

令和3年度
静岡県工業技術研究所
浜松工業技術支援センター
研究発表会

要 旨 集

令和4年3月8日（火曜日）
午前10時～午後3時

浜松工業技術支援センター研究発表会プログラム

午前の部

令和4年3月8日10時から12時

10時00分 センター長 あいさつ

10時10分 研究発表

NO	発表タイトル	発表者	研究種類	概要
AM1 10:10~	新成長分野発展に貢献する軽量高強度材料(CFRP)の高効率成形技術の確立	繊維高分子材料科 上席研究員 鈴木重好	新成長戦略研究	近年、自動車業界における環境・燃費規制など、エネルギーを有効に活用する技術が必要とされており、中でも多くの産業に共通する課題に材料の軽量化がある。炭素繊維強化複合材料(CFRP)はその解決策の一つといわれており、本研究プロジェクトでは、軽量・高強度を特徴とするCFRPについて、熱可塑性樹脂を用いた生産性の高い成形技術を確立することを目的とする。今回はその研究概要と本年度までの進捗について発表する。
AM2 10:30~	新成長分野発展に貢献する軽量高強度材料(CFRP)の高効率成形技術の確立 -UDテープ製造技術の確立-	繊維高分子材料科 主任研究員 森田達弥	新成長戦略研究	現在、炭素繊維強化複合材料の短時間成形を達成するため、熱可塑性樹脂を炭素繊維に含浸した成形材料(UDテープ)の製造技術の開発に取り組んでいる。発表では、超音波溶着機によるUDテープ作製条件について検討した結果を報告する。
AM3 10:50~	レーザーピーンフォーミングにおける走査方法の影響	光科 上席研究員 鷺坂芳弘	一般研究 内閣府革新的研究開発推進プログラム『ImPACT』	サブナノ秒マイクロチップレーザーを用いたレーザーピーンフォーミングによる板曲げを考案した。本法はレーザー誘起衝撃波を成形力とした金型を要しない逐次成形法である。これまでレーザーの照射条件に対する変形特性を調査してきたが、本法ではレーザーの走査方法も成形性に影響する。そこで走査方法の変形特性への影響を把握すべく、走査速度と走査回数を変化させて板曲げ実験を行い、成形性の変化を調べた。
AM4 11:10~	カラーイメージングによる表面粗さ測定法の開発 -品質工学による測定系の最適化-	光科 上席研究員 中野雅晴	一般研究 科研費	表面粗さの評価で使われてきた目視等の官能検査は、短時間で広い面積を検査できる一方で、定量的な品質管理が困難であることが課題である。本研究では、試料表面の色を高精度にイメージング測定することで、巨視的な表面粗さの違いを短時間で定量測定する方法の確立を目指している。本報告では、安定的かつ高感度な測定を実現するために、品質工学のパラメータ設計手法を用いて測定系を最適化した結果について示す。
AM5 11:30~	マイクロプリズムアレイによる図形投影光学素子の設計・検討	光科 上席研究員 志智亘	新成長戦略研究	マイクロプリズムアレイは、異なる傾斜角を持つ微細なプリズムがアレイ状に配列された光学素子であり、これに光を通すことで図形パターンを投影することができる。本発表では、設計したマイクロプリズムアレイによって投影される像のぼやけ具合と明るさのむらについて評価し、マイクロプリズムアレイの投影性能について報告する。

