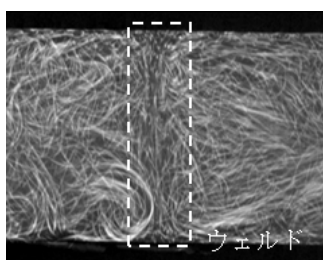
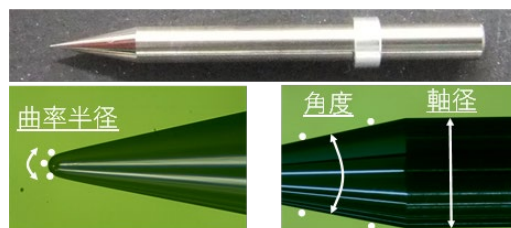


当所では、技術相談や依頼試験等を通し、地域のものづくり中小企業への技術支援に積極的に取り組んでいます。その中で培った知識と支援内容を集めた、技術を紹介いたします。本誌が中小企業の皆様が抱えるさまざまな技術的課題の解決や技術開発の一助となれば幸いです。



溶融樹脂の合流部(ウェルド)のガラス繊維の観察（詳しくは P8 へ）



触針の寸法測定例（詳しくは P7 へ）

目次

分野 1 分析技術（P 2～P 4）

- ・微小領域の成分分析 ～接着剤を例に
- ・X 線光電子分光法による最表面分析
- ・マイクロ波加熱分解装置の使用例（グリス中の金属分析）
- ・SUS304、SUS303 の成分分析について
- ・X 線回折装置を利用した構造・物質の同定

分野 2 材料評価（P 5～P 6）

- ・環境試験室（恒温恒湿室）
- ・ニッケルクロムめっきの耐食性評価
- ・ステンレスの水素脆化現象について
- ・摩擦係数に及ぼす摩擦速度の影響

分野 3 計測および X 線 CT 技術（P 7～P 9）

- ・三次元形状測定（3Dスキャン）
- ・測定顕微鏡による寸法測定
- ・設備・機器の不具合調査と計測
- ・X 線 CT によるプラスチック製品の内部観察
- ・金属製品の X 線 CT 撮影
- ・X 線 CT 装置による電子基板の観察



分野4 振動・音響特性 (P10~P11)

- ・振動試験機による伝達関数測定
- ・振動減衰特性の周波数依存性
- ・音響カメラを用いた音源探査
- ・簡易無響室のご紹介

分野5 電気・電磁・熱特性 (P12~P13)

- ・電気電子機器のイミュニティ試験
- ・オシロスコープによる高周波ノイズの測定
- ・高周波帯域での電子材料特性評価
- ・熱測定・熱解析

分野6 AI 援用とシミュレーション (P14~P15)

- ・AI を用いた異常検知に関する研究
- ・機構-構造の連成解析
- ・電子回路の計算とシミュレーション

☆令和 6 年度新規導入機器の紹介 (P15~P16)

- ・非接触三次元デジタイザ
- ・オシロスコープ/スペクトラムアナライザ

分野1 分析技術

微小領域の成分分析 ～接着剤を例に

当所への技術相談に接着剤の成分を分析したいというご依頼があります。その場合、接着剤そのものを単離または表面にでている状態で赤外線 (IR) 吸収スペクトルを測定し、データベースと照合することにより成分を特定します。今回は、2枚のフィルムやシートを接着している接着剤をそのままの状態で行う例を解説します。通常、接着された状態での内部の分析は不可能です。そこで、フィルムまたはシートの断面を立てた状態でエポキシ樹脂を用いて包埋します。そして、エポキシ樹脂を研磨し、断面を表面に露出します。この状態でイメージングATR測定を行います(図1)。最小ピクセルサイズは $1.56\mu\text{m} \times 1.56\mu\text{m}$ なので、接着層が $2\mu\text{m}$ 以上の厚みがあれば、接着剤の分析が可能です。図2のようにフィルム(A)、基材(B)、接着層のIRスペクトルが個別に得られ、接着層のIRスペクトルは、データベースの検索結果、エチレン・酢酸ビニル共重合体(EVA樹脂)である

ことがわかりました。

この方法は、多層フィルムの成分分析にも応用できます。ご興味のある方はお気軽にご相談ください。

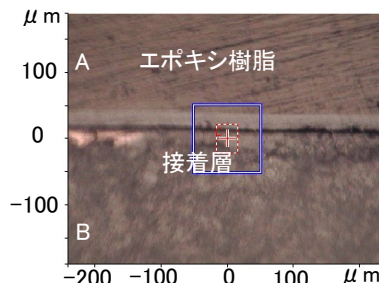


図1 断面の形態画像

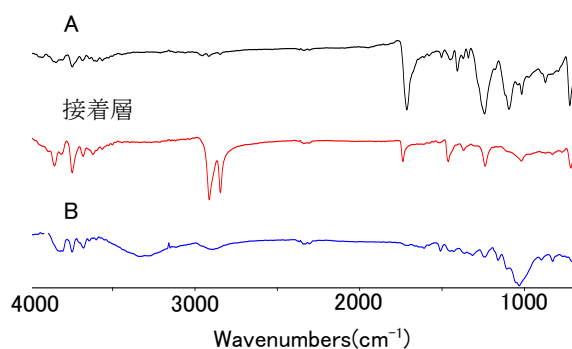


図2 各層のIR スペクトル

(信頼性評価研究室 小田 三都郎)

TEL(052)654-9905

X 線光電子分光法による最表面分析

材料表面の元素分析を行う機器には走査型電子顕微鏡付属のエネルギー分散型 X 線分析装置 (SEM-EDS)、X 線光電子分光法装置(XPS)、蛍光 X 線分析装置(XRF)など、いくつか種類があります。手法によって測定の実理が異なり、どの機器を使用するか検討して分析を行うことが重要です。本稿では XPS について紹介します。

XPSは特定のエネルギーをもつX線を照射し、発生する光電子の運動エネルギーを検出することで、表面深さ数nmの情報を取得することができます。例えば、Ni下地めっき上の装飾Crめっき(膜厚約0.2 μm)を測定した場合、SEM-EDSやXRFでの分析では下地のNiが多く検出されます。これは分析深さがSEM-EDSで1 μm程度、XRFで数十μmの場合もあるためです。一方、XPSでは主にCrとOが検出されます。通常、金属の最表面は酸化しているためです。測定前にイオンスパッタリングを用いれば酸化した表面をエッチングして測定することができます。また図 1 に示すように表面のエッチングと分析を繰

り返すことで深さ方向分析も可能です。

その他の XPS の特徴として、化学状態分析があります。例えば、

ある金属元素のピークから、その金属元素が単体か、酸化物などの化合物の状態かを調べることができます。これは元素が他の元素と結合した際の電子状態の変化から、ピーク位置に変化が生じることを利用するものです。

XPS は極めて表面付近の分析が可能のため、薄いめっきやコーティング、変色などの分析に用いることができます。XPS での測定に興味がありましたら、お気軽にお問い合わせください。

(金属材料研究室 岡東 寿明)

TEL(052)654-9853

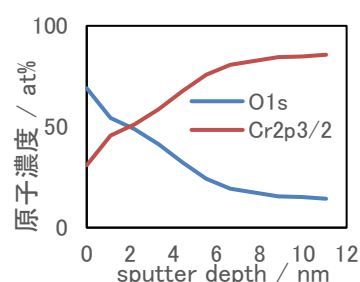


図 1 装飾 Cr めっきの深さ方向分

マイクロ波加熱分解装置の使用例（グリス中の金属分析）

マイクロ波加熱分解装置は試料を分析するための前処理装置です。圧力鍋のような高温高压下で試料を酸分解します。常圧では酸分解が困難な、有機物やセラミックスなども分解・溶液化できるため、そのような試料を誘導結合プラズマ発光分光 (ICP-AES) などで分析可能にします。

