

歯磨き音の変調による歯磨き感拡張

蜂須 拓^{*1, *2} 梶本 裕之^{*1, *3}

Tooth Brushing Augmented by Modulating Brushing Sound

Taku Hachisu^{*1, *2} and Hiroyuki Kajimoto^{*1, *3}

Abstract 一歯磨きは口内衛生の保持, 虫歯・歯周病予防のために日常的に行うべきである。しかし歯磨きはその単調な作業ゆえにしばしば正しく行われなかったり、誤った方法で行われたりする。本研究では歯磨き音を変調して提示することでユーザの歯磨きの印象を修飾し、歯磨きに対するモチベーションを向上させることを試みる。被験者実験より歯磨き音の音量を増幅し、周波数を変調することでユーザの歯磨きに対する快・不快感、達成感に優位な差が生じることを確認した。

Keywords : augmented reality, sound effect, tooth brushing

1 はじめに

我々は衛生保持や歯周病・虫歯予防のために歯ブラシを用いて歯を磨き口腔内の美化を行う。より効果的に美化するために歯磨きは頻繁にかつ正しく行う必要がある。しかし歯磨きはその単調性ゆえにしばしば忘れられたり、誤った方法で行われたりする。つまり現代の歯磨きにおける問題は「モチベーションの欠如」と「誤った方法によるブラッシング」という二点が挙げられ、これらの問題を解決するために研究レベルないし商品レベルで様々な提案がなされている。

歯磨きに対するモチベーション欠如の原因として、虫歯にならないことで初めてユーザが報われるといういわゆる負の報酬 (negative reward) の問題が挙げられる。したがって歯磨きに対してより積極的な報酬を付加することでユーザのモチベーションを向上させることが可能であると考えられる。この考えのもとに Nakajima らはユーザが歯を磨くと PC モニタ上の熱帯魚が活動的になり、さらに卵を産むという Virtual Aquarium を提案した[1]。森本らは歯ブラシを iPhone に固定し、加速度センサによって検出されるブラッシングのストローク回数を遠隔地にいるユーザ同士が競い合うゲーム HAMIGAKI-K.O. を提案し

た[2]。また商品レベルでも、歯磨きに内蔵された圧力センサが歯とブラシの接触を検知し、接触時のみ音楽クリップが再生されるといった Tooth Tunes が販売されている[3]。これらの提案手法、商品は歯磨きにエンタテインメント要素を付加することで積極的な報酬を実現し、ユーザの歯磨きに対するモチベーション向上に貢献している。

またユーザに正しい歯磨きを教示する手法も提案されている。Oral-B 社の SmartGuide シリーズでは歯を上下左右に 4 分割して LCD 画面上に表示し、ユーザに該当の部分を磨いた時間と磨くべき時間を提示する[4]。また歯ブラシ内部に搭載された圧力センサにより歯ブラシの過度な押しつけを検出し、ブープ音によって警告する。Chang らは子供の歯磨き学習を支援する Playful Toothbrush を提案した[5]。このシステムではカメラビジョンを用いた高精度な歯ブラシのトラッキングにより子供の歯磨き動作を検出した。これに応じて LCD とスピーカから報酬のアニメーションや効果音を提示することで正しい歯磨きを教示するとともに、子供の歯ブラシに対するモチベーションを向上させることに成功した。

これらの提案は先に挙げた二つの問題の解決に貢献しているといえる。一方でこれまでの報酬のフィードバック方法はアニメーションや効果音のように実際の歯磨きの経験とはかけ離れているものであった。このためユーザはフィードバックされた情報の意味を解釈する必要があったといえる。

*1 電気通信大学, {hachisu, kajimoto}@kaji-lab.jp

*2 日本学術振興会特別研究員

*3 科学技術振興機構さきがけ

*1 University of Electro-Communications

*2 Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)

*3 Japan Science and Technology Agency (JST)

