

SIPシンポジウム開催

2014年のSIP創設から2年が経ち、5ヶ年計画の折り返しにあたる2016年の10月4日(火)、「SIPシンポジウム2016～日本発の科学技術イノベーションが未来を拓く～」が品川インターシティホールで開催されました。SIPシンポジウムでは、安西祐一郎氏(独立行政法人日本学術振興会理事長、人工知能技術戦略会議議長)による「AI、ビッグデータ、IoTの研究開発とSociety 5.0の実現」と題した基調講演を皮切りに、対象となる11課題の進捗がPDにより報告されました。その後、フリー

ディスカッションとして「SIPにおけるプログラム運営について」、引き続き「Society5.0の実現に向けて」をテーマにパネルディスカッションで活発な意見交換がされました。最後は久間和生総合科学技術・イノベーション会議常務議員の全体総括・閉会挨拶で締めくくられました。会場ロビーでも、各課題の展示ブースが設置され、「革新的構造材料」では、ジェットエンジンの模型や鍛造サンプル等を展示し、多くの人々の関心を集めました。シンポジウムの参加者は、昨年を上回る約

800名、SIPへの関心と期待の高さが感じられました。



第4回SIP「革新的構造材料」コロキウム開催報告

2016年10月21日(金)、東京大学先端科学技術研究センターにて「構造材料の不均一組織と力学特性」をテーマに46名の参加者によるコロキウムが開催されました。今回の世話人でもある香川豊(東大)教授による「構造材料の破壊靱性向上のためのメカニズム」、北條正樹(京大)教授による「先進複合材料の強度評価に対する破壊力学の適用」、そして、東レ(株)複合材料研究所 佐藤成道氏による「航空機用CFRP開発における破壊力学観点からの

検討」の講演後、活発なディスカッションが展開されました。講師を担当された東レの佐藤氏は、本コロキウム終了後、「普段CFRP関連の研究者ばかりと議論を行っているため、自分でも気づかないうちに偏った考え方になりがちだった。今回分野を超えた研究者の皆様と議論させて頂く機会に恵まれ、金属、セラミックでの研究においてもCFRPと共通の課題や類似のアプローチが多くあることを再認識し、非常に良い刺激となった。今後、一層

広い視野をもって研究開発を推進したい」と意気込みを語られました。



SIP「革新的構造材料」マテリアルズインテグレーションシンポジウム2016

2016年11月1日(火)～2日(水)の2日間、第1回マテリアルズインテグレーション(MI)シンポジウムを東京大学駒場リサーチキャンパスAn棟コンベンションホールにて開催しました。シンポジウムでは、テーマ毎に①組織予測システム②性能予測(疲労・水素脆化)③性能予測(クリープ・脆性破壊)④特性空間分析システム⑤統合システム⑥金属のMI⑦セラミックスコーティングのMI

⑧高分子のMIと8つのセッションから構成され、若手を中心とした47名の研究者たちが発表を行いました。

MIは、SIP「革新的構造材料」から生まれた新しい領域です。まだ生まれて3年足らずにもかかわらず、MIシンポジウムには、様々な分野から延べ224名が参加。各発表の後、熱心な質疑応答が繰り広げられ、その注目度の高さが伝わってきました。



D62ユニット西川嗣彬さん、WMRIFで最優秀講演賞を受賞

世界21ヶ国から50の材料研究所が加盟、世界の材料研究戦略に大きな影響をもつ世界材料研究所フォーラム(The World Materials Research Institutes Forum: WMRIF)。WMRIFは2年に1回、加盟機関による総会と最近の注目研究に焦点を当てたシンポジウムを開催しています。また、2年に1回、若手研究者を対象とした国際ワークショップも開催しています。

テーマに第5回若手国際ワークショップがつくば国際会議場で開催されました。

SIPからはプレナリ・レクチャに2名、一般講演では6名が発表を行いました。発表総件数32件の発表から、『最優秀講演賞』として、WMRIFに指名された審査員による採点により5名が選ばれます。選ばれた5名には、希望のWMRIF加盟機関に、2週間滞在できる特典があります(費用は受入れ機関が負担)。若手研究者の発表に対するモチベーション向上と、受賞者のネットワーク構築を目的とした賞です。SIP「革新的構造材料」からは、マ

テリアルズインテグレーションシステムの開発において、疲労データベースの構築に携わっている西川嗣彬さん(NIMS)が『最優秀講演賞』に選ばれました。表彰式は最終日の10日(木)に行われました。



