

## 多角的センサー情報に基づく食行動研究用データベースの構築と分析

小山 達之<sup>†</sup> 西田 昌史<sup>†</sup> 西村 雅史<sup>†‡</sup>静岡大学<sup>†</sup> 愛知産業大学<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

「食べること」は生きる上での基本行動の一つであり、その質の維持・向上は乳幼児から高齢者まで、あらゆる人の心身の健康を維持・増進する上で重要な要素である。既に食行動に関する認識システムは多数研究開発されている[1][2]。しかし、食行動の質を保健・医療、情報工学の両面から分析・評価できるような研究基盤の整備はまだ進んでいない。本研究では日常的な食事における動作、特に、1) 食物を認識・選択して口に運び、2) 食物を様々な位置で咀嚼し、3) 順次食塊を形成し、4) 食道へ送り込むという一連の動作に関する多角的なセンサー情報を、食物や対象者の属性に関する情報とともに格納するデータベースを構築し、それを基に分析を行った。

## 2. 食行動データベース

## 2.1. 先行研究

食行動に関しては、主に画像やIMUによる摂取食物の認識や食物摂取サイクルの認識、ピエゾ素子や筋電などのセンサーによる口腔内行動（咀嚼、嚥下）の認識など、これまでも数多くの研究が行われ、関連するデータセットも多数存在する[3]。一方、保健・医療の観点からは主に高齢者を対象として、咀嚼や嚥下の能力といった口腔機能の評価に関する研究が多い[4]。ただ、いずれの分野においても、食物の選択・運搬から口腔内での咀嚼・嚥下に至る一連の摂食行動を総合的に扱い、被験者の年齢や健康状態といったさまざまな属性情報とともに収録したデータベースは存在しない。

## 2.2. データベースの概要

データ収集の被験者として20代の若年者と65歳以上の高齢者の両者を対象とした。保健・医療の側面から、健常と考えられる若年者と、機能低下の可能性が高い高齢者との食行動の違いを見るためである。口腔機能低下の度合いについては事前に医学的な評価を行い、これを被験者の属性として付与する。

食行動を記録するセンサーとしてカメラ、IMU、マイク、重量センサーを用いる。口腔内の時間動作については首に装着した多数の皮膚接触型マイクからの音情報に加え、被験者の咀嚼位置に関する自己申告情報を活用し、さらに作業者が再度データの視察や聴取を行うことにより手動で行動ラベルを付与する方法を採用する。なお、皮膚接触型マイクから得られる情報は咀嚼の位置や嚥下の自動検出に有効な情報であることを先に確認している[5]。

Construction and Analysis of Dietary Behavior Research Database Based on Multidimensional Sensor Information

Tatsuyuki Koyama<sup>†</sup>, Masafumi Nishida<sup>†</sup>,

Masafumi Nishimura<sup>†‡</sup>

Shizuoka University<sup>†</sup>, Aichi Sangyo University<sup>‡</sup>

2023年12月時点でデータベースには若年者55名（19～25歳、男性42名、女性13名）、高齢者63名（65～89歳、男性31名、女性32名）分の属性データおよび事前検査項目の結果とともに、食行動データとしては、動画、IMU、音声、重量センサーデータが格納されている。

## 2.3. 事前検査項目

事前検査は口腔衛生状態不良の評価として舌苔付着度の視察、口腔乾燥の評価として口腔水分計を用いた口腔粘膜湿潤度の計測、咬合力低下の評価として残存歯数の計測、舌口唇運動機能の低下の評価としてオーラルディアドコキネシスの実施、低舌圧の評価として舌圧測定器を用いた舌圧測定、咀嚼機能低下の評価としてグルコセンサーを用いた咀嚼能力検査、嚥下機能低下の評価として質問紙EAT-10を用いた嚥下スクリーニング検査、栄養状態の評価として質問紙MNA-SFを用いた栄養スクリーニング検査、咀嚼能力と相関がある握力の測定、以上の合計9項目を実施する。

## 2.4. 使用食材

データ収集に使用する食材はミネラルウォーター、チューインガム、クラッカー（リッツ）、千切りキャベツ、コンビーフ、ゼリー、グミ（ハリボー）、アーモンドの合計8種類である。食材は食塊の形成時間や嚥下音の収録容易性、食感の差異を検討した上で選定している[6]。また、若年者にはチューインガムとクラッカーの咀嚼時に、咀嚼位置情報をキーボード入力させ、行動ラベル付与時の参考情報として用いる。

## 2.5. 使用センサー

図1に示すように、耳下マイク（左右2ch）、咽喉マイク（上下2ch）に加え、ピンマイクと集音マイク、iPhone3台（動画収録用）、IMUセンサー3台（頭、両手）、重量センサー1台を用いてデータ収集を行う。

