

3次元CT画像による鋳造部品内部の鑄巣の自動判別

(株)明和 e テック

佐藤 敏明 松木 浩 植田 尚宏

1. テーマ設定の背景

産業用のX線CTから得られる3次元CT像を用いて、鋳造部品内部に発生した鑄巣（内部に発生する欠損）を検査することは広く行われてきている¹⁾。CT像において、鑄巣は周囲と比べてX線透過率が高いセル領域として見つけることができるが、アーチファクトによって生じる透過率が見かけ上高いセルが多数存在するため²⁾、CT像から鑄巣領域を自動判別することは難しい。このため、鑄巣検出にはノウハウを持ったエキスパートが目視でCT像の2次元スライス画像を検査することが必要で、量産品のような検査個体数が多い場合の全数CT検査は困難であった。量産品にCTによる鑄巣検査が適用できるようにするために、自動で高速かつ精度高く鑄巣箇所を抽出する技術が強く望まれていた。

2. 素形材分野との関連性

X線CT検査装置より得られた3次元CT像から自動的に高速かつ高精度で鑄巣を検出できるようにすることで、多数の鋳造部品が短いサイクルタイムで量産生産される現場において、鋳造物内部の自動品質検査が可能となる。

3. 研究開発の成果

本研究では、同一形状をもつ量産部品であれば、CT像上では個体によらずアーチファクトが同じ場所に発生することに着目して、CT像上の鑄巣箇所をアーチファクトに影響されないで自動的にかつ高速に検出する技術を開発した。

鋳物部品等に対するX線検査装置が出力するCT像は、物体の断面画像が高さ方向に等間隔で並んだ3次元格子状セルで表現される。各セルは、物体内部の該当する箇所のX線透過量に対応

する値（これを以下ではCT値と呼ぶこととする）が設定される。

鑄巣は空洞であるため、周囲と比べてCT値が急激に小さくなっている領域として検出することができる（図1）。しかしながら、実際にはCT像にはアーチファクトによるCT値低下領域が多数存在し（図2）、単純なCT値の比較では両者を区別できない。

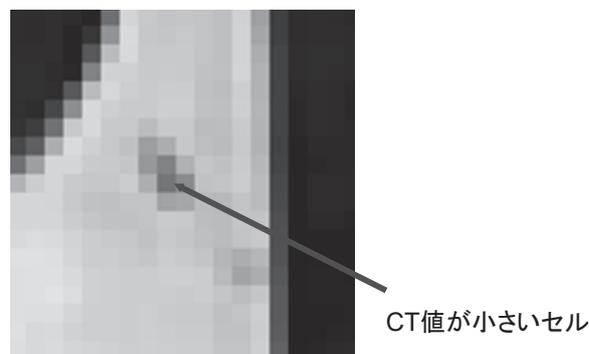


図1 鑄巣によってできるCT値が小さいセル

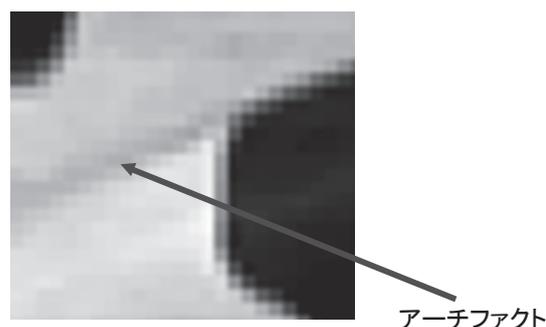


図2 アーチファクトによってできるCT値が小さいセル

本研究では、(1) 鑄巣を含まない3次元CT像（マスターCT像）を生成する、(2) 検査対象である鑄巣を含む3次元CT像とマスター像の差分像を作る、の2ステップで、鑄巣となっている連結セル領域を自動抽出する。

まず、(1)のステップでは、マスターCT像を生成する。「X線源」「X線検出器」「被写体」「検

「査対象設置」が同じ条件ならば同じ場所に同じアーチファクトができること、量産品が対象ならば、同じ条件で撮像したCT像が多数あることに着目し、複数の個体から生成したCT像に対して、同一座標値を持つセルのCT値の最大値を選び出すことでマスターCT像を作成する。鋳巣は撮像する個体ごとに発生個所が異なる一方で、アーチファクトはどの個体でも同じ場所に生じるので、マスターCT像は、鋳巣を含まないが、アーチファクトは含んでいるものとなる。

次に(2)のステップで、検査したい個体のCT像とマスターCT像の差分を取る。鋳巣は、マスターCT像中にはないが、検査する個体のCT像中にはあるので、両者の差分をとることで、周囲と比較して大きなCT値を持つ箇所として鋳巣が浮き出てくる(図3)。



図3 差分による鋳巣領域の抽出

ただし、実際のCT検査装置から得られるCT像は、撮像時の物体位置が厳密に同じであるとは限らず、多少の位置ずれが生じていることがしばしばあるので、実際の運用では、CT像撮像後に位置ずれ補正を行っておくことが必要である。量産部品には、その元となる形状を表す3次元CADデータがあるので、CADデータを基準にして位置補正処理を事前に行う。

4. 訴求点

これまで、CT検査装置で生じるアーチファクトを除去する技術として、逆投影法^{3,4)}(CT画像から検査対象を逆投影して求めてアーチファクトが出にくいX線吸収係数を設定して順投影し直し、繰り返し計算する)や量子化法⁵⁾(X線をN種類短波長X線として量子化近似して複数のCTボクセルデータからN元連立方程式を作り単色X線の吸収量を推定する)などの方法が知られている。これらの既存手法は、X線源の操作やX線分

布データを必要とし、CT検査装置の実装に依存する。また、繰り返し処理を行うことが必要で、計算時間が多く必要である。

我々の手法は、CT検査装置が出力したCT像データだけからアーチファクトの影響を無効化して鋳巣箇所を抽出する。CT検査装置の実装に依存せず、CT像さえあれば適用できる高い汎用性がある。

また、本手法は、マスターCT像を作るために最低で3個体分のCT像があればよいので、事前に準備すべきデータ数は少なく、手法の適用にあたって前準備のコストは小さい。

本手法による鋳巣判別は、CT像同士の差分計算をするだけであり、時間がかかる繰り返し計算等はなく、非常に高速である。このため、短いサイクルタイムで次々と生産される量産部品であっても、全数に対して検査を行うことが可能となる。

参考文献

- 1) 佐藤充男, 産業用X線CTデータ解析の現状と今後の展望, 精密工学会誌, Vol.82, No.6, 2016
- 2) 木村仁, 小関道彦, 伊能教夫, X線CTの精度向上のためのアーチファクト低減手法, 精密工学会誌, Vol.82, No.6, 2016
- 3) Wang, G. et. Al., Iterative Deblurring for CT Metal Artifact Reduction, IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol.15, No.5, 1996
- 4) 市川勝弘, CT super basic, オーム社, 2015
- 5) 李根旭, 小関道彦, 木村仁, 伊能教夫, X線CT画像の画質工場に関する研究-X線スペクトルを考慮した画像再構成手法の提案-, 計測自動制御学会第24回センシングフォーラム資料, 2007