

ものづくりにおける生産性向上に関する研究

— 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の測定プログラム作成に必要な座標情報を製品の2次元CADデータから抽出する手法を開発した。実際の検査に適用したところ、測定プログラム作成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 coordinate information necessary for CMM measurement program from 2-D CAD data. It was found that this method significantly reduces the time required to create the measurement program

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。

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。この取組から、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である。

本研究では、身近な検査装置であるCMMの自動化に向けた手法の開発を行った。これまでのCMMでの検査プロセスでは、手作業によるティーチングが主体であり、作業の属人性による生産性低下が問題である。本開発手法では、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。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 測定プログラム作成の自動化

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。このプロ

ーピングの制御には、図1に示すとおり測定開始となる開始点と接触点となる終了点の座標値が必要となる。従来のプログラム作業では、作業者が図面から座標値を読み取り、1点ずつ手作業で入力する。本作業の自動化の基本構想を図2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。開始点Si及び終了点Ei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、開始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。

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Rhinoceors5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。

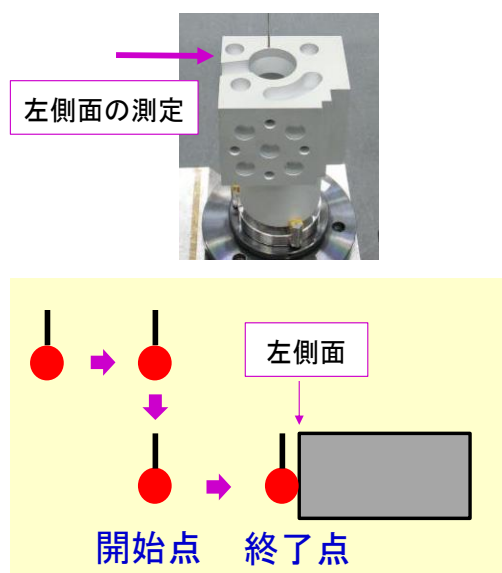


図1 測定の開始点と終了点

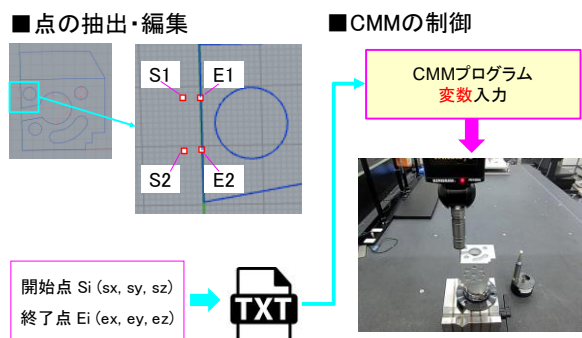


図2 CMMの自動化の基本構想

2.3 座標値抽出手順

図3に示す曲線(カーブ)に測定に必要な開始点及び終了点を発生させる手順を以下に示す。

(1)コマンドの選択

カーブの種類によりコマンドを3種より選択する。3種は、①両端には点を発生させない、②片側の端のみに点を発生させる、③両端に点を発生させるにより選択する。①は通常の辺、②は円など閉じた(クローズしている)辺、③は別の辺と連続的につながる辺を想定する。

(2)カーブの選択

点を発生させるカーブをクリックにて選択する。

(3)アプローチ方向の定義

選択したカーブに対してアプローチする方向をクリックして設定する。

(4)オフセットカーブの作成(自動)

選択したカーブをアプローチの方向にオフセットしたカーブを作成する。図3(b)では赤色のカーブである。オフセット距離は測定のアプローチ距離となりコマンド内で任意に設定可能である。

(5)点の発生

測定に必要な点数を入力し、オリジナル及びオフセットカーブそれぞれに点を発生させる。図3(c)では5点の例である。

(6)座標値のテキスト出力(自動)

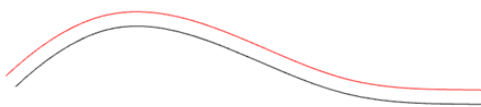
発生させたそれぞれの点のオフセットカーブ上の点を開始点、オリジナルカーブ上の点を終了点として座標値をファイル出力する。Z座標値については一定とする。

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

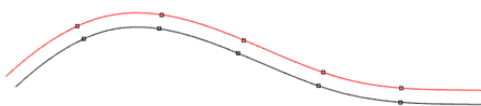
言語としての信頼性が高いことである³⁾。本報告では具体的プログラムの提示は行わないが、いわゆるプログラム作業に知見があれば、コマンドの作成は比較的容易である。



(a) オリジナルカーブ



(b) アプローチ側のオフセットカーブ (赤)