ここでは有機物であるグリスの分析例をご紹介します。銅系の部品と鉄系の部品の摺動部で使用されていたグリスについて、使用時間が長いものと短いものの2種類を採取し、それぞれに含まれる元素を比較・評価しました。グリスをサンプリングし、酸とともに密閉容器に入れ、



図 1 グリスの分解・水溶液化

表 1 グリスの分析結果

サンプル	Fe %	Cu %
使用時間短	0.016	0.075
使用時間長	0.489	0.445

マイクロ波加熱分解装置により分解・水溶液化し(図1)、ICP-AESにて鉄と銅の含有量を分析しました。分析結果を表1に示します。使用時間が長くなると鉄と銅がいずれも同程度検出され、両部品がどちらも摩耗し、グリスが汚染されていることがわかりました。

このように、マイクロ波加熱分解装置を活用することで、グリス中の微量成分を分析することが可能となり、部品の摩耗評価や潤滑剤の劣化診断等への応用が期待されます。グリスに限らず、有機物や難分解物中の元素の分析でお困りの際は、ぜひご相談ください。

(表面技術研究室 柴田 信行)

TEL(052)654-9882

SUS304、SUS303 の成分分析について

高周波炉/管状炉切り替え式炭素・硫黄分析装置

は鉄鋼などの炭素及び硫黄の含有量を数ppmの極微量域から数%オーダーまで高精度に分析することができます。試料を燃焼するつばや燃焼ボートに量り取り、酸素気流中の加熱炉で燃焼し、試料中の炭素及び硫黄が酸化されて生成した二酸化炭素及び二酸化硫黄を赤外線検出器により定量します。一般的には金属中の微量炭素・硫黄の定量に使用することが多いですが、有機物等の炭素・硫黄の定量にも利用可能です。

本装置を用いた分析事例として、オーステナイト系ステンレス鋼であるSUS304とSUS303の判別について紹介します。SUS304は耐食性に優れ身近な用途に広く使用されています。一方で、SUS303はリンと硫黄の量が多く、SUS304と比較すると耐食性は劣りますが切削性、加工性に優れています。両者はともに非磁性で外観がよく似ているため、鋼材がSUS304

とSUS303のどちらであるかを確認したいといったご相談をいただくことがあります。このような場合、当該分析装置により硫黄含有量を測定することで、両鋼種の判別が可能です(表1)。

当所では、炭素・硫黄分析装置に加え、蛍光X線分析装置やICP発光分析装置を併用することで、金属材料の主成分から微量成分まで迅速な分析にも対応しております。金属の成分分析に関してお困りごとがございましたら、お気軽にご相談ください。

表1 SUS303 と SUS304 の分析例

鋼種	分析結果		成分規格	
	炭素量	硫黄量	炭素量	硫黄量
SUS304	0.05%	0.011%	<0.08%	<0.030%
SUS303	0.12%	0.23%	<0.15%	>0.15%

※分析試料は市販品

(表面技術研究室 松村 大植)

TEL(052)654-9857

X線回折装置を利用した構造・物質の同定

X線回折装置(XRD)

はX線を利用して物質の結晶構造を解析する装置で、主に物質や構造の同定に使われます。

XRDの測定原理を図1に示します。XRDでは入射X線と検出器の角度を変えながら、試料表面からの散乱X線を観測します。特定の角度では回折現象により強い散乱X線が得られますが、この角度は物質や結晶構造ごとに異なります。そのため得られた散乱X線のピークをデータベースと照合することで、物質や構造を同定することができます。結晶構造が異なると特性も異なる物質がありますが、特にそれらを識別する際にはXRDが活躍します。

例えば、酸化チタン(TiO_2)は用途により適した結晶構造が異なります。ルチル型結晶構造の TiO_2 は他の結晶構造のものに比べ安定で、高い屈折率を持つため白色塗料に向きます。一方、アナターゼ型の TiO_2 は光触媒効果が高く、抗菌

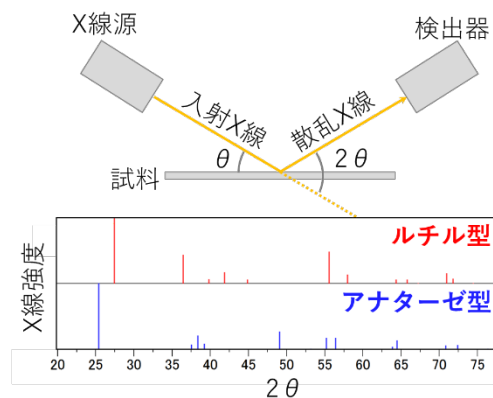


図1 X線回折装置のセットアップ(上)とルチル型、アナターゼ型 TiO_2 のX線のピーク構造(下)

コートに適しています。これらの違いは元素分析では知ることができませんが、XRDで分析すれば図1のように簡単に見分けられます。

製品の結晶構造や含有化合物の分析など、弊所のXRDでお手伝いできることがありましたら、ぜひお気軽にご相談ください。

(表面技術研究室 大島 大介)

TEL(052)654-9872

分野 2 材料評価

環境試験室（恒温恒湿室）

環境試験室（恒温恒湿室）は温度・湿度変化にともなう材料の形状変化や、機械・電子部品などの機能変化を調べるための試験機です。

環境試験室では室内を一定の温湿度雰囲気にして行う試験や、プログラム制御により温湿度を変化させるサイクル試験などが実施可能です。また、室内寸法が大きいので、様々な製品や試験に対応可能です。

表 1 に環境試験室の主な仕様を、図 1 に制御可能な温湿度範囲を示します。これらの範囲内で、さまざまな季節や熱帯・寒冷地域等を模した温度・湿度条件を再現し、製品の信頼性・耐久性試験、動作確認などを実施できます。

具体的な試験条件については、ご相談の上対応させていただきますので、環境試験室（恒温恒湿室）を利用した温湿度試験について関心がありましたら、お気軽にお問い合わせください。

表 1 環境試験室の仕様

メーカー	日立グローバルライフソリューションズ（株）
型式	ER-105HHP-R
室内寸法	W3450×D2550×H2100mm
扉寸法	W1400×H1800mm
温度制御範囲	-30～80℃
湿度制御範囲	10～95%RH

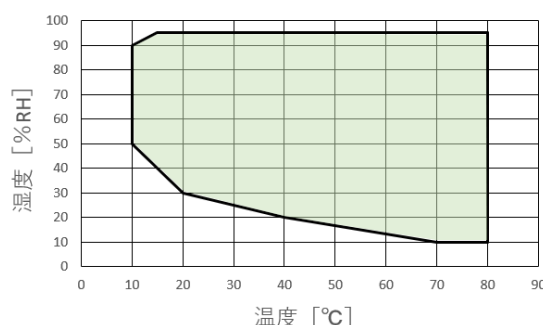


図 1 温湿度制御範囲

（計測技術研究室 安井 望）

TEL(052)654-9906

ニッケル-クロムめっきの耐食性評価

当所では、銅、亜鉛、アルミニウム等の合金素地上にニッケル-クロムめっきが施された水栓器具類の耐食試験を行っています。例えば、浴室や厨房等、湿度の高い屋内環境で使われる部材には、8時間のキャス試験でレイティングナンバ(RN)9以上の耐食性が求められます(JIS H8617 ニッケルめっき及びニッケル-クロムめっき)。

