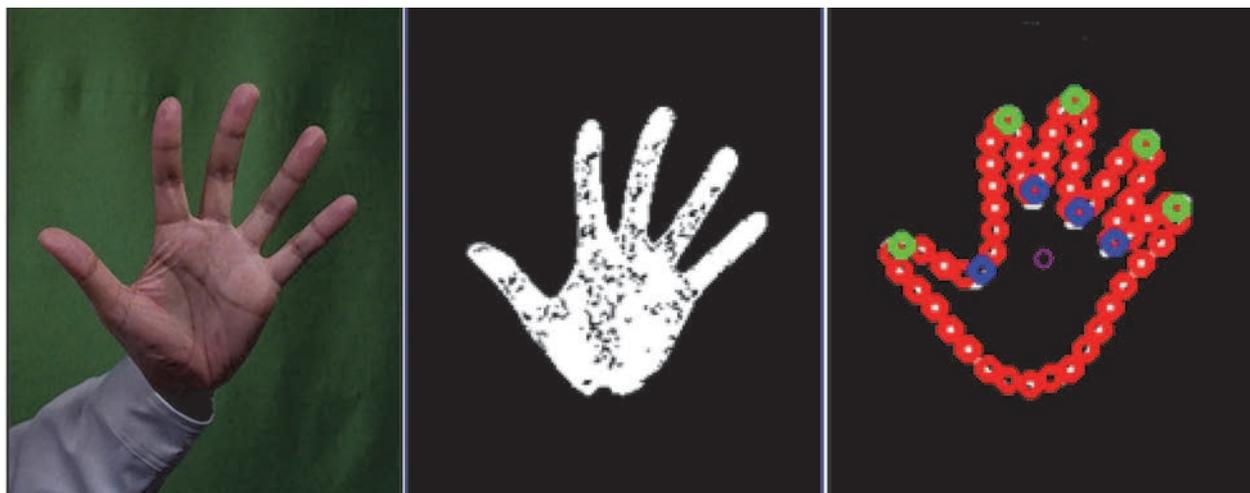


名工研・技術情報 Vol.2 (No.765)

月刊名工研 2015年9月～2016年1月号編集版



画像処理によるジェスチャー認識 (詳しくはP8へ)

目次

特集1 設備・事業紹介 (P2-P4)

- ・ X線回折装置 ((公財)JKA設備拡充補助事業)
- ・ 次世代材料の評価技術の高度化 ((公財)JKA人材育成等補助事業)
- ・ 製品・材料の強度評価試験機器の紹介

特集2 活用事例紹介 (依頼試験、技術相談) (P5-P8)

- ・ 発泡プラスチックの断面と気泡径
- ・ 電気音響変換器の特性比較
- ・ 放熱材料の熱伝導率測定
- ・ 急激な温度変化による劣化試験
- ・ 鋼製部品の破面観察
- ・ 材料の不透明さの測定
- ・ 画像処理によるジェスチャー認識

特集3 トピックス (技術動向・研究解説) (P9-P14)

- ・ マイクロ波・ミリ波の電磁波センシング
- ・ 鋼の硬い・脆い
- ・ 塑性加工シミュレーションにおける硬化則の選択
- ・ 東海無機分析化学研究会の活動 ー共同分析ー
- ・ ナノセルロースの紹介
- ・ FRPの繊維長測定
- ・ 体圧分布の測定



名古屋市工業研究所

特集 1 設備・事業紹介

X線回折装置 ((公財) JKA機械設備拡充補助事業)

(公財) JKAの平成27年度機械設備拡充補助事業により、X線回折装置 (図1) を新規導入しました。

本装置では、試料表面にX線を照射することにより得られる散乱X線の回折現象を利用して、物質の原子・分子の配列状態を観察し、物質を構成している成分を特定することができます。表1に主な仕様を載せましたが、本装置は以下の用途をはじめとして、幅広い分野で扱われる工業材料の分析評価に利用できるオールインワンの多目的分析評価機器です。

表1 主な仕様

- ・ 機器名 : Empyrean
- ・ メーカー : パナリティカル
- ・ X線源 (4 kW)、セラミックス封入型Cu管球
- ・ 水平ゴニオメータ
- ・ Bragg-BrentanoHD光学系
- ・ ダブルクロススリットコリメータ
- ・ 微小部アライメントカメラ
- ・ 3軸クレードルステージ、SAXS/WAXSステージ
- ・ 多次元半導体検出器 (PIXcel^{3D})
- ・ 制御・解析コンピュータシステム、ソフトウェア

【用途】

- ・ 固体、粉末、薄膜材料など、物質の種類や結晶構造の同定
- ・ 薄膜の膜厚測定
- ・ 微小領域に局在した異物の特定
- ・ 液中に分散したナノサイズ粒子の大きさや形状の測定分析
- ・ 試料の残留応力解析



図1 X線回折装置

【測定解析例】

合成した酸化チタン光触媒粉末を本装置で測定して得られたX線回折スペクトルとその解析例を以下に示します。得られたスペクトル (図2、表2) を化合物同定検索用データベース (表3) と照合することにより、合成粉末がアナターズ型酸化チタンと同定できました。本装置は高性能多次元半導体検出器を装備しているため、無反射試料板を用いると、耳かき一杯程度の少ない試料でも、僅か1分という短い時間でスペクトル測定が可能です。

このように、あらゆるニーズに対応できる本装置が、当地域中小企業の技術者の皆様が抱えている材料評価に関わる技術課題の解決にお役に立てれば幸いです。お気軽にご相談ください。

