

# 博士論文

## 小学校初年度給食における聴覚メディアを用いた 咀嚼改善手法に関する研究

Study on mastication improvement methods using  
auditory information during school lunch period  
in the first grade of elementary school

神奈川工科大学

2022 年度

佐久間 直緒美

## 目次

第1章 序論.....	1
1.1 咀嚼の生理学的特性.....	2
1.2 咀嚼器官の発達.....	2
1.3 学童期における咀嚼の課題.....	3
1.4 咀嚼リズムとテンポ.....	3
1.5 小学校における咀嚼指導.....	4
1.6 聴覚メディアの活用.....	5
1.7 目的.....	7
1.8 本論文の構成.....	8
1.9 倫理的配慮.....	9
第2章 咀嚼改善手法の設計.....	10
2.1 本章の目的.....	11
2.2 人間中心設計.....	11
2.3 BGMのプロトタイプ仕様設計値の導出実験.....	17
2.3.1 目的.....	17
2.3.2 対象者.....	18
2.3.3 実験環境.....	18
2.3.4 実験課題および実験試料.....	21
2.3.5 測定方法および手順.....	23
2.4 咀嚼改善 BGM 設計.....	37
2.4.1 プロトタイプ BGM 設計.....	37
2.4.2 プロトタイプ BGM 評価.....	43
2.5 運用計画の策定.....	45
第3章 ユーザビリティ評価.....	50
3.1 本章の目的.....	51
3.2 効率評価実験.....	51

3.2.1	対象者 .....	51
3.2.2	実験期間.....	51
3.2.3	実験環境.....	52
3.2.4	BGM の提示音圧レベルの検討 .....	52
3.2.5	実験課題および測定項目 .....	54
3.2.6	教育条件と実験手順 .....	54
3.2.7	解析方法.....	57
3.2.8	評価項目 .....	59
3.3	統計解析.....	60
3.4	結果.....	60
3.5	満足性評価調査.....	69
3.5.1	対象者・調査期間及び調査環境 .....	69
3.5.2	調査課題.....	71
3.5.3	調査評価項目 .....	71
3.5.4	調査手順及び解析 .....	71
3.5.5	結果.....	72
3.6	考察.....	74
3.7	歌詞の有無が聴取者の心理に与える影響の検討 .....	78
3.7.1	目的.....	78
3.7.2	対象者 .....	78
3.7.3	実験環境.....	78
3.7.4	実験方法.....	79
3.7.5	結果と考察 .....	81
3.8	結語.....	85
第4章	総合考察 .....	87
4.1	第1～3章の総括.....	88
4.2	BGM 提示による咀嚼テンポの BGM への同調効果と リズムの安定化.....	91

4.3 BGM 咀嚼教育手法の満足性評価 .....	93
4.4 BGM 咀嚼教育手法の有用性 .....	94
4.5 本研究の限界 .....	95
4.6 本研究の今後の展開 .....	96
第 5 章 結論.....	99
謝辞 .....	103
参考文献.....	105
付録 .....	1
第 2 章.....	2
第 3 章.....	12

# 第 1 章 序論

## 1.1 咀嚼の生理学的特性

ヒトの生命維持に必要な基本的機能として、摂食・嚥下機能がある。摂食・嚥下過程は4期（口腔準備期、口腔期、咽頭期、食道期）に分類され、咀嚼は口腔準備期にあたる。口腔準備期は、食塊が口腔から咽頭への送り込みから嚥下までの、口腔内に食塊が保持されるごくごくわずかの間を指す [1]。口腔準備期において、咀嚼は、切歯による捕食から、口腔内における食物の粉碎・唾液との混和、凝集性の食塊形成を行う。咀嚼運動は、ヒトの22個の骨から構成される頭蓋骨の中で、唯一の可動性関節である顎関節における下顎の3平面方向への可動性により、下顎運動が平行移動と回転及び両者の結合が絡み合う運動であることが特徴となっている。下顎の開閉や唾液の分泌、舌による食物の混和などの複雑な組合せで、呼吸や歩行などと同様にリズムカルな自動運動であるが、意識的に速度を調整することが可能な随意運動である。また、唾液分泌の促進、消化液・消化管ホルモン分泌の促進による消化促進や食欲調節、咀嚼中に生じる顎口腔感覚による脳内快感物質分泌による安全感や多幸感の喚起、脳の活性化、顔面頭蓋の成長発育の促進などの作用もあることから、咀嚼は、単に口腔内における直接的な消化作用のみならず、広範な生理作用を持つ [2]。

## 1.2 咀嚼器官の発達

ヒトの咀嚼器官である歯は、摂食・嚥下の口腔準備期において主役となる。ヒトの歯列の発達は、生後の最初の年で第一生歯（乳歯）の萌出に始まり、3歳の誕生日までに20本揃い、その後約7年の経過において永久歯へ生え変わることで32歯となり歯列は完成する。咀嚼が正常に機能するための要素には、噛み合わせ（歯と顎の骨の不調和の有無）と咬合力がある。これら上下顎の歯が正常に咬合し、咀嚼筋による噛む筋力が十分であることにより、なんでも食べられる口腔機能を獲得することになる。口腔機能の正常な発達と顎骨の十分な発育には、食生活を通して正しい咀嚼習慣を身につけさせることが必要不可欠となる [3]。特に学童期（6～12歳）は、乳歯列から永久歯列への交換時期であり、う

蝕（むし歯）や歯周病の罹患の危険性が高く、適切な咬合を獲得するために咀嚼を含む正しい食習慣を獲得させる必要がある [4]。また、低学年では生え変わりによる欠損歯により上下の前歯が噛み合わず、嚥下時の舌突出が嚥下異常の原因となりえることから、正しい咀嚼法を獲得させることが必要である [5]。上下の第一大臼歯が生えて噛み合うと、食べ物を噛む力やすり潰す能力が高まるため [6]、固さや弾力、噛み応えのある食べ物を咀嚼させることが自咀嚼力を高める上で重要となる。これらのことから、咀嚼器官の発達過程において、学童期は歯列が大きく変化することから適切な咀嚼を獲得する重要な時期といえる。

### 1.3 学童期における咀嚼の課題

平成 17 年（2005）の厚生労働省の調査では、咀嚼機能が発達する時期である児童の約 20%が、咀嚼に問題があることが報告されている [7]。不適切な咀嚼は、姿勢の保持や睡眠姿勢などの習癖の連鎖を生じ、頸椎の側彎や歯列不正など脊柱や咀嚼器官の形態的、構造的異常と関連し [8]、歯列・咬合の異常を引き起こす [9]。咬合の異常は睡眠時無呼吸症候群、肥満の一原因とされている [2]。学童期に形成された不適切な咀嚼の確立は、成人以後の咀嚼に影響し、健康寿命に影響することが推測されることから、学童期の適正な咀嚼獲得が必要となる [10]。しかしながら、筆者らが行った小学校の観察研究で、1 年生における咀嚼不全者の割合が、約 20%と他学年と比較し最も高いことを報告しており [11]、上位学年に移行するにしたがって口腔機能の発達に従い咀嚼が整うと考えられるが、小学校 1 年生における咀嚼指導が上位学年におけるより良い咀嚼移行に必要であり、1 年次で適正な咀嚼を習慣化することが重要と考えられる。

### 1.4 咀嚼リズムとテンポ

咀嚼運動は、開口相、閉口相、咬合相の 3 相からなり、この 3 相にかかる時間の合計を咀嚼周期としてとらえることができる。また、これら 3 相からなる 1 周期ごとの繰り返し

返しが咀嚼リズムとなる。この咀嚼リズムとして1咀嚼にかかる所要時間のばらつきを、変動係数を用いて評価した実験では、咀嚼に問題のある噛めない子どもは噛める子どもよりリズムの変動が大きく、リズムの変動が少ない咀嚼は咀嚼時間を短縮させるとの報告がある[12]。また、不正咬合者に関しては、正常咬合者に比べ咀嚼周期が長くなることが報告されている[13]。

咀嚼運動において、咀嚼テンポは1回の咀嚼に有する時間であり、単位時間（例えば1分間）における咀嚼回数（BPM: Bites Per Minute）として算出され、咀嚼の速度を示す。速い咀嚼の際には咀嚼周期は短縮し、遅い咀嚼の際には咀嚼周期は延長する[13]。咀嚼運動は随意的な要素の強い反射運動であり、随意的な咀嚼リズムの調節が可能な運動である[14]。

そこで、本研究では咀嚼運動の咀嚼テンポと咀嚼リズムに焦点を当て、特に咀嚼機能が完成する学童期において適正な咀嚼の獲得をさせるために、咀嚼不全者の割合が最も高かった[11]小学校1年生児童を対象に適用し、その咀嚼改善法の開発・運用とその結果について論ずる。

## 1.5 小学校における咀嚼指導

日本人の食事における咀嚼回数は、昔に比べ著しく減少していることが明らかになってきている。現代の食品加工技術が進歩し、柔らかさを重視した食品が開発されることが、現代の「噛まない食生活」へ変遷させ、「噛めない」状況が顕在化し、噛めない児童が認められている。

児童の適正な咀嚼を可能とするためには、咀嚼機能が発達する時期である学童期にあたる小学校での咀嚼指導が重要となる。小学校188校の咀嚼指導の実態調査結果において、歯磨き指導は99%の学校で実施されていたが、咀嚼指導は53%にとどまっている。歯磨き指導を医療従事者が実施していた学校では、咀嚼指導がされておらず、小学校で咀嚼指導を進めるためには、小学校教員が主体的に指導を行う体制構築が必要であることが報告されている[15]。教諭による咀嚼指導は、教科の授業での咀嚼の大切さや効用が指導さ



れ、咀嚼訓練としてスルメやガムが用いられている。給食時には、カミカミメニューやカミカミタイムといった噛み応えのある食品をよく噛んで食べる指導がなされている[16]。望ましい咀嚼指導は、適正な咀嚼運動の獲得であり、適切な咀嚼行動の確立を導く必要がある。行動変容の習慣としての定着化には、6か月の行動継続が必要であり[17]、年間約190回実施される給食時間の活用が最も有効であると考えられる。

我が国の学校給食の実施率は、全国の小学校の99.1%であることから[18]、給食時間の指導はその波及効果も大きいと期待される。学校給食時の継続的な咀嚼指導を実効化するためには、運用上の管理が必要となる。給食時間の食の指導を学校内で運用するために、食育年間指導計画[19]を栄養教諭が策定する必要がある。この計画に沿って給食時間での指導内容が具体化されることから、咀嚼指導を給食時間に継続的に実施するためには、食育年間指導計画の中に咀嚼改善を指導目標として明示する必要がある。

また、給食時間の実際の運用には給食時間管理が必要となる。給食時間は学級活動の授業時間と位置付けられ、教科と同様の45分間で管理され、その内訳は準備15分、食事20分、片付け10分である。食事時間は、児童が給食を完食するための時間を確保する必要がある。食の指導は喫食を妨げない程度の指導時間や指導法の工夫が必要とされる。

よりよい咀嚼は国の施策として進められており、第4次食育推進計画[20]においても、「ゆっくりよく噛んで食べる国民を増やす」項目が目標として挙げられている。また、文部科学省の学校における食に関する指導の手引きには、6月の歯の衛生週間に合わせた指導計画[19]が示されている。しかしながら、咀嚼の個人差が大きい児童[11]一人ひとりに口頭における咀嚼教育は困難であると報告され[21]、児童に対する体系的咀嚼指導法は確立されていない。このような理由から、学校教育現場において実施可能で実効性のある咀嚼指導の手法を実践的に研究する必要がある。

## 1.6 聴覚メディアの活用

ヒトの身体への刺激入力は、五感（視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚）の感覚器を通した入力が存在する。咀嚼へ誘導するような情報の入力感覚としては、視覚と聴覚からの入力

が考えられる。ヒトにおける情報の入力には視覚が約 80%を占め [22]，視覚からの情報量は多いが，喫食に並行した啓発ビデオの提示の効果については問題がある。摂食行動も視覚的に食物を認知することから始まるため，ビデオの提示は情報量が多く，食事への集中を妨げ，食物の認知が阻害され，食味が低下する [23] という問題も発生する。一方，聴覚メディアは手足，目などが拘束されず，他の動作との併用が可能という特徴をもつ [24]。咀嚼は，目と手と口のリズミカルな協調運動 [25] [26] であり，聴覚メディアを用いることは視覚を遮断しないメリットがある。また，その他の聴覚メディアの特徴として，特別な装置を必要とせず，かつ一度に不特定多数の人への伝達が可能ということがあげられる。この点について，小学校においてはポータブル CD ラジオ，テレビ内蔵スピーカなど，一般的な学校教室備品を用いて提示が可能であることもメリットとして挙げられる。

さらに，比較的単純な作業中に聴覚メディアを提示することは，作業の遂行に良い影響を与えることが知られている。健康・医療分野における音楽療法では，音楽が人間の心理・生理に作用があることを利用して，患者の感情や行動の調整，自発性の喚起等に効果をもたらすことが知られている [27]。例えば，リハビリテーションにおける音楽活用では，機器を用いたリハビリテーションを音楽のリズムに合わせて行うことで，動きの強弱をつけることができ，正確な動作を反復して行うことができる。ここでは，音楽のリズムに合わせることは，ある音楽テンポ (tempo) で区切られた拍 (beat) にリハビリテーション動作のタイミングをできるだけ一致させることを指す。

音楽テンポとは，西洋音楽における拍の時間的な長さであり，すなわち拍節の速さである。単位は BPM (Beats Per Minute) で表される。音楽テンポは，音楽構成要素の中でも特に聴取者の行動に対して，影響を及ぼすことが知られている。ただし，単に音楽テンポ情報のみを提示するより，伴奏音楽として随伴する方が，効果が得られる。例えば，手指の反復屈伸作業を対象として，作業中に同じ音楽テンポで拍のみを提示した場合と，伴奏音楽を提示した場合の屈伸可能な最大回数を比較した研究では，伴奏音楽を提示した場合に作業成績である屈伸回数が，有意に多かったという報告がある [28]。さらに，伴奏音楽は正しい運動のリズムを見出すのと，それを定着させるのに役立つと言われている [29]。

例えば、ダンス指導に関する研究 [30] では、2 拍子の単純なステップを踏む作業において、音楽テンポを表す拍子音のみを提示した場合に比べて、メロディのある伴奏音楽を提示した方が安定したリズムでステップを踏むことができたと報告されている。ここでは、リズムが安定していることを、ダンスの動作タイミングがある音楽テンポで区切られた拍に、できるだけ一致していることを指している。

音楽テンポが食行動に与える影響についても、いくつかの知見が得られている。成人 (25 歳～60 歳) を対象に行った研究において、協調運動である咀嚼は音楽に同調し、BGM (Background Music : 背景音楽) が咀嚼リズムに影響を与え、食事中に事前の告知なしで速いテンポの BGM を流した場合、咀嚼速度を顕著に増加させる [31] ことが報告されている。なお、リズム的な同期行動は 2～6 歳で発達し [32] , 小学校 1 年生 (6～7 歳) に咀嚼を音楽に同期させることは可能と考えられる。

以上より、本研究では、聴覚刺激として一定の音楽テンポで食事に随伴する音楽を制作し、その音楽を喫食時に流すことにより、その反応としての咀嚼テンポおよび咀嚼リズムの改善の可能性を検証する。ただし、本研究では、聴覚メディアを実践的な教育手法に使用することが児童の咀嚼変容にどのような影響を与えるかに主眼をおく。したがって、音楽の種類や構成要素の違いが与える影響については本研究の範疇としない。

## 1.7 目的

本研究では、音楽が有する同調効果に注目し、望ましい咀嚼テンポに設定した音楽を咀嚼指導に用いることにより、咀嚼運動がスムーズに行われない児童においても咀嚼リズムやテンポが音楽に同調し、咀嚼テンポやリズムが改善するという仮説を設定し、聴覚メディアを応用した咀嚼運動のテンポとリズムの改善を目指した実践的な咀嚼改善手法の開発を試みる。そして、小学校 1 年生の給食時間を適用の場とし、児童の咀嚼に与える影響について実証研究を実施し、仮説を検証するとともに本論文で提案する手法の有効性について明らかにする。

## 1.8 本論文の構成

本論文における章構成は、以下の通りである。

第1章の序論では、咀嚼の生理学的特性・咀嚼器官の発達、および学童期における咀嚼の課題を述べた上で、特に学童期の早い段階での咀嚼指導が重要であることを指摘した。そして、咀嚼改善の場として、全国の99.1%で実施されている小学校における給食を利用することを提案した。さらに、食事を妨げない咀嚼指導法として聴覚メディアの可能性を明確にし、現場での運用方法として、食育年間指導計画への組み込みの必要性について論じ、仮説設定の根拠を示した。

第2章では、対象における咀嚼テンポやリズムの課題及び目指す咀嚼テンポを明示し、咀嚼改善手法の設計、およびプロトタイプ実装・評価を行った。まず、現場において実用性の高い手法を設計・評価するためのISO 9241-210（人間中心設計）プロセス利用の必要性について論じた。2つ目に、具体的なプロセスの設定を行った。3つ目に、設定したプロセスに従って、対象ユーザである1年生に対して、咀嚼改善BGMの設計値を定めるための導出実験を行った。4つ目に、BGMの設計およびプロトタイプ評価を行った。最後に、多忙な現場でも実用性を高くするために、咀嚼改善BGMの運用を新たな時間や人員の確保をせず拡張した食育年間指導計画を策定した。

第3章では、設計した評価用BGMを拡張した食育年間指導計画に基づき、実際の給食時間中に運用し、咀嚼の改善について、効率および満足の観点から、ユーザビリティ評価を行い、仮説の検証を行った。

第4章では、本研究の総合考察として本研究で開発した咀嚼改善手法の概要および、評価実験の概要と知見をまとめ、その意義と今後の課題について論じた。さらに、人間中心設計を活用し、作成した評価用BGMを拡張した食育年間指導計画にて運用した効果について述べた。具体的には、咀嚼テンポの上昇と咀嚼リズムの安定化についてまとめた。

第5章では、本論文の結論として、背景から問題提起し、本研究の必要性についてまとめ、仮説の設定、および人間中心設計に基づいた咀嚼改善手法についてまとめた。ま

た、本研究から得られた成果に基づき、研究の新規性、独創性、発展性についてまとめた。

以上、本論文では、現場において実用性の高い手法を設計・評価するため、ISO9241-210（人間中心設計プロセス）に準拠した開発プロセスを用いて、咀嚼改善手法の設計、制作・評価を行う。聴覚メディアである音楽が有する同調効果に注目し、望ましい咀嚼テンポに設定した音楽を咀嚼指導に用いることにより、児童の咀嚼リズムやテンポが音楽に同調し、咀嚼テンポやリズムが改善するという仮説を設定する。

咀嚼に伴う下顎の上下運動周期に拍のリズムを平均的な咀嚼テンポで同調させる咀嚼改善 BGM を 3 週間程度給食時間に提示し、教諭の歌詞説明を加えて訓練することにより、特に咀嚼テンポの遅い小学校 1 年生児童の咀嚼テンポが平均値近くまで改善し、咀嚼リズムが連続的および全体的安定性に及ぼす影響について明らかにする。

学童期に形成された不適切な咀嚼の確立は、成人以後の咀嚼に影響し、健康寿命に影響することが推測されることから、学童期の適正な咀嚼獲得が必要となる。我が国の学校給食の実施率は、全国の小学校の 99.1%であることから、給食時間の指導はその波及効果も大きいと期待される。そこで、本研究において開発された咀嚼指導手法が学校給食において運用可能となれば、全国の児童が適正な咀嚼習慣を獲得することができ、児童の健康維持のみならず、将来の健康にも貢献できることを指摘する。そして、本研究の咀嚼改善手法を発展させることにより、より良い咀嚼機能を定着させ、生涯維持することで、ひいては国民の健康寿命の延伸に繋がる可能性があることを示す。

## 1.9 倫理的配慮

本研究は、神奈川工科大学のヒトを対象とした研究にかかわる倫理審査委員会（2018-072）、（2020-053）ならびに（20220826-02）の承認を得て実施した。給食時間の録画を行う 1 年生の保護者には、事前に書面および口頭により研究の目的、方法などを説明し、個人情報保護方針等を十分に説明した上で、書面により研究協力への同意書を得た。

## 第 2 章 咀嚼改善手法の設計

## 2.1 本章の目的

本章では，対象者における咀嚼状況の現状について，咀嚼リズムや咀嚼テンポに関する問題明示を行い，仮説に基づいた咀嚼改善手法の設計，プロトタイプ実装および評価することを目的とした．現場において実用性の高い手法である人間中心設計の必要性について論じ，設計プロセスに沿ったユーザ参画型の設定を行い，設定したプロセスに従って，咀嚼改善 BGM の設計値導出実験を行うことにした．次に BGM の設計値導出実験よりプロトタイプ評価を行い，学校での実証実験を実施するために，BGM 運用を含む拡張食育年間指導計画を策定することとした．

## 2.2 人間中心設計

人間工学-対話型システムの人間中心設計（Human-Centered Design: HCD）（International Standards Organization（ISO）9241-210，日本語版・Japan Industrial Standard(JIS) Z 8530:2021 [33]）は，設計手法として国際標準化された工業規格である．当該規格はプロセス規格の一種で，開発の手順を定め，手順に従うことで，製品の機能，性能，品質などについて一定レベルが確保できるため，開発期間を短縮でき，利用者の利便性を向上させることができる利点がある [34]．機械やシステム構造を設計する際に，機器の構造を中心にするのではなく，利用する人間を設計の中心に据えるという考え方であり，いかにユーザが使いやすいモノづくりができるかに焦点を置いている．HCD を用いたモノ作りは，建築物や学校や医療のシステムなど，あらゆる人工物に適用でき，人間が手を加えて作成したもの全てに適用可能である [35]（図 1）．

HCD は以下の 4 つの主要活動から構成されており，それぞれにおいてユーザの行動を理解し，ユーザが関与することになっている [33]．

- 1) 利用状況の理解と明示
- 2) ユーザの要求事項の明示

- 3) ユーザの要求事項に対応した設計解の作成
- 4) ユーザ要求事項に対する設計の評価

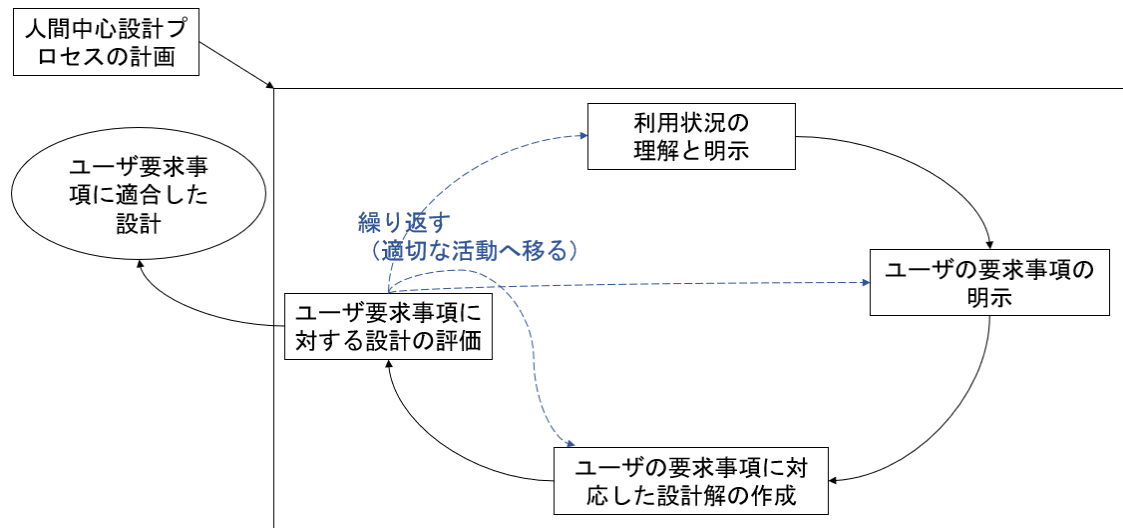


図 1. 人間中心設計の活動の相互関連性 (ISO9241-210, JIS Z 8530:2021 を改版)

Figure 1. Interrelationship of human-centered design activities

(ISO 9241-210, JIS Z 8530: 2021 revised)

まず、利用状況の理解と明示を行い、ユーザの要求事項の明示をする。そして、ユーザの要求事項に対応した設計解を作成し、最終的に設計解に対するユーザ要求の適合度を評価する。その中心となる概念がユーザビリティである。ユーザビリティとは、ある製品が、指定された利用者によって、指定された利用の状況下で、指定された目的を達成するために用いられる際の、効果（有効さ）、効率および利用者の満足の度合いである [33]。効果（有効さ）(Effectiveness)は、ユーザが指定された目標を達成する上での正確さと完全さである。効率(Efficiency)は、ユーザが目標を達成する際に正確さと完全さに費やした資源である。満足(Satisfaction)は、不快さがないこと、および製品使用に対して肯定的な態度である。このように、デザインによる解決案が、ユーザの要求に適合しているかどうかをユーザビリティとして評価する。なお、ユーザビリティの品質の物理的な測定器はなく、利用文脈を特定し、実際に使用後の作業成績に代用 [36] する。本研究は、聴覚メディア



を用いて、学校教育の現場においてプロダクトレベルで実用可能な咀嚼改善指導手法の開発を最終目的としていることから、手法設計においてこの HCD プロセスを適用することが必要であると考え、HCD を開発手法として用いた。

実際に設計を行うにあたり、HCD プロセスはやや概念的であるため、さらに具体的なプロセス項目を必要とする。開発プロセスは、調査段階、企画・仕様検討段階、設計段階、評価段階、提供段階に分かれている。一般的な開発プロセスは、利用状況の理解と明示、ユーザの要求事項の明示、ユーザの要求事項に対応した設計解の作成、要求事項に対する設計の評価とし、それに照らし合わせたプロセスモデルが提案されている [37]。例えば、調査段階時の利用状況の明示は「利用文脈とユーザ要求の把握」になる。このモデルをベースに、本研究における設計作業項目を加え、作成した設計プロセスが図 2 である。人間中心設計プロセスを行項目とし、工業製品開発で一般的な開発プロセスを列項目として設定し、本開発の流れを 2 次元的に表している。なお、HCD のユーザエクスペリエンス (UX) は JIS Z 8530:2021 で不採用となったため、本研究では「UX」を JIS に従い「ユーザ要求」に変更した。

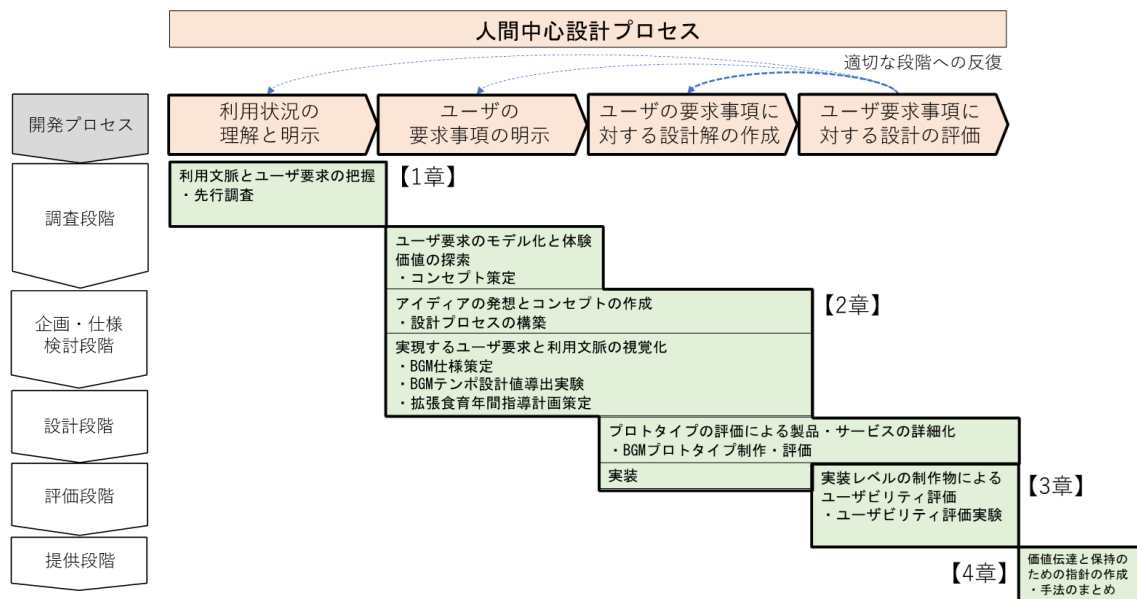


図 2. 小学校初年度給食における聴覚メディアを用いた  
咀嚼改善手法の人間中心設計（HCD）プロセス図

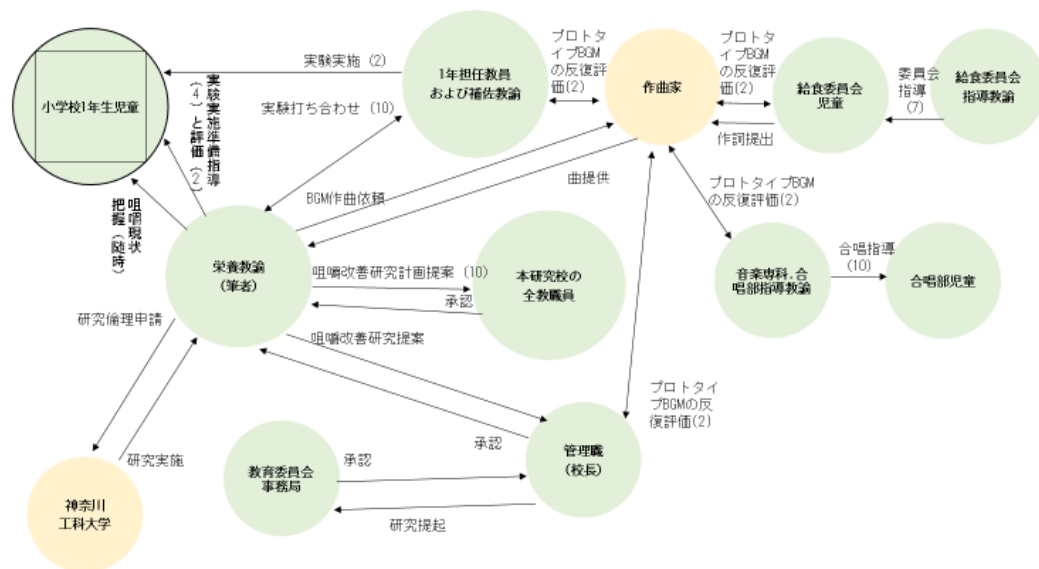
Figure 2. Human-centered design process diagram of masticatory improvement method  
using auditory media in the first year of elementary school lunch

図 2 内の「利用状況の理解と明示」においては、文献調査を行い、適正な咀嚼力獲得の重要性 [4] [5], 特に乳歯から永久歯に生え変わる学童期における咀嚼教育の重要性 [6] - [10] について明らかにした。また先行研究から小学校 1 年生が最も咀嚼に問題を抱える児童が多い学年 [11] であることを明確にした結果に基づき、本研究におけるニーズの把握を行い、口腔機能の発育と咀嚼状況から小学校 1 年生児童を対象ユーザとした咀嚼改善手法開発の必要性について明らかにした。次の「ユーザの要求事項の明示」では、ユーザを明確にした上で、「利用状況の理解と明示」で明らかになったニーズをどのように解決するのかのコンセプト策定を行った。発達心理学では、学童期ではコンピテンスをもつことが積極性を発達させる上で重要とされている [38]。また、物事の善悪など道徳性の発達において、小学校低学年までは成人の権威に従って行動する「周囲の道徳によって動かされて行動する時期」とされている [39]。従って、自我が未発達な小学校 1 年生においては、自分自身の要求を明確に提示できないことから、本研究では、先の「利用状況の理

解と明示」で明らかにした児童の実態と教育的に望まれる児童の姿である望ましいテンポとリズムで咀嚼をできる児童像を目標として、その乖離を埋めるためのアプローチをユーザ要求とした。次の「ユーザの要求事項に対応した設計解の作成」と、「ユーザの要求事項の明示」の重複するプロセスでは、小学校1年生児童において、咀嚼テンポおよび咀嚼リズムが改善されることは、学校教育の現場でも重要であることから、次のようにユーザ要求を定義した。

- ・ユーザ：小学校1年生児童
- ・ユーザ要求：平均的なテンポ及び安定したリズムで咀嚼できるようになること
- ・解決手法の提案：咀嚼改善BGMを制作し、現場運用により咀嚼テンポおよび咀嚼リズムの改善を図る

最後の「ユーザ要求事項に対する設計の評価」では、効果と満足性のユーザビリティ評価とした。人間中心設計プロセスを活用した本研究で提案する咀嚼改善手法は、咀嚼改善BGM、および運用計画として、拡張した食育年間指導計画の立案および実施（2.5にて後述）の2構成である。次に、設計プロセスの構築を行った。本研究は現場の食育指導の中核となる栄養教諭を中心に、学校関係者および外部関係者と十分に連携を取り、研究を進める必要がある。さらに、ユーザ参画による設計を実現化するためには、義務教育現場における仕組みを理解し運用する必要があった。例えば、児童の咀嚼の実態把握調査を筆者が実施し、咀嚼の問題提起を管理職（校長）に提案する。校長の承認後、教育委員会へ本研究実施の許可を申請し、教育委員会の承認後に初めて咀嚼改善プロジェクトを校内にて立ち上げ、全職員が参加する職員会議で提案することが可能となる。曲を作る上では、作詞を給食委員会児童が担当教諭から指導を受け、児童が考案し、作曲家へ提案後に作曲を依頼する。その後、プロトタイプBGMの反復評価を行うこととした。筆者、ユーザならびにステークホルダとの連携体制について現場の体制マップを図3にまとめた。なお、図中の「承認」は、HCDプロセスにおける評価を指す。

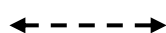
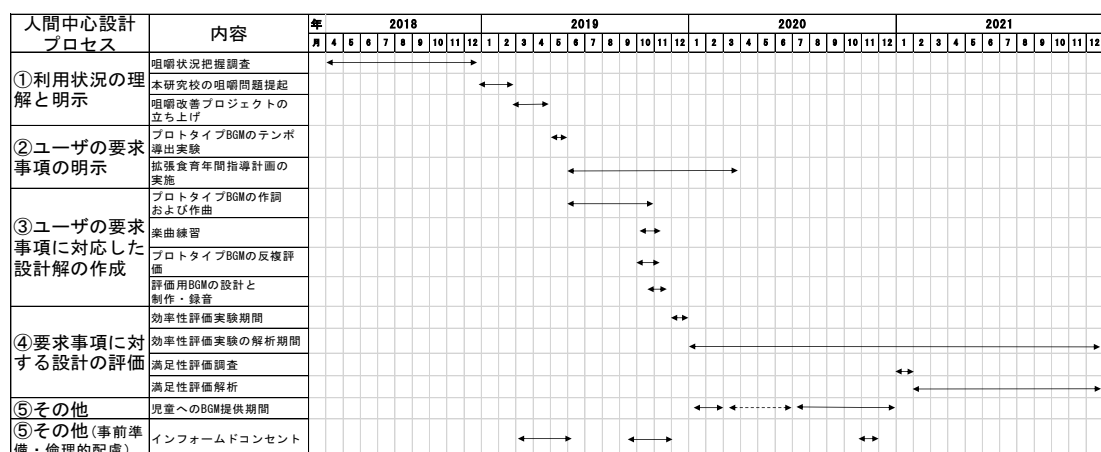


( ) の数字は評価の実施回数を示す

図 3. 現場の研究体制マップ

Figure 3. Research system map at school

そして、本研究対象校の小学校全体の食育年間スケジュールを考慮し、HCD プロセスの①利用状況と理解と明示、②ユーザの要求事項の明示、③ユーザの要求事項に対応した設計解の作成、④要求事項に対する設計の評価に準拠させた工程表を策定した。また、その期間を矢印にて図 4 および付録第 2 章の図 1 に示した。人間中心設計プロセスの①から④に含まれない、実験前の保護者への本研究の説明会開催などは⑤その他とし、インフォームドコンセントに従って書面にて同意を得た。



：コロナ禍のため給食中止期間

・拡張食育年間指導計画は3月末日まで計画したが、新型コロナウイルス感染予防策として3月2日から休校になり、その後3月末日まで実施されなかった。

図 4. 工程表

Figure 4. Process sheet

HCD プロセスの「ユーザの要求事項の明示」における「実現するユーザ要求と利用文脈の視覚化」、および「ユーザの要求事項に対応した設計解の作成」の実施内容は、本章 2.3 以降に述べる。また、HCD プロセスの最後の「要求事項に対する設計の評価」は、3 章に述べる。

## 2.3 BGM のプロトタイプ仕様設計値の導出実験

### 2.3.1 目的

本研究で提案する 1 つ目の要素である咀嚼改善 BGM を設計するにあたり、音楽テンポを設定するために、本対象のユーザ要求である咀嚼テンポを求める必要がある。そこで、ユーザとなる研究対象校の 1 年生児童全員を対象に、BGM のテンポ設定のための導出実験を行う。

### 2.3.2 対象者

対象者は、K 県 Y 市立 O 小学校に在学する 1 年生 3 クラス 99 人中、欠席者と保護者の未承諾だった児童を除く 96 人（男子 49 人、女子 47 人）とした。

### 2.3.3 実験環境

実験は、2019 年 5 月 7 日に、小学校の一般教室にて、給食時間を利用して行った。児童の咀嚼状況を撮影するために使用したビデオカメラは、180 度撮影可能なカメラ GoPro HERO5 Black(GoPro 社)45 台を用い、撮影解像度は  $2560 \times 1440$  pixel、フレームレートは 80 fps、記録フォーマットは mpeg-4、動画再生ソフトは SMplayer.ver.21.20、再生の解像度は  $1920 \times 1080$  pixel、フレームレートは 30fps とした。カメラを三脚に取り付け、さらに下敷きにテープで貼付し、転倒しないようにした。さらに下敷きごと、児童机の中心に置き、テープにて固定した。カメラは児童の顔の正面から撮影できるように机から約 30cm の高さに設置し、給食グループが 4 人の机にはカメラを 2 台、3 人および 5 人グループには 3 台、6 人グループには 4 台設置した。録画は児童の顔の正面から撮影し、録画時間は食前から実験試料の摂食後までの約 20 分間とした。カメラの設置方法、設置風景、教室間取り図と児童配置図、カメラの配置図、録画実験の風景を図 5 から図 9 に示す。



