Development of Touch Globe for Blinds: Automation of Marking using an Industrial robot

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00050344

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



Copyright © 2016 JSPE

視覚障害者向け触れる地球儀の開発
（ロボットによるマーキング作業の自動化）

金沢大学　○浅川直紀

Development of Touch Globe for Blinds
(Automation of Marking using an Industrial robot)

Kanazawa university Naoki ASAKAWA

Reduction of calculation time of tool path generation for complex 3D models is an important issue in development of CAM applications.In this study, tool dependent progressive mesh is applied for the models which are represented by meshes.This method maintaines history of symplification of the 3D model with hierarchical structure.3D model can be refined and simplified by using the tool dependent progressive mesh. Therefore, the tool path is safely generated with reduced number of meshes appropriately to reduce calculation time. In this paper, the method and culculated path are evaluated.

1. はじめに

現在一般の地球儀を用いて国の位置，形，大きさを認識することは視覚障害者にとって困難とされている．晴眼者にもニーズのある山岳の高低差などを誇張したタイプの地球儀も存在する[1]が，国などの地政学的情報を重視した地理学習に向いたタイプのものは少ない．視覚障害を持つユーザ向けの製品では国境などに凹凸を付け，触覚によってそれらを認識できるようにすることになる[2]が，多くの場合それらは手工業的手法で作成され，ユーザ数の問題から価格も高価になりがちである．さらに，現状の市販製品に不満を抱くユーザは多いが，個々のユーザの好みに合わせて全体のサイズや凹凸の間隔，幅などを変更して作成しようとすると完全に受注生産になるため，さらに高価になってしまう．これらのユーザに用途に合った満足のゆく地球儀を適切な価格で供給することは，特に若年ユーザの教育用途として考えた場合，大変重要であると言える．地球儀には様々な作成方法があるが，既存の球体を母材として利用する作成方法の場合，本質的には球体への表面加工であり，一般の加工機ではそもそも加工母材の保持や表面上の加工箇所の特定すら困難な状況である．

本研究では，専用の CAM を作成して個々のユーザのニーズに合わせて表面に適切な形状の凹凸を設計し，さらに適切な加工方法を考案することによりそれを低価格，短納期で自動的に加工して良質な地球儀をユーザに供給することを目的としている．本報ではその初期段階として 3D-CAD/CAM 技術ならびに産業用ロボットの制御技術を応用し，球体の保持と，球体表面上の加工箇所の正確なマーキングを行う方法を検討したので報告する．

2. マーキングの対象

本研究では地政学的情報として地球儀上に海岸線と国境を表現することを目的とする．この地球儀を触地図の一種として考えた場合，線もしくは点群によって凹凸をつける方法が考えられるが，本報では点群で海岸線や国境等を表現するものとし，加工の際はその点に合わせて穿孔しピンを挿入したり，何かを塗布することとする．点の間隔はあまり高密度では面積の小さい国や複雑な入江で境界の判断が困難になりかえって触覚を妨げるため，ある程度簡略化を行い，点字の間隔を参考として 2 ～ 3mm 程度とする．

3. システム概要

システムの概要を図 1 に示す．まず PC 上で国境緯度経度データ[3]と加工対象の球体サイズなどの加工情報から OpenCAM カーネル Kodatuno[4]を用いた専用 CAM によって加工経路を生成する．生成された加工経路からロボット動作プログラムを生成し，垂直多関節型産業用ロボット（安川電機 (株) : MOTOMAN-HP6）を動作させる．マーキングには作業テーブル上に設置されたプランジャとスタンドから構成されるマーキング装置を用い，プランジャのストロークによって球体表面に打痕をマーキングする．

一般的には工作物を固定し，工具をロボットが把持して加工を行うことが多いが，球体全域に渡っての加工の際には理論上は工具主軸の方向が緯線罫線両方向に 360° 変化する．地球儀のサイズを考慮すると，その場合はロボットに加えてロータリーテーブルなどの外部軸を用意しない限り，通常のロボットの各軸の動作

