

スプーンと皿縁部の相性が食事効率に与える影響

Affects of conformity between spoon and plate edge on food efficiency

○ 阿部里美(新潟大) 林豊彦(新潟大) 秋元幸平((株)青芳製作所)

Satomi ABE, Niigata University Toyohiko HAYASHI, Niigata University
Kouhei AKIMOTO, Aoyoshi Manufacturing Co.

Abstract: Super aging society has promoted the development of various kinds of tableware for persons with disabilities in order to support their eating. Then, usability assessment of such kinds of tableware has been done intensively up to now. As one of the factors affecting such usability, we focused on conformity between the edge of plate and spoon naturally affecting scooping motion, which has not been analyzed yet. Then we first proposed an effective experimental protocol using a combination of a spoon and a plate with an edge conformed to it for usability assessment in the preceding study. Then, we conducted experiments employing ten young-elderly persons using the protocol in order to clarify the effects of the conformity to food efficiency. Empirical results demonstrated that conformity between plate edge and spoon affected the total number of scooping, the number of collecting and duration of the collecting phase as well as total time.

Key Words: eating support, eating tools, usability evaluation, motion analysis, ergonomics

1. はじめに

現在、超高齢社会を背景に、高齢者・障がい者の自立した食事動作を支援するさまざまな福祉食器具が開発されている。そのような食器具では、利用者の使用性(使いやすさ)を向上させるために、素材、形状、大きさ、重量などが工夫されている。皿を例にとれば、食品をうまくスプーンへ乗せられない人のために、縁に反り返しをつけたり、片腕しか使えない人のために、皿の裏側に滑り止めをつけたりしている。

これまで、福祉食器具の使用性評価について、数多く報告されてきた^(1,2,3)。その多くでは、スプーンや箸など、一つの食器具の使用性を評価していた。ところが実際の食事場面では、皿とスプーン、皿と箸など、食器具間の相性についても考える必要がある。しかし従来、そのような相性についての報告は、ほとんどされていない。そこで、我々は、「皿とスプーンの相性」に着目して、皿の使用性を評価してきた。先行研究⁽⁴⁾では、高齢者体験セットを用いた擬似高齢者で、実験プロトコル、分析パラメータなど検証法について検討した。本研究では、前期高齢者を被験者とし、先行研究で確立した実験系で、皿の辺縁部形状と食事効率との関係を解明することを目的とする。

2. 皿とスプーンの相性についての検証法

2-1 被験皿と被験スプーン

皿とスプーンの相性が、食事動作の効率に与える影響を調べるためには、コントロール実験として、スプーンとの相性が異なる皿で同じ実験をする必要がある。先行研究⁽⁴⁾では、スプーンと相性のよい皿として、市販のメラミン仕切り皿TM(Fig. 1, 株式会社青芳製作所製)を被験皿として用いた。この皿は、辺縁部の一部がライトスプーンTM(Fig. 1, (株)青芳製作所製)のボール部縁部に適合している。そこで、先行研究では、その縁部と適合する皿の縁(Type-H)、および適合しない縁(Type-L)を実験に用い、両者間の食事効率を比較した。本研究でも、同じ2つの縁を用いた(Fig. 2)。

2-2 測定動作と評価パラメータ

食事中の1回のスプーン動作は、一般に食品を「集める」「すくう」「口に運ぶ」「口に入れる」の4相に分類されている⁽⁵⁾。これらの中で皿を用いる「集める」「すくう」が分析の対象となる。そこで先行研究⁽⁴⁾では、残りの「口に

運ぶ」「口に入れる」をそれぞれ「受け皿へ運ぶ」「受け皿へ入れる」に変更し、「集める」から「受け皿へ入れる」までの動作を分析した。本研究でも、全く同じ分析法を用いた。

次に、上で述べた動作・動作相を詳しく定義する。1回の測定動作は、皿からすべての食品を受け皿に移すまでとした。その全体は、「集める動作」「すくう動作」(以後、ストロークと呼ぶ)が繰り返す周期運動である。1ストロークは、1)集める、2)すくう、3)受け皿まで運ぶ、4)受け皿に入れる、の4相に大別できる。本研究では、1)を「集め相」、2)を「すくい相」、3)と4)を「運搬相」と呼ぶ。集め相は、最初にスプーンが皿底に接触した瞬間から、食品を集め終わり、すくい相に移る直前までとした。この相では、スプーンを使って食品を皿縁まで運ぶ動作「集める動作」が数回見られる。ここで、集める動作の区間は、スプーンが皿に接触した時点を開始時とした。終了時は、食



Melamine partition plateTM Light spoonTM Desk

Fig. 1 Infrared reflection markers secured to Melamine partition plateTM, Light spoonTM and the desk for motion capture



Fig. 2 Two different edges of Melamine partition plateTM tested: Type-H is conformed to the tip of Light spoonTM, while Type-L is not conformed to that.

