

# CRCニュース

## 産学連携共同研究センター

### Collaborative Research Center NEWS No.15



副学長  
**中島 浩衛**

## 生産加工技術と産学連携のすすめ

平成12年4月に発足した産学連携共同研究センターの研究ラボ群の中に、生産技術分野の研究ラボがあり、次の3つのラボから構成されている。すなわち、「先端加工システムラボ」、「プロセスシミュレーションラボ」、および「材料創成・評価ラボ」である。これらのラボでは、「ものづくり技術」の中心的な技術である生産加工技術に関連したキーテクノロジーである材料の加工性、塑性加工法、加工プロセス解析、加工時のトライボロジーなどが、それぞれの専門的な立場から研究課題解決に向けてアプローチされている。

私自身は「先端加工システムラボ」に席を置いて産業界との共同研究を行っている。本学に在籍して7年目となるが、その間、本学の同窓会、学生の就職活動や日頃の学会活動を通じて多くの企業の方々との知友を得ることができた。中部地区は特に自動車関連の製造業の密集地域であると同時に、国内では希に見る非常にレベルの高い生産加工技術の集積地でもある。最初はかなり基礎的な研究課題から研究をスタートしたが、産業界とのパイプが深まるにつれて、取り扱う研究テーマ・課題によって、その成果が、実際の生産技術などに生かすことができる可能性が感じられるようになってきた。それと同時に学部の卒業研究や大学院の修士論文研究などでは、学生自身が産業界の人達と接触する機会もあり、意気込みにも幾分変化が見られるようになった。

産学連携の共同研究の性格に、委託研究と共同研究があるが特に後者の場合、先方から共同研究者が派遣されて実施する場合がある。現在3件ほど実施中であるが、責任も重いけれども研究のスピードは速く、また目標に対する成果も期待できるように思われる。それでは、その企業内で同じことを独自でやったらよいのではないかという疑問が湧いてくるが、その違いとして、企業内にはない「大学のもてる知の固有性」が問われることになる。いわゆる大学から産業界への「知の循環」といわれる本物の「知」を創造できるようになるには、まだ時間がかかるであろう。

先に述べたように、生産加工技術は、特に「ものづくり産業」のメインプロセスであり、この分野の技術開発力の成否が、企業の生産性や競争力に直接影響する分野でもある。わが国の産業の国際競争力は、1993年には世界のトップであったものが、今日では第16位となり下位に低迷しており、その主な原因として次の3つがあるとされている。すなわち第1は社会の構造改革の遅れ、第2は情報関連資本ストックの低さ、そして第3は産官学の連携の遅れであると。失われた10年といわれている間に、米国産業の国際競争力は、世界のトップ座に復権した。そのかげには、ここ数年、米国の産官学の連携はものすごく、国際競争力の強化への大きな貢献があるといわれている。

近隣の私立大学の中では、比較的早く産学連携共同研究センターが発足しており、今後、本学として特色のある産学連携を積極的にすすめることによって、「知の循環」としての大学の新しい使命を果たすと同時に、大学の競争力強化に貢献できることを期待している。

## INDEX

CRCニュース・15号 目次

## 『生産加工技術と情報化』特集号

生産加工技術と産学連携のすすめ  
副学長 中島 浩衛

小森和武助教授  
「塑性加工と数値シミュレーション」  
青山正治教授  
「鋳鉄表面のフラクタル次元解析による腐食評価」  
土田豊教授  
「材料における情報化」

井上孝司講師  
「高硬度材料の切削加工」

CRCからのお知らせ  
共同実験室および産学交流室のご利用について  
第6回リサーチオンキャンパス連絡会本学で開催  
愛知中小企業家同友会と産学交流研究会(仮称)を開催  
展示会のご案内

## 業務メニュー

共同研究・受託研究・奨学寄付金・研究助成金・共同実験室・技術相談・受託試験・インターンシップ・人材育成・知的財産管理

小森 和武 助教授

## 「塑性加工と数値シミュレーション」

一般に材料は弾性または塑性という性質を持つ。ここで、材料に力を加えて、材料の形を変えよう。そして、材料の形を変えた後、材料から力を取り除くことを考えよう。材料が元の形に戻る性質を弾性という。また材料が元の形に戻らない性質を塑性という。材料が元の形に戻らない性質を利用して、元のものとは違うものを作ることを塑性加工という。ここで、塑性加工により実際に物を作ることを考えよう。昔において物を作るために必要とされた手間は、今において物を作るために必要とされる手間とあまり変わらない。

