

WebMatopoeia: Pseudo-Haptics を取り入れた Web デザインのための 質感表現検討ツール

香川舞衣¹ 渡邊恵太¹

概要：Web サイトにおいて、カーソルを用いた質感の表現を取り入れる事例が増えている。しかし、質感は言語化しにくいいため、表現を実装する際にデザイナーとエンジニアの間で認識を合わせることが難しいという問題がある。本研究では、カーソルを用いた質感表現を、デザイナーとエンジニアが相互に確認しあうことができるインタラクティブなカタログ WebMatopoeia を提案する。提案システムを用いて Web サイトのコンセプトに合わせた質感表現を考えるワークショップで得られた結果をもとに、カーソルによる質感表現と、実装のための合意形成手法について考察する。

キーワード：Pseudo-Haptics, オノマトペ, 質感, カーソル

1. はじめに

コンピュータ上で、カーソルの動きによって疑似的に触覚を感じさせる Pseudo-Haptics 研究[1][2]がある。Lecuyer らは、コンピュータアプリケーション内でのカーソルの動きの制御/表示比 (C/D 比) を変更することで、コンピュータ上での質感表現手法を提案した。渡邊らは、GUI(Graphical User Interface)環境でのカーソルの形状や動き、大きさを変えることで触覚のような感覚を提示する手法を提案した[3]。この手法では、カーソルの動きでざらざら感のような質感のみならず、風に流される抵抗感や球面の立体感、三次元空間の奥行き感などが表現できる。

そして、こうした Pseudo-Haptics 的手法は Web デザインにも応用されている。Web デザインにおいては実用性を考慮し、実際のポインティングのための実位置のカーソルは表示しつつも、感触を表現するためにそのカーソルに付随するオブジェクトを用いる。具体的には、カーソルに遅れてついてくる円で滑らかに見せる動き[4]や、ボタンにマウスオーバーした際に付随する円の大きさをゆっくり変えて柔らかさを出すような表現[5]が取り入れられている。Pseudo-Haptics の方法とは少し異なるものの、このようなカーソル表現を用いて、質感を表現する Web サイトが増加することが見込める。

しかし、質感は相手に伝わるように言語化することが難しい上、言語化できても同じ動きをイメージするとは限らない。そのため、これらの質感表現を実装する際に Web デザイナーと Web エンジニアの間で認識を共有することは難しい。

本研究では、Pseudo-Haptics による質感表現をデザイナーとエンジニアが検討する際に、質感を相互に確認しあうことができる仕組み WebMatopoeia を提案する。WebMatopoeia は、背景とカーソルによる表現の調整が可能なインタラクティブなツールである。本システムを用いて、デザイナー

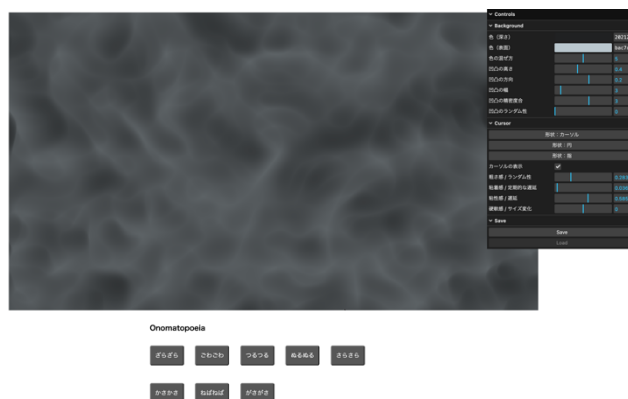


図 1 システム全体図(中央：表現確認部分, 中央下：オノマトペカタログ, 右上：コントロールパネル)

役とエンジニア役に分かれて Web サイトに合わせた質感表現を考えるワークショップを行った。本稿では、システムの実装とワークショップから得た知見、本手法の今後の課題や展望について議論する。

2. WebMatopoeia

2.1 システムの機能と特徴

Webmatopoeia には、オノマトペに応じた動きを表示するカタログとしての機能と、背景部分の描画とカーソルの動きの調整機能がある。

図 1 に WebMatopoeia システムの基本画面を示す。システムは、表現を体験するためのフィールド (図 1 中央部) と、オノマトペ事例を選択する質感カタログ部分 (図 1 下部)、背景の質感とカーソル挙動を調整するコントロールパネル (図 2) からなる。使用者は、カタログの見た目の動きの確認や、スライダーを調整することで背景や動きの制御を行い、任意の質感表現を構成し体験できる。また、作成中の表現の一時的な保存・読み込み機能を使うことで、オノマトペ事例と見比べながら値を調整できる。