浜松工業技術支援センター研究発表会プログラム

午後の部

令和4年3月8日 13時から 15時

	発表タイトル	発表者	研究種類	概要
PM1 13:00～	装飾用3価クロムめっき皮膜の評価解析	材料科 研究員 長田貴将	受託研究	有害物質の規制強化に伴い、6価クロムめっきの使用が制限されると予測されるため、環境規制に対応した3価クロムめっきへの代替が検討されている。本発表では、装飾用3価クロムめっきについて、電子線マイクロアナライザ(EPMA)による元素分析、走査型電子顕微鏡(SEM)による表面・断面の観察、X線回折装置(XRD)による構造解析、キャスト試験機による耐食性試験の評価結果を報告する。
PM2 13:20～	材料評価・解析における技術継承を目指した技術資料集の作成 ー判定・判別が難しいFT-IRデータの読み方ー	材料科 上席研究員 吉岡正行	一般研究	製品の不良不具合原因の調査解析では、各種試験や分析によって取得したデータを既知データと比較して、最終的な判定・判別、同定・帰属等を行う。それが困難なケースとして、取得したデータに類似するデータが複数存在する場合がある。このことが、この分野における技術継承の難しい理由の一つとなっている。FT-IR分析等における類似データの判定・判別の手助けとなるポイントやコツを記した資料集を作成したので紹介する。
PM3 13:40～	X線を利用した鉄鋼の硬さ測定法の注意点	材料科 研究員 小粥基晴	受託研究	X線を利用した鉄鋼の硬さ測定法は、測定面に傷がつかないことや試料調製が不要であることから、製品の品質管理での利用が期待されている。しかし、試料の表面形状や加工変質層が、測定値に与える影響について情報が少ないため、利用が進んでいない。本発表では、表面形状等が異なる試料の測定値の変化について報告する。
PM4 14:00～	計測用X線CTの活用事例	機械電子科 上席研究員 太田幸宏	技術支援	本センターの計測用X線CTは、主に非破壊で製品内部の状態を観察することを目的として利用されている装置である。本装置は、それ以外として寸法測定や製品内部の欠陥の解析なども行うことができる。今回、アルミダイキャスト製品の寸法測定および欠陥解析を行った事例を紹介する。
PM5 14:20～	非接触三次元ひずみ・変形測定機及び適用事例の紹介 ー自動車樹脂部品熱変形及びプレス機変形測定への応用ー	機械電子科 上席研究員 長津義之	一般研究	本センターの三次元ひずみ・変形測定機は、主として3Dスキャンによる寸法測定及び設計データとの形状比較を目的として利用されている装置である。当該装置は、DIC(デジタル画像相関法)によって、ひずみ分布測定も可能である。今回、装置の概要と自動車内装樹脂部品(ドアトリム)の恒温槽内での熱ひずみ測定、プレス成形加工における加工機及び金型の変形測定へ適用した事例を紹介する。
PM6 14:40～	車載機器 EMC テストサイトを紹介します ーアンテナ照射試験が垂直100V/mで20MHzから試験可能ですー	機械電子科 上席研究員 上野貴康	技術支援	本センターで実施している車載機器のEMC試験について紹介する。CISPRやISO等、国際規格に準拠している車載機器EMC試験の概要と、その中で当センターが他試験機関と差別化を図っているアンテナ照射試験等について、試験データを交えて紹介する。また、車両メーカーが要求する独自試験に対応できる項目にも少し触れる。

新成長分野発展に貢献する軽量高強度材料（CFRP）の 高効率成形技術の確立

繊維高分子材料科 上席研究員 鈴木重好

【目的】

世界の自動車業界に対する環境・燃費規制など、エネルギーを有効に活用する技術が重要であり、材料の軽量化は各産業に共通するキーテクノロジーである。

炭素繊維強化複合材料（CFRP）は、その優れた軽量・高強度特性から、近年は、高級EV車などへ採用され始めているが、大量生産のための成形時間短縮が喫緊の課題となっている。本研究は、県の新成長産業戦略研究の一つで、CFRPの高効率成形技術を確立することにより、上記課題を解決することを目的とする。

【方法】

本研究は、平成21年より活動している浜松地域CFRP事業化研究会が取り組むCFRP成形技術の開発を支援することで、研究会会員企業をはじめとする地域企業がCFRPを用いた新製品の開発に利用できる環境整備を目指している。

CFRPの高速成形に必要な3つの基盤技術（基材テープの製造、通電抵抗加熱成形、トランスファ成形）を確立し、製品設計に必要な機械物性等の基礎データを収集する。昨年度からの3年間で、アルミダイカストと同等の強度を有するCFRPをハイサイクルで成形する技術開発を行っている。

【結果】

本年度までに、中間基材となるUDテープの最適製造条件を確認し、高品質（ボイド率5%以内、厚さ100 μ m以下）のUDテープを高い生産効率で作製できるようになった。また、このUDテープを数センチメートルに細断したチョップドUDテープを金型内にランダムにばら撒き、熱プレス成形により厚さ2mmのCFRP板を作製し、曲げ強度を測定した。

本プロジェクトではこれらの基礎データを会員企業に提供するとともに、通電抵抗加熱成型による成形、及びトランスファ成形に応用し、製品形状への適用を検討していく。

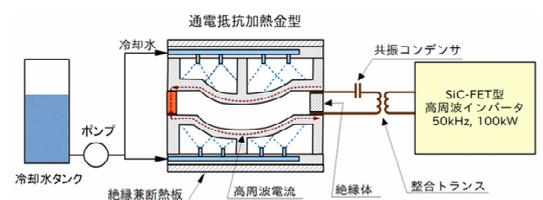


図1 通電抵抗加熱成型

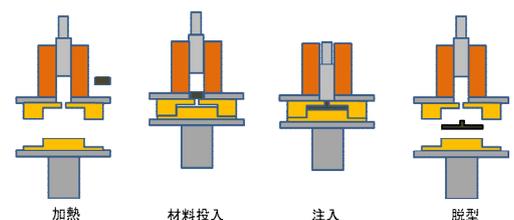


図2 トランスファ成形

新成長分野発展に貢献する軽量高強度材料（CFRP）の 高効率成形技術の確立

～UDテープ製造技術の確立～

繊維高分子材料科 主任研究員 森田達弥

【目的】

炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は優れた軽量高強度材料として注目されているが、炭素繊維に樹脂を含浸させる専用の装置や加工時間が必要で、生産コストが高い。技術支援している浜松地域CFRP事業化研究会はCFRP製品の普及を図るため、短時間成形が可能な熱可塑性樹脂を用いたCFRP成形技術の開発に取り組んでいる。しかし、熱可塑性樹脂は粘度が高く、樹脂を繊維に含浸させることが難しいため、短時間成形するには、予め繊維に樹脂を含浸させた成形材料が必要となる。本発表では研究会が開発中の成形材料製造装置（UDテープ[※]製造装置）（図1）の加工条件を検討したので報告する。