『最優秀講演賞』を受賞した西川嗣彬さん。

選択と集中により有限なリソースの効率的・効果的な運営を目指す

SIP-SM⁴事務局では、発足3年目を迎えるにあたって、研究開発実施内容の点検を進めています。これまでの研究開発の成果と運営、そして今後の計画を、内閣府の関係部門に説明し、その結果で次年度予算の決定を受けます。そのために2016年9月にユニット活動成果のヒアリングを実施、外部有識者の

ご協力も得て、今後の方向性も明確になってきました。また、ユニットに続いて2017年1月には参画機関毎の活動成果のヒアリングを予定しています。このように自己点検を実施し、選択と集中、有限なリソースの効率的・効果的運用のための検討を進めていきます。

事務局からお知らせ

【参画機関の皆様へ】

次年度予算が確定後は、次年度研究開発計画および今年度の成果報告書の作成をお願いすることになります。

ご諒解・ご協力を宜しくお願いします。また皆様方のご意見等もお聞かせください。

SIP-SM⁴ MAGAZINE

エスアイピー エスエムフォーアイ マガジン

SIPプログラムとは、内閣府主導の下、府省・分野横断的な取り組みであり、産官学連携により出口まで見据えた一貫通貫で研究開発を推進しています

Vol.2 January 2017

Feature 1 新規中・小型機をターゲットに 航空機産業における3兆円規模のアウトカム実現を目指して



Feature 2 拠点長が語る「ネクストステージ」

航空機産業における 3兆円規模の アウトカム実現を目指して



池田 太一

内閣府
政策統括官
(科学技術・イノベーション担当) 付
産業技術・ナノテクノロジーグループ



竹村 誠洋

国立研究開発法人 科学技術振興機構
イノベーション拠点推進部
SIPグループ
SIP参事役 (構造材料担当)

SIP 革新的構造材料では、航空機産業において、2030年以降の新規中・小型機をターゲットとして(図1)、国際競争力のある材料・成形プロセス技術を開発しています。具体的には、表1に示すようなアウトカム(社会的・経済的波及効果)の実現を目指して、31企業、37大学、10国研・公的機関、計78機関から成る、39ユニット(研究グループ)が取り組んでいます(平成28年11月時点)。これらは、初年度に採択された課題、計画、体制をそのままの形で続けるのではなく、その見直しを随時行っています。その際、国内外の専門家によるアドバイザーボードなどにより得られた知見、

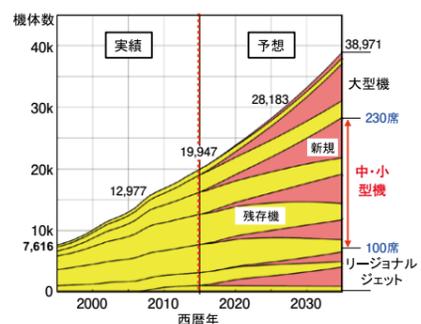


図1 ビジネス・ジェット機運航機数予測
出典：(財)日本航空機開発協会

航空関連生産実績 1.82兆円 (2015年)
出典：(一社)日本航空宇宙工業会 (世界市場 約50兆円)

領域	テーマ (適用部位)	2030年 出荷額試算
(A) 樹脂 FRP	脱オートクレーブ (尾翼など)	1,800億円
	熱可塑性樹脂 (ファン・静翼)	1,600億円
	CFRP (主構造)	1.1兆円
(B) 耐熱・金属間化合物	Ti, Ni 鍛造 (タービン静翼等)	4,800億円
	TiAl 合金 (高圧圧縮機等)	3,100億円
(C) セラミックス 複合材料	CMC (高圧タービン等)	2,200億円
合計		2.4兆円

表1 SIP 革新的構造材料アウトカム分析
参考：内閣府「革新的構造材料の事業戦略動向に関する調査(2015)」

意見が大変重要になります。例えば、国際アドバイザーボードでは、4領域の連携、航空機材料のマテリアルズインテグレーション(MI)開発などを促進すべき、と指摘されました。それを受けて体制を図2のように改変しました。

また、各領域においても、プロジェクト開始から現在に至るまで、下記のように課題設定を行ってきました。

A 領域(樹脂・FRP)：主要課題として、CFRPの高生産性、低コスト化のためのアウトオートクレーブ成形技術、エンジンファン・静翼用CFRTP(熱可塑性樹脂使用)に加えて、オートクレーブ成形技術についても、今年度、主構造(主翼、胴体)向けの高生産性・強靱CFRPの開発を開始しました。そこには、単なる金属材料の代替としてではなく、CFRPの特長を活かした構造を実現するための研究も含まれます。

