

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：82670

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K14872

研究課題名(和文) 金属部品の内部欠陥検出技術の高度化

研究課題名(英文) Advanced of internal defect detection technology for metal components

研究代表者

富山 真一 (TOMIYAMA, Shinichi)

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター・事業化支援本部地域技術支援部城南支所・副主任研究員

研究者番号：40614524

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 200,000円

研究成果の概要(和文)：精密機械メーカーは、内部欠陥の高精度な検出を要望している。内部欠陥の検出は、CT画像の画像処理で行われる。従来法では、CT画像内のノイズや手動で設定した閾値による判別により、欠陥の誤検出や未検出が生じている。そこで本研究では、内部欠陥の誤検出と未検出を低減した内部欠陥検出方法の開発を行った。提案法は、初めに類似の特徴を持たない欠陥のみに絞り込んだ後、欠陥の孤立度を算出し、孤立していない欠陥のみに絞り込みを行う。提案法により、従来法よりも欠陥の誤検出と未検出を低減した内部欠陥自動検出が可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

提案法により、内部欠陥の誤検出と未検出を低減した内部欠陥自動検出が可能になる。また、内部の異物検出も設定を反転することで高精度な検出が可能になる。高精度な内部欠陥や内部の異物検出技術は、肉厚検査や現物融合型エンジニアリングへの応用が見込める。これは製品設計、信頼性設計、保全性設計、リバースエンジニアリング、安全設計の高付加価値化が見込めるため、非常に有意義なことである。

研究成果の概要(英文)：Precision instruments makers want higher accuracy detection of internal defects. The detection of interior defects are detected by image processing of CT images. The conventional method has false detection and undetection of defects, because noise in the CT image or a discrimination method based on a manually set threshold value. In this research, we develop an internal defect detection method that reduces false detection and undetection of defects internal defects. We proposed a new defect detection method that after narrowing down only the defects that do not have similar features, the degree of separation of the defects is calculated, and only the defects that are not isolated are narrowed down. The proposed method enabled automatic detection of internal defects with less false detection and undetection of defects than the conventional method.

研究分野：画像処理

キーワード：X線CT 鋳巣検出 画像解析 ボイド検出 異物検出

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

精密機械製造業者では、金属部品の性能向上・品質の確保が求められている。特に、ダイカストで鋳造される金属部品の内部欠陥(巣)の高精度な検出技術が課題となっている。そのため、精度の高い内部欠陥検出技術は、金属部品の性能向上・品質の確保において必要不可欠であり、強く要望されている。このような背景から内部欠陥検出技術は、精密機械製造業者や3次元計測システム製造業者だけでなく、大学や公的研究機関でも積極的に研究開発が行われている。

金属部品の内部欠陥は、初めに金属部品を X 線 CT 装置で撮影し、画像再構成により CT 画像を生成する。そして、金属と空気の境界に面を構築する面貼りを CT 画像に行った後、欠陥検出処理を行う。しかし、欠陥の大きさや分布により、欠陥の誤検出と未検出が同時に生じる問題がある。この問題は、面貼り時に使用する CT 画像にアーチファクトが含まれている点と手動で設定した画素値の閾値処理による判別分析法が用いられている点が要因であり、先行研究でも解決されていない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、金属部品の内部欠陥を高精度に自動検出する方法の開発である。この目的を達成するために、以下の 2 つに目的を分割し、研究を行う。

(1) 撮像条件を変更したアーチファクトの変化を調査する。得られた調査結果は撮像条件の設定や開発する内部欠陥検出アルゴリズムへ活用する。

(2) 分布や形状に依存しない金属部品の内部欠陥を自動検出するアルゴリズムを開発する。

上記目的を達成することで、金属部品の性能向上・品質の確保が見込める。さらに、肉厚検査や現物融合型エンジニアリングへの応用が見込める。そのため、製品設計、信頼性設計、保全性設計、リバースエンジニアリング、安全設計の高付加価値化が期待できる。

### 3. 研究の方法

初めに、金属部品の様々な内部欠陥を再現するため、金属粉末積層造形装置(金属 3D プリンター ー 17-4PH ステンレス鋼 (SUS630 相当)、アルミニウム合金 AlSi12)で積層し、金属部品を再現した。その後、以下に示す項目について検討を行った。

