

# JSME TOKAI BRANCH NEWSLETTER



日本機械学会東海支部ニュースレター No.19  
日本機械学会東海学生会ニュースレター No.15合併号

## 東海支部の皆さんへ



### 第58期支部長からのご挨拶

支部長  
(株)デンソー  
常務役員

湯川 晃 宏

昭和52年 早稲田大学理工学部機械工学科卒。同年 日本電装株式会社(現株デンソー)入社。平成19年 常務役員。

この度、第58期東海支部長を仰せつかりました。非力ではありますが東海支部の発展に寄与できるよう努力する所存です。ご支援、ご協力をお願い致します。

これまで東海支部では、歴代の支部長、幹事の方々のご努力と産学の相互連携の中で、講演会、講習会、セミナー、小中高校生のためのハイテクイベントなど諸活動が活発に進められ、会員の皆様に多数ご参加頂きご好評を得てきました。そしてこれらの活動が、この地域の産業、学術の発展に少なからず貢献してきたことと思います。さらに今年は、シニア会員の相互交流と活動の場として新たにシニア会活動もスタート致します。昨年からの世界同時不況で厳しい環境にありますが、会員の皆様からのご要望やご提案を頂きながら、支部活動の活性化を図ってゆきたいと思っております。

こここのところ東海地域の産業も大きな打撃を受けています。しかし、モノづくりの現場では、新たな知恵や工夫を重ねて不況をはね返すべく努力を続けております。大学や研究機関も活発な研究活動を展開しており、産官学の関係者が力をあわせることで、私はこの地域が今後とも日本のモノづくりをリードしてゆけると信じています。

そもそも、この地域は、古くから瀬戸、常滑を中心とする焼き物の伝統、各地域に伝わるからくり人形を製作した“からくり師”の技、そして豊田佐吉翁による自動織機の発明など、他地域には無いモノづくりの系譜があります。その延長上に、今日の自動車、航空機、セラミックス、工作機械などの産業が発展し、世界有数のモノづくり産業の集積地を形成してきました。工業出荷額で愛知県は、1977年以来30年以上にわたって日本一を継続

し、静岡県も第3位に躍進しております。

学術の分野では2001年に野依良治先生、2008年には小林誠先生、益川敏英先生と東海地域にゆかりのある方々がノーベル賞を受賞されるなど、素晴らしい功績をあげていらっしゃいます。

また、近年若者の理工系離れが騒がれていますが、当地域では未来のモノづくりを支える人材が着実に育っています。東海地域では、少年少女発明クラブの活動が大変盛んです。愛知県には18の発明クラブがあり、全国1位のクラブ数を誇っています。東海4県では約30の発明クラブが活動しています。2008年9月に台湾で開催された世界青少年発明工夫展では、刈谷市の女子中学生の作品が8部門中の2部門で最高の金賞を受賞しました。2008年11月の文部科学省主催「ものづくり体験教室全国大会」でも、この地域からの参加者が最優秀賞、優秀賞を受賞しています。

企業の現場では、技能五輪のメダリストをはじめ多くの若者が真剣にモノづくりに取り組んでいます。

自由闊達な風土を持つ大学をはじめとする充実した研究機関、モノづくりに真剣に取り組む多くの企業、そして将来を担う若者達、これらの人々が力をあわせれば、私はこの地域が将来にわたって日本だけでなく、世界のモノづくりをリードしてゆけると信じています。

東海支部の皆様、元気で明るいモノづくりの復活を目指して今年一年よろしくお願い致します。



第58期総会・特別講演

## MRJ（三菱リージョナルジェット）について MRJにおける複合材適用について



三菱重工業(株)名古屋航空宇宙システム製作所  
民間機技術部 次長  
田中 秀明

三菱航空機(株)機体設計部 システムインテグレーション  
グループ マテリアルアンドプロセスチーム 主席  
武田 文人

本稿は、昨年12月19日の第27回イーブニングセミナー  
における講演の内容を記事に編集したものです。

### 1. はじめに

1920年頃に始まった三菱の航空機開発は、第二次大戦  
のころには零式艦上戦闘機、一式陸上攻撃機、秋水を開  
発する等世界一流レベルにあったが、戦後の航空機開発  
の空白期により時代に遅れるものとなってしまった。戦  
後は、戦闘機ではF-86Fにはじまる航空機ライセンス生  
産、T-2練習機、F-1、F-2戦闘機の開発、民間機では  
B767、B777、B787等の大型旅客機の国際共同開発、  
YS-11国産機の開発、MU-2、MU-300ビジネスジェット  
機開発等を行い、技術力を蓄えてきた。この技術力を元  
に、いまMRJ（三菱リージョナルジェット）の開発が始  
まった。