B 領域(耐熱合金・金属間化合物)：航空機エンジン圧縮機・タービンのディスク、ブレード(翼)の代表的な材料であるチタン合金、ニッケル基合金の鍛造、および次世代用材料として期待されるチタンアルミニウム金属間化合物の合金設計、鍛造、鋳造が主要技術分野です。ここで取り組むシミュレーション研究は、D領域と連携して、MI開発に向けて強化します。また、高価な素材の加工によるロスを減らすメリットがある、

粉末冶金技術開発(レーザー粉末肉盛、粉末射出成形、粉末積層造形)にも取り組んでいます。

C 領域(セラミックスコーティング)：プロジェクト開始当初は、コーティング技術のみが開発対象でした。しかしその後の調査により、被コーティング材のセラミックス基複合材料(CMC)には、適用対象、プロセス技術の多様化等、新たな開発ニーズがあることを確認しました。そこで現在、CMC自体の開発も視野に入れ、その前段階として、フィージビリティスタディを進めています。また、主要課題である耐環境性コーティング(EBC)については、早期実用化を目指すべく、評価技術の標準化にも着手しました。

D 領域(マテリアルズインテグレーション(MI))：金属系材料と同様に、高分子系・セラミックス系材料についても各々MI化すべく、個別に採択された複数の課題を組み合わせて、不足していた課題は追加公募により採択して、クラスターとして組織化しました。また金属系材料についても、今後は、代表的な航空機材料であるチタン合金、ニッケル基合金のMIをより一層強化すべく、B領域とD領域の研究者が協議し、間もなく新たなクラスターを立ち上げる予定です。

上記について、現在調整中の部分も今年度中には完了し、平成29年4月には新体制をスタートさせる予定です。

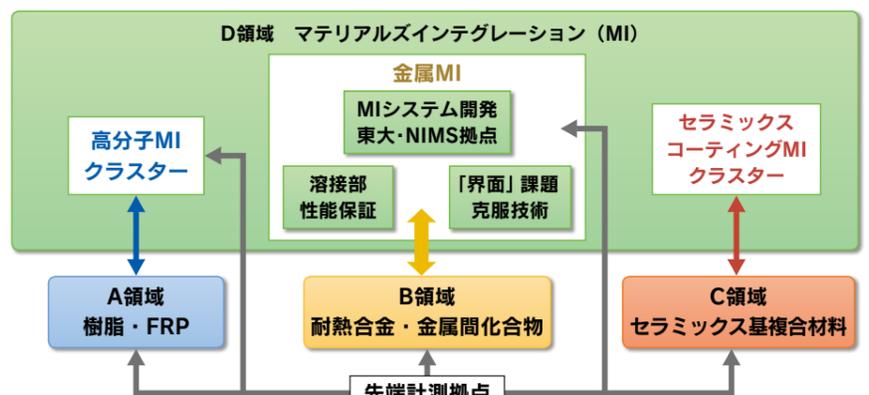


図2 4領域の連携体制(案)

拠点長が語る「ネクストステージ」

鍛造チタンアルミニウムの空白の20年—— まだ、勝機は日本にある

日本に本格的な航空機エンジンメーカーが必要

20数年前、チタンアルミを鍛造で作るプロセスを考えたのは、私でした。日本には、欧米のビッグ3並みの本格的な航空機エンジンメーカーがなかったこと、リスクが大きすぎるということもあり、実用化研究には結びつきませんでした。ところが、私が考案したプロセスでヨーロッパは実用化しました。日本発のプロセス技術が日本ではなくヨーロッパで実用化されているという現実は残念ですが、我々にはデータがあります。まだ巻き返せます。

我々がこのプロジェクトで目指すのは、軽くて耐熱性に優れた、古くて新しい材料であるTiAl金属間化合物を、それが直面してきた実用化までに越えねばならないハードルを乗り越えて、航空機用エンジンの800℃レベルの部位の動翼とする技術を作り上げることです。それを果たす要件は、学術基盤、素材、部品製造の三者による真の連携です。お互いの成果、課題をフィードバックし、問題を共有することによって、ディスカッションしながら作っていくという理想的な関係で進めています。