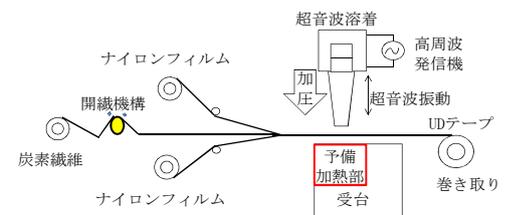


図1 UDテープ製造装置

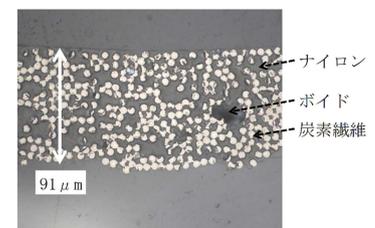
※Unidirectional tape：繊維の方向が一方向にそろっているテープ

【方法】

フィラメント数24000本の炭素繊維と厚み15 μ m、幅30mmのナイロンフィルムを用い、UDテープ製造装置の条件（超音波溶着機の振幅率と加圧荷重、加工速度、開織や予備加熱）を変えてUDテープを作製した。UDテープの断面を撮影し、画像解析によボイド率とUDテープの厚みから最適加工条件を検討した。

【結果】

振幅率と加圧荷重が高いほどボイド率は低くなり、UDテープの厚みも薄くなった。さらに、開織と予備加熱することでボイド率が下がり、UDテープの厚みも薄くなった。開織と予備加熱を付加し、振幅率70%、加圧荷重170N、加工速度13mm/sでUDテープを作製した結果、ボイド率5%以下、厚み100 μ m以下のUDテープが作製できた（図2）。



振幅率70% 荷重170N 開織と予備加熱付加 送り速度13mm/s時

図2 UDテープ断面写真（×500）

レーザーピーンフォーミングにおける走査方法の影響

光科 上席研究員 鷺坂芳弘

【目的】

サブナノ秒マイクロチップレーザーを用いたレーザーピーンフォーミングによる板曲げを考案した。本法はレーザー誘起衝撃波を成形力とした金型を要しない逐次板材成形法である。これまでレーザーの照射条件に対する変形特性を調査してきたが、本法ではレーザーの走査方法も成形性に影響することが分かっている。そこで走査方法の変形特性への影響を把握すべく、走査速度と走査回数を変化させて板曲げ実験を行い、成形性の変化を調べた。

【方法】

水中にて板材試験片表面に集光したマイクロチップレーザーの線走査を繰り返すと、図1のように照射面を凸とする方向に板が湾曲して曲げ加工が成される。走査速度と走査回数を変化させて加工し、曲げ角を測定した。レーザーパルスの照射密度が一定となるよう、走査回数は走査速度に反比例するように選択した。試験片には純アルミ（板厚 0.8mm）、純チタン（板厚 0.15, 0.2mm）を用いた。

【結果】

走査速度 v に対する形状の変化を図1、曲げ角 θ の変化を図2に示す。 θ は高速走査ではほぼ一定となるが、低速では著しく減少した。効率よく成形するには v を一定以上とする必要があるといえる。類似の現象は他のレーザーでも確認されており、レーザーや材料に関わらない現象と考えられる。照射痕の重ね方が成形性に影響したと推定されるが、このメカニズムの解明は今後の課題である。

