

位相コントラスト X 線イメージングを用いた茹で麺の可視化 Visualization of cooked noodles using phase-contrast X-ray imaging

安田みどり^{1,*}, 米山明男^{2,3}, 竹谷敏⁴, 平野馨一³, 兵藤一行³

¹西九州大学, 〒842-8585 佐賀県神埼市神埼町尾崎 4490-9

²九州シンクロトロン光研究センター, 〒841-0005 佐賀県鳥栖市弥生ヶ丘 8-7

³高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所, 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

⁴産業技術総合研究所, 〒305-8565 茨城県つくば市小野川 16-1 つくば西

Midori YASUDA^{1,*}, Akio YONEYAMA^{2,3}, Satoshi TAKEYA⁴, Keiichi HIRANO³ and Kazuyuki HYODO³

¹Nishikyushu University, 4490-9 Ozaki, Kanzaki, Saga 842-8585, Japan

²SAGA Light Source, 8-7 Yayoigaoka, Tosu, Saga 841-0005, Japan

³Photon Factory, Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

⁴National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 16-1, Tukuba West, Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8565, Japan

1 はじめに

食品のおいしさは、食感（テクスチャー）に大きく影響されると言われている。特に、うどん、そば、そうめんなどの麺類の食感は「コシ」によるとされている。麺のコシは粘弾性や弾力性ともいわれ、小麦中のグルテンにおけるたんぱく質間の相互作用によって生じるもので、主にジスルフィド結合や水素結合の形成に起因するものだと考えられている[1]。麺類の食感は、クリープメーターによる破断強度の測定や人による官能検査によって評価が行われている。しかし、その物性や食味が示す要因については明らかになっていない。

我々は、先行研究において、機械そうめんおよび手延べそうめんについて、物理的特性や内部構造を調べた。破断強度の測定により、手延べそうめんの方が機械そうめんよりもコシが強く、水中に放置することによる茹で伸びを生じにくいことがわかった。そうめんの内部構造を放射光によるマイクロ CT スキャンを用いて調べたところ、機械そうめんには均一で小さな空隙が存在していたが、手延べそうめんには中心部に帯状の大きな空隙があることがわかった。これらのマイクロ構造の違いがコシに影響したことを明らかにした[2]。

一般に、そうめんの製造には食塩が不可欠であるが、近年、健康志向を背景とした無塩のそうめんが市販されてきている。そこで、本研究では、そうめんに与える食塩の影響を調べるために、密度分解能が高く、非破壊的に三次元分布の計測が可能な位相コントラスト X 線イメージング法（屈折コントラスト法）[3]を用いてそうめんの内部構造の可視化を試みた。

2 実験

そうめんは、2分間茹でた後、水中に 30 秒間入れて冷却し、すぐに液体窒素に入れて急速凍結した。実験は、ビームライン BL-14C において、35 keV の単色 X 線を用いて行った。クライオ[4]を用いて試料を -80°C に保持したまま、試料をバッファー溶液である酢酸エチル内で 360 度回転しながら、位相 CT のデータセットを取得した。投影数は 500、アナライザー結晶の走査数は 15 点、各露光時間は 0.5 秒とした。

3 結果および考察

そうめんの位相コントラスト X 線測定にて得られた CT 画像を図 1 に示す。密度は、黒色ほど高く、白色ほど低いことを示している。そうめんは、外側の方が中心部よりも密度が低いことがわかった。これは、茹でることによりそうめん内へ水が浸透したためと考えられる。そうめんの内部は、食塩を添加していないそうめんの方が食塩添加そうめんよりも密度が高く、その面積も大きくなった。つまり、食塩を添加していないそうめんの方が吸水しにくいことが考えられる。

食塩は、麺の製造において重要な役割を担っている。食塩は、製造時の麺の乾燥速度を遅くするので、縦割れなどの現象を抑え、フードロスの低減に寄与する [5]。また、食塩はグルテンのネットワーク形成を促進する作用や収れん作用があり、コシを高める効果があるとも言われている[5]。麺のコシは、外側と内側の構造の不均一性によるとも考えられるが、内側への水の浸透がほとんどない場合は、ただ単にかたい麺であると思われる。つまり、本結果において、食塩無添加そうめんは中心部の高い密度から、水が浸透しにくく、かたい食感を示すことが推察された。

実際に、破断強度の測定では、食塩添加そうめんの方が食塩無添加そうめんよりもコシがあり、やわらかいという結果が得られており、位相コントラスト X 線による結果を支持している。

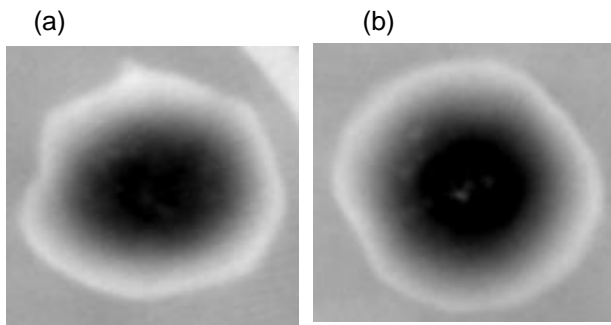


図 1 : 茹でそうめんの位相コントラスト X 線 CT 画像
(a) 食塩添加そうめん、(b) 食塩無添加そうめん

4 まとめ

本研究では、茹でそうめんの内部構造の可視化を行うことを目的とし、位相コントラスト X 線イメージング法を用いて計測を行った。そうめんの CT 画像から、食塩の添加によってそうめん内へ水の浸透が促進されやすくなることがわかった。これが、そうめんの食感（コシ）につながる要因の一つだと考えられ、今後さらに研究を進める予定である。

謝辞

本研究で用いたそうめんのご提供をいただいた神埼そうめん協同組合の皆様へ感謝いたします。本研究の一部は、公益財団法人エリザベス・アーノルド富士財団の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] P. S. Belton, *J. Cereal Sci.*, **29**, 103 (1999).
- [2] 安田みどり 他、日本食品科学工学会誌、**70**, 147 (2023).
- [3] A. Yoneyama, *et al.*, *Appl. Sci.*, **13**, 5424 (2023).
- [4] S. Takeya, *et al.*, *J. Synchrotron Rad.*, **19**, 1038 (2012).
- [5] 横塚章治, 調理科学, **25**, 47 (1992).

* midori@nisikyu-u.ac.jp