

東北大学機械系

複合材料研究センターだより

No. 1 (2008. 3 発行)

機械系複合材料研究センター発足

2007年8月1日より機械系複合材料研究センターが発足いたしました。このセンターの英語名はCenter for Composite Materials Research (CCMR), Group of Systems Science and Technology, Tohoku Universityで、東北大学の機械系の中に設置されたセンターです。活動期間は平成19年8月1日～平成24年3月31日の5年間で、時限付きのセンターです。

皆様もご存知のように、米国におきましては有名なデラウェア大など多くの複合材料に関するセンターがあります。また、日本でも近年JAXA、東レ、同志社大学など次々に研究所あるいはセンターが設立されているようです。このことは複合材料が金属材料に取って代わる材料として注目を浴びていることと無縁ではないように思われます。既に航空機分野では大半が複合材料からなる新型旅客機が開発されています。今後、この流れは多くの工学分野(自動車・電力・電気部品等)に広がり続けることが考えられます。一方で、設計、開発、生産、評価といった現場において複合材料が用いられるときには、今なおノウハウに立脚した個別の対応が取られていることが多いのも実情です。おそらく、次々に設置されるセンターはこのギャップを埋めようというものと思われれます。

本センターも材料力学、流体力学、トライボロジーといった、機械工学における異なる専門分野をバックグラウンドに持つ研究者と、現場にて直接問題に対応している技術者とが協調し、より体系的に複合材料を捉え、科学することを目的としています。

具体的には、輸送機用(航空機・自動車)および電力用(火力・原子力)複合材料の開発とそれを支える生産技術(射出成形および樹脂流動解析・切削・研削)および信頼性

(強度・摩擦・磨耗)の研究を行う予定です。

構成員としましては

- 1) 教員名: 足立 幸志(東北大学・准教授)
上野 和之(東北大学・准教授)
岡部 朋永(東北大学・准教授)
胡 寧(東北大学・准教授)
高坂 達郎(大阪市立大学・講師)
岩本 幸治(愛媛大学・助教)
黄木 景二(愛媛大学・教授)
矢代 茂樹(愛媛大学・助教)

- 2) 企業・民間: 北野 彰彦(東レ 複合材料研究所・所長)
武田 一郎(東レ 複合材料研究所・研究員)
町田 隆志(日立製作所 材料研究所・主管研究員)
小笠原俊夫(JAXA・主任研究員)
吉村 彰記(JAXA・研究員)
遠山 暢之(産業技術総合研究所・主任研究員)

また、ご支援いただいております会社といたしましては

東レ(複合材料研究所、樹脂技術部)、ワイズシー、山本製作所、谷口金属

となっております。

既に、2007年8月27日は第一回複合材料研究セミナーを愛媛大学にて実施しており、また、2008年4月18日には第二回複合材料研究セミナーをコラッセ福島にて予定しております。ご興味ございましたら、何卒気軽にお声掛け頂ければ幸いです。

少人数の弱小センターではありますが、何卒、ご支援を賜りますよう宜しくお願い申し上げます。

(東北大学 岡部 朋永)

東北大学機械系複合材料研究センター発足に寄せて

アカデミア、ビジネスを含め、社会のあらゆるシーンで「イノベーション」という言葉が氾濫しているようです。ご多分にもれず、当社もイノベーション(IT2000 Innovation by Chemistry)を標榜し、企業体質変革の途上にある状況です。しかしながら、当社を含め社歴に根付く企業文化ともいえる慣性力が作用して、改革どころか、過去の延長戦上の発想、縦割りの内向きな課題設定に安寧しがちな状況にあると感じています。

複合材料は、文字通り学問上専門性が異なる複数の材料で構成されており、その研究開発には異なる学問領域を融合させる横断的な専門性が必要とされます。複合材料分野でイノ

ベーションを起こすためには、一企業の枠を越えた、深い知識の習得、切磋琢磨・他流試合ができる知的人脈の形成が重要と考えます。岡部先生の主宰される複合材料研究センターは、国内においてその役割を果たす場であり、当社も積極的に参画させて頂いております。

PAN系炭素繊維発祥の我が国が、複合材料に関する素材・成形・設計全ての分野で専門家が繋がり、航空機さらには自動車分野で欧米をリードする時代が近づきつつあることを信じています。

(東レ 複合材料研究所・所長 北野 彰彦)

