

ものづくりにおける生産性向上に関する研究（第2報）

— CMMによる検査プロセスの自動化 —

鏑木哲志・中村哲也・狩野幹大・小谷雄二*

Study on productivity improvement in manufacturing

— Automation of inspection process by CMM —

Tetsushi KABURAGI, Tetsuya NAKAMURA, Motohiro KANO, Yuji KOTANI

ものづくりにおける生産性向上を図るため、三次元測定機（CMM）による検査プロセスの自動化を試みた。CMMでの測定により得られる座標情報を基にCAD上での作業で製品の寸法評価を効率化する手法を開発した。実際の検査に適用したところ、製品の寸法の検査時間を大幅に短縮する効果を確認した。

キーワード：三次元測定機、生産性向上、自動化、CAD

To improve productivity in manufacturing, an automation of the inspection process with a coordinate measuring machine (CMM) was investigated. We developed a method to get the size evaluation of products from coordinate information by CMM. It was found that this method significantly reduces the time required to evaluate the size of products.

Keywords : CMM, productivity improvement, Automation, CAD

1 まえがき

我が国では、少子高齢化に伴う労働人口減少が深刻な問題であり、労働生産性の向上が重要な社会的課題である。ものづくりの分野では、これまで我が国の高い技術力を支えた熟練技能者の高齢化が進み、その優れた技能の後世への伝承が十分に行われておらず、我が国の優位性が失われつつある中、その対策が急務となっている。

我が国が目指す社会のあり方である Society 5.0 では、人口知能、ロボット及びIoTなど、生産性を劇的に向上させるイノベーションの実現が必要とされる¹⁾。この実現にはIT化が必要不可欠であるが、中小製造業における多くの生産現場では、直接業務以前に間接業務においてもIT化が進んでいないのが現状である²⁾。

このような背景の中、我々は生産プロセスへのIT活用に向けた取組に注力している。

具体的には、手作業を主体とする作業の機械化や熟練作業者の勘と経験のセンサによる数値化等のIT手法を実際の生産プロセスに適用し、改善を図る取組である。この取組において、実際の現場でのIT化への動機付けには、身近な具体的事例での成功体験が最も有効となる。

本研究は、身近な検査装置であるCMMの検査の自動化による生産性向上を目的とする。第1報³⁾では、検査対象製品の2-D CADデータからCMMの測定プログラム作成に必要な座標情報を抽出させ、その情報に従いCMMを動作させる仕組みの開発とその効果について述べた。本報では、CMMでの測定により得られる座標情報を基にCAD上での作業で製品の寸法評価を効率化する仕組みの開発について述べる。本開発手法では、CMMから出力された座標情報をCADにて読み込み、幾何要素の計算に用いる座標値を選択して計算を行い、その結果から寸法を評価しテキストデータとして出力する。これにより、検査作業の大幅な生産性向上を可能とし得る結果について報告する。

2 CMMによる検査の自動化

2.1 自動化の基本構想

検査に使用する CMM はミットヨ製 Crysta Apex C121910 である。制御ソフトウェアは MCOSMOS Ver. 3.2 である。CMM はワークに接触子を接触（プロービング）させた際の座標を読み取り、寸法や形状等の評価を行う。

CMM の測定作業の自動化の基本構想を図 1 に示す。図は製品 2 次元 CAD の平面図であり、左側面の 2 点 E1 及び E2 をそれぞれのアプローチ点 S1 及び S2 から測定を想定する。アプローチ点 S_i 及び終了点 E_i として、それぞれの座標値を CAD により抽出し、CMM で変数として扱える形式にテキストデータ化する。CMM ではこのテキストデータを読み込み、アプローチ点及び終了点が認識される。この一連の作業を CAD にて行う。

CMM での測定により得られる座標情報を基に CAD 上での作業で製品の寸法評価を行う基本構想を図 2 に示す。一般的な CMM による寸法評価では、線や円等の幾何要素計算は CMM の動作ソフトウェア内の機能にて行われる（CMM プロセス）。この作業では、作