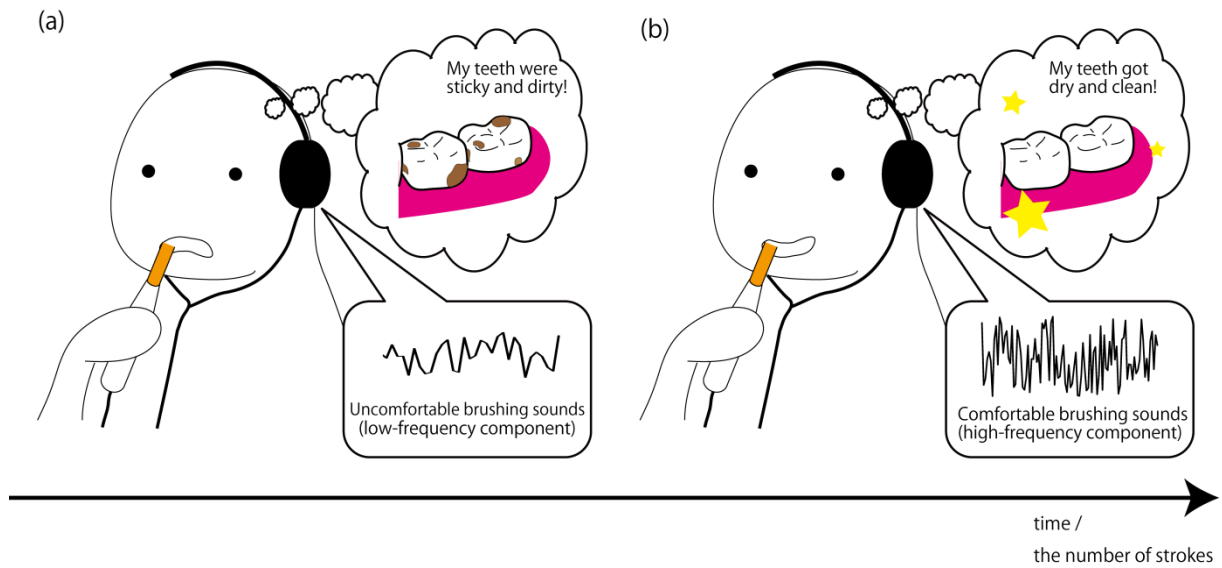


図 1 歯磨き音の変調による歯磨き感の拡張手法

Fig. 1 Augmentation of tooth brushing experience by modulating brushing sounds

そこで本研究では、ユーザの歯磨きに対するモチベーションを向上させる新たな直感的なフィードバックの実現を試みる。我々はこの目的を達成すべく以下に述べる 2 つのコンセプトを設定した。一つ目は通常の歯磨きの経験を拡張することである。歯磨き時にはブラシと歯の間で生じる振動を触覚的、聴覚的に知覚する。我々はこの本来生じる触覚的、聴覚的な感覚を変調し歯磨きに対するフィードバックとして用いることで直感性が保証されると考えた。二つ目はユーザの歯磨きに対するモチベーションが向上するように感覚変調を設計することである。例えば、感覚変調によってユーザが自身の歯が徐々に美化されていく過程をはっきりと把握できるようになれば、その過程自体が積極的な報酬となりユーザのモチベーション向上に貢献すると考えられる。

本稿ではまず口腔内への触覚、聴覚提示に関する先行研究を述べる。次に我々の提案手法、歯磨き音の変調による歯磨き感拡張手法について述べる。そして被験者実験より本提案手法がユーザの歯磨きに対する印象に与える効果を検証する。

2 口腔内への感覚提示

これまでにバーチャルに食の経験を再現、拡張を行うための口腔内への感覚提示手法が多数報告されている。歯磨きの体験は主に口腔内でブラシと歯の間で生じる振動の触覚的、聴覚的に知覚によって生じることから、本章では口腔内におけ

るこれら 2 つの感覚提示に関する先行研究について述べる。

2.1 触覚提示

Iwata らは 1 自由度の力覚提示装置を用いてユーザの咀嚼に応じて歯に力を提示することで食物のテクスチャを再現した[6]。しかし歯磨き時にユーザに力覚を提示することを想定した場合、高自由度な力覚提示装置が必要となるため、力覚提示装置の利用は実践的ではないといえない。

また歯への直接の触覚提示ではないが、Hashimoto らはユーザのストローの吸引動作に応じて振動を提示することで様々な物体を吸引する感覚を再現した[7]。しかし歯磨き時に新たに振動を提示することを想定した場合、歯を磨いた際に生じる本来の振動により提示刺激がマスキングされてしまうと考えられる。これらのことから直接歯磨き時の触覚的経験を変調することは困難であるといえる。

