

研究ノート

X 線 CT によるチョコレート造形物の観察

吉富雄洋^{*1}、宮田秀雄^{*1}、山田圭二^{*2}

Observation of Chocolate Objects by X-ray CT

Takahiro YOSHIDOMI^{*1} Hideo MIYATA^{*1} and Keiji YAMADA^{*1}Food Research Center^{*1} Industrial Research Center^{*2}

X 線 CT 撮影中に被写体温度の上昇を抑制する冷却治具を作製し、その冷却治具により X 線 CT 内温度に対して被写体を 10℃以上保冷する性能をサーモカメラや温度ロガーを用いて確認した。また、3D フードプリンタによるチョコレート造形物を X 線 CT で観察したところ、造形物下部の平坦部分にアーチファクトが発生した。これについて、X 線 CT 撮影時の造形物の角度を 10° に傾けることでアーチファクトを抑制できることを明らかにした。

1. はじめに

X 線 CT は、X 線を利用して物体を走査した情報を中心に、コンピュータを用いて処理し、物体の 3 次元的な内部構造を画像として構成する技術である。X 線 CT は、工業分野において、不良品の内部欠陥構造を非接触・非破壊で観察する手法として活用されているが、近年、食品分野においても、中空割合や空隙率を数値化する等、食感解析手法の 1 つとして活用されている。しかし、撮影中に溶けしてしまうような被写体の場合、X 線 CT の再構成画像がボケてしまうドリフトアーチファクトが発生してしまう。

そこで、本研究では、X 線 CT 撮影中に被写体温度の上昇を抑制する簡易な冷却治具を作成するとともに、スキャン範囲の下部に発生するフェルドンプアーチファクトの抑制についての条件検討を行い、チョコレート造形物の観察を行った。

2. 実験方法

2.1 チョコレート造形物の作製

チョコレート造形物は、ノーテンパリングチョコレート(洋生スイート(番手 M)、大東カカオ(株))を 65℃の湯煎で融解してシリンジに入れて室温で放熱後、3D フードプリンタ(SHOTmini200SX、武蔵エンジニアリング(株))で、シリンジホルダ温度 40℃、射出圧力 0.08MPa で作製した。

2.2 冷却治具の作製

X 線 CT 撮影用の冷却治具は、CAD ソフトウェア SOLIDWORKS(Dassault Systèmes 社)を用いて、冷却効果を有するシャーレや保冷剤を設置できるように設計

し、粉末床熔融結合型積層造形装置 sPro60 HD-HS (3D Systems 社)を用いて、ポリアミド樹脂で作製した。

2.3 チョコレート造形物の観察

チョコレート造形物の観察は、マイクロフォーカス X 線 CT システム inspeXio SMX-225CT FPD HR PLUS ((株)島津製作所)を使用して、20 分間かけて撮影した。断層像への再構成は、解析ソフト VGSTUDIO MAX (VOLUME GRAPHICS 社)を使用した。

2.4 表面温度の測定

チョコレート造形物及び冷却治具の表面温度の測定は、赤外線サーモグラフィカメラ testo 875-2i ((株)テスト一)を使用した。

3. 実験結果

3.1 チョコレート造形物の作製

チョコレート造形物は、ひょうたん形状(寸法約 2cm × 2cm × 4cm)に造形した(図 1)。その後、チョコレート造形物は X 線 CT 撮影直前まで冷蔵庫で保管した。

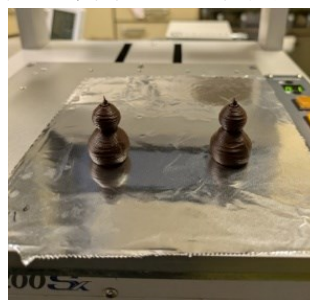


図 1 作製したひょうたん型チョコレート造形物

3.2 冷却治具の作製

粉末床熔融結合型積層造形装置で作製したポリアミド製の治具は、重箱のように重ねて使用する前提で複数の

^{*1} 食品工業技術センター 保蔵包装技術室(現産業科学技術課)

^{*2} 産業技術センター 化学材料室

形状を作製した。図 2 にそれらを示す。

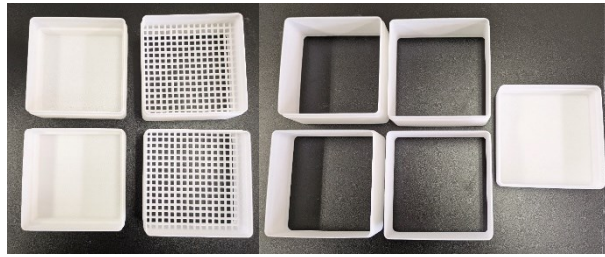


図 2 ポリアミド製の治具

一番下の段には水を入れて凍結したシャーレ、メッシュ状の構造を持つ段には保冷剤を設置し、重ねて冷却治具として使用する(図 3)。被写体はシャーレ上に置くことでシャーレ内の氷、保冷剤からの冷気で冷却される。