¹ 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科

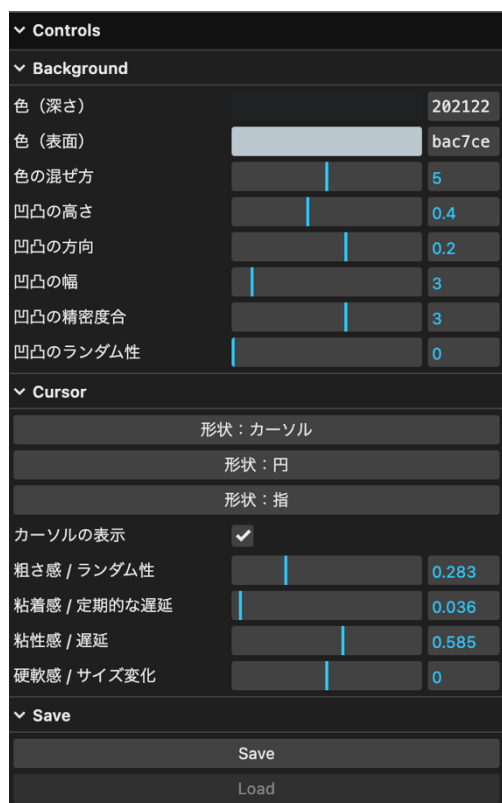


図 2 コントロールパネル

システムは Three.js[6]を用いて実装しており、ブラウザ上で動作する。本システムのデモは、Web ページ^aで公開している。

2.2 背景表現

本システムでは、色とマクロな凹凸、表面的な凹凸に関わるパラメータを調整することで、Web サイトのイメージに適した背景表現を設定できる。

複数の頂点を持つ平面オブジェクトを描画し、各点の高さをずらすことで凹凸を表現した。全体のマクロな凹凸表現はパーリンノイズアルゴリズムによって実装した。凹凸の高さ、方向、幅、精密度合の4つの項目は、この全体のマクロな凹凸表現に関わる。また、凹凸のランダム性の実装には、2次元ベクトルを与えると比較的散らばった値を返す関数を使用した。この返り値には周期性があり、これを模様に見立てて表面的な凹凸として表現した。

これらの項目を調整することで、WebMatopocia では様々な背景を表現できる。図3は WebMatopocia で作成した背景表現の例である。左上から右に、木材、人工芝、壁面、綿、水面、絨毯を想定した表現である。

2.3 カーソル表現

カーソルはその形状と動きを設定することができる。

【カーソルの形状】

形状は「カーソル」「円」「指の影」の3つの中から1つを選択できる(図4)。「カーソル」は、一般的なカーソルの

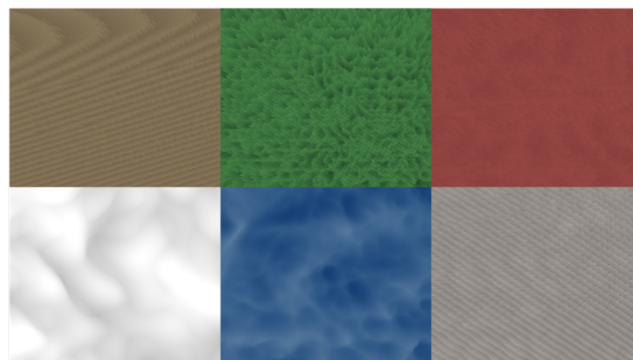


図 3 システムで表現可能な背景の例



図 4 カーソルの形状

形状である。「円」は、Web サイトで扱う事例が増えていることから採用した。「指の影」は、実世界で人が手で触れて質感を感じる場合が多いことから取り入れた。また、これらを表示した上で、本来のカーソルを合わせて表示するかを選択できる(図4右)。

