は有限で、増えたり減ったりせず不変です。したがって、我々人類はそろそろ身の程をわきまえて、浪費を止め、拡大を目指さず、すべての経済活動や科学技術開発の軸足を地球環境問題に置いたものづくりに発想を転換すべきです。すなわち「足るを知る」ものづくりに向けて具体的な行動を起こさねばなりません。

そこで複合材料の出番と言うことになります。例えば、便利さ・快適さの象徴である自動車や飛行機を、我々はもはや

手放せません。地球環境問題に軸足を置き低炭素社会の実現を目指せば、CO2排出量の削減、すなわち車体の軽量化による燃費向上や、次世代パワートレインの普及拡大などを加速する必要があり、その主役は複合材料だと言えます。日本では、CO2排出量の約20%が運輸部門で占められ、その90%が自動車関連です。さらに、自動車のライフサイクルにわたってのCO2発生量の80%が走行時によるものです。いかに軽量化やハイブリッド車、電気自動車による効果が大きいかを理解できます。またこれらの次世代パワートレインでは構造部分の軽量化が直接、走行距離延長に結びつくため、複合材料による軽量化ニーズは、今後、益々高まる一方です。

先進複合材料を、自動車・航空機・電力など多くの工学分野に拡大しようとする研究を行う「東北大学機械系複合材料研究センター」や、弊社が新たな自動車・航空機向け先端材料の開発拠点として設置したA & Aセンター (Automotive & Aircraft Center) が地球温暖化防止に果たす役割は非常に大きいものがあります。

「足るを知る」ものづくりに向けた具体的な行動である複合材料研究センターや、A & Aセンターは、地球を救う救世主です。

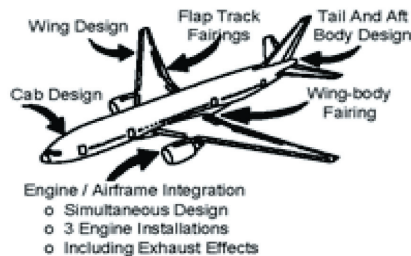
(東レ 樹脂技術部 部長 中瀬 道行)

複合材料研究における流体力学

今回は複合材料研究における流体力学という括りで、3名の方に記事をご寄稿いただきました。ご存知のように、航空機開発やプロセッシングなど多くの場面で流体力学による評価が必要不可欠です。今後その重要性はさらに高まると考えられます。今回の小特集を通じて、その重要性の一端でもご理解頂ければ幸いです。

計算流体力学(CFD)と航空機開発

航空機の開発において、CFDの有用性が認識された最初の事例は筆者の知る限りでは、Boeing747-400(1988年就航)の胴体前形状の設計である。1980年代半ば既に就航していたB747シリーズのこぶ型の機体頭部をCFDで試行錯誤することで低抵抗形状と置き換えた事例である。その後、1997年に就航したB777においては、図1に示すように機体の各所の要素設計においてCFDが重要な役割を果たしている。



F. T. Johnson et al AIAA 2003-3439 より 転載

Fig. 1 B777 開発で CFD が活用された部位

ここでの CFD は Navier-Stokes または Euler 方程式を用いた 3次元機体まわりの計算機シミュレーションであり、故に、設計は空力設計を示す。1990年代以降、計算機ハードウェアの発展の恩恵もあり、航空機複雑形状周りの流れに対し、種々飛行条件を変化させての膨大な計算量の CFD 解析が現実になった。さらに2000年頃からは、その多量の解析を生かして最適化や設計を行うことも現実に試みられている。2006年末に就航した Airbus A380 の開発に際しては EU 諸国が一丸となって航空機の CFD の高度化を行った。European LESFOILやEUROLIFTなどのプロジェクトが成果を残している。一方、2009年末に初出荷が予定されている Boeing787 の開発においても、例えば、Raked Wing と呼ばれる曲線的な主翼翼端の形状設計を始めとして CFD 設計ツールが駆使されたと報告されている。



三菱航空機の東北大コードでのシミュレーション結果

Fig. 2 MRJ 離着陸時の機体上の圧力分布

我が国に目を転じると、初の国産ジェット旅客機である三菱リージョナルジェット (MRJ) にも CFD が活用されている。高揚力装置の設計に関しては従来風洞試験に依存していた分野において CFD の活用がなされ、開発コストが縮小できた。図2は東北大オリジナルの流体解析システム-Tohoku Aerodynamic Simulation (TAS) システムを用いて計算された MRJ 機体表面上にかかる圧力の可視化図である。フラップを展開し脚を下ろした、大変複雑な形態となっている。赤→黄→緑の色の順に圧力が低くなり、青色が最低である。MRJは2003年から開発研究が始まり2008年ローンチ、2013年に1号機出荷予定である。