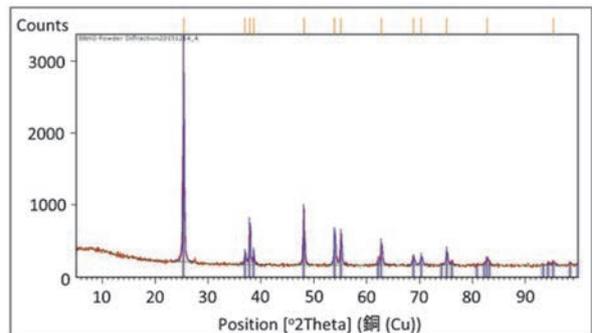


図2 酸化チタン光触媒粉末のX線回折スペクトル

表2 X線回折ピークの数値データ

Pos. [° 2Th.]	NET強度 [cts]	FWHM Left [° 2Th.]	d値 [Å]	相対強度 [%]
25.3347	3075.91	0.2303	3.51560	100.00
36.9583	153.29	0.3070	2.43229	4.98
37.8645	573.15	0.2686	2.37614	18.63
38.6020	199.17	0.1919	2.33242	6.48
48.0672	722.92	0.2303	1.89293	23.50
53.9289	466.67	0.3070	1.70021	15.17
55.1394	405.67	0.2686	1.66571	13.19
62.7608	301.64	0.3838	1.48053	9.81
68.8397	128.41	0.3838	1.36388	4.17
70.3146	123.95	0.4605	1.33884	4.03
75.1313	194.19	0.3838	1.26452	6.31
82.7766	91.25	0.5373	1.16604	2.97
95.3403	48.53	0.4605	1.04282	1.58

表3 検索用データベース

表示	リファレンスコード	スコア	化合物名	変位置 [° 2Th.]	スケールファクター	化学公式
*	01-084-1286	94	Titanium Oxide	-0.026	1.003	TiO ₂

(環境技術研究室 小野さとみ)
TEL (052) 654-9855

特集 1 設備・事業紹介

次世代材料の評価技術の高度化 ((公財)JKA人材育成等補助事業)

当所では平成27年度に「次世代材料の評価技術の高度化」に関する事業を実施しています。本事業は次世代材料の代表であるCFRP(炭素繊維強化プラスチック)や種々の金属材料に発生したクラック等の欠陥の検出に関する研修や講習会等を行って人材育成することを目的としています。

今回、(公財)JKAの補助を受けて、本事業の推進に必要な機器として超音波探傷器を導入しました。本機器は試験体に超音波を発信し、欠陥部から反射された反射波を捉えて画面に表示することにより、材料内部の目視では分からない欠陥の位置や大きさ等の情報を非破壊で得ることができます。



図1 超音波探傷器の外観



図2 人材育成研修の様子

本機器は一般探傷機能の他、フェイズドアレイ機能を搭載しているという特徴があります。フェイズドアレイとは小さく分割された振動子を密に並べて、それぞれの振動子から発信される超音波の位相を変えて試験体中を伝わる超音波ビームを変化させる技術のことです。(図3)

フェイズドアレイではBスコープ(断面表示)で試験体内にあるきずを確認することができます。また、CFRPの破壊の主な要因である層間剥離の検出の用途にも適用が期待できます。お気軽にご相談ください。

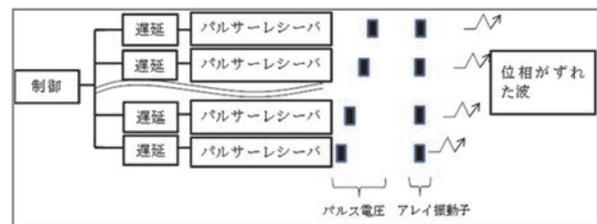


図3 フェイズドアレイのイメージ図

表1 主な仕様

機種名	Phasor XS 16/64
メーカー	GEセンシング&インスペクション・テクノロジーズ株式会社
探傷機能	一般探傷及びフェイズドアレイ探傷
画像出力	深さ方向表示(Aスコープ) 断面表示(Bスコープ) 平面表示(トップビュー、Cスコープ)
音速	1000~16000m/s
帯域幅	0.5~10MHz
フェイズドアレイ探触子	探触子5MHz、10MHz
一般探触子	2MHz、5MHzの垂直探触子及び 5MHzの斜角探触子

(製品技術研究室 深谷 聡)

TEL (052)654-9859

特集 1 設備・事業紹介

製品・材料の強度評価試験機器の紹介

《金属製品・材料の引張、圧縮、曲げ》

- オートグラフ AG-250kNplus
(H25 導入、株島津製作所製)



【仕様】

- ・最大試験力 250 kN
(試験力精度 500 Nレンジで $\pm 0.1\%$ 以内)
- ・各種金属材料の引張強度、伸び、耐力の測定。
- ・任意ストローク及び荷重制御試験が可能。

【その他対応機器】

- オートグラフ AG-50 TB
(H1 日自振補助導入*) (株島津製作所製)
・ $\phi 150\text{mm}$ までの圧縮可能。支点間距離100mm
までの3点曲げ可能。
 - オートグラフ KGN-50
(H11 日自振補助導入*) (株島津製作所製)
・50 kNまでの各種素材の引張・圧縮・曲げ特性
を評価可能
- *日自振補助:日本自転車振興会(現:(公財)JKA)
の設備補助事業にて導入

《プラスチック製品・材料の引張、圧縮、曲げ》

- インストロン5582
(H18 導入、インストロン社製)



- ・最大試験力 100 kN
(試験力精度 100 Nレンジで $\pm 0.1\%$ 以内)
- ・各種プラスチック材料の引張強度、伸び、耐力の測定。
- ・非接触のび計による評価可能。

《繊維製品・材料の引張、圧縮、曲げ》

- オートグラフDCS-500
(S57 導入、株島津製作所製)
・50 N用ロードセル有り。各種繊維や袋および
フィルム等の引張試験に対応。

(製品技術研究室 児島 澄人)
TEL (052)654-9861

特集 2 活用事例紹介（依頼試験、技術相談）

発泡プラスチックの断面と気泡径

連続気泡の集合体である軟質ポリウレタンフォームの断面観察から気泡径、気泡分布を求めたいとの相談を受けました。軟質ポリウレタンフォームの小片を二液型のポリエステル樹脂に埋め込み、真空中で脱泡した後、60℃に24時間以上おいて固めました。その後、サンドペーパー、バフ研磨をした面を光学顕微鏡で写真撮影したところ、スケルトン（骨格）と呼ばれる固体部と残りの90%以上である気体部が明確に区分でき、スケルトンが気体である気泡を取り囲んでおり、気泡の大きさに分布があることがわかりました。次に、二次元気泡径の分布を明らかにする目的で、多くの断面写真からデジタイザにより気泡の外周の座標を読み取って気泡の面積を求め、気泡を円として気泡径を算出しました。そして、直径0.15mm間隔で気泡の大きさの分類を行って気泡個数分布を明らかにし、それぞれの区間の気泡面積の合計を全体の気泡面積で割った割合を面積分率として、面積分率