具体的な話をすると、東工大は組織設計を担当します。組織が特性を決めます。航空機エンジンにこの材料を利用できるか、できないかの鍵を握るのが、原子レベルでの組織の制御です。組織を制御するというのは、状態図がわかっていないとできません。我々はこれまでに蓄積したあらゆるデータを持っているので、「どうしたらいいか」と聞かれたら「こうすればいい」という提案がいくらでもできます。航空機材料の低圧タービンブレードの場合、800℃位の高温で使うためには当然クリープ特性が必要です。そういうクリープ特性を上げるためには、組織をどう制御したらいいかがわかります。また、鍛造で、高圧圧縮機翼を作ろうと思ったら、今度は熱間加工性と靱性の両方が必要です。その場合には、こういう組織にすればいいと提案できます。

神戸製鋼所のミッションは溶解技術とスクラップ利用技術。溶解にも技術が必要で

す。そして、できるだけ欠陥の少ない、組成変動の少ない材料を作らなければなりません。相変態の反応経路を利用して、こういうふう組織制御すれば、鍛造にも優れ、靱性にも優れた材料ができますよといった時に、どれくらいまで組成が変わっていいのかという話になります。そのウィンドウを広げてくださいということに対しては、神戸製鋼所のデータからフィードバックしながらやっています。それだけではなく、コストカットのために、できるだけスクラップを利用しようとしています。

技術の確立だけではダメ。 その後が重要

IHIでは、東工大が組織設計して神戸製鋼所が溶解したもので、鋳造と鍛造をやります。さらにIHIは、私が組織設計した合金を本当に航空機材料として使えるかどうかという認証をとるために試験をします。FAA(アメリカ連邦航空局)で認可されないと、航空機材料としては絶対に使えません。IHIとディスカッションしながら作っていきます。そして、IHIで出たスクラップを神戸製鋼所がもう1回使います。コストを下げて、国際競争力がある材料を作ります。製造からものづくりまでを全部国内でやればと考えています。

実機搭載に向けて高性能なチタンアルミを量産化するための要素技術を確認することが、SIPの出口です。しかし、技術を確認しても、ビジネスにならなくてはその技術は死んでしまいます。だからポストSIPが重要です。我々は、この研究体制を維持するための準備をしています。この材料の需要は間違いなく拡大します。神戸製鋼所もIHIもビジネスチャンスだと必死です。SIPの拠点としてやっているこの種を成長させないといけないと考え、東工大の中に、ジェットエンジン材料をターゲットに、企業と連携して研究を行う「JET」というプロジェクトを立ち上げました。金属分野の研究に携わる38名の教員が参加しています。プロジェクトの成功だけではなく、知と技の融合によるさらなる展開、そして人材育成などもっと広いビジョンを持って取り組む必要があると私は思います。



高性能TiAl基合金 東工大拠点
拠点長

竹山 雅夫

国立大学法人 東京工業大学
物質理工学院 材料系
教授 工学博士

1986年東京工業大学理工学研究所金属材料工学専攻博士課程修了。米国Oak Ridge National Lab. 客員研究員、科学技術庁金属材料技術研究所主任研究官を経て、1993年東京工業大学助教授となり、現在に至る。専門分野：材料組織学(相平衡、相変態)、金属物理学(金属間化合物)。

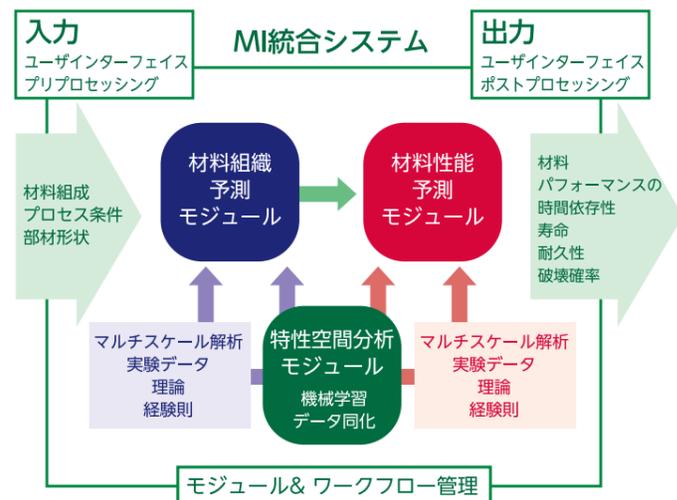
マテリアルズインテグレーション領域の研究開発体制

材料開発は、プロセス、組織、特性、性能の4要素をいかに結びつけるかが要になります。我々の課題である「構造材料」は、特にクリープ、疲労、腐食等、時間に依存する性能が重要になります。従来の構造材料、特に輸送機器など極めて高い信頼性が要求されるアプリケーションで利用される材料では、開発が始められ実機に適用されるまでに15~20年といった非常に長い時間が必要でした。このため、開発期間の短縮が大きな課題となっていました。マテリアルズインテグレーション(MI)とは、理論、実験、シミュレーション、データベース、経験等の最先端の科学技術を融合し、材料開発を支援する総合的なツールです。MIシステムは、材料の組織や特性、材料や構造体の最終的な性能や寿命を決定する時間依存の性能を一貫予測することで、開発期間の短縮や開発の効率化に貢献します。

