

「食べやすさ」の定量的評価法を開発

～嚥下患者用食品の安全性数値化に期待～

ポイント

- ・経時変化する嚥下補助食品の流動物性評価に成功。
- ・各種嚥下補助食品の機能性を定量的に裏付け。
- ・不均質な食品の流動物性評価に期待。

概要

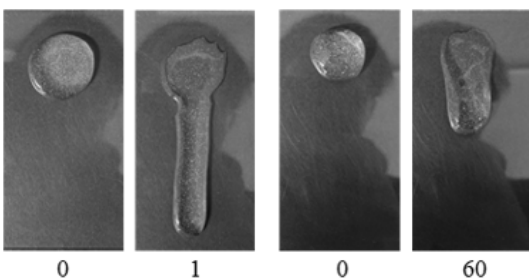
北海道大学大学院工学研究院の田坂裕司准教授，同大学院工学院博士後期課程の大家広平氏，ならびに北海道大学病院の千葉春子助教，熊谷聡美栄養士長らの研究グループは，食品の食べやすさに定量的な基準を与える新たな評価法を提案しました。

摂食過程で，食品の多くは剪断の強さ・変形の速さによってその粘度が変化します。さらには，咀嚼による剪断変形と，唾液に含まれるアミラーゼとの加水分解により食塊の状態が変化するため，経時変化を追うことができない既存の計測法^{*1}ではその正しい評価が困難でした。そもそも，果肉や固形物を残す不均質な食塊に対しては，その流動物性を評価できる方法自体が存在しませんでした。

今回使用された「回転式超音波レオメトリ^{*2}」は，試験対象の液体を満たした円筒容器を振動回転させ，生じる流れを超音波により計測し，流体力学の方程式を介して流動物性を評価する方法です。研究グループにより開発されたこの手法は，これまでもフルーチェの流動物性評価などに用いられてきましたが，北海道大学病院の協力を得て，「食べやすさ」の評価方法を確立すべく，まずは誤嚥防止に用いられてきた嚥下補助食品の定量的評価が行われました。

研究グループは，3種類の嚥下補助食品について，アミラーゼを加えた計測により咀嚼・嚥下過程を模擬し，その計測結果を2つの数値で表して流動物性の時間変化を図にプロットする手法を考案しました。これまで，経験的に知られていた補助食品の機能性が，初めて時間変化として定量的に示されました。これらの成果は今後，「食べやすさ」を評価する新しい手法として，次世代の基準策定に用いられることが期待されます。

なお，本研究成果は，2022年3月26日（土）公開の Journal of Texture Studies 誌に掲載されました。



アミラーゼを添加し傾斜板に滴下した液滴の振る舞い。

（左）デンプン系，（右）キサンタンガム系の嚥下補助食品，数値は経過秒数。デンプン系は加水分解により粘度が低下し流下するのに対し，キサンタンガム系は粘度が保持されるので垂れにくい。既存の方法では経時変化する流動物性を計測できない。

【背景】

高齢化社会に伴い、潜在的に嚥下障害を抱える患者数は100万人を超えていると言われています。一方で、温かい食事の提供を始めとして、医療の現場は患者のQuality of Life向上と安全性の担保の狭間で腐心しています。問題として、提供する食品の「食べやすさ」を定量的（数値的）に評価できないことがあります。

研究グループが開発を続けてきた「回転式超音波レオメトリ」は、液体を満たした円筒容器に振動回転を加え、液体の流動の様子を超音波により計測、流体力学の方程式を介して液体の流動物性を評価します。理論的には一周期、数秒程度の振動で物性を計測できるため、化学反応など物性の経時変化を評価可能です。また、固形物を含む不均質な液体の計測が可能であるため、食品への応用が期待されていました。

【研究手法】

研究グループでは、「とろみ調整食品」として誤嚥防止に用いられてきた嚥下補助食品である、デンブンプン、グァーガム、キサントタンガム系の増粘剤水溶液にアミラーゼを混合後、流動物性の経時変化を計測しました。いずれの水溶液も、剪断を加えることで粘度が低下する、ずり減粘の特性を持つこと、デンブンプン以外は唾液に含まれるアミラーゼの影響を受けにくいことが知られていましたが、それらの特性を時間変化として数値的に表現することを試みました。