業者が全ての幾何要素に対して手作業での指示を行うことが必須となる。測定結果の出力についても同様である。図 1 の仕組みにて座標値を自動で取得しても、この幾何要素計算に係る手作業の削減は不可となる。そこで、手作業での幾何要素計算の作業を簡便にするため、CAD 上のクリック作業で上記と同様の作業を行う仕組みを開発する（CAD プロセス）。CAD にて座標情報を読み込み、幾何要素の計算に用いる座標値を選択してそれを行い、その結果から寸法を評価しテキストデータとして出力する。このテキストデータは、最終的な報告書に扱い易い形式とすることにより、一連の検査作業の効率化が可能となり生産性が向上する。

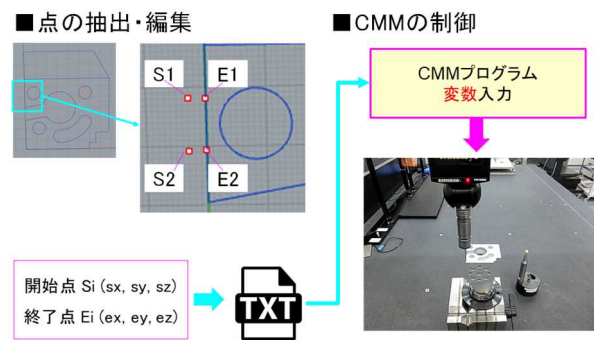


図 1 CMM の自動化の基本構想

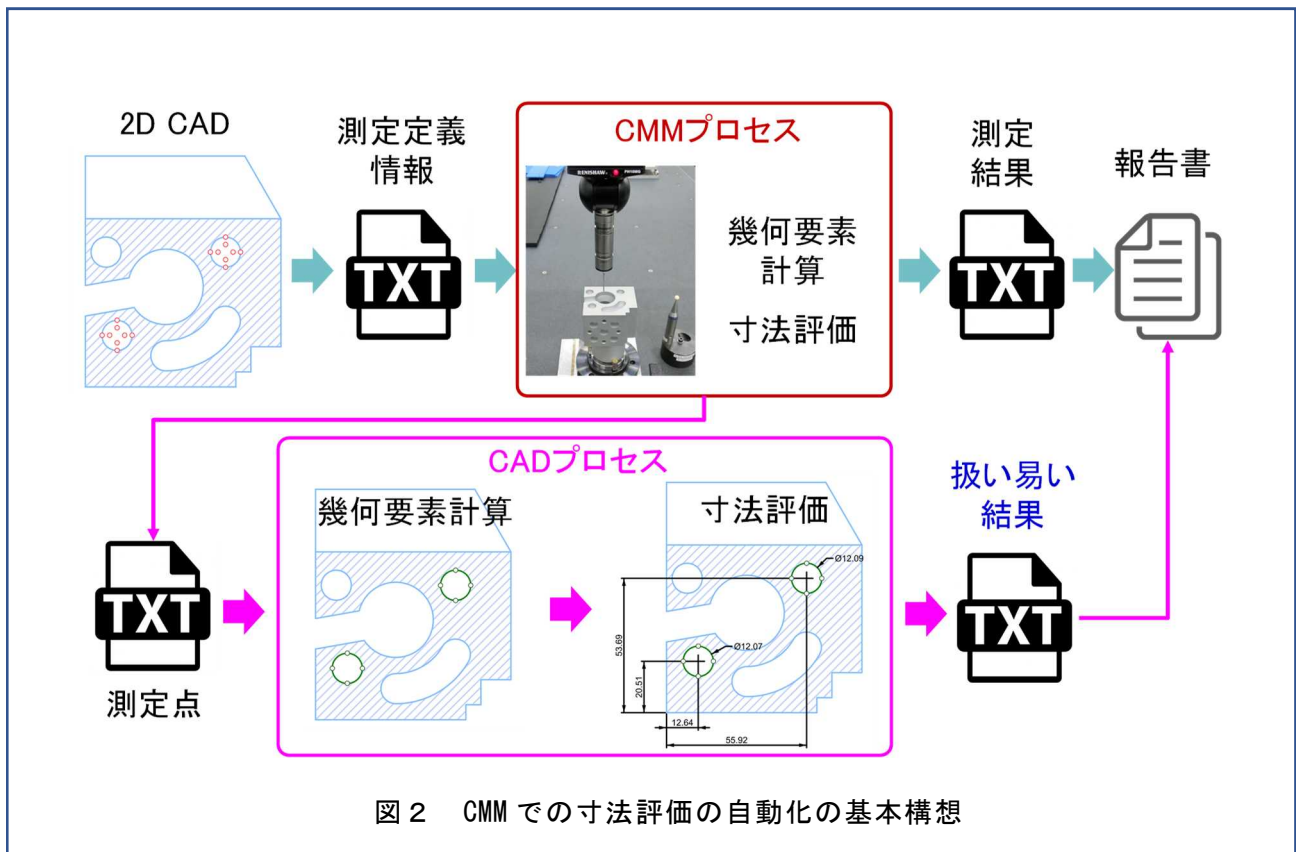


図 2 CMM での寸法評価の自動化の基本構想

2. 2 CAD ソフトウェア

2次元 CAD データからの座標抽出に用いる CAD ソフトウェアはアプリクラフト製 Rhinoceros 5 である。本ソフトウェアを使用する理由は、点の抽出等の機能（コマンド）をユーザで独自に開発できるためである。本ソフトウェアには開発ツールが提供されており C++や Python 等のプログラム言語でコマンドを作成できることが特徴である。

3 CAD プロセス

3. 1 CAD プロセスの処理手順

CAD プロセスの処理手順を図 3 に示す。処理は、測定点、幾何要素計算、寸法評価及び出力の順に行われる。各処理の内容は次のとおりである。

(1)測定点

CAD にて評価を行うための座標情報（測定点）を準備する。測定により得られた座標情報を CMM からテキストデータで出力させる。形式は CAD が対応可能な形式である CSV やタブ区切り等の一般的なものとする。