【カーソルの動き】

カーソルの動き設定には粗さ感と粘着感、粘性感、硬軟感の4つのパラメータがある。これらのパラメータは、質感の触覚的分類に関する研究をもとに筆者が選定した。

Okamoto らは、質感の物理的な性質に基づいた分類として、「マクロ/ファインの粗さ」、「温かさ」、「硬さ」、「摩擦(湿り気、粘着性)」の5つの次元があるとした[7]。これを参考に、「マクロ/ファインの粗さ」「摩擦(粘着性)」「摩擦(湿り気)」「硬さ」の軸での制御を可能にした。「温かさ」については、本来は皮膚のセンサにより知覚されるものであるため、カーソルの動きの表現には含まなかった。

ここで、それぞれのパラメータを調整したときの動きの違いについて説明する。特徴をわかりやすくするため、各パラメータの数値を大きくした場合の軌跡を示す(図5)。

「粗さ感」は、表面が滑らかな状態と、細かい凹凸がある粗い状態とのどちらに近いかを表す項目である。例えば、金属のような滑らかさを持つ質感であれば「粗さ感」軸の数値は小さく、砂のような粗さがある質感は大きく設定する。数値が大きいほど、カーソルを動かした際にランダムな方向に揺れる(図5a)。

「粘着感」は、動く際の抵抗力を表す軸であり、抵抗なく滑る状態と、抵抗が大きく動きにくい状態とのどちらに近いかを表す。例えば、加工された木材のようなすべすべとした質感では「粘着感」軸の数値は小さく、粘着力のあ