RNとは、腐食の程度を表す指標で、腐食面積率により、0～10で表され、腐食なしの場合はRN10と定められています(JIS Z2371 付属書JC(規定) レイティングナンバ方法)。

腐食面積率(%)は画像解析処理ソフトを用いて試験後の試料画像から算出します。クロムめっき表面には光沢があるため、通常のカメラ撮影では、映り込みの無い画像を得ることができません。そこで、当所では、スキャナーで取り込んだ画像を用いて解析を行っています。図1にRN判定の実施例を示します。この画像での

腐食面積(緑色の部分)率は0.3%と求められ、RN7と判定されます。

但し、スキャナーで画像を取り込むことのできる平坦な評価面がない場合や腐食欠陥部より発生した錆の除去が困難な場合には腐食面積率を正確に求められず、RN判定できない場合があります。その場合、成績書には、「腐食の発生が認められた」などの文面による結果の記載となりますので、あらかじめご了承ください。

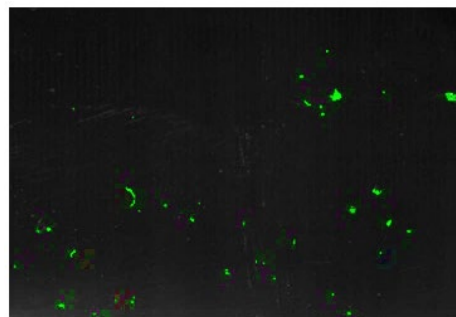


図1 RN 判定の実施例

（信頼性評価研究室 小野 さとみ）

TEL(052)654-9852

ステンレスの水素脆化現象について

水素社会実現のため水素が製品の機械的特性に及ぼす影響の評価が必要となりますが、実環境での試験は困難です。そこで簡便な水素発生法である陰極電解法によって、SUS304の水素脆化現象を確認できたので、ご紹介します。

陰極電解法とは水の電気分解によって、陰極表面で水素が発生することを利用して、試験片に水素を意図的にチャージする方法¹⁾です。水素に耐性があるとされるオーステナイト系ステンレスSUS304に陰極電解法によって24時間の水素チャージを行い、引張試験で機械的性質を比較しました。結果として、水素チャージした試験片ではチャージしていない試験片に比べて延性の低下が見られ(図1)、表面近傍の破断面は擬へき開破面となっていました(図2)。この破断面は福山ら²⁾が示した9.9MPa水素ガス下の水素脆化による破断面と同様の破壊モードとなっていました。

今後は、陰極電解法と高圧水素環境下での水素吸蔵の違いについて検討していきたいと考えています。

陰極電解法による水素脆化試験にご興味がありましたら、お気軽にお問い合わせください。

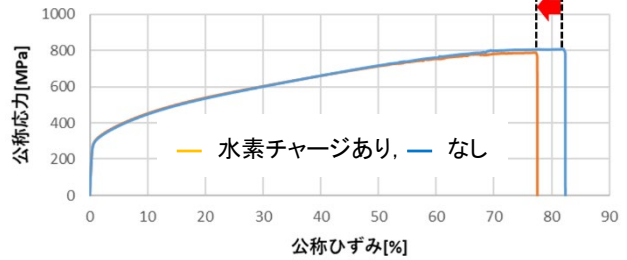


図1 応力-ひずみ線図

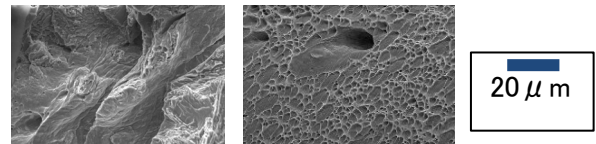


図2 破断面の二次電子像 (左 水素チャージあり, 右 なし)

参考文献

- 1) 南雲道彦「水素脆性の基礎 水素の振るまいと脆化機構」(内田老鶴圃)
- 2) 福山ら「室温高圧水素雰囲気下におけるSUS304の引張挙動」(日本金属学会誌)

(金属材料研究室 杉山 周平)

TEL(052)654-9875

摩擦係数に及ぼす摩擦速度の影響

摩擦係数は摺動部品の安全設計や、製品の滑り性の評価において重要な指標です。摩擦係数には、物体が動き出す瞬間の最大摩擦力から求める静止摩擦係数(μ_s)と、滑っている間の平均摩擦力から求める動摩擦係数(μ_k)があります。

μ_k を求める際は物体を安定して滑らせるため、100mm/min程度の摩擦速度で測定するのが一般的ですが、測定対象によっては条件の調整が必要になることがあります。表1はコピー用紙同士の摩擦係数測定結果です。摩擦速度100mm/minでは μ_k は安定している一方、 μ_s は3回の測定値が大きくばらついていました。このことは、図1(a)のように、摩擦開始直後の摩擦係数の振動が大きく、 μ_s の安定した測定の妨げになっているためと考えられます。摩擦速度を10mm/minとしたところ、摩擦開始直後の挙動が安定し、 μ_s のばらつきが小さくなりました(表1、図1(b))。製品の摩擦特性を評価する際は μ_s か μ_k どちらを評価したいかや、製品の実際の摺動速度などを参考に条件を決めて試験を実施します。お気軽にご相談ください。

表1 コピー用紙同士の摩擦係数測定結果

	100 mm/min		10 mm/min	
	μ_s	μ_k	μ_s	μ_k
1回目	0.53	0.29	0.48	0.34
2回目	0.34	0.28	0.42	0.31
3回目	0.47	0.29	0.43	0.31

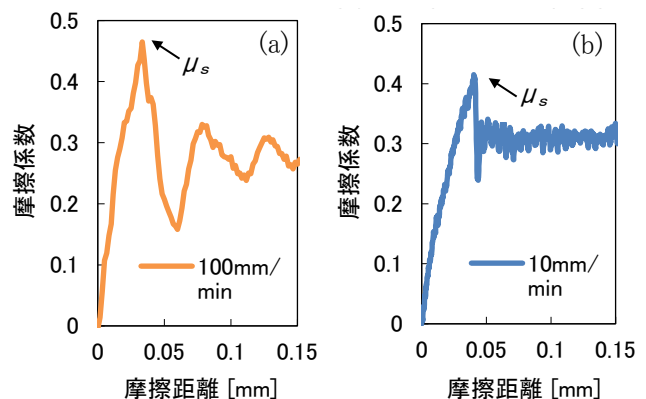


図1 コピー用紙同士の摩擦開始直後における摩擦係数の推移 (a) 100 mm/min、(b) 10 mm/min

(金属材料研究室 林 幸裕、
製品技術研究室 波多野 諒)

TEL(052)654-9986、9954

分野 3 計測およびX線 CT 技術

三次元形状測定（3Dスキャン）

ものづくりにおいて、製品や部品の形状が設計通りに造られているかを確認することは非常に重要です。当所では、[非接触三次元デジタイザ（ATOS III Triple Scan）](#)という大型三次元スキャナーを用いた、形状・寸法測定に関する依頼試験、受託研究を行っております。

非接触三次元デジタイザは光学式の三次元形状測定機で、中央のプロジェクターから発した青色LEDの干渉縞を左右のカメラで撮影して点群データを得ます。様々な角度から撮影し、複数の点群データを貼り合わせることで三次元形状を得ます。異なる焦点距離のレンズを使うことで、30mmから400mm四方程度まで撮影範囲を変更し、大小様々な測定対象の撮影に対応できます。貼り合わせ誤差は0.01mm～0.02mm程度であり、高精度な三次元形状の取得が可能です。