さて、昔のコンピュータの能力は低く、値段は高かった。一方、今のコンピュータの能力は高く、値段は安い。表1に計算機性能のベンチマークテストの結果を示します。この表は、筆者の作成した二千元の連立一次方程式を改訂コレスキー法で解くプログラムを様々な計算機で実行した時の計算時間を示します。この表は、毎年2回程度、日本塑性加工学会塑性力学分科会で配布されています。ちなみに、表において上にある5個の計算機はいわゆるスーパーコンピュータです。表より、パーソナルコンピュータの計算時間がスーパーコンピュータの計算時間に近づきつつあることがわかります。ところで、実際に実験するのではなく、計算機を使って実験することをシミュレーションまたは模擬実験といいます。昔、塑性加工の数値シミュレーションを行うことは非常に大変でした。しかし今、塑性加工の数値シミュレーションを行うことは非常に容易です。

以上より、現在では市販の汎用計算機プログラムを用いて塑性加工の数値シミュレーションが盛んに行われています。しかし、塑性加工は多種多様であり、ある塑性加工の数値シミュレーションを行うために、その塑性加工に特有の数値解析技術が必要とされます。したがって、ある塑性加工専用の計算機プログラムを用いた塑性加工の数値シミュレーションも行われています。例えば、筆者の開発した圧延加工または引抜き加工専用の計算機プログラムは、新日本製鐵、神戸製鋼所、そして大

同特殊鋼等で利用されています。図1に材料を引抜き加工した時に材料内部に周期的に発生する割れを数値シミュレーションした結果を示します。筆者の開発したプログラムは、材料破壊後の亀裂の進展挙動を解析できます。今後、ある塑性加工専用の計算機プログラムを用いた塑性加工の数値シミュレーションがますます盛んに行われることを期待します。



表1 計算機性能のベンチマークテスト

NEC SX-4/64M2(SUPER-UX)	3.9s (阪大 宇都宮)
Fujitsu VPP700E/128(UXP/V)	5.3s (理研 栗山)
Fujitsu VX(UXP/V)	5.6s (NKK 福村)
CRAY C916/12256(UNICOS)	7.0s (東工大 吉野)
Fujitsu VX(UXP/V)	8.3s (川鉄 狩野)
Epsondirect Endeavor Pro-900(Pentium 1.5GHz Win2000)	8.3s (大同工大 小森)
Compaq Alpha station XP1000(Alpha 21264A 667MHz Tru64 Unix)	14.5s (電通大 横内)
Epsondirect Endeavor Pro-600(Pentium3 866MHz Win98)	21.4s (大同工大 小森)
Belair Bel-Port7368S(Athlon 950MHz WinNT4)	22.0s (大特鋼 佐古)
Belair Bel-Port9275MS(Pentium3 800MHz WinNT4)	23.0s (大特鋼 佐古)
DELL Dimension XPST800(Pentium3 800MHz Win98)	24.4s (岐大 山下)
DELL Dimension XPSB733(Pentium3 733MHz Win98)	25.1s (農工大 澤田)
Gateway Performance 800(Pentium3 800MHz Win98)	25.9s (神鋼 串田)

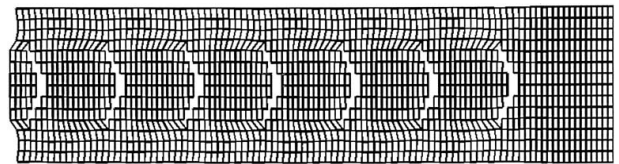


図1.引抜き加工時の材料内部割れの数値シミュレーション

青山 正治 教授

## 「鋳鉄表面のフラクタル次元解析による腐食評価」

金属や合金は、強度・じん性などの優れた諸性質を保持するため、機械構造材料として広く用いられています。しかし、激しい腐食を伴う環境下におかれて、その腐食損耗が生じ、機械構造物等を破壊にまで招くことも多々見られます。このような腐食による経済的な損失は、GNPの数%にも及ぶと云われる調査結果もあり、我が国ではおよそ4兆円を上回ると推定されています。金属材料の腐食による事故対策はもちろんのこと、有限な鉱物資源の枯渇化や腐食損耗対策による浪費等は許されない状況下となりつつあります。したがって、金属材料の腐食・防食の特性を把握することは、重要な課題であり、地球環境への負荷をも低減させることとなります。しかし、腐食・防食に関する課題は、歴史的に多くの経験を踏まえて、防食技術を蓄積して今日に至っていますが、腐食現象は電気化学、金属学、材料工学などの境界領域となって見逃されており、依然として問題解決に至っていません。したがって、金属材料の腐食評価には、高度な専門的知識を必要とし、優れた評価法の開発が重要な課題となっています。