(1) 同一サンプルに対し、撮像条件(管電圧/管電流/フィルタ/平均化枚数)を変更した X 線 CT データを取得し、CT 画像内のアーチファクトの変化を調査する。調査結果を基に撮像条件の設定や開発する内部欠陥検出アルゴリズムへの適用を検討する。

(2) 分布や形状に依存しない金属部品の内部欠陥を自動検出するアルゴリズムを開発する。

### 4. 研究成果

#### (1) 撮像条件を変更したアーチファクトの変化について

図 1 に撮像条件を変更した CT 画像を示す。本研究で実施した調査により、アーチファクトは CT 画像の中央部分に帯状もしくは円状に生じることがわかった。そして、金属部品では管電圧を高めにし、フィルタを強くすることで、アーチファクトを低減できることを確認した。さらに、アーチファクトを低減すると、空気を示す CT 値と金属部品を示す CT 値の幅が大きくなることがわかった。また、管電流と平均化枚数ではアーチファクトに大きな変化がないことを確認した。

図 2 に調査結果を基に撮像条件を設定した CT 撮影結果を示す。調査結果を反映しない撮像条件では、空気と金属部品の境界部分である穴の表面にノイズのような凹凸が生じている。しかし、調査結果を反映した撮像条件に設定することで、空気と金属部品の境界部分である穴の表面のノイズを低減できている。

#### (2) 分布や形状に依存しない金属部品の内部欠陥を自動検出するアルゴリズムについて

本研究では以下の方法を活用し、内部欠陥を高精度に自動検出するアルゴリズムを開発した。

① 疑似的に算出した欠陥のない画像(X/Y/Z 軸断面)を活用し、欠陥とノイズを 3 方向から抽出する。そして、2 方向以上の断面画像から欠陥と抽出された場所のみに絞り込みを行う。その後、欠陥として抽出された場所に対し、3 次元ラベリング処理を行う。

② ①で欠陥として判断された各欠陥に対し、X/Y/Z/-X/-Y/-Z 方向の特徴を抽出する。その後、対象の欠陥と他の欠陥の特徴を比較し、類似している特徴が多数あれば、対象の欠陥をノイズとして判断する。

③ ②で欠陥として判断された周辺を調査し、孤立している欠陥をノイズとして判断する処理を行う。この処理をノイズとして判断される箇所が0になるまで繰り返す。

図3と図4に上記処理を行った結果を示す。上記処理を行うことで、提案法はCT画像内のアーチファクトをノイズとして判断し、従来法[1]で生じている欠陥の誤検出と未検出を低減した内部欠陥の自動検出が可能となった。図5に欠陥と介在物(異物)が混在した金属部品に対する提案法の適用結果を示す。図5内の赤線が欠陥として、緑線が介在物(異物)として検出した結果である。提案法の欠陥抽出パラメータを反転した介在物(異物)抽出パラメータを追加検出することで、欠陥と介在物(異物)も同時に誤検出と未検出を低減した検出が可能となった。

<参考文献>

[1] VOLUME GRAPHICS, 「VGSTUDIO MAX 3.4」,  
<https://www.volumegraphics.com/jp/products/vgstudio-max.html>