分布を計算しました。気泡分布は三角形分布を示し、ピークは気泡径の大きい方へ少しよっていることがわかりました。

切断円からの気泡の径を平均した平均気泡径、気泡の面積の合計を気泡個数の合計で割った気泡の平均面積から気泡径を算出した面積平均気泡径、及び面積分率を気泡径の小さい方から累積していき、累積面積分率が50%になる時の気泡径である面積分率中央値によって気泡径を求めると、平均気泡径、面積平均気泡径、面積分率中央値の順に大きくなり、最大で0.1mmの違いがあることがわかりました。以上のように気泡断面から気泡分布、気泡径が明らかになり、他の物性値との比較を行うことができました。連続気泡の発泡プラスチックに関して、当研究室にお気軽にご相談ください。

（計測技術研究室 足立 廣正）

TEL (052)654-9864

電気音響変換器の特性比較

コミュニケーションツールとしての利用を想定した電気音響変換器の特性比較について相談を受けました。当該変換器は、音波を固体等へ伝搬させる機能を有するもので、その構造の違いや個々のばらつきにより、伝搬させる能力がどの程度異なるのかを周波数毎に把握したいとのことでした。

詳しく伺うと、当該変換器の性能評価は専用の装置を使えば正確に行えることがわかりました。しかし同装置を使った測定は設備の関係で残念ながら当所では実施が困難でした。

音波を空气中に放射する一般的なスピーカの場合、音圧-周波数特性は、例えばJIS規格では無響室内で測定された基準軸上1mの音圧レベルとして規定されますが、当該変換器の場合音波を固体中へ伝搬させるものであるため、スピーカのような測定方法は採用できません。そこで変換器を取り付けるための器具を相談者に作製して頂き、その器具から放射される音圧レ

ベルを測定することで、特定の条件下での相対的な比較を試みることにしました。即ち当所簡易無響室内に同器具を設置し、音響信号の周波数を変えながら変換器に印加し、その際器具から発生する音を一定距離で測定するというものです。なお無響室は音の反射が少なくなるように壁や天井等を吸音性に仕上げた音響実験室です。

以上のような測定により、当該変換器はその構造により、ある周波数域で音響信号を固体中へ伝搬させる能力に差があると考えられることなどがわかりました。この事例のように必ずしも規格等に沿った測定法でなくとも、特性をある程度把握できる場合もありますので、音響計測に関してお困りの場合はお気軽にお問い合わせください。

（計測技術研究室 奥村 陽三）

TEL (052)654-9927

特集 2 活用事例紹介（依頼試験、技術相談）

放熱材料の熱伝導率測定

近年、電子技術の高性能化による熱の問題が多く発生しています。それらを解決するために、放熱材の開発や、熱設計が必須となっています。その際、重要になるのが熱伝導率(W/(m·K))という物性値です。当所にも熱伝導率測定に関する問い合わせを多数いただいています。特に多いのは、樹脂材料に熱伝導率の高いフィラーを添加した放熱材に関するものです。熱伝導率は使用したフィラーの種類や、割合、形状、充填方法などによって異なってきます。そのため、実際に作製した材料を測定して、熱伝導率を求める必要があります。熱伝導率は、密度(kg/m³)・熱拡散率(m²/s)・比熱容量(J/(kg·K))を測定して求めることができます。

当所ではフラッシュ法を使用して熱拡散率や比熱容量を求めることができます。図1はキセノンフラッシュ装置による測定例です。

また、示差走査熱量計(DSC)を使った比熱容量の測定も行っています。

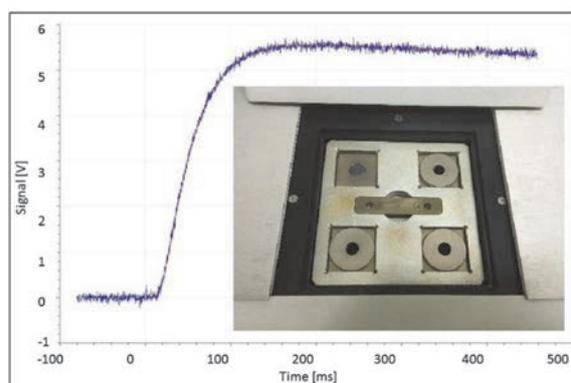


図1 キセノンフラッシュ装置にセッティングした試料と温度上昇曲線の例

これらの装置を使用し、金属や放熱材料から断熱材まで幅広い熱伝導率を有する材料の測定が可能です。各種材料の熱物性測定のご相談がある場合は、お気軽にお尋ねください。

(計測技術研究室 間瀬 剛)

TEL (052)654-9946

急激な温度変化による劣化試験

製品の温度による劣化原因として、単純な高温または低温によるもの、湿度に関係するもの、温度変化によるものなどが考えられます。ここでは、急激な温度変化による劣化試験についてご紹介します。

電子回路基板等の試料を急激な温度変化にさらすことで、熱膨張係数が異なる材料の接合面での膨張・収縮による劣化を加速することができます。当所の冷熱衝撃装置は、図1のように、高温槽・試験槽・低温槽を備え、試料を設置した試験槽と、高温槽または低温槽間の仕切りの開閉・送風循環で試験槽温度を切り替えます。試料の熱容量などにもよりますが、温度の変化から安定までを5分程度で実現します。図2は、試験結果の一例で、電子回路基板のはんだ部に発生したクラックの様子です(中部エレクトロニクス振興会 技術委員会 第4分科会にて実施)。温度条件は、-40℃/125℃(各30分)で3

