

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K17958

研究課題名(和文) マイクロストラクチャの超高効率形状処理に関する研究

研究課題名(英文) An efficient approach for shape modeling of microstructure

研究代表者

長井 超慧 (Nagai, Yukie)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・助教

研究者番号：20586002

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：従来のソリッドな製品よりも軽量かつ高強度な製品を実現する素材として、マイクロストラクチャと呼ばれる微細な形状構造を有する素材がある。本研究課題では、平紐を編んだ織物構造を対象とする。特長の実現には、構造が破損なく設計どおりに製造されていることが重要であり、製品はX線CTスキャンなどにより検査される。しかし、平紐織物構造に対しては、X線CTスキャンでは、解像度不足、紐同士が重なる箇所での構造の把握が困難であるといった問題が生じる。

本課題では、織り構造に適切なCT計測パラメタの策定および省メモリな特徴抽出法を提案・実装した。また、実験により、提案法の妥当性を示した。

研究成果の概要(英文)： Nowadays materials with complex inner structures have been gathering attention in the manufacturing industry due to their abilities to realize higher stiffness with lighter weight than the traditional solid structures. In this project, we dealt with such a structure consisting of woven strips.

For guaranteeing the material's physical advantages mentioned above, investigating the structure is necessary. X-ray CT scanning is the best way for this purpose, because of its ability of non-destructive measurement. However, for woven structures which are consisting of thin strips, it is hard to properly decompose strips and obtaining high resolution CT volumes.

Here we first investigated the parameter setting suitable for CT scanning of woven strip structures and then we developed an algorithm to extract individual strip edges from CT volumes of woven structures. We also showed the efficiency of this algorithm with real CT data.

研究分野：形状モデリング

キーワード：X線CTスキャン 織物構造 形状モデリング

1. 研究開始当初の背景

(1) マイクロストラクチャ: 繰り返し現れる微細な形状特徴を有する、単一または複合素材からなる材料のことをマイクロストラクチャ(以下、MS)という(図1)。製品の軽量化・耐久性の向上などが期待され、近年産業界で多大な注目を集めている。

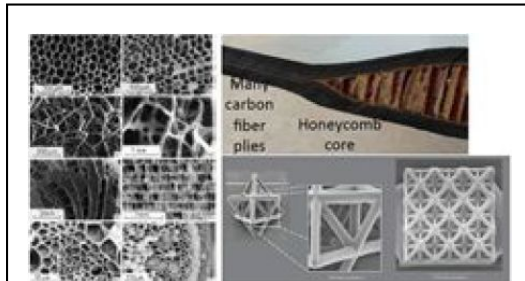


図1 マイクロストラクチャの例
[V. Shapiro, Geometric design facing manufacturing, 2014]

(2) MS の形状データの課題: MS を用いた製品製造には、安全性の観点から欠陥検査が欠かせない。検査には、非破壊に物体の内部形状を取得可能な X 線 CT スキャンが用いられる。

MS の利点はその微細な構造によるところが大きいですが、微細であるがために形状データのデータ量は小さな製品でも数 GB ~ 数十 GB と莫大になり、処理に要する計算時間もかかるため、実用化を阻む大きな問題となっていた[長谷川他、CT 画像による CMC 材の内部欠陥検出に関する研究、2014 年度精密工学会春季大会講演論文集、J75、(2014)]。

(3) 省メモリなデータ構造の必要性: 上述の課題を解決するには、微細な構造の情報を保持したままデータ量を削減し、高速な形状処理を可能にする必要がある。検査で一般的に用いられるボクセル表現やそれに基づく解析用メッシュは、データの圧縮量に限界があり、省メモリな新しいデータ構造が求められている。

2. 研究の目的

上記の背景をうけ、省メモリ・高速計算を可能にする MS 用データ構造の開発を本研究の目的とする。

実用化に向けて解決すべき課題は、繰り返し現れる形状特徴の抽出と、その特徴を少ないデータ量で表現するデータ構造の構築である。本研究では主な対象を、計算負荷の高いシミュレーションや大規模データを用いた欠陥検査が避けられない、CMC に代表される平紐の織物構造(図2)と発泡金属(図