2.2 聴覚提示

Zampini と Spence は咀嚼音の音量レベルを上げるもしくは高周波成分を強調することで、ポテトチップスが硬くかつ新鮮に感じられることを発見した[8]。さらに Koizumi らにはこの効果を利用、拡張して咀嚼時の食物の触感を変調する Chewing Jockey を提案した[9]。

これらの手法は口腔内の感覚変調を実現して

おり、かつマイクロフォンとヘッドフォンといった簡易なオーディオインタフェースで実装できるという点で実践的であるといえる。

さらにクロスモーダル研究の分野では、触探索時に生じる聴覚刺激の変調が触知覚に影響を及ぼすことが知られている[10][11][12]。例えば、Jousmäki と Hari は、両手を擦る際に生じる摩擦音にハイパスフィルタを適用もしくは音量レベルを上げて擦る動作に同期させて提示すると、手のひらが紙のように滑らかかつ乾燥したように感じる parchment-skin illusion を報告している[10]。こうしたクロスモーダル現象は口腔内の感覚変調効果に応用できると期待される。

3 歯磨き音の変調による歯磨き感の拡張

本章では、歯磨き音の変調により歯磨きの経験を拡張する手法を提案する。本手法は歯ブラシにマイクロフォンを内蔵し、取得された音声信号に音響フィルタを適用後、ヘッドフォン等を介してユーザーに提示することで簡易に実装できる。

[10]より、触探索時に生じる音の低周波成分の増幅は湿り感・粘性感および粗さ感を生起することが知られている。これを歯磨きに適用した場合、ユーザーは歯が磨けていない印象を受け不快感を覚えると考えられる（図 1-a）。一方で高周波成分の増幅は乾き感および滑らかな感覚を生起することが知られている。これを適用した場合、ユーザーは歯が磨けた印象を覚え快感を覚えると考えられる（図 1-b）。

本手法によって歯磨き時の快・不快感の操作が可能になれば、直感的にユーザーに歯の状態（磨けていない／磨けている）を提示可能になると考えられる。本手法は歯磨き時に生じる音を変調しているため、通常の歯磨きの経験を拡張するという我々が設定した一つ目のコンセプトを満たすものである。さらに、歯磨き音変調によってユーザーは自身の歯が美化される過程を把握できるので、歯を磨けた印象（以後、達成感とする）を増強することが可能であると考えられる。したがって二つ目のコンセプトであるモチベーションの向上が実現可能であると考えられる。

また[5]のような歯ブラシトラッキングシステムと本手法を組み合わせることで、各々の歯の状態を提示することが可能であると考えられる。トラッキングシステムによって各歯の表面に対するストローク回数を計測し（図 2-a）、その回数

に応じて歯磨き音の変調を行い快・不快感を提示することで、直感的に歯の状態を提示できると考えられる。図 2-b では、歯磨き音にバンドパスフィルタを適用した場合を示しており、任意の面に対するストローク回数が増えるほどピーク周波数が高くなることを示している。例えば、Surface[2]や Surface[4]のように十分に磨かれている場合は高周波成分が提示され、ユーザーは快感を覚える。逆に Surface[1]や Surface[3]のようにあまり磨かれていない場合は低周波成分が提示され、ユーザーは不快感を覚える。これにより、ユーザーはどの歯を十分に磨いたか、あるいは磨きが不十分であるかを直感的に把握することが可能になると考えられる。

