



# 仕上げ磨きの動作および押し付け力による 歯磨き評価システムに関する基礎的検討

Basic study on toothbrushing evaluation system based on  
movements and contact force of brushing someone's teeth for them

水野文雄<sup>1)</sup>, 菊田和希<sup>1)</sup>, 高橋正真<sup>1)</sup>

Fumio MIZUNO, Kazuki KIKUTA, and Shoma TAKAHASHI

1) 東北工業大学 工学部 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1, fumio@tohtech.ac.jp)

**概要:** 近年, 歯周病は心疾患や脳血管疾患および糖尿病などとの関係が指摘されている。一方で, 虫歯は歯を失う原因の一つである。これら口腔内の二大疾患である虫歯や歯周病を予防するには, 正しい手法で歯磨きを行い, 歯に付着したプラークをしっかりと除去することが重要である。これまで我々は歯磨きを行っている際の歯ブラシの運びや, ブラシの接触力を測定できるシステムの開発を行ってきた。本研究では, 歯ブラシの接触力に応じた可視化を行う機能を実装したので歯列模型に塗布した人工プラークの除去実験を通じてその有用性の検討を行った。

**キーワード:** 歯磨き, 接触力, ロードセル, 3次元位置センサ

## 1. はじめに

歯周病は, 歯科の二大疾患[1]の一つであるだけでなく近年では心臓疾患[2]や脳血管疾患[3]等の血管疾患や糖尿病[4]等との関係が指摘されている。つまり, 歯周病の予防は慢性的な病気のリスクを下げることに繋がると考えられる。一方で二大疾患の片方である虫歯は歯を失う主な原因である。高齢者が入れ歯を使い始めると, 噛む際に痛みを生じたり, 噛む力が弱まったりすることで, 食事が困難となり, QOL を著しく低下することになる。そのため 80 歳になっても自分の歯で食事ができる 20 本以上の歯を残すことができるよう, 歯科医師会や自治体はライフステージに応じてさまざまな取り組みを行っている[5]。

幼少時からの虫歯や歯肉炎などの予防が挙げられ, 特に自分で歯磨きを十分に行う事ができない時期には, 父母が仕上げ磨きを行い, プラークをしっかりと除去することが非常に重要となる。仕上げ磨き時に, 正しい歯磨きがなされているかどうかを判断するには歯ブラシの運びだけでなく歯ブラシの接触力の評価を行う必要があるため, 我々はブラシ位置の測定と接触力の測定を可能とする歯磨き評価システムの開発を行い[6], その基礎的な検証を行ってきた[7]。

本研究では, これまで我々が開発してきた歯磨き評価装置に歯ブラシの押し付け力に応じて変化する可視化機能を実装し, 歯列模型等を用いた仕上げ磨きを想定した

実験を行ったので報告する。

## 2. システムの概要

我々が開発してきた歯磨き評価システムは, 3次元位置センサ (Polhemus 社, Patriot), 歯ブラシの接触力測定に用いるロードセル (Phidgets 社, Single-Point Load Cell, 定格容量 780 [g]) およびその入力インターフェース (Phidgets 社, PhidgetBridge 4-Input) のセンサにより構成される。ロードセルは, 歯ブラシを装着する専用のフレーム内に配置されている (図 1)。