三次元形状データはSTL形式で書き出すことができ、角度・寸法の算出（図1）、形状比較等

の解析が可能です。これらのデータは図面のない部品の寸法確認や、製造方法を変更した際の製品の形状比較等、様々な用途に活用できます。

令和7年1月には新機種を導入しました。三次元形状測定を行いたい製品・部品等がございましたらお気軽にご相談ください。

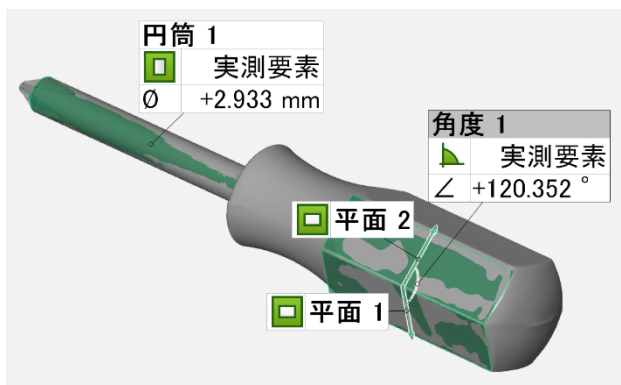


図1 3Dデータの寸法測定例

(生産システム研究室 高木 大治郎)

TEL(052)654-9972

測定顕微鏡による寸法測定

樹脂成形品、金属加工品、電子部品などの各種寸法を効率よく測定するには、三次元形状をデータ化しソフト上で演算する方法が主流となっています。一方で対象物の局所的な寸法であれば、立体形状だけでなく凹凸のない印刷物に対しても、測定顕微鏡（図1）を用いて間隔や角度、円半径など手間をかけずに測定することができます。

測定顕微鏡は載物台に対象物を固定した後、測定したい部分にピントを合わせ、載物台を前後左右に移動させて移動量や相対座標を測定する装置です。図2は輪郭形状測定に使用する触針の各種寸法を測定した例を示しています。軸径は載物台の移動量そのものが測定値となります。曲率半径と角度はそれぞれ3点と4点の測定点から演算装置により各測定値を得ることができます。この触針の場合は、軸径：2.995mm、曲率半径：0.027mm、角度：23.24度でした。

当所にはデジタイザやX線CTなど三次元形状

測定が可能な装置もありますので、目的に沿った装置のご紹介が可能です。お気軽にお問い合わせください。



図1 測定顕微鏡

カウンタ表示能 0.001 mm
載物台移動範囲 225×75 mm
最大測定高さ 100 mm

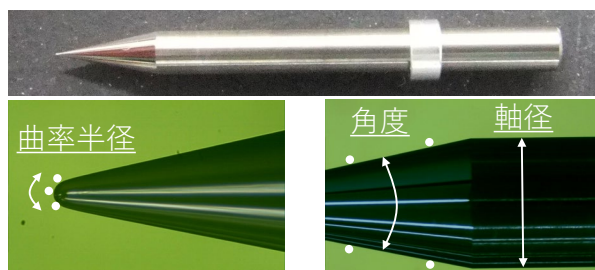


図2 触針の寸法測定例

(信頼性評価研究室 奥田 崇之)

TEL(052)654-9883

設備・機器の不具合調査と計測

当所には生産設備や各種機器類の不具合、破損に関するご相談が持ち込まれます。当事者としてはすぐに対策を取る必要がありますから、想定される原因について第三者の見解を要請される場合がほとんどです。設計者は当然ながら負荷を考慮し壊れないように設計しているので、もちろん「壊れるはずはない」というお立場です。

私たちはその設備や機器についてまずはできるかぎり状況を把握しようと努めます。原因の考察に際しては部外者として「よく知らない」ことが意外と役に立ち、中立的な視点で話を伺い原因を考えると問題点が見えてくる場合が多いです。

原因を特定するには状況の理解と共に、影響のある物理量、あるいは材料の性質などを知る必要も出てきます。そのときは当所の計測器や分析装置を使って測定・分析を試みます。

機械が壊れた場合など、どのような破壊が起こったか、金属疲労なのか大きな力で壊れたか、

材料が脆くなるような現象は起きていないか、などを、例えば軸やボルトの破断面のマクロ観察、電子顕微鏡観察により判別します。

さらに、材料の強度の確認も重要です。鉄鋼材料などでは簡易的に硬さで強度を類推することもできますが、試験片が採取できるなら引張試験を行って強度を直接調べる方法が確実です。

材料が適正かどうか疑われる場合は、金属組織や材料組成を調べることもあります。例えば、応力腐食割れという現象が疑われるときは、影響する化学物質ならびに金属種の特定制を行います。

これらの情報を総合的に判断して、不具合や破損についての私たちの見解をお伝えします。依頼者が全く想定していなかった原因を指摘し解決に至ったこともありますので、困ったことがありましたら一度ご相談ください。

(計測技術研究室 夏目 勝之)

TEL(052)654-9870

X線CTによるプラスチック製品の内部観察

X線CTは物体内部の三次元構造を非破壊で可視化する技術であり、製品内部の観察に利用できます。本稿では、プラスチック製品を観察した事例を紹介します。

・事例1：ボイド（巣、鬆（す））

ボイドは成形時の空気の巻き込み、分解ガスの発生、熱収縮に伴うヒケなどが原因で発生する空孔です。ボイドの生じた箇所は強度が低下し、設計時の想定よりも低い荷重で破壊することがあります。X線CTは任意の位置、方向の断層像を観察できますので、製品中のボイドの位置、大きさ、数などが分かります(図1)。この結果は成形条件の評価、改善に役立ちます。

・事例2：ガラス繊維

プラスチック材料の強化を目的にガラス繊維を添加することがあります。しかし、繊維の方向によって補強効果が異なるという問題があります。特に繊維に垂直な方向にはほとんど強化効果がなく、それが想定外の破壊につながることもあります。

X線CTは繊維の向きも観察できます。図2は溶融樹脂の合流部のCT画像です。この箇所は繊維が画像の縦方向に並んでいるため、横方向の引張強度が低いと予想されます。なお、この例では $\phi 15\mu\text{m}$ のガラス繊維を観察するため、サンプルを数ミリ角に切り出しています。

X線CTはプラスチック製品の他にも鋳造品や電子部品など幅広い製品に対応できます。ご興味のある方はお気軽にお問い合わせください。

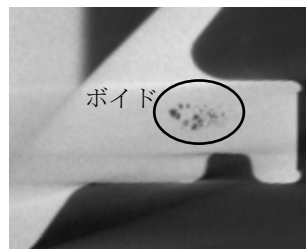


図1 プラスチック製品中のボイドの観察

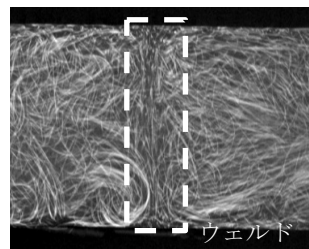


図2 溶融樹脂の合流部(ウェルド)のガラス繊維の観察

(生産システム研究室 名倉 あずさ)

TEL(052)654-9950

金属製品のX線CT撮影

X線CT (TXS-33000FD) は、X線を利用して対象物の三次元の内部画像を非破壊で取得できる装置です。金属製品を対象とした撮影では、溶接部および鋳造品の内部欠陥解析や、製品の内部構造観察の目的で多数利用されています。近年普及し始めている三次元積層造形品の品質確認にも有用な装置です。

