

# Materials



Materials &amp; Mechanics Division

&amp;

# Mechanics

Newsletter, Materials and Mechanics Division, JSME, No. 36, August, 2012



## 変えてはいけないこと，変えていかななくてはならないこと -第90期の部門長に就任して-

第90期部門長 渋谷 陽二  
大阪大学 大学院工学研究科 機械工学専攻

この度、歴史ある材料力学部門の第90期の部門長を仰せつかりました。身の引き締まる思いで、この一年間皆様とともにこれからの材料力学分野を考えていきたいと思えます。安全性・信頼性の高い日本の工業製品の設計・製造技術の向上に、これまでの材料力学分野の貢献が基軸になったことは言うまでもありません。先人の研究者・技術者の弛まない努力の賜であることにまずは敬意を表したいと思えます。一方、その貢献が大きく過去の膨大な遺産を持つがゆえに、そこから一步でも踏み出した新たな部分に目が行き届かなくなることも事実です。実験力学や計算力学の新たな方法論・評価手法、構造最適化や材料・構造創成の新技术など、従来にない新たな材料力学分野を切り開くことは関係各位の絶え間ない努力により展開されています。外からでは見づらいますが着実に最終製品の健全性を高めているこの継続的な努力の維持と、それを担う材料力学分野の研究者・技術者の継続的な輩出は我々の責務であり、“変えてはいけないこと”と考えています。

しかしその一方で、その活動が大きな“うねり”となつて、学術分野を大きく飛躍させるだけの動きに連動していないことも事実です。個々は最高のものがある一方で、全

体が協調・協同現象として連動しない原因の一つにコミュニケーション不足があると社会科学の分野でも言われています。その学術コミュニケーションを図る場が学会の講演会であることは言うまでもありません。国内会議、国際会議を問わず、通常の講演会からワークショップといった規模の大小に関わらず、そのような場での活発なコミュニケーションの絶対的な量の不足が考えられます。最近の10年間のM&M材料力学カンファレンスでの参加登録人数と講演件数を調べますと、年度によって過不足はありますが、おおよそ参加登録数は450名、そのうち学生の割合は35%程度、講演件数は350件ぐらいです。これを見ると、毎年400名以上の方がM&Mカンファレンスに参加し、そのうちの75%程度の方が何らかの講演をしたこととなります。その前の10年間では70%弱でしたので、講演会に参加するだけの人の割合は減少したと見受けられます。講演し、研究上の主張をすることは大変重要ですので、講演の割合が増加したことは非常に喜ばしいことです。一方で、その講演を聴講し議論をする人も学術コミュニケーションを深める上では同様に必要です。ややもすれば、自分の講演が終わると同時に講演会場を後にしてしま

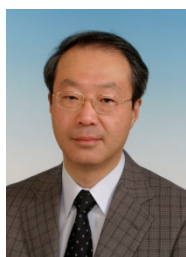
うこともあります。そうすると議論に必要な面々が揃わなくなってしまう。議論を通じたコミュニケーションが、前述しました“うねり”を引き起こすトリガになります。その意識を我々自身が共有することが重要とともに、参加者が少しでも長く滞在する、したくなるようなカンファレンスを企画し工夫することも重要と考えています。

400名以上を超える参加登録者のうち、学界と産業界の割合がどの程度か大変興味深いところですが、残念ながらその詳細なデータはわかりません。ただ、産業界の会員の人が講演会に参加する機会が極端に減っていることをよく耳にします。限られた人員で効率的に管理された職場での出張の制約や、最近の守秘義務により社外発表がしにくくなっている実情はよく理解できます。一方で、大学の研究成果がほとんど製品化・企業化されていない、いわゆる“デスバレー（死の谷）”の問題が大きく顕在化していることは、よくご存知のことと思います。産業界と大学との研究を通じたコミュニケーション不足に、その原因の一端があると思っています。その克服のために、大学内に設置された共同研究のための講座等、新たな産学連携の枠組みが積極的に展開されています。これも、8割はその谷に落ちてしまうとされているシーズと対岸のニーズとの距離を縮める努力の一環と言えるでしょう。材料力学部門では、昨年度から部門長を学界と産業界から交互に選出し、積極的にその垣根を取っ払う試みをスタートしています。

カンファレンスに参加すれば、何かがある、何かを得られる、新たな人・ものに出会える、といった期待感を多くの方がもたれるような内容にするとともに、学術コミュニケーションの場であることを再認識していただければと思います。“講演するから参加する”講演会とともに、“議論をするために参加する”講演会も同様にめざし、そこから次世代の材料力学分野を切り開く“うねり”を見いだしていただきたいと思います。

ふと思うと、以前は大学の廊下でも色々な学術的議論をしていました。フランス語で記述された Augustin L. Cauchy の応力原理の論文“MÉCANIQUE MOLÉCULAIRE - Note sur l'équilibre et les mouvements vibratoires des corps solides”について議論したり、シナジェティクス(Synergetics)、カタストロフ(Catastrophes)といった新たな言葉に魅了されていました。大学では廊下が学術コミュニケーションの場になるように、M&Mカンファレンスを時代に応じた新たな“場”として“変えていかなくてはならないこと”と考えます。引き続き、皆様からのご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

(追伸) 今年の秋頃に、材料力学部門ホームページ(<http://www.jsme.or.jp/mmd>)を一新する予定にしております。新たな情報発信源としてご活用いただきますようお願い申し上げます。