(2)幾何要素計算

線や円等の幾何要素の計算を行う。評価対象の円（図中緑の円 2箇所）それぞれについて、その構成点をクリックにて選択する。構成点数は任意で設定可能である。選択した点について最小二乗円が自動で計算される。線についても同様である。

(3)寸法評価

計算された幾何要素に基づき寸法を評価する。CAD の標準機能により幾何要素の選択はクリックで行うことができる。要素間の距離や円の直径等に必要な幾何要素を選択することにより、寸法が自動で計算される。

(4)出力

寸法評価結果をテキストデータで出力する。小数点以下の桁数は任意に設定可能である。出力順は現状選択順であるが、これも任意に設定可能である。

3. 2 CAD プロセスの優位性

本手順のコマンド作成には Python を用いた。その理由は、機能のライブラリが豊富に準備されていること、構文がわかりやすいこと及び言語としての信頼性が高いことである⁴⁾。各処理にて任意に設定を行うことができることにより、最終的な報告書作成にて扱い易い評価結果を得ることが可能となる。

従来の CMM プロセスでは、幾何要素の測定を測定手順で定義し、得られる結果は設定した評価結果のみである。測定点情報等の幾何要素計算に用いる生データは特別な処理を行わない限り作業者は目にすることはない。測定で何らかの異常点が発生した場合、それは評価結果に反映されるが、どの測定点がそれに相当するかの判断は不可能であり、その合理的な対策を講じることは困難である。本 CAD プロセスでは、寸法評価をあたかも 2次元図面を書くかのように行うことができることから、視覚的に測定での異常を容易に識別することが可能となる。異