品を皿縁まで運んだ後、スプーン先端が皿上にある、かつ開始時点からの距離が極大となる時点とした。

一方、「すくい相」は、集める動作後にスプーンが皿底に接触した時点を開始時とした。終了時は、皿縁を使って食品をすくい上げた後、スプーン先端が皿底から5mm上がった時点とした。この動作を「すくい動作」と呼ぶ。「運搬相」は、すくい相終了時を開始時とした。終了時は、スプーン先端が受け皿上にある、かつ開始時点からの距離が極大となる時点とした。

最後に、評価パラメータについて述べる。先行研究⁽⁴⁾では、次の7つのパラメータを用いた: 1) すくい相におけるスプーンの姿勢変化量, 2) すくう回数, 3) 集める回数, 4) すくい相時間, 5) 集め相時間, 6) 平均ストローク時間, 7) 総時間。本研究でも、先行研究の結果と比較できるように、全く同じパラメータを用いた。ただし、本研究では、総ストローク回数、平均ストローク時間の名称を変更し、それぞれ「すくう回数」「ストローク時間」とした。

2-3 被験者

先行研究⁽⁴⁾は、実験系の確立を目的のひとつとしていたことから、被験者を擬似高齢者とした。それに対して本研究では、実際の高齢者を被験者とする。福祉食器具の利用者としては、上肢の運動機能低下や認知障害をもつ高齢者が想定されている。しかし、そのような高齢者は症状が多様であり、統計処理が可能な人数を集めることも困難である。認知症の方では実験そのものができない。そこで、本研究では、上肢運動機能にばらつきが少なく、実験内容が正確に理解できる健常の前期高齢者を被験者とした。

2-4 被験食品

集める動作とすくう動作は、食品の形状および弾性・粘性などの性状によって影響を受ける。そのため、本来ならば形や性状の異なる多くの食品を用いる必要がある。しかし、被験食品は何でもよい訳ではなく、次に示す4つの条件を満たす必要がある: 1) 食品間で性状のばらつきが少ない, 2) スプーンで集める動作ができる, 3) スプーンですくいやすい, 4) 実験中に性状が変化しない。先行研究⁽⁴⁾では、上記条件を全て満たすラムネ球(ジェーCカラーボール、カバヤ食品、直径9mm×厚さ7mm)を用いた。本研究でも同じ食品を用いた。

2-5 測定環境

被験者の姿勢は、一般的な食事姿勢を想定し、机と椅子を用いた座位姿勢とした。机の高さは、上肢を下垂させた際、肘頭の高さが机上面に一致するように設定した。被験者に対する皿の姿勢は、Fig. 3に示すように、2つのType-Hを結ぶ線分が机の縁手前と平行するように設定した。食品の受け皿は、被験者から見たとき、実験で用いる皿領域の左側に置き、その中心と皿領域の中心を結ぶ線分の長さが20cmとなるように設定した(Fig. 3)。

2-6 静止姿勢

2-2で述べたように、測定の総時間を分析するためには、その開始時点・終了時点を明確にする必要がある。そこで本研究では、動作の起点となる「静止姿勢」を次のように定義した。

静止姿勢: 肩関節の屈曲進展0度、内外転0度、内外旋0度でスプーンを把持し、かつその先端が指定の2つの縁内側面(Type-H, Type-L)に接触する上腕姿勢⁽⁴⁾。この姿勢から動き始める瞬間を開始時点、食事動作を終えてその姿勢に戻る瞬間を終了時点とした。