ラム波を用いたCFRP構造部材の構造ヘルスマニタリング技術

航空機の軽量化による燃費向上のために、CFRP が次期航空機の構造部材に大幅に適用されようとしています。航空機においては、機体の損傷は直接人命に甚大な被害を及ぼす危険性があるため、保守・点検作業が極めて重要です。しかし、CFRP の主な損傷は表面からは目視できない内部で生じるため、保守作業の際に行う非破壊検査に多大な時間、労力、コストがかかるという問題があります。そこで、保守作業の効率化・低コスト化を目的として、運用中の損傷の発生や進展を検知する構造ヘルスマニタリング技術が注目されています。我々が現在行っている超音波を利用した航空機用CFRP 構造部材の構造ヘルスマニタリング技術について紹介します。

航空機翼は図1に示すように、スキンと呼ばれる表層とストリンガーと呼ばれるスキンの補強材で構成されています。このようなCFRP 構造部材の損傷の要因の一つは疲労荷重であり、リベットなどの機械接合近傍の応力集中部では、疲労によってスキンに層内割れと呼ばれる小さなき裂が無数に生じ、やがて層間剥離へと損傷規模が拡大していきます。また、接着接合されているスキン/ストリンガー界面ではストリンガー端部より剥離が発生し、進展していきます。このような場合、あらかじめ損傷が生じうる箇所を予期できるため、その部分に超音波を送受信することができる圧電素子を設置し、超音波の受信波形をモニタリングすることで損傷を検知することができます。しかし、CFRP のような薄板を伝わる超音波には複数のモードが存在し、各モードの速度が周波数や板厚によって変化するというやっかいな面があります。そこで、超音波の検出波形が比較的単純となり、その後の解



図1 CFRP 製スキン/ストリンガー構造部材に設置した圧電素子

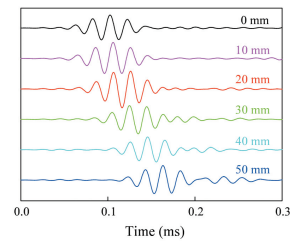


図2 剥離進展に伴う超音波検出波形の変化

析が容易になるような圧電素子形状の設計や超音波励起信号の最適化を行う必要があります。図1の最適設計された一对の圧電素子を用いて、スキン/ストリンガー接着界面剥離の進展に伴う、超音波波形の変化を捉えた結果を図2に示します。一つの単純な波束が検出され、剥離の進展によって波束の検出される時間が遅れていくことがわかります。このような超音波の到達時間の変化を検出することによって、損傷の発生を検知するだけでなく、定量的に層内割れの数や剥離長さもほぼ正確に評価できることを実証しています。

CFRP におけるもう一つの重要な損傷形態として、運用中の飛石、鳥、雹などの衝突による損傷があります。この場合、いつどの場所で衝撃損傷が発生するのかを予測することはできません。そこで、地震の震源地同定と同じ原理で、衝撃荷重が加わった際に発生する超音波を複数の箇所に設置した超音波センサで検出し、衝撃位置を特定しようという試みがなされています。しかし、航空機のような大型構造体の場合、膨大な箇所にセンサを設置しなければなりません。そこで、我々は圧電素子の形状設計を行い、指向性という新たな機能を付与させ、それらを組み合わせたアレイセンサを設計いたしました。そして、一箇所に配置したこのアレイセンサを用いて、音源（衝撃や損傷発生）の場所を同定する手法を新たに開発いたしましたので、これに関しましては、第二回複合材料研究セミナー当日に詳細に紹介をさせていただきます。

(独立行政法人 産業技術総合研究所
計測フロンティア研究部門 遠山 暢之)

より強く、より生産性の高い繊維強化プラスチック

近年、京都議定書をはじめとした厳しい環境規制や、高騰する石油価格の影響から、自動車産業をはじめとして軽量化の要求が一段と高まっております。軽量化には、比強度、比剛性に優れた繊維強化プラスチックが有利で、特に金属材料に比べても遜色ない生産性を誇る不連続繊維強化プラスチックへの関心が高まっております。不連続繊維強化プラスチックの汎用的な製造方法としては、射出成形とプレス成形が知られています。中でもプレス成形は、繊維長が比較的長く(~50mm)、高繊維含有率で成形できるため、強度・剛性が発現しやすく、軽量化効果に優れています。また、自動車産業では金属の深絞り加工等でプレス機を多く扱っており、す