次に超音速機開発の事例を示す。これは、1995年から2007年まで航空宇宙技術研究所 (NAL 現在、宇宙航空研究開発機構 (JAXA)) を中心に実施された、知る人ぞ知る国産超音速実験機 (NEXST) プロジェクトである。このプロジェクトは、1990年代に欧米で機運の高まったポストコンコルド開発を意識してキックオフされた。筆者もプロジェクトの一員であった。我々が目指したのは次世代性能を持った超音速機そのものだけでなく、その設計開発を CFD 主導で実現するための技術研究とその集大成としての超音速機設計システムの構築と洗練であった。更に飛行試験で CFD 設計の有用性の実証を行うというものであった。その目標のもと、自己随伴方程式を用いた設計法、逆問題設計法、遺伝的 (進化的) アルゴリズム等々、CFD 設計のための優秀なプログラムが開発された。これらの設計プログラムの精度や信頼性は飛行試験で取得されたデータを分析することで検証されつつある。

ロケット実験機の実験飛行

無動力の実験機(ロケット実験機)は、地上より固体ロケットによって打ち上げられ、分離したうち、高度18km、マッハ数2の条件から飛行実験を開始し、空力性能や表面圧力などの技術データを取得し、終了後にパラシュートで回収されます。

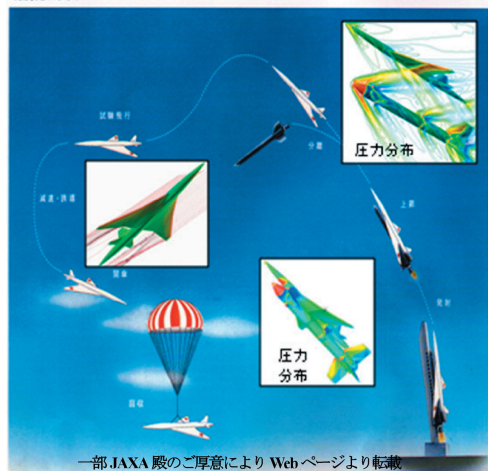


Fig. 3 NEXST1飛行試験の概要と同等な CFD 計算結果

NEXST プロジェクトの飛行試験は、初回は失敗に終わり2度目となった2005年10月10日に成功した。NEXST1 超音速機はロケットで打ち上げられ、図3に示すような経路を辿りパラシュートとエアバックを用いて無事地上に着陸した。図3には3枚の CFD 計算結果の可視化図が添えられている。これらは飛行試験に伴う不確実な点やリスクを出来るだけ回避するため、事前に行われた飛行試験模擬計算である。この CFD 計算によりロケットと NEXST1 の連結に用いられたボルトの突起が分離後の空力性能に影響を与えることが分かり、ボルト位置や形状の修正がなされた。

ここで述べたいいくつかの事例が示すように、現在では日米欧でつまり世界的に CFD が航空機開発に活用されている。しかしながら CFD が完全であるとは全く言い難い。乱流遷移に依存する現象、失速時、航空機騒音の解析の精度はまだ未だである。従来の CFD でなく違った視点からのアプローチも必要ではないかと考えている。

(東北大学 松島 紀佐)

粒子法による短繊維強化プラスチックの射出成形解析

環境問題に対する意識の高まりに伴い、自動車などさまざまな構造物の軽量化が叫ばれています。先進複合材料は、軽量で優れた機械的特性をもつため、その利用が広がっています。自動車産業では短い成形サイクルが求められ、生産性のよい射出成形やプレス成形による短繊維強化複合材料が非構造用途に適用されています。

短繊維強化複合材料の物性は、繊維の長さや分散状態、配向に強く依存します。このようなマイクロ構造は材料の成形プロセスに起因することが多く、繊維強化プラスチックの射出成形では、熔融した樹脂の流動中に繊維が破断し、所望の機械特性が得られない、または繊維の配向によって異方性が生じるといった問題が生じます。成形プロセスにおける繊維の流れや配向をシミュレーションで予測できれば、成形材の物性値の予測だけでなく、成形プロセスを制御することによって材料物性を改善することも可能となります。そこで私たち

は、物体を粒子の集合として解析する粒子法の一つであるMPS (Moving Particle Semi-implicit) 法による射出成形シミュレーションを構築しました。

図1は、ガラス繊維/ポリプロピレンを射出成形によって型枠に充填するシミュレーションです。この手法では、樹脂の粘性など物性による流れの違いや、繊維を直接モデル化するため、繊維の流動の様子を逐次追跡することもできます。また、繊維の凝集なども予測できます。

今後、温度場やそれによる粘性係数の変化の導入をはじめ、実際の現象を表現できる手法に発展させていきたいと考えています。さらに、成形材の物性値の予測や、強化繊維の配向を制御する方法などを工夫し、成形プロセスへフィードバックしていきたいと考えています。

(愛媛大学 矢代 茂樹)

