

# X線CT画像に発生するノイズ(メタルアーチファクト)を低減させる3つの手法を開発し、材料によらず鮮明なCT画像出力を実現 非破壊型検査の精度向上に貢献しCT技術を広く製品検査技術に活用することを可能にした

X線CT画像は人工物の製品検査にも有用と考えられているが、金属を含む人工物の場合にはメタルアーチファクト(注1)と呼ばれるノイズが発生するため製造現場での活用があまり進んでいない。

本研究での理論的・実験的な検証から確立された新たなCT撮影手法・画像再構成手法によって検査技術の高度化が期待される。

- 単純な構造の試験片を大量に検査する用途に適した手法(A)、製造ミスの選別などに適した手法(B)、単一の検査対象物を精査するのに適した手法(C)という、3種の手法を構造や材質などを考慮し使い分けることで鮮明なCT画像が得られます。
- CT画像に基づきリバースエンジニアリング(注2)によって、歯などの生体組織やデザイン模型など、図面が存在しない対象物のCADデータ生成およびNC加工(注3)が可能になります。

- (注1) メタルアーチファクト=撮影対象がX線を吸収しやすい金属を含む場合にX線CT画像に発生する画像ノイズのこと。  
 (注2) リバースエンジニアリング=ソフトウェアやハードウェアを解析し、その仕組みや構成を明らかにして再現すること。  
 (注3) NC加工=Numerical Control machiningの略で、数値制御(NC)による加工方法のことで、切削用工具の刃先の動作を座標値によって定義し、目的の形状に関する数値情報をもとに工具や被加工物を動作させ加工を行うことを指す。

| 競合技術への強み             |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| 従来技術との比較①X線CT画像再構成原理 |                                    |
| 従来                   | 被写体の周囲からX線を照射して得られる投影データをそのまま利用    |
| 本研究                  | 被写体の周囲からX線を照射して得られる投影データを補正してから利用  |
| 従来技術との比較②投影データ補正方法   |                                    |
| 従来                   | 補正なし                               |
| 手法A(本研究)             | 金属を透過した領域のデータを抽出し、この部分を補正          |
| 手法B(本研究)             | 2種類のX線を照射して得られる投影データを合成            |
| 手法C(本研究)             | 複数のX線を照射して得られる投影データから矛盾のない投影データを抽出 |
| 従来技術との比較③CT画像精度      |                                    |
| 従来                   | メタルアーチファクトが発生                      |
| 手法A(本研究)             | メタルアーチファクトをほぼ除去、対象物形状が不適切になる場合あり   |
| 手法B(本研究)             | メタルアーチファクトを低減、ただしノイズの多い画像となる場合あり   |
| 手法C(本研究)             | メタルアーチファクトを低減、ただし撮影に時間を要す          |

▲X線CT画像再構成技術に関する従来技術と本技術との比較表

- ① 従来技術ではメタルアーチファクトによりCT画像が不鮮明であったが、当技術によって明確なCT画像が得られるようになった。
  - ② 金属と樹脂が混合している場合、従来は樹脂の部分の構造検査が困難であったが、当技術では金属だけでなく樹脂部分の非破壊検査も可能になる。
  - ③ 二次元的な断面画像の画質が改善するだけでなく、三次元構造の解析においても鮮明な表現が実現した。
  - ④ 従来は画像情報からCADデータへの変換が煩雑であったが、当技術ではCAD/CAMデータ生成までを一括処理するアプリケーションの構築を可能としている。
  - ⑤ X線CT画像に基づき撮影対象物の構造を個別別モデル化する技術の性能が向上し、MEMS(注4)のような金属と樹脂で構成される微小な人工デバイスへの荷重や熱による変形挙動について計算機シミュレーションによる予測が可能となる。
- (注4) MEMS=[Micro Electro Mechanical Systems]の略であり、日本語では「微小電気機械素子」とも訳されることが多い。半導体製造技術に応用して作られる電子回路と機械構造が一体化したものであり、インクジェットプリンタヘッドやハードディスク・光ディスクの読取ヘッドなどに使われる。

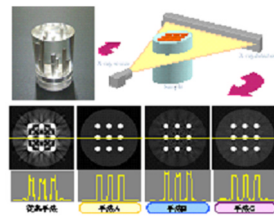
## ここがポイント

三次元情報を直接的に得られるX線CTは、デバイスの非破壊検査技術として有効であると期待されています。しかしCT画像内に生じるメタルアーチファクトと呼ばれる放射状のノイズによって観察が困難な場合があり、電子部品・機械部品の品質保証に有用な非破壊検査技術の確立が望まれました。