千サイクル実施しました。このように、断面観察と組み合わせることで、冷熱衝撃によるはんだの劣化を調べることができます。鉛フリーはんだへの移行のきっかけとなった2006年7月のRoHS指令から10年近くが経ち、近年、銀含有量を減らした低銀はんだも注目されております。はんだ組成や実装方法による、実装後の信頼性評価などに用いることができます。

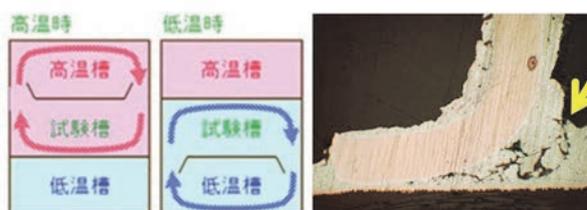


図1 試験装置の概略 図2 はんだのクラック

(電子技術研究室 村瀬 真)

TEL (052)654-9930

特集 2 活用事例紹介（依頼試験、技術相談）

鋼製部品の破面観察

鋼製の機械部品がどのような壊れ方をしたか調べてほしいという依頼があり、破断面の観察を実施しました。材料はクロムモリブデン鋼SCM435とのことでした。

破断した箇所の断面は円筒状で、段付き部でほぼ平坦に破断面が生じていました。破断面を巨視的に観察すると、図1のように貝殻状模様（ビーチマーク）が観察できました。

貝殻状模様が現れていれば疲労破壊の可能性が高いのですが、応力腐食割れ等によっても状況次第で類似の模様が形成されるとの指摘があることから、電子顕微鏡を用いた微視的な観察も併せて行いました。

破面の特徴から、き裂発生起点は図1のAの箇所と推測され、B領域には図2のようなストライエーション状模様が観察されました。C領域は最終破断部で、延性破壊の特徴であるディンプル模様が認められました（図3）。

観察結果より、本品は一方向の繰り返し負荷により図1の矢印のようにき裂進展して疲労破壊したものと推測されます。このようなときは、形状を変更するなどして応力が疲労限を下回るような条件で使用すれば、疲労破壊を回避することができると考えられます。

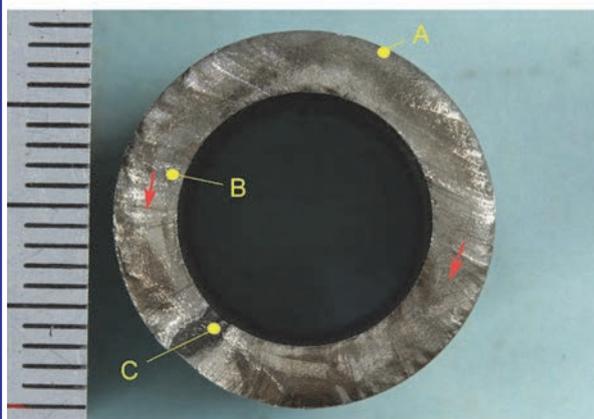


図1 破断面の貝殻状模様（ビーチマーク）

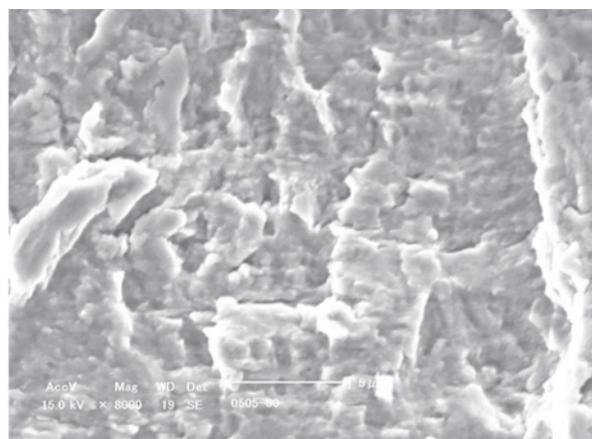


図2 B領域破面のストライエーション状模様

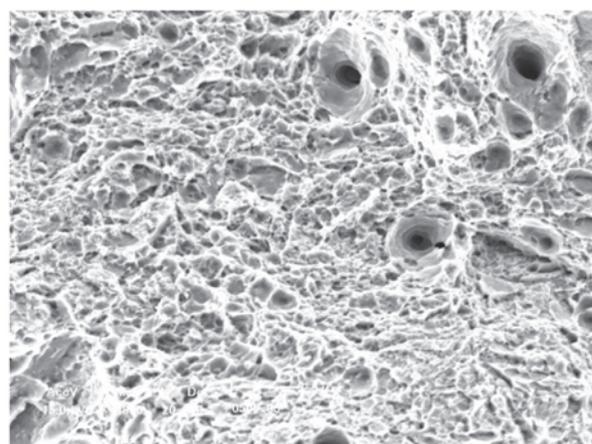


図3 C領域破面のディンプル模様

本品は段付き部の応力集中箇所を起点とした疲労破壊でしたが、きずや材料欠陥を起点として疲労き裂が進む場合もあります。その他に、不適切な熱処理による焼戻し脆化や不純物元素の影響とされる低温脆化が原因の脆性破壊、腐食環境下で発生する応力腐食割れなど、破断の原因は様々です。

当所ではこのような破断面観察を承る他、自社で観察された結果に対する技術相談にも対応しておりますので、お気軽にお問い合わせ下さい。

（製品技術研究室 夏目 勝之）

TEL (052)654-9849

特集2 活用事例紹介（依頼試験、技術相談）

材料の不透明さの測定

あるものが透けて見えるということは、光がその物質を透過するためです。例えば、窓ガラスを通して向こう側の景色を見ることができ、また、外の日光が室内に降り注ぎます。その一方で、障子を通して向こうの景色を見ることはできませんが、障子を閉めても室内には明かりが射します。

この違いは、“どのくらい曇っているか”を評価することにより調べることができ、ヘーズメーターという装置を用いて測定します。これは、サンプルの標準光に対する透過率を求め、ここからヘーズ（曇り度）を計算するものです。