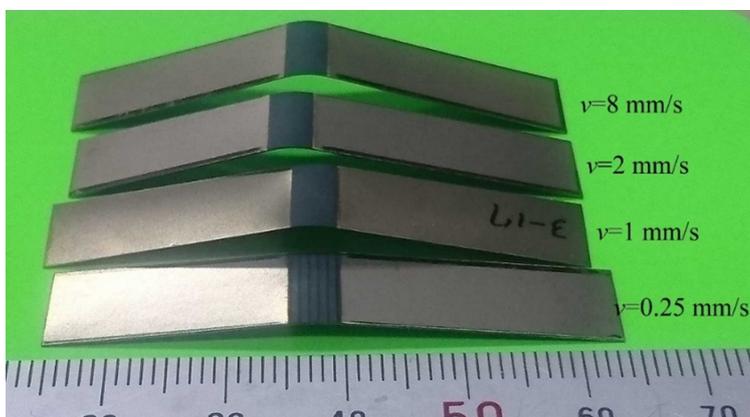


図1 走査速度による形状の変化

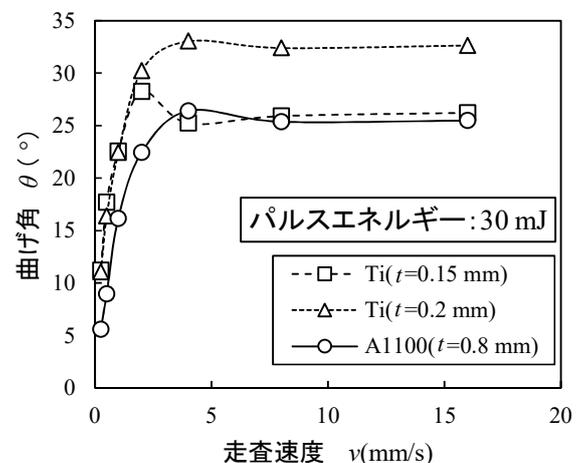


図2 走査速度による曲げ角の変化

カラーイメージングによる表面粗さ測定法の開発 ～品質工学による測定系の最適化～

光科 上席研究員 中野雅晴

【目的】

製造現場では短時間で広い面積の表面粗さを評価する手段として、人間による官能検査（目視や触診）が使われてきた。しかし、官能検査は、専門的な技能を有する検査員が必要で、同一基準での定量的な品質管理が困難である。そこで、本研究では、試料表面の色を高精度にイメージング測定することで、巨視的な表面粗さの違いを短時間で定量測定する方法の確立を目指している。本報告では、測定ばらつきが少なく安定的で高感度な測定系を実現するために、品質工学のパラメータ設計手法を用いた事例について紹介する。

【方法】

本方法では2次元色彩計で試料表面をイメージング測定し、各画素の測色値（XYZ表色系）をxy色度図にマッピングしたときの拡がり幅の違いを利用して表面粗さを推定する（図1）。この色分布の拡がり幅に影響を与える因子を、品質工学のパラメータ設計手法を用いて調べた。測定ばらつきを与える誤差因子として測定環境の明るさとレンズの収差等を取り上げ、直交表実験を行った。SN比と感度を計算し、誤差因子の影響を受けにくく、かつ高感度な測定系の構成を推定した。

【結果】

放電加工面の試料において、粗さパラメータであるSa（輪郭曲面の算術平均高さ）は、0.6 μm ～6.2 μm の範囲で色分布の拡がり幅と線形関係が認められた。光源の色と撮像レンズの種類は、測定感度に大きな影響を与えることが分かった。また、平行光の照明により測定ばらつきを抑えることができることを確認した。測定系を最適化することで、SN比と感度が共に7db改善した。

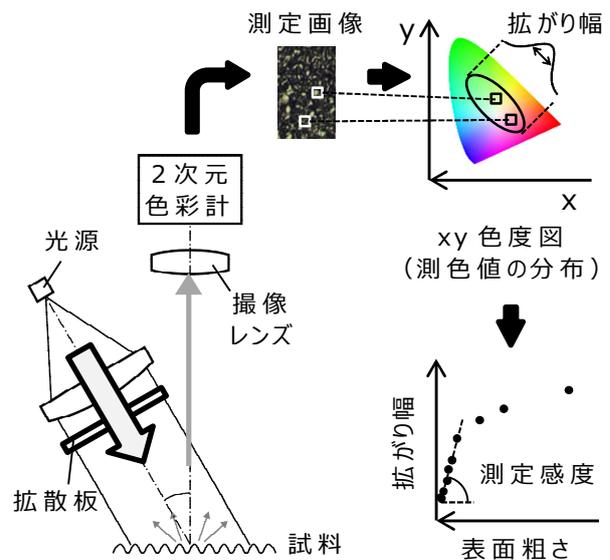


図1 測色による表面粗さ推定の概略図

マイクロプリズムアレイによる図形投影光学素子の設計・検討

光科 上席研究員 志智 亘

【目的】

マイクロプリズムアレイ (MPA) は異なる傾斜面を持つ微細な矩形プリズムを二次元アレイ状に配列した光学素子であり、これに光を通すことで図形パターンを投影することができる (図1)。MPA の設計では、所望の図形パターンを投影するために、プリズムの傾斜面の傾斜角と回転角を最適化する。MPA が投影する像は微小なプリズムが投影する像の集合として表現される。従って、一つ一つのプリズムがどのような像を投影するかは、MPA が投影する像の品質を決める要因の一つである。本取り組みでは MPA を構成するプリズムの、傾斜面の傾斜角と回転角が変化したときに、プリズムが投影する像はどのように変化するかを調べる。

【方法】

矩形プリズムが投影する像を、回折理論をもちいた数値計算により求めた。矩形プリズムの大きさは $0.08\text{mm} \times 0.08\text{mm}$ 、屈折率は 1.526 とした。入射する光は傾斜角 0 度に対して垂直な方向に伝播する平面波とし、像を投影するスクリーンまでの距離は 1000mm とした。プリズムの傾斜角と回転角をパラメータとして計算した。