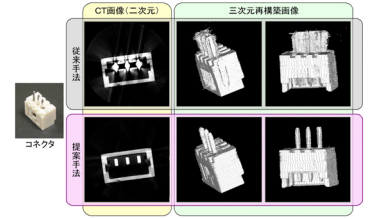
本研究では、X線CT画像にメタルアーチファクトが発生する物理的要因を明らかにし、これによって得られた知見にもとづき、検査対象物の構造や検査

目的に応じた3種類のCT画像再構成アルゴリズムを開発したものです。

メタルアーチファクトが発生するのは投影データがX線照射方向によって異なるためであることを突き止めたのち、物質の吸収係数はX線の波長によって異なること、X線CT装置が搭載しているX線源は加える電圧の変化によって出力するX線の波長スペクトルが変化することなどを捉え、結果、三次元CT画像の高精度化を実現させたものです。



▲従来技術と本技術(手法A、B、C)によるメタルアーチファクト発生状況比較(平面)



▲従来技術と本技術(手法A、B、C)とのメタルアーチファクト発生状況比較(立体)

## ブレイクスルーへの道のり

- 1990年代:** X線CT画像に基づき生体組織の個別別有限要素モデルを自動的に構築する技術について検討をスタート。この課題は歯学部との共同研究であり、情報源として用いるCT画像には虫歯治療の貴金属によるアーチファクトが激しく発生していた。当時は、CT技術に関する知識不足により「これは仕方がないもの」と諦めていた。
- 2002年:** CT技術について研究するに従い、アーチファクトの問題はCT装置の内部で処理されている画像再構成アルゴリズムを工夫することによって解決可能であると考えられるようになる。
- 2003年:** 実機を用いた検証のため複数の医療用CT装置メーカーに声をかけるが、実績不足のため内部処理の詳細を公開してもらえなかったことが最初の壁となる。そこで、計算機シミュレーションによる検討を開始。
- 2004年:** 平成16年度産業技術研究助成事業に提案。このときはアーチファクト低減と骨体の個別別モデリング技術の性能向上を目的として、ライフサイエンス分野に「軟組織用X線CT装置の開発と個別別筋骨格モデルの構築」と題して提案。しかし、準備不足に加え、医療分野で業績がある企業との連携が必要であるとの指摘を受けて不採択となった。
- 2005年:** CT技術について検討を継続していたところ、工業用X線CT装置メーカーとの連携が強まり、非破壊検査分野でもCTの利用が望まれていながら、工業製品ではアーチファクトの影響が大きいことに着目。ここが当研究の進展につながった。平成17年度第1回産業技術研究助成の製造技術分野にデバイスの非破壊検査技術・リバースエンジニアリング技術として改めて提案し、見事採択。7月から本格的に助成研究を開始。
- 2006年:** X線CT装置を購入。実験および数値解析を繰り返し、メタルアーチファクトの物理的要因を明らかにするとともに、検査対象物や検査目的に応じたメタルアーチファクト低減手法を開発。
- 2007年:** イノベーションシャパン2007にて研究


紹介。発表時およびその後も数社から提案技術に関する問い合わせおよび試験の申込があり、社会的ニーズの高さを改めて実感。  
**2008年:** これまでの成果の実用化について検討を開始。

## ■サクセス・キー

ライフサイエンス分野での応募に不採択になったことを機会に、それまで行ってきた医療系との研究とは全く異分野であるデバイスの非破壊検査分野という新たな具体的ニーズを見出すことができたのが大きかったと感じています。また、X線CT装置メーカーとの綿密な連絡体制の構築も重要でした。近年のデバイスはその材料や構造が多岐に渡っており、CT撮影に発生する問題も様々であるため、当該メーカーが有する問題認識やノウハウを共有することが本研究を効率的に進める上で非常に役立ちました。

## ■ネクスト・ストーリー

今後は、散乱X線やX線検出器由来するノイズを考慮することによってさらなるCT画像の高精度化にチャレンジしていきます。また現状でのメタルアーチファクト低減技術の性能は十分に実用レベルにありますが、高速化などの改良によって電子機械分野での製造工程の高度化・高効率化が可能なることから、この技術の活用について関心の深い企業とのディスカッションを希望しています。



**プロジェクトID・研究テーマ名・年度**

05A29002d 「高精度マイクロX線CT装置によるMEMSデバイスのリバースエンジニアリング」(平成17年度第1回公募)

**代表研究者・所属機関・所属部署名・役職名**

**小関 道彦** 東京工業大学 大学院理工学研究科 機械制御システム専攻 助教