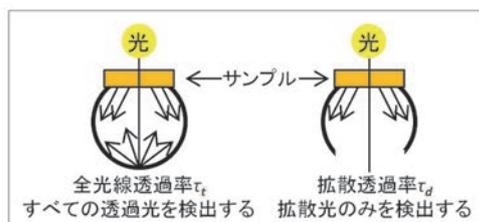


図1 全光線透過率と拡散透過率

図1の要領で全光線透過率 τ_t と拡散透過率 τ_d を求め、その結果からヘーズ(Haze)を以下の式で計算します。

$$\text{Haze} = \tau_d / \tau_t$$

一般に、窓ガラスのような透明なサンプルのヘーズは小さく、障子紙のような不透明なサンプルのヘーズは大きくなります。

当所で保有しているスガ試験機(株)製のヘーズメーター(HZ-V3)では、JIS K 7361およびその関連JISに対応する測定が可能です。また、ヘーズはフィルムや成形体などの固体で測定することが多いですが、溶液での測定も可能であり、様々な状況に対応可能です。

(有機材料研究室 林 英樹)

TEL (052)654-9912

画像処理によるジェスチャー認識

ジェスチャー認識には接触式と非接触式があります。接触式は人に直接センサやデバイスを装着し動作を検出する方式です。一方、非接触式はカメラや距離センサを用いるシステムなどがあります。非接触式の中でも、単眼カメラを用いたシステムは特に安価な入力装置として提案されています。しかし、単眼カメラによるジェスチャー認識を高い精度で行うことは難しいのが現状です。当所では中部エレクトロニクス振興会と共同で、単眼カメラによるジェスチャー認識システムの精度向上のため、画像処理技術の応用に取り組んできました。

カラー画像から手を抽出する場合、色情報を用いて手の範囲を抽出します。一般的なカラー画像における肌色抽出手法では、肌色抽出の精度が十分でなく手領域の識別が困難です。この要因として照明環境や肌の個人差により測定対象となる肌色が一定ではないことが考えられます。そこで、測定環境下で測定対象の人物の顔画像を用いて肌色の閾値を決定し、肌色抽出精

度を向上させました。肌色抽出に加えて、腕の誤抽出や処理速度などの課題に取り組み、ジェスチャー認識システムの精度向上について検討しました。

当所ではジェスチャー認識をはじめとし、画像処理技術を用いたシステム開発の相談に対応しております。お気軽にお問い合わせください。



図1 カメラ撮像



図2 肌色抽出結果

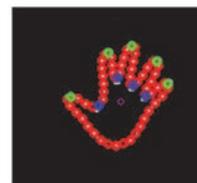


図3 指先・指の股抽出結果

(電子技術研究室 立松 昌)

TEL (052)654-9935

特集3 トピックス（技術動向・研究解説）

マイクロ波・ミリ波の電磁波センシング

電磁波の中でも波長が $100\mu\text{m}$ 以上（周波数が3 THz以下）の電波は、通信を支える重要な技術として1800年代から研究開発が進められ、今では高速情報伝送や宇宙空間への通信も可能となっています。1900年初頭からは、反射波を利用したレーダー応用が開発テーマに加わり、現在ではミリ波が自動車の衝突防止センサーとして身近に使われています。ここでは、マイクロ波とミリ波について、その応用を紹介します。

マイクロ波は波長が $1\sim 10\text{cm}$ （周波数が3 GHzから30GHz）で直進性を持っているので、固定の中継回線、衛星通信、衛星放送や無線LANに利用されています。電子レンジや携帯電話は2 GHz付近の極超短波（300MHzから3 GHz）の電波を用います。広義のマイクロ波では、波長で $1\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ （周波数が300MHzから3 THz以下）の電波を指すこともあり、これらもマイクロ波と言われることもあります。

一方、ミリ波は波長が $1\text{mm}\sim 10\text{mm}$ （周波数が30GHzから300GHz）でマイクロ波よりも強い直進性を持っているため、大容量通信に適していますが、悪天候時には雨や霧による影響を強く受けるため近距離通信への応用が進められています。欧米では60GHz帯が近距離無線通信ネットワークに割り当てられ、家庭内での映像伝送やセキュリティ応用が検討されています。また、自動車衝突防止レーダー等に利用され、我が国では60GHz帯と76GHz帯で車載用ミリ波レーダーの法制化が検討されています。さらに、ミリ波発振器や検出器の開発が進み、システム化が容易になってきたので、イメージング応用が研究されています。可視光に比べてミリ波は透過性があるので、実際に視認できない環境でもイメージングが可能です。例えば火災や煙を透過するので、火災現場でのイメージングセン

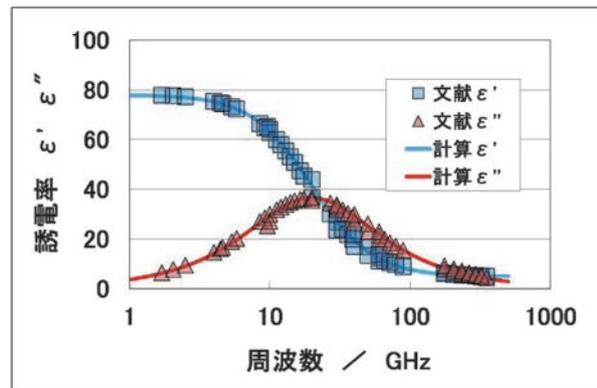


図1 水の複素誘電率の実測値と計算値

シングに使えます。封筒や衣類なども透過するので、セキュリティ対策に応用し、熱輻射によって物体から放射されるミリ波を受信して、薬物や爆発物、銃器などを検出することができます。波長が短いため、空間分解能を小さくすることができる点も利点です。イメージングでは熱輻射のミリ波領域を受信するパッシブ方式と、ミリ波を対象物に照射して反射波を受信するアクティブ方式の両者が、用途に応じて検討されています。