【結果】

図2は傾斜角を 0 度 (左) と 40 度 (右)、回転角はどちらも 0 度とした時のスクリーンに投影される像の光強度分布を計算した結果である。図より傾斜角が大きいと、像が大きくなり非対称になることがわかる。このことは、MPA を構成するプリズムの傾斜角が大きくなると MPA の投影像はある方向にぼやける傾向があることを示唆している。発表では回転角を変化させた場合についても報告する。

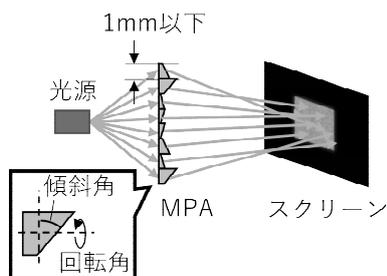


図1 矩形像を投影する MPA 光学系

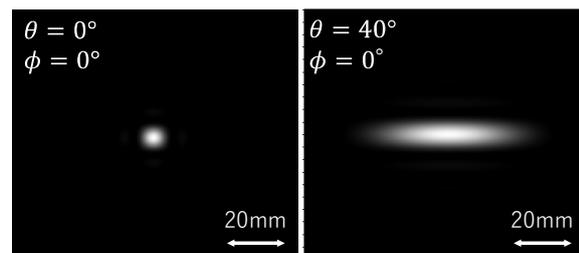


図2 傾斜角 θ と回転角 ϕ の傾斜面を持つ矩形プリズムがスクリーンに投影する像の光強度分布

装飾用3価クロムめっき皮膜の評価解析

材料科 研究員 長田貴将

【目的】

輸送機器向けの表面処理として利用される装飾用クロムめっき皮膜は、一般的にめっき液に毒性のある6価クロムを含むことから、使用削減が要求されている。代替として毒性の低い3価クロムを使用するめっき液が検討されているが、従来のクロムめっき皮膜との色調の違いやコスト面の問題等により実用化が進んでいない。3価クロムを使用するめっき液への代替は早急に望まれているため、導入や量産時に必要な様々なデータを取得し代替を進める必要がある。

本研究では、これら装飾用クロムめっき皮膜に関する知見を蓄積することを目的として、めっきの開発や品質管理の際に用いられる元素分析や表面観察、輸送機器製品に重要な耐食性等の評価を行った。

【方法】

試料には、6価クロムを含有しためっき液により作製しためっき皮膜(A)、3価クロムを含有しためっき液により作製した2種のめっき皮膜(B、C、ただしBとCは液組成が異なる)を用いた。電子線マイクロアナライザ(EPMA)による元素分析、走査型電子顕微鏡(SEM)による表面・断面の観察、X線回折装置(XRD)による結晶構造の評価解析、キャス試験機による耐食性評価を行った。

【結果】

SEMによる表面観察結果を図に示す。A、Bの粒子径は共に直径数nm~数十nmだった。Aは粒子が均一に分布していた。Bは粒子が100nm~200nm程の集合体となり表面に凹凸を形成していた。Cでは粒子径がA、Bより大きく直径約100nmだった。A、B、Cは装飾用クロムめっき皮膜であるが、それらの表面形態は異なることが分かった。

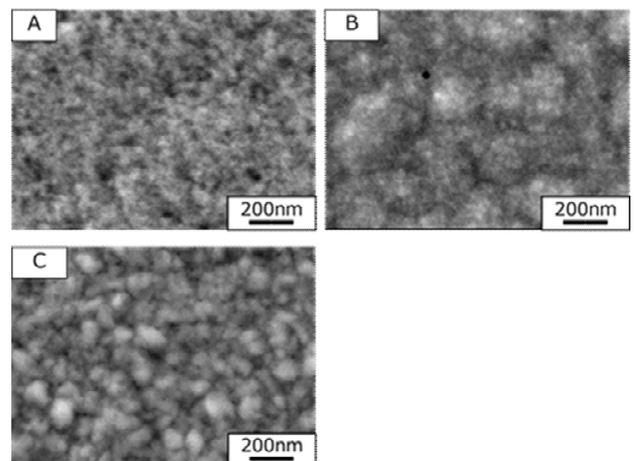


図 表面観察結果

材料評価・解析における技術継承を目指した技術資料集の作成 ～ 判定・判別が難しい FT-IR データの読み方～

材料科 上席研究員 吉岡正行

【目的】

材料評価・解析に必要なスキルの中でも、最も難易度が高くかつ技術継承が難しいのは、例えば異物分析の結果(データ)に対して、それがどういったものであるか(同定、帰属、分類等)と、そこから何が言えるか(判定、推定・推測、考察等)である。そこで本研究では、各技術分野の担当がこれまでに培ったスキルを発揮して取得した知見・情報の有効活用と科内での技術継承の促進・支援のため、評価解析事例にポイントやノウハウ・コツを盛り込んだ技術資料集を作成した。

【方法】

科員それぞれの担当業務や得意分野に関連した技術に関する評価解析事例について、説明文を MS-Excel で作成した共通の様式(1行に1項目)の「Sheet1」に入力した。それらは同じ Excel ファイルの「Sheet2」以降の Sheet にリンクさせ、関連するデータ・画像を加え、技術資料として説明(ポイントやノウハウ・コツ等)を盛り込んだ。

