

V-Cam システムとそれによる加工応用技術の研究開発

大森 整, 林 偉民, 渡邊 裕, 惠藤 浩朗,
上原 嘉宏, 森田 晋也 (理研)

1 はじめに

現代社会を支えるものづくり加工技術は、高度化、均質化のほか、製造業全体も情報化社会の今、製品設計から製造生産までトータルの統合生産システムの研究開発が必要となっている。現在、当研究所にて開発されている Volume-CAD (VCAD) システムは、今まで広く使われているサーフェース CAD やソリッド CAD とは異なり、ものの内部構造や内部の物理属性がそのまま表現でき、CAD とシミュレーションが完全に一体化することで、専用 CAM ソフトの変換により直接加工につながるシステムが実現できる。その VCAD のもつ表現機能とシミュレーション機能を活用した Volume ファブリケーション手法を応用・検証する目的で 3 次元ナノ加工技術の開発を行ってきた。すでに実証されてきた超精密切削加工、ELID 研削加工などの加工技術を用い、加工シミュレーション、オンマシン計測やフィードバックシステムの開発により、ナノレベルでの表面精度をもつ 3 次元加工技術を確立されつつある。

本研究では、開発した V-CAM 及びナノ精度 V-CAM を応用して複雑形状金型の高精度加工などについて検討する。

2 ものづくり応用加工における VCAD の考え方

これまで、大型軽量化ミラーのように不均質な変形構造を有する構造体の機械加工について、有限要素法を用いたシミュレーションや実際の加工検証を行ってきた。さらに、Volume データにより加工対象物の内部構造や内部にある物理属性がそのまま表現できるため、不均質あるいは異種材料のナノメートルレベルの精度における機械加工においても、加工中における各ボクセルの温度、圧力、ひずみなどの状態が表現でき、光線追跡法により成形品の光学シミュレーション、光学評価までもが可能であると考えられる。

すでに実証されたナノメートル精度の加工やナノレベルの表面を創出できる ELID 研削加工技術、加工シミュレーション、オンマシン計測やフィードバックシステムの開発により、ナノレベルでの表面精度をもつ 3 次元加工技術を確立している。開発したシステムでは、与えられた加工データに対して超精密かつ多自由度の加工動作精度を保証・実現ができ、光学素子を中心に独自の加工プロセスの確立を試みている。また、Volume データ→各種シミュレーション→V-CAM→加工→成形の統合化された生産システムの構築のため、ナノメートルレベルの加工対応型 Volume-CAM (V-CAM) の開発を行い、レンズ金型の一連の生産システムを実現している。図 1 に VCAD ものづくり応用システムの概略を示す。

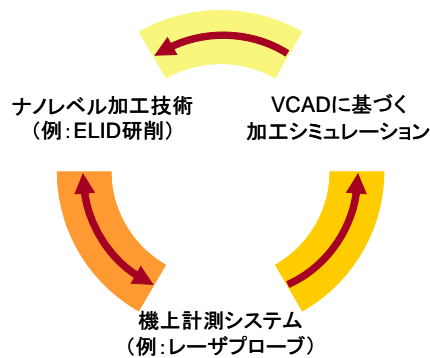


図 1 VCAD ものづくり応用システムの概略

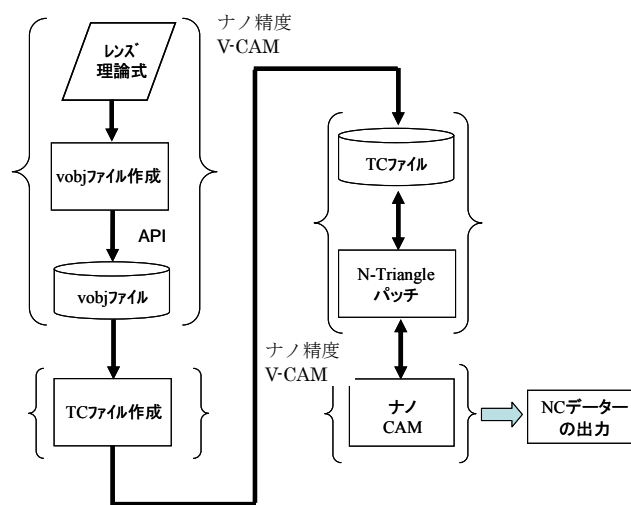


図2 ナノ精度 V-CAM フローチャート

3 V-CAM 及びナノ精度 V-CAM の開発

図 2 に V-CAM システムのフローを示す。VCAD の設計データから V-CAM に変換する場合、回転対称体ではまず①中心を通った断面を切り出し、ボクセル分割を行う。②分割したボクセルデータの補間を行い、加工曲線を作成する。更に、③工具半径 R をオフセットした工具中心軌跡を求め、工具経路を生成する。加えて、④実際加工中における工具の干渉チェックを含め、生成した V-CAM でシミュレーションを行ってから、加工機が取り扱える NC データを生成して加工を行う。