センサから得られる歯ブラシの接触力と歯ブラシ先端位の置・姿勢の測定はサンプリング周波数 60 Hz で行う。歯ブラシの位置と歯ブラシを歯に押し付けた際の接触力

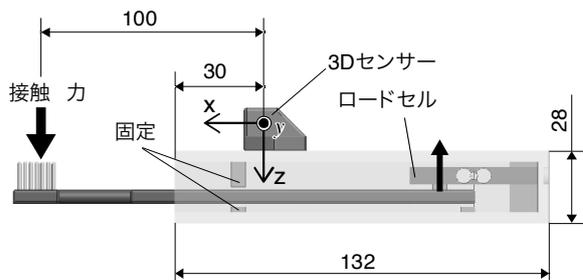


図 1: 歯と歯ブラシの接触力を測定するためのセンサーを搭載した歯ブラシフレーム

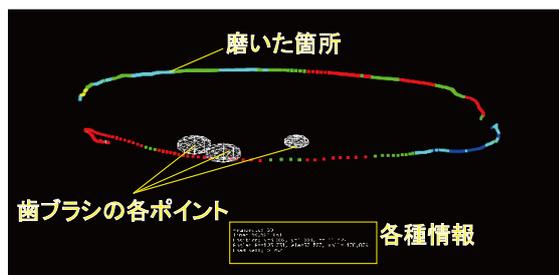


図 2: 180° 開いた状態の歯列模型表面をシステムの歯ブラシでなぞった際の可視化状態。

はオープンソースのソフトウェアフレームワークである openFrameworks Ver.0.11.2 を使用し可視化することとした。本システムは、歯磨き時の歯ブラシの押し付け力に応じて、色付のパーティクルプロットするようになっている。色分けについては、1.1[N]以上 1.4 [N]未満の接触力で歯磨きが行われた箇所には青、1.4 [N]以上 1.7 [N]未満では緑色、1.7 [N]以上 2.0 [N]未満では黄色、2.0 [N]以上の場合には赤色というようにパーティクルがレンダリングされるようになっている。図 2 に 180°開いた状態の歯列模型外側部分を歯ブラシでなぞった際の可視化状態を示す。3つの球については歯ブラシの基準点（3次元位置センサ位置、ブラシ先端上の中心位置、ブラシ先端中中心を柄に投影した点）を示している。

### 3. 実験方法

#### 3.1 測定対象

本研究では文献[6]と同様に子供の仕上げ磨きを想定し、人工プラークを塗布した歯列模型を歯磨き評価システムの歯ブラシで磨いた際のプラーク除去率を求める実験を行った。歯列模型と 3次元位置センサの時期発生源との位置関係は図 4 に示す通りとする。なお、本研究では磨く歯の部位を前歯右上 2-左上 2 および、美技下 2-左下 2 を対象とした。

#### 3.2 測定手順

実験手順は以下の通りで、10 回繰り返すこととした。

1. 歯列模型に人工プラークを塗布する。
2. デジタルカメラ (Sony,DCS-HX8) により撮影を行う。
3. 歯磨き評価システムを用いて歯列模型を磨き、人工プラークを除去する。
4. デジタルカメラ (Sony,DCS-HX8) を用いて歯列模型の対象部位の撮影を行う。
5. 撮影画像から歯列部分を切り抜く。
6. 切り抜き画像の二値化を行い、その画素数をカウントする。

上記手順の 5 で画像の切り抜きは Adobe Photoshop を用いて行った。また、6 の画像処理及び画素数のカウントはオープンソースの画像処理ソフトウェアである ImageJ を用いた。

本研究では、歯磨き中の平均接触力、平均磨き時間お

よびプラーク除去率を歯磨きの評価指標とした。測定した画素数からプラーク除去率を測定した。除去率は人工プラーク除去による画素数の変化量を磨き前の画素数で除すことで求めた。

#### 3.3 測定条件

本実験の測定対象である歯列模型は、塗布した人工プラークが歯列模型の樹脂部に癒着してしまい、完全に除去することが困難であった。そのため、時間や接触力に制限をかけないで磨いた際にどこまでプラークを除去できるのか調べ、このときの除去率を本実験での経験的な最大値とした。なお、このときの実験条件を条件 1 とし、除去率以外にも磨き時間、接触力および除去率も記録した。本実験の測定対象である歯列模型は、塗布した人工プラークが歯列模型の樹脂部に癒着してしまい、完全に除去することが困難であった。そのため、時間や接触力に制限をかけないで磨いた際にどこまでプラークを除去できるのか調べ、このときの除去率を本実験での経験的な最大値とした。なお、このときの実験条件を条件 1 とし、除去率以外にも磨き時間、接触力および除去率も記録した。

また、本研究では評価システムの歯ブラシの接触力の測定・可視化機能を利用し 1.1~1.4 [N]、1.4~1.7 [N]および 1.7~2.0 [N]の 3通りの接触力で歯磨き実験を行った。この実験を条件 2 とした。磨き時間は 30 [s]を基準とし、開始から目視によりプラークが除去できたと判断できたときまでの時間と接触力を記録した。

