

# トロミ表現の定量化とリンクした飲みやすい吸い飲みのデザイン Design of an easily drinking feeding-cup linked to the quantification of toromi

○ 正 下笠 賢二 (職業大東京校) 正 水沼 博 (首都大)

Kenji SHIMOKASA, Tokyo institute, Polytechnic University, 2-32-1 Ogawa-nishimachi, Kodaira, Tokyo  
Hiroshi MIZUNUMA, Tokyo Metropolitan University, 1-1 Minami-osawa, Hachioji, Tokyo

**Key Words** : swallowing disorder, thickener solutions, Non-Newtonian fluid, feeding-cup

## 1. 緒言

現在, 高齢者を中心に口腔・咽喉部に障害をもつ嚥下障害者や嚥下機能が低下した嚥下困難者が増加している。障害により生ずる誤嚥を防止するためトロミが適切に調整された介護食を摂取することが必要である。食品の性状だけでなく, 高齢者や嚥下障害者は嚥下に必要な筋肉や神経系の反射が衰えているため, 口腔内の感覚低下により一口量が増加し, 誤嚥の危険が高まることも報告されており, なんらかの方法により一口量が個人の嚥下能力に適した量に抑えられることが望まれる。誤嚥により食塊が気道から肺に浸入すると, 病原菌などが繁殖して誤嚥性肺炎を引き起こし, そのまま死に到る場合も多い。80歳以上男性の死因の第2位<sup>1)</sup>に挙げられている肺炎も, その多くは誤嚥性肺炎によるものといわれている。一般的に市販されている吸い飲みは, 飲みやすい構造になっているが, 一口量を随意的に制限できない高齢者や嚥下障害者にとっては誤嚥の危険がある。特にサイレントアスピレーションの場合, むせなどの反射が起こらないため患者に対しては, 介護者も誤嚥を認知できないため誤嚥の危険度は高くなる。また, 上述のように嚥下障害者はトロミのついた飲食物を摂取することが一般的であるから, トロミをつけた状態でも一口量を一定に確保することが重要である。一方で, 各メーカーから多種の増粘剤が市販されているが, そのトロミはポタージュ状やヨーグルト状などと曖昧に表現され定量的に表す基準は明確になっていないため現場でそのトロミを定量的に管理するのは困難である。

本研究では, 現在一般的に用いられている各種増粘剤のトロミ基準の問題点を指摘するとともにその特性にリンクさせ, トロミをつけても使用可能な一口量制限機能吸い飲みの製品化を目指し, 開発で考慮すべき設計パラメータとその特性を調べることを本研究の目的とした。

## 2. 増粘剤によるトロミの定量化

### 2.1 測定方法

トロミを付加するために飲料に添加される増粘剤は, 各メーカーから様々な種類のものが市販されている。その成分は大別すると澱粉系, グアーガム系, キサンタン系の3つに分類される。ここでは飲料ということ想定して各メーカーが最も低いトロミとして使用法に記載している濃度を基準として澱粉系にはムースアップ 2.4wt%水溶液(日清サイエンス), グアーガム系としてトロミアップA1.5wt%水溶液(日清オイリオグループ), トロミファイン 0.8wt%水溶液(キューピー), そしてキサンタン系としてトロミパーフェクト 1.0wt%水溶液(日清オイリオグループ), スルーキング 1.5wt%水溶液(キッセイ薬品工業), トロミクリア 1.3wt%水溶液(ライオン)を使用した。濃度はメーカーによって多少異なるが, B型粘度計における粘度1Pa・s以下, 硬さ200N/m<sup>2</sup>を基準としている。粘性特性は市販円錐・平板型回転粘度計(RS600, HAKKE)で測定した。測定は, ずり速度を200s<sup>-1</sup>まで上昇後, 再び0s<sup>-1</sup>まで下降させて行った。測定時間は上昇時(5分), 下降時(5分)の10分間とし, 各試料で3×3回の測定を行った。円錐直径は60mmであり, 円錐・平板間の隙間角度は1°である。試料の設定温度は, 20℃とし, 粘度測定中の試料は恒温槽により温度制御され, 温度が一定となったことを確認した後測定を行った。

### 2.2 測定結果及び考察

各種増粘剤の粘性特性をFig.1に示す。横軸はずり速度(1/s), 縦軸はみかけの粘度(Pa・s)を表している。経時変化やヒステリシスの影響

を除き同一条件で各種増粘剤の比較を行うためにすべて2回目に測定した結果を使用した。すべての増粘剤に非ニュートン粘性がみられ, グアーガム系とキサンタン系は同様な特性を示し, ずり速度に対する粘度が, 1~100s<sup>-1</sup>で70~80%低下するのに対し, 澱粉系はずり速度に対する粘度の変化が低く35%の低下にとどまった。本来は同程度のトロミとして表現される濃度で, キサンタン系はほぼ一致したものの最大で2.8倍程度の差が生じた。また, ずり速度100s<sup>-1</sup>では同程度の粘度となる澱粉系とグアーガム系Bはずり速度1s<sup>-1</sup>で10倍もの差異が生じている。試料の粘性特性を指数則モデルと定義し, 式(1)をレオロジーモデルとしたモデル定数 $K, n$ をTab.1に示す。