a) <https://webmatopocia-demo.herokuapp.com/>

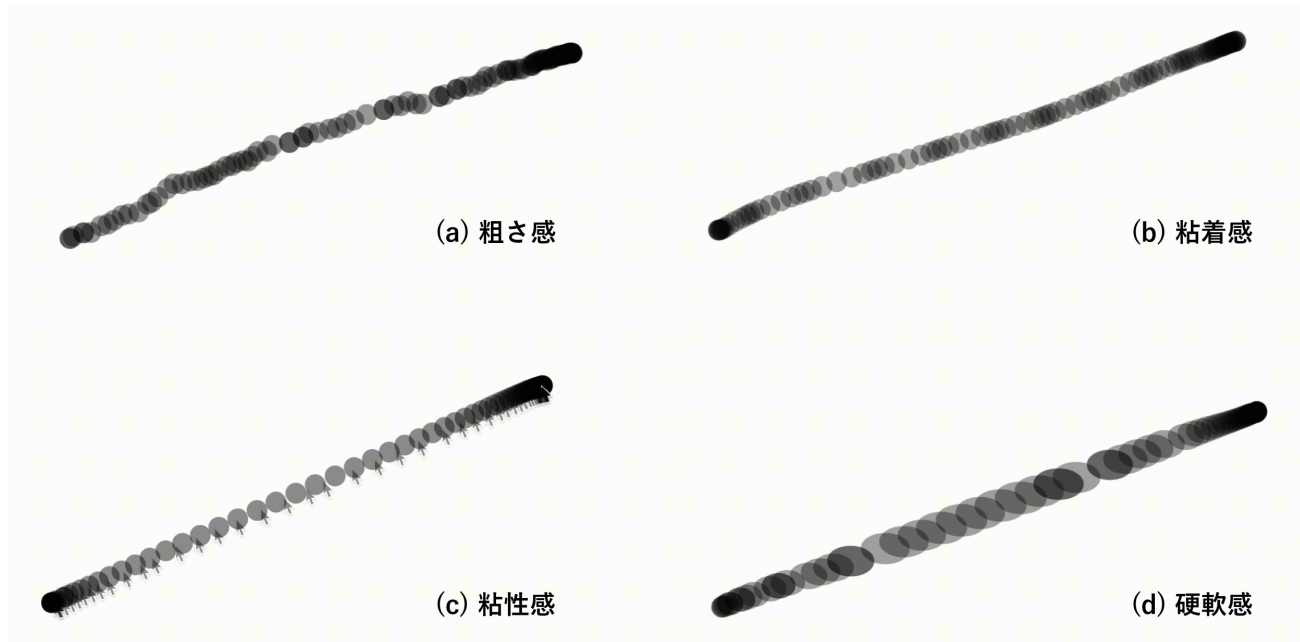


図5 各項目の数値を大きく設定した時のカーソルの軌跡

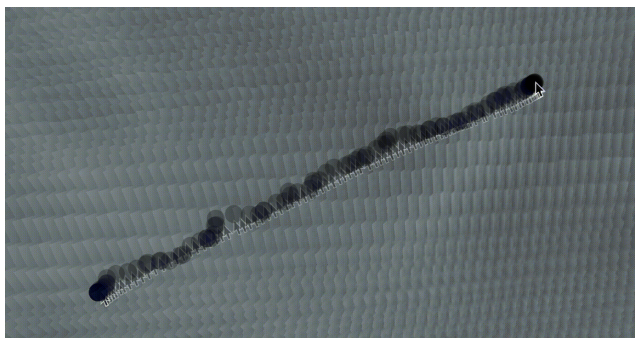


図6 「ざらざら」の表現

るテープのような質感では大きく設定する．数値が大きいほど，カーソルを動かしたときに進む方向に位置が飛ぶような動きになる（図5b）．

「粘性感」は，対象の粘性を示し，流体の抵抗力の高低差を表す項目である．例えば，小麦粉のようにさらさらと抵抗力の少ない質感では「粘性感」軸の数値は小さく，スライムのようなねばねばとした質感では大きく設定する．数値が大きいほど，本来のカーソルの位置からの遅延量が多くなる（図5c）．

「硬軟感」は，対象を触ったときの柔らかさを表し，手で触れたときに大きくへこむ状態と，変形しない状態とのどちらに近いかを表す項目である．例えば，石のように硬いものを表現するときには「硬軟感」軸の数値は小さく，綿のように柔らかいものでは大きく設定する．数値が大きいほど，カーソルの移動量に応じてサイズが大きく変形する（図5d）．

カーソルの動きの実装方法について述べる．カーソル位置については，現時点のカーソルの座標と1フレーム前の座標から次の座標を計算している．カーソルの移動量に応

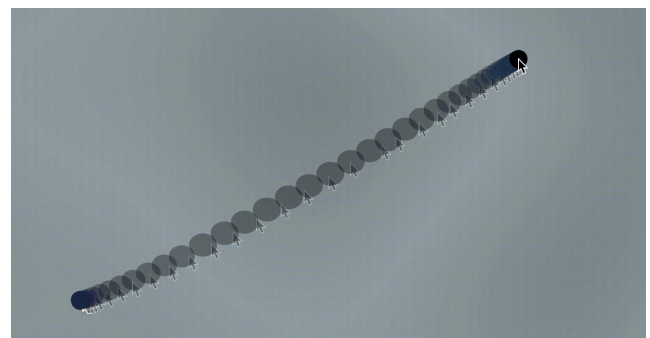


図7 「つるつる」の表現

じて，粗さ感はランダムな方向へ動くように，粘着感は進む方向の座標をもとに $\sin$ 関数的に増加と減少を繰り返すことで詰まるような動きを実現した．粘性感は，本来のカーソルの移動量の比率を減少させることで遅延の表現をした．硬軟感は，カーソルの移動量に応じてオブジェクトサイズの比率を大きく変化させた．

2.4 オノマトペの選定

早川らは，主観的な印象に基づいた触覚オノマトペの分布図を提案した[8]．この図をもとに，WebMatopoeia では質感を大まかに網羅できるように，「ざらざら」「ごわごわ」「つるつる」「ぬるぬる」「さらさら」「かさかさ」「ねばねば」「がさがさ」というオノマトペ事例を用意している．具体的な背景と動きの例を2つ挙げる．

1 つ目に，「ざらざら」の表現例について述べる．「ざらざら」は触った感じが荒く，滑らかでない様子を表現するオノマトペである．具体的には，砂でできた壁面や猫の舌などの様子を表す言葉として使うことがある．WebMatopoeia では，背景のパラメータは『色の混ぜ方:5.383 / 凹凸の高さ:0.043 / 凹凸の方向:1 / 凹凸の幅:1.765 / 凹

凸の精密度合：3/ 凹凸のランダム性：0.0008』と設定した(図6)．また、カーソルの動きは『粗さ感：0.415/ 粘着感：0.09/ 粘性感：0.337/ 硬軟感：0』と設定した．