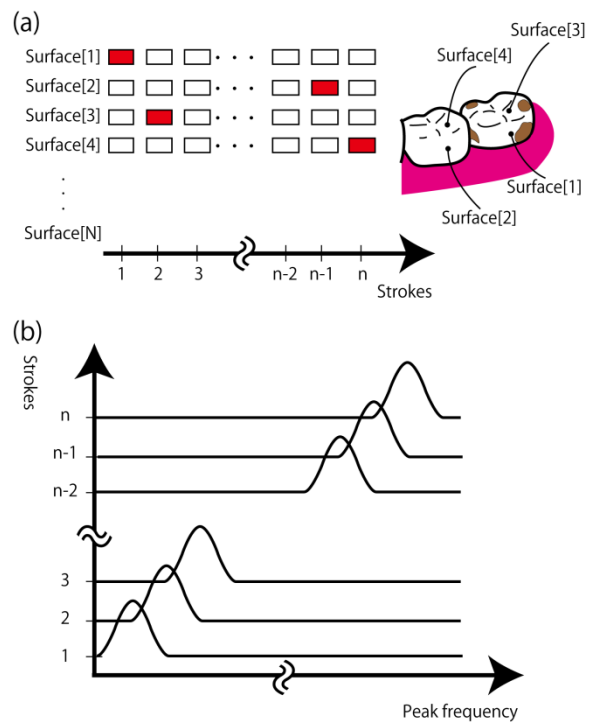


図 2 歯ブラシトラッキングシステムとの組合せ：
(a)各々歯の表面に対するストローク回数を計測。
(b)ストローク回数に応じてバンドパスフィルタのピーク周波数を決定。

Fig. 2 Associating the proposed approach with a toothbrush tracking system: (a) the system counts the number of strokes on each tooth, and (b) the peak frequency of the band pass filter is determined based on the count.

4 歯磨き音変調時の歯磨きへの印象評価実験

本実験では歯磨き音の変調が歯磨きへの印象に与える効果を検証するために、被験者に歯磨きの快・不快感および達成感を評価させた。

4.1 実験設備構成

4.1.1 歯ブラシ

我々が制作した歯ブラシを図 3 に示す。ブラシ部には衛生面を配慮して電動歯ブラシ用の替えブラシ（アジアネットワークス社，キセカエブラシ）を用いた。歯ブラシの全長は 160mm，重さは 20g であった。図 4 に歯ブラシの把持部の内部構造を示す。歯ブラシの把持部は ABS 樹脂（Acrylonitrile Butadiene Styrene）で作られており，歯磨き音録音用のマイクロフォン（パナソニック社，小型コンデンサ・マイク，WM-61A）および把持力計測用の力センサ（共和電業社，小型ロードセル，LMA-A-5N）を内蔵した。マイクロフォンは替えブラシに直結する芯に固定した。力センサは把持部のグリップの下に固定した。

マイクロフォンが取得した音声信号は PC に送信された。力センサからの信号はマイクロコントローラ（Arduino Duemilanove）を介して PC に送信された。これら二つの信号は次節で述べる音声処理の際に使用された。

4.1.2 音声処理

本実験では音声処理に Max（Cycling '74 社，バージョン 6.0）を用いた。歯磨き音の変調には，事前に行った予備実験より，ハイパスフィルタ，ローパスフィルタおよびバンドパスフィルタを比較し，より幅広い感覚を提示可能であったバンドパスフィルタを採用した。バンドパスフィルタのピーク周波数として 5 条件（500, 1000, 2000, 4000 および 8000 Hz，それぞれ $Q = 1.0$ ）を設定した。また音響フィルタを一切適用しないフィルタなし条件を対照条件として設定した。

先行研究[10][11][12]が示すように音量レベルが知覚に影響することから，本実験では音量レベルとして 3 条件（-20, 0, +20 dB）を設定した。また対照条件（フィルタなし，0 dB 条件）の音圧レベルを騒音計（佐藤商事社，デジタル音量計，TM-102）を用いておよそ 75 dB(A)になるように調整した。その他の条件では Max が示す音量レベルより調整した。