MIシステムの開発では、材料理論に基づいた様々な解析モジュールの開発や、それらを統合するシステムの構築も非常に重要ですが、一方でデータ科学の活用のために、データベースの構築と拡充も極めて重要と捉えて開発を進めています。MIシステムは、材料の組織形成や特性の発現、性能劣化や破壊に関する理論やシミュレーション、組織や

性能に関するデータベースや経験則などをモジュール化し、これらを柔軟に組み合わせることで連続し貫した性能予測のフローを可能にします。さらに、MIシステムは、モジュールの多様化や高度化によって多様な構造材料、多様な製造プロセスや加工プロセス、多様な性能に幅広く対応可能になります。SIPでは、現在、小関拠点を中心に金属材料のMIシステムの構築を「高強度鋼の溶接継手性

能」を例題として先行実施しており、廣瀬拠点でも、溶接部の性能を保証するためのシミュレーション技術について研究開発を進めています。その他、大久保拠点で研究開発している先端計測技術の活用や、津崎拠点でのチタン合金に関する研究成果の活用により航空機材料への適用を進めるなど、多角的な取組みで多種多様な材料、予測対象に対応できるシステムの構築を目指しています。



溶接部性能保証のためのシミュレーション技術の開発

D65 溶接部性能保証 阪大拠点
拠点長 廣瀬 明夫

池形状予測の部分はかなり進んでいます。我々の拠点は、大阪大学、大阪府立大学、富山大学で構成しており、その他に、溶接学会の分科会であるSIP溶接拠点分科会を介して民間企業12社とNIMSとの連携を行っています。SIP溶接拠点分科会と連携することで、民間企業でのシミュレーション試用実績をフィードバックし、実用的に使えるシミュレーション技術として完成させるといったイメージです。溶接技術というと、職人技というイメージがあります。ものを作る時に溶接は必須の技術ですが、どういう溶接条件を選べば最高のパフォーマンスを得られるかという点で、現状の溶接技術については、最終的な継手性能の予測が十分できていないので、どうしても試行錯誤的に溶接施工条件が決定されています。材料と必要な溶接継手性能を設定したら最適な溶接条件が出力できるようなシステム、すなわち技術者が溶接条件を決めたり、材

料を選んだりするときのサポートというか、ヘルプするツールが完全にできて、自動化の中にも組み込めるようになれば理想的だと思います。サイバーメディアセンターにシステムを構築できたら、ユーザーのいろんなレベルに応じた使い方ができるようにして、今後のことになるとは思いますが、企業や外部の人が使う時に課金制にして、その費用で維持し、使用結果をフィードバックできるような形態ができたら理想だと思います。MIとの連携というところでは、熱源モデルから性能評価までの溶接のパッケージとして「実践的な溶接のシミュレーション」モジュールとして位置付けていただけたらどうかと思っています。

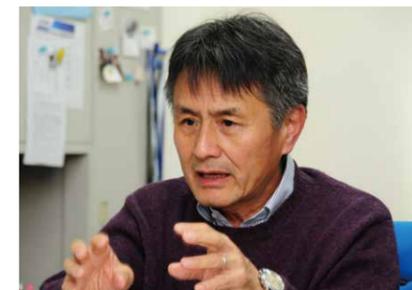
Akio Hirose
大阪大学大学院工学研究科
マテリアル生産科学専攻 生産科学コース
教授

「界面」を通じた、構造材料における未解決課題克服のための技術構築

D67 「界面」課題克服技術 九大拠点
拠点長 津崎 兼彰

我々の拠点には、鉄鋼、ニッケル基超合金、セラミックス、そしてチタン合金が2つと、全部で5テーマあるのですが、それぞれ企業のニーズを事前に把握した上で、研究課題を設定し、MIのモジュール化や統合システムに貢献するという特徴があります。その課題も、将来にわたっての新しい課題に向けて開発をするという、少し先の課題を見据えています。金属の疲労寿命の予測式というのはなかなかなかったのですが、チタン合金のき裂進展速度のばらつきに着目して取り組んでいます。また、放射光イメージングを使ってニッケル基超合金の凝固過程予測で必要となる100種類以上の成分の異なる合金のデータをとったのですが、これは世界初です。世界に類のないデータベースを獲得すれば、それを使った凝固の予測式も信頼性が増します。鉄は水素が入ると壊れやすいのですが、「じゃあどんなメカニズムで壊れるの?」ということで、鉄の中で水素が集まってマイクロ界面がどれくらい脆くなるかについて第一原理計算