3. 実験方法

3-1 測定システム

食事動作の測定には、モーションキャプチャ・システム(ProReflex MCU240, Qualisys)を用いた。CCDカメラは計4台用いた(サンプリング周波数は240Hz)。赤外線反射マーカは、メラミン仕切り皿TM、ライトスプーンTM、および机に貼付した。マーカの直径は15mmとし、Fig. 1に示すように、皿に3箇所、スプーンに4箇所、机に3箇所、計10箇所に貼付した。システムの制御、およびデータの記録・解析には専用のパーソナルコンピュータ(Inspiron700m, DELL)を用いた。測定の様子は、ビデオカメラ(DCR-TRV20, SONY)でも撮影した。

スプーンが皿底に接触した時点の検出には、皿中央付近の底面に固定した振動ピックアップ(MT-3T, 日本光電工業)を用いた(Fig. 1)。接触時の振動は、電気信号に変換され、増幅器(MEG-6108, 日本光電工業)、A/D変換器(CBI-360116, インタフェース)を介して、パーソナルコンピュータ(Inspiron6000, DELL)に取り込んだ(サンプリング周波数は240Hz)。上記2つの測定システムは、同一の外部トリガ信号で同期をとった。

3-2 被験者およびプロトコル

被験者は健常の前期高齢者10名とした(年齢は平均71.9±2.51歳)。全員男性で、利き手は右、把持法は三面把握-皿型I⁽⁶⁾であった。被験皿、被験スプーンともに実験前に使用経験はなかった。食品は2-4で述べたラムネ球とし、その量は、皿内でラムネ球同士が重ならない最大量120粒とした。机の高さは74cmとした。椅子はアームレスト、背もたれ、キャストのないものを用いた。

被験者のタスクは、2-2で述べたように、「皿の縁を使ってラムネ球を集めて、すくい、受け皿へ入れる動作」とした。用いた縁は、被験者一人につき、Type-HとType-Lの2つとした(Fig. 2)。被験者への教示は、「1回にできるだけ多くすくう」、「スプーン先端を使って指定の縁ですくう」の2つとした。1回の測定は、次の手順で行った: 1) 被験者は教示した静止姿勢で待機, 2) 験者の合図により、被験皿に入ったラムネ球をすくい、受け皿に入れる動作を開始, 3) ラムネ球を全て入れ終えたら、静止姿勢に戻る。被験者は、動作に慣れるために、まず前述の測定動作を5回練習した。その後、5分間の休憩をとり、測定を5回連続して行った。Type-Hを用いた実験とType-Lを用いた実験は、それぞれ別の日に行い、その順序もランダムとした。

3-3 座標系の設定

2-2で設定したパラメータを分析するため、スプーンと机に貼付したマーカから、それぞれスプーン座標系 Σ_S および机座標系 Σ_D を設定した。スプーン座標系 $\Sigma_S=O_S-X_S Y_S Z_S$



Fig. 3 The relative position of the container and Melamine partition plateTM.

は、原点 O_S を S_2 の位置、 Z_S 軸を S_4 から O_S へ向かう単位ベクトル、 Y_S 軸を Z_S 軸と O_S から S_1 へ向かう単位ベクトルの外積、 X_S 軸を Y_S 軸と Z_S 軸の外積とした。机座標系 $\Sigma_D = O_D - X_D Y_D Z_D$ は、原点 O_D を D_1 マーカと D_3 マーカの中心、 Z_D 軸を O_D から D_3 マーカへ向かう単位ベクトル、 X_D 軸を O_D から D_2 マーカへ向かう単位ベクトル、 Y_D 軸を、 Z_D 軸と X_D 軸との外積とした。

3-4 評価パラメータの分析法

評価パラメータは、2-2 で述べたように、すくい相におけるスプーンの姿勢変化量、すくう回数、集める回数、すくい相時間、集め相時間、ストローク時間、測定の総時間とした。これらの分析法について述べる。

すくい相におけるスプーンの姿勢は、机座標系 Σ_D に対するスプーン座標系 Σ_S の回転角度とし、ロール・ピッチ・ヨー角で表現した (Fig. 4)。 $X_S \cdot Y_S \cdot Z_S$ 軸回りの回転を、それぞれ up (+)/down (-), left (+)/right (-), left-rotation (+)/right-rotation (-) と表現する。スプーンの姿勢変化量は、各姿勢パラメータのすくい終わりの値とすくい始めの値との差で表現した。