当所においては、マイクロ波を用いた水溶液評価や、路面の検出システム、ミリ波を用いた樹脂の品質評価の研究を行っています。通信やレーダー応用とは異なり、電磁波と物質の相互作用を利用した物性測定領域です。

水と電磁波の相互作用は誘電率を用いて理解できます。図1は複素誘電率の実測値（文献値）と、当所で行った分子構造を考慮した計算値です。両者は一致しており、計算モデルの正しさを示しています。これを基に各種の水溶液との相互作用を予測しながら、センシングへの応用研究を行っています。

（プロジェクト推進室 宮田 康史）

TEL (052) 654-9939

特集3 トピックス（技術動向・研究解説）

鋼の硬い・脆い

通常、鋼は、硬ければ硬いほど高強度です。焼入れただけで焼戻しをしていない場合や、低温焼戻し脆性・高温焼戻し脆性・低温脆性という具合にわざわざ“〇〇脆性”と名付けられた現象が起きている場合は別にして、適切な処理が施された鋼材には硬さと強さの間に相関があります。そのことをよく知った上で、設計者は図面に、強度の代わりに硬さを指定します。この点は、本来、シンプルな話なのです。ところが、当所における技術相談で、「硬ければ脆い」ので、硬さを低めに指定した」ということをしばしば聞きます。これは多くの場合、誤解による設計ミスです。これまで、このような事例が多くありましたので、ここであらためて解説いたします。「強度が高いか低いか」と「変形せずに割れてしまうか、割れずに変形するか」とは、別の話なのです。硬い鋼材は、壊れ方は脆性破壊傾向にあります。一方、柔らかい鋼材は、破断する前に塑性変形します。ただし、柔らかければ低強度なので小さな荷重で塑性変形します。上記の“〇〇脆性”の場合は、小さな荷重で脆く壊れてしまうので、不良として区別されます。

硬さ換算表を見ますと、硬さ55HRCでは引張強さ約2000MPa、45HRCでは約1500MPaとあります。1500MPaの応力がかかった時、45HRC材は破断しますが、55HRC材はまだ弾性域内です。耐疲労で見積もれば、800MPaの繰り返し応力がかかる条件下で、45HRC材では疲労き裂が進展しますが、55HRC材は疲労限未満で平気です。靱性が欲しくて硬さを低く抑えたがゆえに、強度が不足して(その分の断面積を増し加えることもせず)破損した、というパターンも生じます。

もちろん、強度よりも延性を優先させるべき用途は多々あります。公園の鉄棒は、いくら強くても破断するよりは、変形した方が安全です。

他方、金型や多くの機械部品は、割れても塑性変形してもどちらも対等に不可です。バネは硬くするほど弾性変形域が増します。水素脆性のリスクはここでは別問題として、材料力学の話としては、硬いほど機械的耐久性に有利なのです。

焼入れ材の場合、焼戻し温度を考慮することで、より安全な設計ができます。低温焼戻しにおいて、200℃前後で焼戻せば当初の指示硬さを超えるといった場合、焼戻し温度を優先して硬さ指示を変更(設計変更)した方がよい場合が多くあります。図面通りの硬さにするためには250℃以上で焼戻すことになるといった場合、低温焼戻し脆性の危険温度域に近づいてリスクが大きくなり、硬さを低めにしたことが本末転倒となってしまいます。設計部門はあらかじめ熱処理部門に尋ねた方がよいですし、熱処理部門は図面通り無条件に流すのではなく、リスクを見出せば設計部門に変更提案するのが、理想的な連携と言えるでしょう。

硬さと耐摩耗性の関係にも触れます。鋼材の種類により、硬さを保持するメカニズムが異なります。固溶強化や析出強化といった複数の機構があります。S45CやSCMなど機械構造用鋼は、母相(マルテンサイト)で硬さを保持します。SKやSKDなど工具鋼は、主に析出粒子で硬さを保持します。「全体(母相)が均質に450HV(硬さ)」という材料」と「2000HV粒子が350HV母相内に分散して全体平均が450HVという材料」を擦り合わせれば、前者が摩耗して後者が勝つことは、容易にイメージできます。同じ鋼種同士、すなわち、硬さを保持するメカニズムが同じもの同士の場合には、耐摩耗性も、大まかには硬さの順に並びます。

(金属・表面技術研究室 橋井 光弥)

TEL (052)654-9881

特集3 トピックス (技術動向・研究解説)

塑性加工シミュレーションにおける硬化則の選択

鍛造や板成形等の分野において、製品開発の短期化やコスト削減等を目的にCAEによる塑性加工シミュレーションの適用が進んでいます。塑性加工では多くの場合、材料に1.0を超えるような大きなひずみが付与されます。そのため、塑性加工シミュレーションを実施するためには、その領域までを網羅した応力とひずみの関係（一般に変形抵抗曲線と呼びます）をCAEソフトに入力する必要があります。

材料の変形抵抗曲線は、その簡便さから引張試験によって取得されることが多いです。しかし、引張試験では一様伸びを超えるときびれが生じるために、最も伸びのある軟鋼材でもせいぜい0.2~0.3程度までの変形抵抗しか測定することが出来ません。そのため、一様伸びを超える変形抵抗は通常、関数（硬化則と呼びます）による外挿によって求められます。硬化則にはLudwik則、Swift則、Voce則などいくつかの式が提案されています。

ここでは、硬化則の選択が塑性加工シミュレーションの精度に及ぼす影響について検証した事例をご紹介します。図1には5182-H24アルミニウム合金板の引張試験結果（一様伸びの範囲内）と、その引張試験結果からパラメータを同定したSwift則およびVoce則による変形抵抗曲線を示します。一様伸びの範囲内では、どちらの硬化則もほぼ同じ変形抵抗になりますが、一様伸び後では硬化則によって違いが生じてきます。図2には、同じアルミニウム合金板を円筒深絞り成形した際の絞り荷重に関する実験結果と、Swift則及びVoce則それぞれの変形抵抗曲線を用いた深絞り成形シミュレーションの結果を示します。この場合、Voce則を用いたほうが実験の成形荷重に近く、Swift則では、荷重を高めに見積もってしまっていることが分かります。