2 つ目に、「つるつる」の表現例について述べる．「つるつる」は動きや表面の状態が滑らかで、滑るような様子を表現するオノマトペである．具体的には、加工した木材の表面や大理石、金属などの様子を表す言葉として使うことがある．WebMatopoeia では、背景のパラメータは『色の混ぜ方：10/ 凹凸の高さ：0.028/ 凹凸の方向：1/ 凹凸の幅：1.765/ 凹凸の精密度合：1/ 凹凸のランダム性：0』と設定した(図7)．また、カーソルの動きは『粗さ感：0/ 粘着感：0.067/ 粘性感：0.484/ 硬軟感：0.22』と設定した．

3. システムの評価

3.1 評価方法

質感表現を検討する際のシステムの貢献度を検証するため、デザイナーとエンジニアの立場から Web サイトのコンセプトに合わせた質感を考えるワークショップを開催した．ワークショップでは、システムの貢献度、表現共有と合意形成の手法、オノマトペ事例の妥当性の3点を調査した．

ワークショップには21～24才の6組12名が参加し、1組ずつオンラインミーティングシステム上で Web デザイナー役と Web エンジニア役に分かれ、本システムを利用した．はじめに、参加者はシステムを用いずに Web サイトの質感を言語化する体験をした．次に、デザイナーのみに提示した Web サイトのコンセプトをもとに、2人で話し合いながら質感表現を検討した．参加者は、必要に応じて制作中のシステムを画面共有した．デザイナーに提示した Web サイトのコンセプトは、「クライアント側との話し合いで決定した内容」であるとして Web サイトの情報を与え、その要点のみをエンジニアに伝えてもらった．

3.2 結果

ワークショップへの参加者は、本システムを用いた制作体験後アンケートに回答した．アンケートでは、表1の項目について質問をした．

(1) 指定サイトの質感言語化体験について

まず、指定したサイトの言語化体験についてまとめる．

カーソルで独自の動きを実装している Web サイトを3つ提示し、参加者はそれぞれに対して、「自分が質感だと思う感覚」を言葉で表現した．参加者は、「ぬるぬる」「ざらざら」「ふわふわ」「すいすい」といったオノマトペや、「引かかるような」「ゆったりした」「滑らかな」などの様子を表す言葉、「氷の上のような」「宇宙っぽい」「風船みたいな」「紙や木っぽさ」といった比喻表現、「にぎやか」「楽しそうな」「神秘的」といった擬人化的表現などを用いた．

表1 アンケート項目

項目	種別	質問
Q1	言語化体験	(5段階評価)提示した Web サイトの言語化体験の難しさ
Q2	ワークショップでの話し合い	(5段階評価)WebMatopoeiaの有無で質感の考えやすさが変わったか
Q3		(自由記述)WebMatopoeiaをどのように使ったか
Q4		(自由記述)どのようなサイトの場合質感をつけやすいと感じたか
Q5		(自由記述)どのようなサイトの場合質感をつけにくいと感じたか
Q6	システム	(5段階評価)オノマトペでの事例が相談の参考になったか
Q7		(5段階評価)オノマトペの表現が自分の感覚に近いかどうか
Q8		(自由記述)システムの改善点や必要な機能

さらにこの言語化体験の難しさについて5段階の尺度で評価を得たところ、全員が難しいと思うことがあったと回答した．また、「同じ表現を使っている、サイトごとに自分の中の印象が少し異なっていた」という意見や、「そもそも、自分がどんな感触や印象を持っているのかに気づくことも難しい」というコメントがあった．

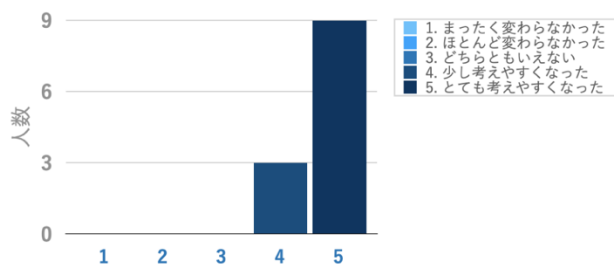
(2) ワークショップでの話し合いについて

続いて、ワークショップについてのアンケート結果についてまとめる．

「WebMatopoeiaを使用した場合、使わないときと比べて質感表現を考えやすさが変わったか」について聞いたところ、全員が「とても考えやすくなった」「少し考えやすくなった」のどちらかで回答した(図8)．