ところで、腐食は、フラクタル性を有していることが指摘されており、フラクタル解析は軽微な腐食の進行過程を評価できる有効な手段と考えられています。そこで私たちの研究

室では、金属表面とりわけ各種金属材料のなかでも耐食性に優れている鋳鉄を選び、その表面腐食の進行過程をデジタル画像処理によるフラクタル解析により、腐食状態や腐食進行における様相の評価手法確立を目指しています。

今回の研究対象材料は、球状黒鉛鋳鉄および耐食合金球状黒鉛鋳鉄です。腐食試験溶液は、濃度 0.1%の硝酸、硫酸及び塩酸水溶液と水道水の4種類で実施しました。これら試験材料の表面腐食の解析は、画像処理装置にデジタル画像として取り込み、画像を2値化、画面間演算などの様々な処理を行い、腐食状態や腐食の進行度をフラクタル次元化して、金属表面の腐食現象を評価しています。



図1は、硝酸水溶液中で浸食試験した試験片を光の三原色(輝度値)に分光したときの経時変化を輝度値の百分率で表したものです。この輝度百分率によって、時間の経過と共に輝度が増減変化する現象を確認することができます。この中で、初期の変化は供試材の表面に変色皮膜が形成されることを表し、次の変化は初期に形成された変色皮膜とは異なる新たな変色皮膜の形成を表していると考えられます。図2は、球状黒鉛鑄鉄の腐食を経時変化とフラクタル次元で示したものです。初期の変色皮膜の形成は、論理和画像(OR)処理が有効ですが、硝酸腐食の場合、論理和画像は3.84ksでフラクタル次元が2次元に達しますが、論理積画像(AND)では7.68ks以降に低下することが確認されています。すなわち、この解析によって、論理積画像は新

たな変色皮膜の形成される時間をとらえるための有効な手段となり得ることが判明しました。

一方、輝度値が低下する部分を抽出した論理和画像(Dark OR)では、論理積画像のフラクタル次元が降下し始める時間から画像をDark ORで画像処理することで、新たな変色皮膜の形成過程を明確にとらえることが可能となりました。この球状黒鉛鑄鉄では、いずれの腐食液においても初期の変色皮膜が2次元近傍でフラクタル次元が飽和し、その後には新たな変色皮膜の形成が始まることを意味しています。

この研究によって鑄鉄表面の腐食状態や腐食形成の過程をフラクタル次元解析により明瞭にできることが明らかになりました。

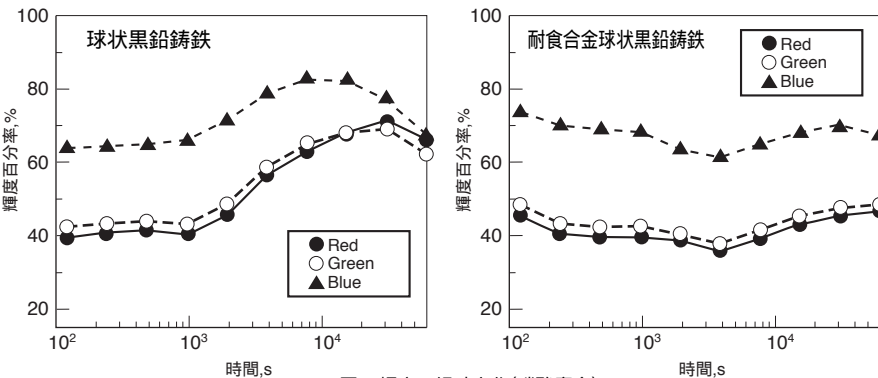


図1. 輝度の経時変化(硝酸腐食)

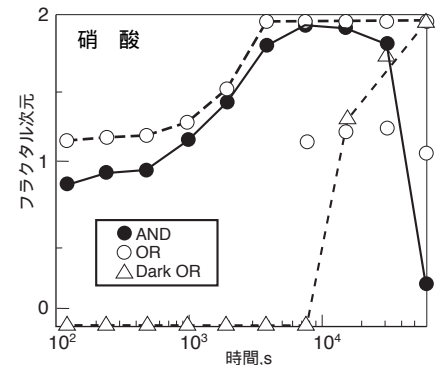


図2. 球状黒鉛鑄鉄の腐食におけるフラクタル次元

土田 豊 教授

## 「材料における情報化」

“IT”とか情報技術とかが騒がれています。e-ビジネスとかネット市場といった言葉から想像されるのが、インターネットに関連するソフト的な技術であろうか。一方、情報技術は更に広い意味合いでも使われ、コンピュータに関連する技術との意味合いも持っています。ここでは、後者の観点から、「材料と情報」について触れてみます。