ここで、X線が透過できる距離には限界があるため、特に金属製品の撮影において問題になります。本装置の最大透過距離の目安は、「鉄50mm、アルミニウム175mm」です。その他の非鉄金属や合金についても、金属の組成や密度からX線の透過能力を予測することが可能です。透過能力がわかれば個別の試料で適切な撮影条件の見当をつけやすくなります。試料の大きさが透過能力を超える場合は、観察の対象となる箇所を切出すことで鮮明なCT画像を取得できます。

一方、X線の透過能力より大きい試料がすべてCT撮影できないわけではありません。360度

方向からX線を照射する中で、透過距離が透過能力より極端に短い箇所が多い試料では、内部を観察できる場合があります。例として、図1は透過能力を超える長さの試料を撮影したCT画像です。試料(a)は、幅方向（横）からも奥行き方向（縦）からも透過能力の限界長さに近く、表面からあけた穴が不鮮明です。しかし、試料の幅が細くなっている試料(b)では穴がはっきり見えています。

X線CTは金属製品以外に樹脂製品や電子部品などさまざまな製品の撮影も可能です。ご興味のある方はお気軽にお問い合わせください。

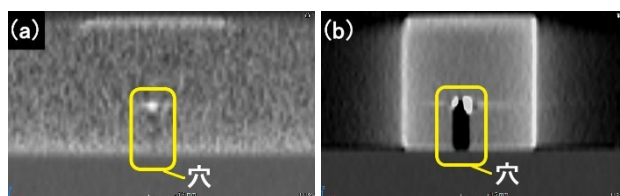


図1 試料の断面縦横比によるCT画像の違い
(a) 5:3、(b) 9:1

(金属材料研究室 川島 寛之)

TEL(052)654-9936

X線CTによる電子基板の観察

X線CTは様々な材質のサンプルを非破壊で観察することができますが、当室では主に電子機器について撮影を担当しています。

当所への電子機器のX線CTによる撮影依頼は不具合品に関する内容が多数を占めます。本稿では電子基板のスルーホール部分におけるはんだの状態観察の事例をご紹介します。

サンプルは図1に示す100mm×100mm基板を選定して基板右上（赤丸部分）のはんだ接合部を観察対象とします。

X線CTには撮影方法として透過とCTの2種類があり、表1にそれらの特徴を示します。サンプル基板を透過とCTで撮影した画像を図2に示します。透過画像を背景として、その上に青枠にてスルーホール部分のCT画像を示しています。

透過撮影では、はんだ接合部について欠陥を

表1 撮影方法と特徴

透	健康診断における肺のレントゲンと同じ
過	原理の撮影で奥行方向の情報が重なる
C	病院で腹部の断面を見るような撮影で
T	撮影領域の任意の断面で観察可能

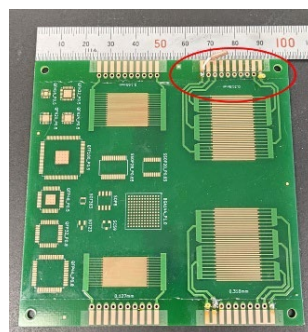


図1 撮影サンプル

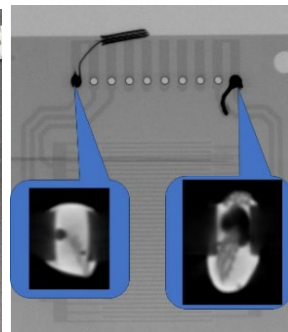


図2 撮影画像

確認することはできませんが、CT撮影では、はんだ内部の欠陥を観察することができます。また、CT撮影データには寸法情報が含まれますので、参考値として欠陥サイズを確認することができます。図2の欠陥サイズはそれぞれ0.35mmと1.25mm程度になります。注意点として観察可能な欠陥サイズは基板サイズに依存しますので、基板サイズが大きい場合には検出能力は低下します。X線CT撮影に興味ありましたら、お気軽にお問い合わせください。

(情報・電子技術研究室 松原 和音)

TEL(052)654-9863

分野 4 振動・音響特性

振動試験機による伝達関数測定

物体の持つ固有振動数付近の周波数帯では、製品にかかる振動が数倍から数十倍へと増幅される共振現象が発生します。破損、断線や騒音など振動によって発生する工業製品のトラブルの多くは共振現象が関係し、この対応が振動トラブル対策の基本とされています。

当所では、どの周波数で、どの程度振動が増幅するのかを確認する伝達関数測定をご依頼いただけます。この試験では製品にかかる振動を数Hzから数百Hzまで変化させながら製品上の振動を測定することで、加振に対する製品の振動の割合（伝達率）を求めます。伝達率は測定結果(図1)のように製品上の加速度を加振した加速度で割った値として得られます。図中では300Hz付近で共振が発生し、30倍程度の加速度の増幅が確認できます。

このような振動試験を行う場合、治具の振動特性に注意する必要があります。製品を取り付ける治具が共振してしまうと加速度センサを取

り付けた製品までの間で振動の増幅や減衰が発生してしまうためです。当所では振動試験のご依頼時に試験治具についてもご相談いただけます。

また、このような測定だけでなく様々な振動に関する相談を受け付けておりますので、お気軽にお問い合わせください。

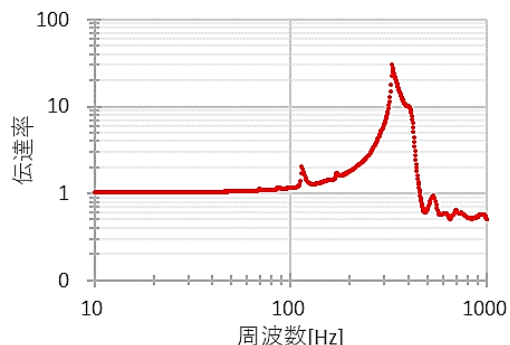


図1 伝達関数測定結果

(製品技術研究室 東浦 邦弥)

TEL(052)654-9849

振動減衰特性の周波数依存性

損失係数測定装置では材料の振動減衰性を表す損失係数を測定することができます。当所では片持ちはり法と中央加振法のどちらの試験方法にも対応が可能で、鋼板に制振材を貼付した複合はりなどの測定によくご利用いただいています。

部材の振動を抑えるための制振材には高分子材料が使われることが多く、一般に温度と周波数により特性が大きく変化します。そのため損失係数測定装置では恒温槽を使い-40℃～180℃（中央加振法は100℃まで）の範囲で測定対象の温度を変えて減衰特性の変化を調べることが可能です。

周波数特性については、複数の振動モードの測定から調べることができます。測定は短冊状の試験片を定常加振して実施しますが、加振時には曲げ共振がいくつか励起されるため、各曲げモードの共振周波数において結果を得ることができます。

また、共振周波数は試験片長さの二乗に反比例することから、試験片の長さを変えることで

も対応ができます。例えば片持ちはり法では片端が固定端となるモードを励起しますが、中央加振法では試験片の中央が固定端に相当するモードが励起されます。そのため試験片の有効長が同じであれば中央加振法では約半分の長さとしてより高い周波数での測定ができます。図1は同一の試験片を使って二つの測定方法で測定した結果です。両者の結果は高次モードでよく一致しています。