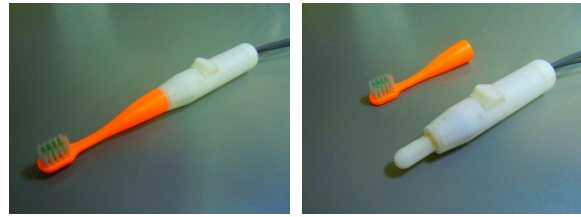


図 3 実験で使った歯ブラシ

Fig. 3 Toothbrush used in the experiment

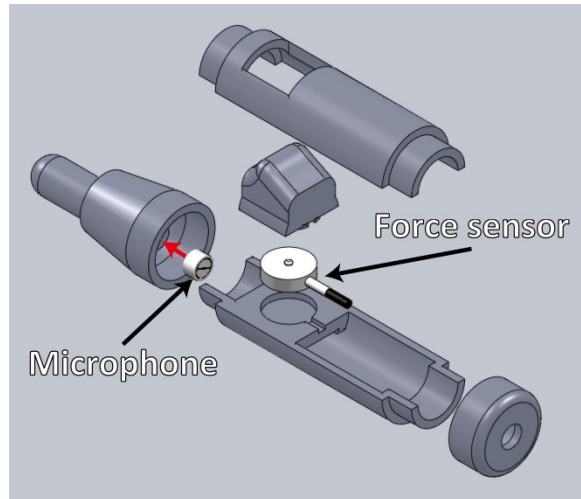


図 4 歯ブラシの把持部の内部構造

Fig. 4 Internal configuration of the handle of the toothbrush

また被験者が歯磨き時に歯ブラシに加える力の大きさが快・不快感および達成感に影響を与えると考えられる。この影響を除外するために，被験者の把持力が 20 N を超えた場合，ビープ音が提示されるようにした。

4.1.3 実験環境

図 5 に示すように，被験者は机の前，シンクの隣のいすに腰を掛け，ヘッドフォン（Direct Sound Headphone 社，EX-29）を装着した。机の上には歯ブラシ，LCD，テンキー，水の入った紙コップおよびポテトチップスが置かれていた。

4.2 実験手続き

被験者は本実験での歯の磨き方について指示された。まず被験者は右手の親指をグリップの上に置き，ペンを握るように歯ブラシを把持した。この時歯ブラシを強く握る（把持力が 20 N を超える）とビープ音が鳴ることを指示され，ビープ音が鳴らないように軽く把持した。そして上あごの左側の奥歯 2 つのほぼ側（上顎左側第 2・3 大

臼歯の頬側)を5ストローク、バス法[13]を用いて磨くように指示された。

各試行において被験者はまず標準条件として対照条件(フィルタなし, 0 dB 条件)下で歯を磨いた。次に比較条件下で歯を磨き, 比較条件時の主観的な印象を評価した。この時の評価軸は快・不快感および達成感の2つであり, 被験者はテンキーを用いてそれぞれをLCD上に表示されたビジュアルアナログスケールで回答した。スケールは100段階であり, それぞれの左端(0)には「不快/磨けていない」, 右端(100)には「快/磨けた」と表示されていた。被験者は標準条件時のそれぞれの印象を50とした時の比較条件の印象を評価した。回答時には制限時間を設けなかった。

被験者はこの評価タスクを54試行((ピーク周波数5条件 + フィルタなし条件) × 音量レベル3条件 × 繰り返し3試行)行った。比較条件はランダムに提示され, 被験者に各比較条件のパラメータは伝えられなかった。

本試行の前に, 被験者はヘッドフォンを装着せずに数試行練習を行った。また本試行開始前と9試行おきに, 歯を汚すためにポテトチップスを1枚左側の歯で噛み, 食べるように指示された。被験者は実験中自由に口をゆすぐことを許可されていた。

被験者は22から25歳(平均(±標準偏差)22.9(1.2)歳)の男性4名, 女性3名の計7名であった。被験者は全員右利きであった。



図5 実験環境

Fig. 5 Setup for the experiment

4.3 実験結果

4.3.1 快・不快感

音量レベル3条件に対する快・不快感の評価値の平均値を図6に示す。グラフの横軸はバンドパスフィルタのピーク周波数, 縦軸は評価値, エラーバーは標準偏差を示す。

本実験結果に対して2要因(周波数6条件 × 音量レベル2条件)の被験者内分散分析を行った。その結果, 音量レベル要因において主効果が有意であった($F(2, 12) = 4.51, p < 0.05$)。音量レベル0 dBの条件で快・不快感の評価値(平均(M) = 52.4; 標準偏差(SD) = 2.6)は-20 dB(M = 44.6; SD = 1.5)および20 dB(M = 40.0; SD = 9.1)の条件よりも高かった。

