

【ノート】

【令和4年度 先端技術等調査研究事業】

アーム式デジタイザの測定ノウハウ確立及びデータ品質評価

篠塚 慶介、伊藤 利憲、益田 佳奈
企画・事業推進部

近年、製造業の現場でも、DX(デジタルトランスフォーメーション)による生産性・品質向上、コスト削減などが期待され、多くの企業がこの手法に注目している。その一方、宮城県内企業におけるものづくりの現場では、DXやその基盤となるデジタル技術の導入が積極的に進まず、その有用性が検証できていない場面も見受けられる。そこで、本研究では、弘進ゴム(株)と協力し、ものづくり現場でのデジタル技術活用の有用性を調査・検証することとした。具体的には、樹脂成形用金型を三次元デジタル測定したデータを用いて金型の不具合検査を行い、測定ノウハウの確立およびデータ品質の評価を行った。

キーワード: DX(デジタルトランスフォーメーション)、アーム式デジタイザ、金型の不具合検査

1 緒言

近年、様々な製造業界でDX(デジタルトランスフォーメーション)が注目されている。経済産業省でも中小企業のDX活用を推し進めるため、ガイドライン「デジタルガバナンス・コード2.01¹⁾」を発行した。その中で、DXは、データやデジタル技術を使って製品や業務、組織そのものを変革し、競争上の優位性を確立することと定義づけ、企業価値向上のために推進すべきものとしている。

宮城県内のものづくりの現場に目を向けてみると、多くの企業がDX導入による生産性・品質向上、コスト削減などの効果に期待を寄せている。その一方で、既に製造ラインが確立し、安定した生産を恒常的に行っている工場などでは、生産体制を変更する難しさから、DXやその基盤となるデジタル技術導入が進みづらく、その有用性が検証できていない現状もある。

そこで、本研究では、ゴム・ビニル製品の製造・販売を主力事業とする弘進ゴム(株)(以下「弘進ゴム」という。)亙理工場と協力し、ものづくりの現場、特に既存の製造ラインにおけるデジタル技術活用の有用性を調査した。

2 調査内容

弘進ゴムが樹脂製長靴の量産工程で運用している成形用金型を、当センターが所有するアーム式デジタイザ(VECTORON VMC8000M/東京貿易テクノシステム(株))を用いて三次元測定し、コンピューター上で不具合検査を行えるか検証した。

2.1 測定方式

本研究で使用したアーム式デジタイザは、多関節アームの先端に取り付けた非接触レーザーキャナーと有接触プローブを用いて、測定対象物の三次元座標データを取得できるものである(図1)。



図1 アーム式デジタイザ

非接触レーザーキャナー(定点の再現性: 2σ : 0.060 mm)と有接触プローブ(定点の再現性: 2σ : 0.019 mm)はそれぞれ測定用途に合わせて交換しながら使用する。非接触レーザーキャナーは複雑な三次元形状を素早く測定することに向いている(図2)。有接触プローブは平面や円筒などの単純形状を精度良く測定することができる。

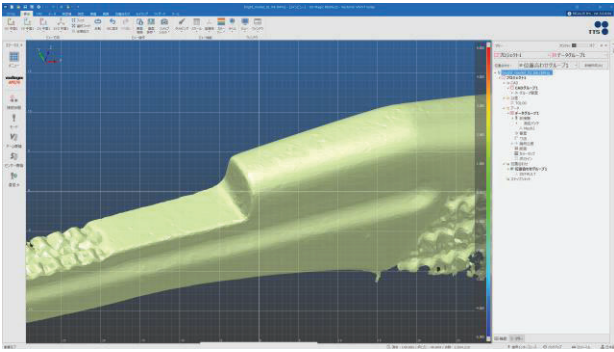


図2 取得データの例

2.2 測定対象

弘進ゴムが宮城県亘理工場では樹脂製長靴生産のために運用している射出成形用金型の一部を測定した。

本金型で生産される製品は業務用途向け樹脂製長靴のものである。本製品を一足分(両足分)生産するためには12個の金型が使用されている(図3)。また、本製品は22.5 cmから30.0 cmまで、0.5 cmピッチでサイズ展開(全16サイズ)されており、非常に多くの金型が工場内で運用・管理されていることが分かる。

今回はそれらの内、生産数が多く、射出成形を繰り返したことによる変形や摩耗などの影響が大きいと考えられる26.0 cm、26.5 cm、27.0 cmの金型・計36点を測定対象とした。