当所では損失係数の測定依頼を受け付けております。ぜひお気軽にお問い合わせください。

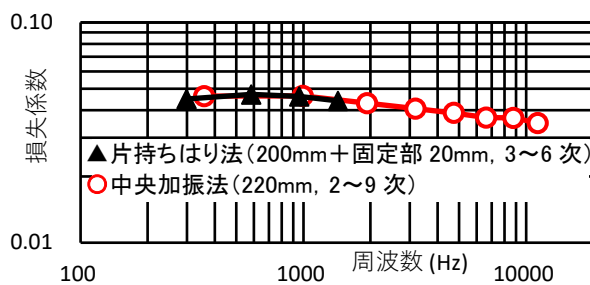


図1 複合はりの損失係数測定例

(計測技術研究室 山内 健慈)

TEL(052)654-9877

音響カメラを用いた音源探査

新製品の開発においては、製品から発生する異音が問題となることがあります。このような異音に対処するためには、まずその発生源を正確に突き止めることが重要です。しかし、人間の聴覚だけでは音の発生源を明確に把握できない場合も少なくありません。そこで、専用機器を用いて「どこから音が発生しているのか」を可視化し、特定する音源探査という技術が活用されます。

当所では、音響カメラ（図1、表1）を用いたビームフォーミング法による音源探査が可能です。球センサに内蔵された16個のマイクロホン間で生じる音圧差と位相（時間）差を解析することによって、音源の位置を算出し特定できます。図2に例として市販のハンディクリーナの稼働時に音源探査を実施した結果を示します。排気口（着色表示された箇所）から漏れる音が特に大きいことが確認されました。



図1 音響カメラ

図2 音源探査結果

表1 音響カメラの主な仕様

型式	SoundGraphy SG-02 日本音響エンジニアリング(株)製
分析方法	ビームフォーミング法
分析周波数	630～5,000Hz (1/3Oct.Band)

音源探査にご興味のある方は、どうぞお気軽にお問い合わせください。

(計測技術研究室 安藤 真)

TEL(052)654-9864

簡易無響室のご紹介

当所の簡易無響室は、外部の騒音を遮断し、壁、天井、床からの音の反射を極限まで吸収する設計により、「音の響きのない空間」を実現しています（表1）。これにより、対象物から放射される純粋な音だけを、正確に測定・分析することが可能です。

表1 簡易無響室の仕様

室内有効寸法	5.5×5.5×2.8 m
カットオフ周波数	200 Hz
逆二乗則が成立する範囲	約3.6×3.6×1 m
暗騒音レベル(空調停止時)	20 dB以下
透過損失	40 dB以上

【簡易無響室でできる人工知能の学習データ取得】

人工知能の急激な進展は音響分野にも革命をもたらし、製造業における生産設備の異常検知や保全、加工機械の治工具の摩耗や欠損検知、電気設備・配電盤の異常音検知など多くの分野に使われています。これらの用途では、人工知能に学習させるために外部ノイズや反響のない

「純粋な音」が必要となります。無響室を使えば、こうした高品質な音を得ることができます。

【簡易無響室の利用例】

当所では、電池内部の情報を得るために、電池特性を計測しながら、電池から発生する音響の測定を行っています（図1）。通常、金属容器中の電池内部を見ることはできませんが、電池内の音響現象を通じて電池材料劣化の進行を把握することを目的とし、計測技術の検討を進めています。

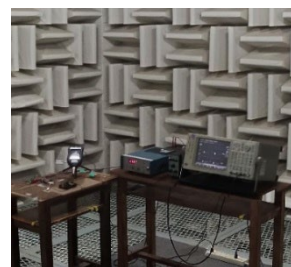


図1 電池特性と音響特性

(計測技術研究室 宮田 康史)

TEL(052)654-9939

分野 5 電気・電磁・熱特性

電気電子機器のイミュニティ試験

冬場の乾燥した環境で金属のドアノブに触れると静電気による放電が起こることがあります。この放電が電気電子機器に対して起これば、機器に誤動作を引き起こすことや損傷を与えることにつながります。このような、電気電子機器が電氣的、磁氣的なノイズを受けた時の耐性のことをイミュニティと言い、機器の動作に影響がないかを調べるため、ノイズを意図的に機器に与える試験をイミュニティ試験と言います。再現性のある共通の基準が国際規格として定められており、国際電気標準会議(IEC)で作成されています。当所で行っているイミュニティに関する試験を以下にご紹介します。括弧内はIECで定められた規格の番号を示します。

静電気放電試験(IEC6100-4-2)は、静電気放電による機器の耐性を調べる試験です。冒頭で触れた、人体からの静電気による放電を模擬しています。電圧が2kVから15kVのパルス波を、放電ガンから機器に接触又は気中で加える方法と、金属の板を介して加える方法があります。

電氣的ファストトランジェント/バースト試験(IEC6100-4-4)は、電源や信号線等をクランプ等で覆い、0.25kVから4kVの電圧でバースト状のパルスノイズを加えて、機器の耐性を調べる試験です。スイッチやリレーの接点開閉時に発生するパルスノイズを想定しています。

電源電圧ディップ、短時間停電及び電圧変動試験(IEC6100-4-11)は、停電や他の機器のON/OFFによる急激な電圧の低下(ディップ)が発生した際の機器の耐性を評価する試験です。規定の波形を出す電源に機器を接続して実施します。

なお、機器が正常に動作しているかといった被試験機器に適用する具体的な性能の判定基準は製造業者が決める必要があります。

電気電子機器が誤動作する、壊れるなど信頼性に関する課題がございましたら、お気軽に当所までご相談ください。

(情報・電子技術研究室 山田 範明)

TEL(052)654-9923

オシロスコープによる高周波ノイズの測定

近年、情報機器は高周波化・高速化が著しく進んでいます。5GやWi-Fi6/6Eなど次々と新しい通信規格が制定され、高性能プロセッサの採用に伴って内部回路では高周波信号の取り扱いが増加しています。これにより、電子回路上で発生する微細な高周波ノイズが機器全体の性能や信頼性に与える影響も大きくなっており、精密なノイズ測定がますます重要となっています。当所では、こうした最先端技術に対応するため、広帯域かつ高精度なオシロスコープとプローブを導入し、測定技術の向上と新たな解析手法の開発に努めています。

本稿では、オシロスコープ(テクトロニクス&ブルーック社製 MSO56B、図1)を用いた、スイッチング電源に起因する高周波ノイズの測定についてご紹介します。スイッチング電源は、その高速動作により、リップルやスパイクノイズなど特定の高周波成分が発生しやすいことが知られています。最適なプローブ接続や接地対策を講じることで、低減されたノイズ波形をより正確に把握することが可能です(図2)。

また、電磁界プローブ(図3)を併用すれば、ノイズ発生源の特定が容易となるため、ノイズ低減方法の検討に寄与することができます。

高周波ノイズ測定に関するご相談や技術的なご質問がございましたら、どうぞお気軽にお問い合わせください。



図1 オシロスコープ

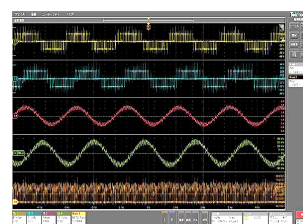


図2 測定結果



図3 電磁界プローブ

(情報・電子技術研究室 垣見 悠太)