### 2. 市場状況

日本の航空機産業の生産額はここ30年で3倍以上の伸  
びを示しており、特に民間機分野での伸びが著しい。こ  
の伸びは航空旅客の伸びに伴い今後も順調に伸びるとみ  
られている。

図1にジェット機の運行機材予測を示す。エアライン  
各社は運行機材の最適化を狙って100席以上の機材の小  
型化を進めるとともに運行時の経済効率に劣る59席以下  
の機材の大型化を進める方向にある。これにより、60席  
から99席のリージョナルジェット機に対する今後20年間  
の需要予測は約5000機以上と推定されている。

### 3. MRJの狙い

図2にMRJの開発ビジョンを示す。MRJは、国際線等  
の幹線機技術をリージョナル機に適用し、次世代リー  
ジョナルジェットの新たなスタンダードを創造すること  
を狙っている。このため、乗客には幹線機に比肩する快  
速な室内を、環境には優れた燃費、低騒音、低排出物を、  
エアラインには優れた経済性を提供する。

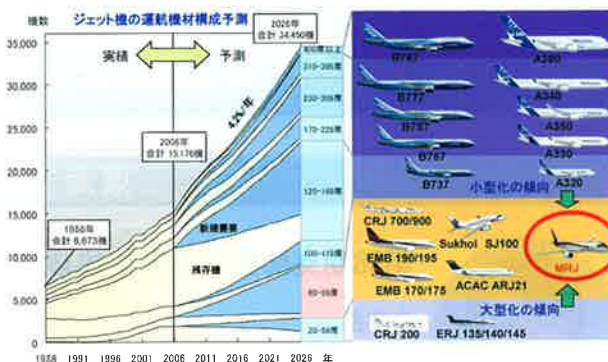


図1 ジェット機の運行機材予測

#### 【ビジョン】

- 最先端の幹線機技術をリージョナルジェットに適用し、次世代リージョナルジェットのスタンダードを創造する。
- 環境、乗客、エアラインへ従来にない新しい価値を提供する。



図2 MRJの開発ビジョン

### 4. 機体仕様

前項の狙いを実現する機体仕様を説明する。

図3にMRJの機体外形を示す。MRJは90席型のMRJ90  
と70席型のMRJ70が計画されており、MRJ90では全長約  
35mと大きさではエアバスA320機にほぼ匹敵する機体  
である。

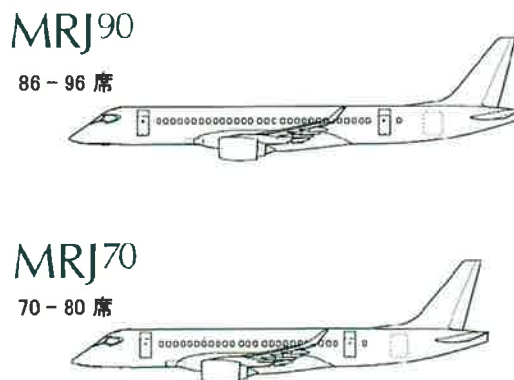
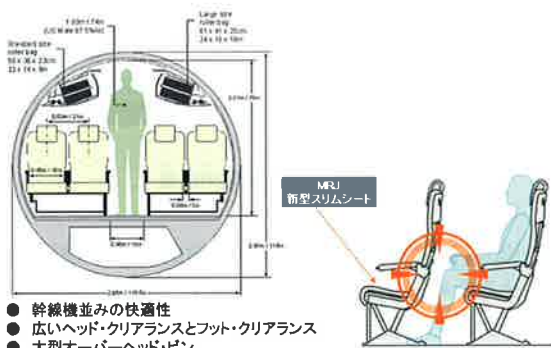


図3 MRJの機体外形

図4にMRJ客室断面を示す。幹線機なみの快適性を実現するために広いヘッドクリアランス、フットクリアランスを実現している。現在のリージョナル機では幹線機で持ち込める機内持ち込み手荷物が、大きさ制限により機内に持ち込めないことがあるが、大型オーバーヘッドビンを設置しこの問題を解決した。これにより、国際線旅客は手荷物を預けなおすことなくリージョナル機に乗り換えることができる。