これらセンサーを使う意図を以下に挙げる。

1) 音情報：咀嚼や嚥下など口腔内における行動を自動推定するのに有効で、人手で詳細な行動ラベルを付与する際の参考にもなる。2) 画像情報：食事の際の動きを詳細に確認し、正確な行動ラベルを付与することが可能となる。手や頭の動きだけでなく、口や顎、喉の動きも行動ラベルの参考にできる。3) IMU情報：食事の際の腕や頭の動作を取得することで、動き始めのタイミングや動作の大きさなどを数値化することが可能となる。4) 食材の重量情報：水や食材を一口でどれだけの量を飲食したのかを知ることが出来る。また重量の変化によって食行動のラベル付与に役立つ。



図 1: センサー類の使用の様子

### 3. データベースを使用した分析

#### 3.1. 高齢者の口腔機能における比較分析

データベースの有効性を示す試金石として、高齢者の特定の検査項目において口腔機能低下傾向のある群とそれ以外の群との比較分析を行った。比較項目として特に咀嚼嚥下と関連が見込めそうである舌圧、咀嚼能力、握力(口唇閉鎖力)[7]の3項目を抜粋した。

まず、性差を加味して男女ごとに上記3項目の平均値を算出し、平均値を下回る群と上回る群の2群に群分けした。2群における事前評価全項目の平均値と標準偏差を算出した。次に、正規性の検定としてアンダーソン・ダーリング検定を行った。最後に、正規分布に基づく2群はF検定を行うことで等分散性を調べた後、項目ごとに2標本t検定の方法を選定し実施した。正規分布に基づかない2群はマン・ホイットニーのU検定を実施した。なお、p値の有意水準は一般論に基づき0.05とした。2群における舌圧、咀嚼能力、握力のp値、平均値、標準偏差を表1、表2、表3に示す。

表 1: 舌圧における女性平均(29.1)、男性平均(29.79)を下回る(左)上回る(右)2群の検定結果

項目	p値	高齢者n=33(女性17名,男性16名)		高齢者n=30(女性13名,男性14名)	
		平均値±標準偏差	標準偏差	平均値±標準偏差	標準偏差
舌圧 (kPa)		24.58±4.95	4.95	34.79±5.38	5.38
年齢	0.320	74.94±4.45	4.45	73.83±5.69	5.69
舌苔の付着程度(TCI)	0.023	2.86±5.98	5.98	7.76±10.08	10.08
残存歯数(機能している智歯を含む)	0.741	25±5.3	5.3	24.63±5.75	5.75
口腔粘膜湿度	0.696	28.53±2.27	2.27	28.15±2.24	2.24
オーラルディアドコキネシス /pa/ 回/秒	0.901	6.5±0.73	0.73	6.4±0.88	0.88
/ta/ 回/秒	0.201	6.43±0.68	0.68	6.59±0.73	0.73
咀嚼能力 /ka/ 回/秒	0.678	6.98±0.7	0.7	5.99±1.15	1.15
嚥下スクリーニング検査「EAT-10」	0.162	186.82±50.72	50.72	207.16±63.7	63.7
簡易栄養状態評価表(MNA)	0.869	0.55±1.39	1.39	0.47±1.33	1.33
握力 (kg)	0.682	12.64±1.51	1.51	12.9±1.9	1.9
BMI	0.462	27.41±3.03	3.03	28.76±7.09	7.09
	0.203	1.88±1.12	1.12	2.27±0.85	0.85

表 2: 咀嚼能力における女性平均(184.09)、男性平均(209.74)を下回る(左)上回る(右)2群の検定結果

項目	p値	高齢者n=31(女性17名,男性14名)		高齢者n=32(女性15名,男性16名)	
		平均値±標準偏差	標準偏差	平均値±標準偏差	標準偏差
咀嚼能力		149.45±31.36	31.36	242.5±38.15	38.15
年齢	0.975	75.74±6.11	6.11	73.15±3.43	3.43
舌苔の付着程度(TCI)	0.294	6.8±10.32	10.32	3.64±5.98	5.98
残存歯数(機能している智歯を含む)	0.002	23.81±6.54	6.54	26.78±3.29	3.29
口腔粘膜湿度	0.369	28.01±2.58	2.58	28.68±1.85	1.85
オーラルディアドコキネシス /pa/ 回/秒	0.123	6.26±0.96	0.96	6.64±0.55	0.55
/ta/ 回/秒	0.019	6.28±0.67	0.67	6.73±0.69	0.69
/ka/ 回/秒	0.071	5.78±1.14	1.14	6.28±0.59	0.59
舌圧 (kPa)	0.902	28.67±6.91	6.91	36.19±7.49	7.49
嚥下スクリーニング検査「EAT-10」	0.276	0.77±1.19	1.19	0.25±0.66	0.66
簡易栄養状態評価表(MNA)	0.456	12.94±1.13	1.13	12.59±1.5	1.5
握力 (kg)	0.081	26.19±6.65	6.65	29.85±8.85	8.85
BMI	0.866	2.03±1.06	1.06	2.09±0.98	0.98

