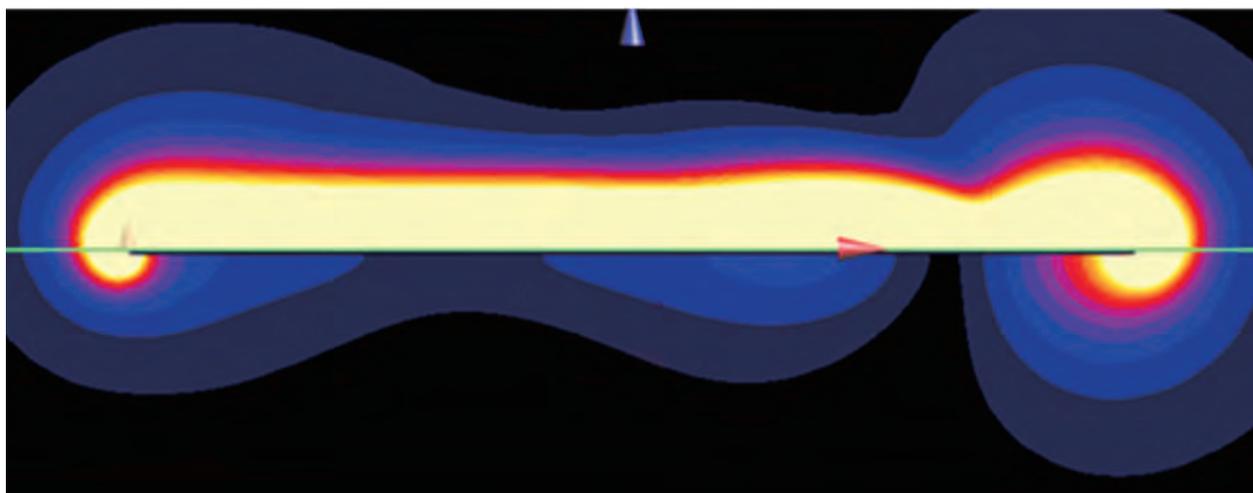


名工研・技術情報 Vol.1 (No.759)

月刊名工研 2015 年 5 月～7 月号編集版



基板長手方向断面

目次

特集 1 依頼試験事例紹介 (P2-P3)

- ・めっき皮膜中の炭素、硫黄量の測定
- ・電解重量法による銀の定量
- ・実装状態におけるTIMの熱抵抗評価
- ・アルミナの成分分析

特集 2 技術相談事例紹介 (P4)

- ・薄膜の干渉色・着色物質の組成分析
- ・プラスチック部品の破損トラブル

特集 3 技術開発・研究成果紹介 (P5-P7)

- ・応力測定とシミュレーション計算値との比較
- ・含フッ素ゲル化剤を用いたフルオロアルキル鎖修飾シリカナノチューブの合成
- ・電磁界シミュレータについて

特集 4 トピックス (技術解説、技術動向紹介) (P8)

- ・設備診断 ー見える化ー
- ・高齢者・障害者設計指針

3層基板上の信号線の近傍電界をシミュレーションした結果です。信号線から離れるに従って、電界が弱くなっています。(詳しくはP6へ)



名古屋市工業研究所



特集 1 依頼試験事例紹介

依頼試験（めっき皮膜中の炭素、硫黄量の測定）

めっき皮膜は金属イオンの溶液（めっき浴）中で通電することにより、陽イオンの金属が還元されて原子となり、素材上に析出することで得られます。これを応用して装飾や防錆などに幅広く用いられています。

めっき浴には添加剤と呼ばれる、主に有機系の物質が含まれていますが、電析中に添加剤の成分の炭素や硫黄がめっき皮膜中に取り込まれます。この炭素や硫黄の含有量はめっきの性能に影響を与え、特にニッケルめっき中の硫黄は含有量によって大きく耐食性が異なることが知られています。また、下地ニッケルめっきの硫黄含有量は、その上に成膜する合金めっきの熱処理による構造変化に影響を及ぼすことを報告しました¹⁾。したがって、めっき皮膜中の炭素、硫黄量を測定することはめっき浴の管理において重要になります。