でインフラとしても整っています。プレス成形に用いる基材としては、図1に示すように、チョップドストランドをランダムに散布し、半硬化の熱硬化性樹脂を含浸させたSMC (Sheet Molding Compound) が多く用いられています。このSMCは、例えばバスタブのような深絞り形状にも簡単に充填できるなど、高い流動性を有しており、特に欧米の自動車では、金属では加工の難しい複雑形状のパネル材などに適用が進んでいます。しかしながら、SMC の成形品は繊維の凝集や配向ムラなどの不均質性が発生するため、最弱部破壊して、連続繊維コンポジットに比べはるかに低い強度で破壊し、また大きな強度ばらつきを発生

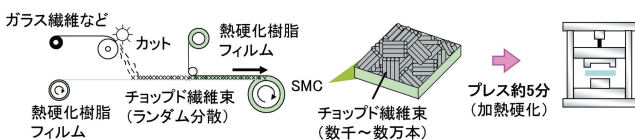


図1 SMC の製造から成形までの流れ

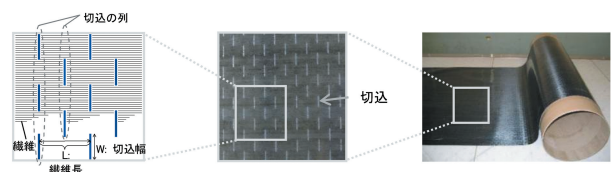


図2 一方向プリプレグに切込を挿入して作成するUACSの概念図

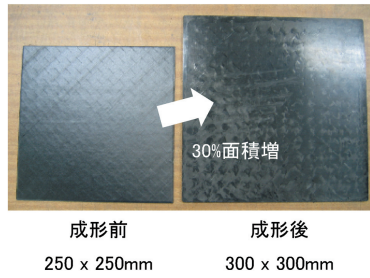


図3 UACS を用いて成形した平板形状の例

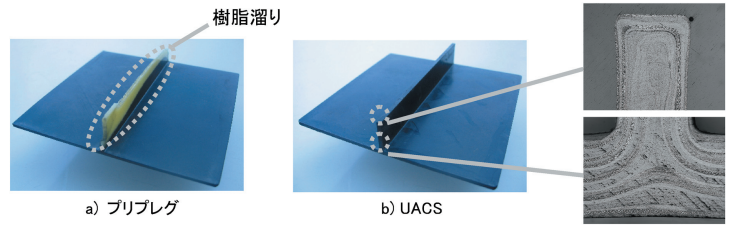


図4 プリプレグおよび UACS を用いて成形したリブ形状の例

します。そのため、適用される部材は準構造材やパネル材に限定されていました。

そこで私たちは、新たに SMC に代わって、力学特性と生産性を高次元で両立した基材を実現するために、チョップドストランドが一方向に配列した基材 **UACS (Unidirectionally Arrayed Chopped Strands)** を提案しました。図2に示すとおり、一方向に連続繊維の配列したプリプレグに、繊維方向に垂直な切込を入れ、連続繊維を分断して、すべてを所定繊維長とすることで、SMC と同様の流動性を確保するとともに、切込同士を制御して離すことで、最短経路でクラックが連結するのを防ぎ、高強度を実現しました。

UACS を任意の角度で積層した積層体は、SMC と同様にプレス成形でき、図3に示したように簡単に伸張させることができます。特筆すべきは、平板状の UACS 積層体をプレスするだけで、図4のように、リブ先端まで積層構造を保ったままリブ形状を成形できる点です。また、図5のように、同様の繊維／樹脂系で、SMC および擬似等方積層のプリプレグ、UACS の引張特性を比較したところ、UACS は SMC の2倍以上の強度を示し、また強度ばらつきについても、SMC に比べ格段に低下し、プリプレグ同等となりました。今後さらに開発を進め、プリプレグ同等の強度を発現する UACS を実現したいと考えています。

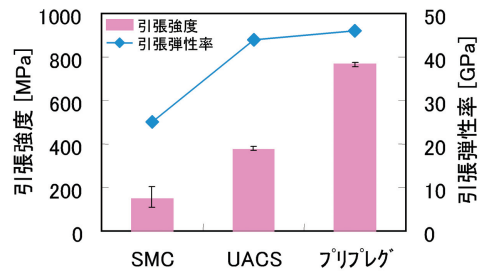


図5 SMC、プリプレグと UACS の引張強度・弾性率の比較

(東レ(株) 複合材料研究所 武田 一郎)