図 5. カメラの設置方法

Figure 5. Camera installation method



図 6. カメラの設置風景

Figure 6. Installation scenery of the camera

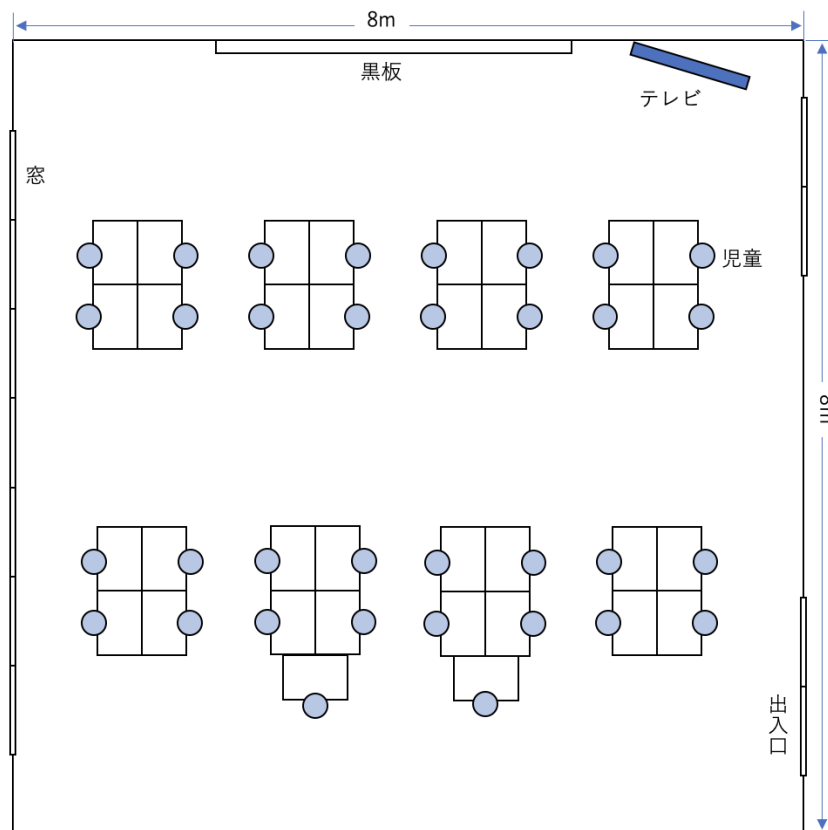


図 7. 教室間取り図と児童の配置図（抜粋）

Figure7. Floor plan of the classroom and layout of children (excerpt)

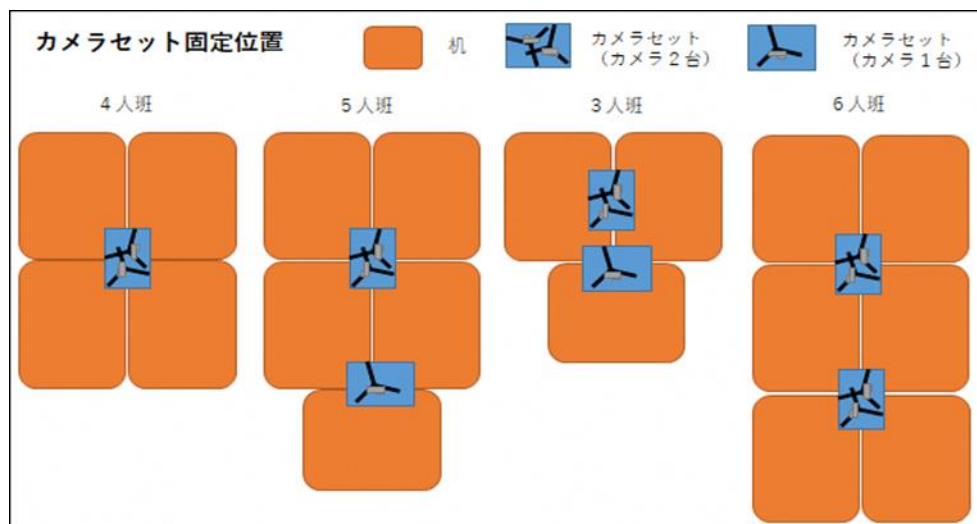


図 8. カメラの配置図

Figure 8. Camera layout





図 9. 録画実験の風景

Figure 9. Scenery of recording experiment

#### 2.3.4 実験課題および実験試料

実験課題は、時間の制限を設けず、実験試料の自由摂食とした。実験試料は、学校給食において通常提供されている 13 cm 四方の食パンの外皮(図 10) を 8 g になるように切断した(図 11)．さらに一口サイズになるように 3 分割し(図 12)，ビニル袋に封入した(図 13)．学童期は乳歯から永久歯に生え変わる口腔機能発達期にあたり，特に上顎永久中切歯の萌出状況が一口量に影響を与え，咀嚼回数のばらつきとして個人差が大きくなること [40] が報告されている．本研究対象者は小学校 1 年生 (6～7 歳) であり，上顎永久中切歯が萌出する時期であることから，切歯切裁の状況が異なることによる一口量のばらつきが生じる可能性がある．上顎永久中切歯萌出前での一口量はパンで共に  $4.1 \pm 1.7$  g と報告 [40] されていることから，一口量として食べられる量として平均値からマイナス 1 SD 量 (34%) の 2.4 g に設定すれば，ほとんどの児童が無理なく一口で食べられることを意図して，食パンの 1 片の重さは約 2.6 g とした．

食パン外皮を実験試料として利用した理由は，食パンの中央部分より固く [41]，また，ごはんよりも咀嚼回数を多く必要とし，咀嚼しにくい食品にあげられており，咀嚼状況を観察しやすいと推測したためである．食パン外皮の特徴として，固いものは咀嚼が遅いと

いう報告から [42] , 速食いを防止し, 実験試料としてグラム (g) 単位で統制でき, 学校給食摂取基準で定められている炭水化物割合を満たす標準的な主食である利点がある。



図 10. 給食で提供する食パン

Figure 10. Bread served in school lunches



図 11. 食パン外皮一片の切断 (8g) 過程

Figure 11. Cutting one side of a bread crust



図 12. 食パン外皮一片を 3 分割過程

Figure 12. Dividing a bread crust into three equal pieces



図 13. 実験試料の袋詰め過程

Figure 13. Putting experimental samples in vinyl and distribute to children

### 2.3.5 測定方法および手順

#### 1) 測定項目

測定項目は、正規化咀嚼回数および咀嚼運動特性とした。正規化咀嚼回数の定義は、1 分間当たりの咀嚼回数を  $60 \div \text{咀嚼時間} \times \text{咀嚼回数}$  として求めた。本実験において、咀嚼とは嚥下の前の、捕食から食物の粉碎、さらに咽頭へ実験試料を送り込む過程とし、粉碎を切歯切裁と臼歯粉碎に分別した（図 14）。咀嚼回数は、臼歯粉碎の回数とした。咀嚼時間は、捕食、粉碎、咽頭へ送り込みにかかる実験試料 3 片の食事開始から終了までの総時間

(秒) とした。

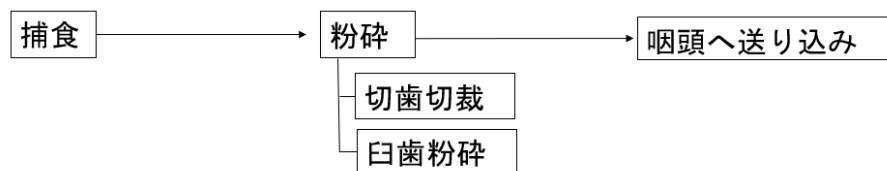


図 14. 咀嚼の定義

Figure 14. Definition of mastication

## 2) 咀嚼回数の測定・解析方法

咀嚼回数の測定方法には、小児用簡易咀嚼回数計や筋電計などの計測器を対象者に装着する方法とビデオ観察による方法がある。前者は直接的に計測が可能な反面、対象者に侵襲的であることが問題として挙げられる。また、実験中は常に正しく装着ができていないと、測定精度が低下する。本研究における、児童および保護者への入念な配慮を要する実験においては、倫理的に低侵襲であることがまず求められる。したがって、児童への生体負担が大きい装着型計測器を用いる方法の採用は難しいと判断された。一方、後者のビデオ観察法は非侵襲的であり、実験時に児童の生体への負担は最小限度に抑えられる。そこで、本研究ではビデオ観察法を採用することとした。ビデオ観察法は、従来は観察者がビデオを目視して計数・計量を行う方法が主流であった。この方法は、実験室ではなく、現場で用いる場合は装着型計測器に比して測定精度の点において総合的に優れている [44] ことがわかっている。しかし、解析者によって判断にばらつきがでることもあるため、同一人物が複数回に渡って計数・計量を行うなどの工夫が必要となる。また、最近では、ビデオ観察において画像認識手法を用いて咀嚼計測を自動化する方法も提案されている [45]。しかし、当該論文において、この方法は現時点では実験室などの限られた環境条件下で、常に対象者の顔の位置に動きがほとんどなく、大きな距離の変化もない状態でなければ精度が確保できない問題があると述べている。さらに、口の形状や運動特性の個人差に対応するためには、さらに解剖学および運動生理学的な見地からの検証が必要であり、手法の開発そのものが研究途上である。そこで、本研究ではビデオ観察法を採用するにあたり、

画像解析による複雑な咀嚼運動は対象とせず、単純な咀嚼回数の自動解析の試みを行うとともに、観察者の目視による計数・計量を併用して解析を行なった。

咀嚼時の顎の位置を認識するために、対象児童の口角上部とオトガイ部4か所に画像認識用のマーカを貼り付けた（図15）。マーカは大きさ8mm、光沢がない赤色の正5角形のシールを用いた（図16）。その際、児童の皮膚へ貼付による危険性を低減するために、シールは直接貼り付けず、サージカルテープ上に貼り付け皮膚への侵襲性を低減した。

咀嚼回数の自動解析は、撮影された咀嚼映像に対して画像解析を自動的に行い、口の上下の運動を数値化するソフトウェアの開発を試みた。画像解析スクリプトには OpenCV plus Unity(Intel Corporation)を用い、4つのマーカそれぞれの中心を、ピクセル座標において60fpsの映像フレームごとに取得した。取得した座標から、鼻側と顎側のマーカ間座標距離を算出した。咀嚼運動に同期してマーカ間座標距離が周期的に上下すると仮定し、マーカ間距離の変化1周期を咀嚼1回として咀嚼回数を算出した。このとき、マーカ間距離は左側および右側の2か所で算出される。これは、調査対象が小学生児童であるため、咀嚼運動中に顔の向きが左右に振れることを考慮したためである。こうすることで顔の向きが左右に振れた場合であっても、左右どちらか一方のみが認識されていればマーカ間距離の算出が可能になるようにした。左右マーカ選出の基準は、映像内でマーカが正面を向いて映っている時間が長いマーカを選んだ。計測されたマーカ間距離のローデータに対し窓を60ms（4点・重み1）で移動平均を算出することで平滑化を行った。

咀嚼回数のビデオ目視による計数は、30fpsの精度でフレーム解析を行った。計数・計量はデスクトップPC上の動画再生ソフト（SMplayer.ver.21.20）を用いて動画を1コマずつキー操作により再生し80型モニタ（Aquos, Quattron, Sharp）上で解像度1920×1080 pixelで表示して行った。咀嚼回数の計数は、手押しカウンターを用いて記録した。

ビデオ解析を行う際の定性的な判定基準は先行研究に見当たらなかったため、咀嚼の分類および開始／終了の定性的な判断基準を定義した。切歯切裁は、切歯で切裁し始めた瞬間から、切歯で切裁を終了させた瞬間、臼歯粉碎は、切歯切裁以外の粉碎において、口腔内に実験試料を投入した瞬間から、オトガイ部の上下運動が終了した瞬間とした。そして、口角上部とオトガイ部の上下運動1回を咀嚼回数1回とした。計数は同一解析者が2

回以上チェックを行った。

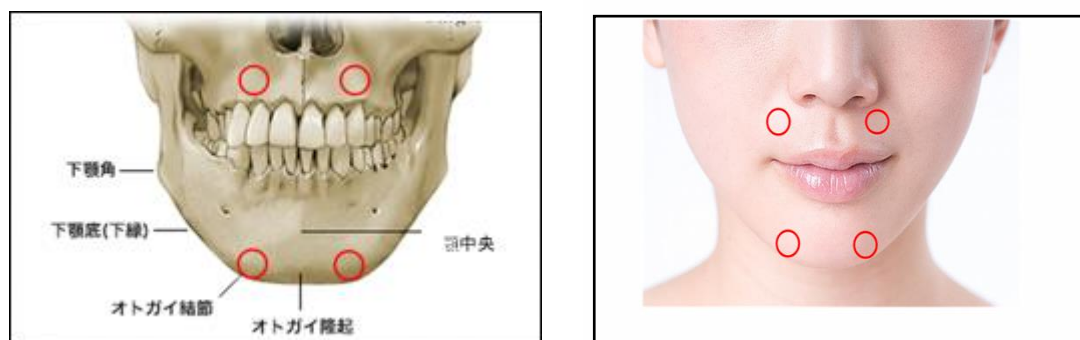


図 15. 口角上部とオトガイ部

○の4箇所にシールを貼付

Figure 15. Showing the upper corner of the mouth and the chin



図 16. マーカ貼り付け位置

Figure 16. Marker pasting position

### 3) 咀嚼運動特性の測定方法

咀嚼運動特性の測定は解析者の目視によるビデオ観察法を用いて行った。測定に用いた映像は、解像度 1920×1080、フレームレートは 30fps で、画面内に対象児童 2 名が映るように撮影されたものである(図 17)。





図 17. 解析用画像例

Figure 17. Example of the image for analysis

映像の解析には、画像編集ソフトウェアである GIMP ver2.10.32(The GIMP Development Team)を用いた。撮影された映像をフレームごとに静止画像として保存し、各画像で解析を行った。解析では、口周辺のマーカを上下1つずつでセットとして、セットとなるマーカ間の距離を pixel 単位で計量した。計量には、マウスカーソルで選択された2点間の距離を自動算出する定規機能を使用した(図 18)。計測点是对象マーカの中心とした。各咀嚼の開始、終了時の動画時刻を 1 ms 単位で記録した。全データにおいて、同一解析者が2回の計量を行いその平均値を解析用データとして用いた。

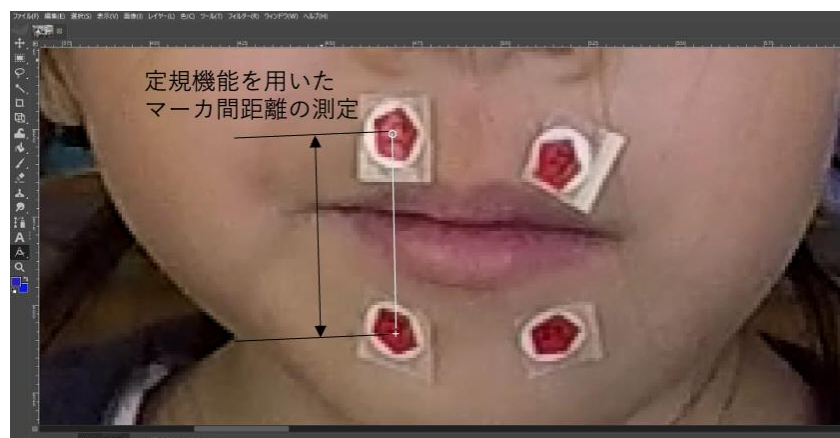


図 18. マーカ間距離測定例

Figure 18. Example of distance measurement between markers

#### 4) 実験手順

教室内での実験手順を下記に示す。

- ①実験者は、児童の給食前の約 5 分間の手洗いの間に、カメラを机上にセットする。
- ②児童全員に給食の配膳が終了し、着席した後に、教諭が「今日は、全員で同様の食べ方をするので、勝手に食べ始めないこと」を注意喚起する。
- ③実験者は、児童全員に実験試料が机上有ることを確認する。
- ④教諭は、児童に 200 ml の牛乳パックのストロー穴に、ストローを指すことを指示する。
- ⑤教諭は、児童に牛乳を一口飲むことを指示する。
- ⑥教諭は、児童に 3 片の実験試料を、「1 片ずつ食べることで、および食べ終わるまで、牛乳や他のおかずを食べないこと」を注意喚起する。
- ⑦実験者は、児童の摂食状況を確認する。
- ⑧児童は、実験試料 3 片を最後まで飲み込んだら挙手する。
- ⑨児童机を結合させた給食グループ内の児童全員が、食べ終わったら実験者が机上のカメラを回収する。

### 2.3.6 結果と考察

#### 1) 咀嚼回数の自動解析

試作したソフトウェアを用いて、ランダムに 3 人分の映像を選択し、解析を行った。その結果、2 人の映像が正しく解析できた。そのうちの 1 人分のマーカ間距離のデータの抜粋を図 19 に示す。マーカ間距離は極値にばらつきはあるものの、600ms 前後の周期で増減を繰り返しており、一周期 600ms のペースでの咀嚼運動を行っていることが明らかになり、本方法において原理的には咀嚼の周期を算出することができると考えられた。



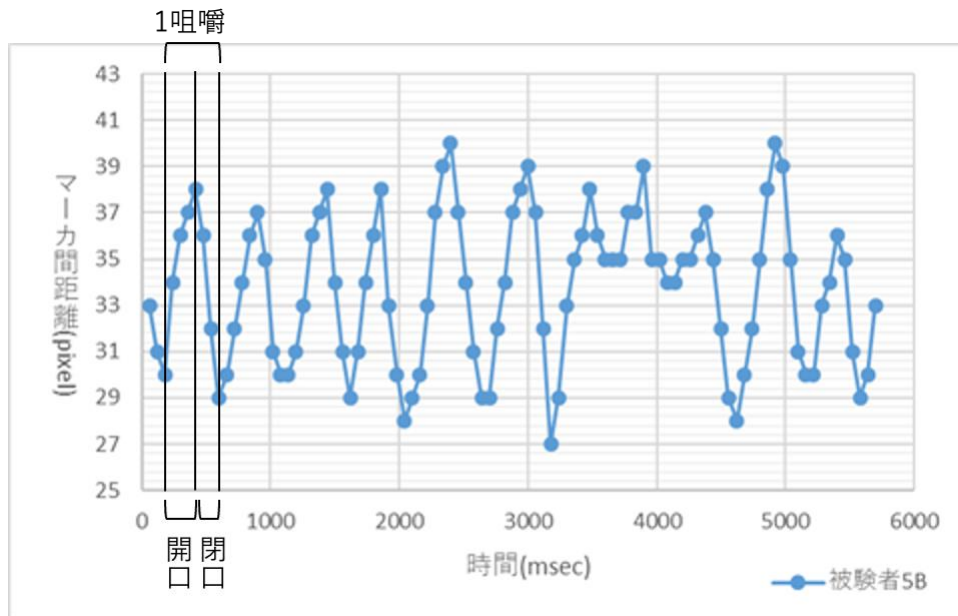


図 19. マーカ間距離 (移動平均値) (抜粋)

Figure 19. Distance between markers (moving average value) (excerpt)

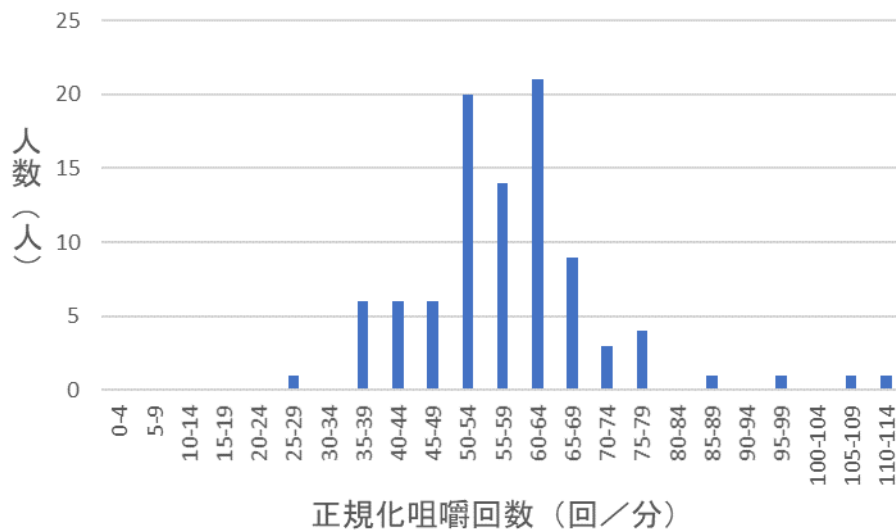
咀嚼回数の自動カウントを行った結果と解析者の目視による咀嚼回数カウントとの比較を行った。その結果、3人中2人分のデータに関しては、自動カウント数と目視によるカウント数は一致した。試作した自動咀嚼回数算出方法を用いることで、画像の距離の変化から咀嚼回数を測定できることがわかった。しかしながら、もう一人の児童において自動カウントを正常に行うことができなかったケースも見られた。その原因は、対象となる児童が左右に大きく顔を振ってしまい、ほぼ真横を向いてしまっていたことで、画像認識用のマーカがカメラに対し大きく斜めに映ってしまい認識に失敗していたことが考えられる。このことから、先行研究[45]でも指摘されているように、精度良く自動解析するためには、顔の動きへの対応が課題であることがわかった。この点において、実際の教室で小学校1年生児童はじっとしていることが難しいため、実験終了まで継続的に正面を向いたまま食事をするのが困難な児童については、現場測定による咀嚼の正確な自動解析は現時点では困難であると考えられる。したがって、今後このような実場面で得たデータを自動解析するためには、顔の大きな動きや情報の欠損に対応可能な技術開発が課題といえ

る。以上より、本研究において正規化咀嚼回数の計数は目視によるビデオ観察法を用いて行うこととした。

## 2) 正規化咀嚼回数

96名の児童分のビデオから目視による咀嚼回数の計数を行い、正規化咀嚼回数のデータを算出した。算出した正規化咀嚼回数のデータ分布について shapiro-wilk 検定にて正規性の検定を行った。その結果、データが正規分布に従うという帰無仮説 [44] は有意水準 5% で棄却されなかった ( $p=0.256$ ) ことから、本論文では正規分布に沿うものとして扱い、代表値を平均値とした。実験試料の平均の咀嚼回数は  $72 \pm 23.5$  回、咀嚼時間は  $76 \pm 25.2$  秒であり、正規化咀嚼回数は  $58 \pm 14.1$  (回/分) であった(図 20)。小学校でよく噛んでいる児童は、給食時の平均咀嚼回数が 1400 回で、25 分間で食べ終わっており、1 分間の平均咀嚼回数が約 56 回 [46] となる。一方、その児童らの保護者に対して同様に行った給食摂食時の咀嚼回数は平均 1196 回で、摂食時間が 28 分間であり、1 分間の平均咀嚼回数は 42.7 回であった。これらのことから、咀嚼訓練を受けた児童の方が訓練を受けていない成人よりも咀嚼のテンポが速いと考えられた。本研究で得られた実験試料を摂食した際の正規化咀嚼回数が 58 (回/分) であったことから、対象児童の咀嚼テンポはよく噛めている子どもと同様に噛めていると考えられたが、実験試料を児童に咀嚼させる際、児童が通常と異なった給食風景の中で緊張し、周りからの期待に応えたいという気持ちやよりよく見せたいという気持ちが生じ、いつもよりも早く食べた可能性も考えられた。

図表の  $n$  は対象者人数を示す。 $p$  値は確率 (Probability) の実現値の略称であり、帰無仮説が母集団において正しい時に標本データで観測された事象、またはそれよりも更に仮説から外れた事象が起こる確率の実現値を示す [47]。



58 ± 14.1 (平均 ± 標準偏差)

n=96

図 20. 正規化咀嚼回数の分布

Figure 20. Normalized masticatory frequency

平均正規化咀嚼回数では、本集団がよく噛めている児童の集団と同様な咀嚼状況であると考えられたが、分布をみると、20 回台の児童も認められることから、本集団の正規化咀嚼回数の四分位範囲の平均を求めた。外れ値は、下内境界線 = 第一四分位 - 1.5 × 四分位範囲 ( $Q_3 - Q_1$ )，上内境界線 = 第三四分位 + 1.5 × 四分位範囲 ( $Q_3 - Q_1$ ) より算出した。下内境界線から第一四分位までの下位 25% 群が  $44.4 \pm 5.1$  (回/分)，第一四分位から第二四分位までの下位 25～50% 群が  $54.3 \pm 1.2$  (回/分)，第二四分位から第三四分位までの 50～75% 群が  $60.9 \pm 1.7$  (回/分)，第三四分位から上内境界線までの上位 25% 群が  $69.4 \pm 4.1$  (回/分) となった。中央値は、下位 25% 群が 45.4 (回/分)，下位 25～50% 群が 54.4 (回/分)，50～75% 群が 61.2 (回/分)，上位 25% 群が 68.3 (回/分) となった (表 1)。下位 25～50% 群と 50～75% 群は、本集団の平均値である 58 (回/分) に近かったが、下位 25% 群は、13.6 (回/分) の差が認められ、上位 25% 群と比較すると 25.0 (回/分) の差が認められ、指導の必要性が考えられた。

表 1. 正規化咀嚼回数の各四分位範囲の平均値・標準偏差および中央値

Table 1. Mean value of each interquartile range of normalized masticatory frequency and standard deviation and median

	下位25%群 (25人)	下位25-50%群 (22人)	50-75%群 (25人)	上位25%群 (17人)
平均±標準偏差	44.4±5.1	54.3±1.2	60.9±1.7	69.4±4.1
中央値	45.4	54.4	61.2	68.3

外れ値：7名

$n=96$

### 3) 咀嚼運動特性

咀嚼リズムについて画像から、捕食、切歯切裁、臼歯粉碎の咀嚼のリズムについて、口角上部とオトガイ部のマーカの距離を計測し、児童の咀嚼リズムについて画像解析を行った。

咀嚼回数の少ない正規化咀嚼回数の下位 25%群の児童の中から、児童 1 名(45.4 回/分)について解析した。切歯切裁 1 回目終了後の臼歯粉碎がリズムよく出現していたが(図 21)、切歯切裁 2 回目終了後の臼歯粉碎は乱れ(図 22)、切歯切裁 8 回目終了後の臼歯粉碎(図 23)は部分的に良いリズムになり、切歯切裁と臼歯粉碎の組み合わせでの咀嚼で構成され、「良い→悪い→悪い」という特徴が見られた。

咀嚼回数の多い上位 25%の児童(1 人抜粋)(78.9 回/分)においては、1 捕食目(図 24)、2 捕食目(図 25)、3 捕食目(図 26)のいずれにおいても整ったスムーズな波形が多くみられ、1 口～3 口まで全て良いリズムで咀嚼されていた。これらのことから、正規化咀嚼回数の上位 25%児童(よく噛めている児童)は、咀嚼するテンポも速く、またそのリズムも安定していることが明らかになった。また、パンを口に入れた直後は咀嚼周期が長く、ゆっくり大きく噛んでいたのが、咀嚼が進むに従って食塊が小さくなり、咀嚼周期が短く小さな咀嚼が多くみられるようになった。この一連の咀嚼はスムーズなリズムで行われていた。一方、下位 25%の児童では、総じて咀嚼周期が長く、咀嚼テンポも遅く、リズムも不安定であることが明らかになった。

本実験で使用した実験試料の食パンは一片 2.6 g に設定してあることから、本来一口で食べられる大きさであり、0～1 回程度の切歯切裁の後、食塊が口腔内で臼歯側に送られ、リズムの良い咀嚼が出現することが期待された。咀嚼テンポの速い上位 25%の児童においては、リズムの良い咀嚼が認められたが、下位 25%の児童では、切歯切裁が頻繁に行われ、一口で食べられる大きさの食パンを、ついばむように前歯で食べ、その後口腔内での食塊の移動を含め咀嚼がスムーズに行われていないことが推測された。

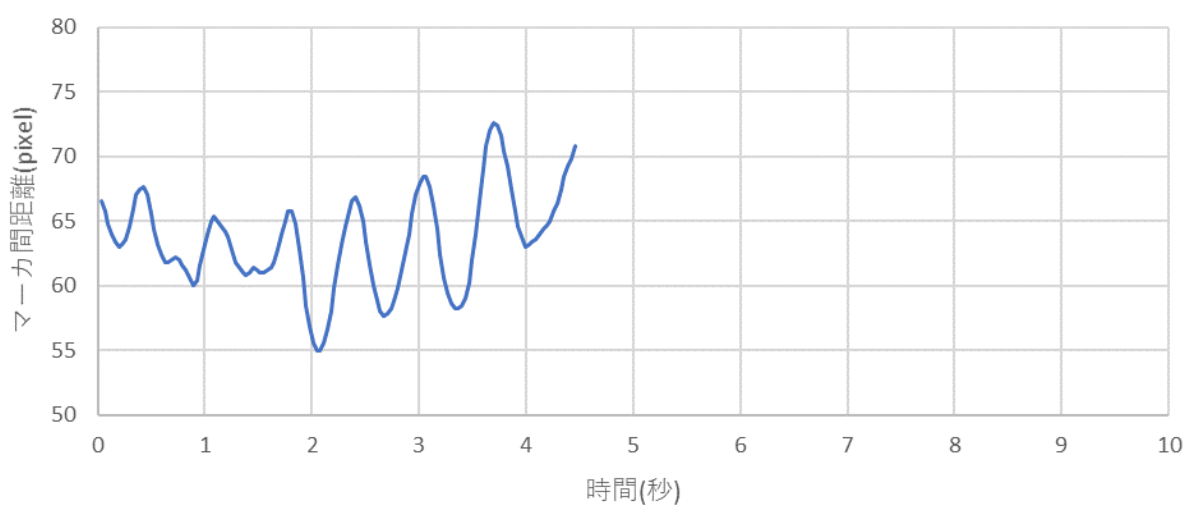


図 21. 下位 25%児童(抜粋)における 1 回目切歯切裁後の臼歯粉碎(良いリズム)

Figure 21. The masticatory rhythm of molar crushing performed in the bottom 25% of children after cutting with the first anterior tooth (excerpt)(good rhythm)

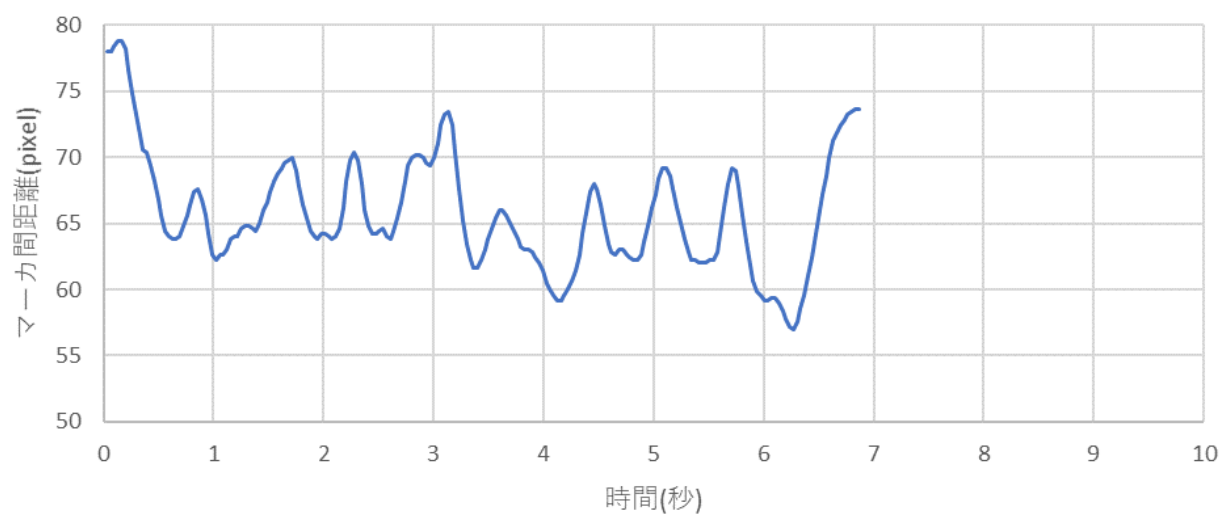


図 22. 下位 25%児童(抜粋)における 2 回目切歯切裁後の臼歯粉碎(リズム悪い)

Figure 22. The masticatory rhythm of molar crushing performed in the bottom 25% of children after cutting with the second anterior tooth (excerpt) (bad rhythm)

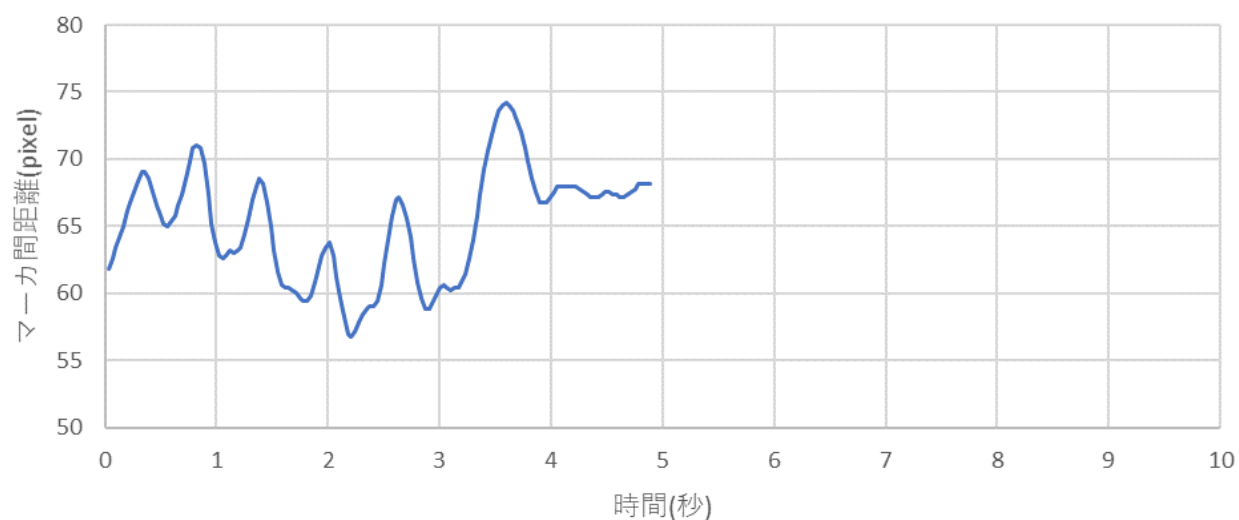


図 23. 下位 25%児童(抜粋)における 8 回目切歯切裁後の臼歯粉碎(リズム悪い)

Figure 23. The masticatory rhythm of molar crushing performed in the bottom 25% of children after cutting with the 8th anterior tooth (excerpt) (bad rhythm)

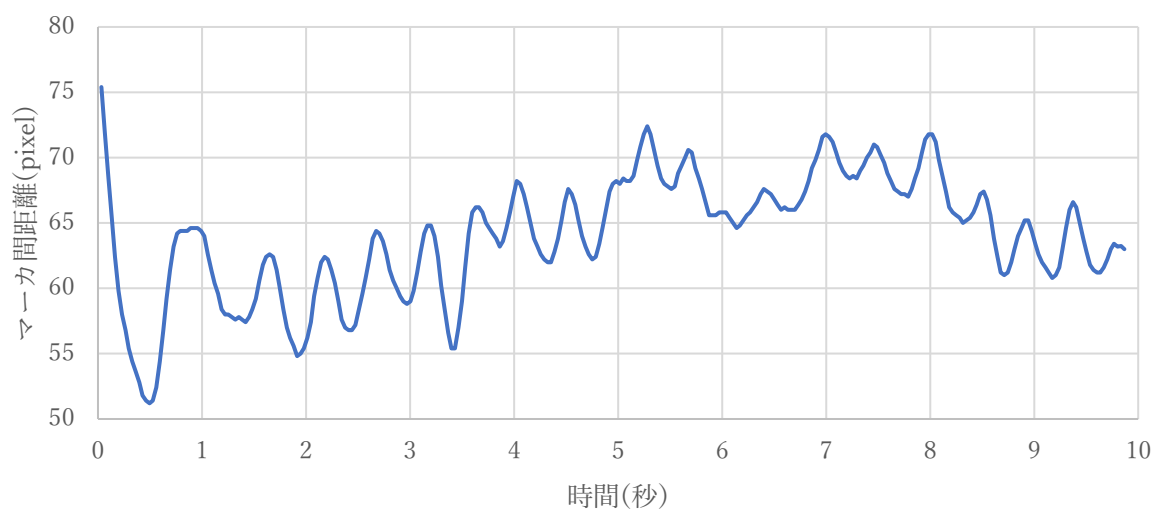


図 24. 上位 25%児童(抜粋)における 1 捕食後の臼歯粉碎(リズム良い)

Figure 24. The masticatory rhythm of molar crushing of bread crust first put in mouth by top 25% of children (excerpt) (good rhythm)

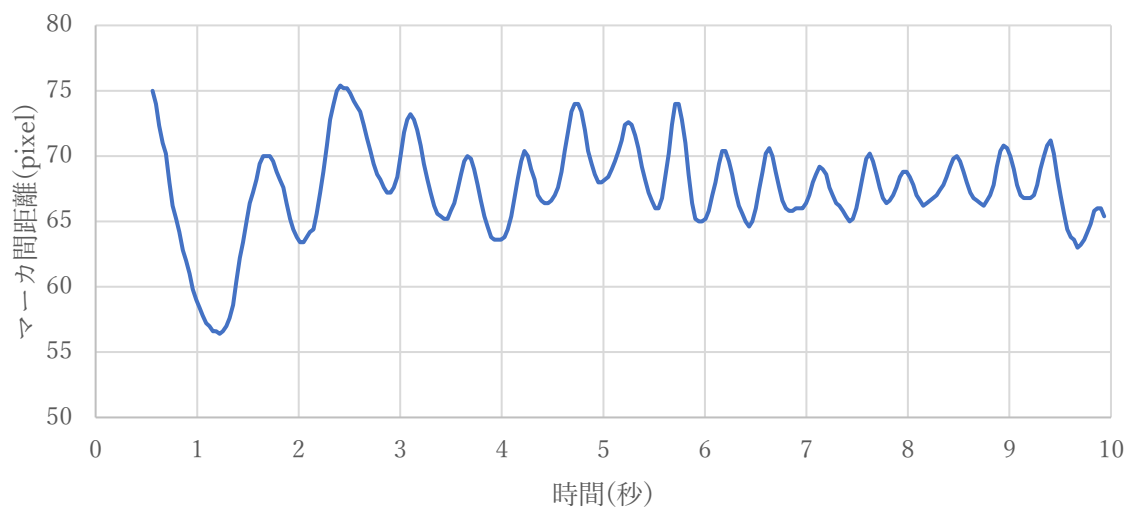


図 25. 上位 25%児童(抜粋)におけり 2 捕食後(リズム良い)

Figure 25. The masticatory rhythm of molar crushing of bread crust second in mouth by top 25% of children (excerpt) (good rhythm)

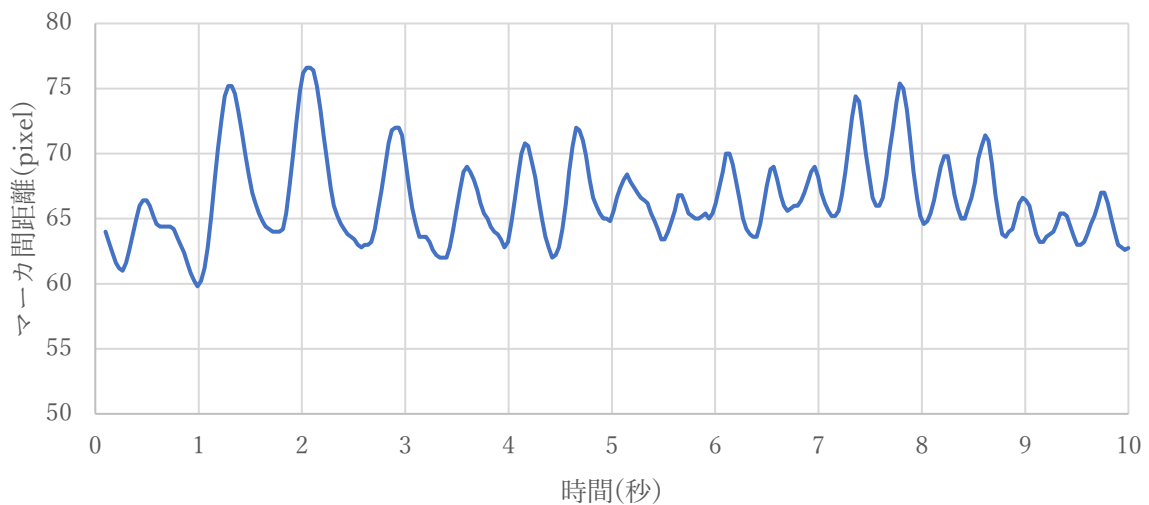


図 26. 上位 25%児童(抜粋)における 3 捕食後(リズム良い)