次に、残りのすくう回数、集める回数、すくい相時間、集め相時間、ストローク時間、総時間の分析法について述べる。各パラメータの開始・終了時点は、1) Σ_D に対する S_4 の位置、および 2) 皿に固定した振動ピックアップの出力振幅、3) 測定の様子を記録したビデオ映像の3つを用いて決定した。なお、2) の出力振幅による時間分析には、閾値を用いた。まず、1 試技ごとに開始から 1 秒間の振幅データの絶対値の平均値を求めた。測定の総時間の開始は、平均値の 8 倍を閾値として検出した。他の評価パラメータについては、平均値の 90 倍を閾値とした。

すくう回数、集める回数は、それぞれすくう動作、集める動作の回数とした。すくう動作、集める動作の開始は、振動ピックアップの出力振幅データの絶対値が閾値を超えた時点とした。すくう動作の終了は、開始時点の S_4 の y 座標を基準とした時、 S_4 が受け皿上にあり、かつ y 軸正の方向 (高さ) へ 5mm 移動した時点とした。集める動作の終了は、 S_4 が受け皿上にあり、かつ開始時点の S_4 の座標を基準とした時、 S_4 との距離が極大となる時点とした。すくい相時間の開始と終了は、すくう動作と同じ時点とした。集め相時間の開始は、1 ストローク中で最初の集める動作が開始した時点、終了はすくい相が開始する直前とした。ストローク時間の開始は、集め相が開始した時点とした。終了は、 S_4 が受け皿上にあり、かつ開始時点の S_4 の座標を基準とした時、 S_4 との距離が極大となる時点とした。総時間の開始と終了は、振動ピックアップの出力振幅データの絶対値が閾値を超えた時点とした。

4. 結果

各被験者の分析データは、5 回の測定データの中から総時間の短かった 3 回とした。個人の各パラメータの代表値は、3 回の測定値の平均値とし、被験者 10 名の代表値の平均値と標準偏差を算出した。さらに、各パラメータの平均値において Type-H と Type-L との差を t 検定した (一対の標本による平均の検定)。

すくい相におけるスプーンの姿勢変化では、すくい始めから終わりにかけて X 軸は上方回転、 Y 軸は左回転、 Z 軸は右軸回転していた (Fig. 5)。この姿勢変化量では、Type-H・Type-L 間に有意差が見られなかった (Table 1)。すくう回数は、Type-H・Type-L でそれぞれ 10.9 ± 1.07 [s]、

15.5 ± 2.44 [s] の値を示し、両者間に有意差が見られた (Fig. 6)。集める回数は、Type-H・Type-L でそれぞれ 3.60 ± 3.77 [s]、 8.20 ± 8.12 [s] の値を示し、両者間に有意差が見られた (Fig. 6)。すくい相時間は、Type-H・Type-L の平均値間に有意差が見られなかった (Fig. 7)。集め相時間は、Type-H・Type-L でそれぞれ 0.864 ± 0.537 [s]、 1.37 ± 0.947 [s] の値を示し、両者間に有意差が見られた (Fig. 7)。ストローク時間は、Type-H・Type-L でそれぞれ 3.16 ± 1.15 [s]、 3.60 ± 1.33 [s] の値を示し、Type-H の値が Type-L より小さい傾向が見られたが、有意差は見られなかった (Fig. 7)。総時間は、Type-H・Type-L でそれぞれ 34.1 ± 6.98 [s]、 50.5 ± 9.21 [s] の値を示し、両者間に有意差が見られた (Fig. 7)。

5. 考察

上の結果は、有意差の有無に着目してまとめれば、Type-H・Type-L 間に有意差が見られたパラメータ群は、すくう回数、集める回数、集め相時間、総時間であり、有意差が見られなかったパラメータ群は、すくい相におけるスプーンの姿勢変化、すくい相時間、ストローク時間であった。各群について以下で詳しく論じる。

まず有意差が見られたパラメータ群について述べる。この群では、すべて Type-H の平均値の方が有意に小さかつ

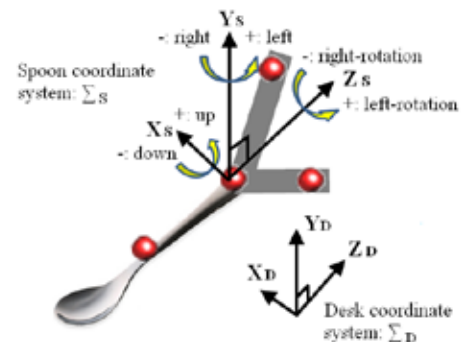


Fig. 4 The orientation of the spoon defined by the orientation of spoon coordinate system Σ_S relative to desk coordinate system Σ_D .