また周波数要因と音量レベル要因間の相互効果が有意であった($F(10, 60) = 3.10, p < 0.01$)。周波数4000Hzおよびフィルタなし条件下での音量レベル要因, 音量レベル20 dB条件下での周波数要因において単純主効果が認められた(それぞれ順に $F(2, 12) = 4.69, p < 0.05$ 。 $F(2, 12) = 7.68, p < 0.01$ 。 $F(5, 30) = 4.69; p < 0.01$)。本結果より音量レベルが20 dBの時, 周波数変調が快・不快感に大きな影響を与えることが明らかとなった。

4.3.2 達成感

音量レベル3条件に対する達成感の評価値の平均値を図7に示す。グラフの横軸はバンドパスフィルタのピーク周波数, 縦軸は評価値, エラーバーは標準偏差を示す。

本実験結果に対して2要因(周波数6条件 × 音量レベル2条件)の被験者内分散分析を行った。その結果, 周波数要因と音量レベル要因において主効果が有意であった(それぞれ順に $F(5, 30) = 13.12, p < 0.01$ 。 $F(2, 12) = 21.33, p < 0.01$)。

また周波数要因と音量レベル要因間の相互効果が有意であった($F(10, 60) = 6.22, p < 0.01$)。周波数2000Hz, 4000Hz, 8000Hzおよびフィルタなし条件下での音量レベル要因, 音量レベル20 dB条件下での周波数要因において単純主効果が認められた(それぞれ順に $F(2, 12) = 5.12, p < 0.05$ 。 $F(2, 12) = 9.11, p < 0.01$ 。 $F(2, 12) = 18.33, p < 0.01$ 。 $F(2, 12) = 29.07, p < 0.01$ 。 $F(5, 30) = 25.12, p < 0.01$)。本結果より音量レベルが20 dB条件の時, 周波数変調が快・不快感と同様に達成感に大きな影響を与えることが明らかとなった。