さあ、これからは自動車だ！！

野口悠紀雄氏の書いた「超文章法」(中公新書)によれば、「メッセージこそ重要」で、「学術的な論文が成功するか否かは、九割以上、適切なメッセージを見出せたかどうかで決まる。うまいメッセージを見出せれば、ほとんど成功だ」そうだ。ニューズレターの記事を起案するにあたって、何をメッセージとするか私なりに悩んだ。飛行機応用、最新学術研究についての紹介、私の研究のレビュー等、いくつも頭に浮かんだが、最後に残ったのが「さあ、これからは自動車だ!!」の言葉だった。

昨年、文部科学省からの支援で米国に4ヶ月間滞在することが出来た。そのときの提案課題のタイトルが「自動車用先進複合材料の強度特性評価」だった。その前後から、東レの方々からもこの課題の重要性をお教え頂いていたこともあり、つけたタイトルだが、私自身心のどこかに「本当に自動車につかうのかなあ」という気持ちがないことも無かった。

しかし、米国に滞在中、全く考えが変わった。とにかく、どのニュースを見てもガソリンの価格に関するものばかり。米国という国がいかに自動車に頼りきりかが、良く分かった。滞在中、米国の景気が下降し始め、ガソリン価格の上昇は、関心から悲鳴へと変化していった。とにかく、どこへ行くでも車を使う人たちである。そんな彼らに「少し高くなっても、燃費が5倍良くなる車が出たら買うかい？」ときいたところ、みな口をそろえて「当然」と答えた。私の中で抱いていたものが確信に変わった瞬間だった。

帰国後、私なりに、このテーマについて調べてみた。調べる媒体は新聞やインターネット。初めての経験である。それまでは、堅苦しいことばかり書いてある専門書しか読まなかった大学教員が、新聞で記事を見つけては学生と一緒に切抜きをしているのである。「先生、ここにありましたよ」とか「結構注目されているみたいですね」などという会話をしな

がらである。寺山修二ではないが、気分は「書を捨てて、町へ出よう」(角川文庫)である。

実は、先進複合材料の自動車への適用に関する研究は、産業技術総合研究所に在籍していた7年前にも上司に提案したことがある。車会社から研究所に移ってきた上司には「自動車はとにかくシビヤな分野だから、そんなに甘くない」と諭された。その当時、大した知識もなく、「航空機の次は自動車だ」くらいの考えしかなかった私は、素直に引き下がるしかなかった。(おそらく、上司の主張は正しく、上司のそのコメントには今も感謝している。)

それから、5年がたった。その間、気になることがないことは無かったが、それ以外の研究をやってすごしてきた。さて、これからどうしようかとテーマ設定に悩んでいたときに東レの方から「CFRPの自動車への適用に興味がありますか？」というお誘いをうけた。これが縁で今の共同研究につながっている。

随分前に書かれた本らしいのだが、近頃、再評価されベストセラーになっている「思考の整理学」(ちくま文庫)という本の中で、アイデアに関する記述があり、著者(外山滋比古)は「何か考えが浮かんだら、これを寝かさなければならぬ」と書いている。著者の指摘は、アイデアや発想というのは時間という試練を経て、初めて評価されるということのようだ。その意味では7年という時間を経ても輝きを失うどころか、むしろ輝きを増し続けている「先進複合材料の自動車への適用」というこのテーマは間違えなく私にとってかけがえの無いものになりそうである。そこで、私自身にも、私の学生にも、そして皆様にも確信を持って言いたい。「さあ、これからは自動車だ!!」と。

(東北大学 岡部 朋永)

飛行機をダイエットするのも、東レの仕事です。



※糸状のカーボンファイバーを樹脂で固めて板状に成型し、飛行機の構造部材に使用します。

東レの「カーボンファイバー」は、省エネ運航を実現する、次世代航空機の機体軽量化に貢献しています。

先端材料で、新しい価値を創ります。



TORAY
Innovation by Chemistry

東レ株式会社 〒103-8666 東京都中央区日本橋室町2-1-1 日本橋三井タワー TEL:03-3245-5182(宣伝室) www.toray.co.jp