【結果】

PET(ポリエチレンテレフタレート)と PBT(ポリブチレンテレフタレート)の判定・判別のための FT-IR 分析の例を図に示す。PET 及び PBT は広範囲・多分野で使用されているポリエステル系プラスチック材料であり、汎用では PET が多いが輸送機器部品には PBT の方が多く使用されている。両者の赤外吸収スペクトルは一見酷似しているが、点線枠で囲んだ数ヶ所の波長域の吸収ピークの差異(形状・特徴)から、判定・判別が可能である。

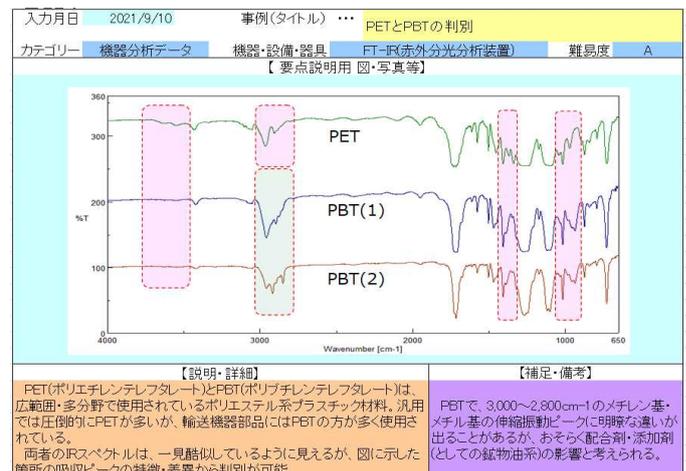


図 PET と PBT の判定・判別 (FT-IR 分析)

FT-IR(赤外分光分析)をはじめとする機器分析及び金属材料に関する試験等について、約 80 件の評価・解析事例・項目を掲載した技術資料集を作成した。

X線を利用した鉄鋼の硬さ測定法の注意点

材料科 研究員 小粥基晴

【目的】

X線を利用した鉄鋼の硬さ測定は、非破壊・非接触で硬さを測定でき、破壊できない金型など様々な製品の硬さ測定での利用が期待されている。

本手法は、X線回折測定で得られた半価幅とビッカース硬さから求めた換算式を使用して硬さを算出する。そのため試料の加工方法による半価幅の変化は、硬さの測定結果に影響を及ぼすと考えられている。今回は、鉄鋼の表面形状や加工方法の違いによる加工変質層が半価幅に与える影響について検討した。

【方法】

試料は、SUJ2の①受け取りのまま材、②調質材を用いた。(a)エンドミル加工2種(粗さが異なる)、(b)砥石切断、(c)鏡面研磨の各加工を行い、試料の表面粗さを調整した。表面粗さは接触式表面粗さ計、半価幅はX線残留応力測定装置で評価し、調質材の加工変質層は、断面を切り出し走査型電子顕微鏡で観察した。

【結果】

各試料の表面粗さと半価幅の関係を図1に示す。受け取りのまま材の半価幅は、表面粗さが大きくなると最大1.1deg程度拡大した。調質材では、Ra0.2 μ m以上で半価幅が同程度であった。調質材の砥石切断及びエンドミル加工後の加工変質層を図2に示す。加工変質層は、いずれの加工でも10 μ m程度であった。半価幅は、試料の表面粗さよりも加工変質層の影響を大きく受けることが示唆された。