図5に新型スリムシートを示す。MRJでは日本で開発された3次元ネットを使用した背もたれ部分が薄いスリムシートを採用することにより広い足元空間を確保、快適性を実現している。図6にキャビンモックアップ写真を示す。



- 幹線機並みの快適性
- 広いヘッド・クリアランスとフット・クリアランス
- 大型オーバーヘッド・ビン
- バリアフリー・ラバトリー

図4 MRJ客室断面

図5 新型スリムシート



図6 キャビンモックアップ

図7にCFD (Computational Fluid Dynamics) 適用による空力技術を示す。計算機技術の発達により、機体周りの流れをシミュレーションすることで機体空力抵抗の低減、渦の衝突緩和による低騒音化等の設計が可能になった。

- Advanced Computational Fluid Dynamics (CFD) による低抵抗、低騒音

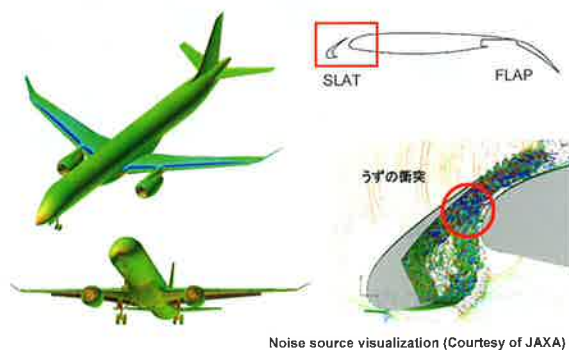


図7 CFD適用による空力技術

MRJでは機体の軽量化、整備性の向上を狙って複合材を適用する。図8に炭素繊維強化複合材材料を示す。炭素繊維はスチール以上の強度を持ちながら、比重はスチールの約1/5と非常に軽量である。MRJではこの炭素繊維とエポキシ樹脂を混合した炭素繊維強化複合材を用いることにより、軽量化及び錆ない特性を生かした整備性の向上を狙う。三菱重工ではこの炭素繊維強化複合材の開発に25年以上取り組んでおり、F-2戦闘機の複合材一体成形主翼、B737フラップ、B787主翼等多くの複合材航空機部品を開発、設計、製作してきた。MRJでもその技術を投入し、特に尾翼にA-VaRTM技術(後述)を適用、軽量かつ低コストの機体を実現する。

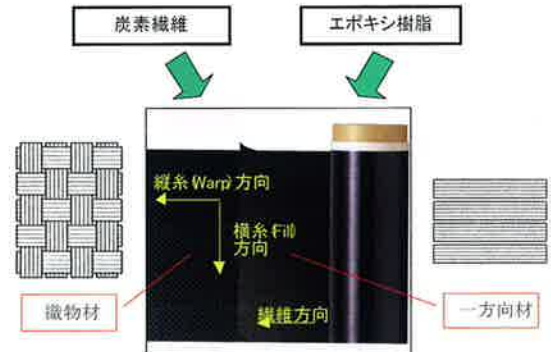


図8 炭素繊維強化複合材料

図9にPratt & Whitney社のGTF (Geared Turbopan) エンジンを示す。GTFではエンジンファンを減速回転することにより大口径化し燃費を良くする。MRJでは、このGTFエンジンを採用し、排出物、騒音を低減する。

- 環境適合性
- ・最少の燃費 -12% (vs current engine)
- ・最小の騒音 -15dB (vs Stage 4)
- ・最少の排出物(NOx) 50% (margin to CAPE6)

(エンジン単体の値)



図9 GTFエンジン

図10に先進コックピットを示す。MRJのコックピットでは幹線機や787と同等の4枚の液晶ディスプレイを配置し、必要な情報を必要ときにパイロットに提供、パイロットの状況認識性を向上させる。



図10 先進コックピット

図11に騒音の低減を示す。MRJでは前述のようにCFD設計の適用、新型エンジンGTFの適用等により騒音の低減が図られる。騒音低減により空港周辺に対する住環境が向上する。