## 部門の役割・使命について

第90期副部門長 川上 崇  
富山県立大学 工学部 機械システム工学科

第90期の材料力学部門の副部門長を仰せつかりました。渋谷部門長の下、さらに活力ある部門となるよう微力を尽くたく存じます。永らく、電機産業において原子力・火力・半導体デバイス・情報通信機器の構造強度設計に携わり、2008年から現職となっております。産業界においては、随分と寸法の異なる製品の強度設計法の開発を経験させていただきました。現在は、公立大学において教育と共同研究に勤しんでおります。

さて、私たちは、2011年3月11日に東日本大震災という未曾有の災害を経験し、多くの人々の生命と財産を失い

ました。さらに大津波に伴う福島第一原発の事故により多くの生活を失いました。被災された皆様、避難されている皆様と悲しみや苦しみを共にし、復興に僅かでも役立てればと願っております。

固体の破壊を扱う材料力学は、あらゆるハードウェア製品の信頼性や安全性の要を担っており、大震災について考えることも多いことと思います。また、最近では機能に力学状態が影響することも多くなっています。では、部門としての役割（使命）は何でしょうか？学会の役割は、“日本機械学会は、技術社会の基幹である機械関連技術に関わ

る技術者、研究者、学生、法人の会員から構成されています。日本機械学会は、講演発表会、講習会、研究分科会などの企画実施、市民フォーラムによる社会の啓蒙活動、国際会議による世界への貢献を活発に行い、会員相互の学術の向上と社会への技術成果の還元をしています。”となっております。これを受ければ部門の役割は、“機械工学の基盤技術である材料力学技術に関わる技術者、研究者、学生の会員から構成されています。材料力学部門は、講演発表会、講習会、研究分科会などの企画実施、市民フォー

ラムによる社会の啓蒙活動、国際会議による世界への貢献を活発に行い、会員相互の学術の向上と社会への技術成果の還元をしています。”となります。諸先輩のご尽力により、ここにある役割は立派に果たせてきております。しかしながら、学会でも東日本大震災調査・提言分科会が活動されており、目指すべき役割として、もう一步踏み込んだ部門の役割を議論していきたいと思っておりますので、ご指導とご鞭撻のほど何卒宜しくお願い申し上げます。

## M&M2012材料力学カンファレンスへのお誘い

<http://www.jsme.or.jp/conference/mmdconf12/index.html>

## M&M2012 実行委員会

2012年9月22日(土)～24日(月)の3日間にわたり愛媛大学城北地区キャンパス(愛媛県松山市文京町3番)において、M&M 2012 材料力学カンファレンスを開催いたします。M&M2011に引き続き、数多くの講演申込みをいただきました。一般セッションに加えて、21のオーガナイズドセッション(OS)において学術講演約400件、ポスターセッションにおいて約40件のご発表を予定しています。今回、いくつかのOSでは基調講演(講演時間30分)が設けられており、より活発なOSでの議論が期待されます。

M&M 2012では特別企画として、市民公開特別講演(岡部永年氏、「産業界におけるモノづくりへの材料力学の貢献」)、産学連携フォーラム(日本技術士会との合同セッション、市民フォーラム)、シンポジウム「カーボンペースト・マテリアルの実用化・産業化への橋渡し」を実施いたします。また新しい企画として、ミニトーク付きのポスターセッション、およびミニトーク付きの機器展示セッションを設けました。さらに、若手研究者によるポスター発表の中で優秀な発表と認められた若手研究者に若手優秀講演フェロー賞、優秀な口頭発表を行った若手研究者に優秀講演賞をそれぞれ授与します。詳しくはwebページをご参照ください。

9月21日(金)には講演会に先駆けて、工場見学会を実施します。今回は帝人株式会社松山事業所と三浦工業株式会社を順に見学します。帝人ではポリエステルの完全循環型リサイクル工場を見学してもらいます。一方、三浦工業ではボイラ組立てラインと水処理機器製造工場を見学します。

今回も例年通り、M&M2012材料力学カンファレンス特集号(ノート限定)を企画しております。投稿論文は審査を経た後、機械学会論文集A編の2013年6月号で刊行される予定ですので、皆様奮ってご投稿ください。

城といで湯の町、松山の皆様にお目にかかれましてを楽しみにしております。多数のご参加をお待ちしております。



## 特集：平成 23 年度 日本機械学会 材料力学部門賞 受賞者の言葉



### 功績賞：原子力機器の構造健全性評価研究とその規格化に関する功績

鹿島 光一  
一般財団法人 電力中央研究所

この度は、平成 23 年度の日本機械学会材料力学部門功績賞を賜り、誠に光栄に存じます。ご推薦をいただきました先生方、並びに審査委員の諸先生方には心から御礼申し上げます。今回の受賞にあたっては、原子力機器の構造健全性評価研究とその規格化に関する功績として評価をいただきました。産業界の実構造物に破壊力学を適用した健全性評価は、学生時代から今日に至るまでのテーマとして長きにわたってとりくんできました。以下、私のこれまでの体験や個人的な意見を述べさせていただきます、また何かのご参考になりましたら幸いです。

私の破壊力学との出会いは、恩師の故宮本博東京大学教授のご指導のもと、大学での研究を開始したことから始まります。昭和 50 年代当時、破壊力学は米国等で急速な発展を遂げ、日本でも学会の講演発表が目白押しであったことを記憶しています。宮本研究室においては、金属組織レベルから実構造物まで様々な破壊の研究が行われ、解析面では、これも当時の新技術であった有限要素法を用いたき裂の解析が行われていました。私に与えられた研究テーマは、三次元有限要素法を用いた表面き裂の解析で、数千枚のカードを持って大型計算機センターにコツコツ通ったことは今でも懐かしい思い出です。

一方、米国では機械学会 (ASME) において、破壊力学を用いた欠陥評価手法を原子力の規格 (ASME Code, Section XI) に取り入れつつあり、新しい学問の成果を直ちに産業界で実用化しようとする米国の意気込みには大変感銘を受けました。