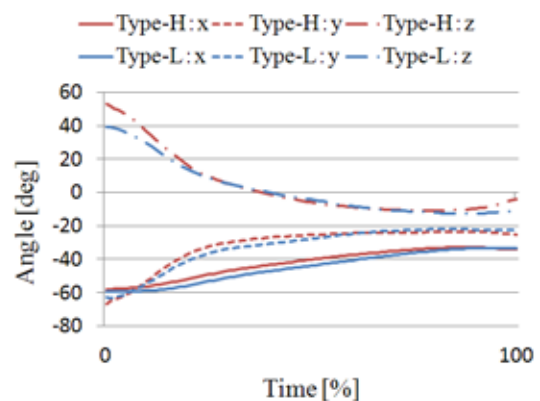


Fig. 5 Rotation angles of the spoon with respect to desk coordinate system Σ_D : Time series of the rotation angles, where time is normalized in the range between the contact of the spoon-tip on the plate (0%) and its leaving (100%)

Table 1 Orientation change of the spoon in scooping

	Xs-axis	Ys-axis	Zs-axis
Type-H	24.1 ± 7.88	41.6 ± 11.4	-56.9 ± 20.3
Type-L	25.5 ± 5.22	62.0 ± 87.6	-50.1 ± 20.8

た. 減少の程度を見るために, 減少率 = $\{(Type-L \text{ の平均値}) - (Type-H \text{ の平均値}) / (Type-L \text{ の平均値})$ を求めた. その値は, すくう回数 29.6%, 集める回数 56.1%, 集め相時間 37.1%, 総時間 32.4%であった. これらのパラメータはすべて動作効率に関係することから, 「Type-H の方がより効率的な食事動作ができた」と考えられる. Type-H では, Type-L よりも縁部が鋭角に作られている (Fig. 2). そのため, スプーンでラムネ球を集めるとき, その形状を利用して球を皿の一部に集めやすい. そのため, より効率的にラムネ球を集めて, すくうことができ, その結果, 集める回数, すくう回数が減少したものと考えられる. 集め相時間の短縮は, 集める回数の減少によるものと考えられる. 他の相の時間は有意に減少しなかったことから, 結果として総時間も短縮したものと考えられる.

次に, 有意差が見られなかったパラメータ群について述べる. まず, すくい相時間について論じる. 実験時, 被験者には, ラムネ球を「1回にできるだけ多くすくう」ように教示した. 1回ですくう個数は, Type-H で平均 11.0 個, Type-L で平均 7.7 個であった. つまり, Type-H ではより多くのラムネ球をスプーンに乗せることができた. そのため, すくう際は, ラムネ球を落とさないように慎重になったと考えられる. それに対して, 乗せる個数の少ない Type-L では, すくい時間が Type-H よりも短いことが予想されるが, 実際にはラムネ球をスプーンに乗せにくいため, 縁部でのすくう動作に時間がかかってしまう. そのため, 両タイプで差が見られなかったと考えられる. すくい相におけるスプーンの姿勢変化は, 3 軸全てのパラメータで有意差が見られなかった. この事実は, 縁のタイプが各被験者固有のスプーンの姿勢には影響しなかったことを示している. 最後に, ストローク時間について論じる. ストローク時間には, 有意差は見られなかったが, Type-L の方が Type-L よりも短い傾向が見られた. ストローク時間は, 集め相時間, すくい相時間, 運搬相時間の合計である. この中で, 集め相時間は Type-H の方が短く, すくい相時間は有意差が見られなかった. 運搬相時間については, 結果には示さなかったが, 両タイプ間で有意差は見られなかった. そのため, ストローク時間は, Type-H の方が短い傾向を示したが, 個人差によるばらつきが大きかったため, 有意差は見られなかったと考えられる.

