

直観的入出力による有限要素法インタフェース補助

林 優輔† 大寺 亮†

神戸情報大学院大学 情報技術研究科†

1. はじめに

近年、コンピュータの低廉化および高性能化により有限要素法(Finite Element Method 以下 FEM と略す)が身近に使用されてきている。これにより従来までの試行錯誤による設計と比較して製品設計が安価で迅速に実行可能となった。しかし、その設計においても初期設計案を導出後、図面の作成から解析、修正案の考察を何度も繰り返す必要がある。そのため初期設計案の段階で簡易解析を行い、設計の手戻りを低減したいニーズが存在する。現在、FEM を補助するためいくつかのシステムが考案されてきている[1]-[3]。しかし、従来のソフトウェアを用いた補助システムでは構造モデル作成の時間的コストが大きい。また、従来のリバースエンジニアリングを用いた手法では専門的機材とそれを扱う技術や知識が必要とされる。従って現状の FEM では設計の初期段階における簡易解析には適さない。また、従来のディスプレイ上での結果表示は直観的ではない上、初期設計案導出でのディスカッションを考慮すると複数人を対象にした表示方法ではないという問題点もある。

上記問題に対し、本研究では、Web カメラおよびプロジェクタを用いた直観的な入出力により、初期設計案導出時の FEM 簡易解析を補助するシステムを提案する。

2. 提案手法

FEM の簡易解析の観点から、より迅速に複雑な図形を取得することを目標とし、今回はより迅速に複雑な図形を取得することから 2 次元物体を対象とした。図 1 に提案手法の簡単なフローチャートを示す。提案手法では Web カメラで解析対象から輪郭画像を取得し、解析後の応力分布コンタ図をプロジェクタで解析対象に重畳することで直観的な入出力を達成する。

(1) 寸法測定用マーカー検出

FEM においては、形状データのみならず、寸法データも入力として必要である。本研究では、

Support for Interface of FEM with Intuitive I/O

†Yusuke Hayashi, Ryo Ohtera, Department of Information Systems, Graduate School of Information Technology, Kobe Institute of Computing

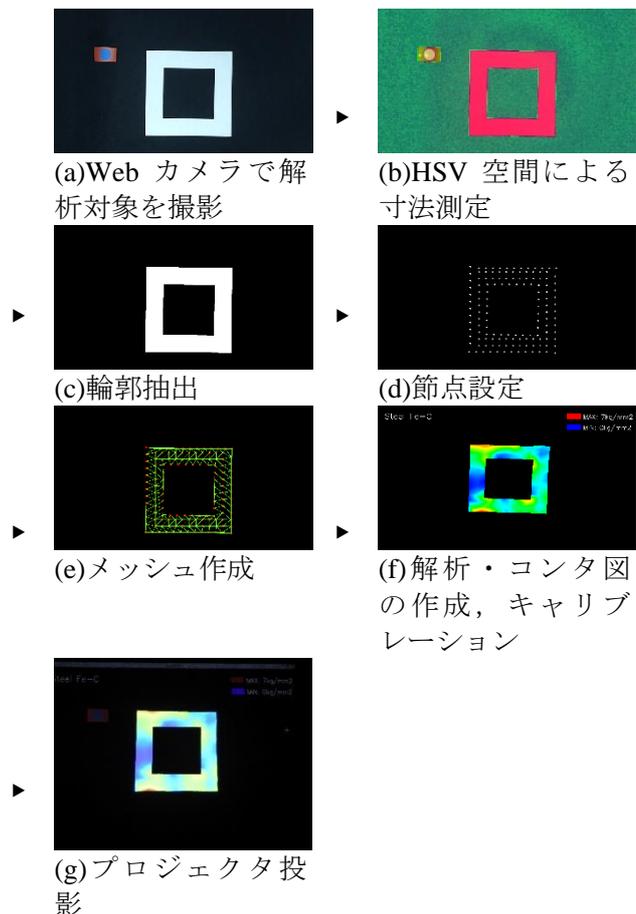


図 1 提案手法の簡易フローチャート

図 1 (b)に示すように円形のマーカーを基準寸法として被写体と共に取得画像に含めることで寸法測定を不要とする。マーカーの赤から青に変化する部分を画像内から探索し、基準寸法である青円の直径(20mm)の pixel 値を測定することで、取得画像の pixel 値から実測値へ変換を行う。なお、2 色のマーカーを用いた理由として基準円と同色の被写体が存在した場合でも基準円を判断できるようにするためである。

ここで、RGB 色空間では赤や青以外の色もノイズとして検出しやすいため、HSV 色空間に変換し検出を実施する。

(2) 被写体の輪郭抽出

本研究では、被写体の輪郭抽出手法のため OpenCV の API, 鈴木らの提案したアルゴリズム

による FindContours, ApproxPoly を用いている. FindContours は 2 値化画像から輪郭を検出し, そのリストを作成する. ApproxPoly は作成されたリストの輪郭を折れ線に近似する.