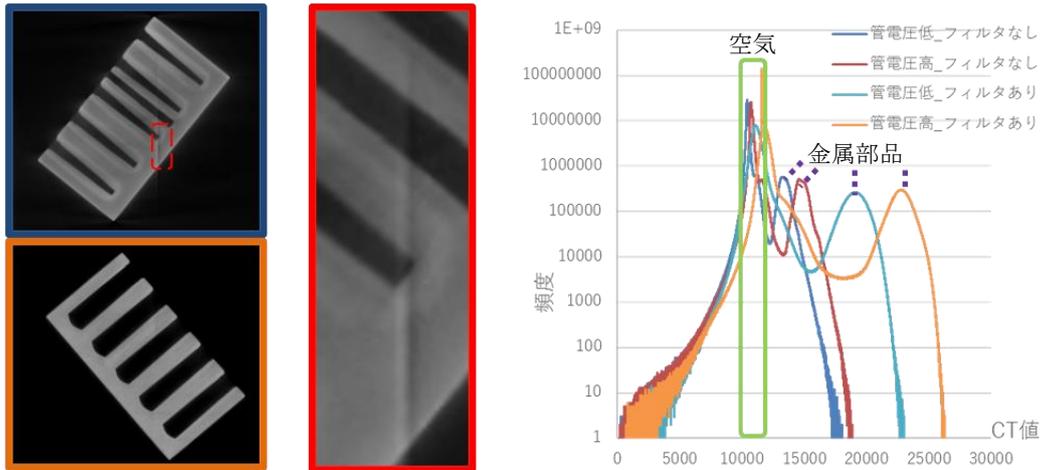


図1 撮影条件を変更したCT画像とCT値の違い

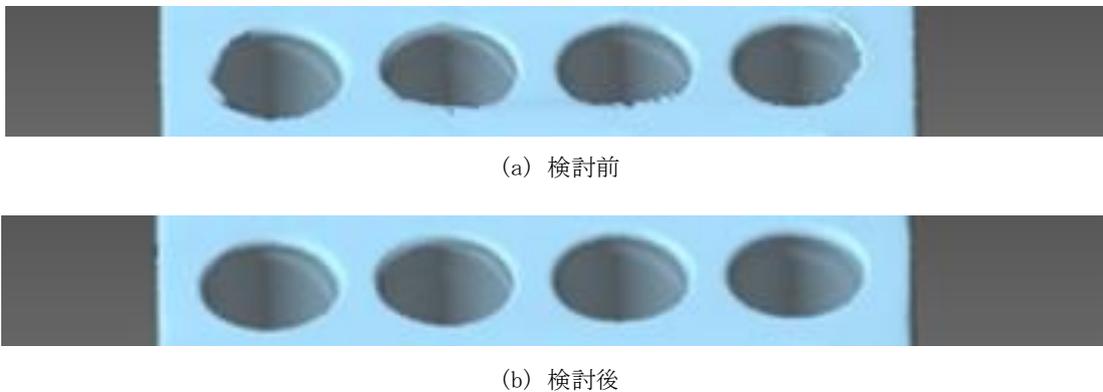


図2 撮像条件の違い

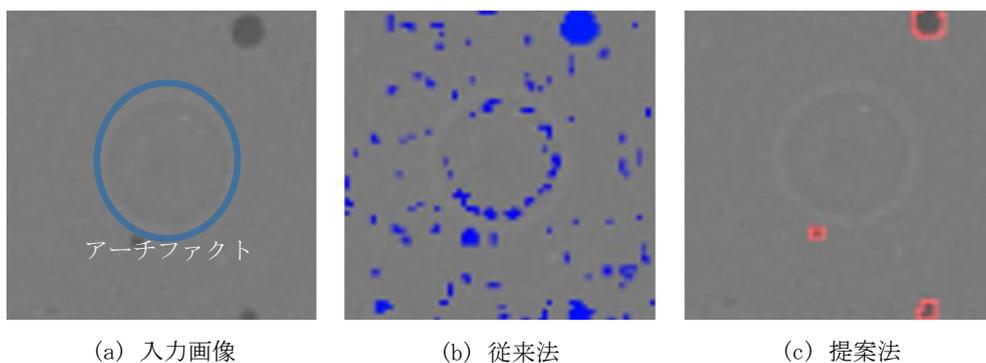
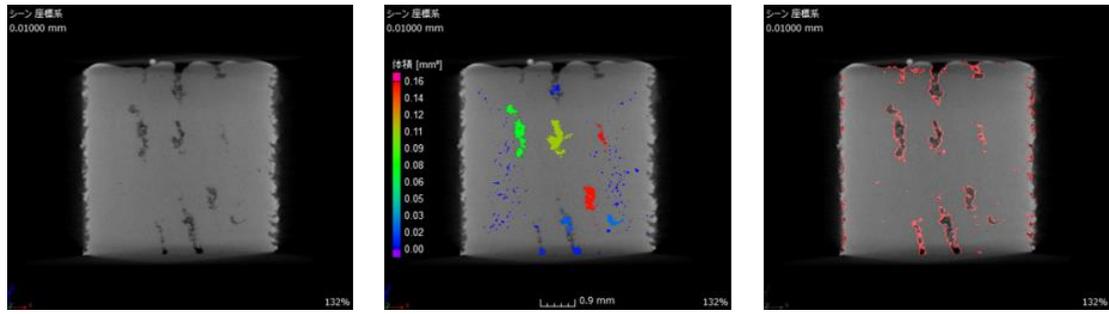
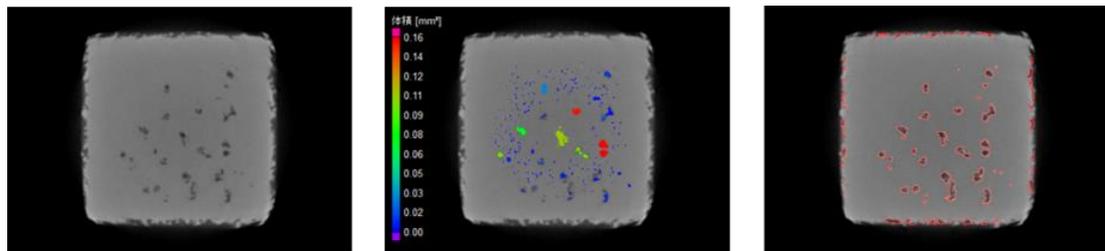