TEL(052)654-9973

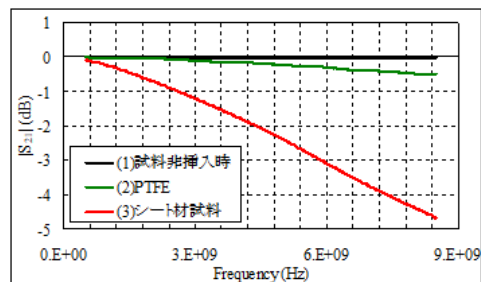
高周波帯域での電子材料特性評価

当所では電子材料の誘電率 ϵ や透磁率 μ などの特性評価に関するご依頼に対応しております。GHz帯域ではベクトルネットワークアナライザ(VNA)に同軸管あるいは共振器等を併用した測定系で対応します^{1,2)}。同軸管法では、試料挿入時の電磁波の透過および反射の特性から、測定周波数ごとに ϵ および μ 値を定量するため²⁾、測定系がそれぞれの特性に及ぼす影響に注意が必要です。

電磁ノイズ抑制等で用いられるフィラー剤として磁性粉末を樹脂に分散させたシート材(3)の特性値を、試料非挿入時(1)と誘電率が安定なフッ素樹脂(PTFE)標準試料(2)との比較で図1に例示します。こうした試料では、フィラー剤の導電性や粒形状などによって、高誘電率・高誘電損あるいは高導電性を帯びるため、透過または反射の係数の精度確保が困難となることがあります。そのため、実効的な ϵ および μ 値の定量に注意を要する場合があります。

当所ではこうした試料の実情に応じた最適な測定系など方策を提案しながら対応しております。この分野での皆様のご利用をお待ちしております。

(a)透過特性



(b)誘電特性および磁気特性

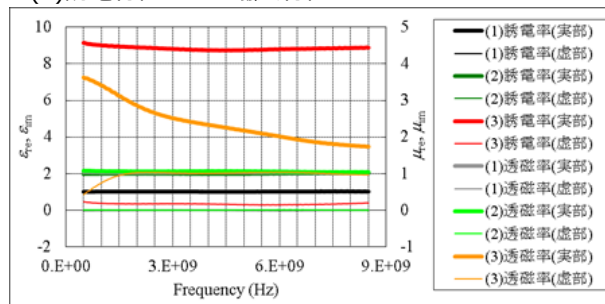


図1 同軸管法による各種特性(2ポート測定系)

(参考資料)

- 1) 巢山「月刊名工研」852号 p2 (2023) .
- 2) 小田「月刊名工研」866号 p2 (2024) .

(情報・電子技術研究室 小田 究)

TEL(052)654-9929

熱測定・熱解析

製品設計において、温度・熱の対策が重要な課題になることがあります。これは特に小型・高速化している電子機器で顕著で、さらに最近では温暖化の影響による熱のトラブルも発生しています。当所では製品開発初期における熱設計、試作時あるいは製品発売後における熱対策に関する支援を行っています。

設計段階では使用する材料の熱物性、発熱量が不明な点が多く、様々な方法で測定や推定を行います。その際、市販の測定器だけでなく、当所で製作した熱流センサを利用した定常法測定器(図1)を活用しています。この測定器は市販の測定器用のサンプル形状が用意できないときや、接触熱抵抗の影響を考慮したいときなどに有効で、多くの方にご利用いただいています。また、この装置を自社に導入したいという方には測定対象に応じて設計の変更を提案し、社内で稼働するための支援も行っています。

また、昨今は電子部品、放熱材料等の熱抵抗分布を測定できる過渡熱抵抗測定の需要が増え

ています。測定方法と結果の解釈が難しいため、依頼試験だけでなく測定結果に関する相談も行っています。その際に、三次元熱解析を併用することもあります。

試作前の熱設計には熱回路網を用いた簡易計算や三次元熱流体解析(図2)で温度を予測します。そして、問題の発生が予測される場合は熱対策として配線、部品の配置変更、難しい場合は放熱部品の利用などを提案しています。

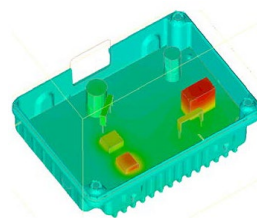
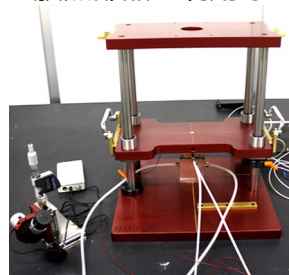


図1 自作の定常法測定 図2 三次元熱解析の例

(生産システム研究室 梶田 欣)

TEL(052)654-9940

分野 6 AI 援用とシミュレーション

AI を用いた異常検知に関する研究

人工知能（AI）の目覚ましい進歩により、AIを活用した産業機器の異常検知に注目が集まっています。AIの学習モデルは、教師あり学習、教師なし学習、強化学習の3つに大別されますが、異常検知では正常データのみで学習できる教師なし学習が有効で、異常データが不足している場合にも対応可能です。中でも「オートエンコーダ」と呼ばれるモデルは、正常データを低次元に圧縮し、そこから元のデータを復元する再構成によって異常を検出します。正常データは元のデータに近い再構成が可能ですが、異常データでは再構成誤差が大きくなるため、異常の検出が可能となります。

研究では、ボールねじとリニアガイドからなる直動機構を用い、音響センサと加速度センサからデータを取得しました（図1）。得られたデータに短時間フーリエ変換を適用し、時間-周波

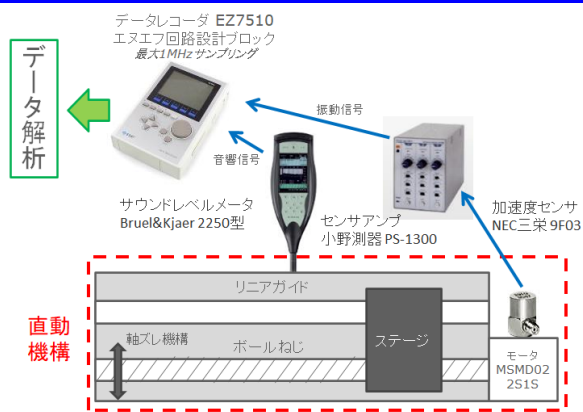


図1 測定の全体像

数領域の画像に変換しました。この画像を使用してオートエンコーダモデルに学習させ、異常検知能力を評価したところ、軸ずれ異常を検出可能であることが確認されました。

AIを活用した異常検知等にご興味のある方はお気軽にお問い合わせください。

（計測技術研究室 間瀬 剛）

TEL(052)654-9946

機構-構造の連成解析

製品開発におけるDX化が進み、製品設計や開発、不具合の原因究明において、CAEの重要性が増しています。例えば製品の強度評価を行う構造解析は、製品の品質向上と信頼性確保において不可欠な手法であり、当所でも多くのご依頼をいただいております。

本稿では動作を考慮した機構-構造の連成解析についてご紹介します。これは機械の動作中に製品にかかる応力や変形を解析します。産業ロボットや駆動機構等、動きを伴う対象の強度評価に有効です。

図1にスライダークランク機構の解析事例を示します。スライダークランク機構とは、クランクの回転運動をスライダの並進運動に変換する機構です。まずは機構解析から行います。各構成物を剛体として扱い、構成物の動きと拘束条件を与え、各構成物の時間変化に対する位置・速度・加速度を計算します。次に得られた結果から構成物に加わる力・トルクを計算します。最後に時々刻々の力・トルクを構造解析の荷重条件とし、各時刻で線形静解析を実行し、応力値を計算します。