アルミニウム合金は、ひずみの増加によって加工硬化が飽和する傾向にありますので、Voce

則のほうがその傾向を再現できたためと考えられます。逆に軟鋼板のように加工硬化が多い材料の場合は、Swift則のほうが実際の加工硬化挙動に近いといわれています。

このように、塑性加工シミュレーションの精度を確保するには、対象とする材料により適切な硬化則を選択する必要があります。また、このような検証実験を通じて、選択した硬化則の妥当性を検証することも重要です。

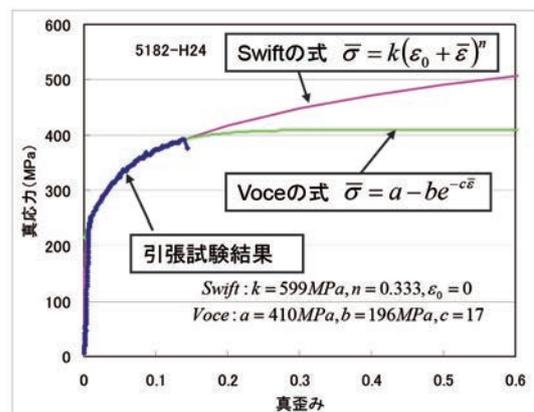


図1 硬化則による変形抵抗曲線の同定結果

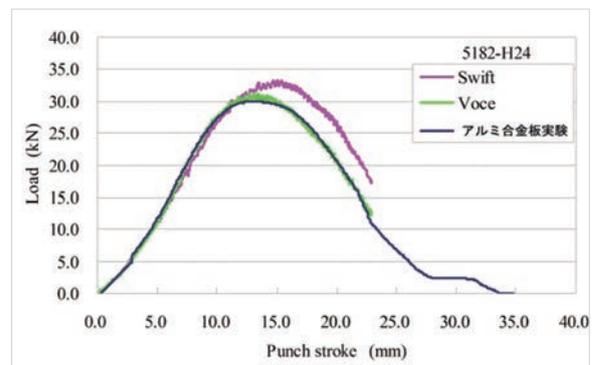
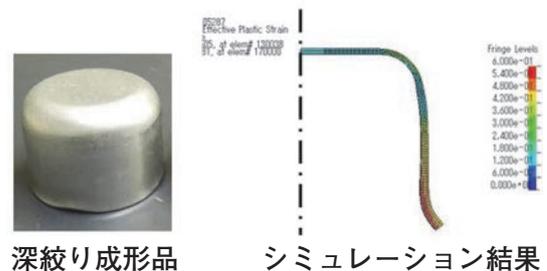


図2 深絞り成形荷重の実験結果と解析結果

(生産システム研究室 村田真伸)

TEL (052)654-9891

特集3 トピックス（技術動向・研究解説）

東海無機分析化学研究会の活動 —共同分析—

金属試料やセラミックス試料の組成および不純物の元素分析において、迅速で操作が簡単なため、蛍光X線分析法や固体発光分析法が用いられることが多くなっています。しかし、これらの機器分析法では、標準物質（真の値と見なされる組成が表示されている物質）を用いての化学的校正が必要です。この標準物質の組成を求めるには、固体試料を何らかの方法で溶液化し、測定することが必要になります。また、良好な定量性が求められる場合も適正な前処理による溶液化が必須です。

固体試料の前処理方法については、各種材料の日本工業規格（JIS）などに記載がある場合もありますが、煩雑で熟練が必要なことも多く、初めから全く失敗をしたことがない人は多くないと思われます。これらの失敗は実はノウハウとして非常に大切ですが、情報として得られることはあまりありません。そこで、共同分析を上手に活用することが重要です。

当所の所内関係団体の1つである東海無機分析化学研究会では、金属、セラミックス、環境の3部会の活動を行っています。金属部会、セラミックス部会はそれぞれ年3回会合を開き、会員機関による共同分析を行っています。この共同分析の特徴は、分析値が平均値から外れたり、分析値の再現性が良くない場合、再分析を行い、適正な値が得られるまで繰り返し報告を行うことです。

ここでは、最近の金属部会の共同分析で話し合われた内容についてご紹介します。鉄鋼のICP発光分光分析法に関するJISG1258が2014年2月20日に改正されました。この改正では、微量成分が適用分析成分として追加されました。例として第一部に追加された成分を表1に示します。共同分析では、この改正を参考にして、微量成分である鉄鋼中のカルシウム、マグネシウムおよびストロンチウムを分析対象項目としました。この中で、カルシウムの第1回目の分析値に大きなばらつきが見られました。

表1 JISG1258第1部に追加された適用成分及び範囲（単位%）

追加成分	Ca	Mg	As	Zr	Zn
定量範囲	0.0005	0.0005	0.001	0.010	0.001
	以上	以上	以上	以上	以上
	0.005	0.011	0.012	0.060	0.005
	以下	以下	以下	以下	以下

その原因について、金属部会内で議論したところ、ベンゼンやエーテルで試料を洗浄することや、石英製のビーカーや時計皿を使用することが必要などの意見が挙がりました。しかし、最も大きな要因は、5C定量ろ紙で測定溶液をろ過することにより、カルシウムが混入することだと推測されました。ろ紙を希釈した塩酸や硝酸で洗浄する方法もありますが、簡便な方法として、ろ過せず上澄み液で測定を行っているところもありました。そこで、ろ過した場合と上澄み液で測定した場合で分析値を比較しました。結果を表2に示します。

この結果より、ろ過することによりカルシウムの分析値が大きくなり、JISG1258の適用範囲内に入る誤差を与えてしまうことがわかりました。

以上は一例ですが、共同分析の場を活用することにより、今後分析依頼で需要が増加すると思われる微量成分の分析に役に立つノウハウを得ることができました。

当所では共同分析結果を名古屋市工業研究所研究報告にまとめていますので、ご参照ください。

表2 前処理方法によるカルシウムの分析値の違い

前処理方法	1回目	2回目
5Cろ過あり	0.00092%	0.00060%
5Cろ過なし(上澄み液)	0.00032%	0.00019%

（環境技術研究室 野々部 恵美子）

TEL (052)654-9919

特集3 トピックス (技術動向・研究解説)