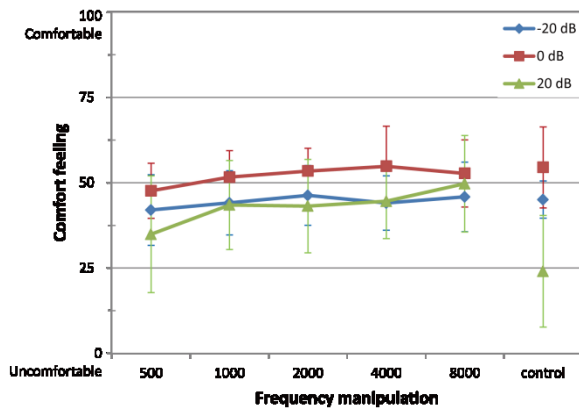


図 6 快・不快感の評価

Fig. 6 Results of the feeling of comfort

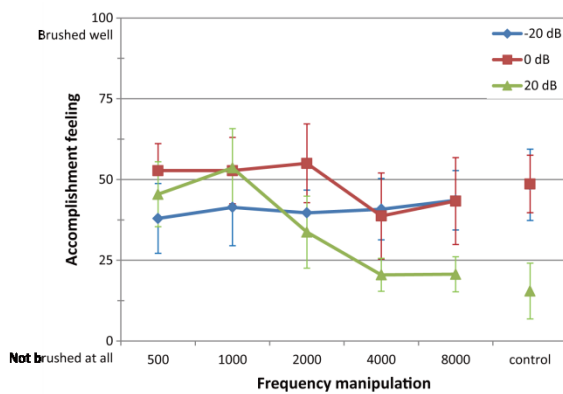


図 7 達成感の評価

Fig. 7 Results of the accomplishment feeling

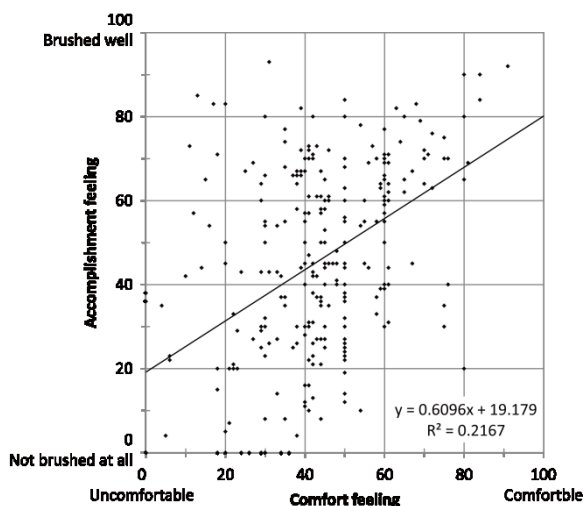


図 8 快・不快感と達成感の評価の相関

Fig. 8 The correlation between the feeling of comfort and accomplishment

4.3.3 2つの評価軸の相関

2つの評価軸の相関を検証するために、本実験で得られた378組の評価値を2次元座標(横軸: 快・不快感, 縦軸: 達成感)にプロットし, 最小二乗法による直線近似を行った結果を図8に示す。図8に示すように, 2つの評価軸にはほぼ相関が見られなかった($R^2 = 0.2167$)。本結果から被験者は2つの評価軸を区別して回答していた考察できる。また快・不快感は必ずしも達成感に誘起されないこと, およびその逆も同様であることが明らかとなった。

4.4 考察

本実験結果より音量レベルを上げ, バンドパスフィルタによって周波数変調することで, 歯磨き時の快・不快感および達成感を変えることが可能であることが明らかになった。したがって快・不快感提示による直感的なフィードバックの実現および達成感の制御によるモチベーション向上手法の可能性が示唆された。また実験終了後, 全被験者から「自身の歯磨き音を聞くという経験自体が非常に興味深い体験であった」, 「歯磨き音に変調されることで歯磨きの印象が変わった」との報告があった。

4名の被験者から歯磨き音が大きくなるほど, 達成感が増したとの内観報告があった。一方で他の1名の被験者から磨き音が大きすぎて自分で磨いている感じがしないとの報告もあった。この報告は, 先の4名の報告がある一方で, 音量レベル20 dB条件下で達成感の評価が低かったことに起因していると考えられる。また2名の被験者が, 磨き音が大きすぎて不快であったと報告している。こちらも音量レベル20 dB条件下で快・不快感の評価が低かったことに起因していると考えられる。これらの報告から, 音量レベル20 dB条件は数人の被験者にとっては音が大きすぎたと考察できる。したがって今後は0から20 dB間での同様の実験を行い, 最適な音量レベルについて検討する必要がある。

一方で, 音量レベル-20および0 dB条件では周波数要因の影響が小さかった。その理由として, 音量レベル-20 dB条件では音量レベルが小さすぎて被験者が周波数の違いを知覚できなかった可能性が考えられる。また音量レベル0 dB条件においても, バンドパスフィルタを適用すると結

果として音量レベルが下がるので、同様に被験者は周波数の違いを知覚できなかったと考えられる。

第 4.3.3 項より快・不快感と達成感の評価軸には相関がほとんどなかったことが明らかとなった。この傾向は特に音量レベル 20 dB 条件の時に現れた。実験終了後の被験者の内観報告より考察すると、歯がきちんと磨かれてこれ以上磨く必要がないと感じたときに快の印象が生じていた可能性がある。例えば高周波成分を強調した際に、parchment-skin illusion [10]と同様に、歯の表面が滑らかかつ乾いた印象が生起し、被験者は快感を覚えたと考えられる。逆にこの時、被験者はこれ以上歯を磨く必要がないと感じたため、達成感の評価が低くなったと考えられる。一方で周波数 1000Hz 条件において、被験者は歯の表面に粘性のある食べ物のかすのようなものを感じていたと考えられる。このため被験者は不快感を覚え、その一方で、これらを取り除いている印象を受けたため達成感の評価が高くなったと考えられる。しかし周波数 500 Hz 条件において、達成感の評価は低くなる傾向にあった。これは被験者が自身の歯もしくはブラシが特定できない柔らかいもののように感じられたため、もはや歯を磨いているように感じられなかったためと考えられる。さらに、フィルタなし条件においては快・不快感、達成感ともに評価が著しく低下した。これは先に考察したとおり、音量レベルが大きすぎたため、不快感が生じ、かつ達成感が感じられなかったためと考察できる。

2名の被験者が、評価に影響したかは不明であるが実験中マイクロフォンが歯磨きと関係のない音、例えば環境音や信号線と机の接触音等を拾っていたと報告した。これは本実験では無指向性のマイクロフォンを採用したためである。今後は圧電素子を利用したピックアップ型マイクロフォンによって、空気振動を介さない歯ブラシからの直接の歯磨き音の検出を試みる。