を使って情報を獲得し、この水素濃度だったらこれくらいで壊れる強度が決まるというのを実用鋼の実験データと比較できるような水準まで持ってこられました。安全・危険判断モジュールみたいなものができるわけです。チャレンジしている手法が使える手法になり、貴重なデータをたくさん蓄えられる状況になってきたので、SIPの最終出口に向けて、各領域に直接貢献するようなMIを考えるべく新たな課題に取り組もうというように状況が変化しているのが今です。これから2年は、チタン合金に特化して、他の拠点と連携し、マイクロ組織と金属疲労の関係に集中した共同取組をして、神戸製鋼所等の企業が入った枠組みの中での共同研究にステップアップさせようと考えています。チタン合金の組織予測・材質予測では、最弱組織という言葉を使っています。かつてある先生がおっしゃった「製品部品の特性にはパラツキがあるんだよ。この底上げが工業製品には何より大事な



だ。疲労も腐食も同じ。弱いところをどうマネジメントするかが大事なんだけど、なかなか光が当たらないんだよね」という言葉が印象に残っています。いつかそこに光を当てたいと思っていたのですが、まさに今だと思っています。SIPの革新的構造材料は、実際の部品、部材を出口にしているからです。疲労というのは一番弱いところに出てくるのですが、まず一番弱い組織をわかること。そしてその最弱組織をいかにマネジメントし、無害化するか、そういう方針をもって、材料開発期間短縮というプロジェクト目標に取り組んでいます。

Kaneaki Tsuzaki
九州大学大学院工学研究院 機械工学部門
材料力学大講座・材料強度学研究室
教授

構造材料の未活用情報を取得する先端計測技術開発

D66 未活用情報計測技術 AIST 拠点
拠点長 大久保 雅隆

D66の研究テーマは、「構造材料の未活用情報を取得する先端計測技術開発」です。未活用情報は、ナノスケールの極小構造であったり、水素を含む微量軽元素であったり、微小なひずみであったり、内部に隠れたクラックであったり、市販の計測分析装置や、通常使用されているような装置では測れない情報です。構造材料開発には必要な情報です。そういう“顕在化未活用情報”を測り、材料開発者に提供し、開発期間の一桁短縮に貢献するというのが我々の使命です。見えなくて困っているものを如何に測れるようにしていくかが醍醐味です。例えば微量添加元素の役割や劣化のメカニズムが明らかになれば、経験と勘のみに頼るのではなく、測定結果と予測に基づいた科学的戦略を策定できます。今まで構造材料分野には広く使われてこなかったような先端計測分析技術を構造材料に適用し、従来とは異なる新たな視点に立脚した材料開発指針を出せれば、目標以上の成果を残せると思います。我々自身が開

発に携わったTIAの中核機関が有する世界的にもユニークな装置や手法を使って測るという点が特徴です。我々の拠点は、A、B、C、Dの各領域と連携しています。例えば、CFRP用樹脂のプロセスシミュレーションのために、分子鎖間のサブナノスケール空隙のサイズを測る場合には、反物質である陽電子で測定しています。また、耐熱チタン合金は、クラックが発生するまでとクラックが非常に小さな間は、疲労の回数がどうしてもばらつくというのが課題です。その機序を明らかにするために、クラックが発生するまでの前駆段階で、ナノスケールのひずみ分布を見たいという計測ニーズには、独自の手法であるサンプリングモアレ法とデジタル画像相関法を組み合わせて対応しています。微量軽元素の解析には、核反応、アトムプローブ、超伝導計測技術を活用します。今後は“非顕在化未活用情報”に挑戦したいと考えています。測るべき対象がまだ明確でない場合、何を制御すべきかをこちらか



ら材料開発の方に提言できるようになりたいと考えています。難しいですが、材料開発の方々と連携して、開発期間の短縮と、性能の向上を目指します。内部の劣化を外から見ると非破壊検査として、応力発光などの新たな手法も取り込み、材料の飛躍的性能向上には何が必要なのかを、イメージング技術(森の中の一本の木を見る)と材料の平均情報(森全体の調和を見る)を組み合わせ、非顕在化未活用情報を発見して行きます。将来的には、国際的に認められ、海外からも測ってくれとサンプルが来るような拠点になりたいと考えています。