WebMatopoeiaをワークショップ内でどのように用いていたかについて尋ねる質問では、多くの参加者が、コンセプトの情報から想像したイメージに近いオノマトペ事例を参照し、そのパラメータを話し合いながら調整したと回答した．また、調整する際に「これよりこんな感じ」と自分のイメージや考えを伝えるための指針として用いたという意見もあった．実際にワークショップでも、参加者は複数のオノマトペ例を見比べながらその数値を参考にし、各パラメータの数値を小刻みに調整しながら表現を決定した．

どのような Web サイトの場合に質感をつけやすく、またはつけにくく感じたかについて、自由な記述を求めた．質感をつけやすく感じた Web サイトとして、そのモチーフとなる対象の質感が明確にわかるものを挙げる参加者が多かった．また、実際に自分で触ったことがあるものや、素材



WebMatopoeia の有無で質感の考えやすさが変わったか

図 8 Q2 への回答

のイメージがつきやすいものという意見もあった。それ以外には、「遅延や柔らかさを感じる動きはつけやすい」と、動き自体での表現のしやすさに注目する参加者もいた。「その Web サイトが楽しんでもらう目的であるもの」のように、サイト自体の目的に言及するコメントもあった。

逆に、抽象的なものや実際に触ったことがないものは質感をつけにくいとする回答が多かった。「モダン」、「シック」、「スタイリッシュ」といった雰囲気表現に用いる言葉をコンセプトとする場合も、似通った質感になると指摘する参加者もいた。動き自体に着目し、凹凸が少なく滑らかな質感の表現は難しいとする意見もあった。また、ワークショップ内の参加者同士のやりとりの中で、粘性感の数値が高い場合に「(動きが) 煩わしい」というような言葉や、複数の制作例を見比べた際に「これだとあまり違いがわからない」という発言が見られた。

(3) システムについて

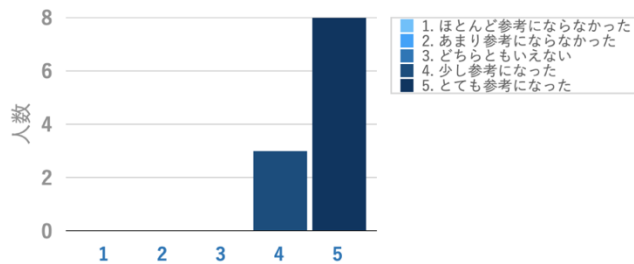
最後に、オノマトペ事例と、システムの改善点に関する内容をまとめる。

WebMatopoeia にあるオノマトペ事例が相談の際に参考になったかを尋ねる質問では、全員が「とても参考になった」「少し参考になった」と回答した。オノマトペごとの表現の自分の感覚との近さについては、全体の 4 分の 3 の参加者が「似ていると感じた」「大体似ていると感じた」と回答し、残りは「どちらともいえない」と答えていた(図 9)。また、「どちらともいえない」と答えた回答者 3 人のうち 2 人は、前の項目の「オノマトペが相談の参考になったか」という質問で「とても参考になった」と回答した。

システムに必要な機能として、制作した表現を共有する機能を挙げる参加者がいた。また、自分でオノマトペ事例のパラメータを設定したいという意見もあった。

3.3 考察

本研究では、デザイナーとエンジニアの間で質感表現を検討しやすくすることを目的に、表現検討ツールである WebMatopoeia を提案した。前節で述べた結果は、WebMatopoeia の利用により、質感表現の考えやすさが向上したことを示唆する。また、オノマトペによる事例が相談



オノマトペ事例が相談の参考になったか

図 9 Q6 への回答

の際に参考になったことも明らかになった。これらのことから、提案したシステム WebMatopoeia は、Pseudo-Haptics 的な質感表現の実装を検討する際、デザイナーとエンジニア間の認識共有と合意形成の補助になり得ると考察する。以下で、詳しい考察と得られた知見について述べる。

まず、質感の言語化とシステムの有用性について述べる。ワークショップの参加者は、質感の言語化を難しいと感じていたが、システムを用いることで質感を考えやすくなり、システム内のオノマトペの事例についても質感表現を考える際に参考になったと回答した。この結果は、WebMatopoeia は言語化の補助や、言語を介さずに相手に感覚を伝えるツールとして有用性があったことを示している。また、オノマトペごとの表現が自分の感覚と違う場合でも参考になったと回答する参加者がいたことから、システムのオノマトペ事例が二者間の共通認識としての役割を担ったとも考察できる。