Figure 26. The masticatory rhythm of molar crushing of bread crust third put in mouth  
by top 25% of children (excerpt) (good rhythm)

### 3) 咀嚼テンポの設定

食パン外皮を実験試料とした咀嚼実験では、平均正規化咀嚼回数として 58BPM、スムーズな咀嚼における咀嚼周期として 600ms が得られた。歯科領域においては、咀嚼テンポとして 1 秒/回 (60BPM) が用いられており、一口 (数～8 g) で最低 30 回 (約 30 秒) の咀嚼を推奨している [48]。また、古代から現代に至る献立を再現し、実食した研究において、それぞれの食事を全部喫食するのに要した時間と咀嚼回数について報告されている [49]。弥生時代 (卑弥呼の食事) では 3990 回の咀嚼回数で 51 分、鎌倉時代 (源頼朝の食事) では 2654 回の咀嚼回数で 29 分、江戸初期 (徳川家康) では 1465 回で 22 分、江戸後期 (徳川家定) では 1012 回で 15 分、戦前では 1420 回で 22 分、現代では 620 回で 11 分であった。これらをそれぞれ咀嚼テンポとして表すと、それぞれ 78.2 (回/分)、91.5 (回/分)、66.6 (回/分)、67.4 (回/分)、64.5 (回/分)、56.3 (回/分) であり、特に現代の食事では咀嚼回数が少ないが、江戸時代以降の咀嚼テンポとしては、56.3 (回/分)～67.4 (回/分) の範囲で推移している。



先にも述べたように [46] , よく咀嚼し、給食を時間内に完食できるようになった児童たちの平均咀嚼テンポが 56 (回/分) であり、本導出試験で得られた平均 58 (回/分) の咀嚼テンポが達成できれば、よく咀嚼し、時間内に給食を完食できると推測した。

本実験試料の咀嚼試験は、児童にとって通常より頑張っている可能性もあり、本児童の平均的な咀嚼テンポを維持することが妥当だと考えた。

ヒトの咀嚼周期は、食物の形態によってばらつきはあるが、成人を対象とした試験において、ガムでは 0.6~0.84 秒、ピーナツでは 0.54~0.74 秒と報告されており [50] , 本研究で得られた咀嚼周期値 (600ms) とよく一致している。本研究を含め咀嚼周期として得られた数値は、臼歯粉碎の安定した 1 周期として捉えるべきであり、切歯切裁と臼歯粉碎を含む咀嚼全体としての咀嚼テンポに直接挿入できない。

本咀嚼試験における下位 25% の児童の咀嚼リズムは不安定であり、咀嚼テンポも 44.4 (回/分) であることから、下位 25% の児童においては、本集団の平均的な咀嚼テンポを達成することが咀嚼リズムの改善にもつながると考えた。

以上より、本研究の BGM 設計において、咀嚼テンポと咀嚼リズムの改善をユーザ要求とし、そのテンポ設定は、下位 25% の児童も平均値に回帰できるように正規化咀嚼回数の平均値である 58 (回/分) を設定値とし、下位 25% の児童に見られた咀嚼テンポとリズムの改善を含め、児童の咀嚼テンポの平均的な収束とリズムの改善を目標とした。

## 2.4 咀嚼改善 BGM 設計

### 2.4.1 プロトタイプ BGM 設計

2.2 においてユーザ要求として設定した、小学校 1 年生児童の咀嚼テンポおよび咀嚼リズムの改善のために、BGM に合わせて咀嚼訓練可能な「咀嚼改善 BGM」の設計を行った。楽曲には、小学校での実践運用を兼ねることから、咀嚼改善のみならず、食育内容をもたせる必要がある。また、児童のモチベーションが高まるような楽しさを工夫する必要がある。

BGM はまず音楽テンポ設計を行い、次に曲構成の設計を行い、最後に作詞および作曲を並行して行う流れで制作した。

咀嚼のリズムは、咀嚼の周期から下顎の上下運動として2つの運動に分解できる。このことから、音楽テンポを咀嚼テンポの2倍に設定することで、児童には音楽の2拍につき1回（1周期）の咀嚼を導くこととした。そこで、2.3の導出実験結果から設定した咀嚼テンポ58（回/分）の2倍速である116 BPMを音楽テンポの設計値とした。

曲構成の設計では、まず、設計のための目標、要求項目ならびに食育項目を策定した（表2）。策定は、文部科学省から出されている「食の指導の手引き～第二次改訂～」

[10] [19] において示された「食事の重要性」や「心身の健康」の目標の中で食に関して小学校1, 2年生時に獲得すべき資質・能力の内容に基づいて行った。咀嚼の役割は序論において論じたが、咀嚼が大きく関わるものとして味覚がある。味覚は、食べ物のおいしさを感じる五感（視覚、嗅覚、味覚、聴覚、触覚）の中で、味を感じる重要な感覚であり、他の四感覚と統合されることによりおいしさを感じ、食動機の創出や食嗜好の形成 [51] に大きな役割を担っていることから、味覚の発達を含む目的を設定した。次に、これらの目標を実現するための要求項目を合計9項目設定した。そして、それらの要求項目をより具体的にした食育項目を合計7項目設定した。食育項目（曲構成）は下記の図27で定めた曲構成の項目番号を示している。

表 2. 設計要求項目一覧（抜粋）

Table2. List of s design requirements (excerpt)

目標	要求項目	食育項目（曲構成）	曲設計（抜粋）
咀嚼の誘発	平均的な咀嚼スピードであること	(N/A)	硬めの実験試料の正規化咀嚼回数=58をもとに、約2倍の速度（116BPM）に設定
	硬い食材でもよく噛めるようになること	食材の多様性、硬さ（Ae1）	歌詞に硬い食材を咀嚼時のオノマトベを入れる
		噛み方のトレーニング（Be2）	「噛んで！」というかけ声を応援メッセージとして歌詞に入れる。
	反復して咀嚼訓練ができる	噛み方のトレーニング（Be2）	咀嚼を20回カウントするパートを7回反復する これを給食時間中に2回繰り返す
嚥下の誘発	嚥下のタイミングがわかること	よく噛むと良いこと（Be1） 味わうことの意義（味の種類）（Be7）	よく噛むと消化が良い、味がよく分かる、口中調味の良さを歌詞にいれる
		パン、ごはんの食べ方（Be4） 魚・骨の食べ方（Be5） 硬い野菜の食べ方（Be6）	咀嚼カウント20回の後「ごっくん」と飲み込むオノマトベを歌詞に入れる
食事時間感覚の認知	給食全量を20分で食べる目安がわかること	時間感覚の認知（Ce3）	1曲10分、2回繰り返すと食事時間の20分になり、給食全体を食べ終わる目安にした。終盤で曲を変化させ終盤間近を知らせる
味覚の発達	よく味わえること、美味しく食べられることが幸せだと思える	よく噛むと良いこと（Be1）	美味しさが分かると食欲が湧くことを歌詞に入れる
		味わうことの意義（味の種類）（Be7）	こんな味がしたと考えられるよう「どんな味がしたかな？」という歌詞を入れる
		美味しく食べる楽しさ（Ce1）	後半の変調後「あー、幸せ。」の歌詞を入れ、意識を自らに向け、食事によって幸せが感じられるようにした。
楽しさ	リズムカルで親しみの感じられる曲調とすること	味覚の発達（Ce2）	リズムカウントをとりやすい4/4拍子とし、シャッフルビートの使用
	曲の利用で楽しく学習すること	練習の楽しさ（Ae2）	声音は児童が担当する

設定された要求項目を基に曲構成を設計した。ポップス音楽などの現代音楽は3つ以上のパートで構成されることが多い。そこで、曲構成はA・導入パート（Aパート）、B・咀嚼改善パート（Bパート）、C・エンディングパート（Cパート）の3パート構成とすることとした（図27）。まず、Aパートでは、食材の多様性や固さがあることを知り、これから行うBGMを用いた咀嚼訓練の楽しさについて感じてもらうことを意図して構成した。次に、メインパートであるBパートは、咀嚼に必要な捕食、粉碎、咽頭へ送り込みのサブパートとして構成した（Bs1～Bs3）。そこに、前記の食の指導手引き指針を元に設定された咀嚼に関する7項目の食育項目を訓練内容として歌詞を割り当てることとした（Be1～Be7）。これらは、ひとつひとつ指導する必要があるため、それぞれの項目を1パターンとし、Bパートの音楽を7回繰り返し、それぞれのパターンの歌詞を提示することで、合計7

パタンの歌詞メッセージを伝達できるように設定した。以上より、BGM の咀嚼運動に関する項目は音楽のメロディやリズムを用い、咀嚼や味覚の理解や励まし等は言語化された歌詞を用いる必要性が考えられた。

次に、3つのパートのボリュームを決定した。まず、BGM の曲長および小節数を決定した。1曲の長さは、児童に1曲の終了が1/2の給食を食べ終わる目安として認知させるために、食事時間全体である20分間の1/2の約10分間とした。曲のリズムは咀嚼リズムをとりやすくすることを意図して、子ども向けの音楽において一般的な4/4拍子とした。音楽テンポは116BPMであるため、1拍あたりの所要時間(秒)は $60/116$ で求まる。そして1小節は4拍となるので、1小節あたりの所要時間(秒)は $60 \div 116 \times 4$ で求まる。そこで、1曲あたりの小節数は $(10[\text{分}] \times 60[\text{秒}]) \div (60[\text{秒}] \div 116[\text{BPM}] \times 4[\text{小節}]) = 290$  [小節]となる。ただし、音楽的には4小節を一つのまとまりとすることが多いため、4の倍数となる292小節とした。これにより、曲長は604秒となった。小節数が決定したため、各パートの小節数を検討した。小節数は詞の情報量と関係するため、仮の作詞を行いながら、作曲専門家と相談して検討し、策定した設計内容を反映した作詞を行った。作詞は、ユーザを主軸とし、研究対象校の給食委員会児童を中心に行った。前述の仕様・設計要求に基づき、栄養教諭が音楽の趣旨を説明し、児童たちが歌詞の案を制作した。これを基に給食委員会の指導教諭および栄養教諭と協議を重ねて、歌詞のプロトタイプ歌詞案を作成した。プロトタイプ歌詞案を作曲専門家に提出し、協議をしながら曲構成の設計を行った。その結果、Aパートが44小節、Bパートが32小節(7回繰り返しで合計224小節)、Cパートが24小節となった。これは時間にすると、Aパートが91秒、Bパートが463.4秒、Cパートが49.7秒となる。

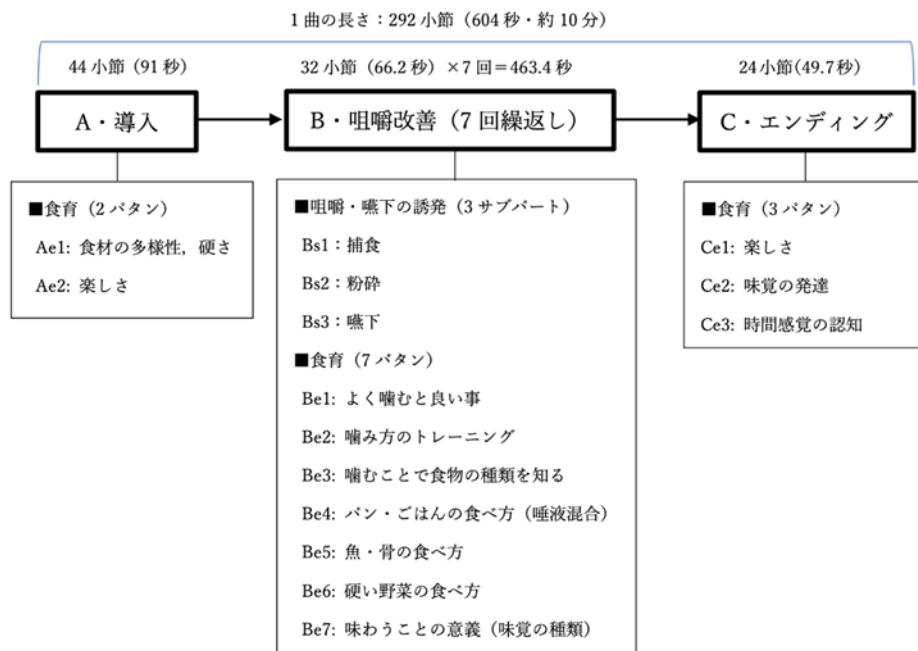


図 27. 3 パートの曲構成

Figure 27. Song composition of 3 parts

B パートの時間長が曲全体に占める割合は 76.7%であった。実際の運用では、曲を毎日 1 回提示した。そして残りの 10 分間は曲をかけずに、教諭が曲のテンポやリズムを思い出して食べるように説明をした。これにより、20 分間の食事時間中に食育を行いながら、約 4 割の時間を咀嚼訓練に充てられるようにした。B パートにおける具体的な歌詞の例を表 3 に示す。

表 3. 咀嚼改善パートにおける具体的な歌詞（抜粋）

Table 3. Specific lyrics in the masticatory improvement part(excerpt)

パート	サブパート	歌詞	咀嚼内容	所要時間
B	Bs1	一口、20回噛んでみよう 食べ物、お口に入れましょう 数えてみよう いち、に一、さん、しー	捕食	66.2 秒
	Bs2	噛み方トレーニング よくかもう、前歯で噛み切り よくかもう、細かく砕いて よくかもう、奥歯を使って よくかもう、すりつぶす よくかんで小さくしてから飲み込むよ	粉碎	
	Bs3	さあ飲み込むよ” ごっくん” どんな美味しさを感じたかな” ごっくん” 美味しさわかると食欲が沸くよね” ごっくん” 次の食べ物準備しよう” ごっくん”	咽頭へ送り込み	

作曲は作曲専門家に依頼し、相談しながら進めた。メロディのキーおよび使用音域は、作曲専門家が対象小学校を訪れ、声音を担当する合唱部児童の歌唱音域を実際に調べて無理のない音域を決定した。その結果、キーはF、音域はC3からD4までとした。

A パートの基本コード進行はポップス音楽等で一般的に使用されている IVM7, IIIIm7, IIIm7, I の順次進行（下行）[52]とし、具体的には B♭M7 → Am7 → Gm7 → F とした。これにより、普段耳にしている音楽の親しみやすさを持たせることを意図した。また、リズムは8ビート進行とすることで、テンポ良く食事ができることを意図している。「シャキシャキ」のようにオノマトペの歌詞が現れる箇所では、オノマトペのリズムに同調する形で4小節の間同じメロディを繰り返すことに加え、B♭ → A → Gsus4 → GM7 と sus4（サスペンデッド・フォース）コードを用いた展開により、咀嚼に注意が向くよう意図した。ここで、sus4 コードとは、ドミナント 7th コードの完全 4th(完全 4 度) 音が掛留されることで緊張感をもたらすコード [53] のことである。

本 BGM のメインパートである B パートでは、テンポはそのままでシャッフルビートを使用することで、前の A パートから場面転換したことを音楽的に知らせると共に、1 拍 1 拍がはっきり分かるようにすることで、噛むことに力を入れている時間に意識を向かせる

ことを意図した。また、4 分音符の奇数拍を噛みしめ、偶数拍で顎を下げることを促すようそれぞれ異なる音色を配置して差別化を図った。さらに、より明示的に咀嚼の速度を伝えるためのカウント「いち、に一、さん、し」を設けた。B パートの楽譜例を図 28 に示す。

The image shows a musical score for Part B (excerpt) with three staves labeled Bs1, Bs2, and Bs3. The lyrics are in Japanese. A red box highlights a section of the music. The score includes a 'Swing' section at the bottom.

**Bs1**

ひとくちにじゅ かい かん で みよう たべもの おくちに いれ ましょう  
か ぞ え て み よ う (いち に一) (さん し)

**Bs2**

よくかも う まえ ば で か み きり よくかも う こまか く くだいて  
よくかも う おく ば を つ か っ て よくかも う す り つ ぶ す  
よく か ん で ち い さ く し て か ら の み こ む よ (ゆっく り あ じ わ っ て の み こ む よ)

**Bs3**

even  
さあ の み こ む よ ど ん な お い し さ か ん じ た か な お い し さ わ か る と  
し ゅ く よ く が わ く よ ね つ ぎ の た べ も の じ ゅ ん び し ょ  
Swing  
(つぎのたべもの えらんでね) (たべものは えらべたかな?)

図 28. B パート楽譜 (抜粋)

Figure 28. Score for Part B (excerpt)

なお、実際に運用される給食場面では、毎日提供される食べ物の種類や量が異なるため、咀嚼テンポおよび咀嚼リズムの目安として提示し、完全に曲に合わせることは強制しないこととした。

## 2.4.2 プロトタイプ BGM 評価

本研究では ISO9241-210 に準拠した開発プロセスを用いているが、本評価は 4 つのプロセスのうち 3 番目の「ユーザの要求事項に対応した設計解の作成」に該当する。具体的には図 2 にて示した開発プロセスの「設計段階」と人間中心設計プロセスの「ユーザの要

求事項に対する設計解の作成」である「BGM プロトタイプ制作・評価」に相当する。この人間中心設計プロセスで反復的に評価・改良を行うことで、次の評価段階プロセスで用いる評価用 BGM を制作する。具体的には、作詞を担当した給食委員会児童、1 年担任教諭および、管理職がそれぞれ集まり、複数回に渡りプロトタイプ BGM の試聴・評価 (図 29) を反復的に行い、評価した。



図 29. プロトタイプ BGM の試聴・評価風景 (抜粋)

Figure 29. Listening and evaluation of prototype BGM (excerpt)

その結果、全体的には好印象で捉えられていたが、歌詞の一部が分かりづらいなどの児童からの要求が得られた。例えば「カウント」、「ワン、トゥ、スリー、フォー」のように英語の歌詞は 1 年生には理解しにくいという指摘を受け、日本語に変更した。一方、「倍増」、「噛み応え」などの 1 年生には難しい日本語については、教育上あったほうがよいとの担任教諭の要求を受け、児童と教諭が協議した結果、曲を提示する際に教諭が説明を加えることとした。その他一部、合唱部児童から曲の音量バランスについて聞き取りづらい箇所があると指摘があり、作曲家に改良を依頼した。この評価改善の反復は合計 3 回実施した。

改良を行った結果を確認し、これを評価用 BGM と位置付けた。曲名は給食委員会児童により「もぐもぐごっくんそんぐ」と命名された。次章では、この評価用 BGM を用いて評価実験を行う。完成した評価用 BGM 全曲の楽譜を付録第 2 章、図 1 から図 7 に掲載する。



## 2.5 運用計画の策定

本研究で提案する咀嚼改善手法のもう一つの要素が運用計画である。小学校の給食時間で長期間咀嚼指導を行うためには、咀嚼指導を食育の要因の一つとして事前に学校の食育年間指導計画に組み込まれている必要がある。食育年間指導計画は、前年度末までに、学校の教育目標（図 30）を基に、食に関する指導の全体計画が作成された後、その全体計画の具体的年間計画として作成され（表 4）、食に関する年間指導計画において給食時間の献立作成へ反映される。本研究における咀嚼指導は、学校給食時間の食の指導として給食時間の環境音楽の設定を行い、環境整備を伴うことから、本研究実施のための運用計画を前年度に作成する必要がある。また、小学校現場において実際に運用可能な方法とするため、特別な設備や人員の追加を行わない形で咀嚼教育を拡張する必要がある。そこで、本研究の場として設定した小学校の従来の食育年間指導計画（付録第 2 章、表 2）に、咀嚼教育の項を新たに設ける形で拡張した食育年間指導計画を策定した（表 5・付録第 2 章、表 3）。

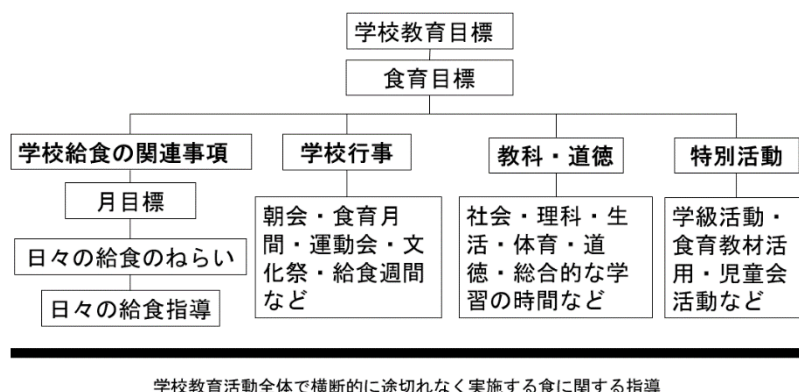


図 30. 学校教育目標に準拠した食育目標の全体図（抜粋）

Figure 30. Overall view of Food and Nutrition education goals based on school education goals (excerpt)

表 4. 食育年間指導計画（抜粋）

Table 4. Annual guidance plan for food and nutrition education (excerpt)

教科等		4月	5月	6月	7月	8～9月
学校行事等		入学式	運動会	クリーン作戦	集団宿泊合宿	
推進体制	進行管理		委員会		委員会	
	計画策定	計画策定				
教科・道徳等 総合的な学習の時間	社会	県の様子【4年】、世界の中の日本、日本の地形と気候【5年】	私たちの生活を支える飲料水【4年】、高地に住む人々の暮らし【5年】	地域にみられる産業の歴史【3年】、ごみのしゅりと再利用【4年】、寒い土地の暮らし【5年】日本の食糧生産の特色【5年】、狩猟・採集や農耕の生活、古墳、大和政権【6年】	我が国の農家における食料生産【5年】	地域に見られる生産の仕事（農家）【3年】、我が国の水産業における食料生産【5年】
	理科		動物のからだのつくりと運動【4年】、植物の発芽と成長【5年】、動物のからだのはたらき【6年】	どれくらい育ったかな【3年】、暑くなると【4年】、花から実へ【5年】、植物のからだのはたらき【6年】	生き物のくらしと環境【6年】	実がたくさんできたよ【3年】
	生活	がっこうだいすき【1年】	たねをまこう【1年】、やさいをそだてよう【2年】			秋のくらし さつまいもをしょうかくしよう【2年】
	家庭		おいしい楽しい調理の力【5年】	朝食から健康な1日の生活を【6年】		
	体育			毎日の生活と健康【3年】		
	他教科等	たけのこくん【2年】	茶つみ【3年】	ゆうすげむらの小さな旅館【3年】	おおきなかぶ【1年】 海のいのち【6年】	
	道徳	自校の道徳科の指導計画に照らし、関連する内容項目を明記すること。				
	総合的な学習の時間		地元の伝統野菜をPRしよう【6年】			
特別活動	学級活動・食育教材活用	給食がはじまるよ【1年】	元気のもと朝ごはん【2年】、生活リズムを調べてみよう【3年】、食べ物の栄養【5年】	よくかんで食べよう【4年】、朝食の大切さを知ろう【6年】	夏休みの健康な生活について考えよう【6年】	弁当の日のメニューを考えよう【5・6年】
	児童会活動	残業調べ、片付け点検確認・呼びかけ 目標に対する取組等（5月：身支度チェック、12月：リクエスト献立募集・集計） 掲示（5月：手洗い、11月：おやつに含まれる砂糖、2月：大豆の変身）				
	学校行事	お花見給食、健康診断		全校集会		満足
	給食の時間	給食指導 食に関する指導	仲良く食べよう 給食のきまりを覚えよう 楽しい給食時間にしよう 給食を知ろう 食べ物の働きを知ろう 季節の食べ物について知ろう	楽しく食べよう 食事の環境について考えよう		食べ物を大切にしよう 感謝して食べよう 食べ物の名前を知ろう 食べ物の三つの働きを知ろう 食生活について考えよう
	学校給食の関連事項	月目標 食文化の伝承 行事食 その他 旬の食材 地場産物	給食の準備をきちんとしよう お花見献立 入学遠征祝献立お花見献立 野菜ソテー なばな、春キャベツ、たけのこ、新たまねぎ、きよみ じゃがいも きれいなエプロンを身につけよう 端午の節句 入学遠征祝献立お花見献立 野菜ソテー アスパラガス、グリーンピース、そらまめ、新たまねぎ、いちご ごまつな、チンゲンサイ、じゃがいも 地場産物等の校内放送や指導カードを使用した給食時の指導充実。教科等の学習や体験活動と関連を図る。 推進委員会（農場訪問（体験）の計画等）	よくかんで食べよう 楽しく食事をしよう カミカミ献立 卵料理 アスパラガス、じゃがいも、にら、いちご、びわ、アンデスメロン、さくらんぼ ごまつな、チンゲンサイ、なす、ミニトマト ごまつな、チンゲンサイ、たまねぎ、じゃがいも	楽しく食事をしよう 七夕献立 お月見献立 祖父母招待献立、すいとん汁 おくら、なす、かぼちゃ、ピーマン、レタス、ミニトマト、すいか、プラム さんま、さといも、ミニトマト、とうもろこし、かぼちゃ、えだまめ、きのこ、なす、ぶどう、なし ごまつな、チンゲンサイ、たまねぎ、じゃがいも 推進委員会	正しい配膳をしよう
個別的な相談指導			すこやか教室		すこやか教室（面談）	
家庭・地域との連携		積極的な情報発信（自治体広報誌、ホームページ）、関係者評価の実施、公民館活動、地域ネットワーク（人材バンク）等の活用 学校だより、食育（給食）だより、保健だよりの発行 ・朝食の大切さ・運動と栄養・食中毒予防・夏休みの食生活・食事の量 学校公開日				・地元の野菜の特色 家庭教育学級

表 5. 拡張食育年間指導における咀嚼教育(抜粋)

Table 5. Masticatory education in the extended food and nutrition education teaching plan a year (excerpt)

指導時間	活用項目	内容	方法	時期
給食時間	一口メモ（給食時間に配付する指導資料）	「まごはやさしい食材*」を献立の取り入れた咀嚼指導	担任教諭による、和食食材に多い「まごはやさしい食材*」を一口メモに掲載し、和食の良さとよく噛む指導	6月全日
		咀嚼と運動能力の関係性を指導	担任教諭による、運動会の練習に合わせた「給食に提供される魚の骨や硬めの食材をよく噛む」一口メモを配付し、よく噛む指導	9月全日
		日本の食文化	担任教諭による、日本の食文化や和食給食の「ごぼう」「ちりめんじゃこ」など固めの食材を一口メモに掲載し、よく噛んで食べる指導	2月全日
	運動会にむけての指導	咀嚼と運動能力	栄養教諭による、給食を摂食しながら、咀嚼による側頭筋の動きを確認させ、よく噛むよさを指導	9月～10月
	プロトタイプBGMのテンポ導出実験	実験試料の摂食からBGMのテンポを導出	1年3クラスにおいて、実験試料を摂食	5月7日
	評価用BGM活用と咀嚼教育を用いた実験	和食を中心とした給食を活用したよく噛む指導 異なる咀嚼教育後の実験	1年1組及び1年2組においてBGM提示、1年2組はBGM説明を行いながら担任教諭が咀嚼教育を行う。1年3組は「よく噛んで食べよう！」のポスター掲示を行う。	12月4日～20日
	評価用BGM活用と咀嚼教育を用いた教育	全クラスでBGM活用と咀嚼教育を実施	全クラスでBGM提示およびBGM説明を行う	1月～2月
給食時間以外	全校朝会	丈夫な歯を作る食べ物	栄養教諭による講和	5月30日
		咀嚼と運動の関係性	栄養教諭による講和	8月27日
	給食室掲示コーナー	咀嚼により脳の血流量を増加させる写真による指導	よく噛むと脳の血流量が増加する写真を掲示	6月～2月
		咀嚼と運動能力の関係性を示すポスターによる指導	よく噛むと運動のパフォーマンスがあがるポスターを掲示	9月～10月

\*ま（豆）ご（ごま）は（わかめ）や（野菜）さ（魚）し（しいたけ）い（芋）

#### 1) 全校朝会および担任教諭による給食時間における一口メモの活用

拡張した食育年間指導計画の中に、全校朝会を活用した栄養教諭の継続的講話を挿入した。具体的には、6月の食育目標に、丈夫な歯を作るための食べ物をあげた。9月は、運動会の練習開始に関連させ、咀嚼と運動能力の関係 [54] - [57]をあげ、よく噛む指導をした。全校朝会での講和内容は、給食時間においても一口メモを活用して担任教諭が同様に指導をした。

## 2) 掲示物による指導

給食室掲示コーナーに、よく噛むことの効用に関する掲示物を作成し、6月から2月まで掲示した。さらに9月から10月の運動会の時期には、運動とよく噛むことのよさに関する[54] - [57]掲示物を掲示した。

## 3) 栄養教諭による給食時間の指導

9月から10月にかけての給食時間には、通常指導の「食事のマナー」や「箸の使い方指導」などに加え、固い食材をテンポやリズムよく、楽しく摂食する指導を、運動会に向けて意識させた。意識させる一つの方法として、給食を摂食しながら、咀嚼運動による側頭筋の動きを両手で触らせ、よく噛めているか児童が自身で確認できるように指導をした。

## 4) 給食時間中の咀嚼改善 BGM の提示

効率評価実験(3.2)に伴う提示として、1週間、固いするめを食べる継続咀嚼練習で咀嚼の咬合力が高まったという先行知見[58]を参考に、その約2倍の日数である13日間を実験期間とした。具体的には給食が提供される最大日数である2019年12月4日から12月20日までの、土を除く19日までの12日間とし、12月の給食実施日をあてた。この期間の給食内容としては、和食を含む給食献立(全体の69.2%)やよく噛んで食べることが必要な食材などを使用したものとした。例えば、和食献立においては「ごはん・だいずとじゃこの炒り煮・にくじゃが・煮びたし・牛乳」「麦ひじきごはん・呉汁・はたはたの唐揚げ・牛乳」「ごはん・さばの竜田揚げ・ほうとう・みかん・牛乳」「ごはん・みそしる・五目豆・ツナそぼろ・牛乳」「ごはん・ごま塩・つみれ汁・変わりきんぴら・牛乳」とし、和食献立以外では、固めに茹でた人参やもやしの「ごまず和え」や「キャベツサラダ」「りんご」などのよく噛む食材を入れた献立とした。

満足性評価調査(3.5)に伴う提示として、2020年1月下旬から3月1日、7月から12月までの約180日とした。

## 2.6 結語

本章では、ユーザ要求を明示化し、その要求に基づいた咀嚼改善手法の設計、プロトタイプ実装・評価を行った。具体的には、現場において実用性の高い手法を設計・評価するための ISO9241-210 に準拠し、HCD を利用した開発プロセス設定を行った。次に、設定したプロセスに従って、咀嚼改善 BGM の設計値導出実験を行い、平均的な咀嚼テンポを導出した。これを用いて BGM の音楽テンポの設計値を定めた。次に BGM の設計・プロトタイプ評価を行い、評価用 BGM を制作した。最後に、BGM 運用を含む食育の拡張年間指導計画を策定した。

## 第3章 ユーザビリティ評価

### 3.1 本章の目的

第2章で設計した評価用BGMを拡張食育年間指導計画に基づき、給食時間中にBGMを運用し、咀嚼改善についてユーザビリティ評価を行うことを目的とした。これは、ISO9241-210の4つの設計プロセスのうち4番目の「ユーザ要求事項に対する設計の評価」に該当する。具体的には、開発プロセスの評価段階における、「実装レベルの制作物によるユーザビリティ評価」に該当する。先行研究[58]では、学校給食の和食献立を、咀嚼教育の教材として繰り返し咀嚼訓練を行った教育後に、和食をより好ましく感じる児童が増加したことから、本研究実施校での音楽提示期間の学校給食においても、より咀嚼が必要な食材をバランスよく使用している和食[41][58][59]を活用する咀嚼改善手法を提案する。具体的には、BGMを用いた咀嚼教育を集中して導入できるように食育年間指導計画上で実施可能な最大期間での行動への影響を検討した結果、12月を導入月間と位置付け、12月の学校給食期間である3週間（計12日間）のBGM提示を実施し、教育後に2.3と同様の実験試料の摂食実験を行い、BGM提示が咀嚼に与える影響について効率および満足性の評価を行い、音楽提示による咀嚼運動の同調効果についての仮説の検証を行う。

### 3.2 効率評価実験

#### 3.2.1 対象者

対象者は、2.3.2と同じ小学校1年生3学級の児童のうち、欠席者と保護者の未承諾だった者を除く82人（男子42人、女子40人）とした。

#### 3.2.2 実験期間

実験期間は、2.5で策定した拡張食育年間指導計画に基づき、2019年12月において最大限実施可能な3週間（13日間）を確保するために、2019年12月4日～20日の3週間を実験期間とした。このうち、最初の12日間は教育期間とし、評価の測定は、最終日の12月20日に行った。

### 3.2.3 実験環境

2.3.2 同様の K 県 Y 市立 O 小学校の一般教室にて、給食時間中に児童の摂食行動を録画した。記録・分析方法は、2.3.6 同様のビデオ観察法を用いた。ビデオカメラは、機能的に同等な Insta360 one X (Insta 社) に変更し、25 台用いた。撮影解像度は 5760×2880 pixel, フレームレートは 60 fps, 記録フォーマットは mpeg-4 とした。再生の解像度は、1920×1080 pixel, フレームレートは 60fps とし、デスクトップ PC および 80 型モニタを使用した。摂食実験時は、直接的な音楽効果の影響を避けるため、食事観察中に評価用 BGM を提示しないこととした。

### 3.2.4 BGM の提示音圧レベルの検討

2 章で制作した BGM は、評価実験時には教室に備え付けの 50 インチテレビ (TH-P50G1, パナソニック) のスピーカから児童に提示される。そこで、BGM を提示する実験条件のクラスでは同一の音量で提示する必要があるため、提示音圧レベルの設定検討を行った。まず、あらかじめ BGM を提示する条件 (3.2.6 にて説明) の 2 クラスの教諭および栄養教諭による現場での合議により、スピーカから最も遠い児童が歌詞を聞き取れ、かつ最も近い児童がうるさく感じないと思われる音量設定を行った。

そして、実験後にその音量設定における受聴音圧レベルの測定を行い、妥当性を検討した。測定はできるだけ静穏な状態で測定を行うため、児童のいない放課後に同等の教室にて測定を行った。音圧レベルはサウンドレベルメータ (LA5560, 小野測器) を使用して測定した。音圧レベルは測定点において 3 分間の A 特性の周波数の重み付けをした等価騒音レベル (equivalent continuous A-weighted sound pressure level: LAeq) を測定した。LAeq を用いたのは、暗騒音、BGM とともに音圧レベルが一定ではなく変動すると考えられるため、一時的なレベル変化の影響を平均化して扱うためである。動特性は fast (125ms) に設定した。

最初に、教室における暗騒音レベルを測定した。測定点は教室の中心部とした。高さは、平成 27 年度 (2015 年度) 学校保健統計調査の座高平均値 [60] である 640mm および椅子の座面高 300mm を参考に、外耳孔のおよその高さ 900mm とした。測定の結果、3 分間の LAeq は 30.3dB であった。



次に、BGM の受聴音圧レベル測定を行った。BGM の受聴音圧レベルの測定点はテレビの左右スピーカの間中点から最も近い席（受聴距離 1820mm）および最も遠い席（受聴距離 8460mm）の 2 ヶ所とした（図 31）。テレビ正面下部に内蔵されているステレオスピーカの左右間隔は 1000mm、地面からの高さは 1030mm であった。測定点の高さは前述の 900mm とした。測定の結果、3 分間の LAeq は最も近い席で 64.1dB、最も遠い席で 60.5dB であった。

また、別途、黙食での給食時の音圧レベルを測定した。測定方法は前述の暗騒音レベルの測定と同様とした。その結果、3 分間の LAeq は 46.7dB であった。さらに、給食中に流れる校内放送の音圧レベルを測定した。これは教室の黒板の上に設置されている専用のスピーカから提示される放送を対象とした。内容は音楽およびアナウンスである。測定はスピーカから最も近い席付近において実施した。その結果、3 分間の LAeq は 63.4dB であった。

聞き取りやすさに影響する要素は多様であるが、そのひとつに SN 比（信号雑音比:signal to noise ratio）がある [61]。SN 比とは、聞き取ろうとする音の音圧レベルとその他の音（暗騒音:background noise）の音圧レベルとの差であり、その値が大きいほど、聞き取ろうとする音が聞き取りやすい [62]。この SN 比について、教室において教諭が発話した際には、WHO の基準 [63] では 15dB を確保することが望ましいとされている。

今回、教諭が感覚的に設定した音量は、音圧レベルが最も低い受聴点における LAeq が 60.5dB であった。一方、給食時の教室内の騒音レベル（LAeq）は 46.7dB であった。したがって、両者における SN 比は 13.8dB となり、WHO 基準は満たさないものの、1dB 程度であるので大きな問題はないと推察される。一方、最も近い受聴点における LAeq は 64.1dB であり、SN 比は 17.4dB となる。これは WHO の基準を満たす一方で、音圧レベルが高すぎる懸念がある。この点については、給食時の校内放送の LAeq が 63.4dB であったことを考慮すると、大きな違いはないと考えられる。以上より、実験で設定した BGM の提示音圧レベルは SN 比の観点から妥当であると考えられた。