めっき皮膜中の炭素、硫黄量はJIS Z2615金属材料の炭素定量方法およびJIS Z2616金属材料

の硫黄定量方法に基づいた酸素気流中燃焼—赤外線吸収法によって測定します。試験片を高周波誘導加熱炉内において酸素中で加熱し、発生した酸化物のガスを赤外線で検出する仕組みです。

測定用サンプルは、素材中に含有する炭素、硫黄量の影響を防ぐため、ステンレスやチタン基材上にめっきし、はく離した箔の状態にして使用します。測定には0.5g以上のサンプルを要します。めっき皮膜中の成分分析に関心のある方、炭素、硫黄量測定をお考えの方はお気軽にご相談下さい。

【参考】1) 「スズ合金めっき技術の開発」

月刊名工研713号、P 3

(<http://www.nmiri.city.nagoya.jp/meikoken/pdf/78.pdf>)

(金属・表面技術研究室 松本 宏紀)

TEL (052)654-9911

依頼試験（電解重量法による銀の定量）

本紙の743号（2014年2月）で電解重量法による銅の定量を紹介しましたが、銀も電解重量法で測定することができます。今回は銀地金を例として、当所で実際に採用している方法についてご紹介します。

試料1gを秤量して300mLビーカーに取り、時計皿で蓋をします。(1+1)硝酸30mLを加え、熱板上で穏やかに加熱して分解します。分解が終了したら、時計皿を洗浄して取り除き、液量が約2～5mLになるまで加熱濃縮します。放冷後、水260mLとエタノール5mLを加えます。白金電極を用いてマグネティックスターラーで攪拌しながら電圧1.30～1.35Vで電気分解を行います。1時間ほど続けると電圧が上昇してくるので、1.38Vを超えないように調整します。電流がほとんど流れなくなったら電解を止め、陰極を取り出して洗浄・乾燥します。デシケー

ター中で放冷した後、秤量して析出した銀の重量を求めます。電解残液は300mL定容としてICP発光法等で測定し、残存する銀を求めます。各々の操作で測定した銀を合算して含有率を求めます。

電解時の硝酸濃度が低いと析出した銀が剥離しやすくなり、逆に高いと析出せずに残存する銀が多くなります。また電圧が1.38Vを超えた場合にも析出した銀が剥離しやすくなります。それらの点を考慮して上記の電解条件を決定しました。銀が剥離してしまった場合には、電解終了後に残液をろ過し沈殿を温硝酸に溶解して、ICP発光法等で測定する事で補正が可能です。

金属材料等の分析についてお困りの事がありましたら、当研究室までお気軽にご相談下さい。

(金属・表面技術研究室 大橋 芳明)

TEL (052)654-9921

特集 1 依頼試験事例紹介

依頼試験（実装状態におけるTIMの熱抵抗評価）

近年、電子機器の高密度化・高速化により、発熱密度の増加が深刻な問題になっています。電子部品は熱に対して脆弱なため、放熱シート等のTIM (Thermal Interface Material) を使用して電子部品を熱から守る方法がよく使われます。そのため、TIMの熱抵抗値が熱設計を行う上で重要となります。熱抵抗値は厚みや荷重により変動することから、熱設計上、実装状態での熱抵抗値を知ることは非常に重要です。

当所では圧力を最大で100kPa程度まで調整できる測定治具を製作しました。図1は同一材料で厚みの異なる3種類の放熱シートに一定の圧力をかけた状態で測定した結果です。その結果、この放熱シートは厚みと熱抵抗値がほぼ線形と言えます。一般的に、

$$\lambda = \frac{\ell}{R \cdot S}$$

(λ :熱伝導率、 ℓ :厚み、 R :熱抵抗、 S :面積)