続いて、質感を設計する手順について述べる。ワークショップでの様子やアンケートの回答から、与えた Web サイトのコンセプトから質感のイメージを考え、オノマトペ事例をもとに相談しながら調整するという使い方が多かった。背景やカーソルのパラメータの数値を互いに調整しながら意見を言い合い、最終的な表現へ落とし込む様子が見られたことは、システムが表現決定までの合意形成に役立ったことを示唆する。

最後に、カーソルでの質感表現に適した Web サイトの種類について考察する。具体的なモチーフがあり、その質感がイメージしやすいコンセプトのサイトや、手触り感や楽しさなどの体験を重視するものが特に適している。また、表現に煩わしさを感じるような、コンテンツ内容が重要で情報量が多いものには適していないといえる。具体的には、イベントの告知や商品の質感を伝えることを目的とする Web サイトには適しているが、公的なサイトやユーザの滞在時間が短いサイトには適していない。また、複数の商品の質感を表現するためには、表現の差異を重視し、多少の誇張が必要な場合がある。

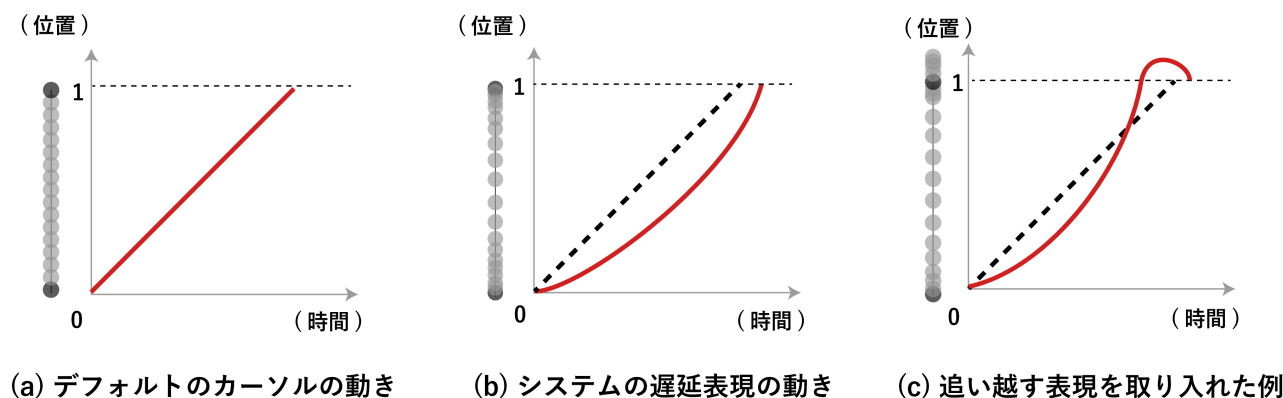


図 10 現在の遅延表現と追い越す表現の動き

4. 議論

4.1 システムの使いやすさの向上

ワークショップから、制作した表現例を共有する機能の導入をすることで、表現を検討しやすくなるが見込める。また、カーソルの動きの実装面でもシステムを活用することで、実用性が増す。

(1) 表現の共有機能

使用者が設定した数値を相手に共有する機能は、ワークショップでも要望する意見が多くあった。提案システムでは、口頭や画面共有によってそれぞれが設定した値を伝えていた。この仕様は1つのパラメータを調整し合う場合は問題がなかったが、与えたコンセプトに対して各々がイメージを考えて背景や動きを相手に伝える際には、全てのパラメータを1つずつ変更する必要があった。パラメータは、背景では色が2色と数値が6つ、カーソルでも4つの動きの要素があり、これらを全て自分の手で調整することを面倒に思う参加者が多かった。これを解決するための共有機能の実装として、2つの手法が考えられる。

1つ目は、ユーザが設定した複数のパラメータを json 形式で書き出し、受け取ったデータを読み込む機能を用意する方法である。この手法は実装として比較的容易であるものの、データを他のツールによって何度も送受信する必要がある上、データの書き出しや保存、読み込みを行わなければならないため、表現を何度も考え直す使い方には適していない。