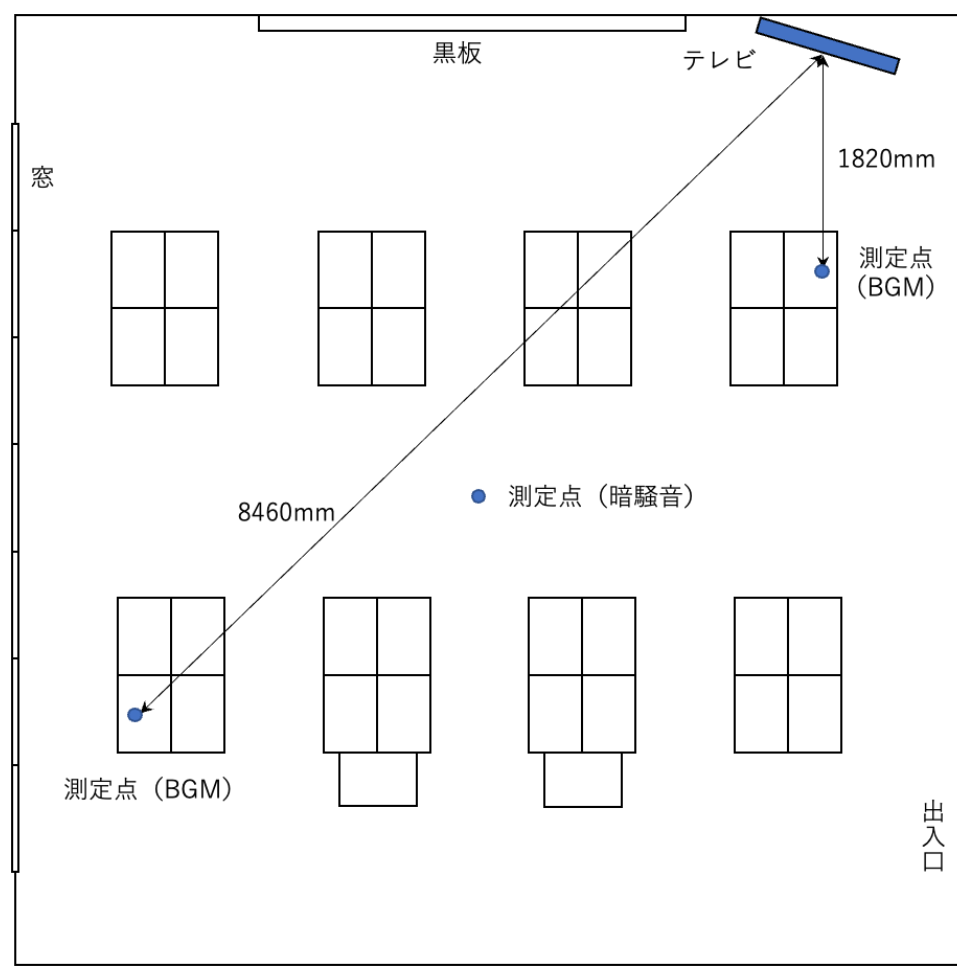


図 31. 音圧レベル測定点

Figure 31. Measurement positions of sound pressure level

### 3.2.5 実験課題および測定項目

実験課題は、2.3.4 と同様とした。測定項目は 2.3.5 同様の正規化咀嚼回数、および各咀嚼の所要時間とした。

### 3.2.6 教育条件と実験手順

学校教育現場での教育条件は、教育内容の著しい格差を避けるためにランダム化比較試験のような全く教育を与えないコントロール群を設定することは、本実験を学校現場での運用を想定する場合、適切でないと考える。そこで、通常教育として実施したポスター提示条件（ポスター提示）（32 人）をコントロールとして設定し、ポスター提示+BGM 提示条件（BGM 提示条件）（31 人）、並びに、ポスター提示+BGM 提示+BGM 説明条件

(BGM 説明条件) (33 人) の 3 群を設定し、ポスター提示群に対しての BGM 提示及び説明効果として比較対象試験とした (表 6)。

ポスター提示条件とは、2.5 で策定した拡張食育年間指導計画に則り、通常教育と設定した内容である「よく噛んで食べよう」のポスターの提示 (図 32) と、給食時間中の献立の説明・食事のマナー・食事中にふさわしい姿勢・箸の使い方 [27] の教育を実施した。

BGM 提示条件は、ポスター提示条件に加え、BGM を提示した。BGM は教室に備え付けのテレビのスピーカから 3.2.4 で設定した音量で食事開始時から毎日 1 回提示した。

BGM 説明条件は、BGM 提示条件に加え、教諭が毎日歌詞の説明を行い、言語発達の途上である小学校 1 年生においても歌詞の内容を理解させることとした。具体的には、2.5 で策定した指導内容に従って、BGM のテンポやリズムに合わせてよく噛む咀嚼の手本を示し、教諭が黒板に歌詞ポスターを提示し (図 33)、クラス全体の児童への歌詞説明に加え、教諭が教室内を巡回して、BGM に合わせた個別児童へ歌詞の説明をした。また、20 分間の食事時間の間に、10 分間の BGM が終了するまでに配食された給食の半分を食べるように指導し、実験手順は、2.3.5 の手順と同様とした。

この期間の給食内容としては、和食を含む給食献立 (全体の 69.2%) やよく噛んで食べることが必要な食材などを使用したものとした。例えば、和食献立においては「ごはん・だいずとじゃこの炒り煮・にくじゃが・煮びたし・牛乳」「麦ひじきごはん・呉汁・はたはたの唐揚げ・牛乳」「ごはん・さばの竜田揚げ・ほうとう・みかん・牛乳」「ごはん・みそしる・五目豆・ツナそぼろ・牛乳」「ごはん・ごま塩・つみれ汁・変わりきんぴら・牛乳」とし、和食献立以外では、固めに茹でた人参やもやしの「ごまぜ和え」や「キャベツサラダ」「りんご」などのよく噛む食材を入れた献立とした。

表 6. 咀嚼教育の 3 条件

Table 6. 3Conditions for mastication education

		ポスター提示	BGM提示	BGM説明
条件	ポスター提示	○		
	BGM提示	○	○	
	BGM説明	○	○	○

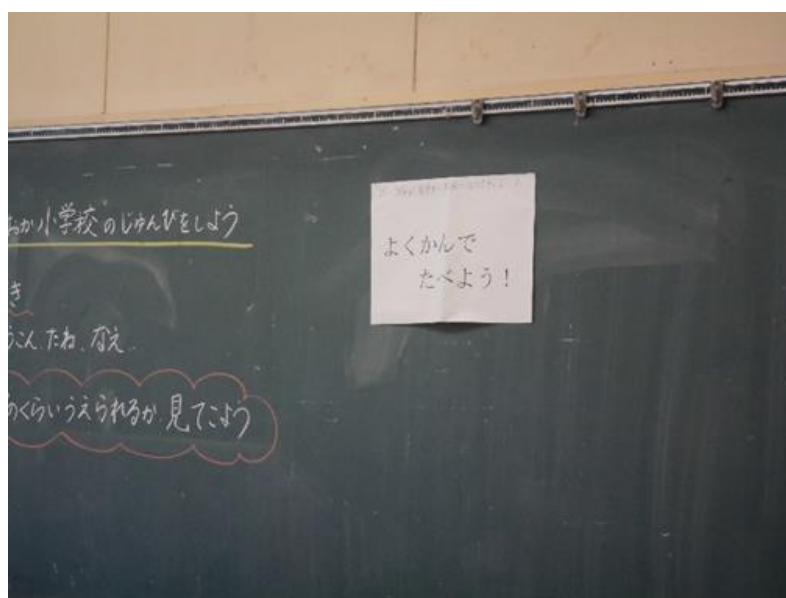


図 32. 「よくかんでたべよう！」ポスター提示の風景（全条件）

Figure 32. Scene of 'Chew well' poster presentation (all classes)



図 33. 「よくかんで食べよう！」ポスターおよび

BGM 歌詞提示の風景 (BGM 説明条件)

Figure 33. Scene of 'Chew well' poster and

BGM lyrics presentation (BGM description conditions)

### 3.2.7 解析方法

録画データの解析再生環境に使用した機材は、動画再生ソフト (SMplayer.ver.21.20) を用いた。録画時間は、実験試料の摂食前から給食終了時までの約 20 分間とした。各咀嚼の時間の記録は、録画した動画に対して、60fps にてフレーム解析を行った。解析はデスクトップ PC および、80 型モニタ (Aquos, Quattron, Sharp) 上で解像度 1920×1080 pixel に表示して行った。まず、児童が摂食を開始したシーンからキー操作によりコマ送りを行い、各咀嚼の開始、終了時の動画時刻 (1 ms 単位) を記録した。

ビデオ解析を行う際の定性的な判定基準が先行研究に見当たらなかったため、表 7 のように咀嚼の分類および開始／終了の定性的な判断基準を定義した。まず、捕食は実験試料を手にとった瞬間から、口腔内に実験試料を入れた瞬間とした。次に、粉碎は事前のビデオ観察にて切歯切裁と臼歯粉碎に分類した。切歯切裁は、切歯で切裁し始めた瞬間から、切歯で切裁を終了させた瞬間、臼歯粉碎は、切歯切裁以外の粉碎において、口腔内に

実験試料を投入した瞬間から、オトガイ部の上下運動が終了した瞬間とした。これらは 1.4 で述べた一連の咀嚼運動（開口相，閉口相，咬合相）の周期に相当する。最後に，咽頭への送り込みは，口腔内で行われる粉碎以外の舌と口輪筋を使った口腔内での実験試料の整理を開始した瞬間から，実験試料を咽頭へ送り，顎を下方に下げた瞬間とした。なお，解析は 1 ビデオにつき同一実験者が 2 回以上確認を行った。

表 7. 各咀嚼の時間の記録基準

Table 7. Record the time of each mastication

			計測基準	
			開始基準	終了基準
咀嚼分類	捕食		手に実験試料がふれた瞬間	口腔内に実験試料を入れた瞬間
	粉碎	切歯切裁	切歯が実験試料に触れた瞬間	切歯で切裁を終了させ口腔内に入れた瞬間
		臼歯粉碎	切歯切裁以外の粉碎において，口腔内に実験試料を投入した瞬間	オトガイ部の上下運動が終了した瞬間
	咽頭へ送り込み		口腔内で行われる粉碎以外の舌と口輪筋を使った口腔内整理をするための動作において，口輪筋または頬が盛り上がった瞬間	実験試料を咽頭へ送り，顎が下方に下がりきった瞬間

### 3.2.8 評価項目

観測されたデータを四分位に分け、さらに、下位 25%群（最低値から 25%タイル値の範囲のデータ群）、50%タイル群（四分位範囲：25%タイル値から 75%タイル値の範囲のデータ群）、上位 25%群（75%タイル値から最大値の範囲のデータ群）の 3 群に分けた。50%タイル群は中央値前後 25%の範囲にあるデータ群であり、その母集団の特徴をよく表す。当該群は全データ数の半分を占めるため、他の群の 2 倍のデータ数（ $n$  数）となる。これら 3 群のうち、下位 25%群、50%タイル群の教育前後の正規化咀嚼回数、咀嚼の生起順と所要時間、粉碎時間、粉碎時間の安定性（全体、連続）について、3 条件（ポスター提示条件、BGM 提示条件、BGM 説明条件）による教育効果について、以下の 9 項目で評価した。

- (1) 教育前後における正規化咀嚼回数の条件間および条件内比較
- (2) 教育前・下位 25%群における正規化咀嚼回数の教育後変化
- (3) 教育前・上位 25%群における正規化咀嚼回数の教育後変化
- (4) 教育前・50%タイル群における正規化咀嚼回数の教育後変化
- (5) 教育前・下位 25%群における咀嚼の生起順と所要時間の教育後変化（抜粋）
- (6) 教育前・下位 25%群における平均粉碎時間の教育後変化
- (7) 教育前・下位 25%群における粉碎時間の全体的安定性の教育後変化

具体的には、教育前後それぞれにおいて、粉碎時間の四分位偏差を求め、教育前後の四分位偏差の変化率の比較を行った。

- (8) 教育前・下位 25%群における粉碎時間の連続的安定性の教育後変化

具体的には、教育前後それぞれにおいて、粉碎時間の前後差を求めた後微分し、絶対値化した。その後、粉碎時間の四分位偏差を求め、教育前後の変化率を比較した。四分位偏差とはデータのばらつきを表す指標であり、次式で求められる（式 1）。なお、 $QD$  は四分位偏差、 $Q_1$  は第一四分位数（25%タイル値）、 $Q_3$  は第三四分位数（75%タイル値）である。

$$QD = \frac{Q_3 - Q_1}{2} \quad \dots \dots \dots \text{（式 1）}$$

- (9) 3 条件の教育前下位 25%群における教育前後の咀嚼構成の個別変化

### 3.3 統計解析

SPSS Statistics Premium Grad Pack ver2 (IBM, Japan) および Microsoft Excel 2019 を使用した。検定は両側検定とし、有意水準は5%とした。3条件のクラス間の比較は、Kruskal-Wallis 検定後、Bonferroni で有意確率を補正し、多重比較を行った。下位25%群、上位25%群および50%タイル群の正規化咀嚼回数中央値の前後比較、下位25%群の正規化咀嚼回数の全体的および連続的安定性の前後比較は、Wilcoxon 符号付順位検定を用いた。

### 3.4 結果

#### 1) 教育前後における正規化咀嚼回数の条件間および条件内比較

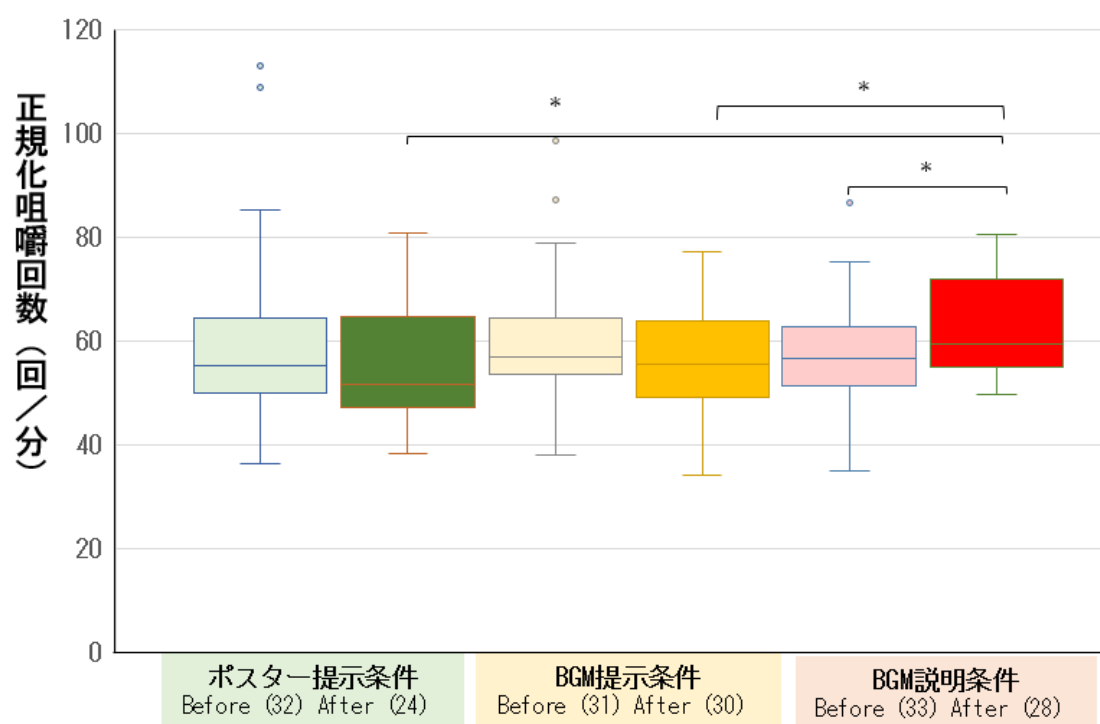
3条件において、正規化咀嚼回数について教育前後で比較した(図34)。教育前における、ポスター提示条件(24人)、BGM提示条件(30人)、BGM説明条件(28人)からデータを取得し、各群の正規化咀嚼回数(平均値±標準偏差)は、ポスター提示条件が $60.0 \pm 17.2$  (回/分)、BGM提示条件は $59.5 \pm 12.8$  (回/分)、BGM説明条件は $56.9 \pm 11.2$  (回/分)となり、3条件間に有意差はなかった( $p=0.49$ )。教育前正規化咀嚼回数の中央値は、ポスター提示条件は55.2 (回/分) (50.0–64.4) (第一四分位–第三四分位)、BGM提示条件は57.0 (回/分) (53.6–64.4)、BGM説明条件は56.7 (回/分) (51.5–62.6)であった。

教育後における各群の正規化咀嚼回数(平均値±標準偏差)は、ポスター提示教育条件群は $55.3 \pm 11.8$  (回/分)、BGM提示条件は $55.3 \pm 10.7$  (回/分)、BGM説明条件は $62.7 \pm 9.3$  (回/分)となり、BGM説明条件群がポスター提示条件、BGM提示条件に比べ、有意に多かった。(ポスター提示条件 vs BGM提示条件： $p=1.00$ 、ポスター提示条件 vs BGM説明条件： $p=0.03$ 、BGM提示条件 vs BGM説明条件： $p=0.04$ )。

教育後正規化咀嚼回数の中央値は、ポスター提示条件が51.5 (回/分) (47.2–64.8)、BGM提示条件は55.5 (回/分) (49.0–63.7)、BGM説明条件は59.3 (回/分) (54.9–71.9)であった。



同条件間の前後比較は，ポスター提示条件が  $60.0 \pm 17.2$ （回/分）から  $55.3 \pm 11.8$ （回/分）（ $p=0.33$ ），BGM 提示条件が  $59.5 \pm 12.8$ （回/分）から  $55.3 \pm 10.7$ （回/分）（ $p=0.23$ ），BGM 説明条件が  $56.9 \pm 11.2$ （回/分）から  $62.7 \pm 9.3$ （回/分）（ $p=0.04$ ）となり，ポスター提示条件および BGM 提示条件において有意差は認められなかったが，BGM 説明条件において教育後に有意に上昇した。



\*  $p < 0.05$

Kruskal-Wallis 検定後，Bonferroni にて補正した

薄色：教育前

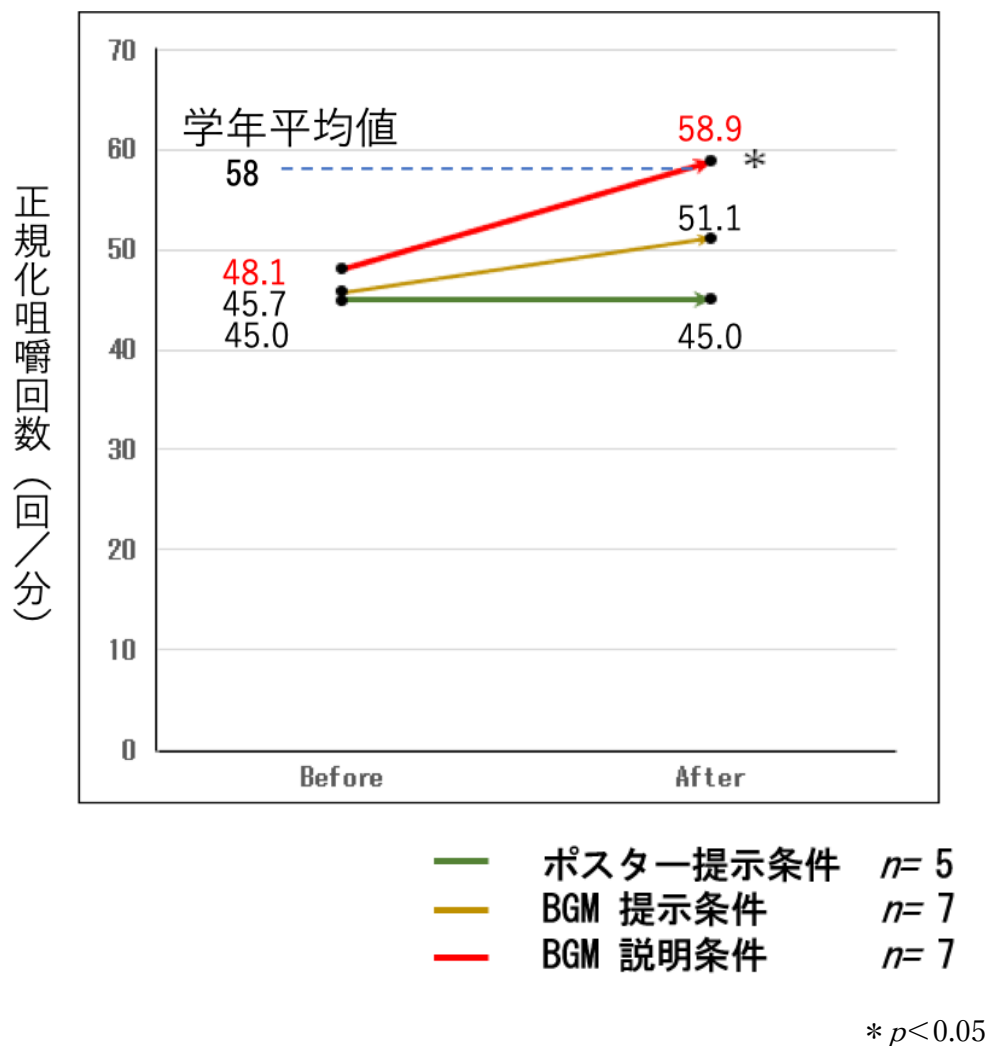
濃色：教育後

図 34. 正規化咀嚼回数の 3 条件間および同条件間の前後比較

Figure 34. Comparison before and after the number of normalized chews between 3 conditions and the same conditions

## 2) 教育前・下位 25%群における正規化咀嚼回数の教育後変化

3 条件における教育前下位 25%の正規化咀嚼回数の中央値は、ポスター提示条件が 45.0 (回/分) から 45.0 (回/分) ( $p=0.38$ ), BGM 提示条件が 45.7 (回/分) から 51.1 (回/分) ( $p=0.45$ ), BGM 説明条件が 48.1 (回/分) から 58.9 (回/分) ( $p=0.02$ ) となり、BGM 説明条件のみ有意に増加した (図 35).



Wilcoxon 符号付き順位検定

図 35. 下位 25%群の正規化咀嚼回数の前後比較

Figure 35. Comparison before and after the number of normalized chews  
in the bottom 25% group

### 3) 教育前・上位 25%群における正規化咀嚼回数の教育後変化

3 条件におけるそれぞれ上位 25%群の正規化咀嚼回数の中央値 (回/分) の前後比較では、ポスター提示条件 ( $n=5$ ) が、68.8 (回/分) から 52.7 (回/分) ( $p=0.171$ )、BGM 説明条件 ( $n=6$ ) が 66.7 (回/分) から 70.3 (回/分) ( $p=0.567$ ) となり、前後で有意な変化はなかったが、BGM 提示条件 ( $n=7$ ) は、69.2 (回/分) から 58.1 (回/分) に減少する傾向があった ( $p=0.052$ )。

### 4) 教育前・50%タイル群における正規化咀嚼回数の教育後変化

3 条件におけるそれぞれ 50%タイル群の正規化咀嚼回数の中央値 (回/分) の前後比較では、ポスター提示条件 ( $n=16$ ) が 58.0 (回/分) と 56.3 (回/分) ( $p=0.732$ )、BGM 提示条件 ( $n=15$ ) が 57.0 (回/分) と 59.4 (回/分) ( $p=0.854$ )、BGM 説明条件 ( $n=17$ ) が 58.0 (回/分) と 56.3 (回/分) ( $p=0.695$ ) であり、いずれの条件においても教育前後での変化はなかった。

### 5) 教育前・下位 25%群における咀嚼の生起順と所要時間の教育後変化 (抜粋)

BGM 説明条件の下位 25%群から抜粋した児童 1 名について、実験試料である 1 口大の食パン 3 切片の捕食から咽頭への送り込みまでの、3 口の咀嚼における各粉碎過程の生起状況をみた。教育前において、1 回の捕食から咽頭への送り込みまでの切歯切裁教育前の切歯切裁の粉碎回数が 11 回であったが、教育後には消失した (図 36)。

この児童は、教育前に 1 口  $3.7 \pm 1.2$  (回/分) の切歯切裁と  $21.0 \pm 11.8$  (回/分) の臼歯粉碎数からなる咀嚼リズムを有していたが、教育後では、切歯切裁が消失し、1 口  $21.3 \pm 4.2$  (回/分) の臼歯粉碎のみでの咀嚼に変化しており、総臼歯粉碎数は変化しなかった (表 8)。

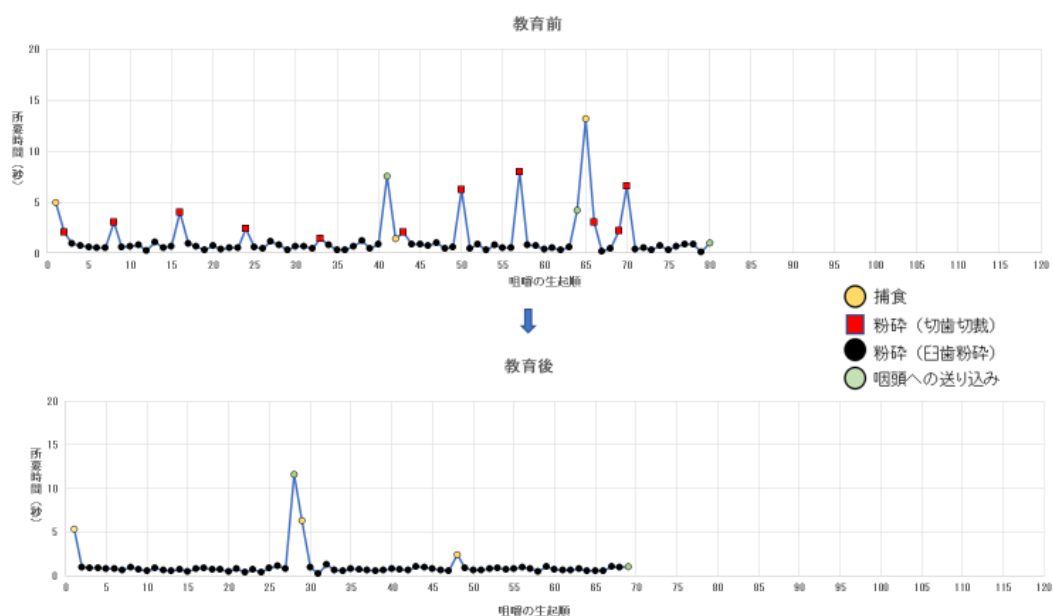


図 36. 下位 25%群における咀嚼の生起順と所要時間 (BGM 説明条件. 抜粋)

Figure 36. Occurrence order and duration of mastication  
in the lower 25% group of BGM explanation conditions

(BGM explanation conditions ・ excerpt)

・全ての児童の「咀嚼の生起順と所要時間」図は、付録第 3 章に示す。

表 8. 下位 25%群の児童の咀嚼状況の変化

Table 8. Changes in masticatory status of children in the bottom 25% group

	1口切歯切裁数(回) 平均値±標準偏差	切歯総切裁数 (回)	1口臼歯切裁数(回) 平均値±標準偏差	臼歯総切裁数 (回)
教育前	3.7 ± 1.2	11	21.0 ± 11.8	63
教育後	0.0 ± 0.0	0	21.3 ± 4.2	64

#### 6) 教育前・下位 25%群における平均粉砕時間の教育後変化

3 条件の教育前下位 25%群における 1 咀嚼にかかる平均粉砕時間を算出すると、通常教育（ポスター提示）群は 0.81 秒から 0.79 秒，BGM 提示群は 0.72 秒から 0.67 秒と、ほとんど変化していなかった。BGM 説明群は 0.90 秒から 0.73 秒と比較的短くなっていた（図 37）。

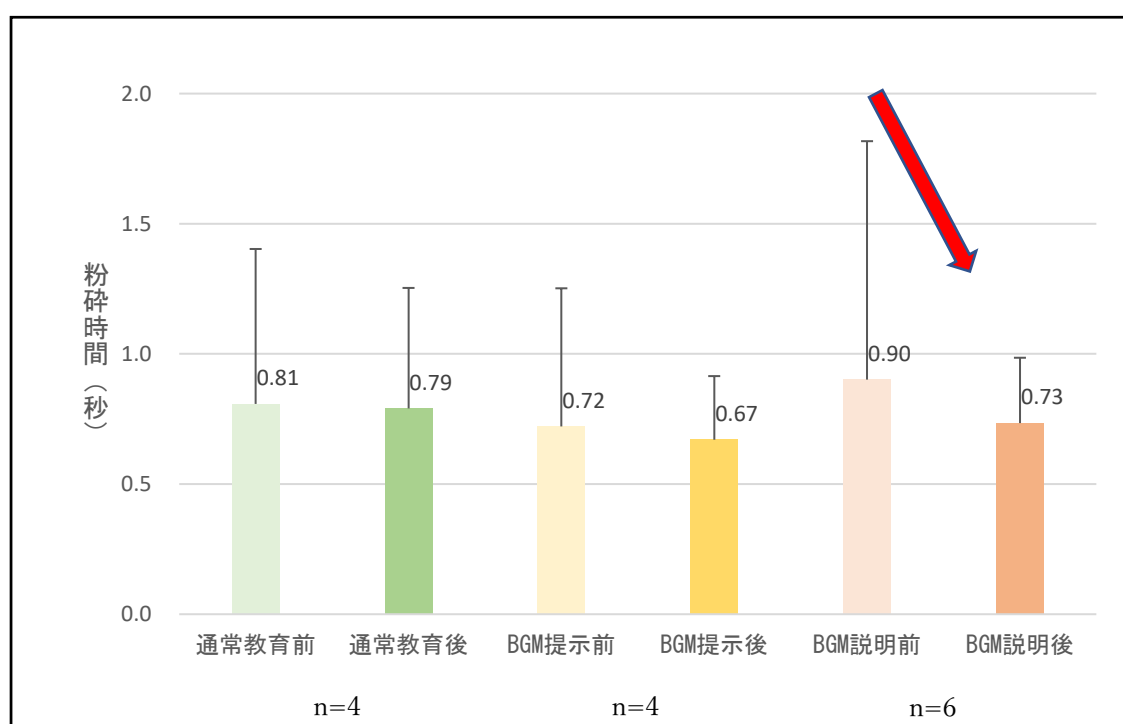


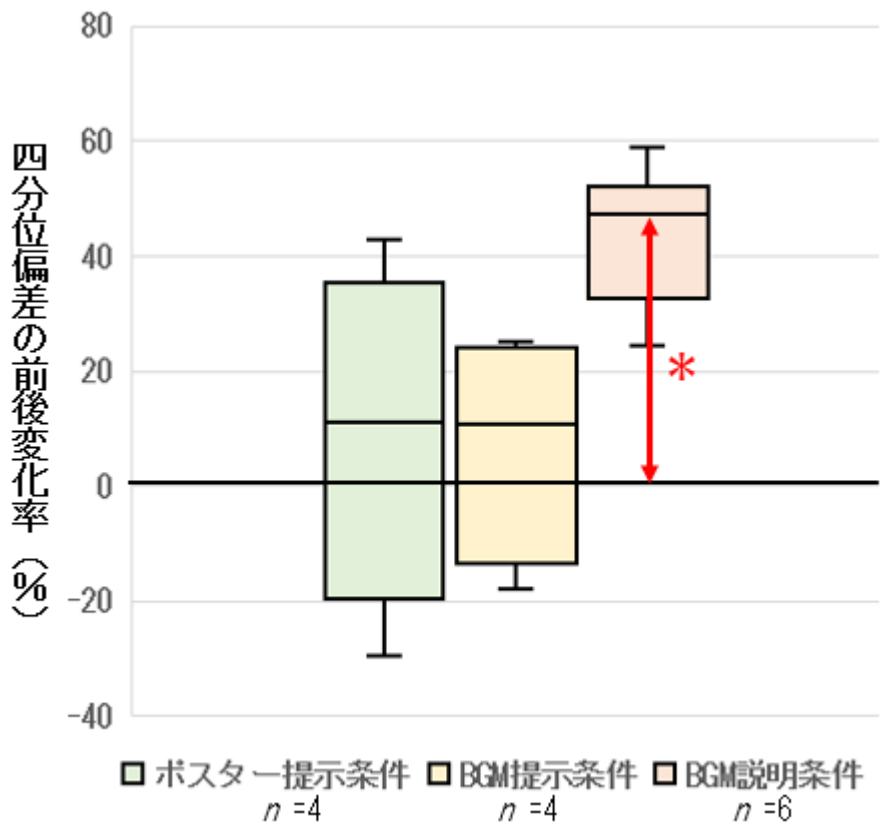
図 37. 下位 25%群における 1 回あたりの粉砕時間平均

Figure 37. Average per-grinding time in the bottom 25% group for each condition

#### 7) 教育前・下位 25%群における粉砕時間の全体的安定性の教育後変化

粉砕時間の全体的安定性評価として、各条件における粉砕時間の四分位偏差の変化率を比較した。その結果、ポスター提示条件での前後の四分位偏差は 0.13 から 0.12 となり 8.8%上昇し( $p=0.465$ )、BGM 提示条件は 0.12 から 0.11 と 7.0%減少したが( $p=0.273$ )、いずれも前後での有意差は認められなかった。一方、BGM 説明条件は 0.18 から 0.10 と

43.8%減少し ( $p=0.028$ ), BGM 説明条件での咀嚼における粉碎時間が有意に安定した (図 38).



\*  $p < 0.05$

Wilcoxon 符号付順位検定

図 38. 粉碎時間の全体的安定性

Figure 38. Overall stability of grinding time

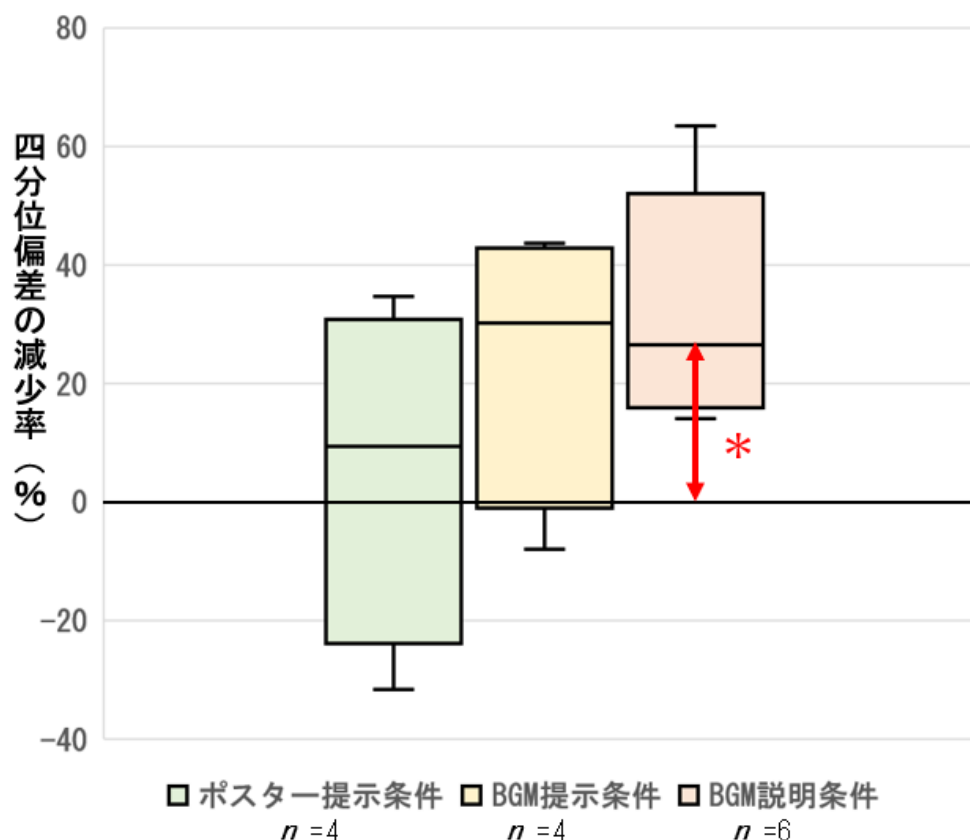
8) 教育前・下位 25%群における粉碎時間の連続的安定性の教育後変化

粉碎時間の連続的安定性は粉碎時間の前後差を絶対値化し、各個人の 1 咀嚼時間の四分位偏差の減少率を比較した.

$$\text{各個人の1咀嚼時間の四分位偏差の減少率 (\%)} = \frac{\text{教育前 } QD - \text{教育後 } QD}{\text{教育前 } QD} \times 100 \quad \dots \text{式 2}$$

その結果, 粉碎時間の四分位偏差は, ポスター提示条件で 13.54 から 12.85 と 6.2%減少

し ( $p=0.465$ ), BGM 提示条件は 9.02 から 5.87 と 29.1%減少したが ( $p=0.144$ ), 前後での有意な差は認められなかった. BGM 説明条件は 26.36 から 12.65 ～ 38.6%減少し ( $p=0.046$ ), 教育後に有意に低下し, 咀嚼における粉碎時間が安定した (図 39).



\*  $p < 0.05$

Wilcoxon 符号付順位検定

図 39. 粉碎時間の連続的安定性

Figure 39. Continuous stability of grinding time

#### 9) 3 条件の教育前下位 25%群における教育前後の咀嚼構成の個別変化

下位 25%の児童 14 名について, 顔撮影画像から, 捕食に始まる咀嚼過程を捕食から切歯切裁, 臼歯粉碎に分解し, 一口ごとにおける咀嚼状況の教育前後の変化についての画像解析を行った. 1 点を 1 咀嚼とし, 実験試料を咀嚼している時間軸を X 軸, 捕食, 切歯切

裁、臼歯粉碎に要した時間を Y 軸に表したものを付録第 3 章図 1～14 に示した。付録図から、児童 14 人の一口ごとにおける切歯切裁、臼歯粉碎の回数を算出した（表 9）。本実験試料は、一片約 2.6 g に切断されており、一口で食べられることから、本来は切歯切裁を必要としないが、教育前には、14 人中 7 人において切歯切裁がみられ、一口当たり最大 3 回の切歯切裁が出現していた児童もいた。これに対し、一口ごとの平均臼歯粉碎は、9.3 回から 33.7 回とばらついていて、児童 14 人の平均臼歯粉碎数は、教育前 21.8 回であるのに対し、教育後は 23.2 回と大きく変化しておらず、一口 21～23 回程度は嚙めていることが明らかになった。教育後には、14 人中 11 人の児童において、切歯切裁が消失し、切歯切裁が残っている児童においても切歯切裁数は減少していた。一口臼歯粉碎は児童によって異なり、減少したもの、変わらないもの、増加したものと個人差がみられた。

教育 3 条件間で臼歯粉碎数について比較したが、教育前後ともに各群間に有意差は認められなかった（教育前； $p=0.262$ ，教育後； $p=0.709$ ）。これからのことから、臼歯粉碎は、個人差が大きく、個人内では変動しにくい可能性があり、個人に対応した教育が必要であると考えられた。一定の大きさ、固さ、重さの食材を摂食しても、咀嚼する回数が異なっていることは、児童によって咀嚼能力が異なり、嚥下するときの食塊の状況も異なり、嚥下状況についても検討が必要であると考えられた。



表 9. 下位 25%児童における各教育前後での一口咀嚼内容の変化

Table 9. Change in the content of the bite chewed by the bottom 25% of children before and after each education.