ナノセルロースの紹介

セルロースは地球上で最も多く存在する炭水化物で、木材などの植物の構成物質の1/3を占め、紙の主原料(パルプ)としても知られています。

近年、この材料をナノサイズに解繊したナノセルロースが注目されています。このようなナノレベルの細い繊維は、従来の繊維と比べると、①比表面積が大きいため触媒や吸着剤として優れた効果を発揮する、②分子が整って配列していることから、強度・弾性に優れる、などの性質を持ち、これまでにない新しい機能を持つ素材として期待されています。当所では、企業の方からの依頼や研究の一環で、製紙メーカー等からサンプルを取り寄せたり、異なる植物等からナノセルロースを自作し、いろいろな繊維長・形状のナノセルロースについて、機能素材開発を目指して性質を調べています。

写真1は東京大学で開発されたTEMPO法によりセルロース繊維を化学処理して、さらにミキサーで粉碎したものです。繊維が細かくなると透明で粘稠な状態になり、それを乾燥させる

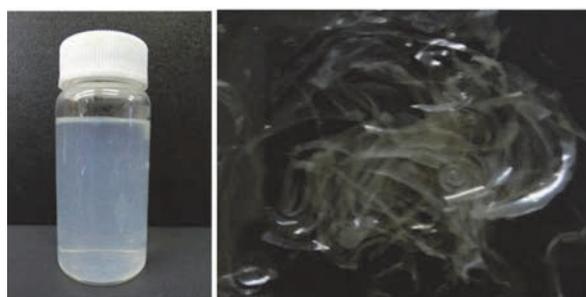


写真1 ナノセルロース懸濁液 (TEMPO酸化+ミキサー処理)

写真2 ナノセルロースを乾燥して得られた透明フィルム

と、写真2のような透明で硬質なフィルム状になります。これを電子顕微鏡で確認すると μm オーダー以下の微細繊維が凝集しているのを確認できます。

今後、これらの関連素材の地域産業への普及に貢献できるような応用開発を目指します。

(有機材料研究室 高木 康雄)

TEL (052)654-9890

FRPの繊維長測定

軽量素材として繊維強化複合プラスチック(FRP)が注目されています。FRPの物性は含有する繊維の長さに大きく影響されます。繊維長が長く高強度・高耐衝撃性の射出成形用FRPペレットが販売されていますが、成形過程における破断により実際の成形品中の繊維長は短くなります。

含有繊維の長さが10mmのFRPペレットを使って作製した射出成形品を強熱して樹脂を熱分解し、抽出した繊維を顕微鏡観察して、質量平均繊維長を算出しました(表1)。計量時の背圧を低く設定した成形品Aでは繊維長が約4mmであるのに対し、背圧を高くした成形品Bは約1mmと短くなっていました。また同一成形品中のゲートより手前(a点)とゲート通過後(b点)で繊維長を比較すると、成形品Bは繊維長が同等であるのに対し、成形品Aはb点の方が、

繊維長が短いことがわかりました。成形品Aのa点とb点における繊維含有率(質量%)を燃焼法で測定したところ同等であったことから、繊維がゲートで詰まったというよりもゲート通過時に折れたと考えられます。

当所ではFRPの繊維長、含有量の測定の他、X線CTを使った配向観察も行なっています。興味をお持ちの方はお気軽にお問い合わせください。

表1 質量平均繊維長 (mm)

観察位置	成形品A (低背圧)	成形品B (高背圧)
a	4.39	1.02
b	3.72	0.96

(有機材料研究室 名倉 あずさ)

TEL (052)654-9950

特集3 トピックス（技術動向・研究解説）

体圧分布の測定

近年、製品を人が使用している状態での評価に関するご相談が多くなってきています。例えば人の体温を維持・調整するような着衣の効果や、着座時の人体に加わる力の程度の評価などが挙げられます。

そのような要望に対して、体圧分散測定装置を昨年度導入し、皆様にご利用頂いています。図のように、圧力の分布を画像で観察することが可能な装置で、椅子の座面や背もたれ、寝具などの評価に適用できます。例えば硬い椅子の場合は力が局所的に集中するため、その部分が赤く表示されますので、人体のそのポイントに加わる力が大きいことが一目でわかります。クッション性能の評価の他、重心位置の検討にもご利用頂けます。更に、一定間隔ごとの連続測定が可能のため、時間経過による変化も観察できます。シートが比較的柔らかいため、例えば人が製品を把持する際の握力・分布の変化の観測や、またはマッサージのように力を加える位置を能動的に動かす様子の取得など、幅広い応用範囲でご利用頂いています。

工業製品においても、使用者への負担軽減など人とモノとの関わりが更に重視されていくことと思います。既存品との比較手法や工学的観点からの評価などについて一緒に検討しますので、お気軽にご相談下さい。



図1 着座時の圧力分布

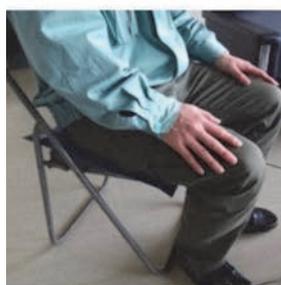


図2 測定時の様子



図3 測定装置部
(感圧シート部)

(電子技術研究室 岩間 由希)

TEL (052)654-9951

名工研・技術情報 Vol.2 (No. 765)

発行日 平成28年2月1日

発行部数 1,200部

無料 特定配布

編集 名古屋市工業研究所支援総括室

月刊名工研2015年9月～2016年1月号編集版

発行 名古屋市工業研究所

名古屋市熱田区六番三丁目4番41号

電話: 052-661-3161 FAX: 052-654-6788

URL: <http://www.nmiri.city.nagoya.jp>

E-mail: kikaku@nmiri.city.nagoya.jp