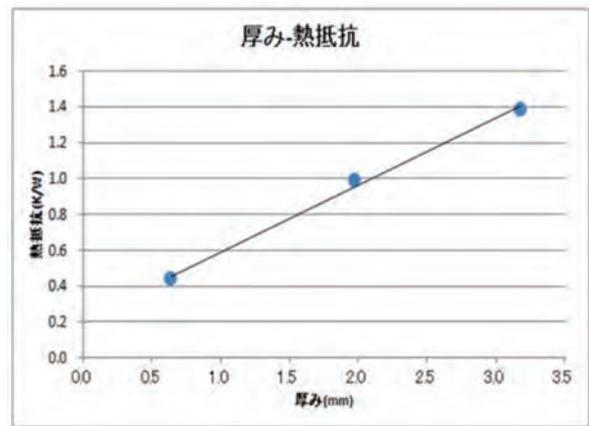


図1 熱抵抗・熱伝導率測定結果

の関係が成り立つため、熱抵抗の傾きから熱伝導率を求めることも可能です。

熱抵抗・熱伝導率測定にご興味がありましたら、当研究室までお気軽にご相談下さい。

(生産システム研究室 近藤 光一郎)

TEL (052)654-9892

依頼試験（アルミナの成分分析）

当所でのセラミックス材料の成分分析は、固体のまま分析が可能である蛍光X線分析法(XRF)を用いた乾式法と、試料を溶液化し、誘導結合プラズマ発光分光法(ICP-AES)などを用いて分析を行う湿式法とで対応しています。

XRFでは、ホウ素以上の全元素を分析対象としていますが、成分が既知の標準サンプルが無ければ正確な成分量を知ることができません。また、検出感度が湿式法に劣るので、構成元素がわからない未知試料について大まかな情報を得る定性分析に適しています。

一方、湿式法では、指定した元素を感度よく定量分析することは可能ですが、分析に先立つ溶液化(前処理)が困難な場合が多々あります。

例えば、アルミナ(酸化アルミニウム)の場合、溶液化の方法がJIS規格(JIS M8856、JIS R1649、JIS R9301)や日本セラミックス協会規格(JCRS 109)などに複数示されていますが、これらの方

法を用いても溶液化が困難で分析できない場合があります。当所ではそのような場合、様々な文献を参考にして、規格に無い溶液化法も検討します。例えば加圧酸分解法で溶液化が困難なアルミナ試料中に含まれるナトリウムやカリウムの定量を行いたい場合、中小企業事業団(現:中小企業基盤整備機構)発行のセラミックス前処理マニュアル¹⁾に記載されている溶液化法が有効です。ここに示されている方法は、四ホウ酸リチウムとメタホウ酸リチウムの混合融剤による融解後、酸溶解にて溶液化を行うものです。

セラミックスなど難溶液化試料の元素分析でお困りの際は、お気軽にご相談下さい。

【参考】1) ファインセラミックス用アルミナセラミックスの化学分析前処理技術マニュアル

(環境技術研究室 柴田 信行)

TEL (052)654-9882

特集 2 技術相談事例紹介

技術相談（薄膜の干渉色・着色物質の組成分析）

①薄膜の干渉色

プラスチック表面に蒸着した金属薄膜をパターニングするため、レーザー剥離を行ったところ、剥離部分が青色に光って見えるので、その原因を知りたいという相談を受けました。一般的に、薄膜では、その膜厚に応じて、青、緑、黄、赤などに色づいて見えます。これは、シャボン玉や油膜に様々な干渉色が見えるのと同じ現象です。本相談では、レーザー剥離により蒸発した金属が、大気中で酸化されて微粉となって、プラスチック上に堆積して薄膜を形成し、その薄膜の光の干渉色が見えているのではないかと推定しました。そこで、レーザー剥離面について、表面観察と組成分析を行ったところ、表面に付着している微粒子が観察され、薄膜の金属元素と酸素が検出されました。これにより、薄膜の光の干渉現象により青色に見えていることが確認できました。