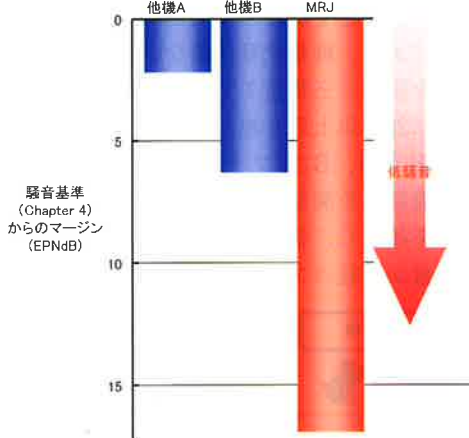


図11 騒音の低減

### 5. MRJにおける複合材適用について

前述のようにMRJには三菱重工の複合材技術が投入されるが、MRJでは軽量のみならず低コストの複合材技術A-VaRTM技術が適用される。ここでは、A-VaRTM技術について述べる。

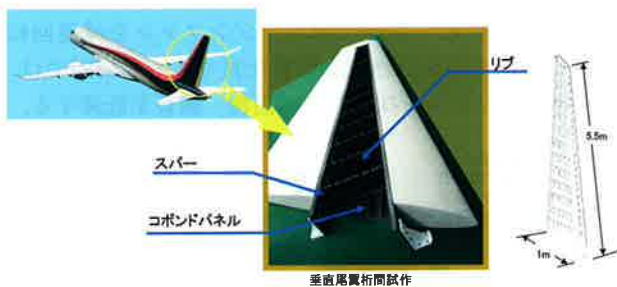


図12 MRJ尾翼への適用

VaRTMとはVacuum assisted Resin Transfer Moldingの略称であり、従来の炭素繊維強化複合材が図8に示したプリプレグと呼ばれる炭素繊維とエポキシ樹脂を混合した中間基材を必要とするのに対して、樹脂と炭素繊維織物からダイレクトに最終製品を成形する手法である。また、プリプレグでは成形時に圧力を負荷するためにオートクレーブとよばれる高温・高圧の容器が必要であるが、VaRTMでは大気圧（真空圧）で成形できるため、加熱できる装置があればよい。

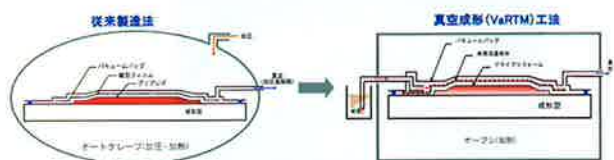


図13 複合材成形工法の概要

ただし、従来のVaRTMでは、航空機に適用できる品質を得ることが困難であり、風車等の産業用機器への適

用に限定されていた。

三菱重工では、東レ(株)と共同でこのVaRTMを航空機に適用できる性能まで向上させたA-VaRTM (Advanced Vacuum assisted Resin Transfer Molding)を開発した。

図14にA-VaRTMの特徴を示す。

### A-VaRTM 材料

#### 新素材を開発

- Non Crimp Woven (NCW) 織物基材
  - > 縦糸の直進性を向上
  - > 樹脂含浸特性の向上
- 熱可塑性粒子
  - > 耐衝撃特性向上(タフ化)
  - > ドライプリフォームのハンドリング性向上
- 炭素繊維
  - > 高強度中弾性糸
- エポキシ樹脂
  - > 180 deg C硬化エポキシ
  - > 低粘度

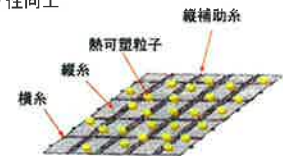


図14 A-VaRTMの特徴

A-VaRTMでは、炭素繊維の力学的特性を効率的に発現させるため、繊維の直進性が高く、且つ、積層後のエポキシ樹脂の含浸を妨げないNon Crimp Wovenを適用、耐衝撃性向上のための熱可塑性粒子、中弾性高強度炭素繊維の適用、高耐熱・低粘度の180℃硬化エポキシ樹脂の開発により航空機性能の材料を実現した。

表1に示すように航空機用プリプレグに匹敵する性能を達成した。

表1 A-VaRTM 複合材機械特性 (代表)

試験項目	試験環境	A-VaRTM成形品	プリプレグ成形品
0° 単層板引張強さ (MPa)	RT	2890	2960
0° 単層板弾性率 (GPa)	RT	150	153
0° 単層板圧縮強さ (MPa)	RT	1570	1500
	82°CWet	1250	1280
有孔引張り強さ (MPa)	RT	519	500
	-59°C	473	448
有孔圧縮強さ (MPa)	RT	295	298
	82°CWet	238	236