3)とする。これらの素材に対し、省メモリなデータ構造を提案し、X 線 CT スキャンデータから計測物の構造を抽出して提案データ構造で表現することが本研究の目的である。

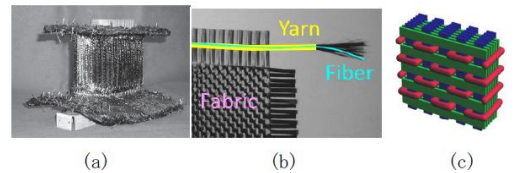


図2 繊維束織物構造の例。(a)製品例、(b)織物構造の写真、(c)織物構造の模式図。(a),(c)[Yamauchi et al, Extraction of Woven Yarn of Ceramics Matrix Composite Parts with X-ray CT Scanning, in Proc. Conference on Industrial Computed tomography, Shaker Verlag (2014)], (b)[山内雄太、X 線 CT スキャナを用いた繊維状構造の内部配向認識に関する研究、東京大学大学院工学系研究科修士論文、2013]

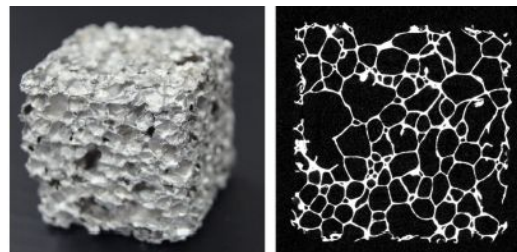


図3 発泡金属およびその CT 画像。

3. 研究の方法

前項で述べた目標を達成すべく、以下の手順で研究を進めた。

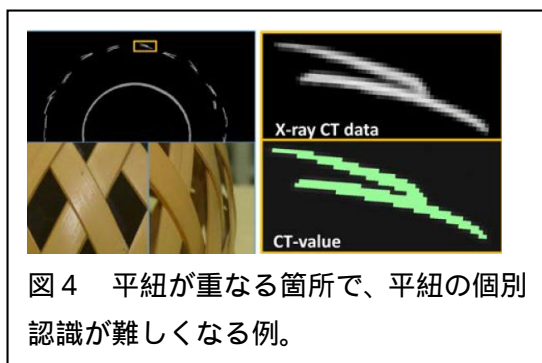
- (1) 対象とする構造の X 線 CT 計測に適した計測パラメタの決定および X 線 CT データ取得
- (2) 構造抽出上の課題の特定
- (3) 構造抽出手法の提案
- (4) 提案手法の検証

4. 研究成果

- (1) 織物構造に関して、図2の構造と、より一般的な織りパターンを対象に計測を行った。また、発泡金属の計測を行った。計測物の高コントラスト・低アーチファク

トな CT データを得るためには、低管電圧で長時間露光のパラメタ設定が望ましいことが分かった。

(2)織物構造に対し、従来の抽出法で平紐の個別抽出で困難な点を調べた。その結果、平紐同士が重なる箇所において、平紐を正しく抽出できないという問題が判明した(図4)。