②着色物質の組成分析

鋼板建材を用いた建物の床のコンクリート部分が黄色に着色するという問題が起き、その原因を知りたいという相談がありました。そこで、着色部分より採取した試料の組成分析を行ったところ、コンクリート成分の他に、バナジウムが検出されました。通常、鋼板には亜鉛メッキなどの表面処理がされていますが、本相談では、バナジウムを含有する特殊な表面処理がされているのではないかと推定しました。バナジウムは水彩絵の具のバナジウムイエローとしても知られています。雨により、鋼板表面からバナジウムが溶出し、床に流れ落ちて、黄色に着色したのではないかと考えられます。依頼者には、鋼板にどのような表面処理がされているのかを確認するように勧めました。

（環境技術研究室 小野 さとみ）

TEL (052)654-9855

技術相談（プラスチック部品の破損トラブル）

プラスチック（ポリカーボネート）部品の破損原因についてのご相談を受けました。一年ほどの使用で破損が見つかりましたが、使用者からは詳しい使用状況を聞き取れなかったそうです。材料や成形は問題ないことを確認しているので、使用者が製品からプラスチック部品を強引に外したか、もしくはプラスチック部品に油や溶剤がかかったことなどが原因ではないかということでした。

両者の違いは、破断面を電子顕微鏡で観察すると明確になります。一般に、プラスチックを引きちぎると伸びて破壊（延性破壊）するため毛羽だったような破断面になり、油や溶剤がプラスチックに浸透して割れると鏡面のようなフラットな破断面になります。今回破損した部品を観察したところ、ビーチマークといわれる縞模様が観察されました。これは繰り返し応力によって生じる疲労破壊です。その破断面の典型例を図1に示します。

結果として、当初の予想とは異なり、使用環境の振動が原因ではないかという結論に至りました。この後、製造企業で再現実験を行って原因を確定し、部品の設計を見直しました。

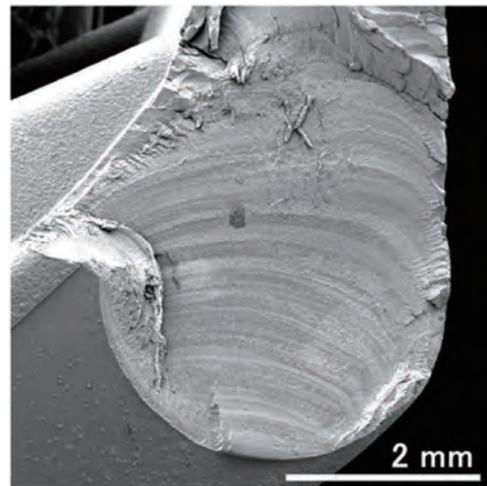


図1 疲労破壊の破断面

プラスチック製品の破損トラブルには、製品設計、成形条件、使用条件などさまざまな原因があります。このため、今回のように破断面の電子顕微鏡観察だけで解決できるとは限りませんが、破損の状況や他の機器分析の結果と併せて考えることにより原因を絞り込むことができます。お気軽にご相談ください。

（環境技術研究室 中野 万敬）

TEL (052)654-9893

特集 3 技術開発・研究成果紹介

応力測定とシミュレーション計算値との比較

はじめに

製品の強度的な信頼性を確認するためにCAEによるシミュレーションが導入されています。材料、形状、境界条件を指定することで製品にどのような応力が生じるか計算できます。しかし、実際にその計算値が正確であるかは、実測で確認する必要があり、計算結果と違いが生じることは多々あります。そのため、JISに定められている引張試験片を代表例として、CAEと実測とのひずみ比較を行いました。

実験方法

A6061-T6 処理材（引張強度317MPa、伸び10.8%）のJIS 5号試験片を使用して、5kNの引張荷重をかけて、試験片の局部ひずみを測定しました。先にCAE (solid works を使用) により計算した結果(図1上)から、応力集中する部位をはじめ、7か所にひずみゲージを貼り付けて、同じ部位でのひずみの比較検証を行いました。