		教育前								教育後							
		1口切歯切裁数 (回)		切歯総 切裁数		1口臼歯粉碎数 (回)		臼歯粉 砕裁数		1口切歯切裁数 (回)		切歯総 切裁数		1口臼歯粉碎数 (回)		臼歯粉 砕裁数	
		平均値±標準偏差	(回)	平均値±標準偏差	(回)	平均値±標準偏差	(回)	平均値±標準偏差	(回)	平均値±標準偏差	(回)	平均値±標準偏差	(回)	平均値±標準偏差	(回)	平均値±標準偏差	(回)
通常	女子S	1.0 ± 1.0	3	33.7 ± 1.2	101	0.0 ± 0.0	0	37.0 ± 7.0	111	0.0 ± 0.0	0	22.7 ± 5.0	68	0.7 ± 1.2	2	25.0 ± 2.6	75
	女子K	1.0 ± 1.0	3	17.3 ± 4.5	52	0.7 ± 1.2	2	22.3 ± 5.5	67	0.7 ± 1.2	2	22.3 ± 19.4	67	0.0 ± 0.0	0	16.8 ± 13.1	84
	女子H	2.3 ± 1.2	7	22.3 ± 5.5	67	0.7 ± 1.2	2	25.0 ± 2.6	75	0.7 ± 1.2	2	25.0 ± 2.6	75	0.7 ± 1.2	2	25.0 ± 2.6	75
	男子N	0.0 ± 0.0	0	16.8 ± 13.1	84	0.0 ± 0.0	0	22.3 ± 19.4	67	0.0 ± 0.0	0	22.3 ± 19.4	67	0.0 ± 0.0	0	22.3 ± 19.4	67
BGM	女子S	2.7 ± 0.6	8	33.7 ± 10.8	101	0.3 ± 0.6	1	30.7 ± 17.6	92	0.3 ± 0.6	1	30.7 ± 17.6	92	0.3 ± 0.6	1	30.7 ± 17.6	92
	女子N	0.0 ± 0.0	0	13.3 ± 11.6	40	0.0 ± 0.0	0	21.7 ± 8.6	65	0.0 ± 0.0	0	21.7 ± 8.6	65	0.0 ± 0.0	0	21.7 ± 8.6	65
	女子S2	0.0 ± 0.0	0	14.0 ± 7.4	56	0.0 ± 0.0	0	22.0 ± 3.5	66	0.0 ± 0.0	0	22.0 ± 3.5	66	0.0 ± 0.0	0	22.0 ± 3.5	66
	男子S	0.0 ± 0.0	0	9.3 ± 12.9	28	0.0 ± 0.0	0	12.3 ± 14.3	37	0.0 ± 0.0	0	12.3 ± 14.3	37	0.0 ± 0.0	0	12.3 ± 14.3	37
BGM説明	女子M	3.7 ± 1.2	11	21.0 ± 11.8	63	0.0 ± 0.0	0	21.3 ± 4.2	64	0.0 ± 0.0	0	21.3 ± 4.2	64	0.0 ± 0.0	0	21.3 ± 4.2	64
	女子H	2.0 ± 1.0	6	31.0 ± 6.1	93	0.0 ± 0.0	0	22.0 ± 5.2	66	0.0 ± 0.0	0	22.0 ± 5.2	66	0.0 ± 0.0	0	22.0 ± 5.2	66
	女子K	1.7 ± 2.1	5	13.3 ± 12.6	40	0.0 ± 0.0	0	21.7 ± 12.4	65	0.0 ± 0.0	0	21.7 ± 12.4	65	0.0 ± 0.0	0	21.7 ± 12.4	65
	女子E	0.0 ± 0.0	0	23.7 ± 21.2	71	0.0 ± 0.0	0	14.7 ± 15.6	44	0.0 ± 0.0	0	14.7 ± 15.6	44	0.0 ± 0.0	0	14.7 ± 15.6	44
	男子T2	0.0 ± 0.0	0	20.7 ± 3.8	62	0.0 ± 0.0	0	32.7 ± 8.6	98	0.0 ± 0.0	0	32.7 ± 8.6	98	0.0 ± 0.0	0	32.7 ± 8.6	98
	男子Y	0.0 ± 0.0	0	18.7 ± 3.5	56	0.0 ± 0.0	0	18.7 ± 9.0	56	0.0 ± 0.0	0	18.7 ± 9.0	56	0.0 ± 0.0	0	18.7 ± 9.0	56

## 3.5 満足性評価調査

### 3.5.1 対象者・調査期間及び調査環境

3クラス同条件で2020年1～2月（BGM説明条件）、7～11月（コロナ禍のため黙食：BGM提示のみ）の計7か月間の長期BGM提示後の2020年12月に満足性評価を調査した(図40)。評価用BGMを聞きながら食事をしている風景を図41に示す。コロナ禍のため、3～6月は給食が中止になり提示期間は短縮された。K県東部の小学校の音楽室にて、給食後の昼休みに評価グリッド法によるインタビュー調査を実施した。ユーザビリティ評価手法は、一般的に4～10人の少人数の参加者を要する[64]との報告から、対象児童は旧1年生から2年生に進級した児童において、旧1年生の3クラスの中から計11人をランダムに抽出し対象とした。



図 40. 評価グリッド法によるインタビュー風景

Figure 40. Scenes from an interview using the evaluation grid method



図 41. 評価用 BGM を聞きながら食事をしている風景

Figure 41. Scenes of children eating while listening to evaluation background music

### 3.5.2 調査課題

児童における評価用 BGM に対する満足性の心理的評価構造モデルをインタビューによって抽出する。

### 3.5.3 調査評価項目

#### 1) 心理的評価構造モデル

心理的評価構造モデルは、英国の臨床心理学者 G.A.Kelley が、「人間は経験を通じてコンストラクト・システムと呼ばれる各人に固有の認知構造をつくりあげ、その認知構造によって環境およびそこで様々なできごとを理解し、その結果を予測しようと努めている」というパーソナル・コンストラクト理論を提唱したものである [65]。これは、評価メカニズム（評価構造）に、個人差があり、学習によって変化することを認めている。その評価構造を把握する面接手段としてレパトリー・グリッド手法を開発した。これを基に讃井らは、被験者のコンストラクト・システムのうち環境評価に関する部分だけ抽出し、2点の改良を加えたレパトリー・グリッド発展手法を提案した [66]。これにより、専門的な訓練が必要とされる深層面接調査が容易に実施できるようになった。なお、現在ではレパトリー・グリッド発展手法の名称が「評価グリッド法」に改称されている。本研究ではこの評価グリッド法を用いて評価用 BGM に対する心理的評価構造モデルの抽出をすることで、満足性を調査した。

### 3.5.4 調査手順及び解析

インタビューの質問は「BGM は楽しいか?」「噛みやすくなったか?」「飲み込みやすくなったか?」とし、回答は「はい・いいえ」にした。その後「それはなぜですか?」と理由を具体化させるラダーダウン、「何のためにそう思いますか?」とその内容を抽象化させるラダーアップさせていくラダリングインタビュー [66] を行った。インタビューの内容を録音し、同じ回答をグルーピング後ラベリングし、抽象と具体により評価構造モデルを抽出した。構造モデルは「良い所」と「悪い所」とした。なお、児童がインタビューの回答時に評価用 BGM を聞きたいと希望した場合は、その場で再生して聞かせた。

### 3.5.5 結果

評価用 BGM の良い評価構造として 5 階層の要素が抽出された (図 42) . BGM があると楽しいと答えた児童は 11 人 (100%) であった. 楽しい理由として, リズムと歌詞によって咀嚼嚥下しやすくなったことが挙げられた. 咀嚼し易い理由として, 親しみのある校内の合唱部の声で「一口 20 回嚙んでみよう」と促されたこと, 嚥下しやすい理由として「ごっくん」のオノマトペによって嚥下のタイミングが分かったことがあげられた.

曲の悪い評価構造は 3 階層の要素が抽出され, 嚙みにくいと答えた児童が 2 人 (18.1%), 分からないが 1 人 (9.1%), 変わらないが 1 人 (9.1%) だった (図 43).

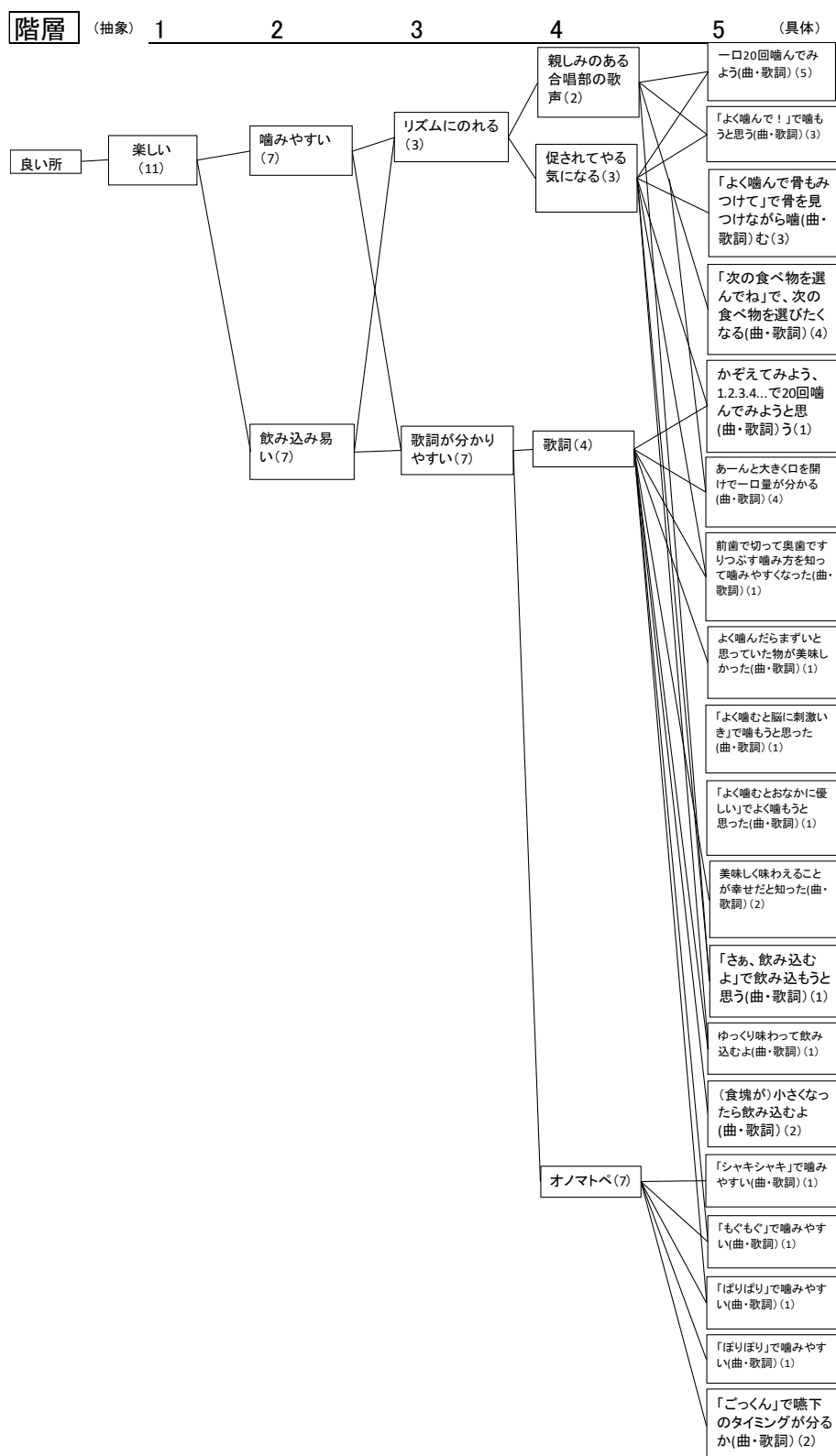
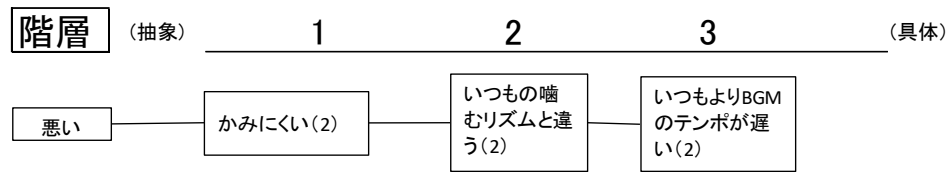


図 42. 心理的評価構造 (良い)

Figure 42. Psychological evaluation structure (good points)



- ・階層 1 に、噛みやすさは変わらない (1), 分からない (1) があった。

図 43. 心理的評価構造 (悪い)

Figure 43. Psychological evaluation structure (bad points)

・  $n=11$

・ ( ) は回答人数

・ 複数回答

### 3.6 考察

男女の正規化咀嚼回数において性差がないという報告 [11], および小学校 1 年生は身体の発達段階において、性差が出てくる第二次エクスパート期より若いことから、本研究においては、男女を合わせた解析を行った。

本研究で設定した人間中心設計の図 2 (p.14) の効率評価の 1 として設定した 3 条件間における正規化咀嚼回数の前後比較では、BGM 説明条件において有意に上昇した。これは、教諭の直接的な「BGM のテンポに合わせて咀嚼する説明」が、BGM 説明条件群の児童に、曲に合わせて咀嚼することへの理解を深めさせ、全体的に咀嚼テンポの上昇に影響を与えたことが考えられる。その中でも、下位 25%群での前後比較において、BGM 説明条件で有意に上昇したことから、咀嚼が遅い児童に BGM と説明の提示が、咀嚼テンポの改善に有効であることが推察される。また、大学生を対象として知覚運動学習である鏡映描写課題を行った専攻研究では、課題の教示を前もって聞く統制群、それに加えて自分で記憶して実験直前に自分で教示する自己教示群に対して、実験者が直前に再度教示する他者教示群は課題の実施速度が高かったことが報告されている [67]。当該研究では、鏡映描写課題は視・触覚の協調運動であった。一方、本研究における、BGM を聴きながら咀嚼することは、聴覚と口内触覚と感覚の種類の違いはあるが、一種の協調運動と

考えられる。よって、教諭の BGM 説明が他者教示としての効果があり、児童の咀嚼パフォーマンス向上に寄与した可能性がある。加えて、評価グリッド法のインタビューにおいて、咀嚼テンポの遅い児童（平均 51.1 回/分）は咀嚼テンポの速い児童（平均 65.1 回/分）より噛みやすくなったと回答していた（ $p<0.05$ ） [68] ことから、咀嚼テンポの同調は、児童自身の咀嚼テンポが BGM のそれより遅いと同調しやすくなると思われる。

上位 25%群の正規化咀嚼回数についてについて 3 条件ごとで前後比較をすると、ポスター提示条件で低下したが、有意差には至らなかった。その理由として、黒板に掲示された「よくかんでたべよう！」というポスターを見た際、文章認識の中で、「よくかんで」を意味付けするうえで、「ゆっくりよくかんで」と児童は理解し、よく噛んで食べた結果と推察される。

BGM 提示条件では、有意傾向が認められる低下であったのは、給食グループ内の他の児童の咀嚼テンポを見て、上位 25%群の児童が自らの咀嚼テンポが速いことに気づき、ゆっくり噛もうとする行動の変容が起こった可能性が推察される。また、教育後に咀嚼テンポが 58（回/分）になっていることから、BGM のテンポに同調した可能性も考えられる。評価グリッド法のインタビューでは、児童自身の咀嚼テンポが BGM のテンポより速いと噛みにくくなるとの意見があったが、100%の児童が楽しいと回答しており、噛みにくいと感じながらも、BGM 提示による楽しさによって BGM に同調した可能性が考えられる。一方、BGM 説明条件は、大きな影響はなかったと考えられる。

50%タイル群の児童は、すべての提示群において、正規化咀嚼回数の教育前後の変化がなかった。これは、児童自身が教育前から BGM のテンポに近い自身の咀嚼テンポを確立していたと推察される。

咀嚼運動の生起順における咀嚼運動の所要時間は、教育前には切歯切裁がみられていた児童においても、教育後には切歯切裁の回数が減少していた。一回の切歯切裁の所要時間は約 2 秒以上かかるのに対し、臼歯粉碎は 1 秒程度の所要時間であった。本研究においては、1 秒間に 1 回の咀嚼を誘導する BGM のテンポとして制作されており、BGM のテンポに合わせて咀嚼をする場合、約 2 秒以上長い咀嚼である切歯切裁がテンポに合わず、切歯切裁の回数が減少したと考えられる。また、咀嚼力が教育によって獲得されたことから

臼歯粉碎自体の安定性も獲得されたと考えられる。BGM のテンポ・リズムと身体運動のテンポ・リズムが同期するという報告 [31] [69] より、本研究における咀嚼運動も BGM のテンポに同調したものと考えられる。また、外的リズム [70] が内的リズム [71] より速い場合、リズムを生み出しやすいという結果より、下位 25% の児童のほうが、外的リズムにより同調しやすかった可能性が考えられる。

3 条件の下位 25% 群における粉碎時間の全体的安定性および連続的安定性について、BGM 説明条件で教育後に有意に安定したのは、教諭の「BGM に合わせて咀嚼する歌詞説明」が、咀嚼回数の少ない児童に対し、安定した咀嚼をもたらせた影響が考えられる。また、教諭の歌詞説明および BGM 作成時に、学年の平均的なテンポを基にしたことのみならず、咀嚼リズムを安定させることも意図し、咀嚼時の下顎の上下運動に合わせた BGM テンポ (116BPM) を設計値にしたことが、児童の咀嚼リズムが BGM の同調に大きく影響を与えたことが考えられる。

また、下位 25% 群の児童 14 名について、画像解析を詳細に行った結果、いずれの教育条件においても切歯切裁の出現が減少していたのに対し、平均一口臼歯粉碎数は、教育前後共に 22 回前後を示していたが、個人差が大きく、増減も一律ではなかったことから、個人に対応した教育が必要であると考えられた。また、教育条件間での一口臼歯粉碎数に差は認められなかった。BGM の提示が一口臼歯粉碎数に影響を与えなかった理由として、咀嚼数は口腔内の取り込まれる食品の量・大きさ [72] と食塊の物性、凝集性、水分量などの物理的性質 [73] [74]、個人の持つ嚥下域に影響 [75] されることから、本試験において提供されていた食材（食パン外皮）の物性と一定の量 (2.6 g) が、20 回前後の咀嚼数を規定していたと考えられる。個人差が大きいことは、個人の持つ嚥下域が規定していたと考えられる。

一定の大きさ、硬さ、重さの食材を摂食しても、咀嚼する回数が異なっていることは、嚥下するときの食塊の状態が異なっていることが推測されることから、適正な食塊が形成されているかどうかについても検討が必要であると考えられた。

個人個人の画像解析において、臼歯粉碎の咀嚼数は、咀嚼テンポの遅い児童においても約 20 回程度は咀嚼できており、各個人の画像解析において、臼歯粉碎の咀嚼数は、咀嚼テ



ンポの遅い児童においても約 20 回程度は咀嚼できており、咀嚼回数に食品の物性が重要な要因であることから、咀嚼教育における食品の物性や大きさを考慮していく必要性が考えられた。

BGM の満足性評価のインタビュー調査において、全ての児童が、「BGM があると楽しい」と答えた。これは、小学校一年生は、外的リズムと内的リズムの同期が可能である年齢 [33] であり、同期できることが楽しさに影響したことが考えられる。また、コロナ渦のため、給食時間は全員前向きで、黙食の喫食となり、グループによる会食はできず食事の中の会話が制限されていた。このような環境において、咀嚼改善 BGM は静まり返った食事の場を明るくし、楽しさを感じさせたと推察する。評価グリッド法のラダリングインタビューの回答に、「BGM を聞くと楽しくなり、嫌いな食べ物も忘れてどんどん食べてしまう。」という楽しさによる咀嚼以外の影響があった。

嫌いな食べ物はうまく咀嚼できないという報告 [11] があり、楽しさから嫌いな食べ物を忘れ、BGM のテンポやリズムに誘導され、咀嚼しやすくなった可能性も考えられる。音量については、「うるさい」という意見はなく、適切であったと考えられる一方、一部の児童は、音楽のテンポと咀嚼リズムとテンポが自身のペースと合わないために、ネガティブな評価をしている。この点については回答者が 2 名と少数であったが、外的な音楽リズム [70] と内的な自身のリズム [71] のずれ量とネガティブな心理量との関連性が予想される。今後はネガティブな評価をしている児童の心理的評価も行う必要がある。

これらの咀嚼のテンポの上昇及び咀嚼リズムの安定化、満足性の結果より BGM 説明条件の手法は、小学校 1 年生の咀嚼改善に寄与することが考えられる。

このように咀嚼改善に一定の効果が得られた BGM を給食の時間に流し、小学校 1 年生の咀嚼改善には有効であると考えられる。これらのことから、本研究で開発した手法が、効率および利用者の満足の点においてユーザビリティを確保していると考えられた。

今回は約 3 週間の教育での効果であったが、行動変容ステージ理論にみられるように行動変容には 6 か月間の継続が習慣として定着するまでに必要である [17] と考えられており、今後は長期的な提示による教育効果を測っていく必要がある。また、本研究では、食パン外皮の 3 片のみ摂食する条件になっているため、給食全体の咀嚼状況は測定できてい

ないことから、咀嚼改善効果の評価は今後、残食率などの評価を実施し、検証することが必要である。また、咀嚼テンポやリズムの改善により、成長に必要な栄養量を満たす給食を喫食することができる児童が増えることが期待され、児童の健全な成長・発育にもよい影響が出ることを期待される。

## 3.7 歌詞の有無が聴取者の心理に与える影響の検討

### 3.7.1 目的

2.4 の BGM 設計において、学校教育上の要求として咀嚼改善を含む食育内容の言語による伝達が必要とされたことから、ユーザ要求に沿って歌詞を有する楽曲とした。3.5 の結果から、リズムと歌詞があることによって咀嚼がうまくできるようになり、楽しい感情が喚起されることが示された。ただし、これは楽曲に歌詞を随伴した条件のみでの結果であった。そのため楽曲のみの場合との差異が不明であった。そこで歌詞の随伴が心理的にポジティブな影響を与えるかどうかについて検証した。具体的には、評価用 BGM の歌詞の有無が心理的な活動性に与える影響の検討および、咀嚼改善についての実用性・満足度に与える影響を実験的に検討した。

### 3.7.2 対象者

神奈川工科大学に在学する聴覚の健常な大学生 19 人とした（男性 9 人、女性 10 人）。年齢は  $21.8 \pm 1.7$  歳であった。本来であれば、ターゲットユーザである小学校 1 年生と同じ児童を対象とするべきであるが、ユーザビリティ評価実験の対象児童は、同一の楽曲を既に体験しているため本実験の対象者としてすることができない。また、クラス数が限られており、新たな児童を確保することが物理的に困難であった。そこで、現実的に募集が可能であった大学生を対象とした。

### 3.7.3 実験環境

神奈川工科大学の教室にて実施した。教室に備え付けの音響設備を利用して楽曲を出力した。対象者には、教室中央付近の座席に着席した状態で実施した。暗騒音レベルは LAeq35.6dB であった。

### 3.7.4 実験方法

#### 1)実験条件

本研究で使用した楽曲で、歌詞の有り無しの楽曲を作成し、歌詞有り無しの2条件とした。歌詞有り条件は楽曲の原曲のまま使用し、歌詞無し条件は原曲の声音を MIDI ピアノ音源 (Cakewalk TTS-1) で自動演奏したものに置き換えた。

#### 2)実験課題および評価指標

実験課題は、対象者に各々の楽曲を LAeq50.4dB で提示し、各音楽終了直後にアンケートの回答を得た。2曲の視聴間には5分間のインターバルを設けた。アンケートには、「Affect Grid 法」および、「実用性、満足度、使いやすさ調査票(USE)」を用い、それぞれ1設問ずつ設けた。

#### 3)Affect Grid 法

音楽の感情価 (hedonic value: ある感情軸上の値) を評価する手法としては、音楽の感情価測定尺度 [76] が提案されている。しかし、この尺度は歌詞のない楽曲を対象として開発されているため、歌詞の有無の評価には適さないと考えられる。そこで、音楽に限らず、さまざまな表現に対する受け手の感情評価を定量的に扱う手法として Affect Grid 法[77] を用いることとした。Affect Grid 法は、図 44 に示すように 9×9 の升目 (Affect Grid) 上に、横軸に快・不快 (以下、快適性と呼ぶ)、縦軸に覚醒・眠気 (以下、活動性と呼ぶ) をとる 2 次元を配し、参加者はそれぞれの次元について 9 段階で評定を行う手法である [78]。快適性は不快～快を 1～9 点で定量化する。また活動性は眠気～覚醒を 1～9 点とする。実験参加者はある表現に対して快適性と活動性を評価し Affect Grid 上に×をつける。図 44 の場合、快適性は 6 点、活動性は 7 点となる。なお、Affect Grid の四隅の感情は、それぞれ快適性と活動性の合成による感情とされており、その組み合わせによって、さまざまな感情を表現することができる。たとえば人間の表情から受ける印象を評価する場合、嬉しいという感情を表した表情は、快適性が高くかつ活動性も高い感情として表現され、一方で悲しいという感情を表した表情は、快適性が低くかつ活動性も低い感情として表現される [79] [80]。

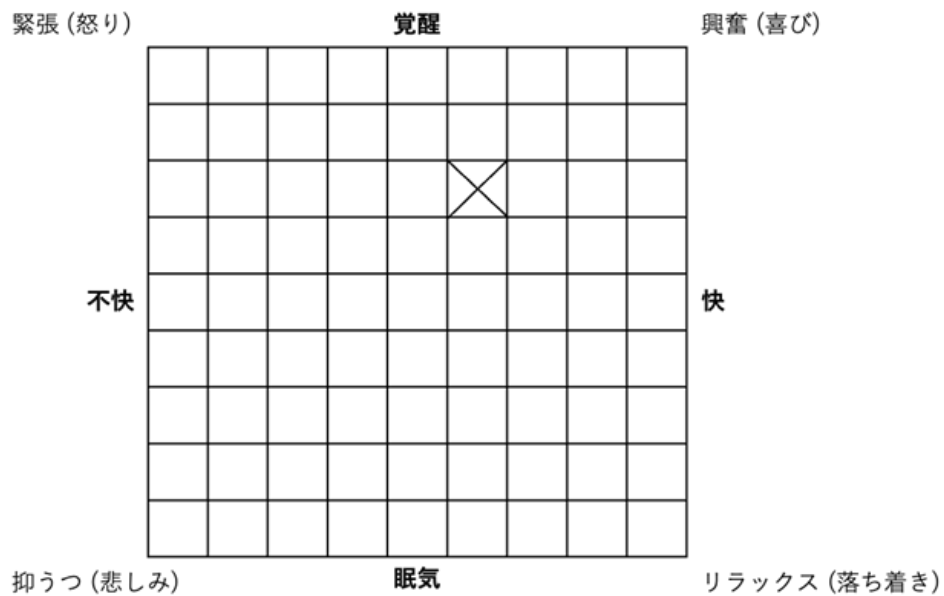


図 44. Affect Grid

Figure 44. The Affect Grid

#### 4) 実用性，満足度，使いやすさ調査票 (USE)

実用性，満足度，使いやすさ調査票 (USE : Usefulness, Satisfaction, and Ease of Use) は，30 項目の質問が実用性，満足度，使いやすさ，学習のしやすさという 4 つのカテゴリーに分かれており，文章はどれも肯定的な内容で，これに対しユーザはどれだけ同意できるかを 1～7 の 7 段階のリッカード尺度で評価する [81] . 本実験では「実用性」および「満足度」の項目から 3 項目ずつを抜粋し 6 項目を用い，q1～q6 の番号を振った. q1～q3 が実用性，q4～q6 が満足度の評価項目である. 以下に実際に使用した質問用紙を記載する (図 45) .

以下の設問を読んで、曲について自分の印象の強さに最も当てはまると思う数値の○に一つだけチェックを入れてください。

		1	2	3	4	5	6	7	
1. 自分の能力向上を助けてくれる。	全く同意 できない	○	○	○	○	○	○	○	非常に同意 できる
2. 役に立つ。	全く同意 できない	○	○	○	○	○	○	○	非常に同意 できる
3. 達成したいと思っていることが 簡単に達成できるようになる。	全く同意 できない	○	○	○	○	○	○	○	非常に同意 できる
4. 満足している。	全く同意 できない	○	○	○	○	○	○	○	非常に同意 できる
5. 友達に薦めたいと思う。	全く同意 できない	○	○	○	○	○	○	○	非常に同意 できる
6. 使っていて楽しい。	全く同意 できない	○	○	○	○	○	○	○	非常に同意 できる
		1	2	3	4	5	6	7	

図 45. 実用性, 満足度, 使いやすさ調査票 (USE)

Figure 45. Usefulness, Satisfaction, and Ease of Use

## 5) 解析方法

Affect Grid 法による尺度においては、各グリッドを 1～9 点で定量化し、快適性と活動性の 2 尺度で点数化した。満足度と実効性においては 7 つの尺度に 1～7 点のダミー変数を割り振り、点数化を行った。解析は SPSS を用い男女間の差の検定には、Mann-Whitney U 検定を、実験条件間の差の検定には、Wilcoxon 符号順位検定を用いた。

## 3.7.5 結果と考察

まず、Affect Grid 法および USE 調査票のそれぞれで実験条件ごとに、男女間の差の検定を行った。USE 評価では、各設問 (q1～q6) で行った。その結果、Affect Grid 法では両実験条件で男女間に有意な差は確認されなかった (歌詞無し条件:  $p=0.243$ , 歌詞有り条件:  $p=1.000$ )。USE 評価においても各設問、両実験条件で男女間に有意な差は確認されなかった (表 10, 表 11)。

表 10. USE 調査票の男女間比較（歌詞無し条件）

Table 10. Result of USE (without-lyrics condition)

	中央値		$p$ 値
	男	女	
q 1	5	5	0.053
q 2	6	6	0.182
q 3	7	7	0.156
q 4	5.5	5.5	0.053
q 5	5	5	0.095
q 6	5	5	0.095

表 11. USE 調査票の男女間比較（歌詞有り条件）

Table 11. Result of USE (with-lyrics condition)

	中央値		$p$ 値
	男	女	
q 1	4.5	4.5	0.356
q 2	7	7	0.400
q 3	5	5	0.842
q 4	3	3	0.780
q 5	5	5	0.661
q 6	5.5	5.5	1.000

このように、いずれの評価においても男女間に有意な差は見られなかったことから、以降男女混合のデータで解析を行った。

次に、Affect Grid 法において、快適性および活動性の双方で実験条件間の中央値の比較を行った。その結果、快適性では条件間に有意な差は見られなかった（図 46）。これに対し、活動性では歌詞無し条件に比べ歌詞有り条件の評価値が有意に上昇した( $p < 0.01$ )

（図 47）。このことから歌詞があることで活動性が上昇することが確認された。また、これらの結果を Affect Grid に布置したものを図 48 に示す。歌詞無し条件は、快適性が快方向に評価されたが、活動性は中程度であった。一方、歌詞有り条件は、快適性が快方向に

評価され、活動性が覚醒方向に評価された。したがって、歌詞あり条件の方が興奮（喜び）の感情価が高い結果となった。

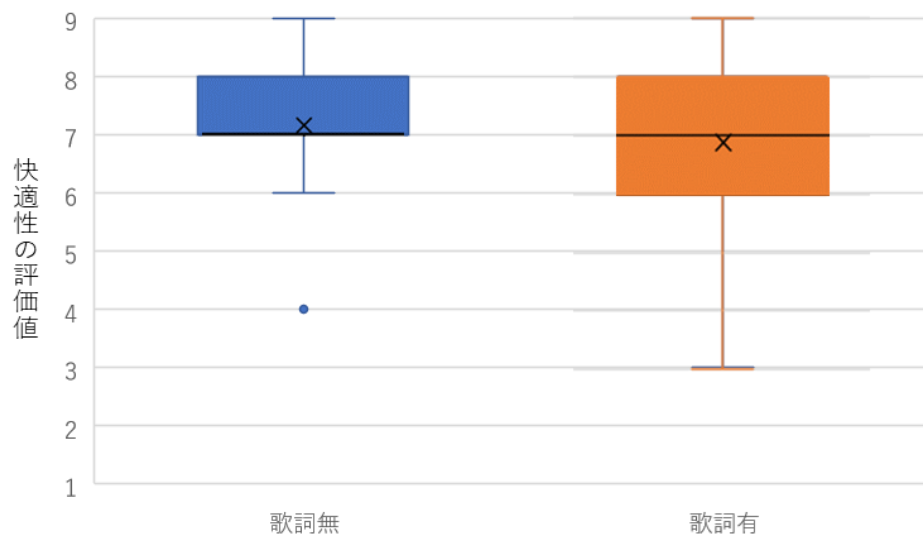
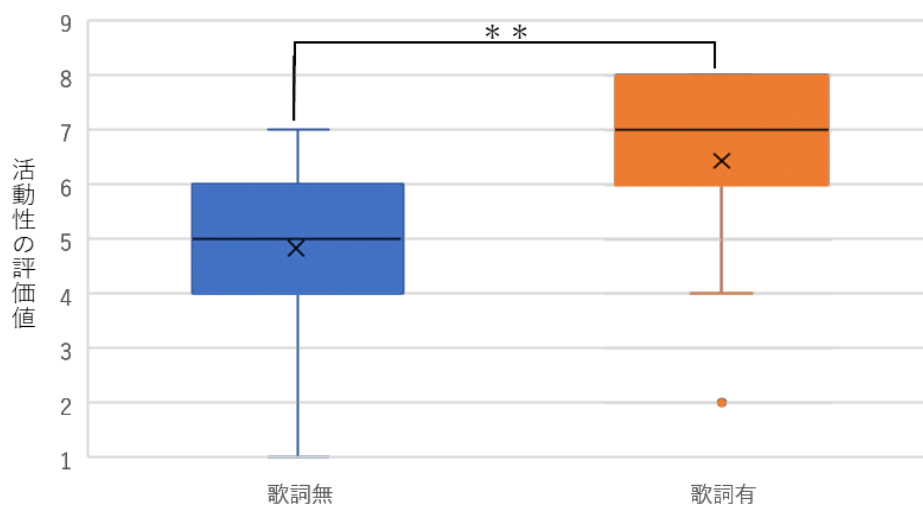


図 46. 快適性の実験条件間比較

Figure 46. Result of pleasure-displeasure

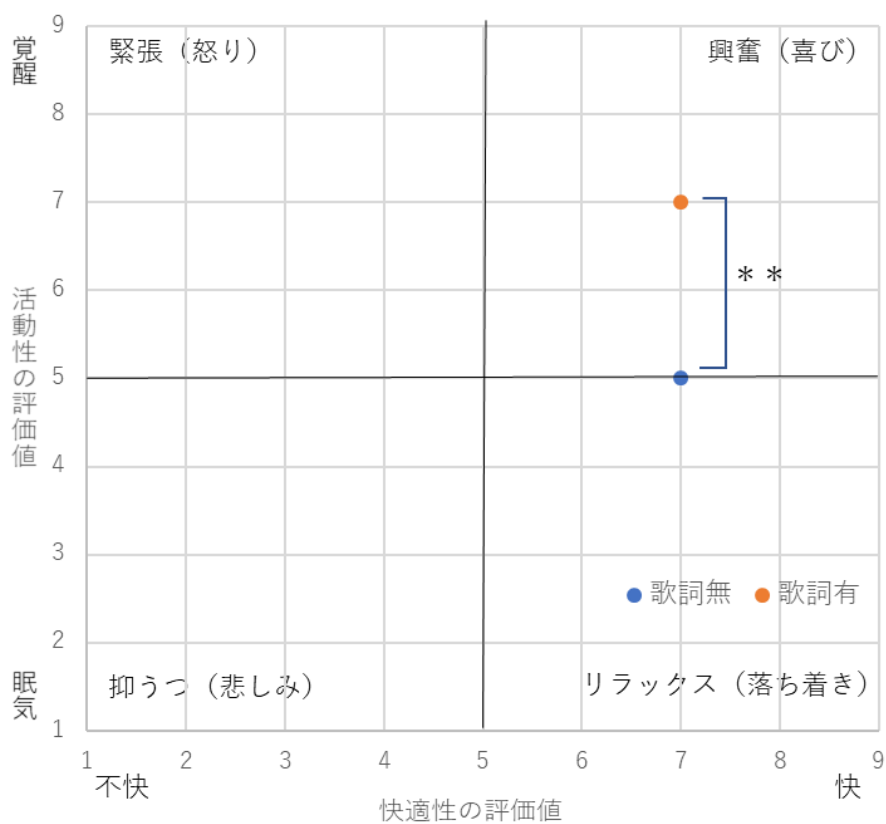


\*\*  $p < 0.01$

Wilcoxon 符号付順位検定

図 47. 活動性の実験条件間比較

Figure 47. Result of arousal-sleepiness



\*\*  $p < 0.01$

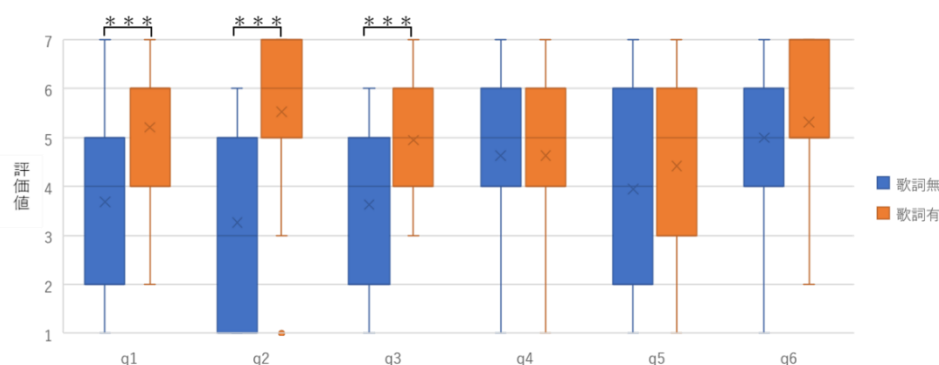
Wilcoxon 符号付順位検定

図 48. 各条件の評価値の中央値の Affect Grid における布置

Figure 48. Median values mapped on the Affect Grid

次に、USE 調査票において、q1～q6 の各評価項目で実験条件間の中央値の差の検定を行った。その結果、q1 ( $p=0.005$ )、q2 ( $p<0.01$ )、q3 ( $p=0.007$ ) において、歌詞有り条件が歌詞無し条件に比べ有意に評価値が上昇した (図 49)。q1～q3 の項目は、実用性の評価項目であることから、歌詞があることで、実用性の評価が上昇することが確認された。





wilcoxon 符号順位検定

\*\*\*  $p < 0.001$

図 49. USE 調査票の各評価項目における実験条件間比較

Figure 49. Comparison of evaluation values between conditions in each question

以上の結果から、大学生においては、歌詞の有無に関わらず、咀嚼改善 BGM は快適性が感じられるが、歌詞があるとさらに活動性の感情価が上昇し、興奮（喜び）の感情が喚起されることが明らかになった。また、歌詞がある場合は、ない場合と比較して高い有用性を感じることが確認された。この結果は、音楽リズムと歌詞があることによって咀嚼がうまくできるようになり、楽しい感情が喚起されるという 3.5 の主観評価結果と類似しているため、対象が小学生であっても同様の効果が得られる可能性はあるが、確実な効果が保証されるものではない。今後、実際の小学生を対象とした検討が必要である。

### 3.8 結語

第 2 章で設計した評価用 BGM を拡張食育年間指導計画に基づき、実際の給食時間中に運用し、咀嚼の改善についてユーザビリティ評価を行った。具体的には、BGM を用いた咀嚼教育を 3 週間実施し、教育後に 2.3 と同様の実験試料の摂食実験を行い、BGM が咀嚼に与える影響について、効率および満足性の調査を行った。

その結果、効率では、咀嚼テンポである正規化咀嚼回数の教育前後比較の結果、BGM 提示に歌詞説明を加えると、教育後に上昇することが明らかとなった。さらに、最も咀嚼訓練を必要とする下位 25% 群の正規化咀嚼回数が上昇した。このことから、適切な咀嚼テン

ポに設定した音楽を用いることにより、咀嚼運動がスムーズに行われない児童においても咀嚼リズムやテンポが音楽に同調し、咀嚼テンポやリズムが改善するという仮説の実証データを得ることができた。

咀嚼リズムを評価する粉砕時間の全体的安定性は、BGM 提示に歌詞説明を加えると、教育前と比較して 4 割以上と、他の条件と比較して最も上昇することが明らかとなった。その一要因として切歯切裁の減少が寄与することが明らかとなった。連続的安定性については、BGM 提示に歌詞説明を加えると、教育前と比較して 3 割以上と、他の条件と比較して最も安定することが明らかとなった。満足性評価調査では、評価用 BGM の良い評価構造は 5 階層の要素があり、評価調査の参加者全員が、BGM があると楽しいと答えた。その理由として、テンポやリズム、歌詞やオノマトペによって咀嚼嚥下しやすくなったことが、楽しいことに寄与していた。一方、一部の児童は音楽のテンポと自身の内的なテンポが合わない場合、ネガティブな印象を抱く可能性も示唆された。