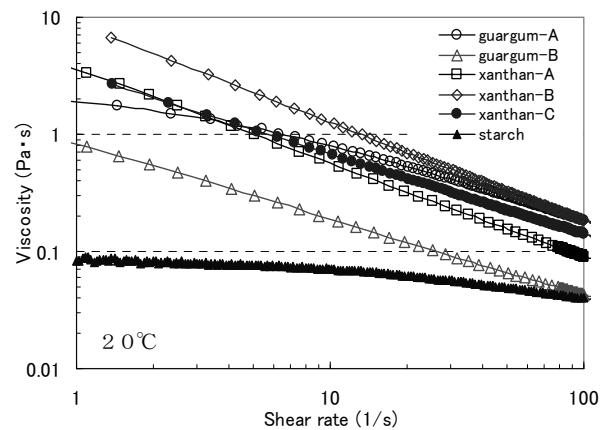


Fig.1 Viscosity as a function of shear rate. Thickener solutions of guar gum, xanthan, and starch

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad \dots(1)$$

Tab.1 Rheological constants

	$K$	$n$
guar gum-A	0.743	0.3909
guar gum-B	0.764	0.376
xanthan-A	2.95	0.299
xanthan-B	8.2657	0.178
xanthan-C	3.2	0.324
starch	0.099	0.814

澱粉系に対しグアーガム系, キサンタン系共に  $n$  値が低く, カテゴリ別別にみると特にキサンタン系が低い値となった。一方で,  $K$  値はキサンタン系が非常に高い値を示している。キサンタン系はテクスチャ特性の一つである付着性が低いことから飲む際の喉越しも良く, 最近の増粘剤の主流となりつつあるが, その非ニュートン性の影響が大きい点は注意が必要である。

## 3. 吸い飲みの設計

### 3.1 一口量制限機能

一口量とは, 一回吸い飲みを傾けたときの流出量である。一定量となるように制限する機能の基本原理解を Fig.2 に示す。カップ本体の内側

にインナーカップを有する入れ子構造とすることにより Fig.2(c)に示すようにカップを傾けると側面、及び底面の流路部分以外の液体はインナーカップにトラップされる。この機構により流出量を制限し、誤嚥防止が可能となる。

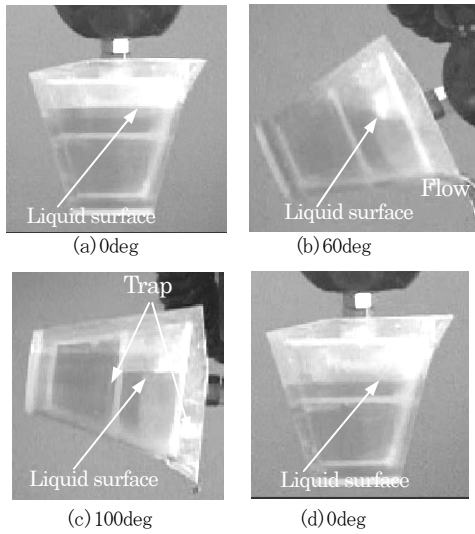


Fig.2 Fundamental mechanism of limit function for one swallowing

### 3.2 設計パラメータ

圧力ヘッドは液体の流出に伴い減少し、1回あたりの流出量は底面及び背面の流路に依存する。また、トロミを付加した場合はずり速度によってみかけの粘度が変化するため増粘剤の粘性特性を考慮した設計が必要である。流出口へと繋がる流路の流れをポアズイユ流れと近似すると、非ニュートン性を考慮したずり速度は式(2)で見積もることができる。

$$\dot{\gamma}_w = -\frac{3n+1}{n} \cdot \frac{Q}{\pi \cdot R^3} \quad \dots(2)$$

ここで、 $n$ : 試料のモデル定数、 $R$ : 流路半径、 $Q$ : 流量とする。

## 4. 評価実験

### 4.1 実験モデル

吸い飲み本体の基本形状は内径  $D = \Phi 66\text{mm}$ 、高さ  $H = 48\text{mm}$  で厚さ  $t = 1.2\text{mm}$  の薄肉構造であり、最大充填量は  $110\text{ml}$  とした。流出口は最大内径  $\Phi 12.8\text{mm}$  ~ 最小内径  $\Phi 3.8\text{mm}$  をアーチ型になめらかに繋いだ形状とし、インナーカップの流路の軸方向に沿った角度とした。また、インナーカップの流路から段差や曲がり部がなく流路を直接繋げることで、損失を最小とする構造とした。流路の直径は  $\Phi 10$ 、 $\Phi 12$  とし、中央付近に  $45\text{deg}$  の曲がり部を有する。インナーカップの実験モデルを Fig.3 に示す。