その後は、昭和 51 年に電力中央研究所 (電中研) に就職し、原子力機器の健全性評価の研究に従事することとなりました。当時、日本は高度経済成長時代の直後で、電力需要も多く、原子力発電所の建設が盛んな時代でした。一方で、沸騰水型原子力発電所のステンレス鋼配管に生じた

応力腐食割れ (SCC) が顕在化し、その解決に膨大な研究が行われていました。同時に SCC のような割れを想定した原子力配管の構造健全性評価も重要な課題となり、なかでも LBB 概念 (Leak-before-Break) が大きな関心を集めました。LBB とは、配管内面の表面き裂を想定した場合、き裂が管外面にまで進展し、貫通部からの内部流体漏えいが配管破断に先行する (破断前漏えい) といった概念です。この概念が実際の原子力配管で成立するのかが大きなポイントであり、LBB 研究は世界各国において国家プロジェクトとして実施されました。

我が国でも通産省 (当時) によって LBB 実証試験 (昭和 52~63 年度) が実施され、これを契機に同プロジェクトに参加し、東京大学教授 (当時) 矢川元基先生のご指導のもとで、ステンレス鋼配管や炭素鋼配管の破壊評価手法を開発しました。炭素鋼配管の破壊については、弾塑性破壊力学条件 (J 積分) と極限荷重条件とのいずれかが支配的となり、これらを考慮した新たな評価手法を開発し、LBB 成立性の評価を行いました。なお、こうした評価手法は、その後、日本機械学会の規格 (JSME S ND1-2002、平成 14 年) 等に活用され、また一部国内原子力発電所に対し、LBB 成立性に基づく配管設計が実現しました。

また LBB 研究は国際共同研究としての広がりも見せ、米国原子力規制委員会 (NRC) の提案による IPIRG 国際研究が、昭和 61 年~平成 8 年にかけて世界 15 カ国の参加によって実施され、我が国は電中研が代表として参加しました。同研究では、配管の動的破壊試験や国産大口径配管の破壊試験等が実施され、一部国産配管は米国製配管に比較し、破壊強度上の裕度が大きいことも明らかになりました。

平成の時代に入ると、わが国の原子力発電は、設計・建設の時代から保守・保全の時代へと移り、長期使用機器の

健全性、経年劣化評価の重要性が認識されるようになりました。特に、「検査」、「評価」、「補修」の3つの手順によって供用中原子力機器の安全性を確保する「維持規格」の策定が急務となり、「評価」規定においては、破壊力学等の手法を活用した欠陥評価が行われます。平成11年には学会に発電用設備規格委員会が設置され、下部組織として維持規格分科会が発足しましたが、東京工業大学教授(当時)小林英男先生のご指導に加え、産官学の多くの方々のご協力をいただき、平成22年までの11年間、同分科会主査として維持規格原案の取纏めを推進しました。平成12年には、国内初の維持規格(JSME S NA1-2000)が発刊され、先に述べました米国維持規格(ASME Code, Section XI)の制定から実に30年近くがたち、我が国でもようやく維持規格が完備されるに至りました。学生時代に初めて見たASME規格はまさに畏れ多い「バイブル」のような存在でしたが、今日規格策定の現場に身を置き、改めて時代の変化を痛切に感じるところです。

その後、平成14年にはSCCデータに関する東京電力の不祥事が明るみになり、これを契機として維持規格の必要性が改めて国内で認識され、50数件にわたる講演、執

筆活動等を通じ、社会における同規格の理解と定着に努めてきました。なお、平成15年10月1日に施行された国の「健全性評価制度」においては、日本機械学会維持規格を活用することが認められました。

以上により、破壊力学の研究と学会規格策定等を通じた成果の実用化を図るなかで、多くの皆様方のご助力をいただき、社会に多少なりともお役に立てたのではないかと考えております。また、学会は貴重な機会を提供していただき深く感謝しております。

しかしながら、昨年の東日本大震災に伴う福島第1原子力発電所の事故は、原子力研究に係る者として誠に残念でなりません。原子力に対する意見は様々ですが、機械工学に携わる者として、原子力発電所の一層の安全性確保に向けたさらなる研究を着実に進めることが、今後に課せられた役割と考え、後進の指導に努めて参りたいと思います。終わりにあたり、本部門の若い方々が、材料力学の学術的発展と産業界への貢献の両面において、国内外で一層活躍されることを祈念いたします。



## 功績賞：高温破壊力学、逆問題と非破壊評価の研究に関する発展と啓発および学会の活性化に対する功績

久保 司郎  
大阪大学 大学院工学研究科 機械工学専攻

この度は、歴史と権威のある日本機械学会材料力学部門の功績賞を賜り有難く存じております。また、材料力学部門のニュースレターに寄稿する機会を与えていただき有難うございます。

この機会に、御礼とお詫びとお願いを申し上げます。

まず受賞に関し、ご推薦をいただきました方々、研究に関してご助言、ご協力いただきました方々に篤く御礼申し上げます。私達が進めてきた、破壊力学と逆問題、非破壊評価に関する研究が評価されたものと有難く存じております。

次にお詫びですが、部門賞の件数には登録会員1000名当たり1件という制約があり、私は日頃から、功績賞よりも若手の方を奨励する業績賞の数を増やすようにといっ

ておりました。これに反し、2003年に業績賞をいただきながら、功績賞を受けることになりました。もし小生の受賞が若手の方の業績賞受賞の妨げとなったなら申し訳ありません。