歌詞の有無が聴取者の心理に与える影響の検討では、大学生を対象とした結果ではあるが、歌詞がなくても当該 BGM は快感情を喚起し、歌詞があると、心理的な活動度を高め、興奮（喜び）の感情を喚起し、より有用性を認知することが明らかとなった。

以上により、咀嚼に伴う下顎の上下運動周期に拍のリズムを平均的な咀嚼テンポで同調させる咀嚼改善 BGM を約 3 週間給食時間に提示し、教諭の歌詞説明を加えて訓練することにより、特に咀嚼テンポの遅い小学校 1 年生児童の咀嚼テンポが平均値近くまで改善し、咀嚼リズムが連続的にも全体的にも有意に安定することが明らかとなった。

## 第 4 章 総合考察

## 4.1 第1～3章の総括

ヒトにおける咀嚼は生命維持に重要な摂食の第一歩として不可欠な機能である。本研究においては、咀嚼機能獲得期における児童の咀嚼の実態調査から見えたニーズに基づき、人間中心設計のアプローチから児童の咀嚼改善の手法を検討した。咀嚼改善手法として、小学校1年生の給食現場において直接展開可能な聴覚メディアを開発し、聴覚メディアの継続提示が児童の咀嚼に与える影響について研究を行った。

第1章では、咀嚼の生理学的特性、咀嚼器官の発達、学童期における咀嚼の問題提起を行った。次に、小学校給食を利用した咀嚼改善の可能性について論じ、聴覚メディアである音楽が有する同調効果に注目し、望ましい咀嚼テンポに設定した音楽を咀嚼指導に用いることにより、児童の咀嚼リズムやテンポが音楽に同調し、咀嚼テンポやリズムが改善するという仮説を設定した。

第2章では、児童の咀嚼状況についての実態調査をもとに児童の咀嚼テンポ及びリズムについての問題を明確にし、現場において実用性の高い手法を設計・評価するため、ISO9241-210（人間中心設計）に準拠した開発プロセスを用いて、咀嚼改善手法の設計、制作・評価を行った。「ユーザの要求事項の明示」のプロセスにおいては、1章で論じた結果に基づき、ユーザを小学校1年生児童、ユーザ要求を給食時間に一定の音楽テンポのBGMにより、咀嚼テンポおよび咀嚼リズムが改善することとした。このユーザ要求の解決手法として、咀嚼改善のためのBGMを制作し、BGMを使った咀嚼改善教育を拡張食育年間指導計画に準拠して運用させる方法を用いた。

開発プロセスの「企画・仕様検討段階」の「ユーザの要求事項の明示」、および「要求事項に対する設計解の作成」においては、設計プロセスの構築として、研究の体制マップ、および工程表を作成した。「設計段階」においては、BGM仕様策定を仕様書にまとめ、ユーザである児童全員を対象としたBGMのテンポ設計値導出の実験を行った。正規化咀嚼回数の平均値58BPMを導出し、集団の代表値とした。次に、児童の正規化咀嚼回数を四分位群に分け、上位25%の咀嚼がよくできていると考えられる児童について、マーカー間距離を算出し、1咀嚼の周期を求めたところ600ms前後の周期で繰り返されてい

ることを明らかにした。この咀嚼周期は、成人の咀嚼周期の報告と一致していた [47]。本研究で得られた咀嚼テンポ (58BPM) は、小学校における先行研究において、咀嚼指導を受けた児童の 1 分間の咀嚼回数の平均咀嚼テンポの 56 (回/分) や、古代から現代にいたる食事摂取試験での咀嚼テンポ範囲 (56.3~67.4 回/分) とよく一致していた。そこで、正規化咀嚼回数の平均値である 58 (回/分) を目的とする咀嚼回数とし、下顎の上下それぞれの運動を BGM の 1 拍に割り当て、音楽のテンポを 116BPM とした。また、下位 25% に属した児童では、切歯切裁が複数回確認され、1 口大の実験試料が提供されているにもかかわらず、細かな切歯切裁と臼歯粉碎が繰り返されるなど、咀嚼リズムが安定していなかったことから、咀嚼リズムの安定化も図る設計とした。

設計段階の「ユーザの要求事項に対する設計解の作成」および、「ユーザ要求事項に対する設計の評価」において、BGM の設計へのユーザ要求として、歌詞に咀嚼を励ます内容をはじめとする多くの要求が得られた。小学校 1 年生にとって受け入れやすいものとするために、同校の 5.6 年生の給食委員会児童らによる作詞に基づき、プロトタイプ BGM を 1 年生の教諭や校長・副校長および給食委員会担当教諭らが反復評価し、改良を重ねることで評価用咀嚼改善 BGM を完成させた。BGM 作成上のユーザ要求事項は、BGM テンポ、曲の長さ、曲の歌詞の内容等の音楽の設計に関する条件と、音楽提示における条件を設定した。

次に、BGM 提示の実証試験を給食時間内で運用するため、給食指導を含む食育の基本計画となる従来の食育年間指導計画をベースに咀嚼教育を拡張させた。さらに、朝会や行事においても活用できるように、咀嚼に関連させた咀嚼教育を拡張食育年間指導計画内に盛り込んだ。

第 3 章では、制作された評価用咀嚼改善 BGM を、ユーザである 1 年生を対象に実際の給食時間中に 3 週間提示し、効率および満足性の 2 点についてユーザビリティ評価を行った。

効率は、咀嚼テンポとリズムの点から評価した。咀嚼テンポ (正規化咀嚼回数) は、BGM 説明群全体において教育後に有意に上昇した ( $p < 0.05$ )。四分位群で比較すると、下位 25% 群間の BGM 説明群において有意に上昇し ( $p < 0.05$ )、下顎の上下運動に

合わせた BGM テンポである 1 咀嚼 58 (回/分) に最も近づき、咀嚼テンポの改善が認められた。一方、正規化咀嚼回数上位 25% 群は、ポスター提示条件および BGM 説明条件において、教育前後で咀嚼テンポに変化は認められなかったが、BGM 提示条件は減少傾向であった ( $p=0.052$ )。正規化咀嚼回数 50% 群については、3 条件群とも咀嚼テンポに有意差はなかった。これは、児童自身が指導前から、BGM のテンポに近い自身の咀嚼テンポを確立していたと推察される。これらの結果から、BGM 説明提示によって、児童の咀嚼テンポが音楽のテンポに同調し、特に咀嚼テンポの遅い群において音楽テンポへの同調効果が認められた。

咀嚼リズムは、BGM 説明提示条件において、下位 25% 群の「粉碎時間の全体的安定性」および「粉碎時間の連続的安定性」が、教育後にそれぞれ有意に上昇し (各々  $p < 0.05$ )、下位 25% 群において、教育後に咀嚼リズムの安定化が認められた。

満足評価については、長期間の BGM 提示を行った後、評価グリッド法によるインタビューにて評価した。全ての児童が、「BGM があると楽しい」と答え、特にオノマトペや親しみのある合唱部の声音で応援する掛け声が、児童のよく噛む意欲を高めたことが明らかにになった。これにより、BGM 設計においてユーザである小学 1 年生が満足できる音楽であったことが明らかになった。

BGM に対する心理的評価を構造化した結果、「良い」評価構造は 5 階層の要素から構成されていた。児童は BGM を楽しく感じ、BGM のリズムやオノマトペを含む歌詞内容、および音楽テンポに合わせて咀嚼することを楽しんでいた。一方、「悪い」評価構造は 3 階層の要素から構成されていた。これを構成したのは、上位 25% 群に属する 2 名の児童であり、音楽のテンポと咀嚼リズムとテンポが自身のペースと合わないために、ネガティブな評価をしていた。

音量については、聞き取りやすさに影響する要素の 1 つである SN 比 (信号雑音比: signal to noise ratio) は、WHO の基準 [63] において、少なくとも 15dB といわれており、本研究ではスピーカから最も遠い席は 13.8dB、最も近い席は 17.4dB であった。児童からも「うるさい」という意見はなく、適切であったと考えられる。

歌詞の有無が聴取者の心理に与える影響の検討では、大学生を対象とした結果ではあるが、歌詞がなくても当該 BGM は快感情を喚起し、歌詞があると、心理的な活動度を高め、興奮（喜び）の感情を喚起し、より有用性を認知することが明らかとなった。

## 4.2 BGM 提示による咀嚼テンポの BGM への同調効果と

### リズムの安定化

BGM 説明群の咀嚼テンポが教育後に有意に上昇したことから、BGM に説明を加えることが児童の咀嚼を改善させることに有効であることが示された。中でも、下位 25% 群において、BGM 説明群の咀嚼テンポが有意に上昇したことは、咀嚼テンポが遅い児童に BGM 提示と歌詞の説明が、咀嚼テンポの改善に有効であることが示唆された。

BGM 説明群の方が、他の提示条件より咀嚼テンポを上昇させていた理由として、教諭の直接的な「BGM に合わせて咀嚼する歌詞説明」によって、BGM 説明群の児童において、曲に合わせて咀嚼することの理解が深まり、クラス全体及び特に下位 25% の児童の咀嚼テンポの上昇に影響を与えたことが考えられる。また、BGM 作成時に、対象者全員の咀嚼テンポの平均値を基に、咀嚼時の下顎の上下運動に合わせた BGM テンポ

(116BPM) の設計値にしたことが、咀嚼テンポを BGM に同調させやすくしたことも考えられる。

大学生を対象として知覚運動学習である鏡映描写課題を行った先行研究では、課題の教示を前もって聞く統制群、それに加えて自分で記憶して実験直前に自分で教示する自己教示群に対して、実験者が直前に再度教示する他者教示群は課題の実施速度が高かったことが報告されている [67]。当該研究では、鏡映描写課題は視・触覚の協調運動であった。一方、本研究における BGM を聴きながら咀嚼することは、聴覚と口内触覚と感覚の種類の違いはあるが一種の協調運動と捉えると、教諭の BGM 説明が他者教示としての効果があり、児童の咀嚼パフォーマンス向上に寄与した可能性がある。加えて、満足性の評価グリッド法のインタビューにおいて、咀嚼テンポの遅い児童（平均 51.1 回）は咀嚼テ

ンポの速い児童（平均 65.1 回）より噛みやすくなったと回答していた（ $p<0.05$ ）ことから、咀嚼テンポの同調は、児童自身の咀嚼テンポが BGM のテンポより遅いと同調しやすいと推測された。下位 25%の児童の咀嚼テンポが、教育後に 58（回/分）になっていたことから、BGM のテンポによく同調したと考えられる。

上位 25%群の BGM 説明群において、正規化咀嚼回数は減少する傾向が認められ、下位 25%群と逆の結果になった。これは、給食グループ内の他の児童の咀嚼テンポを見て、上位 25%群の児童が自らの咀嚼テンポが速いことに気付き、ゆっくり噛もうとする行動の変容が起こった可能性が推察される。

BGM 説明条件の下位 25%群では、教育後に咀嚼リズムの安定化がみられた。咀嚼リズムの安定化について、咀嚼を構成する切歯切裁と臼歯粉碎の生起順と所要時間について、児童を抜粋し、教育前後での各咀嚼を詳細に、画像解析を行った。下位 25%群の BGM 説明条件の児童（抜粋）の咀嚼リズムは、教育前に 1 口  $3.7 \pm 1.2$ （回）の切歯切裁と  $21.0 \pm 11.8$  回の臼歯粉碎で構成されていたが、教育後では、切歯切裁が消失し、1 口  $21.3 \pm 4.2$  回の臼歯粉碎で構成されていた。切歯切裁が消失した理由として、切歯切裁と臼歯粉碎にかかる時間が関係していると考えられた。一回の切歯切裁にかかる時間は約 2 秒以上であるのに対し、臼歯粉碎は 1 秒弱である。1 秒間に 1 回の咀嚼を誘導する BGM のテンポに、約 2 秒以上かかる切歯切裁が間に合わないことから、BGM のテンポに咀嚼テンポを同調させるために、切歯切裁の回数が減少し、咀嚼のリズムが安定したと考えられる。また、咀嚼力が教育によって獲得されたことから臼歯粉碎自体の安定性も獲得されたと考えられる。BGM のテンポ・リズムと身体運動のテンポ・リズムが同期するとの報告 [31] [71] があることから、咀嚼運動も BGM のテンポに同調できたと考えられる。背景音のテンポが自発的な行動ペースに影響を与え、外的リズム [70] が内的リズム [71] より速い場合、リズムを生み出しやすい [69] という報告がある。また、パーキソニズムのような内的リズムの形成障害による歩行障害は、外的な刺激として音リズム刺激が加えられると、内的リズム形成が促され、運動開始やリズム獲得につながることを報告されている [70] [71]。これらの結果は、内的リズムが起こりにくい、いわゆる運動がスムーズに行われないような内的リズム形成障害には、外的リズムが有効であるこ



とを示している。これらの理由から、下位 25% 児童が、50% タイル児童および上位 25% 児童より、外的リズムにより同調しやすかった可能性が考えられる。

### 4.3 BGM 咀嚼教育手法の満足性評価

満足性評価のインタビューでは、児童自身の咀嚼テンポが BGM のテンポより速いと噛みにくくなるとの意見が一部みられたが、100% の児童が楽しいと回答しており、噛みにくいと感じながらも BGM を楽しみ、BGM に同調した可能性が考えられる。児童が BGM を楽しめたのは、本研究を人間中心設計のプロセスに従って手法を開発したことから、ユーザである児童の満足度が高かったと考えられた。小学 1 年生は、外的リズムと内的リズムの同期が可能である年齢 [33] であり、音楽に合わせる楽しさを感じ、同期できることも楽しさに影響したことが考えられた。さらに、BGM 長期提示期間が新型コロナウイルス感染症発生以降に及び、給食時間は全員前向きで、黙食の喫食となり、グループによる会食はできず、食事中的の会話が制限されていた中での提示となった。このような環境において、咀嚼改善 BGM は静まり返った食事の場を明るくし、より楽しさを感じさせたと推察される。このことは、音楽提示における環境設定も音楽の楽しさに影響を与えていると考えられた。その他、インタビューの回答に、「BGM を聞くと楽しくなり、嫌いな食べ物も忘れてどんどん食べてしまう。」という楽しさによる咀嚼以外の影響もあり、小学 1 年生において「楽しい給食」は偏食改善にもよい影響を与えることが示唆される。

BGM に対する心理的評価を構造化した結果、「良い」評価構造は 5 階層の要素から構成されていた。児童は BGM を楽しく感じ、BGM のリズムやオノマトペを含む歌詞内容、および音楽テンポに合わせて咀嚼することの楽しさが、よく噛むパフォーマンスをあげることに影響することが示唆された。また、BGM を楽しく感じる心理的構造として、音楽のテンポやリズムに自ら同調することや、それを直接促す歌詞やオノマトペが相乗的に作用することが考えられた。「悪い」評価構造は 3 階層の要素から構成されていた。これを構成したのは、上位 25% 群に属する 2 名の児童であり、音楽のテンポと咀嚼リズムとテンポが自身のペースと合わないために、ネガティブな評価をしたと考えられる。そ

の理由として、既にスムーズな自身の内的リズムが十分に構築されている場合においては、ネガティブな心理量を生じ、噛みにくいと認識され、外部刺激に内部リズムを合わせにくいことが推測された。このようなネガティブな印象をもった児童には、手厚い指導が必要だと考えられる。児童一人ひとりの個人差を埋めるには、一人ひとりに合った BGM のテンポの曲をネックスピーカなどを用いることが望ましい。一方、全児童のネックスピーカの準備には、コスト面で問題が出てくる。そこで、平均的な速度および平均より遅い咀嚼テンポの児童には平均的なテンポの BGM を使用し、上位 25% の児童群のみ、平均より速度を速めた BGM をネックスピーカなどを用いて個別に聴かせることで、噛みにくいというネガティブな印象が解消され则认为られる。

#### 4.4 BGM 咀嚼教育手法の有用性

本研究の有用性として、実践的な開発手法として人間中心設計プロセスを利用したことで、現学校教育現場への運用が可能なが挙げられる。その個々のプロセスの開発内容の妥当性については精査していないが、他の小学校でも本研究で構築した手法を適用して咀嚼改善プログラムを独自に開発することが可能であると考えられる。

策定した拡張食育年間指導計画は実施に際して、運用上特に問題となる事案は発生しなかった。従来の食育年間指導計画においては、食育の幅が広く、重点的に 1 つの内容について十分な時間を確保し、継続する指導はなされてきていない。しかしながら、行動変容から習慣化にいたる過程においては、6 か月以上の継続が必要 [17] であることから、本研究で作成した拡張食育年間指導計画のような手法が、学校における行動変容には有効であると考えられた。この手法を水平展開できれば、他学年、他校、幼稚園、保育園、高齢者施設などでの運用も可能である。

## 4.5 本研究の限界

本研究の限界として、実験室ではない学校現場において、小学1年生児童を対象に、給食時間において食パン外皮を全て摂食する課題を設定し、自由に摂取させ、その所要時間等を計測することで効果評価を行ったことから、児童の行動全てを統制下におけなかったことがあげられる。

音響メディアの制作においては、人間中心設計におけるニーズ解決としてBGMを作成していることから、BGMの音楽要素の基礎的な聴覚実験を実施しておらず、音楽要素である歌詞、リズム、調、使用音域などの音自体の聴覚的基礎データを取得していないことが本研究の限界として考えられる。

咀嚼回数の測定では実験試料を対象児童の一口サイズにカットし、切歯切裁が不要な大きさにした。教育前は、これまでの給食時間に実験試料の食パン外皮のみを摂食したことがなかったため、摂食に躊躇していた可能性がある。そのために、切歯切裁の回数増加や食べ始めに時間がかかり、正規化咀嚼回数に影響を与えていた可能性が考えられる。教育後は親しみのある合唱部の声音によるBGMにより、親近感を感じ楽しくなり、実験試料に対する躊躇さを軽減させ、従来の食事と同様に摂食できるようになり、正規化咀嚼回数を増加させた可能性が考えられる。

上位25%に属した児童の周期が捕食1回目より2回目、2回目より3回目においてよりばらついていることが見受けられ、摂食による時間効果が認められた。これは食パン外皮が固く、時間経過と共に下顎の咀嚼筋に疲労が蓄積し、咀嚼が不十分で食塊が大きくなり、嚥下しにくくなった可能性が考えられ、それがリズムの安定に影響を与えたとも考えられる。したがって、今回得られた咀嚼周期はスムーズな咀嚼をしているデータをもとに算出したことから、児童が一生懸命に咀嚼している結果であるとも考えられ、今後食事全体における咀嚼状況を観察する必要がある。

また、1クラスに1条件の提示としたことから、1群の対象者数が多くなく、サブグループ解析を行う際においては、サンプル数の影響を受けたことが考えられる。また、研究対象として、初年度の1年生を選定し検討を行ったため、2年生から6年生の上位学年生

については検討されていないことから、上位学年に対する効果は明らかにできていないことや首都圏の1校での研究実施であることから、本研究の外的妥当性は検証できていない。

本研究では3週間の教育の前後比較を行い、その教育効果について検証できたが、長期間の咀嚼改善効果の維持性を検証できなかった。咀嚼訓練の先行研究では、炒り大豆を1か月間食べる指導直後に児童の第一大臼歯の咬合力が上昇したが、1か月後には訓練前までに低下していた[57]ことから、本研究においてもフォローアップする必要がある。

## 4.6 本研究の今後の展開

本研究で開発した咀嚼教育手法は、全国の学校に広く展開できる手法であり、今後すべての学年への長期的な教育効果の検討や、全国の学校において咀嚼教育の実証的な観点からの展開が期待できる。各学校への展開にあたり、現場での業務の中で実施可能な評価法を確立することが課題としてある。

本研究では、実験試料の咀嚼状況をビデオ観察する方法で咀嚼速度やリズムを評価したが、学校現場においては、本評価手法は適用が困難であることから、より簡便な評価法の開発が必要であり、咀嚼力を直接簡易に測定できる手法であるとして開発された咀嚼計 bitescan(シャープ社)[82]などを利用した咀嚼スピードの利用も考えられる。また、長期運用の中で実践可能な評価法として、毎日の残食の調査も有効と考えられるが、咀嚼が肥満や心身の発育度など、健康に及ぼす影響について検討することも必要と考えられる。

また学校における咀嚼指導として広く展開するためには、本教育手法を学校教育の枠組みに挿入する必要がある。本研究では、1年生の拡張版食育年間指導計画を作成・運用したが、今後学校全体で取り組むためには、食に関する指導の全体計画に食育として組み入れ、各学年での食育年間指導計画に具体化する必要がある。学校における食育は、児童の発達に沿った方法で行われることが重要[19]とされている。上位学年になるとワーキングメモリ（作動記憶：短時間の間に頭に情報を記憶しながら、同時に処理する能力）が

発達 [83] してくることから、音楽の歌詞を聞き、その内容を理解しながら同時に食事をとることができるようになってくる。小学校1年生では得られた教諭の説明の効果が薄れる可能性もあり、音楽提示のみで説明がなくても効果が得られる可能性もあるが、これに関して直接論証できる文献は見つけられなかった。歌詞を正しく理解することは上位学年においても重要であり、低学年の様な教諭からの歌詞についての説明ではなく、児童たち自身で歌詞の解釈をする学級活動等を通して歌詞についての理解を深めるなど、児童の発達段階に応じた提示の仕方について検討が必要と考える。

給食時間の咀嚼指導実行時の教材として不可欠である給食を整備することも重要と考える。給食献立1食あたりの咀嚼回数平均が約1400回に対し、カレーライスと福神漬の献立の日の測定では約900回と咀嚼回数が異なっており [57]，咀嚼回数が少ない献立の際には、咀嚼回数が増加するように固めの食材を入れる等の献立の工夫が必要である。柔らかい食材の献立ではBGMのテンポを遅めに設定し、平常よりゆっくり噛むことで味わう等の別の教育側面を付加することも必要である。一方、咀嚼に時間がかかる献立の際には、BGMのテンポを速めにし、リズミカルな咀嚼にする事で咬合力を養う等、咀嚼指導での多面的な教育効果を明確にし、音楽と給食の献立内容の整合性をとった咀嚼指導の構築が必要と考える。歌詞についても、献立で使用される食材を満遍なくとり入れた数種類を作成し、献立内容に合わせたBGMを提示することでより汎用性を高められると考える。

本研究においては、特に咀嚼におけるテンポとリズムを改善することを中心に検討した。しかしながら、よく咀嚼をすることにより食事のおいしさを体験することが、児童において好き嫌いなく食べるよい食習慣への確立に繋がることから、今後はよく噛む習慣を基に、味覚教育ひいては良い食習慣の教育に展開することが、児童への咀嚼教育の中で重要な展開と考えられる。また、本研究で作成した拡張食育年間指導計画の策定を、家庭向けのガイドブック等に置き換えて配布すれば、親子で歌詞について話し、よく噛むことについて理解することが可能になると考えられる。

本研究の咀嚼改善手法を発展させることにより、より良い咀嚼機能を定着させ、生涯維持することで、ひいては国民の健康寿命の延伸に繋がることが期待される。本咀嚼教育

手法により咀嚼の速さ、テンポが速くなり、1口での咀嚼回数が多くなり、十分に小さな食塊を形成し飲み込むことが可能になる。

歯科領域において、一口30回咀嚼することが推奨されている。この1口30回は、最も安全に嚥下することができるような食塊形成に必要な咀嚼数 [83] [84] として算出されたものである。口腔内に入れた食べ物が臼歯粉碎によってさまざまな大きさに破碎された後、唾液と混ざり凝集力が最も強くなる食塊を形成させる咀嚼回数である。この咀嚼数は食べ物の物性（硬さ）によって異なるが、食塊の凝集力を最も強くする咀嚼数が20～30回であると報告されている [83] [84]。本研究の下位25%の児童の一口当たりの臼歯粉碎数は約22回であるが、児童が咀嚼した食塊がどのように形成されているかについて検討していないことから、嚥下状況についても今後検討が必要である。本研究の咀嚼改善手法は咀嚼回数を増やすことにつながることから、「早食い」を予防することが期待できる。早食いは、食事を速く食べることを示しており、十分な咀嚼をしないことから、1口の咀嚼回数が少なく、大きな食塊で飲み込むことを示している。咀嚼回数の少ない状態で食塊を飲み込むことは、単位時間における摂食量の増加および肥満につながることから、よく噛む習慣の確立が望まれており、本研究で開発された手法が有効であると考えられる。

## 第 5 章 結論

咀嚼は生物にとって生命を維持するために最も重要な機能である。咀嚼機能の発達は、乳児期の乳歯が生えることによって始まり、学童期での永久歯への生え変わりにによって完成する。我が国における学校歯科保健においては、咀嚼教育に重点が置かれておらず、不適切な咀嚼を有する学童の増加が問題となっている。学童期に形成された不適切な咀嚼の確立は、成人以後の咀嚼に影響し、健康寿命に影響することが推測されることから、学童期の初年度における適正な咀嚼獲得が必要となる。適正な咀嚼機能獲得には、継続的な咀嚼運動（行動）教育が必要であることから、咀嚼運動を伴う給食現場での教育が適正と考えた。我が国の学校給食の実施率は、全国の小学校の 99.1%であることから、給食時間の指導はその波及効果も大きいと期待される。本研究において開発された咀嚼指導手法が学校給食において運用可能となれば、全国の児童が適正な咀嚼習慣を獲得することができ、児童の健康維持のみならず、児童の将来の健康にも貢献できると考えられる。

そこで、本研究では、音楽が有する身体運動に及ぼす同調効果に注目し、望ましい咀嚼テンポに設定した音楽を咀嚼指導に用いることにより、咀嚼運動がスムーズに行われない児童においても、咀嚼リズムやテンポが音楽に同調し咀嚼テンポやリズムが改善するという仮説を設定し、聴覚メディアを応用した咀嚼運動のテンポとリズムの改善を目指した実践的な咀嚼改善手法の開発を試みた。そして、小学校 1 年生の給食時間を適用の場とし、児童の咀嚼に与える影響について実証研究を実施し、仮説を検証するとともに本論文で提案する手法の有効性について明らかにすることを目的とした。

本研究では、咀嚼機能が発達する時期であり、乳歯から永久歯に生えかわる時期の学童期の中で、筆者らが先行研究で明らかにした小学校 1 年生の約 20%が咀嚼状況に問題があることに基づき、対象者を小学校 1 年生として設定した。小学校 1 年生は、心身共に著しい発育期にあり、成人とは大きく異なった特性を有しており、簡単に他の世代のデータを外挿できない。また、本研究で開発する手法の展開場所は学校給食の場であることから、展開する場所においても、ほかの喫食の現場の状況と異なる特性を有していた。本研究における手法を開発するにあたり、これらの本研究における対象及び運用場所ともに非常に特有の特性を持ち合わせていることから、最適な工法として、ユーザに参画していただきながら展開場所で開発を行える人間中心設計を選択した。



人間中心設計において、ユーザを小学校1年生と設定し、ユーザ要求を給食時間に一定の音楽テンポのBGMにより、咀嚼テンポおよび咀嚼リズムが改善することとした。このユーザ要求の解決手法として、咀嚼改善のためのBGMを制作し、BGMを使った咀嚼改善教育を拡張食育年間指導計画に準拠して運用させる方法を用いた。

音楽には、身体活動を音楽のリズムやテンポに同調させる可能性が報告されており、特に運動がスムーズでない場合により効果が認められていたことから、本研究における咀嚼リズムとテンポを適正なテンポの音楽に同調できれば、咀嚼がスムーズに行われない児童においても咀嚼が整う可能性を期待した。また、学校の給食時にはBGMが従来流されていたことから、BGMを活用することは児童にとって受け入れやすいと考えた。

まず、咀嚼に伴う下顎の上下運動周期に拍のリズムを平均的な咀嚼テンポで同調させる咀嚼改善BGMをISO9241-210・人間中心設計プロセスに準拠して制作した。制作したBGMを約3週間実際の教育現場における給食時間に提示し、教諭の歌詞説明を加えて訓練した。その結果、児童全体の咀嚼テンポが改善されたが、特に咀嚼テンポの遅い小学校1年生児童の咀嚼テンポが平均値近くまで改善し、咀嚼リズムが連続的にも全体的にも安定することが明らかとなった。このことは、咀嚼がスムーズに行われない児童において、BGMの音楽のテンポに咀嚼運動が同調し、咀嚼のテンポ及びリズムの改善が見られたことを示しており、当初立てた仮説を立証することができ、BGMを活用した咀嚼改善手法の開発に成功したといえる。

小学校の給食時間に運用可能で、咀嚼教育に適した咀嚼テンポの導出実験から導き出した咀嚼テンポを科学的基盤とし、咀嚼に伴う下顎の上下運動周期に拍のリズムを平均的な咀嚼テンポで同調させるBGMを作成し、教育現場での実証検証により咀嚼改善の効果が得られた咀嚼改善手法はこれまでになく、ここに本研究の新規性がある。

また、聴覚メディアの一種であるBGMを給食時間中に教諭の説明付きで提示することで、特に咀嚼テンポが遅く咀嚼リズムが不安定で、改善が必要である児童においても咀嚼改善効果が認められたことは、本教育手法がユーザ要求を満たした手法であることを立証しており、人間中心設計によって教育手法を構築することの有効性を示せた初めての成果であり、そこに本研究の独創性がある。

本研究の成果は、児童の適正な咀嚼運動の習慣化という面において、健康的な口腔機能獲得に重要な意味を有している。さらに、我が国において国民運動として推進されている食育の観点においても期待される。例えば、第4次食育推進基本計画の「よく噛んで食べる国民を増やす」という目標は、本研究の目標と一致している。また、「日本の食文化の継承」という目標は、栄養バランスに優れた和食を中心とし、日本の食文化を継承することである。本手法を学校現場で運用させた試験を実施した際、学校給食の献立として和食を活用した。和食はさまざまな固さの食材から構成されるため、バランスよく咀嚼することができる。したがって、和食を摂食することにより、咀嚼能力を向上させる可能性がある。学校給食では、主食としてごはん中心の献立であり、和食献立が多く、咀嚼訓練するには良い教育の場であると考えられる。一方、筆者らの先行研究から、食品の咀嚼の困難さと嫌悪感との間には相関があり、噛み応えのある食材は食べづらく嫌悪感を抱くことがあるが、本研究においては音楽と共に食べると楽しいと児童は答え、嫌いなものでも食べることができたことは、楽しいと感じられる音楽の元で食事をするのが、食事をおいしく感じる効果を与え、児童の好き嫌いの是正に効果がある証拠となった。児童は音楽を楽しんでいたことから、筆者らはYouTubeに咀嚼改善BGMをビデオ化してアップロードした。また、研究対象校のホームページにリンクを貼るなどして一般公開している（参考文献末尾にURLおよびQRコード掲載）。一般的なBGMのメロディの記憶は、歌詞が無くても歌詞がある時と同様に、その意味を記憶する効果がある[85]。そこで、成人になっても咀嚼改善BGMのメロディの記憶によって小学校での咀嚼教育を想起させ、よく噛んで食べる習慣が継続することで、生涯何でも食べられる口腔機能の維持に繋がることが期待される。

本研究は、音楽が咀嚼運動にも同調効果があることを証明するものであり、小学校1年生という非常に独特な対象者に対し、学校という特殊な運用場に運用させるために、人間中心設計を用いて開発したBGMを活用した初めての咀嚼改善教育手法の成功例である。本手法は、BGMそのものを他の小学校で活用できるだけでなく、本研究で開発した人間中心設計のプロセスを他の学校に応用することにより、その学校独自のBGMの開発や咀嚼指導手法の展開を可能とする汎用性の高い教育手法である。

# 謝辞

本研究の遂行にあたり、多くの方々からご指導及びご支援をいただきました。

博士課程で本学出身者でなく工学系学部出身でもない私にご指導いただきました指導教員である高尾秀伸教授に深く感謝申し上げます。本研究の推進のなかで、工学系の基礎的知識の薄い私に工学系の研究として実施するための知識及び技術について一からご教授いただき、本研究を遂行することができました。また、研究遂行において、画像解析のプランニング及び解析において多大なご支援をいただきました高尾研究室の片山遼介特別研究員に深く感謝いたします。

第2章におけるBGMの作成においては、情報メディア学科黒川真毅准教授に深く感謝いたします。本研究はBGMの制作が必須であり、研究の成否を左右するものでしたが、黒川先生に本研究の意図を十分に理解いただき、児童のニーズをくみ上げたうえでの素晴らしい音楽を提供していただきました。教職教育センターの佐藤史緒准教授には、音圧調査の際に支援していただき深く感謝いたします。副査の審査委員としては、木村誠聡教授、清瀬千佳子教授、渡邊紳一教授、上田麻理准教授、慶応義塾大学理工学部の富田豊名誉教授の先生方から、多くのご助言をいただき深く御礼申し上げます。

対象となる学校でのデータ取得のための研究実施においては、管理栄養学科の饗場直美教授に深く感謝致します。ヒトを対象とした疫学研究として実施することから、倫理審査及び疫学研究としてのプランニング及び解析において多大なご指導をいただきました。また、実際のデータ取得に際しては、饗場研究室及び高尾研究室の卒研究生に協力いただき、深く感謝いたします。

本研究の場として貴重な教育の現場を提供していただいた横浜市立大岡小学校の近藤浩人（元）校長先生や教職員、児童の皆様をはじめとし、厚木市立三田小学校の田口真由美校長先生、横浜市教育長、横浜市教育委員会、横浜市の栄養教諭・栄養職員・非常勤栄養士・給食の調理スタッフ、横浜市立万騎が原小学校・横浜市立末吉小学校の教職員、横浜市健康相談室や労務課の方々など多くの方に多大なるご配慮および全面サポートをして

いただき，深く感謝申し上げます．最後に，生活を送る上で私の体と心を気遣い、常に温かく見守ってくれた家族や多くの友人に深く感謝申し上げます．

## 参考文献

- [1] 佐々木啓一：咀嚼・嚥下機能の検査・診断，日本補綴歯科学会誌，Vol.46，pp.463-474，2002.
- [2] 小林義典：咬合・咀嚼が創る健康長寿，日本補綴歯科学会誌，Vol.3，No3，pp.413-422，2011.
- [3] 遠藤浩正：学齢期における咀嚼能力と咬合の発達に関する研究，口腔衛生学会雑誌，Vol.44，pp.665-674，1994.
- [4] 咬合学研究連絡委員会報告：咬合・咀嚼が創る健康長寿，日本学術会議咬合学研究連絡委員会，2004.
- [5] 坂本尚磨，森脇千夏，山川由莉，長光博史，古賀範雄，阿部志磨子：幼児の構音機能と食べる機能との関連，中村学園大学・中村学園大学短期大学部研究紀要，Vol.52，pp.139-145，2020.
- [6] 佐藤長幸：上下顎第一大臼歯の近遠心的対合関係が咬合力の発現に及ぼす影響に関する研究，東北大学歯学雑誌，Vol.25，No.1，pp.51-59，2006.
- [7] 厚生労働省：平成 17 年度乳幼児栄養調査結果，2005.
- [8] 西原克成：学童期の健康教育と生活習慣指導－小児口腔疾患の生体力学的要因とその予防－，日本歯科評論，No.618，pp.81-94，1994.
- [9] 赤坂守人：乳幼児の口，歯の健康相談，小児保健研究，Vol.52，pp.413-422，1993.
- [10] 文部科学省，食に関する指導の手引，第二次改訂版，第 5 章，pp.224-225，2019.
- [11] Sakuma, N., Aiba, N., Kawamura, M., Katayama, R., Takao, H. : The Current Situation of Masticatory Behavior of First Grader at Elementary School. A Relationship Between Masticatory Ability and Students' Likes and Dislikes, International Journal of Social Sciences, Vol 6, No.2, pp.193-207,2020.
- [12] 横溝正幸：幼稚園児における咀嚼行動の発達に関する研究，口腔衛生学会誌 Vol.42，No.3，pp.277-306，1992.
- [13] 二階堂邦彦：各種不正咬合者の咀嚼運動に関する研究，歯科学報，Vol.93，No.1，

pp.51-69, 1993.

- [14] 神庭光司, 鳩村一郎, 岸正孝: 歯科学報, Vol.105, No.3, pp.187-199, 2005.
- [15] 佐々木晶世, 佐久間夕美子, 清石幸子他: 小学校における咀嚼指導の実態調査, 日健医誌, Vol.20, No.1, pp.9-14, 2011.
- [16] 根岸慎一, 林亮助, 斎藤勝彦, 葛西一貴: 固性ガム咀嚼トレーニングが混合歯列期児童の咀嚼能力に及ぼす影響, 日本矯正歯科学会雑誌, Vol.67, No.3, pp.132-138, 2008.
- [17] ジェイムス・オー・プロチャスカ: チェンジング・フォー・グッド—ステージ変容理論で上手に行動を変える, 法研, 東京, 2005.
- [18] 文部科学省, 平成 30 年度学校給食実施状況調査の結果について, 2018.  
[https://www.mext.go.jp/content/1413836\\_001\\_001.pdf](https://www.mext.go.jp/content/1413836_001_001.pdf)  
(2022 年 4 月 23 日アクセス).
- [19] 文部科学省, 食に関する指導の手引, 第二次改訂版, 第 3 章, pp.44-45, 2019.
- [20] 農林水産省, 第 4 次食育推進基本計画, 2021.  
[https://www.maff.go.jp/j/syokuiku/plan/4\\_plan/attach/pdf/index-15.pdf](https://www.maff.go.jp/j/syokuiku/plan/4_plan/attach/pdf/index-15.pdf)  
(2022 年 7 月 2 5 日アクセス)
- [21] 佐藤ななえ, 林芙美, 吉池信男: 幼児の咀嚼行動にかかわる教育プログラムの開発とプロセス評価, 栄養学雑誌, Vol.71, No.5, pp.264-274, 2013.
- [22] 教育機器編集委員会: 産業システム便覧, 日科技連出版, 東京, 1972.
- [23] 阿部雅子, 原修一, 笠井新一郎: 摂食過程における視覚遮断が食味に与える影響に関する検討, 九州保健福祉大学研究紀要, Vol.12, pp.157-162, 2011.
- [24] 北脇信彦編集, 日本音響学会編: 音響テクノロジーシリーズ(1)音のコミュニケーション工学, コロナ社, p.52, 1999.
- [25] 白石昌子: 乳幼児の発達と音楽の関係—音楽の機能が及ぼす影響についての検討を通して—, 人間発達文化学類論集, Vol.3, pp.13-25, 2006.