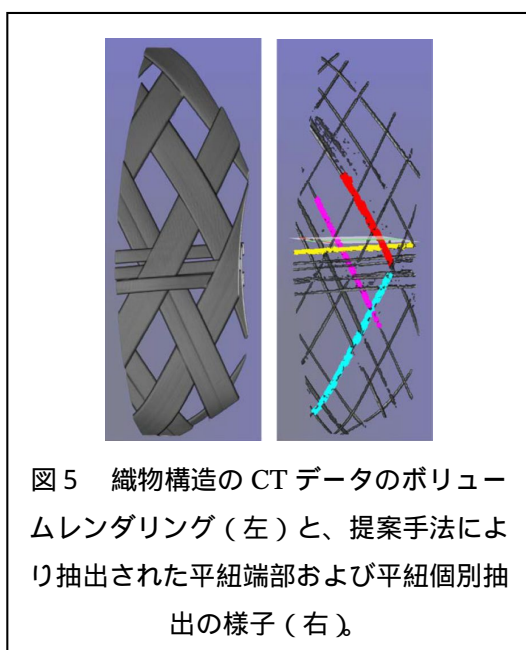


(3) 各繊維束を特徴づける幾何形状特徴として、長手方向の端部に着目し、その抽出法を提案した。この手法は、上記(2)で問題となった箇所において、各繊維束を個別に抽出できる性質を有するものである。手法の概要は以下のとおりである。

CT 値の勾配ベクトルの配向テンソルと、その固有値に基づく値の主成分分析により、データ中の各点における「端部らしさ」および長手と推測される方向を算出する。

CT 画像を watershed 法により分割し、にて検出された端部を 3 次元形状として抽出する。

(4)(3)で提案した手法を、(1)で取得した CT データに適用した。その結果を図5に示す。



実 X 線 CT データを用いて提案手法を実施し、端部構造の保存によりデータ量の削減が可能であること、分離が困難である平紐の重なり部分においても、平紐の個別検に成功したことを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

Seungki Kim, Yutaka Ohtake, Yukie Nagai, Hiromasa Suzuki, A novel interpolation scheme for dual marching cubes on octree volume fraction data, Computers & Graphic vol. 66, pp. 169-178, 2017. 査読有。
DOI: 10.1016/j.cag.2017.05.021

[学会発表](計 13 件)

Sho Watanabe, Yutaka Ohtake, Yukie Nagai, Hiromasa Suzuki, Detection of Narrow Gaps Using Hessian Eigenvalues of Hessian for Shape Segmentation on CT Volume of Assembled Parts, 8th Conference on Industrial Computed Tomography (iCT 2018), 2018/2/8, Wels (Austria)

Yukie Nagai, Yutaka Ohtake, Hiromasa Suzuki, Extraction of Woven Strip Structures from its X-ray CT Volume, 15th Asia Pacific Conference for Non-Destructive Testing, 2017/11/15, Singapore (Singapore)

Kazuhiro Kobayashi, Yutaka Ohtake, Yukie Nagai, Hiromasa Suzuki, Multiple-time CT Scanning with Orientation Suggestion and Volume Integration for Metal Artifact Reduction, 15th Asia Pacific Conference for Non-Destructive Testing, 2017/11/14, Singapore (Singapore)

T. Uchiyama, H. Suzuki, Y. Ohtake and Y. Nagai, 3D-scanning Estimation of Foot-on-Shoes for Foot Care, Pacific Graphics 2017, 2017/10/16-19, Taipei (Taiwan)

Ryo Takahashi, Hiromasa Suzuki, Jouh Yeong Chew, Yutaka Ohtake, Yukie Nagai and Koichi Ohtomi, Three-Dimensional Gaze Fixation Analysis Using Eye Tracking Glasses for Aesthetically Evaluating Objects, Asian Conference on Design and Digital Engineering (ACDDE) 2017, 2017/8/24-27, Zhangjiajie (China)

Y. Nagai, Y. Ohtake and H. Suzuki,
Extraction of woven structures of daily
goods from X-ray CT volumes, Shape
Modeling International 2017, 2017/6/19-23,
Berkeley (USA)

Katsutoshi Muramatsu, Yutaka Ohtake,
Hiromasa Suzuki, Yukie Nagai, 13th Int.
Conf. Quality Control by Artificial Vision
2017, 2017/5/14-16, Tokyo (japan)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長井 超慧 (Nagai Yukie)
東京大学・大学院工学系研究科・助教
研究者番号：20586002

(2) 研究分担者

()
研究者番号：

(3) 連携研究者

()
研究者番号：

(4) 研究協力者

()