三つ目をお願いですが、功績賞を受けるとそろそろ研究をやめる年になったとも受け取れます。まだ当分は細々ながら研究を続けるつもりですので、温かく見守っていただきたく宜しくお願ひ申し上げます。

ニュースレターに寄稿させていただく機会をいただきましたので、研究を始めた頃の材料力学関係のシンポジウムについて、思い出話をさせていただきたいと思います。

小生が、大阪大学の大路清嗣先生、小倉敬二先生のもとで、高温強度、特にクリープき裂に関する研究を始めたの

は、1971年のことです。当時は Nature に掲載された Siverns らの報告をはじめとして、クリープき裂の成長速度を支配する力学パラメータは何かについて、世界的に議論が進められていました。機械学会の講演会でも討論が活発で、喧々譁々の議論がよくありました。

講演会の中でも印象的だったのは、1974年6月5-7日の3日間、静岡県田方郡函南町の生産性研修会館で開催された日本機械学会第7回シンポジウム「材料力学における非線形問題」です。当時は、材料力学部門などの部門はまだ設立されておらず、このシンポジウムは材料力学部門の前身の材料力学委員会が企画したものでした。会場は市街地から離れているため、参加者は会場に缶詰状態でした。講演件数は全体で19しかなく、1講演あたりの講演時間は25分、討論は10分という贅沢なもので、密度の濃い討論がありました。シンポジウムの討論を中心とした討論内容は、講演論文集 No.740-8 付録に記載されています。

参加者には、東京大学の北川英夫先生、慶応技術大学の国尾 武先生、東京工業大学の坂田 勝先生、東京大学の宮本 博先生をはじめ多くの重鎮の先生がおられました。講演者も東北大学の阿部博之先生、山田大彦先生、谷 順二先生、庄子哲雄先生、原研の幾島 毅氏、日立の日置 進氏、東京大学の返吾一先生、塩谷 義先生、三好俊郎先生、横浜国立大学の白鳥正樹先生、運航訓の西岡利久先生、京都大学の大谷隆一先生、大阪大学の福岡秀和先生、菊川真先生、川崎重工の小畑清和氏という、重鎮から新進気鋭の方々からなる、そうそうたる顔ぶれでした。准員で講演したのは、東北大学の高橋 克氏、川崎重工の湊 章男氏、学生員の肩書きで講演した者は、京都大学の中村貞行氏と当時博士課程2年生であった小生だけだったようです。

このような中で講演する機会を与えていただいたことを有難く思っております。小生の講演は、2日目でした。講演題目は「主としてモードⅢクリープき裂の発生伝播に関する力学的検討」です。研究室内で講演の練習をしてきたのですが、前日練習を試みるとどうしても25分の講

演時間を超過してしまいました。そこで当日は、講演の最初に「内容が多いので、早口で喋ります」と宣言して講演するという失敗をしてしまいました。とはいえ、ある先生から、「クリープき裂の研究は進んでいるのだな」としてもらえたのは嬉しかったです。自分の講演が終わると一気に楽になって、講演後の討論にも参加するようになりました。これも前述の付録に記載されています。

このシンポジウムの醍醐味は、文献や著書でしかお会いしたことのなかった斯界の第一人者の先生方とまる3日間朝から晩までご一緒することができたことです。懇親会の席、談話室での談笑、また講演時間の合間にもお話をお聞きすることができたのは、大きな収穫で、この経験は宝物になっています。

このシンポジウムに続くものは、1978年7月3-5日の3日間、静岡県裾野市の富士教育研修所で開催された日本機械学会第15回シンポジウム「弾塑性破壊力学 -J積分による評価と破壊機構へのアプローチ-」だと思えます。このときの講演件数も20で、1講演あたりの時間は討論を含め35分でした。その次に開催された関連のシンポジウムは、1981年7月20-22日の3日間、同じく静岡県裾野市の富士教育研修所で開催された日本機械学会第20回シンポジウム「材料および構造物の破壊と強度評価」だと思えます。このときには講演件数は49となり、1講演あたりの講演時間は10分で、セッションごとに総合討論が設けられました。この頃から段々忙しくなってきたように思います。

以上のように大路先生、小倉先生のご指導を得て、また多くの先生方からの刺激を得て、研究を進めることができました。高温破壊力学の黎明期に遭遇し、その渦中に身を置きながら、その展開をみることはできたのは、幸運でした。材料力学部門が、若い研究者に刺激を与えるようなシンポジウムや企画を続けられ、それが材料力学分野の発展に繋がることを願い、筆をおきたいと思えます。





## 業績賞：高温非弾性解析技術に関する先駆的研究

猪狩 敏秀

三菱重工株式会社 技術統括本部 長崎研究所

材料力学部門業績賞をいただくこととなり大変光栄に思っております。推薦いただいた方々やこれまでお世話になった材料力学部門の先生方、共同研究者の皆様に厚く御礼申し上げます。

私は学生時代に京都大学の井上達雄先生(現京都大学名誉教授)の下で、高温強度・高温弾塑性力学の分野に取り組んでいたご縁もあり、三菱重工業(株)長崎研究所に入社しました。「熱疲労・熱応力ラチェット」で有名であった山内英和氏や「ボイラ機器の非弾性設計法」で米国機械学会(ASME)原動機賞を受賞した瀬戸口克哉氏などの方の下で、高温強度研究に従事することになりました。

1980年代は高温ガス炉や高速増殖炉など高温原子力機器の開発や、火力発電機器の効率向上のための高温・高圧化など、高温機器の構造信頼性の課題が山積し、また、世界的にも高温非弾性解析技術やそれを用いた寿命評価・構造設計技術が発展していた時期でした。材料力学研究から見ると右肩上がりの時代であったのかもしれませんが。