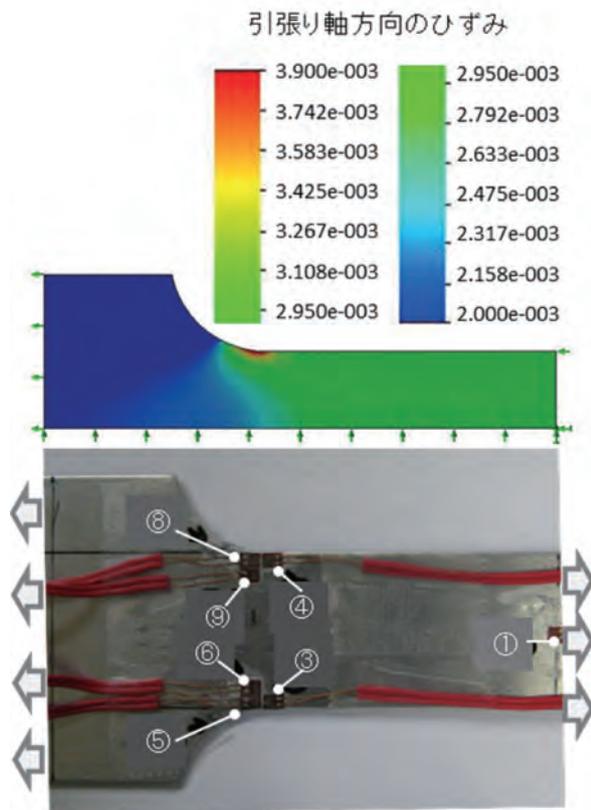


図1 CAEの結果と実測のひずみゲージ位置

試験に使用した機器については、工業研究所ウェブサイトの以下のページをご参照ください。
(<http://www.nmiri.city.nagoya.jp/cgi/conveniences/page.cgi?act=page&id=262>)

実験結果と考察

貼り付けたゲージの実測値を表1に示します。

表1 5kN負荷時の引張試験片の実測ひずみ

平行部中央①	R部横の平行部③	R部横の平行部④
2.87e-003	3.04e-003	3.19e-003
R部の開始点⑤	R部の開始点⑧	
3.26e-003	3.25e-003	
⑤の中央寄り⑥	⑧の中央寄り⑨	
2.73e-003	2.72e-003	

図1のCAEの結果と比較すると、実測値はCAEの応力分布と同じく、試験片の平行部からR部が始まる箇所で応力が最大になっていました。実測値はCAEに比べやや低い傾向ですが、ほぼ同じでした。しかし、R部の開始点はCAEでは局部的に最大値で $3900\mu\epsilon$ もあり、実測値との差がありました。CAEにおけるメッシュサイズが0.5mmに対して、ひずみゲージは0.2mm長であり、実測値はCAEの要素範囲に適合していましたが、実際には、ゲージ基板があることでピンポイントでの貼り付けは難しく、加えてひずみ分布の変化が大きい箇所ではその貼り付け精度の影響が顕著になりました。

一方、CAEの値についてもメッシュの大きさを計算結果に差が生じること、境界条件を理想状態で計算していること、解析結果の表示過程で節点部の色分けの平準化がされていることから、必ずしも厳密に正しい値と言い切ることはできません。

まとめ

CAEと実測との検証をした結果、ひずみ分布の傾向に一致が見られ、危険部位を見つけるなど、CAEの有効性が確認できました。しかし、CAEの計算から求めた絶対値については注意が必要でした。工業研究所では、CAEおよび検証実験について技術支援を行っていますので、ご相談ください。

(製品技術研究室 児島 澄人)

TEL (052)654-9861

特集3 技術開発・研究成果紹介

含フッ素ゲル化剤を用いたフルオロアルキル鎖修飾シリカナノチューブの合成

有機材料研究室では、得意技術「有機ナノ組織体の開発および評価」をもとに、有機分子が自己集合することにより機能を発現するような材料の開発・評価を行っています。今回は、平成24～25年度に実施した(独)科学技術振興機構の研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)の「フッ素樹脂に対応した新規ナノファイバー材料の開発」の成果の一部について簡単にご紹介します。