(c) 開始点及び終了点の発生

図3 カーブから開始点及び終了点の作成

3 開発手法の有効性

3.1 実験方法

図1に示した直方体形状に穴が施されたワークを対象に開発手法による測定を実施した。図4にワークの平面図の2次元CADデータを示す。

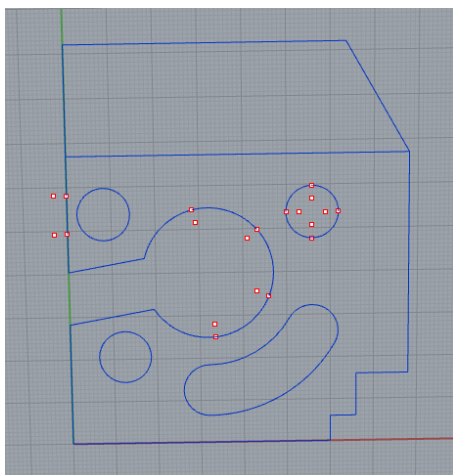


図4 ワーク平面図2次元CAD

本ワークに対して開始点及び終了点を発生させて実際に測定を行う。測定者は開発手法の有効性を評価するため、測定機及びCADに経験を有さない者とした。測定点は任意の端面や穴等の100点とした。従来手法である手作業によるティーチング作業も同様に行い、作業時間及び測定の不確かさについて比較を行った。

3.2 実験結果及び考察

開発した手法による測定の作業時間及び不確かさの改善効果をそれぞれ図5及び図6に示す。

従来手法を Hand working、開発手法を CAD とし、それぞれの手法での手作業 (Manual) と自動作業 (Auto) を示す。従来手法では全て手作業である。開発手法における手作業は CAD による開始点および終了点の抽出作業であり、

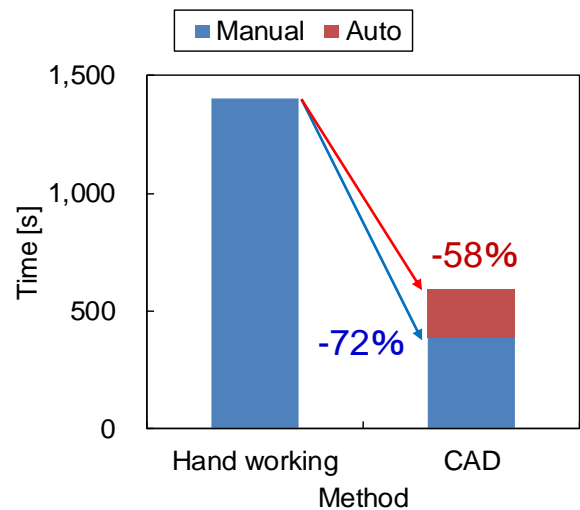


図5 作業時間の改善効果

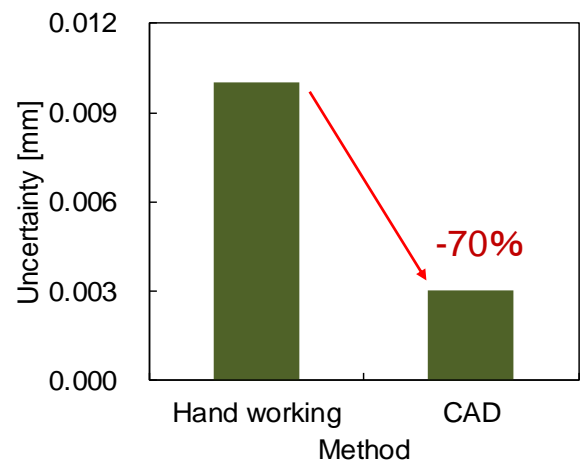


図6 測定の不確かさの改善効果

文 献

自動作業は CMM での自動測定である。図 5 に示すとおり開発手法では全体の作業時間を 58%短縮し、さらに手作業時間を 72%短縮する効果を得た。従来手法での手作業では、ジョイスティック動作でワークをプロービングすることから、操作の誤りによる接触子やワークの損傷を避けるための作業性の低下や、作業員から見えづらい位置の安全性の確認作業の増加等が要因となり、作業に多大な時間を要する。開発手法では、CAD 画面上で開始点及び終了点をクリック動作で作成でき、その動作は CAD に基づくことから安全に動作することが保証されるため、作業効率が大幅に向上する。

測定の不確かさは図 6 に示すとおり 70%改善する効果を得た。従来手法の手作業でのジョイスティック動作によるプロービングでは、ワーク法線方向からのプロービング方向の逸脱や測定速度のばらつき等から不確かさは CMM の性能以上に過大となる。開発手法では、測定方向は CAD からワークの法線方向に設定され、CMM の CNC 自動作業により測定速度が一定に制御される。これにより、CMM の性能どおりの精度が実現され、不確かさが改善される。

開発手法は、属人的な作業を CAD (IT) で置換する。その結果、本検討では人生産性を 3.6 倍、測定生産性を 2.3 倍へと向上させ、測定不確かさを 70%改善した。加えて、これを達成したのが CMM 及び CAD の未経験者である。このように生産プロセスに IT を活用することは、これまでになく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。

4 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。

- 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) 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)