以上をまとめれば, スプーンと相性のよい皿では, 食品を効率よく集めることができるため, 集める回数, すくう回数が減少した. さらに, 食事の総時間, 集め相時間も減少した. つまり, 回数と時間の観点から食事効率が改善される可能性が示唆された. 今回は, 食品を1種類しか使わなかったため, 食品の形状や性状を変えて実験を行うことが今後の課題である.

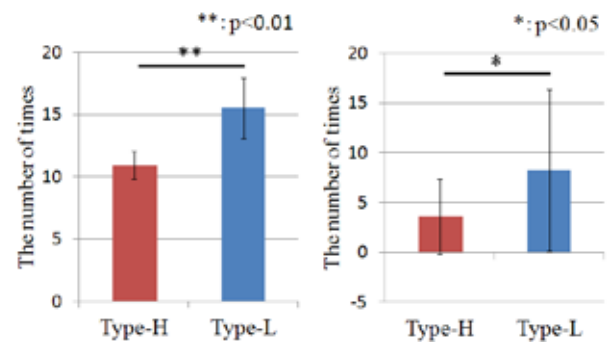
謝辞

実験にご協力いただいた方々に深く感謝いたします.

参考文献

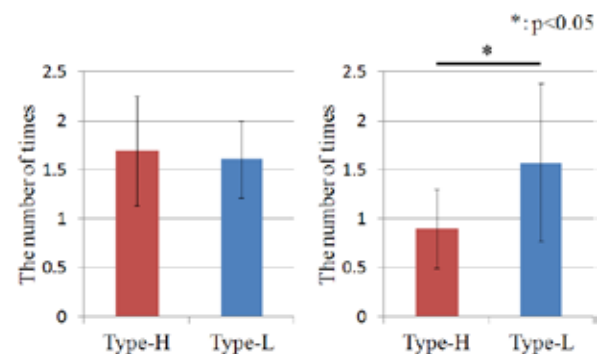
- (1) 田村文誉, 菊谷武, 須田牧夫, 福井智子, 高橋賢晃, 戸原雄, 要介護高齢者の自食用スプーンの使用に関する考察, 障歯誌, Vol. 30, No. 4, pp. 556-562, 2009.
- (2) 長尾徹, 金子翼, 永井栄一, 塚本康夫, 平田総一郎, 村田敏明, 吉田正樹, 箸またはスプーンを使用した食事動作における肩関節外転・肘関節屈曲・前腕回旋運動と動作時間の比較検討, 神戸大学医学部保健学科紀要, Vol. 17, pp. 1-7, 2001.

- (3) 勝山隆, 小峯武陸, 久利彩子, 健常若年者がスプーンを用いた食事動作における上肢関節運動の変位, 大阪河崎リハビリテーション大学紀要, Vol. 28, No. 3, pp. 196-204, 1994.
- (4) 阿部里美, 林豊彦, 前田義信, 渡辺哲也, 秋元幸平, 福祉用食器「メラミン仕切り皿™」のスプーンとの適合性が食事動作・効率に与える影響, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2011講演論文集 (CD版), 一般講演01-5 (生活支援 (自助具, コミュニケーション)), 2011.
- (5) 清宮良昭, 更衣・整容・食事動作の運動学, OTジャーナル, Vol. 28, No. 3, pp. 196-204, 1994.
- (6) 鎌倉矩子, 手のかたち 手のうごき, 医歯薬出版, pp. 51-77, 1989.

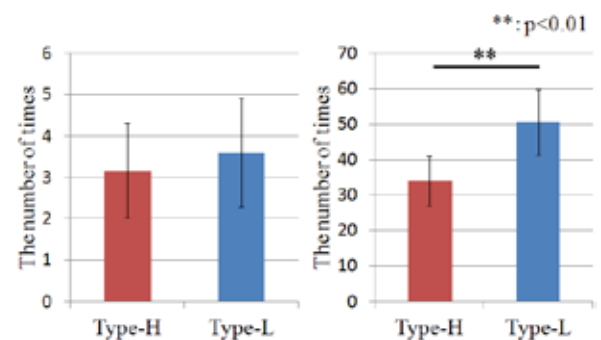


(a) Total number of scooping (b) The number of collecting

Fig. 6 Two different frequency parameters, total number of scooping and collecting



(a) Duration of scooping phase (d) Duration of collecting phase



(c) Duration of stroke (d) Total time

Fig. 7 Four different temporal parameters