Masataka Ohkubo
国立研究開発法人産業技術総合研究所
エレクトロニクス・製造領域研究戦略部
上席イノベーションコーディネータ
構造材料ナノ物性計測分析ラボ 研究ラボ長

航空機用樹脂の
開発と
FRPの開発

樹脂流動および成形材の 品質予測に関するシミュレータの開発



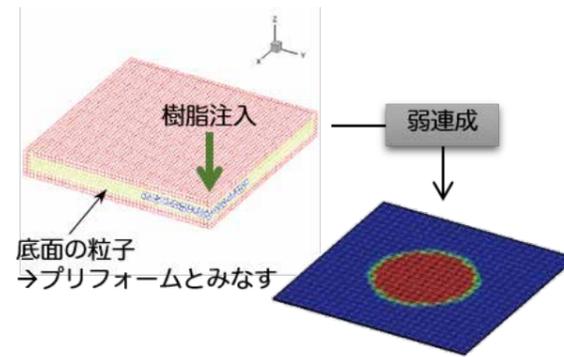
矢代 茂樹

静岡大学大学院工学領域
准教授

2007年4月 愛媛大学助教
2010年4月 静岡大学准教授
専門分野：複合材料工学

本研究では、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)製構造部材の成形技術の高付加価値化をめざし、成形における樹脂の流動と繊維基材への樹脂の含浸およびポイドの形成を予測するシミュレータを開発している。特に、SIPで新規に開発しているレジトランスファーモールドイング(RTM)成形技術に対して開発するシミュレータを適用することを目指している。そのために、粒子法による樹脂流入解析と有限要素法によるプリフォームへの樹脂含浸解析を組み合わせる成形シミュレーションツールを構築した。このシミュレータによって、樹脂の流れが合流してできるウェルドラインや樹脂が含浸しないドライスポット領域という、成形材の強度を下げる欠陥の形成

を予測できる。これらの成形欠陥を目的関数としてゲート位置の最適設計を行う手法を開発した。さらに、並行して開発の進んでいるマトリックス樹脂の分子構造最適化シミュレータと本ツールをつなぎ、CFRPの成形に関するマルチスケールシミュレーション技術の構築に取り組む。



耐環境性
セラミック
コーティング
の開発



北岡 諭

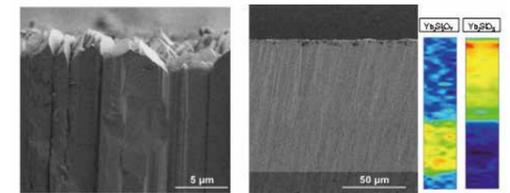
(一財)ファインセラミックスセンター
主席研究員

研究テーマ:コーティング、腐食/防食技術、
拡散、過熱水蒸気利用技術等の研究

ダブル電子ビームPVD法による EBC 複合酸化物層の形成

SiC 繊維強化 SiC 複合材料(CMC)は軽量かつ耐熱性に優れることから、次世代航空機エンジン用部材として検討されている。しかし、CMCは水蒸気を含む高温燃焼環境下において酸化・減肉(酸化スケールの揮散)することから、部材の長期使用を可能にするには耐環境性の保護コーティング(EBC)が不可欠である。Ybシリケートは耐水蒸気揮散性に優れることからEBC候補素材の一つである。しかし、それを構成するSi成分がYb成分よりも酸化しやすいため、Ybシリケート粉末を原料とするコーティング方法では精密な組織制御が困難であった。本領域では、二つの電子銃を用いて二つのターゲット(Yb酸化物とSi酸化物)を独立に熔融気化し混合することで、厚さ方向に組成傾斜させたYbシリケート層の形成に成功した。また、層形成時のコーティング面温

度と堆積速度を制御することにより、緻密質(環境遮蔽層)から柱状カラム(耐熱衝撃緩和層)まで多彩な組織制御を可能にした。現在、CMC基板上にこれらの構造を含む多相積層構造のEBCを形成し、それを用いて燃焼ガスによる熱サイクル試験等を実施している。今後、得られた情報を基にコーティングプロセスのさらなる改良を施す予定である。



