

流体力学の手法で食品の流動物性評価法を更新

～食品の食べやすさ・食べ応えの普遍的評価法確立に期待～

ポイント

- ・既存の計測器では困難であった、固形物を含む液状食品の流動物性評価に成功。
- ・最新の計測手法に比べて物性の経時変化を正しく評価できることを証明。
- ・嚥下困難者用の、安全かつ食べ応えがある流動食開発への貢献に期待。

概要

北海道大学大学院工学研究院の田坂裕司准教授、同工学院博士後期課程の芳田泰基氏の研究グループは、食品の流動物性（レオロジー*¹）を評価する新たな手法を提案しました。

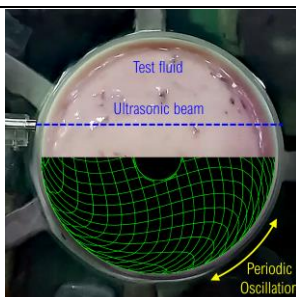
これまでに食品のレオロジー評価に用いられてきたトルク*²式レオメトリ*³は、試験液体が均質であることなど前提が多く、固形物を含む液状食品の評価は困難でした。そこで研究グループは、独自に開発したレオメトリを用いてそのような食品のレオロジー評価を目指しました。

開発された「回転式超音波レオメトリ」は、超音波を使って液体の速度分布を計測する手法と円筒容器の振動回転により生じる流れを組み合わせ、流体力学の方程式を介してレオロジーを評価する方法です。これまで粘土鉱物や気泡を含む液体など多くの複雑な液体へ適用されてきましたが、今回、レオロジーを評価するための計測対象に選ばれたのは、固形物を含む液状食品であり、多くの方になじみのある「フルーチェ（ハウス食品）」です。そのプルプルとした食感は、フルーチェの粉末に含まれるLMペクチンが、牛乳に含まれるカルシウムを取り込みゲル化することでもたらされます。ゲルの状態はかき混ぜる度合いにより変化し、流動化や粘度の減少、時間経過に伴うゲルの回復などが調和し、特徴的な食感をもたらしています。

研究グループは、フルーチェをあえてパッケージの指示から増減させた牛乳量で作り、その差がレオロジーに与える影響を調査しました。従来手法では、フルーチェを裏ごしして果肉を取り除く必要があるほか、フルーチェの経時変化するレオロジーを正しく捉えられません。しかし、今回提案した手法では、容器にフルーチェを入れるだけで計測可能なため本来のレオロジーを評価できるだけでなく、瞬時評価も可能なため長時間に渡りその本質を取り出すことが可能です。発表された論文では、開発した手法で得られるこれらのメリットと従来手法を比較することで、前者の有意性が示されています。従来手法は、試食によるアンケートとともに食べやすさを評価する指標となっていますが、開発した手法によって食品のレオロジー評価方法をより高度にアップデートできます。食の安全と食を介したQuality of Lifeの向上を両立する流動食品の開発などに貢献することが期待されます。

これは、本学が推進するロバスト農林水産工学研究の一環として行われた研究成果です。

なお、本研究成果は、2019年11月1日（金）公開のPhysics of Fluids誌に掲載されました。



フルーチェを試験用の円筒に入れて計測を行う様子。

円筒外側左の筒が超音波を照射するトランスデューサで、青破線上の速度分布を計測。

写真下図は、計測した速度分布から計算したフルーチェの変形度合い。正方形のグリッドからのずれが変形を意味し、この変形の時間変化からレオロジー物性を算出。

【背景】

長寿命化する現代において、食べやすさの改善による食の安全性と、食べ応えの向上による Quality of Life 改善の両立は、食を大事にする我が国において重要な課題です。また、ベジタリアンやビーガン用の加工食品、地球温暖化や人口増加問題に対応する人工肉など、食品加工の分野は常に発展しています。一方で、食品の食べやすさや食べ応えの評価は 21 世紀になった今でも 100 年以上前に発明されたトルク式レオメトリと、個人の味覚などにも左右される不安定なアンケート調査の結果により行われています。