この時期に、一貫して原動機(火力・原子力)の高温強度研究を行い実機構造物へ展開するとともに、これらの技術をロケットエンジン開発など宇宙分野へも展開してきました。基礎から応用までの「研究ロードマップ」の視点で見ると、「出口」側の製品適用の位置付けです。学会参加・論文発表ができる分野・環境であったことから、定期的な委員会やシンポジウムにも参加し、本音の議論もしました。非弾性構成式・クリープ疲労寿命評価・クリープ損傷シミュレーションの考え方については、高温強度の先生方に助けられました。また、高温構造の非弾性解析や寿命評価の検証という意味では、長崎研究所の高温強度実験技術が支えと成りました。40才あたりまでは自分で研究をまとめましたが、それ以降は方向性を示しながら若手に担当してもらうことで、グループとして研究が継続できたのだと思います。

今回の受賞の対象となった成果は下記の通りです。

(1)「メタル温度 950℃の高温ガス炉熱交換器のクリープ解析法実用化」

550℃程度で使用されるボイラなどに比べて許容応力が1/20程度という従来経験の無い条件のため、構造解析シミュレーションによる健全性予測が求められ、管板の多孔構造を等価中実板に置換えた均質化法クリープ構造解析を初めて実用化し、高温ガス炉(旧原研高温工学試験研究炉HTTR：2004年950℃出力)に適用しました。

(2)「H-IIロケットLE-7エンジン燃焼室の高温強度信頼性確保」

3000℃の燃焼ガスとマイナス200℃の液体水素を隔てる厚さ1mm程度の銅合金製燃焼室隔壁では、大きなメタル温度差により、発生する応力は、ボイラなどの火力発電機器の数倍大きく、材料の降伏点を超えて塑性変形が生じる条件です。当時、実用段階にあった非弾性構造解析を用いて熱疲労寿命を推定することにより、設計要求である「60回の着火で350秒燃焼」に対する成立性を見通しを得ました。(1994年打ち上げ成功)。

(3)「高速増殖炉の液面熱ラチェット変形予測法開発」

原子炉容器の構造設計では、温度分布移動による熱応力のみ(一次応力無し)のラチェット変形(累積変形)が問題となりました。従来のラチェットとは変形メカニズムが異なるため、新たに累積変形予測法を提案し検証しました。(実証炉向け構造設計基準に使用)。

(4)「ボイラ高温配管溶接部のType IVクリープ損傷評価法の開発」

長時間使用すると、配管表面ではなく、最大100mm程度の板厚の内部から、損傷が生じて表面に至るというType IVクリープ損傷に対する未然防止に取り組みました。応力分布を有する溶接継手部において、板厚内部から大きさ10ミクロン程度のクリープポイドが発生・連結するクリープ損傷のシミュレーションおよび最終破断寿命の予測技術を開発しました。

材料力学分野の将来という点で、議論がなされていることは私も承知しております。昨年のM&M2011で、「これぞ材料力学!」というセッションがあり私も企業代表として話題提供を頼まれました。製品信頼性を支える「材料力

学」は企業で役に立っていること、その内の 95%程度は「機械工学便覧など公知化された既存技術の水平展開」であり、残りの 5%は「新規の課題」として学会に情報を求めることなどをお話しました。学会に期待する事の例としては、「新規材料の特性」・「新規シミュレーション」・「限界強度の新知見」・「既存知見の新規応用」などがあり、「実験室（試験片）」と「構造物」を結びつける技術（シミュレーション技術など）には魅力を感じるなどお話をさせていただきました。

以下はその際紹介した私の「思い」（大学の若い先生方への要望）です。

- (1) ロードマップを意識した研究でありたい。
- (2) 基礎研究でも良いが「出口」（最後は誰が有効活用する？）を意識し、ニーズを把握する。想定している分野の産業界キーマンに研究の評価を聞いてみる。「こんなこ

とができないかなどの情報」が入手できれば「現在自分ができること」に加えるべきアイテムが明確になる。

(3) 「材料」・「設計」・「製造」・「検査」など、「製品ニーズに近い他分野」の人たちと情報交換することが有効である。対象は機械学会以外でも良い。

(4) 世界では「Heavy Industry」の技術高度化に組織的に取り組む大学も多い。国内でも「Active」であってほしい。

産業界のキーマンというと身構えてしまいがちですが、私を含めて材料力学部門の、あるいは皆さんの研究室の卒業生がほとんどです。産業界の研究分野のキーマンが育ち、活躍することが材料力学部門の活性化につながると思います。

今回の私の受賞が、産業界のキーマン達の今後の励みになれば幸いです。

## 業績賞：疲労破壊機構の解明に関する独創的研究



中井 善一  
神戸大学 大学院工学研究科 機械工学専攻

材料力学部門より、業績賞を授与されましたこと、誠に光栄に存じます。受賞理由は、「疲労破壊機構の解明に関する独創的研究」でした。金属材料の疲労に関する研究は、200年近く前から行われており、独創的研究は行い難いと思っておられる方も多いでしょう。

疲労研究の歴史を振り返ってみると、金属顕微鏡、電子顕微鏡の発明や X 線の発見とそれによる結晶構造解析法の開発など、新しい観察法が出現すると、研究が大きく前進したように思います。今回の受賞で評価していただいた私の研究の中にも、走査型原子間力顕微鏡や、高輝度放射光による CT 法を用いた疲労き裂の観察が含まれています。走査型原子間力顕微鏡のもとになる走査型トンネル顕微鏡は、Heinrich Rohrer と Gerd Binnig によって開発されましたが、この功績により彼らは、1986年にノーベル物理学賞を受賞しています。また、Godfrey Hounsfield と Allan MacLeod Cormack は CT 技術の開発により、1979年にノーベル生理学・医学賞を受賞しています。我が国における高輝度放射光施設 Spring-8 は 1997年に供