表 3: 握力における女性平均(22.21)、男性平均(34.09)を下回る(左)上回る(右)2群の検定結果

項目	p値	高齢者n=34(女性19名,男性15名)		高齢者n=29(女性13名,男性16名)	
		平均値±標準偏差	標準偏差	平均値±標準偏差	標準偏差
握力 (kg)		23.97±5.61	5.61	32.84±6.84	6.84
年齢	0.001	76.29±5.15	5.15	72.21±4.06	4.06
舌苔の付着程度(TCI)	0.597	4.73±7.97	7.97	5.74±9.15	9.15
残存歯数(機能している智歯を含む)	0.014	23.21±6.38	6.38	26.72±3.42	3.42
口腔粘膜湿度	0.313	28.08±2.12	2.12	28.67±2.38	2.38
オーラルディアドコキネシス /pa/ 回/秒	0.025	6.25±0.9	0.9	6.69±0.6	0.6
/ta/ 回/秒	0.009	6.2±0.88	0.88	6.87±0.67	0.67
/ka/ 回/秒	0.003	5.76±1.1	1.1	6.36±0.64	0.64
舌圧 (kPa)	0.215	28.44±7.11	7.11	30.61±7.24	7.24
咀嚼能力	0.002	178.38±53.8	53.8	220.55±53.96	53.96
嚥下スクリーニング検査「EAT-10」	0.507	0.68±1.69	1.69	0.31±0.79	0.79
簡易栄養状態評価表(MNA)	0.244	13±1.06	1.06	12.48±1.57	1.57
BMI	0.523	2.12±1.05	1.05	2±0.98	0.98

表1から表3より、平均値を下回る群より上回る群の方が他の事前検査項目においても良好な傾向が見られる。しかし、p値から平均値の差に有意性がある項目とない項目が見られる。

表1より、舌圧において平均値の差に有意性のある項目は舌苔の付着度のみである。また表2より、咀嚼能力において平均値の差に有意性のある項目は残存歯数とオーラルディアドコキネシスの「タ」のみである。よって、嚥下と咀嚼能力は他の項目と独立した指標であると考えられる。表3より、握力に関しては嚥下と口腔乾燥と栄養評価以外の評価項目に関して平均値の差にほぼ有意性が見られた。有意性が見られたのは口唇閉鎖力と関連のある項目と考えられる。

以上より、特定の検査項目において口腔機能低下傾向のある群は他の事前検査項目においても低下傾向が見られるが、口腔機能低下に関しては咀嚼機能、嚥下機能を分けて考えるべきという考察ができる。

#### 3.2. 展望

若年者と高齢者における咀嚼回数と事前評価項目との関連性を調べた研究が存在するが、対象食材や被験者の少なさが課題とされている[8]。本データベースを基に分析を行えば課題解決と共に新たな関連性を発見できる可能性が考えられる。また、口腔機能低下者と健康者の咀嚼回数や嚥下継続時間の比較や咀嚼嚥下の特徴分析も行っていく。

#### 4. おわりに

保健・医療、情報工学の両面から利用が可能な研究基盤の構築を目的として食行動データベースを構築した。音や画像を中心とした多角的なセンサー情報とともに、食材や対象者の属性や事前評価項目の結果が格納されている。また、構築したデータベースから興味深い分析結果を得ることができた。引き続きデータ収集及び食行動のラベル付与作業を進め、データベースに口腔内の詳細動作の情報を追加し更なる分析に役立てていく。

#### 謝辞

本研究はJSPS 科研費21K18305の助成を受けたものである。また、静岡県立大学の森野智子先生にはデータ収集のご協力や分析に関して大変有益なご助言を多く頂きました。深く感謝を申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 佐藤琢磨ら, “機械学習を用いた摂食行動認識手法の実現と食画像ラベリング”, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), 2015-UBI-46, No. 12, pp. 1-8, 2015.
- [2] 北村圭吾ら, “食事ログの取得と処理一画像処理による食事記録”, The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers, Vol. 63, No. 3, pp. 376-379, 2009.
- [3] N. A. Selamat et al., “Automatic Food Intake Monitoring Based on chewing Activity: A Survey”, IEEE Access, Vol. 8, pp. 48846-48869, 2020.
- [4] 本間清ら, “煎餅を用いた食塊形成能力からみた咀嚼能力評価法”, 日本顎口腔機能学会雑誌, Vol. 10, No. 2, pp. 151-160, 2004.
- [5] A. Nakamura et al., “Automatic Detection of Crushing Completion Timing of Food”, Proc. of Lifetech2022, pp.526-528, 2022.
- [6] 伴野司ら, “食行動の自動評価及び分析のためのデータベース構築”, 情報処理学会第85回全国大会講演論文集, No. 1, pp. 967-968, 2023.
- [7] 橋口千種ら, “口唇閉鎖力と口腔機能の関連の検討”, 小児歯科学雑誌, Vol. 55, No. 1, pp.1-10, 2017.
- [8] 盧優梨ら, “食行動データベースを用いた口腔機能の分析と評価”, 情報処理学会第83回全国大会講演論文集, No. 1, pp. 519-520, 2021.