液体を満たした円筒に振動回転を加えると、液体のレオロジーに応じた流れが生じます。研究グループが開発した「回転式超音波レオメトリ」は、この流れを不透明な液体に適用可能な超音波流速分布計により計測し、流体力学の方程式を介してレオロジーを評価します。そのため、既存のトルク式レオメータでは正しい評価ができなかった、固形物を含む液状食品のレオロジー評価への応用が期待されました。

【研究手法】

研究グループは、固形物を含む液状食品であり多くの方になじみのある「フルーチェ（ハウス食品）」を用いて、レオロジーの評価実験を行いました。ゲル状のフルーチェは攪拌に対して容易に流動化し、攪拌の強さによってはさらに粘度が減少する、あるいはゲルが経時的に回復するなどの特徴を持っています。実験の際、フルーチェをあえてパッケージの指示から増減させた牛乳量で作り、その差がレオロジーに与える影響を調査しました。

【研究成果】

研究グループは、従来の手法では困難だった固形物を含む液状食品のレオロジーを評価する手法の開発に成功しました。従来の手法ではフルーチェを裏ごしして果肉を取り除く必要があるのに対し、今回開発した手法では、容器にフルーチェを入れるだけで計測可能で本来のレオロジー物性を評価できます。また、従来の手法の問題点としては、わずか数 mm の厚さのフルーチェ層内であっても、条件に応じてそのレオロジーが空間的な変化によって分布したり、弾性の影響で結果としてトルクを正確に計測できないことが挙げられます。開発した手法でも、レオロジー物性は空間分布しますが超音波計測により空間各点での変化を抑えているため、そのような問題が生じません。逆に、そのような局所情報を用いることで瞬時にレオロジーを評価することが可能です。従来の手法における問題点は時間経過とともに顕著になりますが、開発した手法では、原理的に振動一回でレオロジーを評価できるため、経時変化するレオロジー評価も可能です。

このように、開発した手法は従来のレオロジー評価手法を現代の技術レベルに合わせて更新するものといえます。

【今後への期待】

今回の研究成果は、すぐにそのまま食品の食べやすさ評価などに用いられるものではありません。しかし、この手法を中心に食品の専門家と流体力学を専門とする研究者との分野を超えた研究が行われることにより、近い将来、食品の食べやすさや食べ応えが定量化され、規格化される時代が来るかもしれません。また、嚥下困難者用の安全かつ食べ応えがある流動食開発への貢献も期待されます。さらに、回転式超音波レオメトリは食品の分野に限らず、材料や化学、医学や土木工学の分野など幅広い分野で使われており、その全てがアップデートされる可能性があります。

論文情報

論文名 Ultrasonic spinning rheometry test on the rheology of gelled food for making better tasting desserts (より良いテイストを目指したゲル状食品レオロジーの回転式超音波レオメトリ試験)

著者名 芳田泰基¹, 田坂裕司², Peter Fischer³ (¹北海道大学大学院工学院, ²北海道大学大学院工学研究院, ³スイス連邦工科大学チューリッヒ校)

雑誌名 Physics of Fluids (流体力学の専門誌)

DOI 10.1063/1.5122874

公表日 2019年11月1日(金)(オンライン公開)

※参考 アメリカ物理学協会(American Institute of Physics)によるプレスリリース
<https://publishing.aip.org/publications/latest-content/century-old-food-testing-method-updated-to-include-complex-fluid-dynamics/>

お問い合わせ先

北海道大学大学院工学研究院 准教授 田坂裕司(たさかゆうじ)

T E L 011-706-6371 F A X 011-706-6373 メール tasaka@eng.hokudai.ac.jp

U R L <http://ring-me.eng.hokudai.ac.jp>

配信元

北海道大学総務企画部広報課(〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【用語解説】

- *1 レオロジー … 粘性や弾性など、物質の変形や流動に関する物性のこと。
- *2 トルク … 回転軸まわりに生じる「物体を回転させる力(力のモーメント)」のこと。
- *3 レオメトリ … レオロジーを定量化する手法のこと。狭い隙間に測定対象を挟んで変形を加え、トルクを計測してレオロジーを計測する、トルク式レオメトリ(計測器はレオメータ)が主流。