- [26] Matthew, J.S., Costas, I.K., Kathleen, A.M. : Let's Go Psychological, psychophysical, and physiological effects of music during sprint interval exercise, *Psychology of Sport and Exercise*, Vol.45, 101547, 2019.
- [27] 大串健吾, 桑野園子, 難波精一郎, 小川容子, 谷口高士, 中島祥好 : 音楽知覚認知ハンドブック, 北大路書房, p.267, 2020.
- [28] 飯田貴子, 吉中康子, 野原弘嗣 : 伴奏音楽と BGM の効果について(第 2 報) : 指の反復屈伸作業への応用, *日本体育学会大会号*, 第 34 回, 1983.
- [29] 金子朋友, 浅岡正雄共訳, フェッツ著 : フェッツ体育運動学, 不昧堂, p340, 1979.
- [30] 本多弘子 : ダンス指導における伴奏音楽の効果ー二拍子の Balance-Step についてー, *仙台大学紀要*, 第 16 集, pp.11-18, 1984.
- [31] Roballey, T. C., McGreevy, C., Rongo, R. R., Schwantes, M. L., Steger, P. J., Wininger, M. A., and Gardner, E. B. : The effect of music on eating behavior, *Bulletin of the Psychonomic Society*, Vol.23, No.3, pp.221-222, 1985.
- [32] 大串健吾, 桑野園子, 難波精一郎, 小川容子, 谷口高士, 中島祥好 : 音楽知覚認知ハンドブック, 北大路書房, p.122, 2020.
- [33] 福住伸一, 平沢尚毅, 小林大二 : ユーザビリティのための産業共通様式と人間中心設計プロセス, 国際標準の全貌とその使い方, 一般財団法人, 日本規格協会, p.7, 2021.
- [34] 黒須正明, 松原幸行, 八木大彦, 山崎和彦 : 人間中心設計の基礎, 第 1 巻, 近代科学社, p.74, 2013.
- [35] 黒須正明, 松原幸行, 八木大彦, 山崎和彦 : 人間中心設計の基礎, 第 1 巻, 近代科学社, p.3, 2013.
- [36] 安藤昌也 : UX デザインの教科書, 丸善出版, pp.76-77, 2016.
- [37] 安藤昌也 : UX デザインの教科書, 丸善出版, p.107, 2016.
- [38] 松山欽子 : 発達心理学, 日本文化科学社, p.116, 2000.
- [39] 松山欽子 : 発達心理学, 日本文化科学社, p.114, 2000.
- [40] 竹内優美子, 松山順子, 川崎勝盛, 三富智恵, 佐野富子, 田口洋 : 小児の前歯部交

- 換期における一口量に関する研究, 新潟歯学会誌, Vol.40, No.2, pp.15-20, 2010.
- [41] 神山かおる, 中山裕子, 佐々木朋子, 福島富士子, 畠山英子: 和食・洋食一食中における主食の咀嚼量, 日本咀嚼学会雑誌, Vol.12, No.2, pp.75-81, 2003.
- [42] Bilt, A., Abbink, J. H: The influence of food consistency on chewing rate and muscular work, Archives Oral Biology, Vol.83, pp.83-105, 2017.
- [43] 佐藤ななえ, 吉池信男: 小児における咀嚼にかかわる食育の効果を評価するための指標, 日本栄養士会雑誌, Vol.54, No.11, pp.809-816, 2011.
- [44] 廣瀬明依, 孫氷玉, 宮中大, 早川吉彦: タブレット端末による非接触咀嚼検出アプリの開発, 医用画像情報学会雑誌, Vol.33, No.3, pp.57-62, 2016.
- [45] 東京大学教養学部統計学教室篇: 自然科学の統計学, 東京大学出版会, p.223, 2014.
- [46] 岡崎好秀, 武井典子, 荻野茂, 奥山春奈, 安富和子, 関根幸枝, 岸岡奈都美, 神馬道子, 平澤ひとみ, 田口可奈子, 石黒幸司, 林田素美: 歯と口から伝える食育「食べ方」からの食育推進をめざした理論・実践・教材集, 東山書房, p.91-92, 2009.
- [47] 対馬栄輝: SPSS で学ぶ医療系データ解析—分析内容の理解と手順解説, バランスのとれた医療統計入門, 東京図書, 2007.
- [48] 坂口也子, 太田勲, 浅香めぐみ, 菅原美佳, 五十嵐清治: 呼吸周期及び咀嚼周期に及ぼす鼻閉の影響, 小児歯科学雑誌, Vol.37, No.3, pp.611-619, 1999.
- [49] 小林義典: 咬合咀嚼が創る健康長寿, 日補綴会誌, Vol.3, pp.189-219, 2011.
- [50] 斎藤滋: 咀嚼とメカノサイロロジー, 咀嚼システム入門, 風人社, pp.115-130, 1990.
- [51] Shephard, M.: Smell images and the flavor system in the human brain, Nature, 444, pp.316-321, 2006.
- [52] 北川祐: 絶対わかる! コード理論 2 ダイアトニックコードのすべて, リットーミュージック, p.46, 2006.
- [52] 岩田晏実他, 実用音楽用語事典: 音楽専門用語を詳しく解説したポピュラー・ミュージック音楽事典の決定版, ドレミ楽譜出版社, p.160, 2000.
- [53] Ichioka, N.: Correlation of Motor Functions between Jaw and Body Elbow



- Flexion Strength during Teeth Clenching in Horizontally Different Mandibular Positions, Japan Prosthodontic Society, Vol.39, pp.213-224, 1995.
- [54] 赤井綾美：全身に目を向けて変わる，広がる口腔機能の発達支援，日本家政学会誌，Vol.68, pp.486-491, 2017.
- [55] 小野くに子，安藤弘行，村井陽子：小学生の咀嚼力と食習慣および体力測定値との関連，日本食育学会誌，Vol.11, pp.181-188, 2017.
- [56] Hirano, Y., Obata, T., Takahashi, H., : Effects of chewing on cognitive processing speed, Brain and Cognition, vol.81, pp.376-381, 2013.
- [57] 岡崎好秀，武井典子，荻野茂，奥山春奈，安富和子，関根幸枝，岸岡奈都美，神馬道子，平澤ひとみ，田口可奈子，石黒幸司，林田素美：歯と口から伝える食育「食べ方」からの食育推進をめざした理論・実践・教材集，東山書房，p 80, 2009.
- [58] 佐久間直緒美，饗場直美，高尾秀伸，片山遼介：年間を通した咀嚼教育をするための小学校の食育年間指導計画の作成とその効果—和食給食を活用した咀嚼練習後の一考察—，日本栄養士会雑誌， Vol.65, No.11, 9pages, 2022. (印刷中)
- [59] 農林水産省：「和食」を未来へ， <https://www.maff.go.jp/j/keikaku/syokubunka/culture/attach/pdf/index-75.pdf> (2021.1.31 アクセス)
- [60] 東京都総務局統計部：第1表，年齢別身長，体重，座高の平均値及び標準偏差（東京都及び全国），平成27年度（2015年度）  
<https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/ghoken/2015/gh15index.htm> （2022.8.2 アクセス）
- [61] 洲脇志麻子，立入哉：SN 比と残響時間が文章了解度，主観的評価に及ぼす影響：教室の音響環境を考慮した補聴システムの選択のために，Audiology Japan, Vol.49, No.1, pp.86-92, 2006.
- [62] Seep, B., Glosemeyer, R., Hulce, E., Linn, M., & Aytar, P.: Classroom acoustics: a resource for creating environments with desirable listening conditions. Acoustical Society of America, ED451697, 2000.

- [63] World Health Organization : elines for community noise, 1999.
- [64] Tullis, T., Albert, B., (篠原捻和：監訳) (ソシオメディア (株) 訳) :  
ユーザーエクスペリエンスの測定, ux メトリクスの理論と実践, 学校法人, 東京電機大学出版局, 2014.
- [65] Kelley, G.A. : The Psychology of personai Comstructs, Vol.1 & 2, W.W.Norton, 1955.
- [66] 讃井純一郎, 乾正雄 : レパートリー・グリッド発展手法による住環境評価構造抽出ー認知心理学に基づく住環境評価に関する研究 (1) ー, 日本建築学会計画系論文報告書, No.367, 1986.
- [67] 根建金男, 豊川輝, 白川大平, 知覚運動学習に及ぼす教示の効果 : 教育心理学研究, Vol.41, No.3, pp.332-338, 1993.
- [68] 佐久間直緒美, 饗場直美, 高尾秀伸, 片山遼介 : 給食の食パンの耳を咀嚼の実験食として活用した小学校 1 年生の咀嚼時間から見える給食時間の妥当性, 第 62 回日本食生活学会, C-3, 2021.
- [69] 栗林竜馬 : 背景音のテンポが行動ペースに与える効果, 広島大学大学院総合科学研究科紀要, 人間科学研究, Vol.9, pp.17-29, 2014.
- [70] 松田千秋, 吉原真紀, 茶谷麻衣子, 滝谷知之, 千葉奈遊津記 : 音楽と音楽リズム刺激を用いた運動療法の試み, 理学療法の歩み, 20, (1), 2009.
- [71] 村部義哉 : 内的リズム形成火災により歩行継続時のすくみ足歩行の改善を示した進行期パーキンソン病患者の一症例ー介入内容の減少にもかかわらず改善を止めた治療の報告としての第 2 報ー, 理学法科学, Vol.34, No.5, pp.723-727, 2019.
- [72] Kohyama, K., Sawada, H., Nonaka, M., Kobori, C., Hayakawa, F. and Sasaki, T. :  
Textural evaluation on rice cake by chewing and swallowing measurements on human subjects. Biosci. Biotechnol. Biochem. Vol.71, No.2, pp358-365, 2007.
- [73] 田村厚子, 柳沢幸江, 寺元芳子, 赤坂守人 : 食品の物性と摂食機能に関する研究, Vol.23, No.4, pp984-992, 1985.

- [74] 堀尾強, 河村洋二郎：咀嚼運動に及ぼす食品テクスチャーの影響, 歯基礎誌, Vol.30, pp481-488, 1988.
- [75] Prinz, J F., Lucas, P W. Swallow thresholds in human mastication. Arch Oral Biol. Vol.40, pp401-103, 1995.
- [76] 谷口高士：音楽作品の感情価測定尺度の作成および多面的感情状態尺度のとの関連の検討, 心理学研究, Vol.65, No.6, pp.463-470, 1995.
- [77] Russell, J. A., Weiss, A. and Mendelsohn, G. A., Affect Grid: A Single-Item Scale of Pleasure and Arousal, Journal of Personality and Social Psychology, Vol.57, No.3, pp.493-502, 1989.
- [78] 岡隆之介, 楠見孝：感情の“字義と比喻”表現および“気持ちと行動”記述の差異が感情評価に与える影響, 日本感性工学会論文誌, Vol.16, No.3, pp.307-313, 2017.
- [79] 藤村友美, 鈴木直人：動画表情と静止画表情の認知構造, 感情心理学研究, 動画表情と静止画表情の認知構造, 感情心理学研究, Vol.13, No.2, pp.56-64, 2006.
- [80] 藤村友美, 鈴木直人：表情の表出過程および形態学的変化が感情認識に及ぼす影響 一次元的観点に基づいた表情による検討一, 認知心理学研究, Vol.5, No.1, pp.53-61, 2007.
- [81] Lund, A.: Measuring Usability with the USE Questionnaire. Usability and User Experience Newsletter of the STC Usability SIG. 8, 2001.
- [82] Hori, K., Uehara, F., Yamaga, Y., Yoshimura, S., Okawa, J., Tanimura, M., Ono, T.: Reliability of a novel wearable device to measure chewing frequency. J.ournal of Prosthodontic Research, Vol.65, 2021.  
DOI : [https://doi.org/10.2186/jpr.JPR\\_D\\_20\\_00032](https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_20_00032)
- [83] Prinz, J.F., Lucas, P.W. : An optimization model for mastication and swallowing in mammals. Proc. R. Sic, Lond. Vol. 264, pp.1715-1721, 1997.

- [84] Alexander, R.M. : News of chews: the optimaization of mastication. Nature, Vol.39, p.329, 1998.
- [85] Kiyokawa, S., Misawa, M., Suzuki, H. : Effects of melody on memory, The Japanese Society for Cognitive Psychology, The 13th Conference of the Japanese Society for Cognitive Psychology, Session ID, P1-9, 2015.

・ もぐもぐごっくんそんぐ playback : YouTube URL:

<https://www.youtube.com/watch?v=5luWHNTgAdA>



# 付録

## 第2章

[illegible]

図 1. 工程表

← - - - → コロナ禍のため給食中止期間

・拡張食育年間指導計画は3月末日まで計画したが、新型コロナウイルス感染予防策として3月2日から休校になり、その後3月末日まで実施されなかった。

# もぐもぐごっくんソング

黒川 真毅

♩=116

あ んとおおきく ちを あけ ごは んやパンを おく ばでしつ かり

むしゃむしゃ すま してみると ちい さなおとが きこえるよ

むしゃむしゃシャキシヤキ ばりばりぼりぼり よくかむと いろんなもぐもぐ

み つ か る よ やさいやさかな おにくなど

たべ るものでも ちがうよね さかなのこぼねや かたいものは

くちとして おく ばでかんでみよう ガリガリバリバリ ゴリゴリザクザク

きょうのもぐもぐ どんなおと たべ て みよ う

Swing  
(いまからたべるもの えらんでね) (たべものは えらべたかな?)

ひとくちにじゅ かい かんでみよう たべものおくちに いれましょう

か ぞ え て みよ う (いち にー) (さん し)

図 2. BGM の楽譜

よくかむと えいようになるよ よくかむと おなかにやさしい

よくかむと のう にしげいき よくかむと はがげんきに

よくかむと えがおがすてきになるよ (ゆっくりあじわってのみこむよ)

even

さあのみこむよ どんなおいしさ かんじたかな おいしさわかると

しょくよくがわくよね つぎのたべもの じゅんぴしよ

Swing

(つぎのたべもの えらんでね) (たべものは えらべたかな?)

ひとくちにじゅ かい かん で みよう たべものおくちに いれましょう

かぞえて みよう (いち に一) (さん し)

よくかもう まえばでかみきり よくかもう こまかくくだいて

よくかもう おくばをつかって よくかもう すりつぶす

よくかんでちいさくしてからのみこむよ (ゆっくりあじわってのみこむよ)

図 3. BGM の楽譜



even

さあのみこむよ どん ないしさ かんじたかな おいしさわかと

しよくよくがわくよ ね つぎのたべもの じゅん びしよ

Swing

(つぎのたべもの えらんでね) (たべものは えらべたかな?)

ひとくちにじゅ かい かんて みよう たべものおくちに いれましょう

かぞえて みよう (いち に一) (さん し)

よくかむと あじがわかるよ よくかむと かたさもわかるよ

よくかむと たべもの の よくかむと しゅるいもわかるよ

なにを かん てるか わかるかな (ゆっくりあじわってのみこむよ)

even

さあのみこむよ どん ないしさ かんじたかな おいしさわかと

しよくよくがわくよ ね つぎのたべもの じゅん びしよ

Swing

(つぎのたべもの えらんでね) (たべものは えらべたかな?)

図 4. BGM の楽譜

ひとくちにじゅ かい かん で みよう たべもの おくち に いれ ましょう

か ぞ え て み よ う (いち にー) (さん し)

よく かん で しめ ら せ て あげ よう よく かん で は ぐ た え ど う か な

よく かん で こ ま か く し よ う よく かん で お い し さ ま し た ね

のみ こ み や す い お お き さ に な っ た か な (ゆっくりあじわってのみこむよ)

even

さ あ の み こ む よ ど ん な お い し さ か ん じ た か な お い し さ わ か る と

し ょ く よ く が わ く よ ね つ ぎ の た べ も の じ ゅ ん び し よ

Swing

(つぎのたべもの えらんでね) (たべものは えらべたかな?)

ひとくちにじゅ かい かん で みよう たべもの おくち に いれ ましょう

か ぞ え て み よ う (いち にー) (さん し)

よく かん で ほ ね も み つ け て よ く かん で は ぐ た え ど う か な

図 5. BGM の楽譜

よくかんで こまかくしょう よくかんで おいしさばいぞう

のみこみやすい おおきさになったかな (ゆっくりあじわってのみこむよ

even

さあのみこむよ どん ないしさを かんじたかな おいしさわかると

しょくよくがわくよ ね つぎのたべもの じゅんぴしよ

Swing

(つぎのたべもの えらんでね) (たべものは えらべたかな?)

ひとくちにじゅ かい かんてみよう たべものおくちに いれましょう

かぞえて みよう (いち にー) (さん し)

よくかんで かたさをかんじて よくかんで はごたえどうかな

よくかんで こまかくしょう よくかんで おいしさひろがる

のみこみやすい おおきさになったかな (ゆっくりあじわってのみこむよ

even

さあのみこむよ どん ないしさを かんじたかな おいしさわかると

図 6. BGM の楽譜

しょくよくがわくよ ね つぎ の た べ も の じゅん び し よ  
 (つぎのたべもの えらんでね) (たべものは えらべたかな?)  
 ひとくちにじゅ かい か ん で み よ う た べ も の お く ち に い れ ま し ょ う  
 か ぞ え て み よ う (いち にー) (さん し)  
 か み な が ら い ろ ん な あ じ を か み な が ら さ が し て み よ う  
 か み な が ら た く さ ん あ る ね か み な が ら あ じ の し ゅ る い  
 さ い り ょ う の あ じ は わ か っ た か な (ゆっくりあじわってのみこむよ)  
 even  
 さ あ の み こ む よ ど ん な お い し さ か ん じ た か な お い し さ わ か る と  
 しょくよくがわくよ ね あ じ わ い な が ら の み こ も う  
 よ く か ん だ か ら お い し さ た く さ ん か ん じ た ね ご は  
 ん や パ ン を た べ な が ら お か ず を い っ し ょ に た べ て み よ う

図 7. BGM の楽譜

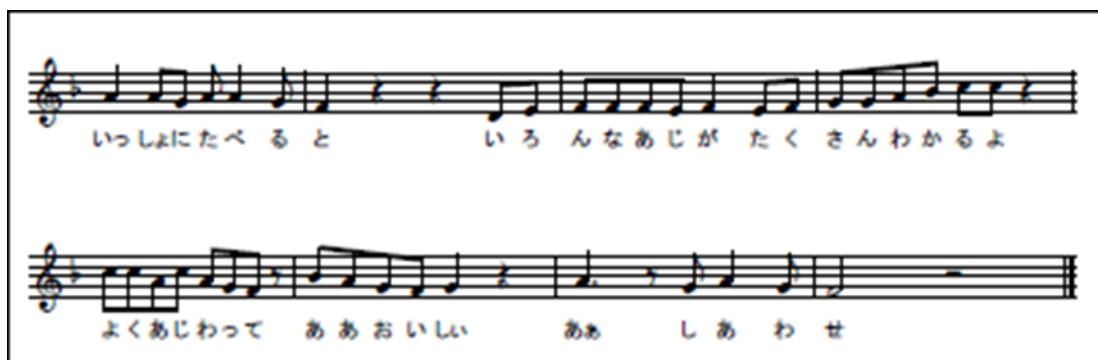


図 8. BGM の楽譜



表 1. 食育年間指導計画

月	4月	5月	6月	7月	8～9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
給食時間や食育の時間における指導	食育目標	給食の決まりをおぼえよう	食事のマナーを身に付けよう	一口20回以上、よく噛んで食べよう	体によい夏の飲み物とおやつを知ろう	朝ごはんをしっかりと食べてこよう（黄）	食べ物の3つの働きを知ろう（黄・赤・緑）	横浜で作られている作物を知ろう（地産地消）	かせをひきにくくする食べ物を知ろう（緑）	食べ物や調理員さんに感謝して食べよう	・日本の食文化について知ろう	・楽しくバランスのとれた食事をしよう	教室巡り・巡回指導の推進を図る・食育健康だより・ばくばくだより・掲示物・給食週間など
	ねらい	・食べ物の働きを知る	・食器を手で持ち姿勢よく食べる ・食具の正しい持ち方を知る	よくかむことの大切さを知る 骨や歯を丈夫にする食べ物に分かる正しい手洗いの仕方を身につける	・暑さに負けない食事のとり方を知る	・夏休みあけの生活リズムを整える ・朝ごはんをしっかりと食べてくることで規則正しい生活にする	・食べ物の3色信号を覚え、バランスよく好き嫌いしないで食べる	・給食の食材が各地から届けられていることを知る ・地産地消の意味を知り、横浜の作物を食べる良さが分かる	・かせをひきにくくする食べ物を知る	・給食に多くの人に関わっていることや、動植物の命をいただいていることに感謝する。	・節分の豆まきの意味と大豆から出来る製品を知る	・いろいろな食べ物の組み合わせと適切な量の食事が健康な体をつくることを知る	
	低学年	・食べ物は、力やパワーになったり、体を作ったりすることを知る	・箸の正しいもちかたが分かる ・姿勢良く食べる	・よくかむことの大切さを知る・骨や歯を丈夫にする食べ物を知る・身の回りをきれいにする・手洗いの必要性を知る	・冷たい飲み物や食べ物のとり過ぎが体に良くないことに気づく	・朝ごはんは一日の元気のもとで、大切なことが分かる	・食べ物が黄、赤、緑の3つの働きに分けられる事が分かる	・給食の食材が、いろいろな場所から届いていることを知る	・かせに負けない体をつくる食べ物を知る（野菜・くだもの）	・給食はたくさんの人に関わっていることを知る	・豆まきの意味と大豆について知る	・いろいろな食べ物を組み合わせて食べると体によいことを知る	
	中学年	・食べ物のほたらきは3つあることを知り、栄養信号の3色の色（赤・黄・緑）が分かる	・食器の正しい置き方を知る・三角食べをし、その良さを知る・姿勢良く食べる・周りのことを考えて食べる	・よくかんで食べることができる ・給食の牛乳を残さず飲む ・清潔な室内で食事をする ・正しい手洗いの仕方を身につける	・冷たい飲み物やデザート砂糖の量を知り、飲みすぎや食べ過ぎに注意することが出来る	・朝ごはんが一日の生活のリズムの基本を作ることが分かる	・黄、赤、緑の食べ物の種類と働きが分かり、食べ物を3色に分けることができる	・給食で使われる食材の産地を聞き、国内外から届けられていることを知る	・体の調子を整え、かせに負けない体をつくる食べ物が分かる（色の濃い野菜、薄い野菜）	・給食はたくさんの人に関わっていることを知り、感謝の気持ちをもって食べる	・節分の意味と大豆製品を知る・米を主食にしてきた日本の歴史を知る	・いろいろな食べ物を組み合わせて食べると、栄養のバランスがよいことが分かる	
	高学年	・食べ物と自分の体との関わりが理解できる ・食べ物に含まれている栄養には、それぞれ違うはたらきがあることが分かる	・食器の正しい置き方を知る・三角食べをし、その良さを知る・姿勢良く食べる・その場に応じたふさわしい話題を選び楽しく食べる	・よくかむことで、体に与える影響を知り、習慣づけ、かみ応えのある食品を進んで食べることが出来る ・よく噛むとよいことがわかり実践できる	・冷たい飲み物やデザート砂糖の量を知り、飲みすぎや食べ過ぎに注意することができ、望ましい夏の食事やおやつがどんなものか理解する	・朝ごはんの大切さやバランスのとれた食事を理解して、実際に食べることが出来る	・黄、赤、緑の食べ物の種類と働きが分かり、それぞれの必要量の目安が分かる ・3色信号に入らない調味料について知る	・流通や地球温暖化の影響などから、地産地消のよいところを理解する	・かせに負けない体をつくる食事のとり方が分かる	・自然の恵みと労働の大切さを知り、感謝の気持ちをもって食事ができる	・節分を通し、日本の食文化を知る・三角食べの意味や米を主食としてきた日本人の味覚の良さを守っていくようにする	・栄養のバランスと適切な量の食事が健康によいことを理解し、進んで実践できる	
行事	前期始業式	開校・開港記念式 なかよし給食・全校遠足	食育月間 体験学習（4年・6年）	体験学習（5年） PTA給食の体験と子どもの食育	総合防災訓練	スボフェス 前期終業式・後期始業式	・大岡収穫祭		全国学校給食週間・調理スタッフとの会食（下旬2月）	バイキング給食（6年）文化祭	卒業式・終了式 なかよし給食	と行事・給食と教科内容にそった食に関する指導の充実	
3教科領域などにおける指導「平成													
	食育の授業	給食入門期指導（特活）1年・特別支援級	目指せ、お箸名人（特活）1-3・特別支援級	目指せ、お箸名人（特活）1-2 食べものの旬（生活科）2-2	食べ物の旬（生活科）2-1 おやつについて（特活）2-3 すがたをかえる大豆（特活）3-3	目指せ、お箸名人（特活）1-1		すがたをかえる大豆（特活）3-2	おせち料理の意味を知ろう（特活）3-1 育ちゆく体とわたし（体育科保健）4-1, 2, 3. 工夫しよう 毎日の食事（家庭科）6-1, 2, 3.	食べ物はどこから（社会）5-1, 2, 3.	バランスを考えてバイキング給食をしよう（家庭科）6-1, 2, 3.		

・通常の食育年間指導計画においては、6月に咀嚼教育を行っている。

数字（例：1-1）は、年・組（1年1組）を指す。

表 2. 拡張食育年間指導計画

	月	4月	5月	6月	7月	8～9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
給食時間や食育の時間における指導	食育目標	給食の決まりをおぼえよう	食事のマナーを身に付けよう	一口20回以上、よく噛んで食べよう	体によい夏の飲み物とおやつを知ろう	朝ごはんをしっかり食べてこよう(黄)	食べ物の3つの働きを知ろう(黄・赤・緑)	横浜で作られている作物を知ろう(地産地消)	かぜをひきにくくする食べ物を知ろう(緑)	食べ物や調理員さんに感謝して食べよう	・日本の食文化について知ろう	・楽しくバランスのとれた食事をしよう	教室巡回して指導・食育健康だより・ばくばくだより・掲示物・給食週間など
	ねらい	・食べ物の働きを知る	・食器を手で持ち姿勢よく食べる ・食具の正しい持ち方を知る	よくかむことの大切さを知る 骨や歯を丈夫にする食べ物分かる 正しい手洗いの仕方を身につける	・暑さに負けない食事のとり方を知る	・夏休みあけの生活リズムを整える ・朝ごはんをしっかり食べてくことで規則正しい生活にする	・食べ物の3色信号を覚え、バランスよく好き嫌いしないで食べる	・給食の食材が各地から届けられていることを知る ・地産地消の意味を知り、横浜の作物を食べる良さが分かる	・かぜをひきにくくする食べ物を知る	・給食に多くの人に関わっていることや、動植物の命をいただいていることに感謝する。	・節分の豆まきの意味と大豆から出来る製品を知る	・いろいろな食べ物の組み合わせと適切な量の食事が健康な体をつくることを知る	
	低学年	・食べ物は、力やパワーになったり、体を作ったりすることを知る	・箸の正しいもちかたが分かる ・姿勢良く食べる	・よくかむことの大切さを知る・骨や歯を丈夫にする食べ物を知る・身の回りをきれいにする・手洗いの必要性を知る	・冷たい飲み物や食べ物のとり過ぎが体に良くないことに気づく	・朝ごはんは一日の元気のもとで、大切なことが分かる	・食べ物が黄、赤、緑の3つの働きに分けられる事が分かる	・給食の食材が、いろいろな場所から届いていることを知る	・かぜに負けない体をつくる食べ物を知る(野菜・くだもの)	・給食はたくさんの人に関わっていることを知る	・豆まきの意味と大豆について知る	・いろいろな食べ物を組み合わせて食べると体によいことを知る	
	中学年	・食べ物のほたらきは3つあることを知り、栄養信号の3色の色(赤・黄・緑)が分かる	・食器の正しい置き方を知る・三角食べをし、その良さを知る・姿勢良く食べる・周りのことを考えて食べる	・よくかんで食べることができる ・給食の牛乳を残さず飲む ・清潔な室内で食事をする ・正しい手洗いの仕方を身につける	・冷たい飲み物やデザート砂糖の量を知り、飲みすぎや食べ過ぎや食べ過ぎに注意することが出来る	・朝ごはんが一日の生活のリズムの基本を作ることが分かる	・黄、赤、緑の食べ物の種類と働きが分かり、食べ物を3色に分けることができる	・給食で使われる食材の産地を聞き、国内外から届けられていることを知る	・体の調子を整え、かぜに負けない体をつくる食べ物分かる(色の濃い野菜、薄い野菜)	・給食はたくさんの人に関わっていることを知り、感謝の気持ちをもって食べる	・節分の意味と大豆製品を知る・米を主食にしてきた日本の歴史を知る	・いろいろな食べ物を組み合わせて食べると、栄養のバランスがよいことが分かる	
	高学年	・食べ物と自分の体との関わりが理解できる ・食べ物に含まれている栄養には、それぞれ違うはたらきがあることが分かる	・食器の正しい置き方を知る・三角食べをし、その良さを知る・姿勢良く食べる・その場にふさわしい話題を選び楽しく食べる	・よくかむことで、体に与える影響を知り、習慣づけ、かみ応えのある食品を進んで食べることが出来る ・よく噛むとよいことがわかり実	・冷たい飲み物やデザート砂糖の量を知り、飲みすぎや食べ過ぎに注意することができ、望ましい夏の食事やおやつがどんなものか理解する	・朝ごはんの大切さやバランスのとれた食事を理解して、実際に食べることが出来る	・黄、赤、緑の食べ物の種類と働きが分かり、それぞれの必要量の目安が分かる ・3色信号に入らない調味料について知る	・流通や地球温暖化の影響などから、地産地消のよいところを理解する	・かぜに負けない体をつくる食事のとり方が分かる	・自然の恵みと勤労の大切さを知り、感謝の気持ちをもって食事ができる	・節分を通し、日本の食文化を知る・三角食べの意味や米を主食としてきた日本人の味覚の良さを守っていこうとする	・栄養のバランスと適切な量の食事が健康によいことを理解し、進んで実践できる	
行事		前期始業式	開校・開港記念式 なかよし給食・全校遠足	食育月間 体験学習(4年・6年)	体験学習(5年) PTA給食の体験と子どもの食育	総合防災訓練	スポフェス 前期終業式・後期始業式	・大岡収穫祭		全国学校給食週間・調理スタッフとの会食(下旬～2月)	バイキング給食(6年)文化祭	卒業式・終了式 なかよし給食	行事・給食との関連を図るよう
3教科領域などにおける指導(平成)	咀嚼教育		←プロトタイプBGMのテンポ導出実験(1年)→	朝会：丈夫な歯を作る食べ物(咽)ばくばくだよりのテーマ：まごはやさしい(咽)提示物：咀嚼と運動能力(咽)		朝会とばくばくだよりのテーマ：咀嚼と運動能力の関係(咽)給食巡回：よく噛んで食べよう指導(咽)	ばくばくだよりのテーマ：咀嚼と運動能力の関係(咽)		←評価用BGM提示実験(1-1.1-2)→	給食週間から評価用BGMを全校の給食時間に提示	ばくばくだよりのテーマ：日本の食文化(咽)	給食掲示コーナーでの掲示物による視覚教育	と、食に関する指導の充実
	食育の授業	給食入門期指導(特活)1年・特別支援級	目指せ、お箸名人(特活)1-3・特別支援級	目指せ、お箸名人(特活)1-2 食べものの旬(生活科)2-2	食べ物の旬(生活科)2-1 おやつについて(特活)2-3 すがたをかえる大豆(特活)3-3	目指せ、お箸名人(特活)1-1		すがたをかえる大豆(特活)3-2	おせち料理の意味を知ろう(特活)3-1 育ちゆく体とわたし(体育科保健)4-1.2.3. 工夫しよう 毎日の食事(家庭科)6-1.2.3.	食べ物はどこから(社会)5-1.2.3.	バランスを考えてバイキング給食をしよう(家庭科)6-1.2.3.		

朱字：咀嚼教育を拡張した部分

数字(例：1-1)は、年・組(1年1組)を指す

### 第3章

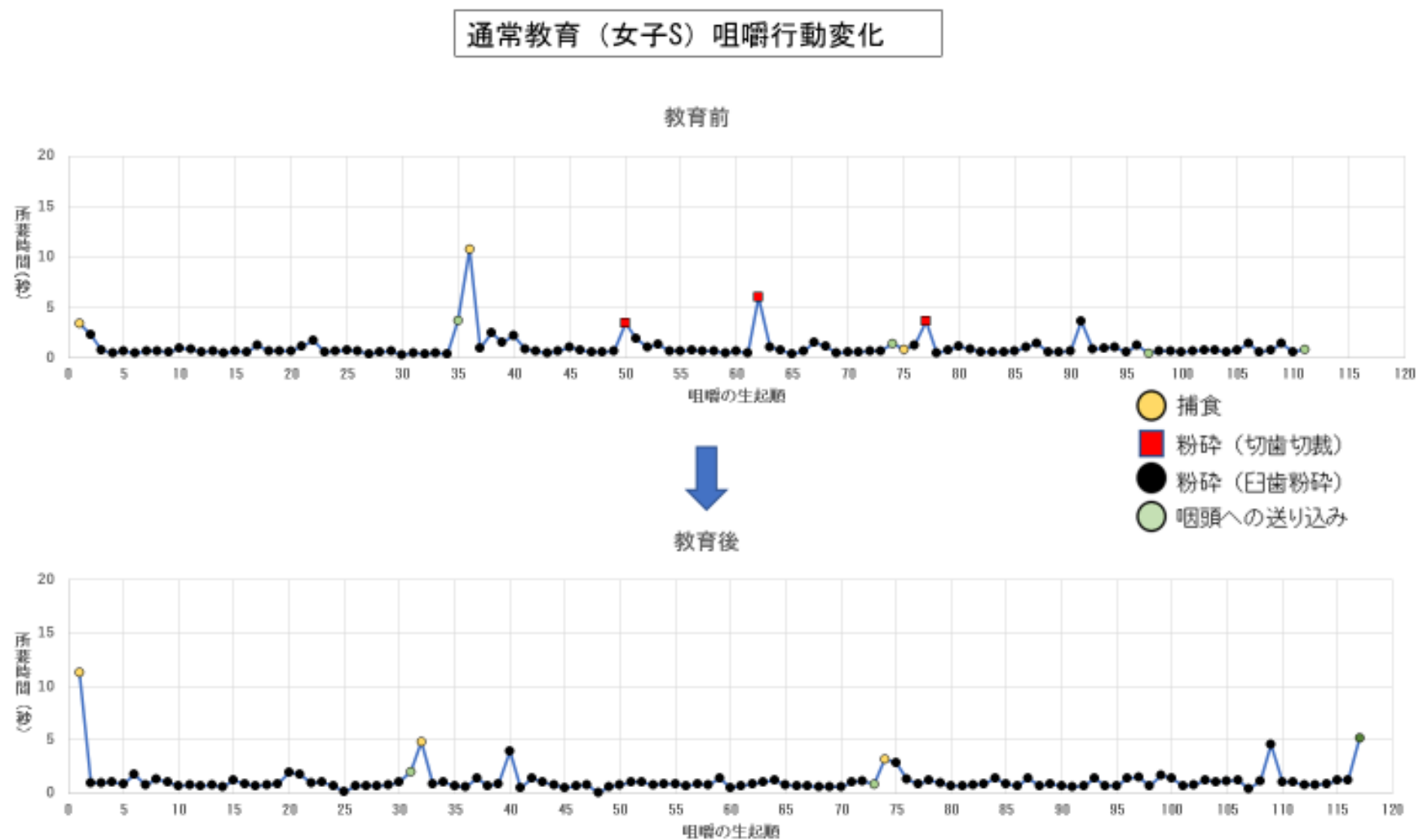


図1. 咀嚼の生起順と所要時間



# 通常教育（女子K）咀嚼行動変化

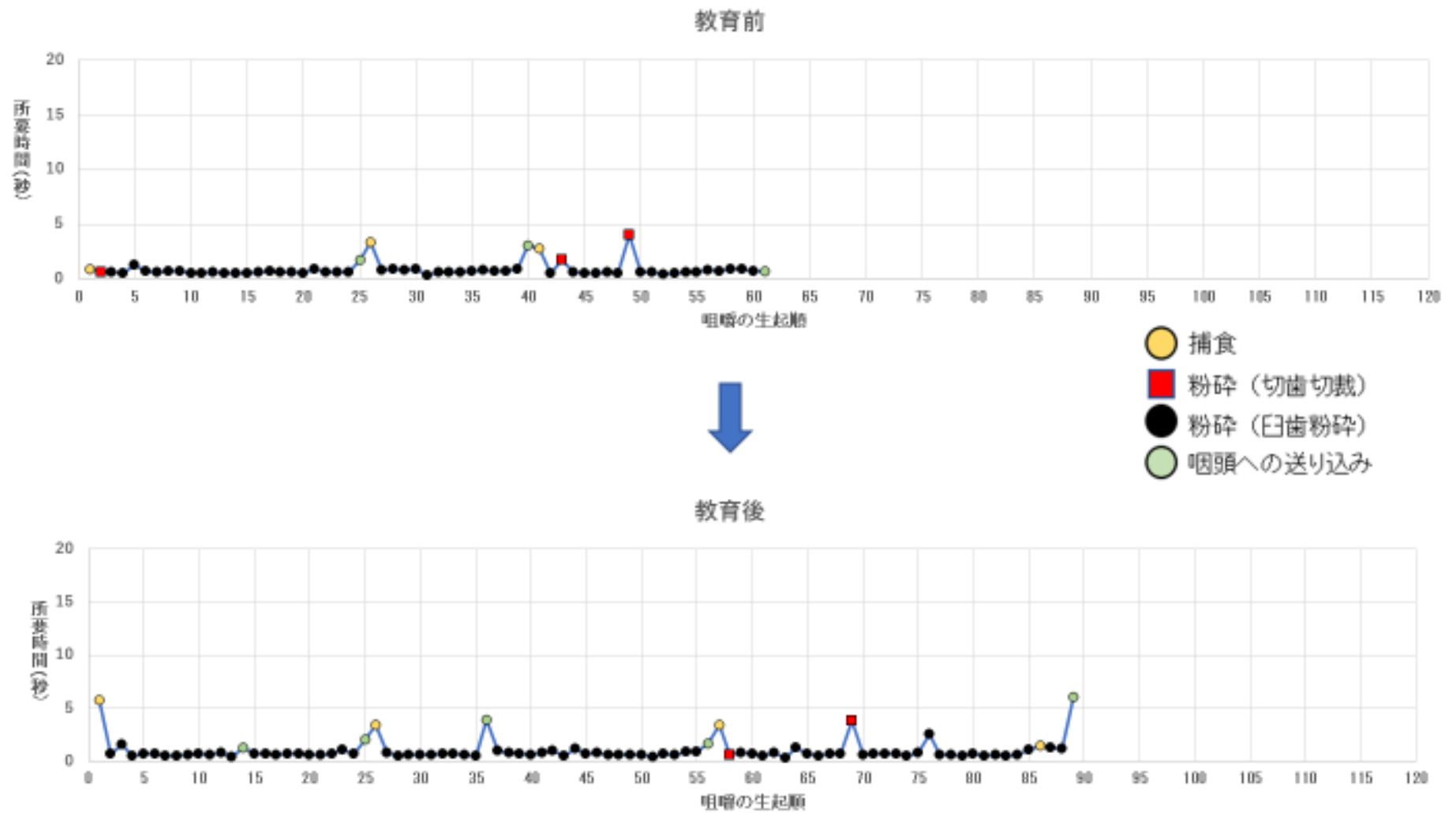
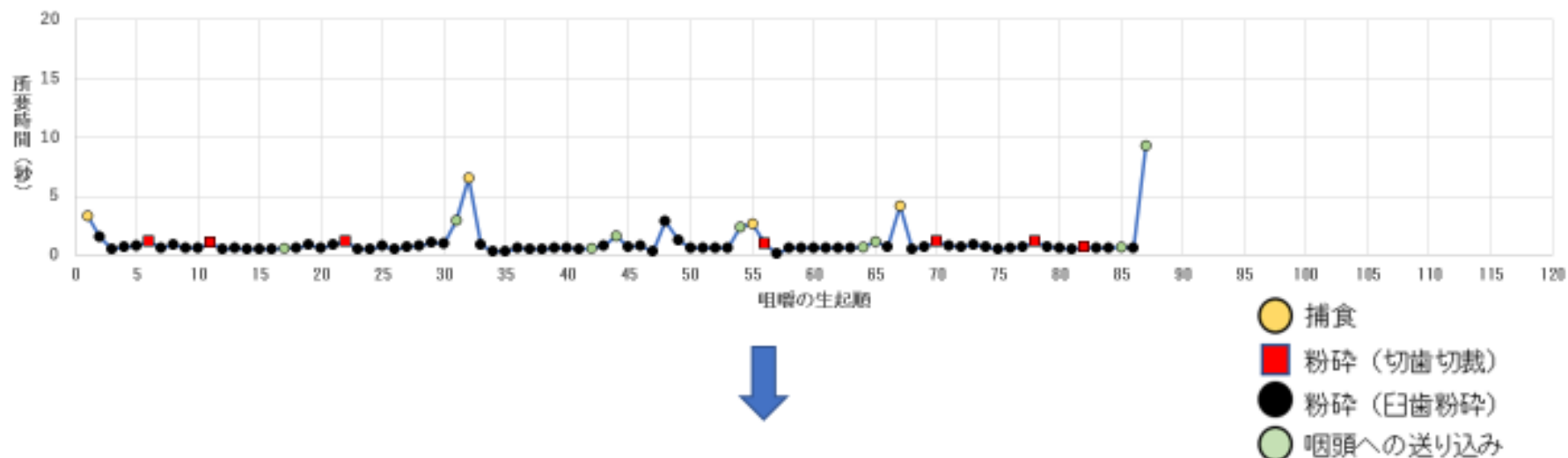