機械材料の基礎にあるメタラジー(あるいは冶金学)は錬金術に遡るといわれます。現在でも、経験的な指導原理のもと、種々の合金元素を添加し、おまじないのように新材料を作り出しているとも見られがちであり、時により「鼻薬」屋と蔑まれる場合もあります。

一方、金属内の現象が原子のレベルから理論的に取扱われ、数式的に表現されてきました。結晶内の加工硬化、再結晶、析出、変態などが主として自由エネルギーの立場から研究されてきています。しかし、材料内には種々の反応の素過程があり、これらが競合しています。素過程には準安定なものもあります。材料内の不純物に代表されるように、見極めきれない因子が材料の性質を強く変化させる場合もあります。このような理由で、材料の研究者は眼前の現象を解き明かすことに留まっているように感じられます。

コンピュータが身近なものとなり、材料の性質を定量的に表現し、最適化しようとの努力が始まっています。

「材質予測」と呼ばれる分野です。

材料内の素過程を記述する理論式を土台に、実験データにより定量的なものにして行くものです。炭素鋼や比較的単純なNi基合金について、熱間加工後の回復・再結晶挙動の定量的な表現に成功しています。今後、より複雑な成分系や変態・析出などの素過程への展開が望まれます。

以上は材料内の現象とコンピュータとの関係であるが、特に鉄鋼材料の熱処理などの操業面に関しても情報化が進んでいます。複雑形状の部品を焼入れた場合の硬さ分布や焼入れ歪などの正確な予測が、有限要素法などの数値解析により可能となっています。今後、加熱炉内の温度分布や装入量に応じた適切な熱処理条件の選定などにコンピュータの活用を広めていかねばなりません。

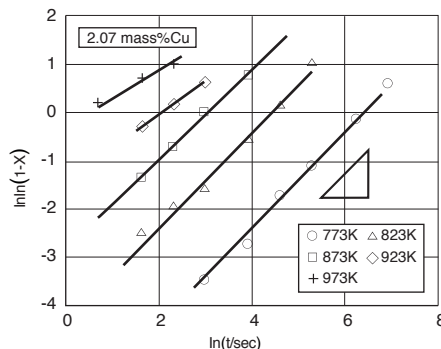


図1 Fe-2.07%Cu合金の時効硬化のアラムプロ

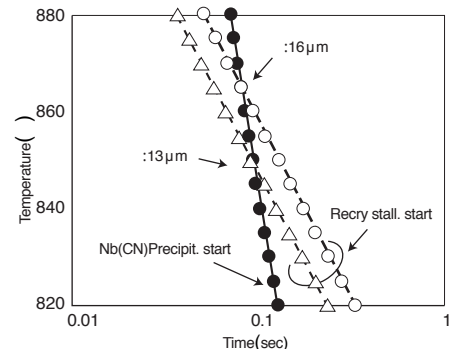


図2 Nbを添加した低合金鋼での熱間加工後の再結晶開始温度への粒径の影響

井上 孝司 講師

## 「高硬度材料の切削加工」



回転部や摺動部などは機械部品の重要な位置を占める場合が多くあります。これらの部品では、耐摩耗性を高める為にHRC 60以上の高硬度に調質された軸受鋼が高精度に機械加工されて利用されています。このような高硬度材料を切削加工する場合、工具の寿命は極端に短くなるばかりか、仕上げ面性状が不安定なものとなるため切削油剤を用いる湿式切削が多用されています。しかし、油剤のミスト化による作業への影響や廃液処理に対する環境問題は、切削加工の難しい材料に対しても湿式から乾式へと、油剤を使用しない方向での切削法を求めています。ところで難削材を乾式で切削加工する場合、普及品とされる切削工具では工具寿命時間が極端に短くなる他に、良好な仕上げ面性状を安定して得ることは容易ではありません。しかも高硬度材のような難削材を機械加工する場合は、仕上げ加工に至るまでに数段階の前加工が施されることが多いのです。この為、乾式による切削加工を行おうとすれば、加工製品の品位の安定化や工具寿命の問題によりCBNやセラミックス工具などの高級工具に頼らざるを得ません。一方、昨今の加工経費に対する低減化要求は一段と厳しく、このような難削材に対しても加工工程の簡略化を求められています。これには、コンピュータ利用による加工条件のインプロセス化が行われてきています。しかし、最適加工条件を設定するには多くの予備実験が必要となるなど依然として問題も多いのです。そこで高硬度である高炭素クロム軸受鋼(SUJ2)をインプロセスで切削加工する場合に必要な工具磨耗に及ぼす影響について行った実験について以下に述べます。