### 4. 結果・考察

条件 1 行った結果、除去率は  $92.78 \pm 1.79$  [%]と求められた。したがって、実験で 93 [%]程度プラークを除去することができたら、その歯磨きは本研究で使用した歯列模型と人工プラークの組み合わせでは可能な限りプラークを除去することができたと推測できることになる。また、平均押し付け力は 1.43 [N]、平均磨き時間は  $44.35 \pm 10.24$  [s]であった。

条件 2 の測定結果を表 1~3 に示す。表 1 の各項目を比較することで、平均押し付け力が 1.4~1.7 [N]の場合で平均除去率が最も高結果となった。また、押し付け力を増大させると、歯ブラシと歯との間の接触力の振動幅が大きくなっていることが確認された。目視で確認したパーティクルの配置状況から想定した押し付け力の範囲で磨かれている頻度は高まっているが、振動幅が大きいため低い接触力で磨いている期間も増大していると考えられる。

また、単純な比較はできないものの条件 1 は押し付け力と磨き時間の制限を加えていない状態での磨き作業の結果に対して、除去率が大きく下回ることもなく、磨き時間も 10 [s]程度しか変わらなかった。一般的に、歯磨き時の歯磨きの適正押し付け力は 1.5~2.0 [N]程度と言われており、大きな力で歯を磨いても期待するほどプラークの除去率が高まるわけではなく、かえって歯を摩耗するリスクを

表 1: 接触力を 1.1-1.4 [N] で磨いた際の測定結果

	平均値	SD
接触力 [N]	0.99	0.36
磨き時間 [s]	30.97	4.33
プラーク除去率 [%]	83.80	8.12

表 2: 接触力を 1.4-1.7 [N] で磨いた際の測定結果

	平均値	SD
接触力 [N]	1.15	0.53
磨き時間 [s]	28.32	4.43
プラーク除去率 [%]	88.39	3.08

表 3: 接触力を 1.7-2.0 [N] で磨いた際の測定結果

	平均値	SD
接触力 [N]	1.35	0.69
磨き時間 [s]	29.54	2.54
プラーク除去率 [%]	87.05	3.90

高めることになると考えられる。

## 5. おわりに

本研究ではこれまで我々が開発してきた歯磨き評価システムを用いた、歯磨きの押し付け力を変化させた際の効果を検証するため平均押し付け力、磨き時間およびプラーク除去率を指標とした基礎実験を行った。実験結果から適正な歯ブラシの接触力内の 1.4~1.7 [N] で 30 秒程度磨くことによって約 88 [%] プラークを除去できることを確認できた。一方で、歯ブラシと歯との間の接触力を増大して歯磨きを行うと振動幅が増大することが確認された。振動の増大に伴い歯ブラシと歯との接触頻度の低下も生じているせいなのか、適正な範囲を超えた接触力で磨いてもプラ

ーク除去率の大幅な向上は見られず、接触力が大きいためかえって歯の摩耗のリスクが高まったと言え、適正な状態での歯磨きとは言えないことになる。今後の検討も必要であるが、本実験を通じて、適正な力で歯磨きを行えているかどうかの判断を行う際には有用であると考えられる。

今後は、残留してしまうプラークをどのような動作・力でどのくらい除去できるのかを検証していくことと、歯ブラシの位置と傾きをも考慮に入れて検証していきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 鈴木 肇編, 医学大辞典第 19 版, 南山堂, 2006.
- [2] Kuwabata, M., et. al., “Association between toothbrushing and risk factors for cardiovascular disease: a large-scale, cross-sectional Japanese study. *BMJ Open*. 6 (1), e009870, 2016.
- [3] 石原ら, ” 歯周病が脳梗塞及び心筋梗塞の発症に及ぼす影響: 健康保険のレセプトデータを用いた検討”, *日歯周誌*, 63 (2), pp.47-60, 2021.
- [4] Preshaw, P., Bissett, S., “Periodontitis and diabetes”, *British Dental Journal*, 227, pp.577-584, 2019.
- [5] イー歯トーブ 8020 プラン (岩手県口腔の健康づくり推進計画) (第 2 次) 2024-2035, 岩手県, 令和 6 年 3 月
- [6] 水野ら, ” 歯磨き評価のための歯磨き動作および接触力計測システムの基礎開発”, *ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集*, 1P2-B05, 2019.
- [7] 水野ら, ” 歯磨きの動作および接触力計測システムを用いた磨き残り除去に関する基礎的検討”, *ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集*, 2P2-A28, 2023.