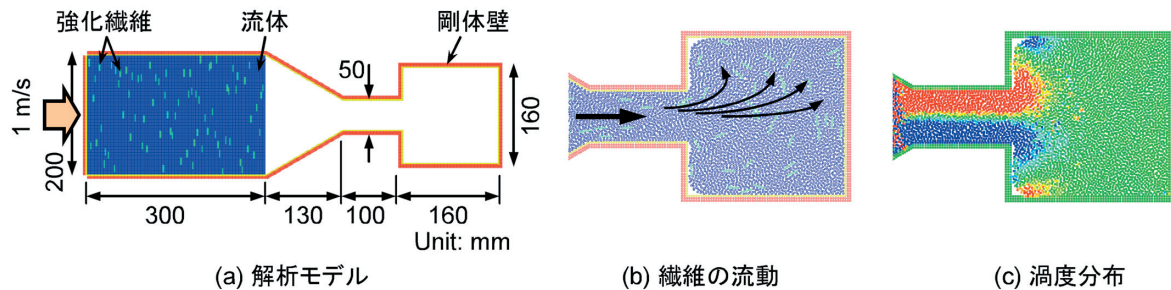


図1 射出成形シミュレーションの例

高繊維配合率かつ不連続状の炭素繊維強化プラスチックの流動シミュレーションツールの開発

不連続炭素繊維強化プラスチックは成形性に優れ、高剛性、高強度かつ軽量という利点を有しており、自動車産業や航空機産業への適用が進められています。しかし、そのプレス成形においては炭素繊維と熱硬化性樹脂が複雑に干渉し合い、これまでの低繊維配合率の場合に適用できるシミュレーションツールでは信頼性の高い予測が困難です。そこで愛媛大学と東レ複合材料研究所では、このような不連続炭素繊維強化プラスチックの成形を「流動」という観点に着目して解析する方法を開発しています。

用すると流体の運動方程式は著しく簡素化されます。その結果、流体層から弾性体に作用する摩擦力は解析的に求められます。この解析解を利用して、長さ方向のみの離散化によってシミュレーションを行います。

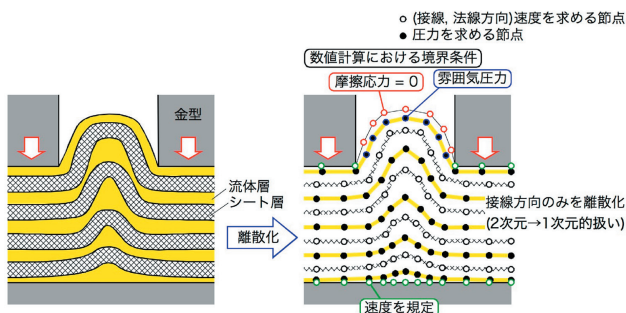


図1 解法の概要

図1に本解析手法の概要を示します。炭素繊維を弾性体シート、樹脂を粘性流体と考え、それらが層状に重なっている系として不連続炭素繊維強化プラスチックをモデル化します。炭素繊維含有量が大きいため、樹脂は炭素繊維間の非常に狭い隙間を流れることになります。このような流れの場合、粘性力が卓越し、慣性力はあまり寄与しません。この事実を利

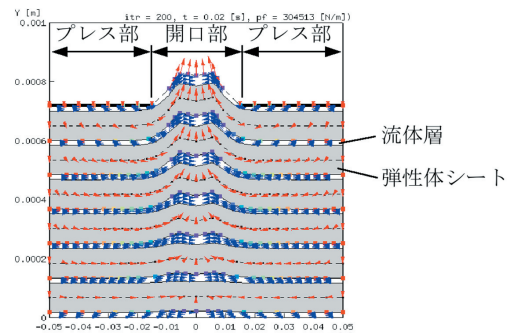


図2 計算結果の一例 (弾性体シートの縦弾性率0.1MPa, 流体の粘度1Pa・s)

本手法による解析結果の一例を図2に示します。これは、長さ100mm、6枚重ねの弾性体シートの上に30mmの開口部を設け、1mm/sの速度で下向きに金型を降下させた場合の結果です。開口部に向かって流動する弾性体シートがおおよそ上半分に限られる点は、実際の炭素繊維から得られる結果と同じであり、本モデル化の妥当性が確認されました。今後、さらに本解析を発展させ、信頼性の高い不連続炭素繊維強化プラスチックの創生に寄与してゆきたいと考えています。

(愛媛大学 岩本 幸治)

Innovation by Chemistry



炭素繊維で、世界の空を軽やかに。

東レの‘炭素繊維’は、その軽量、強靱、耐腐食性能などにより、ボーイング787やエアバスA380等の次世代航空機をはじめ、自動車、船舶、風力発電機などの構造材に採用されています。しかし私たちは、炭素繊維はまだ進化できると信じています。きっと化学が、その答えを目覚めさせるはずだと。東レは世界最大の炭素繊維メーカーとして、航空機、自動車産業等の省エネルギー化に貢献していきます。——私たちは東レ。‘イノベーション・バイ・ケミストリー’をスローガンに、化学を核として、技術革新を追求。新しい価値の創造を通じて社会に貢献します。‘化学’だからつくれる答えを。東レ

‘TORAY’
Innovation by Chemistry