さらにA-VaRTM技術に自動化したプロセス (図15)を開発し、低コスト製造を可能にした。

### ドライプロセスの活用

- > マルチスタック
- > プリフォームの自動化
- > ドレープ性向上

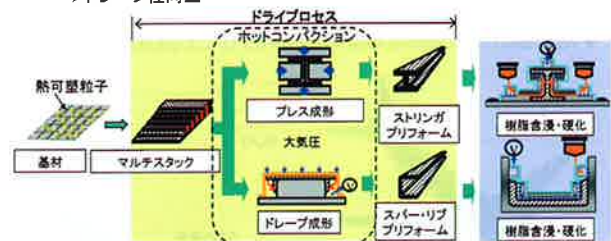
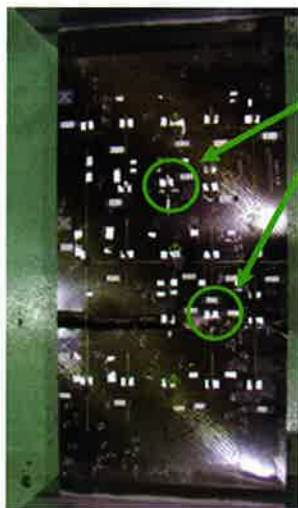


図15 低コスト成形プロセス

MRJ開発ではこのA-VaRTMをスキンとストリングを組合せた構造要素供試体の試作・強度評価 (図16) からステップアップして、実機相当サイズの実大尾翼モデル

供試体（図17）を試作し、大型部品成形プロセスおよび品質の確認/評価を行った。この成果を基に実機設計コンセプトの検証および解析手法と試験結果の整合性確認のため、実大垂直尾翼桁間構造供試体を試作して品質確認後、JAXA殿の協力の下、強度試験を実施（図18）して実機の尾翼BOX構造に適用に必要な特性を確認した。



衝撃損傷  
136J(1200in·lb)

図16 3ストリンガパネル圧縮試験

- 目的
  - ▶実大垂直尾翼桁間製作プロセスの確認
  - ▶成形コストの確認
- 複合材部品(桁間構造内)
  - ▶スキン(平板)
  - ▶ストリンガ(プリキュアスキンにコボン)
  - ▶スパー
  - ▶リブ
- 結果
  - ▶高品質で成形可能
  - ▶アルミ合金とほぼ同等のコストへ低減可能
  - ▶特に、ドライプリフォームを用いた自動化によるメリット大



図17 実大垂直尾翼桁間工作性確認試験



図18 JAXAによる実大垂直尾翼桁間構造強度試験

## 6. おわりに

MRJは2008年3月にANA殿から25機の発注を得て、4月に三菱航空機(株)を設立し現在開発設計中である。

本稿中のA-VaRTM開発に当たっては、東レ(株)殿、JAXA殿との共同研究の成果が生かされており、機体の開発にあたっては各方面からの有形・無形の協力を得ている。

この場を借りて各方面に御礼申し上げるとともに引き続き、今後の支援・協力をお願いいたします。

また、イーブニングセミナーを通じてMRJおよびMRJに適用する新技術の1つであるA-VaRTMを大勢の方々に紹介させていただく機会を頂きました日本機械学会および名古屋大学工学部機械系同窓会の東山会の方々に紙面の上からではございますが、感謝いたします。

## 東海支部シニア会設立総会開催される

かねてより設立が準備されておりました東海支部シニア会が、今年度より設立の運びとなり、2009年7月18日(土)に、名古屋市今池ガスビル7階A会議室にて、48名という多数の方の参加を得て設立総会が開催されました(写真1~3)。これに引き続いて、鈴木隆敏様(NPO法人テクノプロス)から「企業の研究者・技術者OBによる技術支援の実例—NPO法人テクノプロスの活動事例—」と題してご講演いただきました(写真4)。総会において、規約承認、役員選出、2009年度事業計画、2009年度予算について審議、議決されました。シニア会は、会員の相互交流を図るとともに、東海支部活動に協力いただき、支部発展に寄与していただくことを目的として、60歳以上の東海支部会員でシニア会に登録いただいた方から構成されます。なお、55歳から60歳未満の方で希望する方はシニア会運営委員が認めた方となります。ま