図 2. 咀嚼の生起順と所要時間

# 通常教育（女子H）咀嚼行動変化

教育前



教育後

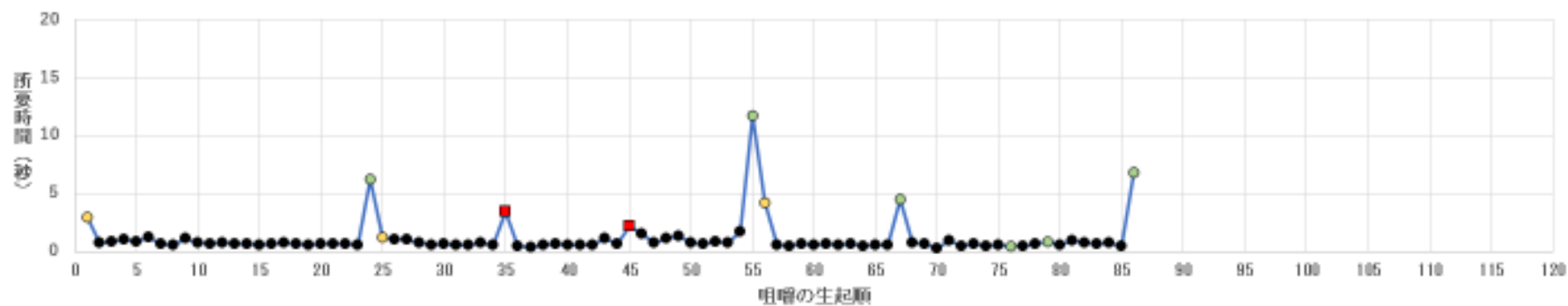
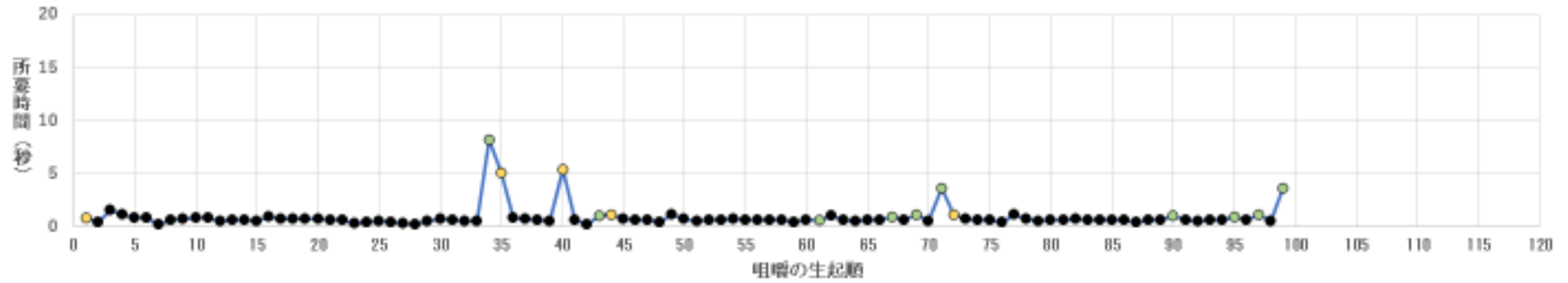


図 3. 咀嚼の生起順と所要時間

# 通常教育（男子N）咀嚼行動変化

教育前



教育後

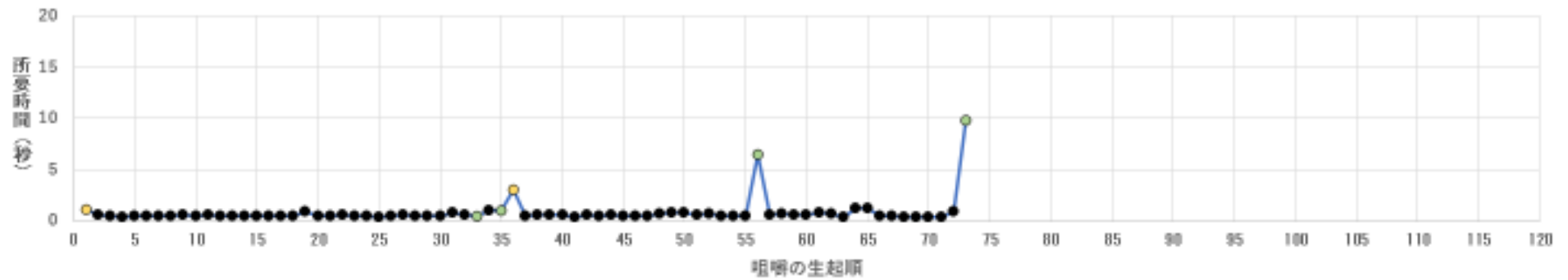


図 4. 咀嚼の生起順と所要時間

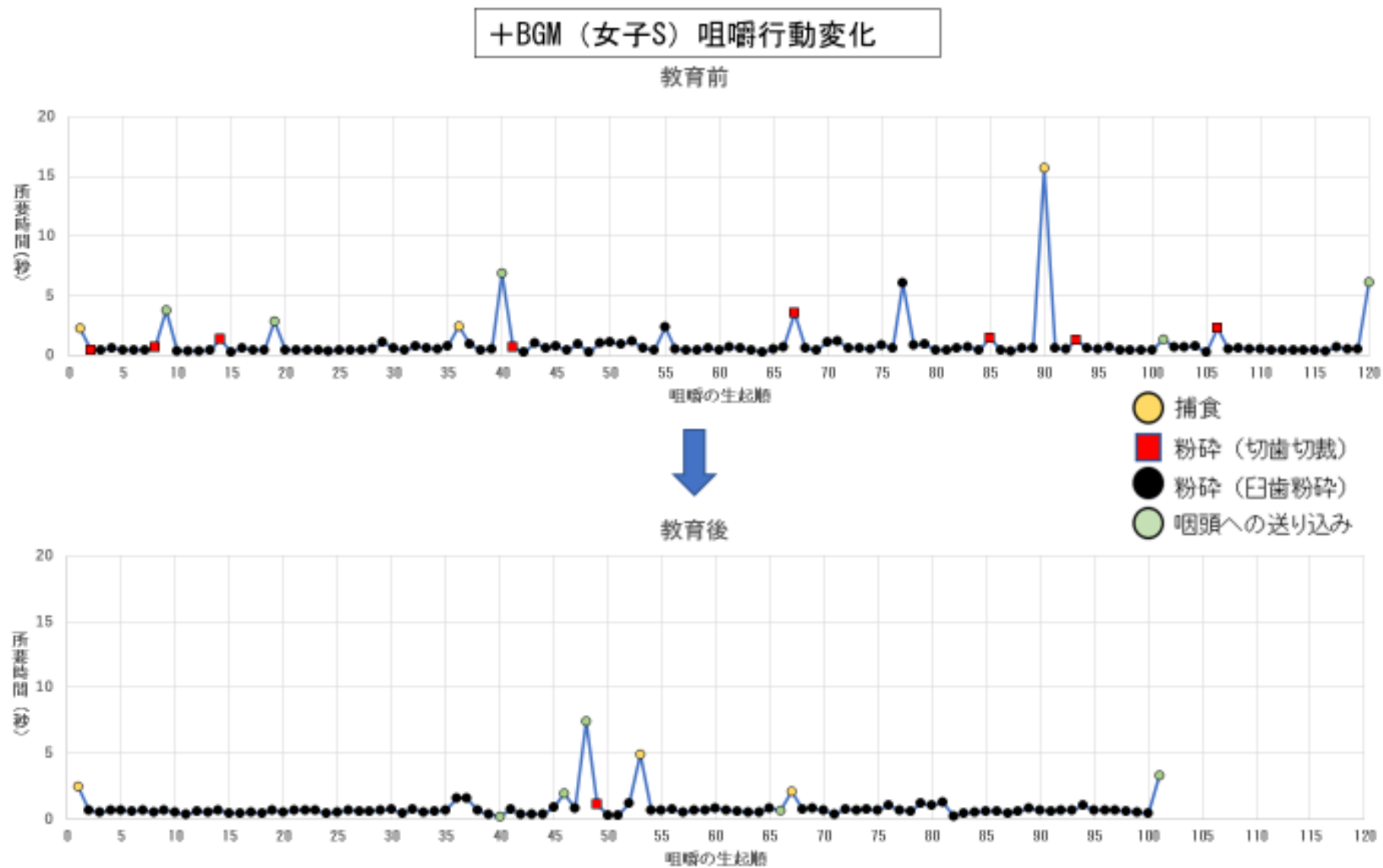
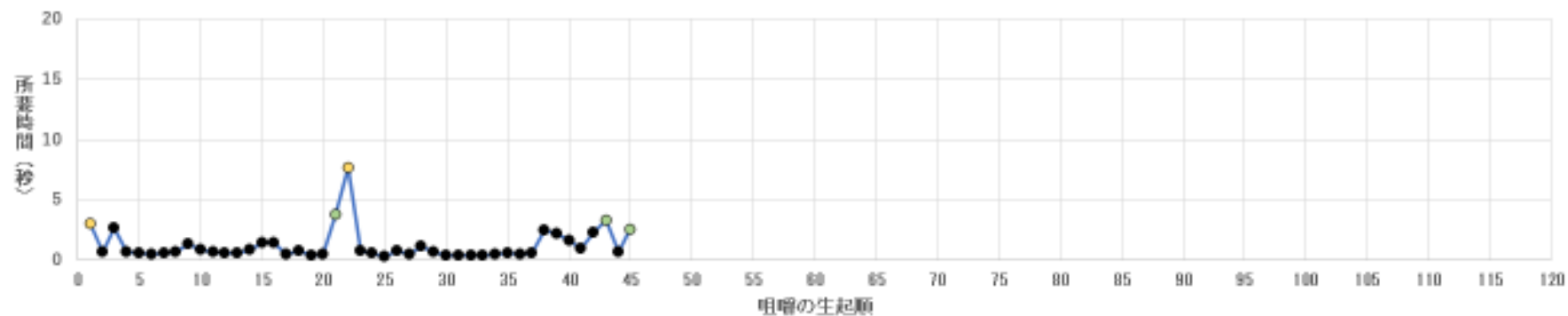


図 5. 咀嚼の生起順と所要時間

# +BGM（女子N）咀嚼行動変化

教育前



教育後

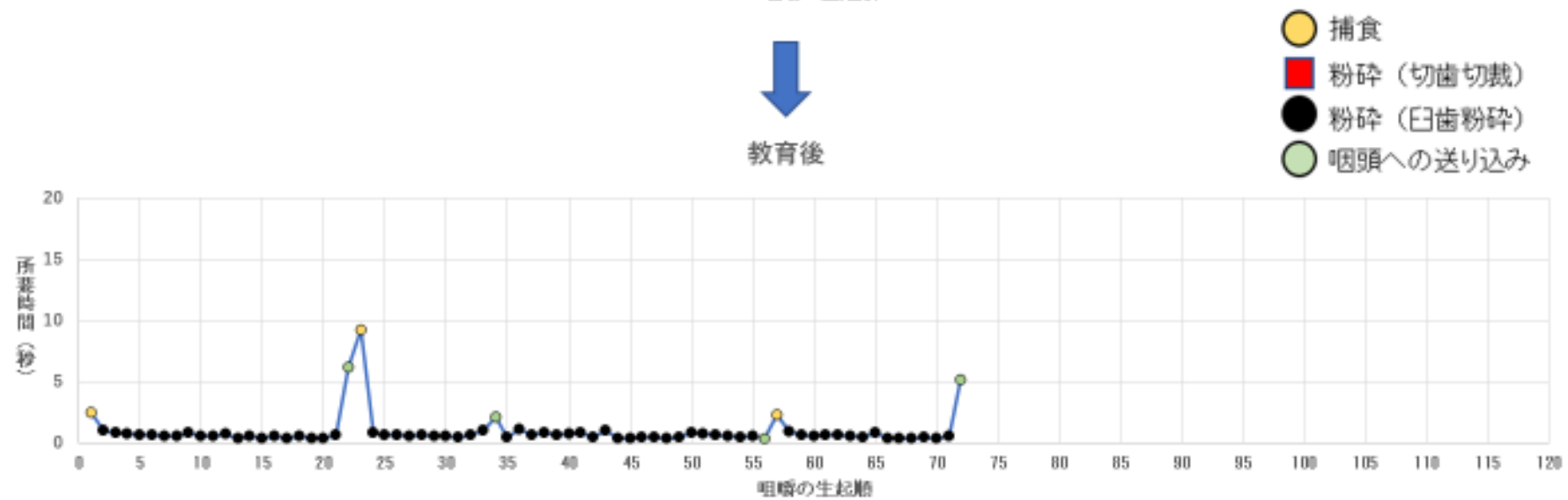
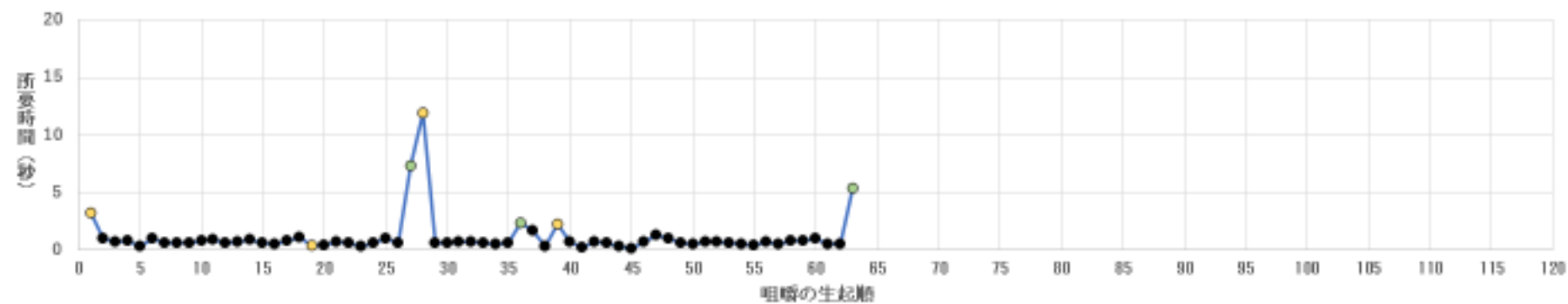


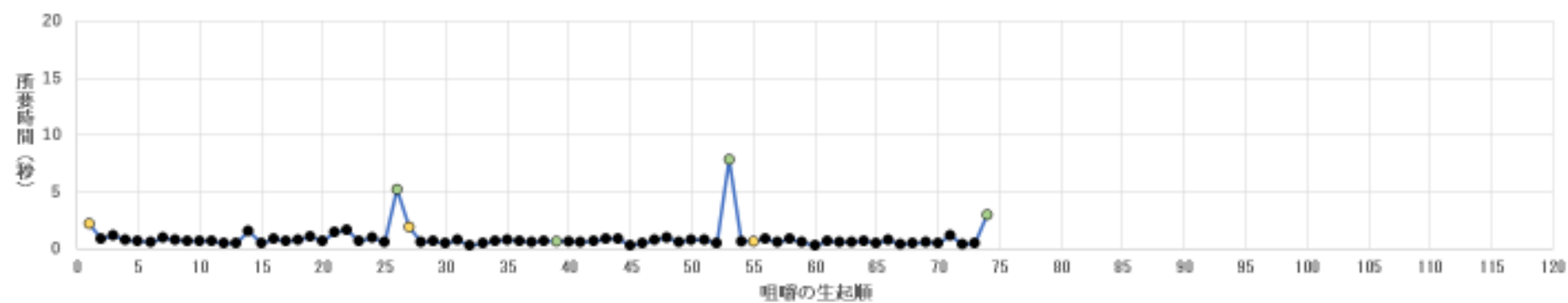
図 6. 咀嚼の生起順と所要時間

# +BGM（女子S2）咀嚼行動変化

教育前



教育後

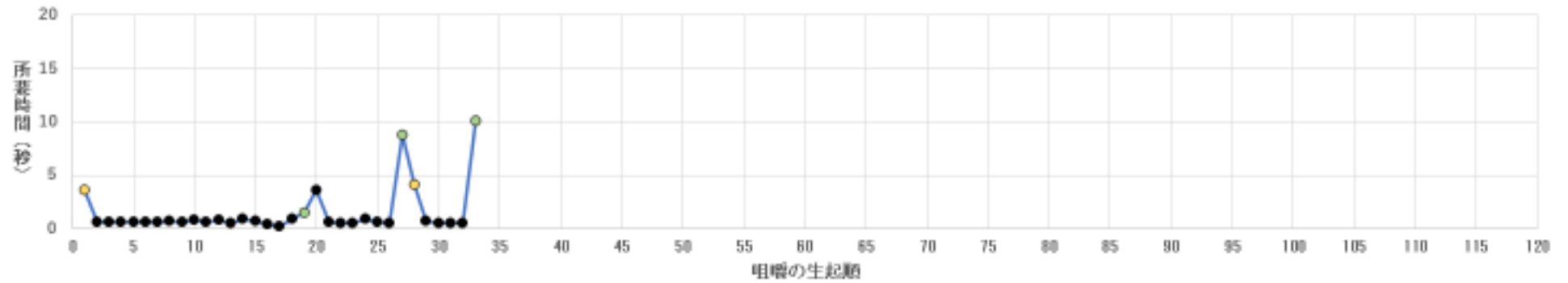


- 捕食
- 粉碎（切歯切裁）
- 粉碎（臼歯粉碎）
- 咽頭への送り込み

図7. 咀嚼の生起順と所要時間

# +BGM（男子S）咀嚼行動変化

教育前



教育後

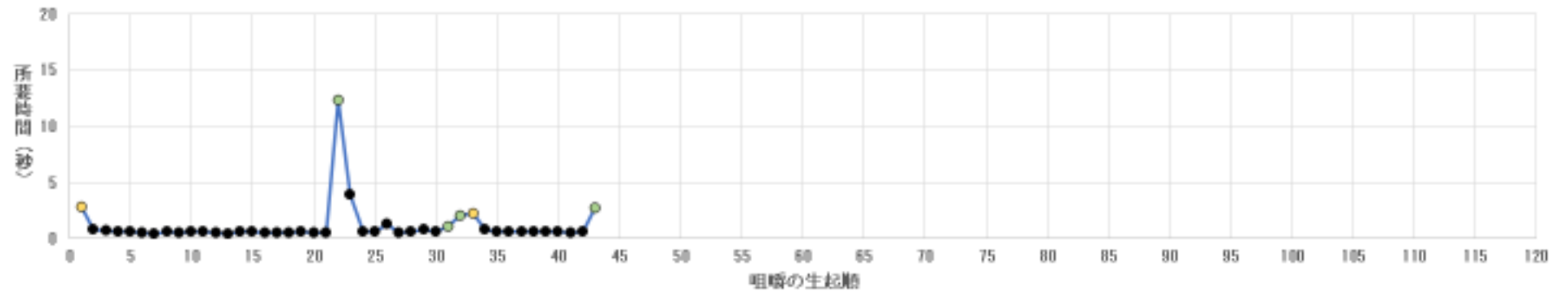
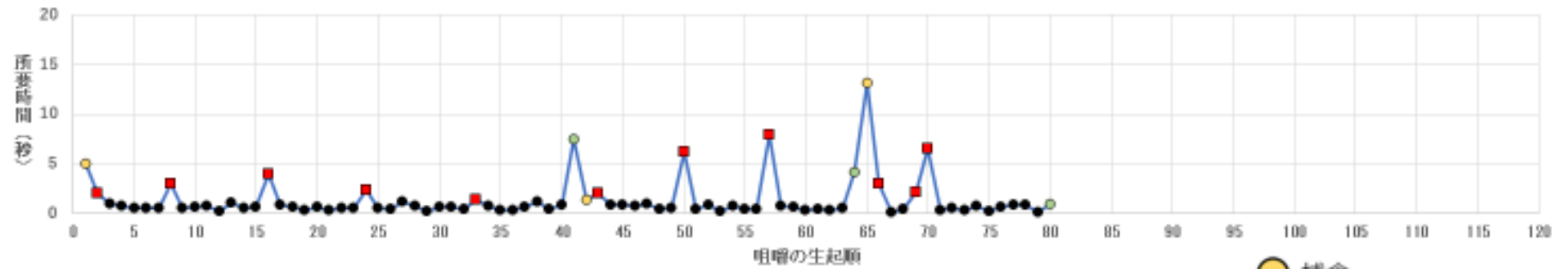


図 8. 咀嚼の生起順と所要時間

+BGM説明（女子M）咀嚼行動変化

教育前



教育後

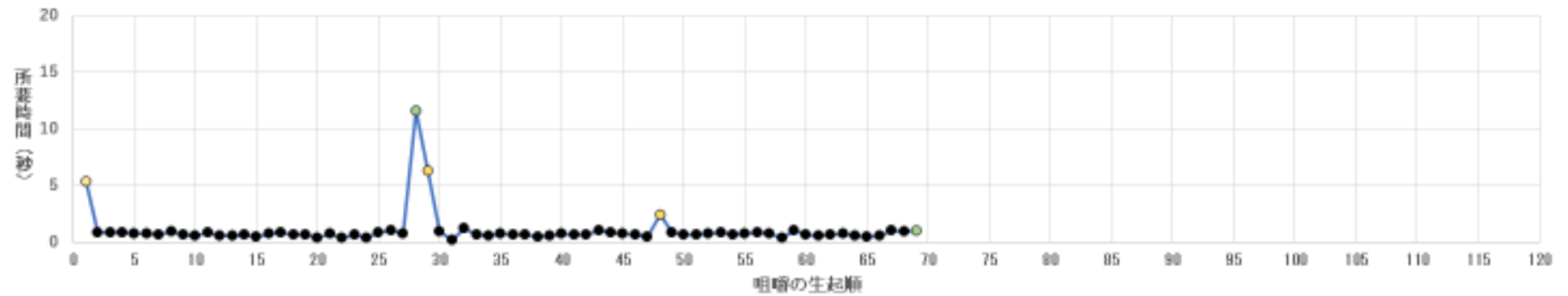
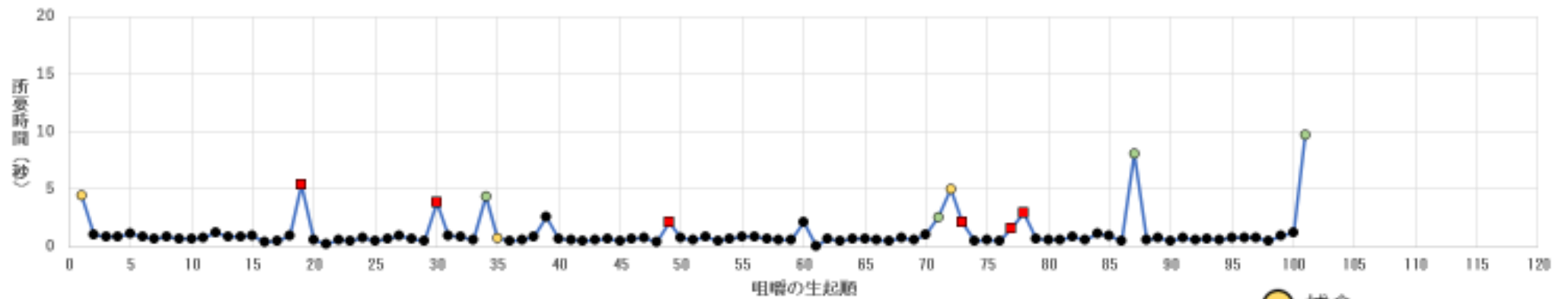


図9. 咀嚼の生起順と所要時間



# +BGM説明（女子H）咀嚼行動変化

教育前



教育後

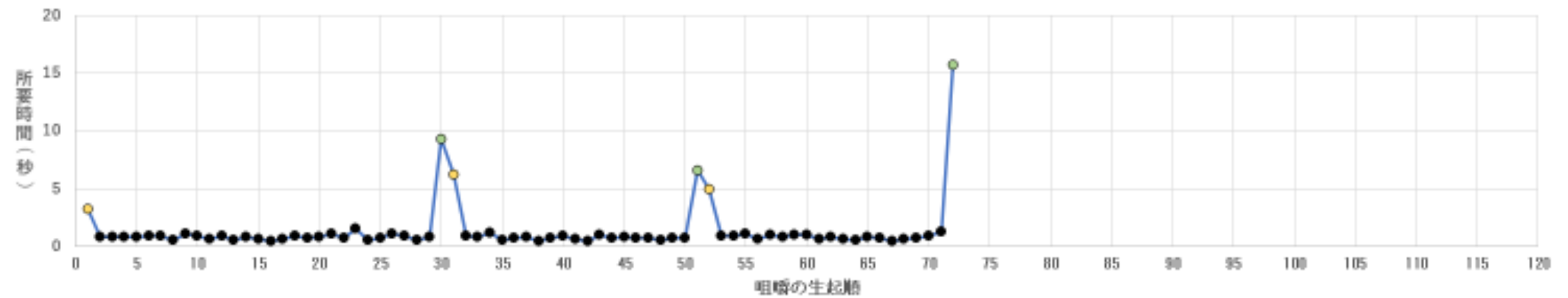
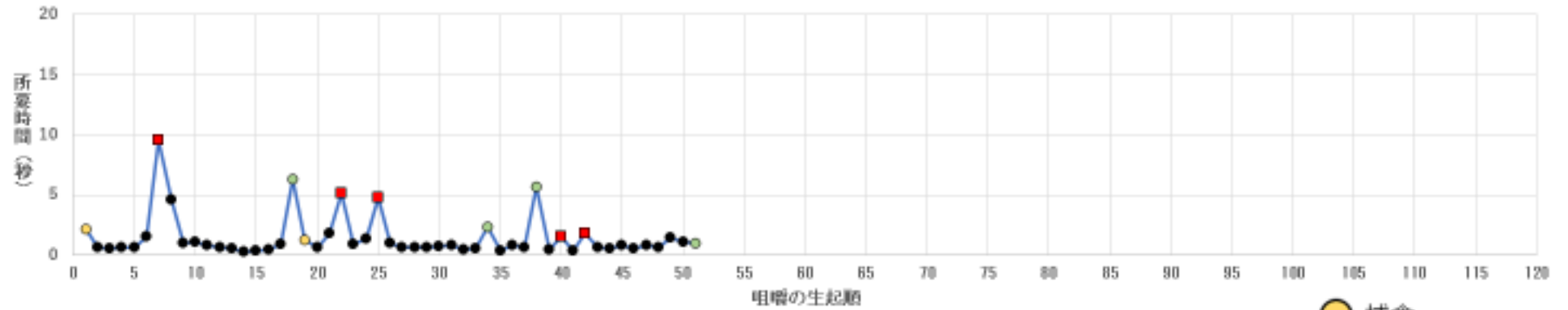


図 10. 咀嚼の生起順と所要時間

# +BGM説明（女子K）咀嚼行動変化

教育前



教育後

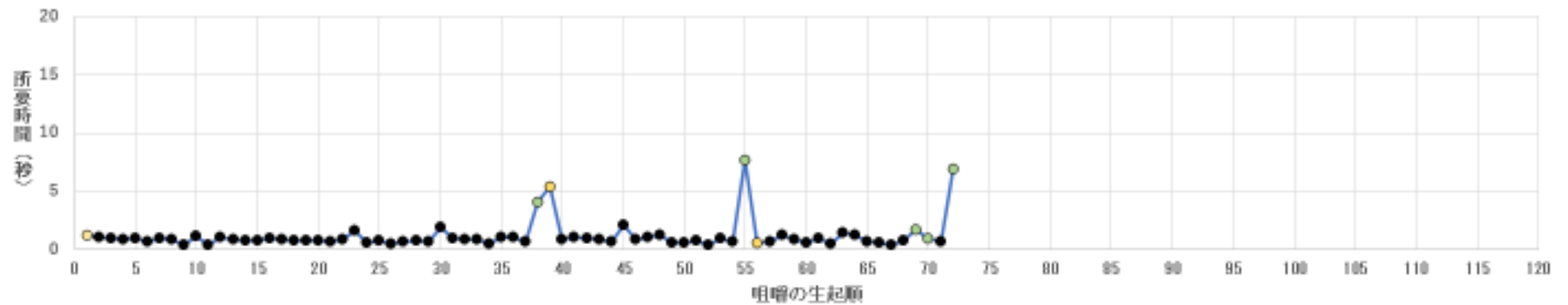
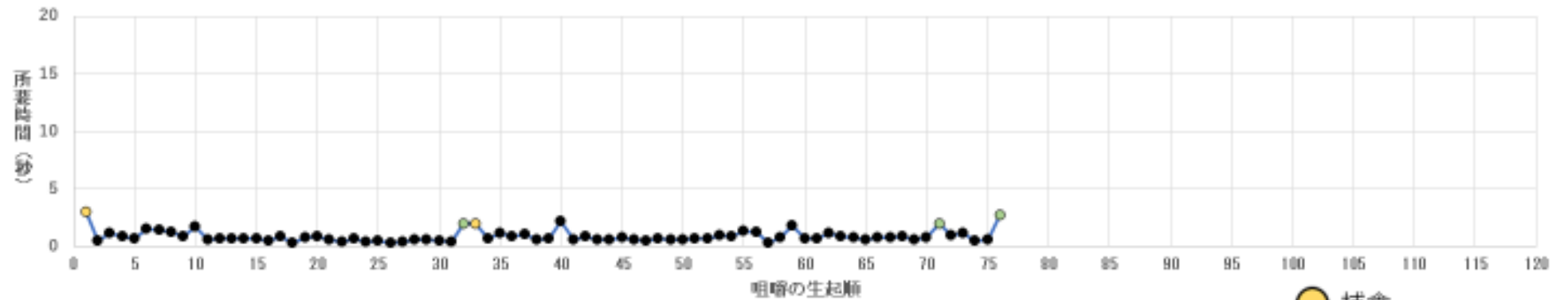


図 11. 咀嚼の生起順と所要時間

# +BGM説明（女子E）咀嚼行動変化

教育前



教育後

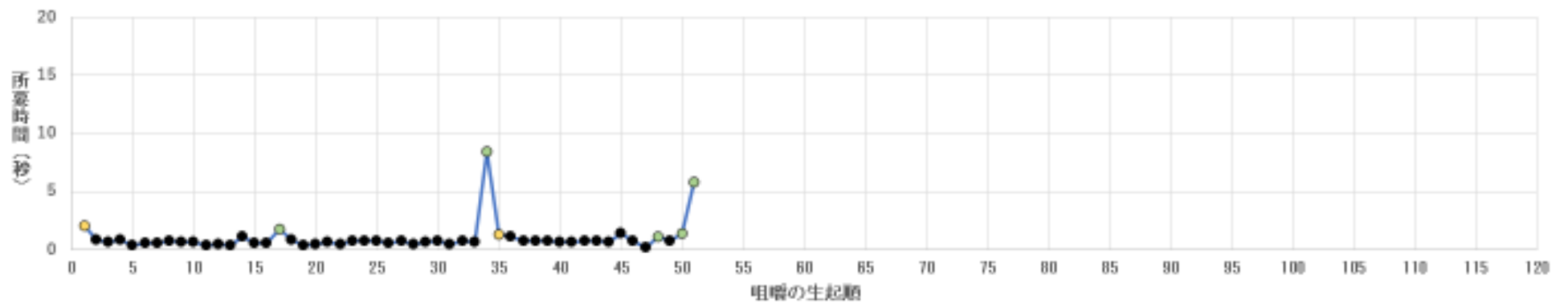
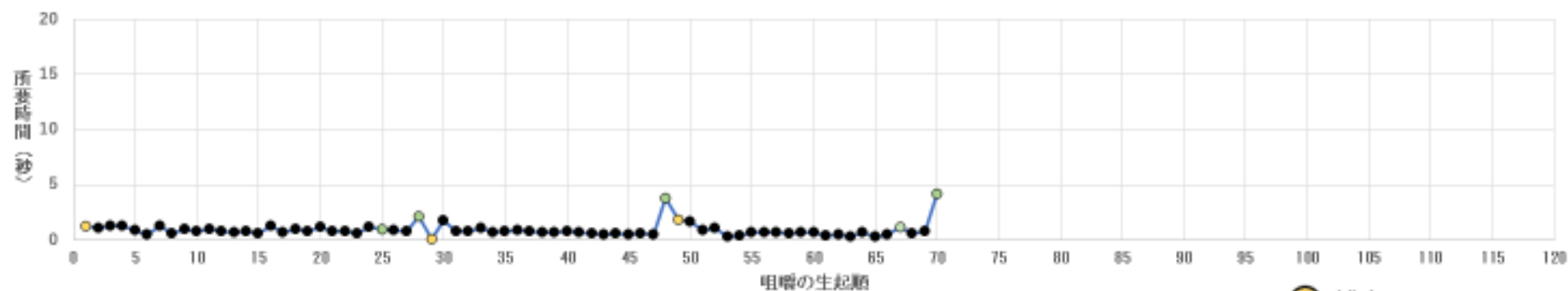


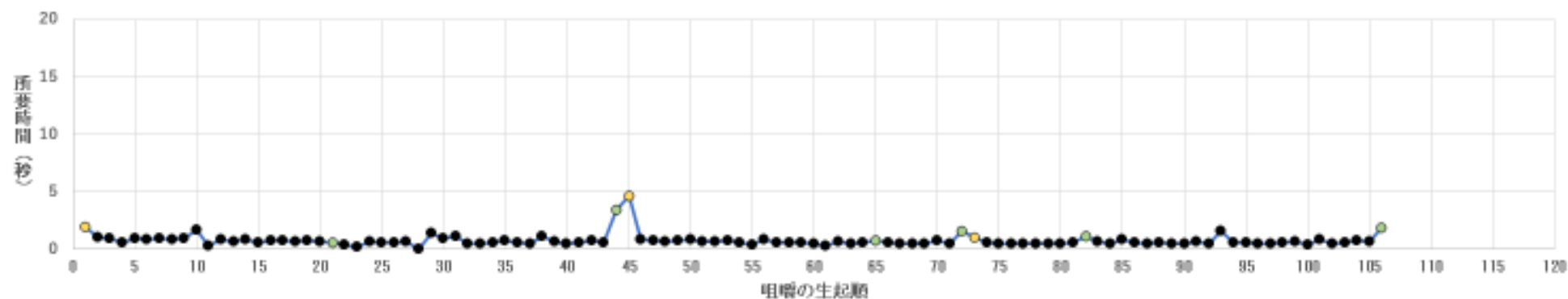
図 12. 咀嚼の生起順と所要時間

# +BGM説明（男子T）咀嚼行動変化

教育前



教育後

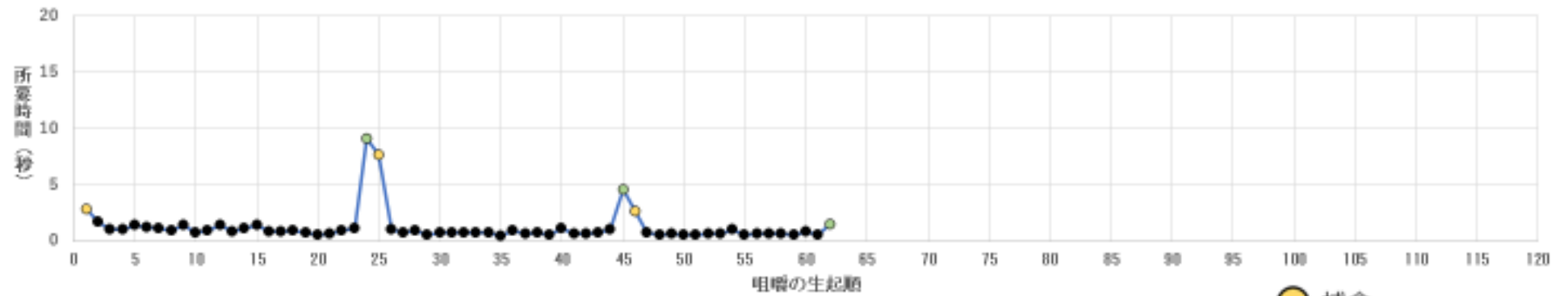


- 捕食
- 粉碎（切歯切裁）
- 粉碎（臼歯粉碎）
- 咽頭への送り込み

図 13. 咀嚼の生起順と所要時間

# +BGM説明（男子Y）咀嚼行動変化

教育前



教育後

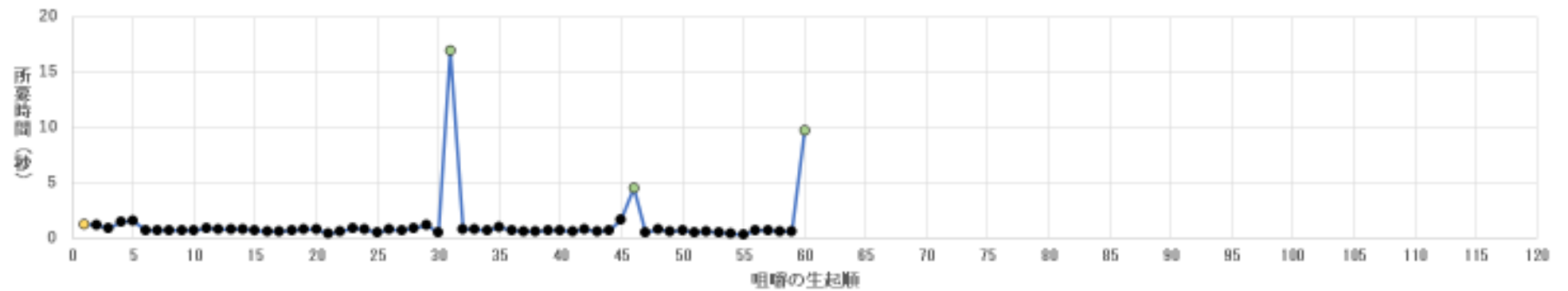


図 14. 咀嚼の生起順と所要時間