

高速図形処理技術とその機械製造自動化への応用

乾 正知¹

¹ 茨城大学工学部

e-mail: masatomo.inui.az@vc.ibaraki.ac.jp

1 概要

機械製品の設計や製造の自動化には、図形処理技術が重要な役割を果たしている。茨城大学では、近年性能向上が著しい Graphics Processing Unit を利用することで、複雑な図形処理を高速化する技術を開発している。本稿では、このような高速な図形処理技術のあらましと、実現した（１）加工困難形状の検出、（２）自動車部品の安全性検証、（３）最大内接球による立体の厚み評価について述べる。

2 Graphics Processing Unit の利用

Graphics Processing Unit (GPU) は、その名の示すように、PC のグラフィックス処理を高速化することを目的に開発された LSI である。グラフィックス処理では、立体を構成する全てのポリゴンや、画像の全ピクセルに対して同じ処理を一斉に施すことが多い。このような処理を高速化するために、GPU には同一機能の処理ユニット（コア）が多数搭載されている。例えば NVIDIA 社の開発した RTX-4090 と呼ばれる GPU には、CUDA コアと呼ばれる汎用的な処理ユニットが 16,384 個搭載されている。他にもシェーディングやレイトレーシングと呼ばれるグラフィックス処理専用のコアや、テンソルコアと呼ばれる深層学習用のコアが多数搭載されている。これらのコアは単体では機能が乏しく高性能と言うわけではないが、処理内容を各コアに適切に振り分け一斉に処理することで、単位時間当たりの処理量（スループット）の向上が可能となる。既にプログラミング環境やライブラリ（例えば NVIDIA 社の CUDA や OptiX 等）も整備されており、これらを利用することで、GPU の機能を利用した並列処理プログラムを比較的容易に開発できる。

GPU を用いて図形処理を高速化するためには、立体形状を単純な形状要素の集合に変換し、各要素に GPU の 1 つのコアを割り当てて、全要素に対する処理を一斉に行えることが望ましい。形状要素としては、ポリゴンを用いることが多いが、機械製造に関する処理の場合には、立体形状を格子状に配置された微小な立方体の集合と見なすボクセルモデルや、同一方向に向きづけられた直方体の集合と見なすデクセルモデルもよく用いられる。

3 実装例

GPU による高速な図形処理技術を利用して実現したソフトウェアを 3 例紹介する。

3.1 加工困難形状の検出 [1]

機械部品は切削加工で製作することが多い。機械設計者は必ずしも加工の専門家ではないので、切削加工が困難な部品を設計してしまうことがある。我々は、工場に用意されている標準的な切削工具を用いて加工シミュレーションを繰り返し行い、最後まで削り残った形状を切削加工が困難な形状として抽出する技術を開発した。切削加工の際の工具の移動経路は、部品形状と工具を逆転させた形状のミンコウスキ和により計算できる。経路にそって移動する工具により製作される形状も、工具経路と工具形状のミンコウスキ和が得られれば、容易にシミュレーションできる。切削加工用の経路生成やシミュレーションでは、ミンコウスキ

和の最上面や最下面の形状が得られれば十分である．このような形状は，GPU のデプスバッファと呼ばれる機能を用いると高速に計算できる．

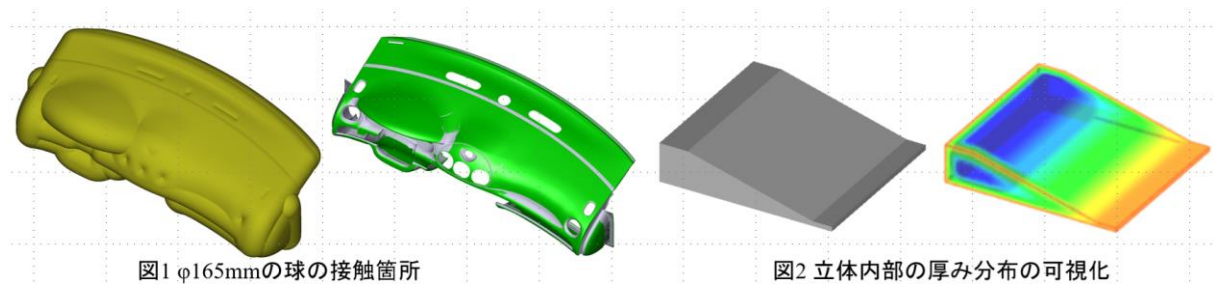


図1 $\phi 165\text{mm}$ の球の接触箇所

図2 立体内部の厚み分布の可視化

3.2 自動車部品の安全性評価 [2]

ドライバや同乗者の安全性を高めるために，自動車部品には UN-ECE と呼ばれる国際的な安全規格が定められている．例えば自動車の内装部品には，直径 165mm の球（乳児の頭部のサイズとほぼ同じ）が衝突する箇所は，半径 3.2mm 以上の丸みを与えることになっている．部品に衝突する球の中心点は，部品形状を 82.5mm 膨張させたオフセット形状の表面となる．部品形状を三角形ポリゴンで近似的に表現すると，オフセット形状は，ポリゴンの頂点に半径 82.5mm の球を，辺には半径 82.5mm の円筒形を，そしてポリゴンを上下に 82.5mm だけ移動させた板形状を配置し，それら全ての集合和にあたる形状を計算した結果となる．膨張形状を X,Y,Z 軸方向のデクセルモデルで表すこととし，各直方体（デクセル）に CUDA コアを割り当てて処理を行うと，膨張形状の高速計算が可能となる．図 1 にはこのようにして得られた膨張形状と，そこに配置された球が接触する形状を色分け表示した結果を示す．

3.3 立体の厚み評価 [3]

機械部品の厚みはその剛性と重量に関わる重要なパラメータだが，立体形状の厚みを定義する汎用的な方法はまだ規格化されていない．茨城大学では，立体内部の厚み分布を，各点を含む最大内接球の直径で表す「体積的厚み」と呼ばれる手法を開発し，計算ソフトウェアを企業へ提供している．最大内接球の中心点は立体の中立軸上に存在する．立体形状をボクセルモデルに変換し，各ボクセル中心から立体表面までの距離値を記録した距離場を計算すると，中立軸は容易に得られる．このような理由から，各ボクセルに GPU のコアを割り当て，並列処理機能を利用して距離場を高速に計算し，体積的な厚みに基づいて立体内部の厚み分布を可視化するソフトウェアを開発した（図 2）．

4 結言

GPU の並列処理機能を利用した高速な図形処理技術を開発し，機械設計や製造自動化に利用した結果を示した．今後，さらに複雑な問題への適用を進めたい．

参考文献

- [1] M.Inui, Q.Chen, N.Umezu, Improved Method for Extracting Difficult-To-Machine Shapes Using Multiple Milling Simulation Results, DETC2022-89579, ASME IDETC2022, 8 pages
- [2] M.Inui, N.Umezu, Y.Kitamura, Visualizing sphere-contacting areas on automobile parts for ECE inspection, Journal of Computational Design and Engineering, 2, (2015), 55–66.
- [3] M.Inui, S.Naganuma, N.Oki, N.Umezu, Fast Computation of Volumetric Thickness of 3D Objects Using GPU, IEEE Robotics and Automation Letters, 6, (2021), 6717 – 6724.