X線を利用した鉄鋼の硬さ測定における注意点として、製品の加工方法ごとに硬さと半価幅の換算式を作成する必要があることが分かった。

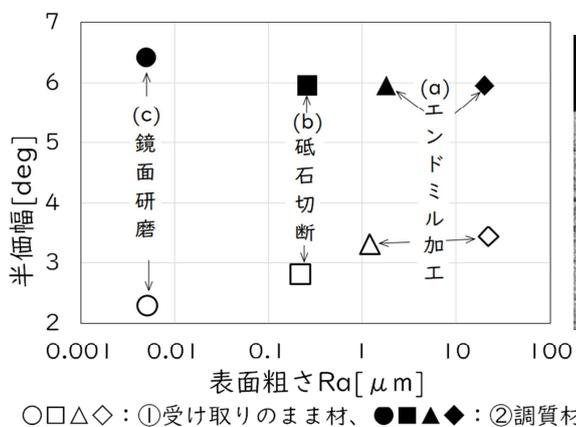


図1 表面粗さと半価幅の関係

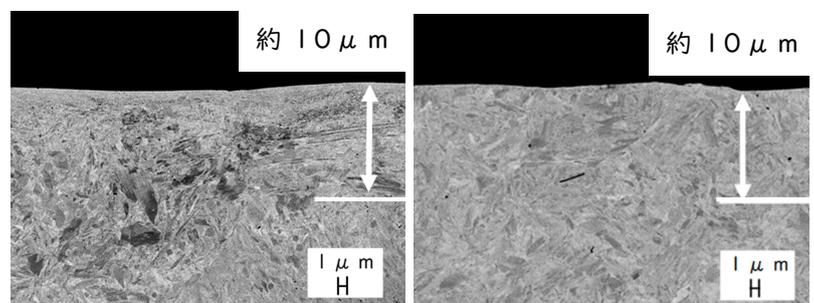


図2 調質材の加工変質層

計測用 X 線 CT の活用事例

機械電子科 上席研究員 太田幸宏

【目的】

本センターの計測用 X 線 CT は、非破壊で製品内部の観察に利用されることが多い装置である。それ以外に、3D CT 像の STL データへの変換、寸法計測や製品内部の欠陥の解析なども行うことができる。今回、アルミダイキャスト試料を対象に STL データ化、寸法計測および欠陥解析を行った事例を紹介する。

【方法】

計測用 X 線 CT で、図 1 のアルミダイキャスト試料の 3D CT 像を作成し、そのデータを使用して、以下の計測を行った。

1. 試料と空気の境界に面を定義し、その面上に大きさの異なる三角形のメッシュを張って STL データに変換し、それぞれを重ねて形状の比較
2. 定義した面に、平面や円錐をフィッティングさせ、固定穴の位置計測および試料の寸法計測
3. 定義した面内部の欠陥解析を行い、大きさ毎に色づけされた欠陥を 3D 像を半透明にすることでその位置の可視化（図 2 参照）および欠陥の体積比率を計算

【結果】

計測用 X 線 CT で作成した 3D CT 像は、品質確認として形状計測や欠陥解析、また、STL データに変換することで 3D CAD データとの比較に使用できることを示す。



図 1 試料外観(写真)

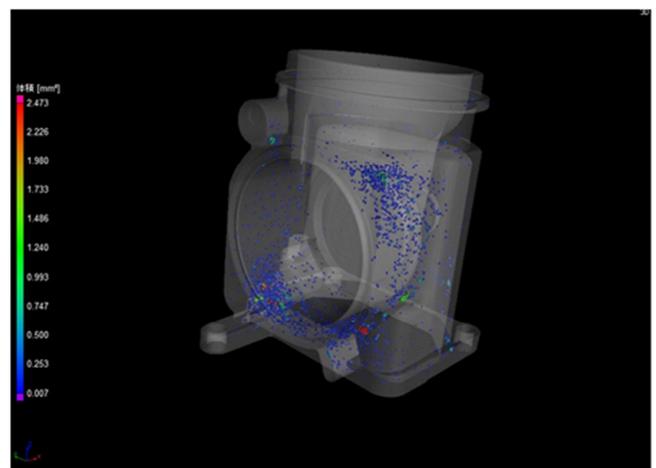


図 2 試料内部の欠陥(解析画像)

非接触三次元ひずみ・変形測定機及び適用事例の紹介 ～自動車樹脂部品熱変形及びプレス機変形測定への応用～

機械電子科 上席研究員 長津義之

【目的】

本センターの非接触三次元ひずみ・変形測定機(ATOS Core)は、主に3D形状測定を目的として広く利用されているが、DIC(デジタル画像相関法)による変位及びひずみ分布も測定可能である。今回、装置解説とDICの適用例として、恒温槽内の自動車内装用樹脂部品及びプレス加工機の変形測定の事例を紹介する。

【方法】

(1)恒温槽内の自動車内装用樹脂部品(ドアトリム)熱変形測定

恒温槽(ETAC HIFLEX、 $-40\sim 120^{\circ}\text{C}$ 、 $1000\times 1000\times 800\text{mm}$)のガラス窓にATOS Core500(範囲 $500\times 380\text{mm}$ 、GOM社)を固定した。大きき口 1000mm 弱のドアトリムを、実車同様に治具で固定し、槽内に設置した(図1)。槽内温度を常温から 120°C 加熱及び保持後、常温まで冷却し、ドアトリムの変位及びひずみを測定した。DICツールとして、(1)、(2)ともにARAMIS(GOM社)を用いた。

(2)プレス機変位測定

プレス機(加圧能力 1500t)の対象各部にポイントマーカースールを貼付し、変位測定を実施した(図2)。計測は、ARAMIS 3D CAMERA(範囲 $1230\times 790\text{mm}$ 、GOM社)を用い、カメラの最大フレームレートの 100Hz で撮影した。