当研究室ではこれまでに、分子内にフルオロアルキル鎖(Rf鎖)と炭化水素鎖を導入した低分子ゲル化剤が、様々な極性の溶媒を低濃度でゲル化できることを見出しています¹⁾。ゲル化剤とは一般に、溶媒に少量混合し静置することで溶液を固化できるような材料で、インクやグリス、化粧品などに利用されています。今回のゲル化剤では、Rf鎖同士および炭化水素鎖同士の凝集力を通してゲル化剤分子が自己集合することで、溶媒がゲル化すると考えられます(図1)。

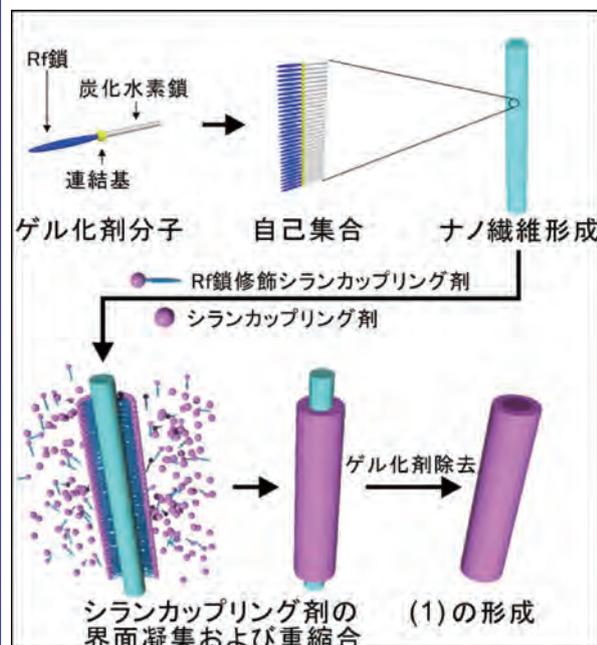


図1 ゲル化剤を用いた(1)の合成イメージ

本研究では、このRf鎖同士の凝集力をさらに利用して、新たなナノ構造体の形成を試みました。具体的には、上記で説明したゲル化剤を含む溶液に、Rf鎖修飾シランカップリング剤を加えてゾルーゲル重縮合を行いました。反応後ゲル化剤を溶媒で抽出することで、「表面がRf鎖修飾されたシリカナノチューブ」(以下(1)と表記)が得られました(図1)。

このような中空形状の構造体を得られたのは、ゲル化剤とRf鎖修飾シランカップリング剤とのRf鎖同士の凝集力により、ゲル化剤が形成するナノ繊維を鋳型として、その界面で効率的なゾルーゲル重縮合が起こったためと考えられます。

得られた(1)の内径は、ゲル乾燥物のナノ繊維の直径とほぼ同じ100nm程度であり、ナノ繊維の形状を転写できたことが示唆されます(図2)。また、反応条件を最適化し、低濃度でゲル化できるゲル化剤を用いることで、高収率で(1)を得ることができました。(1)は中空形状のため、ファイバー形状に比べ単位表面積および体積が増加し、またその表面はRf鎖特有の特性を示します。

本研究では、上記の特性を活かしてフッ素樹脂に添加し、強化材としての利用を報告しました。現在は(1)の撥水撥油剤、吸着剤、誘電体など特性を活かした添加剤への応用について検討しています。

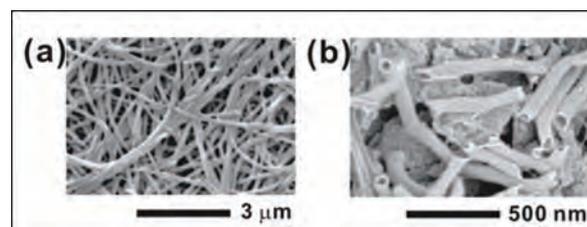


図2 (a)ゲル乾燥物のナノ繊維 (b)(1)の電子顕微鏡写真

当研究室では、ご紹介した例の他にもナノ組織化材料の開発・応用に取り組んでいますので、ご興味のある方はお気軽にご相談ください。

【参考】1) 特許4599499号

(有機材料研究室 山中 基資)