供試材には高炭素クロム軸受鋼(SUJ2)を使い、熱処理法で硬さを同じにしました。そして組織内に析出する炭化物の粒子径を同じに揃え、その粒子間距離が異なる材料4種類と、比較対象材に硬さが同じで炭化物を全く析出していない1種類の合

計5種類の材料を使いました。それぞれの材料に析出する炭化物の粒子間距離は最大が1.31 $\mu$ m、以下0.92 $\mu$ m、0.84 $\mu$ m、最小は0.72 $\mu$ mを使い、切削速度は50m/min、100m/min、150m/minで切削を行いました。

その結果、図1で示すような工具磨耗式を得ました。すなわち、切削速度150m/minでは、 $T_{150}=26D_L+C_{150}$ 。切削速度100m/minでは、 $T_{100}=50D_L+C_{100}$ 。切削速度50m/minでは、 $T_{50}=145D_L+C_{50}$ となり、材料の組織内に析出する炭化物の粒子間隔が狭くなるほど工具寿命時間が短くなることが分かります。この実験式を使えば、限定された条件ではあるが工具寿命を推定することができ、インプロセス制御での加工も可能になります。

(T:工具寿命 D:平均粒子間距離 C:定数)

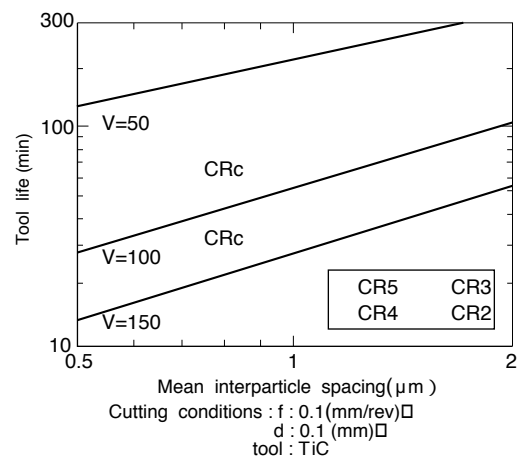


Fig.1 The relationship between tool life and inter- $\square$  particle spacing in material.

## ●●●CRCからのお知らせ●●●

### 共同実験室および産学交流室のご利用について

共同実験室・・・大同特殊鋼殿  
産学交流室・・・愛知中小企業家同友会殿

### 第6回リサーチオンキャンパス連絡会本学で開催

8/10(金)中部経済産業局、愛知県、名古屋市、4私立大学(名城大学、中部大学、愛知工業大学、本学)より18名の出席があり、産学官連携についての活発な討議と本学のご視察がありました。  
主催 / 中部経済産業局

### 愛知中小企業家同友会と産学交流研究会(仮称)を開催

9/10(月)13:00~18:30 於大同工業大学  
講演、本学のご視察等を予定しています。

### お問い合わせ

## 大同工業大学 産学連携共同研究センター リエゾンオフィス

〒457-8530 名古屋市南区滝春町10-3 TEL(052)612-6132 FAX(052)612-5623  
Eメール crc@daido-it.ac.jp ホームページ <http://www.daido-it.ac.jp/>

### 展示会のご案内

#### 「フロンティア21エレクトロニクスショー」

日時 / 平成13年10月24日(水)~27日(土)  
場所 / 名古屋中小企業振興会館(吹上)  
主催 / 中部エレクトロニクス振興会、名古屋市、名古屋商工会議所

#### 「産学交流プラザなごや2001」

日時 / 平成13年10月24日(水)~25日(木)  
場所 / 名古屋中小企業振興会館(吹上)  
主催 / 中部エレクトロニクス振興会、名古屋市、名古屋商工会議所

#### 「特許流通フェア中部2001」

日時 / 平成13年11月20日(火)~21日(水)  
場所 / 名古屋中小企業振興会館(吹上)  
主催 / 特許庁、中部経済産業局