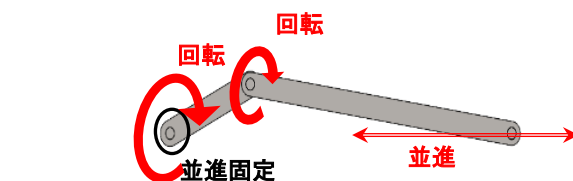


図1 スライダークランク機構

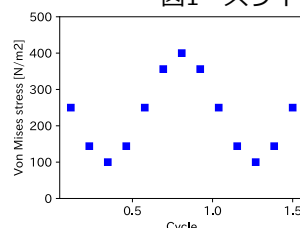


図2 短リンクに発生する最大応力の時間変化

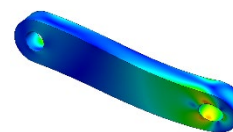


図3 短リンクの応力分布

図2は各時刻における応力値をプロットしたものです。図3は全時刻中で最大値をとった際の短リンクの応力分布例です。これより、どの動作時に応力が大きくなるかを検証することができます。本例では図1の位置関係かつ図3の応力分布状態のときに図2の0.8周期時の最大値をとりました。機構-構造の連成解析に関するご相談・ご依頼がございましたら、お気軽にお問い合わせください。

（生産システム研究室 山本 隆正）

TEL(052)654-9871

電子回路の計算とシミュレーション

当所では、毎年、電子回路の研修を行っています。この研修では、デジタル回路からアナログ回路まで、実習をしながら幅広く基礎的な技術が習得できます。講義では LTspice シミュレータを活用して回路の挙動を理解します。実習では作製した回路の波形測定をすることで理解を深めます。

図1は、LTspiceを用いて、2SC1815トランジスタの動作特性と負荷曲線を示しており、これから増幅回路の動作点と増幅率がわかります。実習では、これをもとに増幅回路を作製して、動作点、増幅率、周波数特性など基本動作を測定します。

電圧や電流を一定に保つ電源回路は、フィードバック式の増幅回路が用いられています。この回路では、回路素子の値や負荷の特性により特定の周波数で発振する（不安定な動作になる）ことがあります。その原因を調べるため、ループゲインと位相の周波数特性を測定します。これを周波数応答解析（FRA）と称し、帰還ループの途中に小信号の電圧源を設け、周波数特性を

測定します。LTspice では、シミュレーションにより周波数特性のグラフを表示する機能が備わっています。昨年度、導入した[オシロスコープ（テクトロニクス&フルーク社製 MSO56B）](#)は信号源を有し、実機での FRA 測定が可能です。このような測定は、PWM（パルス幅変調）のようなパルスを用いた回路では有用とされます。詳細は、お問い合わせください。

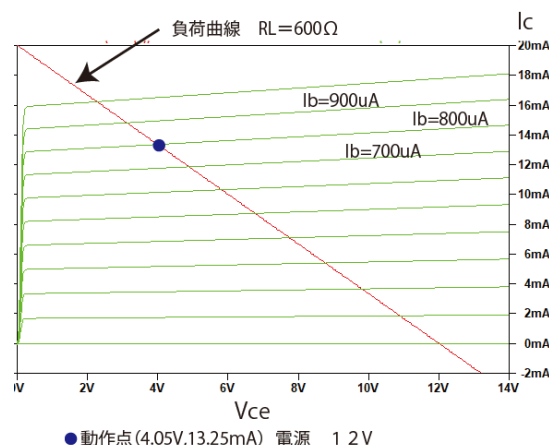


図1 2SC1815の動作曲線

(情報・電子技術研究室 黒宮 明)

TEL(052)654-9948

☆令和6年度新規導入機器の紹介

非接触三次元デジタイザ

公益財団法人JKAの2024年度公設工業試験研究所等における機械設備拡充補助事業により、[非接触三次元デジタイザ](#)（図1、表1）を導入しました。

本装置は、対象物に青色光のパターンを照射し両眼カメラで撮影することで、外形形状を非接触かつ高精度に取得する装置です。様々な角度からのデータを合成し、対象全体の三次元形状データを作成できます。複数種類のレンズセットを対象の大きさに合わせて使い分けることで、目的に合わせた高精度な三次元形状データを得られます。



図1 非接触三次元デジタイザ

表1 主な仕様

機種名	ATOS Q
メーカー	Carl Zeiss GOM Metrology GmbH
仕様	【本体】 センサ解像度 1200万画素 自動回転テーブル φ640mm 耐荷重 150kg チルト機構付き回転テーブル φ300mm 耐荷重5kg 【光学式タッチプローブ】 GOM Touch Probe (PM1.5、PM3) 【大型対象物測定システム】 TRITOP (フォトグラメトリ) 【リバーシエンジニアリングソフト】 Geomagic DesignX

数 m サイズの大型対象物の形状測定、リバーシエンジニアリングソフトを利用した 3DCAD データへ変換などにも活用できます。三次元の形状測定を測定したい製品、部品等がありましたらお気軽にご相談ください。

(生産システム研究室 田中 智也)

TEL(052)654-9942

オシロスコープ/スペクトラムアナライザ

近年、電子機器の高機能化や小型化により電子回路におけるノイズの問題は複雑化しています。当所ではノイズ対策などを目的として二つの装置を導入しました。

オシロスコープは回路・配線中を伝わる電気信号の時間変化を測定する装置です(図1、表1)。令和6年度導入した装置は、静電気放電や高電圧のスイッチングパルスに含まれるノイズなど、回路各所の信号を正確に測定できます。

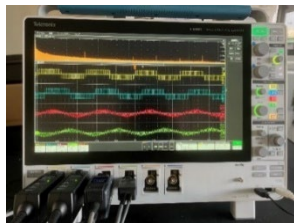


図1 オシロスコープ

表1 オシロスコープの主な仕様

装置名	オシロスコープ
メーカー・型番	Tektronix MSO56B
設備仕様	・帯域幅 2GHz ・サンプリングレート 6.25GS/s ・レコード長 62.5Mポイント ・垂直分解能 12ビット ・アナログ入力ポート 6ch ・ファンクションジェネレータ機能 ・光アイソレーションプローブ TIVP05

スペクトラムアナライザは空間中を伝わる電磁波の周波数成分を分析する装置です(図2、表2)。令和6年度導入した装置は、電磁波放射源の特定や時間変化の測定が可能で、規格試験以外の様々な電波測定に対応できます。



図2 スペクトラムアナライザ

表2 スペクトラムアナライザの主な仕様

装置名	スペクトラムアナライザ
メーカー・型番	Keysight N9935B
設備仕様	・周波数 9kHz~9GHz ・バンド幅 1Hz~10MHz ・DANL -163dBm(1GHz) ・トラッキングジェネレータ機能 ・リアルタイム測定機能 ・EMI測定機能

これらの機器は伝導と放射の両方の観点から電子機器を解析する際にご活用いただけます。本装置や電子機器の測定に関する技術相談がございましたら、お気軽にお問い合わせください。

(情報・電子技術研究室 後藤 真吾)
TEL(052)654-9860

名工研・技術情報について

名工研・技術情報は、月刊誌「月刊名工研」として、毎月1日に当所のHPにて、公開させていただいております。また、近年のバックナンバー(636号~)も見ていただけるよう、下記のウェブページに掲載させていただいております。ぜひ、ご覧いただくとともに、参考いただき、お気軽にご質問、ご相談ください。

<https://www.nmiri.city.nagoya.jp/publications/monthly/>



名工研・技術情報 Vol. 20,21合併号 (No.881)

技術紹介特集

発行日 令和7年10月1日
発行部数 1,000部
無料 特定配布
編集 名古屋市工業研究所 支援総括課

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: <https://www.nmiri.city.nagoya.jp>
E-mail: kikaku@nmiri.city.nagoya.jp