TEL (052)654-9888

特集 3 技術開発・研究成果紹介

電磁界シミュレータについて

電磁界を解析するのに電磁界シミュレータが最近よく用いられます。例えば電子機器等の内部の電磁界分布について知るために、電磁界を計算で求めます。具体的には以下のような例を挙げることができます。

- (1) 携帯電話が動作しているときに、携帯電話から放射される電磁波。また、携帯電話の内部に発生する電磁界。
- (2) 様々な種類のアンテナ（ホーンアンテナ、ループアンテナ等）から放射される電磁波。
- (3) 基板上に作られる様々な配線パターンの近傍電磁界、パターンの表面電流等。

電磁界シミュレータで計算して電磁界の強度を可視化すると、どこから強い電磁波が出ているのか、どこの電磁界が強いのかを知ることができます。これら電磁界の強度分布は電子機器等の設計に役立てることができます。

電磁界を求めるには、マクスウェルの方程式を解きます。しかし、一般的な電子機器等はその構造が非常に複雑なため、そこから放射される電磁波、内部の電磁界等についてマクスウェルの方程式を厳密に解くことは非常に困難です。そこで電磁界シミュレータを用いて計算を行います。

電磁界シミュレーションの解析方法としては、電磁界の空間分布を得意とする有限要素法やモーメント法、電磁界の時間変化及び空間分布を得意とするFDTD法（Finite-Difference Time-Domain method）等を挙げることができます。ここではFDTD法について説明します。

FDTD法は空間を格子状に分割します。さらに時間についても分割します。これら分割された空間、時間に対応する電界、磁界をマクスウェルの方程式を近似的に解いて求めます。

以下に実際に電磁界シミュレータで計算を行った事例を紹介します。シミュレーション計算の対象は、図1に示すような3層基板上の配線パターンに信号を入力したときの近傍電界です。

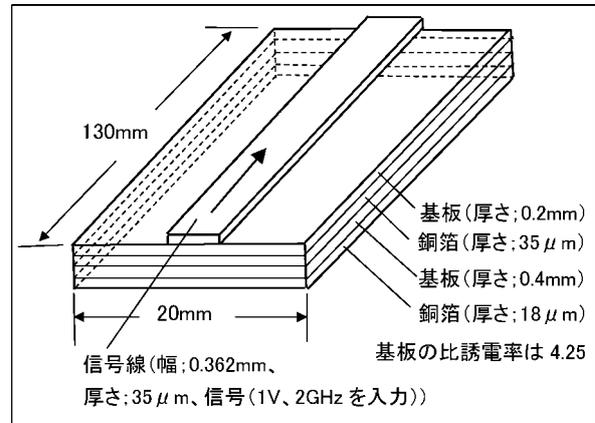


図1 シミュレーションモデル

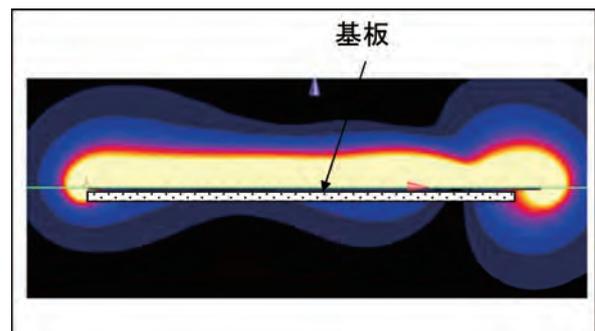


図2 信号線の近傍電界(基板長手方向断面)