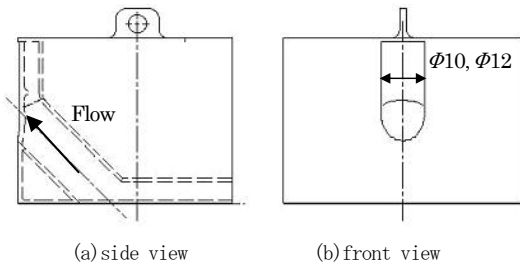


Fig.3 Experimental model of inner cup

### 4.2 実験方法

評価実験では試料の初期値を  $100\text{ml}$  とし、充填後吸い飲みを回転させ、残量を電子天秤で  $0.1\text{g}$  単位で計測し容量に換算した。また、流路におけるずり速度を見積もるために一口量が流出する時間を同時に計測した。本実験では、増粘剤の主流である第1章で粘性特性を測定

した3種類のキサンタン系、及び水道水 ( $\mu = 0.001$ ) を試料とし、同一条件で3回ずつ行い、平均値と標準偏差を計算した。実験は恒温室内で  $20^\circ\text{C}$ 、湿度  $65\%$  の雰囲気下で行った。

### 4.3 実験結果及び考察

吸い飲みの評価実験結果を Fig.4 に示す。横軸は回転による流出の回数 (times)、縦軸は残量 (ml) を表している。線形に近いほど一定量で流出していることを示している。粘性特性  $K = 8.266$ 、 $n = 0.178$  である xanthan-B は流路直径  $\Phi 10$ 、 $\Phi 12$  ともに最も流出量が少なかった。次に、平均一口量と平均流量の関係を Fig.5 に示す。横軸は流路直径  $\Phi 10$ 、 $\Phi 12$  の実験モデルで A~C は増粘剤の種類、W は水、縦軸は一回あたりの流出量 (ml)、及び流量 (ml/s) を表している。ずり速度は水が最も高く  $60 \sim 105\text{s}^{-1}$ 、増粘剤水溶液で  $30 \sim 60\text{s}^{-1}$  の範囲となった。流出量と流量はリンクした結果となり、流出に要する時間も  $0.34 \sim 1.47\text{s}$  の範囲であった。本実験でずり速度の範囲が明らかとなったため、ずり速度から粘性特性から得られたモデル定数を用いて、みかけの粘度を見積もると、xanthan-A で  $0.166 \sim 0.209\text{Pa}\cdot\text{s}$ 、xanthan-B で  $0.343 \sim 0.470\text{Pa}\cdot\text{s}$ 、xanthan-C で  $0.228 \sim 0.304\text{Pa}\cdot\text{s}$  とする。

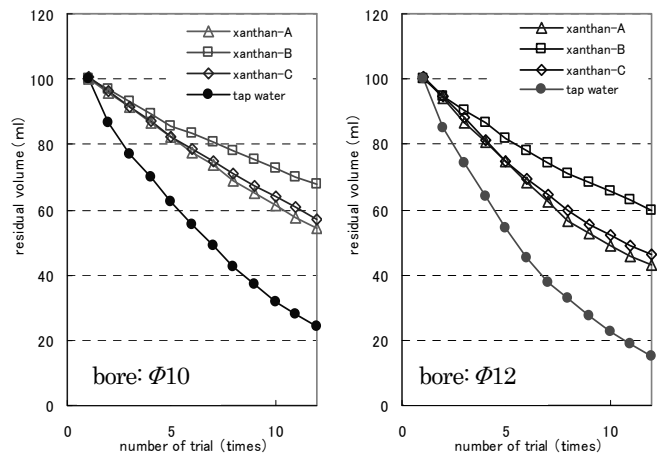


Fig.4 Temporal change in residual volume of feeding-cup

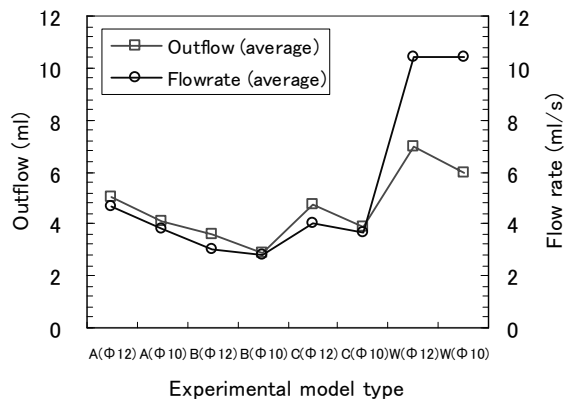


Fig.5 Relationship outflow and flow rate

## 5. 結語

増粘剤の粘性特性は異なるため、吸い飲みの流路もその特性をベースとしたデザインを行うことが重要であり今回以下のことになった。

- (1) 今回測定を行った増粘剤の  $n$  値の範囲は  $0.178 \sim 0.814$  となり増粘剤の種類によりかなり異なる。
- (2) 試作モデルでの流路のずり速度は近似的に  $30 \sim 60\text{s}^{-1}$  と見積もることができた。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省大臣官房統計情報部、人口動態調査、(2002)