た、会長として第56期支部長の齋藤昭則様、副会長として第57期支部長の田中皓一様、庶務幹事として第57期副



写真1. 総会風景



写真2. 湯川支部長のご挨拶



写真3. シニア会会長に選出された斎藤昭則様のご挨拶

支部長の平子廉様が選出されました。そして、2009年度方針は以下のとおりです。

1. 見学会、懇親会を企画し、シニア会員相互の交流を図る。
2. 子供の理工系離れへの対応として、支部で企画する「機械の日」関連の小中学生対象行事に協力する。
3. シニア会員から要望の多い中小企業への技術協力のあり方を検討する。

① 日本機械学会本部との連携（「人材活躍・中小企業支援事業委員会」での情報収集）

② 東海地区の行政機関からの情報収集および連携。  
設立総会終了後、8月7日の「機械の日」関連の支部行事「小中学生のためのハイテクイベント」（小中学生を



写真4. 鈴木隆敏様（テクノプラス）のご講演

対象にした模型スターリングエンジン組立て)の協力を、さっそくのご賛同をいただき、数名のシニア会員の方に技術指導者としてお手伝いいただけることとなりました。まだ、産声を上げたばかりの組織ですが、東海支部の発展に資することが期待されております。

## 小学生親子と中高生のためのハイテクイベント

### 「もうすぐ完成する国際宇宙ステーション」～君はどこまで知っているか～



大同大学工学部教授  
井上 孝 司



(株)豊田自動織機顧問  
古 田 英 志

この企画は日本機械学会東海支部主催で2008年8月8日(金) (12時30分～16時30分) に名古屋市西区則武にあるトヨタテクノミュージアム産業技術記念館大ホールにて愛知県教育委員会、名古屋市教育委員会、中日新聞社の後援により行なわれた。当日は募集100名のところ高校生、中学生、小学生を交えて99名、加えて48名の保護者の参加があり会場は、満員盛況となる活気ある雰囲気であった。昨年度と同様「機械の日、機械週間」のキャ

ンペーン企画もあり、日本機械学会のロゴ入りTシャツが参加者へ配布された。Tシャツは学会の担当役員ばかりではなく講演者の大同工大澤岡学長にも着衣をお願いし、日本機械学会を強く意識させる広報活動となった。内容としては田中支部長の挨拶に始まり、JAXA技術参与でもある澤岡昭氏による「「もうすぐ完成する国際宇宙ステーション」～君はどこまで知っているか～」と題する講演があり、宇宙のすばらしさを楽しく、判り易く解説する講演会であった。講演後の質疑応答では小中学生を中心にロケットや宇宙飛行士に関する活発な質問が



講演会

あり、宇宙に対する関心の深さを感じる場であった。

また、ものづくりの体験コーナーでは刈谷少年発明クラブの杉山勝彦氏をはじめとする多くの方々の製作指導で発泡スチロール製、急速充電小型電動飛行機の組立てを行った。完成後は機体を会場内で飛行させ、中には長い滞空時間となる優れた作品もあるなど、その出来栄に一喜一憂する楽しいものづくりとなった。大学・高専実験工房では、三重大学（自律型ロボット「MieC」、マイクロバブル等）、愛知工業大学（自走二輪車、自走ロボット）、豊橋技術科学大学（視線行動の計画と応用、生体行動の基礎解析）、豊田工業大学（パラレルリンクロボット）、中日本自動車短大（スターリングエンジン）と刈谷少年発明クラブの小学生親子メカニカル教室（オートフライト分解展示と製作指導、飛行機・凧はどうして空に上がるか）による実験出前工房が開かれ、各大学の独創的で興味をそそる参加型テーマが提示され、小中高生

のみならず、高校生や一般参加者に対しても機械的技術への知見を深めることができる良い企画内容であった。



小型電動模型飛行機の製作

## 近隣の企業紹介

ニューズレター幹事の飯田です。大学周辺の企業としてスズキ(株)の風洞実験棟を取材してきました。取材に応じてくれた橋爪課長によると、自動車会社は昨年来の経済危機の影響を受けて生産縮小や世界戦略の見直しを迫られておりますが、このような時期であるからこそ技術開発がより重要になっているそうです。特に環境問題はこれからの自動車開発にとって重要な課題であり、燃費向上とCO<sub>2</sub>排出の削減が大きな課題となっています。これらを達成する技術の一つとして空気抵抗低減や風騒音低減のための空力技術の開発が急務となっており、スズキ自動車では2006年3月に低騒音実車風洞を完成させました(図1)。風洞の測定部を無響室(長さ17.5m、幅13.6m、天井高さ10.3m)に設置することにより、流れと音の同時計測が可能です。最大風速は吹出口の幅3.0mで250km/h、同5.5mで190km/hです。吹出口幅は