用を開始しています。このような最新の装置を迅速に取り入れることのできる環境にいたことが今回の受賞に繋がったものと思います。

ただし、疲労研究のブレークスルーは、このような観察装置の開発によってもたらされたわけではありません。転位論や破壊力学の理論も疲労研究の発展に大きく寄与しています。疲労き裂伝ばに対して最初に破壊力学を適用したのは、Paul C. Paris(1961年)でした。その後、Wolf Elber が 1970年に crack closure の論文を発表しています。私は 1977年に京都大学の大学院に進学しましたが、田中啓介先生のご指導で、疲労のメカニズムの連続分布転位論によるモデル化と、微小き裂と長いき裂の伝ば挙動の相違を破壊力学と crack closure の観点から説明する研究を行いました。この研究は大成功で、International Journal of Fracture に掲載された "Fatigue Growth Threshold of Small Cracks" は Google Scholar で検索(2012年6月5日)すると 216件引用されているヒット作です。鋭い切欠材における停留き裂の存在や、特異な伝ば挙動も crack



closureによって説明することができました。そのおかげで、1987年度に日本機械学会奨励賞をいただきました。このような成功体験が、私が疲労研究を続けていく原動力になったものと思います。最初にヒット作が生まれると、後は苦しいこともあります。しかし、時々にはいいこともあるものです。1993年度に走査型原子間力顕微鏡を導入することができ、その成果により、1999年度の日本機械学会賞(論文)をいただくことができました。また、Spring-8の産業利用を促進したいとの要望に応え、2004年度から、Spring-8を利用してきました。今回の受賞は2011年度です。12年に一度、日本機械学会よりご褒美をいただいていることとなります。

ところで、Stephen P. Timoshenko 著, "History of the Strength of Materials"によると、1843年より英国土木学会において鉄道車軸の折損について議論が行われていたようですが、当時、鉄道技術者は格式の高い英国土木学会への入会を拒絶され、そのことに不満をもった人たちが1847年に英国機械学会を設立したとのこと。すなわち、材料力学部門、とりわけ疲労研究は、機械工学の生みの親です。疲労研究が益々発展することが材料力学部門、

日本機械学会が発展するために必要ではないでしょうか。そのためには、疲労研究者は、疲労のことだけを見ているのではなく、科学技術全般を見渡し、積極的に新しい技術、理論を取り入れていかなくてはなりません。

最後になりましたが、神戸大学に赴任するまで、平修二先生、大谷隆一先生、田中啓介先生、大路清嗣先生、久保司郎先生、Robert P. Wei先生の研究室に所属し、ご指導を受けました。このような多くの高名な先生方の指導を一人の人間が受けることは稀有なことではないでしょうか。非常に幸運であったことを喜んでおります。また、かつて所属した研究室の先輩、同級生、後輩にも立派な研究者になられた方々が多くおられます。これからも、刺激を受け、切磋琢磨して研究を続けていきたいと思っております。また、疲労研究には泥臭い作業も必要ですが、それらは主として配属された学生諸君に担当してもらいました。現在の研究室のスタッフである田中拓准教授、塩澤大輝助教にも研究を手伝っていただくとともに、アイデアを出してもらっています。以上、これまでご指導、ご協力いただいた方々に、感謝申し上げます。



## 業績賞： 計算固体力学、実験力学による材料強度評価の独創的研究

宮崎 則幸

京都大学 大学院工学研究科 機械理工学専攻

このたびは、材料力学部門より業績賞をいただき、大変光栄に存じます。私の専門分野は計算固体力学でしたので計算力学部門を中心に活動し、同部門では部門長を務めるとともに、業績賞、功績賞をいただきましたが、比較的縁の薄かった材料力学部門から業績賞をいただくこととなり、大変感謝しております。大学院進学以来の約40年間の研究生活においてご指導を賜った方々、及び研究にご協力をいただいた方々に感謝の意味を含めて、この40年を振り返ってみたいと思っております。

計算固体力学というものに触れたのは、1972年に東京大学大学院工学系研究科原子力工学専門課程修士課程進学後に培風館から出版されていた Zienkiewicz 教授の "The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics" の邦訳本を勉強したのが最初で

した。修士2年のはじめに矢川元基先生が米国アラバマ大学 Oden 教授の留学先から戻られて先生の指導を受けるようになりました。当時、矢川先生は30才前後の新進気鋭の助教授であり、矢川先生から研究指導を受けた最初の学生の一人でした。有限要素法による非線形解析(クリープ座屈解析)で博士の学位を取りました。

その後、1977年~1983年までの6年間、日本原子力研究所の構造強度研究室(故・宮園昭二郎室長)に籍を置き軽水炉の安全性研究に携わりました。1979年に米国スリーマイル島原子炉の炉心溶融事故が起こったこともあり、同所でも軽水炉の安全性研究が活発に行われた時期でした。構造強度研究室では原子炉配管の疲労強度及び配管破断事故時の高温高圧水噴出に伴う配管の動的挙動の研究に係わり、前者に関連して三次元破壊力学解析、後者に関

