

## 審査の結果の要旨

氏名： 伍 鵬

伍 鵬 ( WU PENG ) 提出の本論文は「 CNC 駆動 3 D サーフェーススキャニングに適したモデルベースプランニングシステムに関する研究」と題し、全 7 章よりなり、CAD モデルデータを入力とし、自動計測プランニングによって計測パスを生成する問題を扱っている。

第 1 章では、3次元サーフェーススキャニング技術の概要を述べ、現在工業上に実際の計測フローを紹介した。現状の計測手法の問題点を指摘し、それを課題として本研究の目標・応用される分野と計測対象物について述べた。本研究に関連する先行研究として、モデルを使わない計測プランニングとモデルベース計測プランニングに関する研究紹介した。モデルベース先行研究は主に特定対象に対する内容であった。最後に、本研究と先行研究の関係を明らかにした。本研究と類似のものはなかった。

第 2 章では、本研究の課題として、3次元サーフェーススキャニングセンサと、CNC 駆動計測機の角度から議論を行い、課題の特徴を述べた。3次元サーフェーススキャニングセンサの光学特性によって生じる干渉またはオクルージョンなどが生じ、マルチ計測ポジションが存在する場合 CNC 駆動に適した最適計測パスが必要とすることを論じた。この議論から、入力として CAD モデルデータを与えられ、スキャニングシミュレータとパスジェネレータを構築し、その二つのステップの計算を行い、出力としては、スキャニングの経路を生成するというアプローチを提案した。

第 3 章では、スキャニングシミュレーションシステムについて、どのような課題が存在するかを明確にし、この問題を解決する手法を提案した。

まず最初にシミュレーションをするためのマニピュレータと、サーフェーススキャニングセンサの原理と対応したセンサモデルを構築した。構築したシミュレータはグラフィックスハードウェアを利用し、高速化を図った。このスキャニングシミュレーションシステムによって以下の手法を提案した。

- コンピュータ上にマニピュレータのモーションシミュレーション
- 計測対象モデルに測られた三角形 ID のキャプチャ。これは非測定範囲の計算に使う
- 計測対象モデルに測られた 3 次元座標データのキャプチャ
- マニピュレータと計測対象物間の干渉チェックの検出
- スキャニングセンサと計測対象物間のオクルージョンの検出

以上の手法は CPU と GPU の分担計算されており、高速かつ正確な計算ができた。このシミュ

レーションシステムをベースにして次のポジションプランニングへ進む。

第 4 章では、センサポジションプランニングについて述べた。ラフプランニングとファインプランニングの 2 段階に分けられ、ラフプランニングではセル分割というメソッドを用いてセルごとのベスト計測ポジションを計算した。ファインプランニングではラフプランニングで計測不十分だったセルに対してマルチルートのオクトリー構造で細分を行い、細分されたオクトリーのセルに対してベスト計測ポジションを計算した。そしてシミュレーションによって被計測範囲の算出を行い、このように求められた被計測範囲が充足するか、決められた細分回数まで細分を繰り返した。この 2 段階のプランニングによってセンサポジション群が求められた。

第 5 章では、計算されたセンサポジション群を繋いで最適なパスを生成する手法を述べた。まず、最適な計測パスを生成するための評価要素及び評価関数を述べた。それからセンサポジション群のクラスターリングによって子クラスタに分け、子クラスタごとのローカルの問題を効率的に解くため最適なパス生成手法を提案した。クラスタの最適なパス生成は TSP の問題となり、GA 手法を用いて高速に計算ができた。最後に各ローカルクラスタのパスを繋いでグローバルパスを計算を行った。

第 6 章では、本研究で提案した手法の実装と実験を行った。本研究のためのソフトを作り、プレス金型モデル及び車モデルなどのデータを入力してプランニングを行い、シミュレーションシステムとパスプランニングシステムによって最適な計測パスの計算ができた。メーカー側の協力を実験中の結果を述べた。

第 7 章では、本研究の成果をまとめ、総括し、今後の課題に関して論述した。

以上を総括すると、本研究は、CAD モデルデータを入力として、シミュレーションシステムとパスプランニングシステムを構築し、完全自動な計測プランニングによって高速に処理することができることを示した。主に自動車分野、例えば車ボディ、プレス金型などのモデルに応用されたと考えられ、デジタルエンジニアリングにおける 3 次元計測プランニング問題を効率的に解く手法を提案し、大きな貢献を行った。

よって本論文は博士（工学）学位請求論文として合格と認められる。