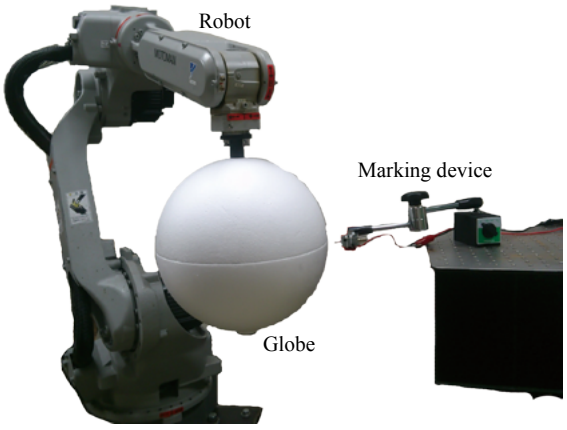


Fig. 1 Configuration of the system

範囲は容易に逸脱する．本研究では外部軸なしで加工を可能にするため，図 2 に示すように，ロボットが工作物を把持する方法をとった．ただし，この方法ではすべての点に対してツール座標系補正量が変化することになるため，一般のロボットコントローラに内蔵のツール座標系補正機能が使用できずロボットの駆動は困難になるが，本システムでは専用 CAM 内で座標系を相対的に変換することによりそれを可能とし，球体の加工の際の保持の問題を解決した．

4. 加工経路の生成

前出のようにロボットに地球儀を把持させて加工を行うが，加工精度を向上させるために，海岸線をなぞるように加工するのではなく図 2 のように相対的な工具の進行方向を緯度方向と一致させ，緯度毎に加工を行うものとする．なお，相対的な工具の位置，

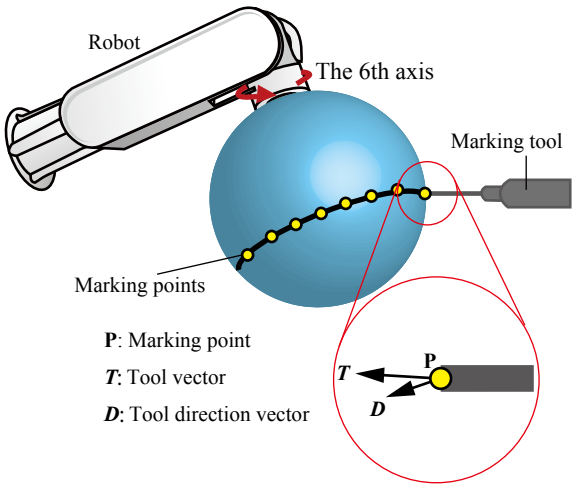


Fig. 2 Grasping of workpiece

Copyright © 2016 JSPE

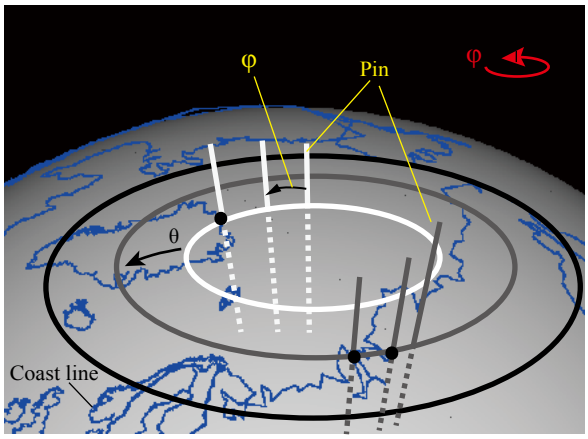


Fig.3 Pin to sort the points

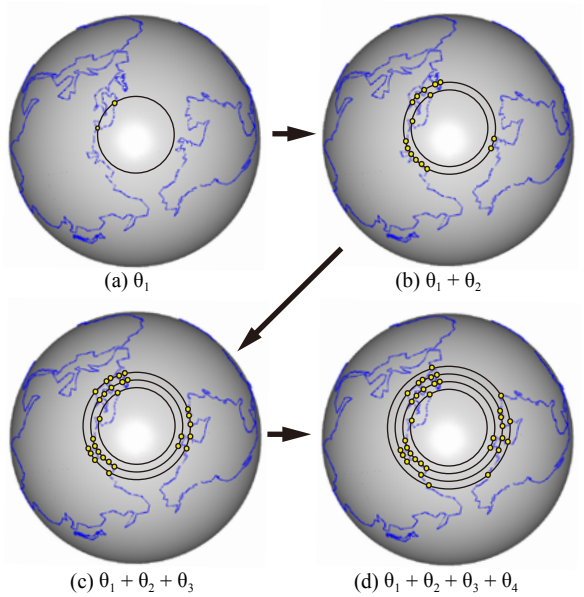


Fig.4 Generated poins according to the latitude angle

工具軸方向，工具軸回りの姿勢（同時に工具の進行方向を表す）はそれぞれベクトル **P, *T, D*** で表現される．こうすることにより，同一緯度ではロボットの第 6 軸の回転のみによって加工することができ，同時に動作する軸の数が減少するため，ロボットの動作誤差の影響も減少する．すなわち地軸に垂直な同一緯度の平面上に加工点を生成し，それを北極から南極に向かって等間隔で並べていくような加工経路を生成することを目標とする．以下に加工経路生成手順の概略を述べる