(a) 柱状カラム Yb₂SiO₅ 層 (b) 緻密質傾斜組成層
ダブル電子ビームPVD法により形成したYbシリケート層の断面組織

耐熱合金・
金属間化合物
の開発

Ti合金の鍛造プロセスとマイクロ組織、特性を 定量的につなぐ材料設計技術の開発



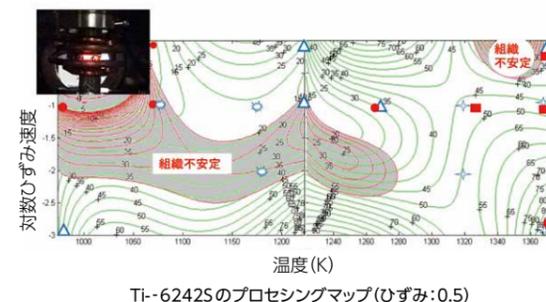
北嶋 具教

物質・材料研究機構
構造材料研究拠点 主任研究員

九州大学大学院工学府博士課程修了後、
物質・材料研究機構研究員、現職。英国ケンブリッジ大学客員研究員併任2年。

軽量化が求められる航空機エンジンでは比強度が高いTi合金が多く使われています。Ti合金鍛造部材は、合金組成に加えて、鍛造の加工・熱処理プロセスの条件(温度や歪の履歴)によって、内在する応力や組織形態の分布が変わり、これらは機械的特性や耐環境性に影響します。本研究ではTi合金鍛造材の設計技術開発を行っています。耐熱Ti合金について、鍛造・圧延と熱処理により、組織因子パラメータを系統的に変化させた30種類のマイクロ組織を作り出しました。組織形態を定量化し、塑性加工シミュレーションにより算出する歪量と併せて、引張特性との関係式を構築しつつあり、疲労特性データも蓄積しています。最終的には鍛造材の引張特性と疲労特性、耐酸化性を予測するモジュールを開発す

る予定です。また、鍛造中の材料の加工性や組織不安定性を予測する加工条件マップの高精度化も行っています。鍛造材の組織と特性の予測技術開発、加工条件マップの高精度化により材料開発の期間短縮や低コスト化につながることを期待します。これらの開発は大学や企業との連携が必要不可欠であり、耐熱鍛造材開発の産官学連携拠点を形成していく予定です。



マテリアルズ
インテグレーション



足立 吉隆

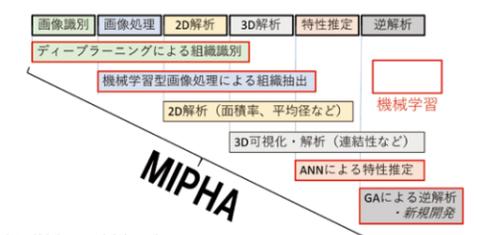
鹿児島大学 学術研究院
理工学域工学系機械工学専攻 教授

1990年3月 名古屋大学修士課程修了
1990年4月 住友金属工業(株)総合技術研究所
2003年4月 (独)物質・材料研究機構主幹研究員
2011年10月~ 鹿児島大学教授

機械学習を活用した組織評価・ 特性推定・逆解析モジュールの開発

「マテリアルズインテグレーションシステムの開発」におけるモジュール開発の一環として、東京大学との共同研究により、材料組織を効率よく定量評価し、その結果を用いて特性を推定し、更には特性を発現する組織を逆解析する材料情報統合システム(Materials Integration Phase Analyzer: MIPHA)を開発した。このシステムの特徴は、様々な機械学習を活用していることであり、複雑系を対象とした場合でも効率よく組織→特性(順問題)、特性→組織(逆問題)の解析を行うことが可能である。MIPHAは、①組織識別¹⁾、②画像処理²⁾、③2次元解析、④3次元解析、⑤特性推定³⁾、⑥逆解析の6モジュールからなる。①ディープラーニングによる組織識別を行い、②専門家が判定した対象相を機械学習型画像処理により抽出する。③抽出した相の2D特徴を一覧表示する。また、逐次研

磨像に対しては、④3D表示し、3D特徴を出力する。③④で得た特徴値に、他の情報を加えて、⑤最適化したニューラルネットワークにより、単一特性や独立変数→従属変数特性などを学習し、順問題モデルを作成する。この順問題モデルを使って、⑥逆解析では要望する特性を得るための組織の候補を遺伝的アルゴリズムにより求める。順問題に比べて逆問題では情報量が足りない場合が多いが、機械学習による順・逆解析では情報量の不足を大規模計算によって補うことができる。



1) 足立ら, 鉄と鋼, 102(12)(2016), 62. 2) 足立ら, 鉄と鋼, 103(2017), 印刷中. 3) 足立ら, 鉄と鋼, 102(1)(2016), 47.