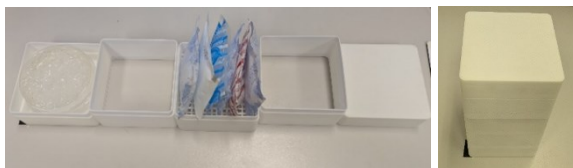


図 3 冷却治具(重ねる前(左)、重ねた後(右))

3.3 チョコレート造形物の観察

まず、冷却治具が無い状態で、チョコレート造形物の X 線 CT 観察を行った。X 線 CT 装置内の温度は約 26℃ で、図 4 に示す断層像が得られた。断層像を確認すると、溶けた場合に発生するドリフトアーチファクトは見られなかったが、下部にフェルドカンパアーチファクトが発生した。これは、検出器に対して試料の水平な部分、特にスキャン範囲の上下端に水平面があるほど顕著に発生することが知られている。チョコレート造形物は、熔融したチョコレートを射出するために下部はほぼ平坦であり、水平に置いて撮影したためフェルドカンパアーチファクトが発生したと考えられる。



図 4 冷却治具未使用での造形物の断層像

3.4 観察方法の検討

フェルドカンパアーチファクトは、試料を斜めにすることで回避できることが知られている。そこで、本造形物の設置角度を調整し、X 線 CT 撮影を行った。その結果を図 5 に示す。角度 0°、3°、6° ではアーチファクトが発生し、角度 10°、15° ではアーチファクトが抑制された。

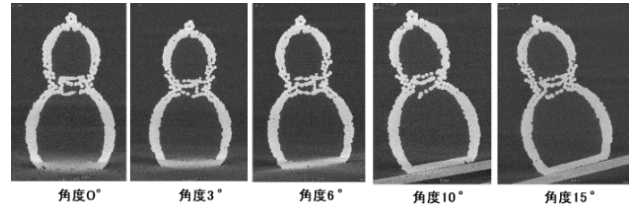


図 5 設置角度を調整した造形物の断層像

3.5 冷却治具を使用した観察

冷却治具を使用し、造形物の設置角度 10° で X 線 CT 撮影を行って得られた断層像を図 6 に示す。冷却治具によるノイズ等はなく、角度調整によりフェルドカンパアーチファクトも抑制され、下部を含め全体をはっきりと確認することができた。

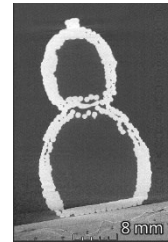


図 6 冷却治具使用及び設置角度 10° での断層像

3.6 冷却治具による造形物表面温度への影響

冷却治具の効果を造形物の表面温度を赤外線サーモグラフィカメラで撮影して確認した。造形物(冷却治具なし、または冷却治具あり)を、X 線 CT 撮影前後において赤外線サーモグラフィカメラで撮影した結果を図 7 に示す。冷却治具がない場合、撮影前の造形物の温度は約 13℃だったが、撮影後は約 25℃で X 線 CT 装置内の温度とほぼ同じであった。一方で、冷却治具を使用した場合、X 線 CT 撮影後も約 14℃で、X 線 CT 装置内より 10℃以上冷えた状態が保たれており、冷却治具の冷却効果が確認できた。

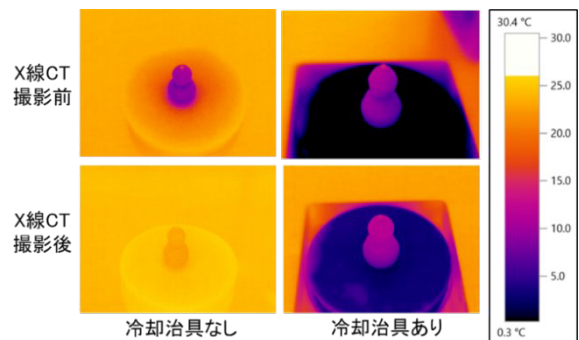


図 7 造形物の表面温度

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) X 線 CT 撮影時の造形物の設置角度を 10° にすることでフェルドカンパアーチファクトを抑制した。
- (2) 冷却治具の使用により、X 線 CT 装置内の温度より 10℃以上、20 分間冷却状態を維持できた。