また、V-CAM の開発において 3 次元自由曲面の変換の際に、IGES データの精度が誤差を解決し、ナノ精度 V-CAM の開発を行った。ナノ精度 V-CAM ではデータ変換精度の向上を目指して、長田三角形パッチ(N-Triangle パッチ)を用いて補間する方法を取り、図 2 の様にナノ精度 V-CAM の開発を行った。そのプロセスフローは、①設計式、設計パラメーター値をナノ精度 V-CAM に入力する。②設計値を元に XY の任意の点におけるすべての Z 値を算出し、3 次元点列座標データを出力する。この点列データを用い、API 化された VCAD デ

ータフォーマットを用い、生成した X,Y,Z の形状数値点データから vobj ファイルが生成され、任意の点における座標データとベクトル値が決定される。このベクトル値を用いることによって使用する工具 R の補正を行い、加工データとして出力することが可能となる。

③ここで、V-CAM のさらなる高精度化を目的とした試みとして高精度 3 次元補間方法の 1 つである長田三角形パッチ(N-Triangle パッチ)⁴⁾を用いて補間を行うことで TC ファイルを出力し、④ナノ精度 V-CAM 内にデータを取込み取り込むことによって加工 NC データを出力する。

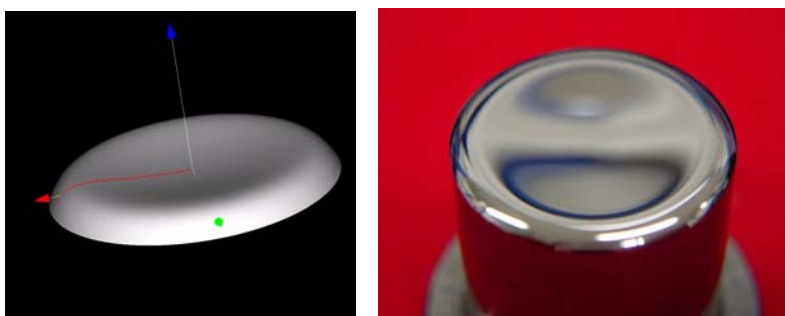


図 3 変極点を持つ非球面レンズ金型例



図 4 加工した f-θ 金型例

4 V-CAM による複雑形状加工例

開発したナノ精度 V-CAM によりいくつ加工検証を行い、複雑形状金型の加工を行った。まず、回転対称形自由曲面の加工を行った。図 3 に加工形状及び加工したサンプルの概観写真を示す。加工対象は中心が凹むように外周側にいくと凸からさらに凹むような変曲点持つ形状である。加工は超精密加工機で ELID 研作により行った。また、f-θ レンズ金型を超精密加工機にて ELID 研削で行った。図 4 に加工した f-θ レンズ金型の概観写真を示し、非常にスムーズな表面が得られた。図 5 に機上形状測定器による形状測定結果、図 6 に ZYGO NEWVIEW による表面粗さ測定の結果を示す。#4000 砥石で ELID 研作加工の加工結果は形状精度で PV0.095μm、加工面粗さでは測定範囲で PV59nm, Ra7.6nm 程度の値を得ることができた。

また，開発した回転機能つき 4 軸 V-CAM により CT スキャンで獲得した股関節骨頭部分データが読み込まれ，生成した NC データにより人工股関節骨頭の加工ができ，図 7 にその加工結果の一例を示す．

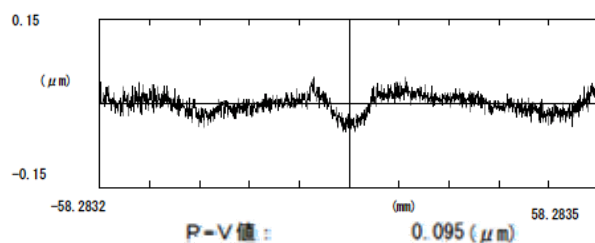


図 5 オンマシン測定ユニットによる測定結果

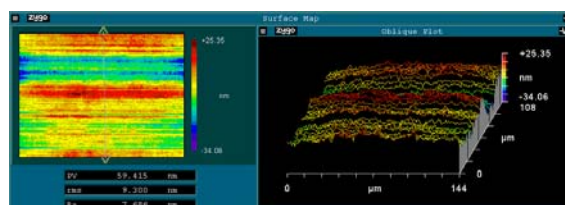


図 6 NEWVIEW による表面粗さ測定結果
(#4000 PV=59.415nm Ra=7.686nm)



図 7 4 軸 V-CAM による人工股関節骨頭の加工結果

5 まとめ

本報では，VCAD ものづくりシステムの構築の一環として，V-CAM，ナノ精度 V-CAM の開発結果を紹介し，そのものづくり精度の検証による複雑形状加工結果を示した．今後さらに V-CAM による加工適用範囲を広げ，切削，研削，研磨の対応できる高精度，多軸 V-CAM の開発及び検証加工を行う予定である．