(3) 節点設定

FEM は解析対象を有限個の要素に分割した上で要素 1 つ 1 つに対して近似解を求める計算手法である. 要素は節点と呼ばれる点で複数の要素と繋がっており, 解析対象を要素に分割したものを有限要素メッシュと呼ぶ. これら全ての要素において接点を介して近似解の合成を行うことで解析対象全体の近似解を求めることが可能である. 本研究では三角形要素を用いる. 輪郭抽出によって得られた隣り合う輪郭の頂点を一定の間隔で分割し, 外部境界節点を設定する. 内部節点は予め画面に一定間隔に点を設定し, 取得した輪郭抽出画像をマスクとして輪郭抽出画像外の点を削除することで設定する.

(4) 解析

本研究では解析手法に弾性解析を行っている. 弾性解析後にプロジェクタで投影する応力分布図にはミーゼス応力の値を用いる. 応力は一般にベクトルを持つが, ミーゼス応力は方向を持たずスカラー値であることが特徴である.

(5) キャリブレーション

取得した輪郭抽出画像形状での応力分布コンタ図をプロジェクタで投影しても Web カメラとプロジェクタの焦点距離や解像度によって解析対象と投影図が一致しない. そのため, Web カメラで撮影した点をプロジェクタで投影し, 両者が一致するように取得画像に変換式を用いてキャリブレーションを実施する.

本システムでは初期設計案導出段階で CAD では作図が困難な自然物や微妙なデザインの複雑な図形に関して時間的コストをかけずに考察することが可能となる. 図 2 に自然物に対して実際にプロジェクタ投影した結果を示す.

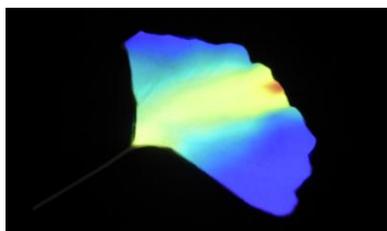


図 2 システムの解析・投影結果例

3. 実験

通常, 複雑な図形になるほど CAD 等で構造モデル作成するには時間がかかる. そこで提案手法の有効性を検証するため, 取得できる図形の

複雑度と入力から出力までにかかる時間の計測実験を行った. 図形の周囲長を L , 面積を S としたとき, 図形の複雑度 C を次式で定義される.

$$C = \frac{L^2}{S} \quad (1)$$

(1)式から同一面積であれば周囲長が大きいほど複雑である事がわかる. 無作為に選ばれた 26 種類の物体に対して, 複雑度と解析時間を計測した結果を図 3 に示す. 図に示す通り, 本システムでは図形の単純・複雑に依存せず, 非常に短時間で解析可能であることが確認できた.

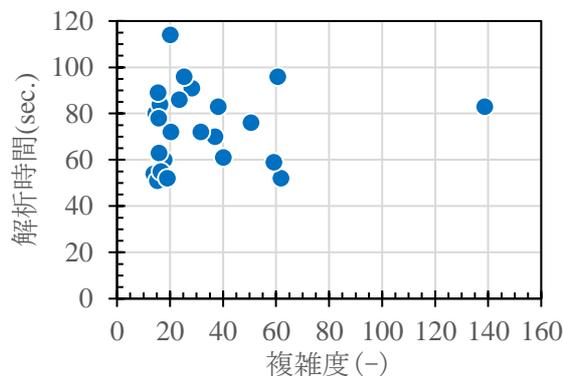


図 3 図形の複雑度と解析時間

4. おわりに

本研究では, Web カメラとプロジェクタを用いた直観的な入出力による FEM インタフェース補助手法を提案した. 提案手法により, 初期設計案導出段階においてより簡易に FEM 解析を用いることが可能となった. なお, 今回は静止物体を対象としているが, 解析対象の移動や回転に追従してリアルタイム解析・投影を行うことで, より直観的かつインタラクティブなシステムになると考えられる. また, 形状取得の精度向上も今後の課題である.

参考文献

- [1]梅谷信行, “インタラクティブ UI を備えた統合型設計解析ソフトウェアの開発,” 第 50 回プログラミングシンポジウム, 2009.
- [2]谷口昌平, 紋川亮, 阿保友二郎, 横山幸雄, 櫻井昇, “X 線 CT 装置と CAD, CAE による上流技術支援強化,” 東京都立産業技術研究センター研究報告, 第 5 号, pp.100-101, 2010.
- [3]全邦釘, 真鍋悠輔, 片岡望, 有友優太, 古川清司, 大賀水田生, “三次元画像計測および有限要素解析による腐食鋼板の座屈挙動の検討,” 土木学会論文集 A2 (応力力学), Vol.70, No.2, (応力力学論文集, Vol.17), pp.877-886, 2014