図2に信号線の近傍電界のシミュレーション結果を示します。信号線から離れるに従って電界は弱くなっていることがわかります。

このように電磁界シミュレータを用いると、シミュレーション計算によって電磁界分布を可視化でき、それを電子機器等の設計に役立てることができます。

当所では高速信号伝送線路技術（特性改善、最適設計）の確立を目指して、電磁界のシミュレーション、放射される電磁波の測定等の研究を行っています。ご興味のある方はお問い合わせ下さい。

(電子技術研究室 白川 輝幸)

TEL (052)654-9931

特集4 トピックス（技術解説、技術動向紹介）

設備診断 ー見える化ー

設備診断技術は、さまざまな情報を基に機械装置などを総合的に診断するものです。人間の五感（視力、聴力、触覚、臭覚、味覚）に相当する情報に加えて、各種のセンサ出力を利用します。しかし、単純にデータを揃えただけでは情報をうまく活用することは困難です。そこで必要になるのが、情報の「見える化」です。

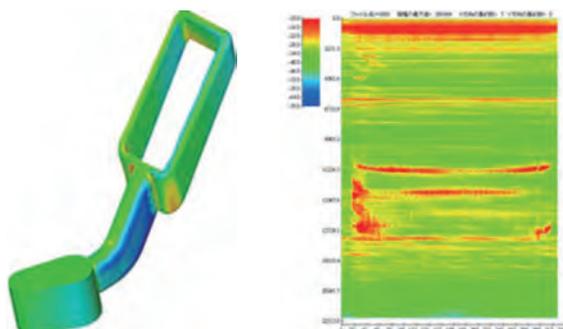


図1 木型の設計データ 図2 工具使用時の音

図1は木型の設計データと非接触式三次元測定機による実測データを比較し、偏差の大きさを色により階調表示したものです。このように、「見える化」を行うことで、より一層情報の理解が進むことが分かります。

図2は工具使用時の音を表したものです。録音されたデータは単なる数字の羅列ですが、FFT（周波数分析）を行い、縦軸に周波数、横軸に時間を取り、色による階調表示を行うことで、音の強さの「見える化」を図っています。特徴的な周波数やその時間変化が明らかになっており、開始直後だけに発生する音などもよく分かります。

このような分かりやすい診断について、ご興味のある方はお気軽にお問い合わせください。

（生産システム研究室 松下 聖一）

TEL (052)654-9851

高齢者・障害者設計指針

ISO/IEC Guide 71は日本発の国際規格のガイドで、JISではZ 8071「高齢者及び障害のある人々のニーズに対応した規格作成配慮指針」として発行しています。この規格作成指針に基づき、高齢者・障害者設計指針が30以上の国際規格または日本工業規格になっており、視覚、聴覚、触覚という感覚別、消費生活製品、施設・設備、情報通信、包装・容器といった利用別にも分類されています。

例えば、自動車の乗り心地を良くしようと思った時に、高齢者や障害のある人の乗り心地を良くすることによって、誰にとっても乗り心地の良いものにすることができます。アメリカではユニバーサルデザインと呼び、日本では共用品と呼んでいる考えです。

安全の規格にはISO/IEC Guide 51があり、JISではJIS Z8051「安全側面 規格への導入指針」があります。またISO/IEC Guide50「安全側

面 子供のための安全の指針」があり、安全側面からの子供への適用の指針となっています。安全側面に限定した高齢者及び障害者への設計指針はないため、ISO/IEC Guide 50/51とISO/IEC Guide 71のそれぞれに基づいた規格群をうまく組み合わせ、誰にとっても快適な製品・サービスの設計ができるようにすることが大切です。

当所でもこれらの規格に基づいた技術指導、技術相談に対応しています。当所では、電気関連規格のIEC 1160設計審査、IEC 61025 FTA（故障木解析）、IEC 60812 FMEA（故障モード影響解析）、IEC 61882 HAZOP（危険分析運用研究）をはじめ、個別の製品、サービスの設計・分析の仕方の相談、一般的な設計指針の使い方などの演習を実施しています。

（生産システム研究室 小川 清）

TEL (052)654-9947

名工研・技術情報 Vol.1 (No. 759)

発行日 平成27年8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5月～7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