【研究成果】

研究グループは、「回転式超音波レオメトリ」により数秒程度の短い時間で得られる粘度と変形の速さの関係を、 $\text{粘度} = K \times (\text{変形の速さ})^{n-1}$ のように、ずり減粘を表す、べき乗式で表現し、 K と n の値を時間変化として図に示す定量的表現方法を提案しました。ここで比例定数の K は低剪断での粘度を表すことから、食塊のまとまりやすさと関係し、指数の n は剪断に対する粘度低下の度合いを示すことから、嚥下時の食塊の流動に関係していると考えられます。上記の「とろみ調整食品」を用いた計測結果をこの図にプロットし、現在標準的に用いられているキサントタンガム系が、3種類の水溶液の中で最大の K および最小の n の値を取り、比較した中では最も食べやすいものとして定量的に表現されました。また、第一世代のとろみ調整食品であるデンブンプンは、加水分解により粘度低下が生じることが知られていましたが、その時間変化の速さを定量化することに成功しました。

このように、開発した手法はこれまでの経験的な知見を数値的に表現できる、「食べやすさ」を評価するための次世代の手法といえます。

【今後への期待】

今回の研究成果は、適用可能な範囲などの検証を経て、今後「食べやすさ」の新しい指標として専門家との議論が行われます。圧倒的な優位点として不均質な食品の計測が可能であるため、お粥や固形物の混じったスープなど、実際に提供されている食品の評価に展開します。また、X線を用いた嚥下造影試験や、実際に医療現場で提供されている食品など、臨床研究・臨床知見との融合により、将来的な基準策定への足がかりとなることが期待されます。この研究プロジェクトは、北海道大学の「創成特定研究事業」に採択され、次年度から「柔らかい」材料力学の専門家を加えて固形物のべたつき評価にも拡張し、総合的な「食べやすさ」の評価に発展させていきます。

論文情報

論文名 A method for evaluating time-resolved rheological functionalities of fluid foods (流動食品の時間変化するレオロジー的機能性を評価する方法)
著者名 大家広平¹, 千葉春子², 熊谷聡美², 芳田泰基³, 田坂裕司⁴ (1北海道大学大学院工学院, 2北海道大学病院, 3産業技術総合研究所, 4北海道大学大学院工学研究院)
雑誌名 Journal of Texture Studies (食感・質感に関する専門誌)
DOI 10.1111/jtxs.12679
公表日 2022年3月26日(土)(オンライン公開)

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

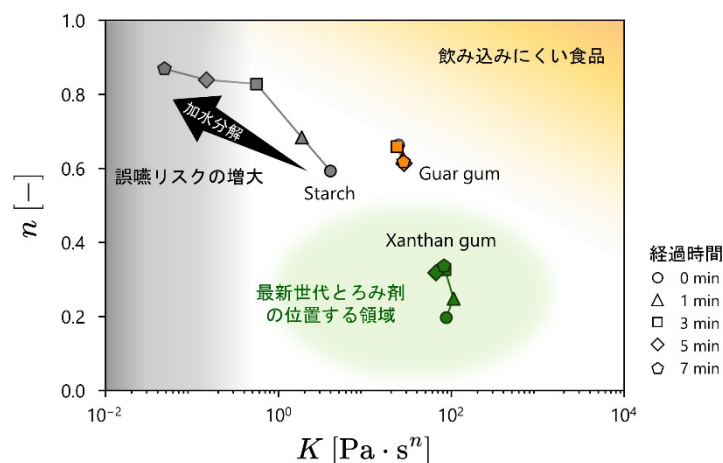
U R L <http://ring-me.eng.hokudai.ac.jp>

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 jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】



食品の「食べやすさ」を表す K - n ダイアグラム。右下の領域が、食塊がまとまりやすく嚥下時に抵抗が少ない食品を表す。プロットは、実際に計測を行った、3種類のとろみ調整食品の評価結果。デンプン (Starch) は加水分解の影響が著しく、時間とともに左上の食べにくい領域に移行している。

【用語解説】

*1 既存の粘度計測法 … 現場レベルでは、決められた大きさの容器の中で円筒などを一定速度で回転させて、軸トルク (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)」) を計測して評価する B 型粘度計が主流。研究レベルでは、狭い隙間に測定対象を挟んで回転により変形を加え、様々な回転数に対して軸トルクを計測し物性値に換算する、トルク式レオメータ^{*2}が主流。

*2 レオメータ (レオメトリ) … 粘性や弾性など、物質の変形や流動に関する物性を計測する機器 (手法) のこと。