3.0m~5.5mまで任意に設定できるため、車両やモデルの大きさに合わせた実験が可能です。測定部には、境界層吸込装置、6分力天秤、床下流れ可視化窓が設置されています。6分力天秤は、4輪、2輪、1/4スケールモデルの測定ができる他、天秤に車両をセットした状態で車両をリフトアップし、床下パーツの交換が可能です。また、車両からの空力騒音の分布を調べるために図2に示すような上面に114個、側面に108個のマイクロホンアレイからなる音源探査措置を備えています。この装置を用いて測定した音源分布を図3に示します。対策の前後でミラー周囲の音が小さくなっていることがわかります。このように風洞実験により車両の性能を向上させています。今後、ますます厳しくなる低燃費化および静粛化に対する要求に応えるために、本風洞を車両開発に活用していくそうです。



図1 スズキ風洞(6分力測定部)



図2 ビームフォーミング音源探査装置



(a) 音源対策前



(b) 音源対策後

図3 ミラー近傍の音源マップ

# JSME TOKAI STUDENT BRANCH NEWSLETTER



日本機械学会東海学生会ニュースレター No.15

## 東海学生会会員にひとこと!!



豊田工業大学 准教授  
熊谷 慎也

日本機械学会東海学生会学生員の皆さん、今期東海学生会担当幹事を務めさせていただきます。今期一年間よろしくお願いたします。機械に関連する技術、産業は現在の技術社会の根幹にあり、新たな領域を取り入れて、ますます発展しています。

東海学生会では、東海地区の学生員の皆さんに向けて、様々な行事を実施しています。見学会、講演会などの行事は、最先端の研究、技術に間近に触れることができ、見聞を広める絶好の機会です。卒業研究発表講演会では、多くの発表の中から極めて優れた発表に対して栄誉あるBest Presentation Awardが授与されます。行事の詳細は、東海学生会のホームページに掲載されます(<http://tokai.jsme.or.jp/tsb/index.htm>)。今後もさらに充実したものになりますので、ぜひ一度ご覧下さい。学生会は、学生員の皆さんの声を反映することができます。逆に言えば、皆さんの積極的な参加が不可欠です。誰かにやってもらうといった他人事ではなく、主体性をもって参加し、リーダーシップを発揮して周りを引っ張っていただけたらと思います。こういったことが社会において今後ますます必要とされていくと考えています。容易ではないかもしれませんが、私も全力でサポートしたいと考えております。学生会の活動を通して、他校の学生の方との交流を深め、お互いを切磋琢磨して下さい。そして、近い将来、技術者、研究者として活躍されることを期待しております。

最後になりますが、学生会行事につきましては、学生運営委員、各校の顧問の先生方のご尽力を仰ぎますが、ご協力を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

## 東海学生会委員長挨拶



豊田工業大学 大学院工学研究科 修士1年  
宇都宮 仁

日本機械学会東海学生会の委員長を務めさせていただくことになりました。日本機械学会東海学生会は東海4県の大学・工業高等専門学校17校で構成されており、本年度の委員長校は豊田工業大学、幹事校は岐阜工業高等専門学校、静岡大学、鈴鹿工業高等専門学校、豊田工業高等専門学校、名古屋工業大学となっております。

学生会では学生が主体となり、卒業研究発表講演会、企業見学会、研修会などの活動を行っております。8月に開催される第47回全国学生研修会では、日本航空整備工場や日本原子力研究開発機構の大強度陽子加速器施設J-PARCなどの見学会を予定しております。これらの活動は、より多く、そしてより高度な知識を得る絶好の機会であり、日頃の学習や研究に反映されるものだと思います。加えて、次世代の技術者、研究者としてのあり方を学ぶことができる場であると考えています。

学生会をより活発にし、人とのつながりを広められるよう、学生員の皆様の活動への積極的な参加とご協力をよろしくお願いいたします。私も微力ながらではありますが、学生会の活動のお役に立てるよう精一杯努力してまいります。

最後になりましたが、学生会の運営にご協力いただいております担当幹事、担当商議員、顧問の先生方をはじめ、東海支部の先生方に厚く御礼申し上げますとともに、今後とも変らぬご支援、ご指導を賜りますようよろしくお願い申し上げます。