連して高温高压水噴出に伴う流体噴出力を熱流体解析コードから推算するとともに、配管の動的挙動の有限要素解析も行いました。

その後、1983年に九州大学工学部化学機械工学科に移りました。化学機械工学科は他大学では化学工学科と呼ばれる場合が多く、メインの学会としては化学工学会がありますが、そこでは固体力学を研究対象とする場合はほとんどなく、研究発表等の学会活動は機械学会の計算力学部門と材料力学部門で行いました。九州大学に移ってからは、原子力関連の研究から離れ、当時大学院生であった現・佐賀大学教授の萩原世也氏と分岐座屈モードを考慮したクリープ座屈解析を、また、現・京都大学准教授の池田徹氏と異種材界面き裂の応力拡大係数解析を行いました。さらに、後者の研究の応用として、電子デバイス実装強度信頼性評価に取り組み、プラスチック電子パッケージの吸湿割れ、電子実装接合部のはく離等に破壊力学を適用して定量的評価手法を提示しました。また、当時、熱流体解析が中心であった電子／光学デバイス用単結晶育成プロセス関連解析において、その品質、生産性の観点からは固体力学、材料強度に関連した研究が重要であるという認識に立ち、結晶異方性を考慮した熱応力解析、転位密度を含んだクリープ構成式を用いた結晶育成過程の転位密度の定量的評価、単結晶の熱応力起因割れ等の解析評価に関する研究を展開し、この分野における世界の研究をリードしました。この研究においては、当時東北大学金属材料研究所で各種単結晶の育成研究を行っていた福田承生教授から大きな示唆を受けました。

機械工学分野とは異なり、化学工学の学生の教育においては材料力学の教育は充分行われていませんでした。そのため、計算固体力学／材料力学分野の研究に対応できない大学院生に対しては複合材料の固体粒子衝突エロージョンに関する研究を行ってもらいました。これは複合材料中の強化材の形態、マトリックス材と強化材との界面強度等の特性がエロージョンに及ぼす影響を実験的に明らかにする研究でした。複合材料に関する研究の主流は材料強度に関するものであり、この種の研究はこれまで体系的に行われていませんでした。近年、複合材料が構造材料として多用されるようになり、複合材料の固体粒子衝突エロージョン挙動も重要になるにつれて、本研究の被引用数も増加しています。

九州大学に21年間在籍した後、2004年に池田助教授とともに研究室を京都大学の機械系に移すことになりました。京都大学において大きく進展した研究は、以下の4つです。(1)異方性異種材界面破壊力学、(2)電子デバイス

の電氣的信頼性評価に関する研究、(3)デジタル画像相関法による微小領域のひずみ計測、(4)水素脆化現象の原子シミュレーションによる検討。

(1)については池田准教授が中心になり、応用数学と固体力学の素養に富んだ永井政貴氏(現・電力中央研究所)らの大学院生の努力により大きく研究が進展し、異方性異種材界面き裂だけでなく、異方性異種材角部の二次元及び三次元の応力拡大係数解析が、機械的負荷だけでなく熱負荷に対して解析できるようになりました。また、通常の弾性体だけでなく圧電材料についても取り扱うことができるようになりました。(2)については社会人博士課程学生として在籍した福岡県工業技術センター機械電子研究所の小金丸正明氏が行った研究であり、応力負荷に伴う電子デバイスの電気特性変動に関する実験を行い、このような電気特性変動を表す物理モデルをデバイスシミュレーターに組み込み、定量的評価を可能にしました。(3)に関する基礎的な研究は博士課程の学生であった宍戸信之氏(現・名古屋工業大学JST-CREST研究員)が行い、光学顕微鏡、走査型共焦点レーザ顕微鏡を用い測定システムを開発し、これらを用いて電子デバイスの微小領域のひずみ測定に適用し、 $50\mu\text{m}$ 程度のバンプ内のひずみ分布の計測に成功しています。(4)の研究に関連して、九州大学／産総研のプロジェクト研究「水素先端科学基礎研究事業」に2006年度～2010年度までの5年間にわたって参加し、水素脆化の素過程として重要な水素原子と転位等の欠陥の相互作用の原子シミュレーションを担当しました。これらの研究を主体的に担ったのは京都大学の私の研究室に所属する松本龍介助教および武富紳也特定助教(現・佐賀大学理工学部准教授)でした。彼らの努力により大きな成果をあげることができたとともに、この研究テーマで、武富特定助教は日本機械学会奨励賞を2011年に、また松本助教は2012年に日本材料学会学術奨励賞を受賞し、若手の人材育成に大きな寄与をすることができました。

このように、これまでの40年間を振り返ると、何か一つの課題を追求してきたというよりは、その時々々の制約条件下(所属した機関、学科等)で、計算固体力学、材料力学という分野に立脚して研究テーマを見いだし、研究を進めてきように思えます。

今回の業績賞を受賞した研究業績をあげることができたのは、上記に名前をあげることができなかった多くの日本原子力研究所の研究者の方々、九州大学、京都大学の大学院生の方々のお陰でもあります。記して感謝の意を表したいと思います。

## M&M2013 材料力学カンファレンス

**M&M2013 実行委員長 服部敏雄 (岐阜大学)**  
**幹事 植松美彦 (岐阜大学)**

2013年10月12日(土)～14日(月)の3日間にわたり、岐阜大学柳戸キャンパス(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)にてM&M2013材料力学カンファレンスが開催されます。