5 おわりに

本稿ではまず現代の歯磨きの問題点を挙げ、本研究の目的である歯磨きに対する新たな直感的なフィードバックの実現について述べた。次に歯磨き音の変調による歯磨き感の拡張手法を提案した。本提案は歯ブラシに内蔵されたマイクロフォンより歯磨き音を録音、PCによって歯磨き音

を変調し、それをユーザに提示するというものである。被験者実験より本提案手法が歯磨きの印象に与える効果を検証し、その結果、音量レベルを上げかつ周波数変調することで快・不快感および達成感を操作可能であることを示した。

しかし本実験結果からは感覚変調に最適な音量レベルや音響フィルタ、周波数と歯磨きの印象評価の関係が明らかになっていない。今後はこれらのパラメータの詳細についてさらなる調査をしていく予定である。また第3章で述べた本提案手法と歯ブラシのトラッキングシステムを組み合わせた際、図2に示したようにユーザが各々歯の状態を把握可能であるか検証を行う。さらに長期的なユーザスタディによって本提案手法がユーザのモチベーション向上に寄与するか、また日常生活に適合するものかを検証する予定である。

6 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 24004331 の助成による。

参考文献

- [1] Nakajima, T., Lehdonvirta, V., Tokunaga, E., Ayabe, M., Kimura, H., and Okuda, Y.: Lifestyle Ubiquitous Gaming: Making Daily Lives More Pressureable. Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications, pp. 257-266 (2007).
- [2] 森本, 宮下: HAMIGAKI-K.O.: 歯ブラシ付き iPhone によるオンライン対戦. エンタテイメントコンピューティング 2009 論文集, pp. 183-184 (2009).
- [3] Tiger Electronics, Hasbro: TOOTH TUNES.
- [4] Oral-B: Professional Care SmartSeries 5000 with SmartGuide Electric Toothbrush, available from <http://www.oralb.com/products/professional-care-smart-series-5000/> (accessed 2012-08-12).
- [5] Chang, Y.-C., Lo, J.-L., Huang, C.-J., Hsu, N.-Y., Chu, H.-H., Wang, H.-Y., Chi, P.-Y., and Hsieh, Y.-L.: Playful Toothbrush: Ubicomp Technology for Teaching Tooth Brushing to Kindergarten Children. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 363-372 (2008).

- [6] Iwata, H., Yano, H., Uemura, T., and Moriya, T.: Food Simulator: A Haptic Interface for Biting. Proceedings of the IEEE Virtual Reality, pp. 51-57 (2004).
- [7] Hashimoto, Y., Inami, M., and Kajimoto, H.: Straw-Like User Interface (II): A New Method of Presenting Auditory Sensations for a More Natural Experience. Proceedings of the International Conference on Haptics, pp. 484-493 (2008).
- [8] Zampini, M. and Spence, C.: The Role of Auditory Cues in Modulating the Perceived Crispness and Staleness of Potato Chips. Journal of Sensory Studies, 19(5), pp. 347-363 (2005).
- [9] Koizumi, N., Tanaka, H., Uema, Y., and Inami, M.: Chewing Jockey: Augmented Food Texture by Using Sound based on Cross-Modal Effect. Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, 21 (2011).
- [10] Jousmäki, V. and Hari, R.: Parchment-Skin Illusion: Sound-Biased Touch. Current Biology, 8(6), p. 190 (1998).
- [11] Guest, S., Catmur, C., Lloyd, D., and Spence, C.: Audiotactile Interactions in Roughness Perception. Experimental Brain Research, 146(2), pp. 161-171 (2002).
- [12] Lederman, S.J., Morgan, T., Hamilton, C., and Klatzky, R.L. : Integrating Multimodal Information about Surface Texture via a Probe: Relative Contributions of Haptic and Touch-Produced Sound Sources. Proceedings of the Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, pp. 97-104 (2002).
- [13] Bass, C.C.: An Effective Method of Personal Oral Hygiene; Part II. Journal of the Louisiana State Medical Society, 106(3), pp. 100-112 (1954).