(1) 緯度経度座標系で示された地理データを，実際に加工するサイズの地球儀中心を原点とした 3 軸直交系座標系上のデータに変換する．これを初期点群データと呼ぶ．

(2) 初期点群データの点数の削減を行い，その点群を線分で結び海岸線および国境形状を形成する．

(3) 図 3 に示すように地球儀の中心に一端を固定し，自由に姿勢を変えて地表と交差する極細角柱 (以後ピンと呼ぶ) を定義する．初期状態ではこのピンが北極を貫く姿勢からスタートし，緯度方向に θ 傾け，経度方向に φ づつ回す．その際，前出の海岸線および国境を表す線との干渉をチェックし，干渉があった場合，そこを加工対象点として θ と φ を記録する．経度方向に一周したらさらに緯度方向に θ 傾け，同様に加工対象点の θ と φ を記録する．この手順により，図 4 に示すように各同一緯度の平面内で，経度方向にソートされた加工対象点の θ と φ の組が生成される．これを極座標系加工データと呼ぶ

(4) 極座標系加工データを実際に加工するサイズの地球儀中心を原点とした 3 軸直交系座標系上の位置データに変換する．これを加工点群データと呼ぶ．

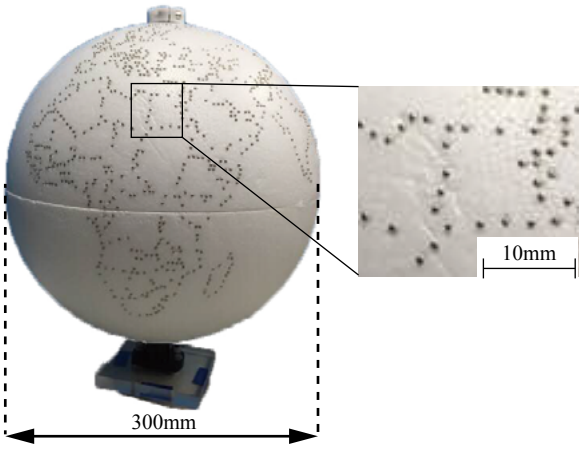


Fig. 5 Finished workpiece

(5) 加工点群データと極座標系加工データの情報から，加工経路を表す PTD データ (P: 加工点，T: 工具軸方向，D: 工具進行方向) を生成する．

(6) PTD データをロボットとマーキング装置の相対位置関係，地球儀のサイズなどの情報を用いてロボット動作言語である JBI データに変換する．

以上の手順で，目標とする加工を行う経路とロボットの動作プログラムを生成することができる．

5. 実験

作成したデータで正しくマーキングが行えるかを確認するために実験を行った．ロボット先端にスチロール球 (直径 300mm) を固定し，作業台にマーキング装置を固定して実験を行った．点数が約 1500 点，ロボットの動作速度は約 30m/s である．加工にかかった時間は約 6 時間程度であった．マーキングを行った後，目視と触覚確認のためにピン頭 1.4 ㎜，長さ 27 ㎜の虫ピンを打った．完成した地球儀を図 5 に示す．一旦加工順序を変更した影響でマーキング間隔が目標値の 3mm と異なってしまった箇所が見られるが，概ね適切な間隔でマーキングを行うことができた．また，実際に視覚障害者に触覚の評価を依頼したところ，間隔については問題なかったが母材の材質が柔らかすぎたため，もう少し硬質な手触りが望ましい，とのことだった．

6. おわりに

3D-CAD/CAM 技術ならびに産業用ロボットの制御技術を応用し，地球儀表面に凹凸加工を施すためのマーキングの自動化を行うシステムを開発し，以下の結論を得た

・地理データに基づいてマーキングを行う加工経路の生成を行うことができた．

・ロボットに球体を把持させて加工を行うことの有効性を確認した．

謝辞

本研究遂行に当たり実験を行った黒田健太郎氏，アドバイス並びに評価にご協力いただいた奥川裕理恵氏，鬼頭亮太氏，一二三吉勝氏（レハ・ヴィジョン（株)），斎藤正夫氏（(株）アクセス・テクノロジー）に謝意を表す．

参考文献

1) (株）リプルーグル・グローブス・ジャパン：山岳隆起加工，http://www.replogleglobes-japan.co.jp/choice_page.html#ryuuki_bar

2) レハ・ヴィジョン：しゃべる地球儀 , https://www.youtube.com/watch?v=pIv4D2oHIbk

3) Blue Marble Geographics : Global Mapper, http://www.globalmapper.com/

4) Kodatuno プロジェクト：http://www-mm.hm.t.kanazawa-u.ac.jp/research/kodatuno/