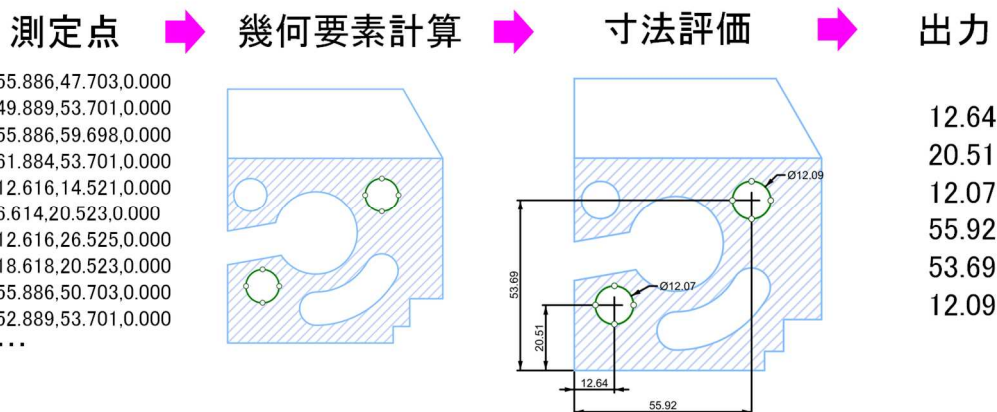


図 3 CAD プロセスの処理手順

常の原因への対策や評価での異常点の排除等を行うことにより、作業の効率化を図りそれに要する時間の短縮を図ることができる。

この寸法評価に係る作業について、従来の CMM プロセスでは CMM のソフトウェアで行わざるを得ないため、その間は CMM が停止することが生産性低下の要因であった。CAD プロセスでは、寸法評価を CMM とは別の PC で行うことから、CMM を停止させることなく検査を行うことが可能となり、生産性向上を図る手段となり得る。

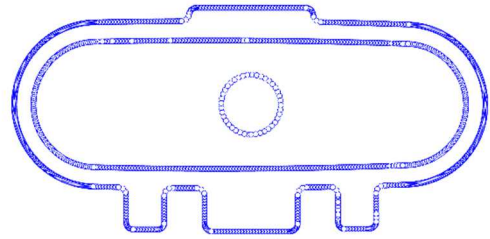
4 CAD プロセスの効果

開発した CAD プロセスの効果を確認するため、実際の製品の寸法評価に適用した。対象製品は丸い角を持つ長方形断面の筒形状のものである。外周に微細な凹凸形状があり、角部の R が厳密に指示される。本製品は CMM での測定では難易度の高いものであり寸法評価に長時間を要す。CMM での測定により断面の座標情報(測定点)を取得し、CAD プロセスにて寸法評価を実施した結果の例を図 4 に示す。

3 章で述べたとおり、2 次元図面を書くかのように寸法評価を行うことができるため、微細で複雑な凹凸形状を視覚的に確認しながら幾何要素の当てはめが可能となり、従来の CMM プロセスと比較して作業性が格段に向上する。作業に要する時間は、従来手法と比較して 30%以上短縮し得る成果を得た。

本手法は、属人的な作業を CAD (IT) で置換する。本手法の利点は前述のとおり視覚的にわかりやすいことであり、CMM 及び CAD の未経験者でも取扱いが容易である。そのため、未経験者の即戦力化が可能となり、人手不足の問題に対して効果的なツールとなる。このように生産プロセスに IT を活用することは、これまでにない人の活躍の場の拡大が期待され、今後のものづくりに必要不可欠となると考える。

測定点



寸法評価

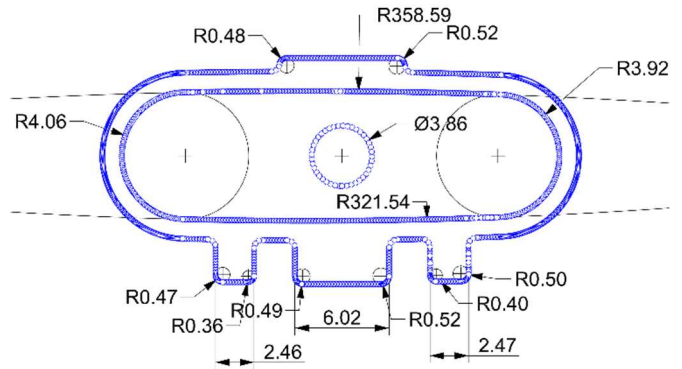


図 4 CAD プロセスによる寸法評価

5 まとめ

ものづくりにおける生産性向上を図るため、CMM による検査プロセスの属人的作業を CAD により置換する手法を開発した。本開発手法は CMM 及び CAD の未経験者でも検査にて生産性向上を図ることを可能とした。

本手法はプログラムの知見があれば開発可能なものであり、広く普及することでものづくり全体の生産性向上が期待できる。

文 献

- 1) 第 5 期科学技術基本計画、内閣府(2019)
- 2) 中小企業・小規模事業者の IT 利用の状況及び課題について (平成 29 年 3 月), 中小企業庁(2018)
- 3) 鏑木哲志ほか: 平成 30 年度群馬県立産業技術センター研究報告, ものづくりにおける生産性向上に関する研究(2018)
- 4) 三井和男, Rhinoceros×Python コンピューショナル・デザイン入門, 彰国社(2016)