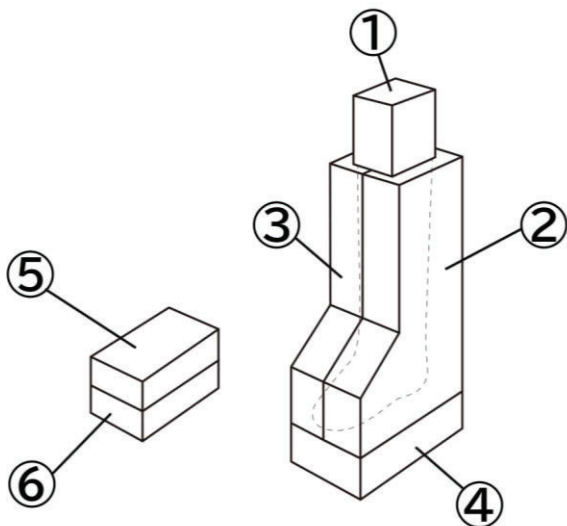


図3 測定対象である金型の模式図(片足分)

2.3 測定方法

弘進ゴム亘理工場内にアーム式デジタイザを設置し

て、三次元測定を行った(図4)。

精密加工を必要としない一般的な工場は、温度変化や外光の影響が大きく、三次元測定に向いていない環境であることが多い。そのため、気温の変化や日光の差し込みが比較的少ない時期に測定に取り組んだ。

金型は、入り組んだ形状である意匠部分(樹脂が流れ込む部分)や嵌合面を非接触レーザー scanner で、単純形状である成形機への取り付け面を有接触プローブで測定した。

測定中は、工場内の気温の変化に注視し、本アーム式デジタイザが許容する温度変化の範囲内で測定作業を続けた。

測定した三次元データはソフトウェア上で不具合検査を行うため、三角ポリゴンデータ形式(STL形式)に出力した(図5)。出力したデータには、重複した三角ポリゴンや、不要な三角ポリゴンなどのノイズデータがあるため、リバースエンジニアリングソフトウェア「spScan」(東京貿易テクノシステム(株))を用いてノイズ除去を行った。



図4 工場内での測定風景



図5 出力した三角ポリゴンデータの例

2.4 不具合検査の方法

三角ポリゴンデータ形式で出力された金型データを、3D測定データ用検査ソフトウェア「Gom Inspect」(GOM社)を用いてデジタル上で組み付け、型締め時の状況を仮想的に再現して、干渉箇所や隙間などを検査した。なお、本検査方法では型締めしたときに起こる金型の歪みは再現されていない。

不具合検査は、予め想定される金型の不具合が起こりうる原因を以下の4つの要素に分解し、それぞれの状態をデジタル上で再現して行った。

- ① 図面寸法を基準に組み付け(金型外寸の評価)
- ② 金型の分割面を基準に組み付け(分割面全体の評価)
- ③ 金型の意匠面を基準に組み付け(パーティングライン段差の評価)
- ④ 位置決めピンを基準に組み付け(位置決めピンの評価)

各金型をデータ上で組み付ける方法はベストフィット²⁾と呼ばれる手法を用いた(上記①を除く)。ベストフィットは検査基準となるデータを三次元座標上で拘束し、誤差が最小となる位置に対となるデータを移動する手法である。今回は、ベストフィットの基準とするデータ範囲を②から④で示した範囲に限定した(部分ベストフィット)。また、対となるデータ同士がそれぞれの要素内に入り込むことを禁止することで、金型の型締りを仮想的に再現した(図6)。

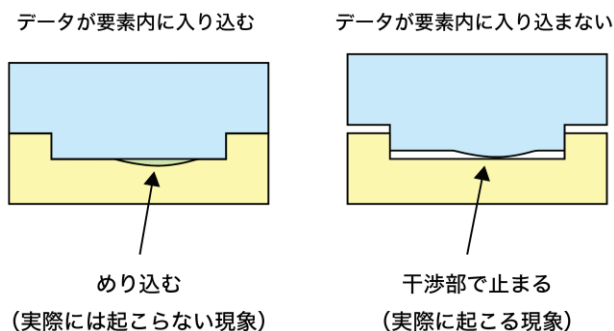


図6 データの組み付け方法

型締めを行ったデータは、境界面でカラーマップ(対となるデータとの寸法誤差をカラーマップで図示する手法)を①から④の条件でそれぞれ作成し、金型の干渉部や隙間をデータ上で確認した(図7)。