【結果】

恒温槽内の測定によってドアトリム各部の熱変形及びひずみ分布が計測された。また、プレス加工時の加工機及び金型各部の変位が確認された。

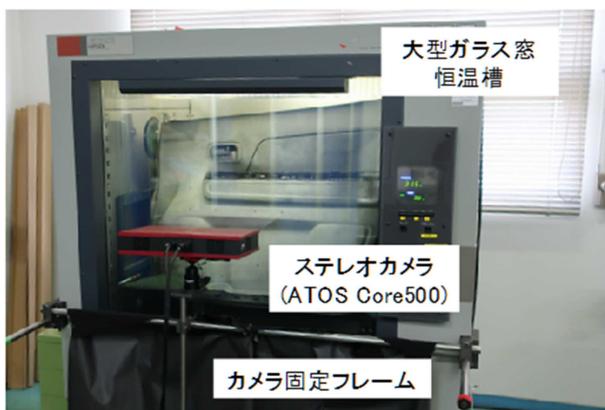


図1 恒温槽内ドアトリム熱変形計測の様子

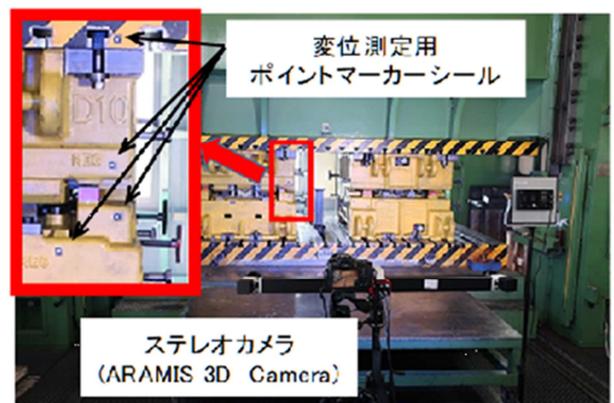


図2 プレス機変形測定の様子

車載機器 EMC テストサイトを紹介します

機械電子科 上席研究員 上野貴康

浜松工業技術支援センターの車載機器 EMC テストサイトは自動車部品に特化した EMC（電磁両立性）試験を実施している。

イミュニティ（電磁耐性）試験では、低周波（～225MHz）領域で 5 kW という高出力なアンプを有しており、アンテナ照射試験においては垂直偏波、100V/m の電界強度で 20 MHz から試験が可能となっている（図 1 及び図 2）。

今回の発表では、当サイトで実施している試験項目の概要、及び試験データを紹介しますとともに、車両メーカーが要求する独自試験に対応できる試験項目についても少し触れながら紹介する。

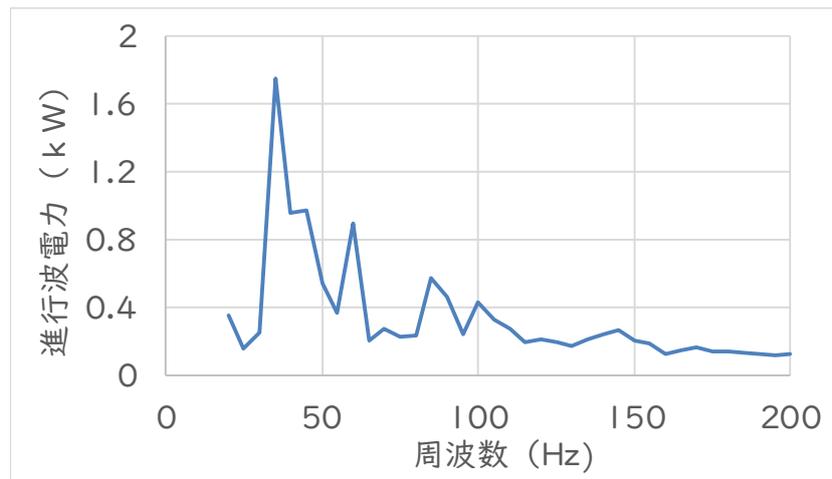


図 1 100V/m 印加時の進行波電力

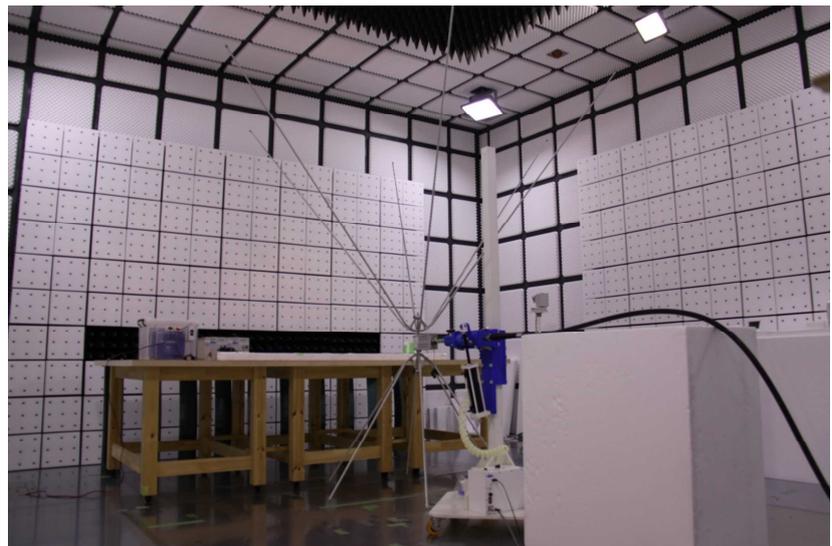


図 2 20 MHz からのアンテナ照射試験