古くは美濃と呼ばれていたこの地を、「岐阜」と命名したのは織田信長と言われており、JR岐阜駅を北側に一步出ますと、名付け親である信長の黄金像が出迎えてくれます。カンファレンスが開催されるその岐阜市は、日本のほぼ中央に位置し、県庁所在地でありながら市内中心部を名水100選に選定されている清流長良川が流れています。また、信長が居を構えた緑豊かな金華山もそびえており、自然豊かな街です。しかし自然の恵みだけではなく、皆様よくご存じのように東海地区は自動車、航空機あるいは工作機械産業の一大集積地であり、それらを支える多くの企業・工場・研究所が岐阜市周辺にもあります。自動車や航空機で利用する複合材料研究を促進するため、ぎふ技術革新センターが2011年に開市に、CFRP研究センターが2012年に岐阜大学に設立され、産学連携の拠点整備も着々と進んでおります。しかしながら、近年、東海地区にある企業でも海外への生産拠点の移転が計画・推進され、産業の空洞化が懸念されております。東海地区だけでなく、日本全体の「ものづくり」を守るためにも、本カンファレンスにおける研究発表、産学連携フォーラム、パネルディスカッション、若手チュートリアル等が、「ものづくり」活性化の一助になればと考えております。是非、多数の皆様のご参加をお待ちしております。

観光に目を向ければ、岐阜市には1300年の歴史を誇る長良川鶺鴒があり、全国では唯一、宮内庁に所属する鶺鴒によって毎年5月11日～10月15日までの期間中、中秋の名月と増水時を除いて毎夜行われます。今回のカンファレンス日程は、鶺鴒期間にもらんで設定させていただきました。ご講演が終わった後に、清流長良川での鶺鴒いもご堪能いただければと思います。なお2012年には長良川うかいミュージアムが開館し、岐阜市が誇る文化資産に触れていただく事もできるようになりました。織田信長ゆかりの岐阜城や川原町など、風情のある町並みも市内に残っております。また、岐阜市は下呂温泉、飛騨高山、白川郷、郡上八幡など岐阜県にある多数の観光名所への足掛かりでもあり、時間があれば小旅行もお楽しみいただけますので、是非岐阜の地へご参集ください。



## 第7回フレッティング疲労国際会議 (ISFF-7) のご案内

ISFF-7 International committee

久保田 祐信

九州大学

2013年4月8日～11日に7th International Symposium on Fretting Fatigue (ISFF-7)がイギリスのオックスフォード大学で開催されます。フレッティングまたはフレッティング疲労に話題を限定した、大変にマニアックな会議ですが、21年目、7回目となりました。この分野に関係する世界の研究者・エンジニアが注目している会議であることの現れではないかと思えます。最近でも、企業から受ける技術相談にはフレッティング疲労に関するものがしばしばあります。研究者に限らず、設計者の方々にもご注目いただき、日本からぜひ多数のご参加を戴きたいと思えます。

ISFFは、最初の会議が1993年にイギリス・シェフィールドにおいてR. B. Waterhouse 先生、K. J. Miller 先生のチェアで開催され、以来、3年に一度のペースで開催されています。日本では2001年に長岡で武藤睦治先生のチェアで開催されました。この会議で注目を集めてきた話題の一つとして、フレッティング疲労試験方法の標準化に関する議論がありますが、日本では世界に先駆けて基準を発行することができました(日本機械学会基準 JSME S 015)。

会議のトピックスは、フレッティング疲労試験法、フレッティング疲労の最新の実験結果、フレッティング摩耗・フレッティング疲労の力学・機構と理論、およびモデリング、アプリケーション、ケーススタディ、コーティング・表面処理などのフレッティング対策などが挙げられていますが、これらに限定されるものではありません。会議で発表された研究は、トライボロジー国際学術特集号への投稿に招待されます。

アブストラクトの提出期限は2012年9月30日です。詳細については会議のホームページ <http://www.isff7.org> をご覧いただければ幸いです。会議のディナー会場はハリポッターの映画で有名な場所のようです。本会議はWOM2013とも近い日程です。トライボロジー分野の研究者の方々、第7回フレッティング疲労国際会議と合わせて世界一周をご計画されてはいかがでしょうか。

## Newsletter, Materials and Mechanics Division, JSME, No. 36

### 目次

1. 変えてはいけないこと、変えていかななくてはならないこと -第90期の部門長に就任して-  
第90期部門長 渋谷 陽二 (大阪大学)
2. 部門の役割・使命について  
第90期副部門長 川上 崇 (富山県立大学)
3. M&M2012材料力学カンファレンスへのお誘い  
M&M2012実行委員会 (愛媛大学)
4. 特集: 平成23年度 日本機械学会 材料力学部門賞 受賞者の言葉  
[功績賞] 原子力機器の構造健全性評価研究とその規格化に関する功績 鹿島 光一 (電力中央研究所)  
[功績賞] 高温破壊力学、逆問題と非破壊評価の研究に関する発展と啓発および学会の活性化に対する功績  
久保 司郎 (大阪大学)  
[業績賞] 高温非弾性解析技術に関する先駆的研究 猪狩 敏秀 (三菱重工株式会社)  
[業績賞] 疲労破壊機構の解明に関する独創的研究 中井 善一 (神戸大学)  
[業績賞] 計算固体力学、実験力学による材料強度評価の独創的研究 宮崎 則幸 (京都大学)
5. M&M 2013 材料力学カンファレンス  
M&M2013 実行委員会 服部 敏雄 (岐阜大学)  
幹事 植松 美彦 (岐阜大学)
6. 第7回フレッティング疲労国際会議 (ISFF-7) のご案内  
久保田 祐信 (九州大学)

### 編集後記

ご多用の所、ご寄稿頂きました皆様方には、心より御礼申し上げます。どうも有難うございました。

広報委員長 平方 寛之 (大阪大学)

一般社団法人日本機械学会材料力学部門ニュースレター No. 36

ニュースレター発行担当広報委員会

平方寛之 (大阪大学)

発行 2012年8月7日

発行者 一般社団法人 日本機械学会材料力学部門 東京都新宿区信濃町 35 番地 信濃町煉瓦館 5F

TEL: 03-5360-3500, FAX: 03-5360-3508, <http://www.jsme.or.jp/mmd/>