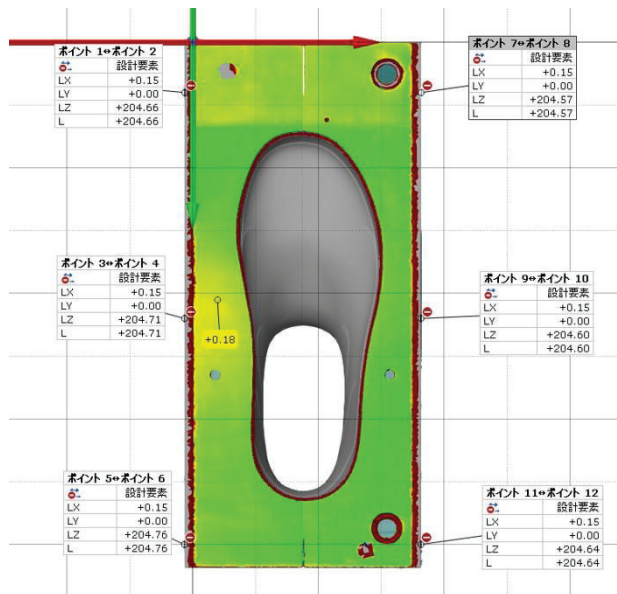


図7 カラーマップの表示例

3 検査結果

2.4 不具合検査の方法に記した①～④の手順で検査を進めた結果、以下の内容が明らかになった。

- ・ 三次元測定に向いていない条件下での測定であったが、気温や日光の影響が最小となる環境を整えることで、不具合検査に活用できる品質のポリゴンデータを取得することができた。
- ・ サイズ26.5 cm、27.0 cmの金型のうち、靴底成形用の金型の嵌合部に最大で0.2 mm程度の経年劣化が原因と考えられる隙間が見られたが、成形に影響が出ていないことを確認できた。加えて、金型の型締め時のガイドとなる位置決めピンの摩耗と傾きも確認でき、金型修理のための情報を得ることができた。
- ・ 一部の金型で、成形機に固定する側を基準に分割面の寸法を測定すると、数値に多少のバラつきが見られた。これは、プレス圧が不均一な状態で成形されている可能性を示している。今後、成形に与える影響について詳細な調査が必要である。

4 結言

今回測定した樹脂製長靴の金型は大型かつ定期的に量産ラインで運用されているため、工場外に持ち出

すことは事実上できない状況であった。しかし、金型を保管・運用している工場内で三次元測定を行う測定ノウハウを確立し、適切な測定を行ったことで、量産ラインを長時間止めることなく、不具合検査に活用できるデータを取得することができた。

また、工場内での三次元測定には、現地の状況を事前調査し、機器の運搬計画及び経路確保、アース付きの電源の確保(測定ノイズを避けるため)、十二分にハイスペックな制御用パソコンの準備(データ処理にかかる時間の短縮)、気温変化や日光の差し込みへの対策(データ品質の向上のため)等、測定準備を十分に行うことの必要性を確認できた。

今回、既に経年変化の影響がある金型のみを測定したが、新品(使用前)の金型の三次元データを取得し、それと比較することで、金型の寿命や修理時期の予測など、保守管理にも有効であると考えられる。

地域企業のものづくり現場では、DXやデジタル技術に関する有用性の検証が進んでいない現状も一部見られたが、本研究を通して、量産スケジュールに大きな影響を与えることなく、それらを活用できる場面があることを確認できた。本研究を一つのきっかけに、今後、DXやデジタル技術の活用の分野が広がっていくことを期待したい。

謝辞

本事業を進めるにあたり多大な御協力を頂きました、弘進ゴム(株) 横山尚弥氏、水戸樹氏、千葉一世氏、佐藤隆一氏に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 経済産業省、デジタルガバナンス・コード2.0、2022、p.1-2
https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/investment/dgc/dgc2.pdf (参照2023-4-18)
- 2) 田村正篤、3D-CAD データと非接触測定点群データの照合技術. 精密工学会誌. 2017、Vol 83、No8、p.732
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjspe/83/8/83_732/_pdf (参照2023-5-15)