図3 アーチファクト付近の内部欠陥検出結果



XZ 断面画像



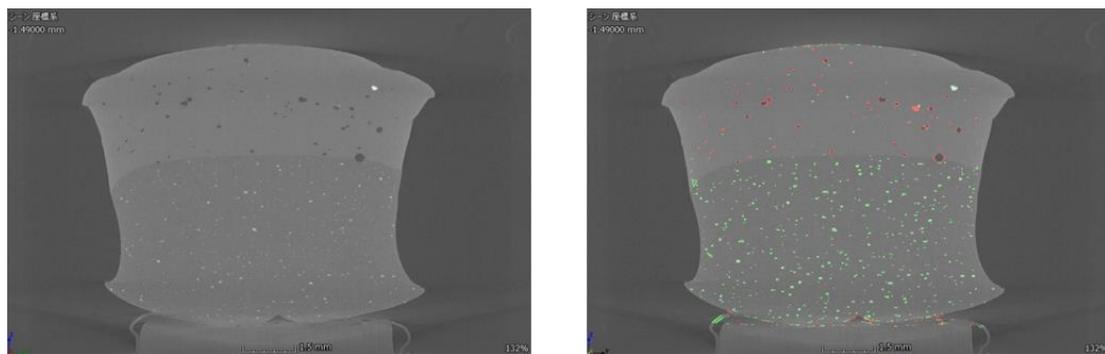
XY 断面画像

(a) 入力画像

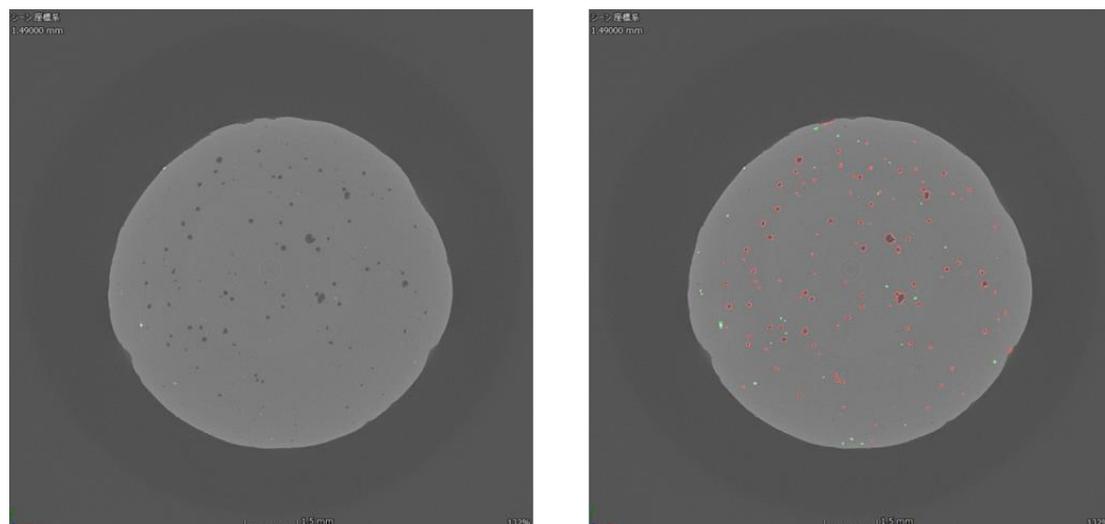
(b) 従来法

(c) 提案法

図4 金属部品に対する内部欠陥検出結果



XZ 断面画像



XY 断面画像

(a) 入力画像

(b) 提案法

図5 欠陥と介在物(異物)が混在した金属部品に対する提案法の適用結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 富山真一, 藤巻康人, 坂本知昭
2. 発表標題 X線CT画像を活用した錠剤内部の空隙検出法の精度向上
3. 学会等名 公益社団法人日本薬学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------