2つ目は、パラメータが内包された状態でシステムを開くことができるリンクの形式で共有をする手法である。リンクとしての共有であれば、データの書き出しや読み込みの工程がなく、手軽に共有相手の設定を確認することができる。類似の例として、Adobe 社のデザインツール XD[9] や Figma[10]の共有リンク機能がある。また、これらのデザインツールでは、共有リンクとともに複数人の同時編集機能を備えているものも多い。WebMatopoeiaについても、リアルタイムな編集機能が適しているか検討する必要がある。

(2) ライブラリの制作

今回の提案では、質感表現の検討をする場合のみの使用を想定していたが、エンジニアが実装する際に同様の動きを表現するという目的についても応用可能性がある。

本システムでは、簡単なアルゴリズムを用いて揺れや遅延の動きを実装している。そのため、それぞれのパラメータに応じてエンジニアは容易に動きの実装と調整ができる。しかし、本システムとアルゴリズムを用いて同じ動きを実装するためには、専用のライブラリが必要となる。カーソル表現の適切さを検証した上で、指定したパラメータをもとにその動きを実装可能なライブラリを制作することを今後の課題とする。

4.2 個人の感覚に合わせたシステムの調整

本研究では、オノマトペで動きに名前をつけ、例としてまとめて標準化を図った。使用者であるデザイナーやエンジニアの感覚とは違う場合でも、動きの基準として用いることで、二者間の議論内での共通言語として役立った。本節では、更なる利便性のために共通認識となるオノマトペの事例を調整できる機能について議論する。

ユーザがオノマトペの事例を調整する際、現在掲載している例を修正する場合と、新しくオノマトペの例を追加する場合が考えられる。前者は、デザイナーとエンジニアが表現を自分たちの感覚に合わせることで、話し合いをしやすくするための調整である。また後者は、話し合いの中で何度も同じ動きを参照する場合や、微細な違いを相談する際に有効である。この調整を可能にするためには、現在の設定の変更と新しいオノマトペでの表現を保存するプリセット機能をつける必要がある。

また、ユーザの感覚に応じて、自動的にオノマトペごとの動きを設定する手法も検討する。坂本らは、実世界で触れる際の触感覚の個人差を可視化するシステムを提案した[11]。このシステムでは、予め用意された触素材マップにオノマトペマップを重ね合わせて表示し、ユーザが上に配置された複数のオノマトペを操作して最も適した素材へと移動することで、個人の触感空間を可視化する。また、坂本

らは、触感空間を可視化することで感じ方の個人差が減るとしている。この手法を応用すれば、デザイナーとエンジニアの触感空間に合わせて自動的に動きのパラメータを設定し、専用のオノマトペカタログを生成できる。また、ユーザごとに調整したカタログを共有することで、互いの感覚の違いを踏まえ、さらに表現を検討しやすくなる可能性がある。

4.3 表現可能性の拡大

提案システムでは、特に摩擦の大きい動きや柔らかさを表す動きを幅広く表現できる。しかし、ワークショップから滑らかで摩擦のないものは表現しにくいことが明らかになった。これは、滑らかな動きの表現は4つ全てのパラメータを0に近い設定にするほかなく、差が出にくいことが原因である可能性がある。

WebMatopoeiaでは、ランダムな位置への移動、定期的な遅延の付加、全体のカーソルの遅延、形状の変形具合を加味した上で、前のフレームでのカーソルの位置と現在の位置から次の位置を決定する実装をしているため(図10b)、本来のカーソル位置を追い越すような表現はできない。図10cの追い越す動きを取り入れることで、「つるつる」や「さらさら」のような摩擦の少ない動きの表現がしやすくなる。

4.4 背景画像の価値

現在のシステムで表現可能な背景の範囲には課題がある。背景での視覚的な質感表現は、カーソルの動きによる触覚的な質感イメージを補強する性質がある。ワークショップでも、背景表現を参加者自身が持つイメージに合わせてから動きを考える様子が多く見られた。このことから背景の表現はカーソルの動きを体験、調整する際のヒントになる。背景では、描画の照明による見た目の違いの考慮や、パラメータにより細かく凹凸表現を調整できる。しかし、パラメータベースのアルゴリズムによる生成は比較的無機質になるため、写真の利用やCGでより作り込んだ画像を使うパターンでは、体験が変質する可能性がある。

また、背景表現は設定せず、カーソルの動きのみに着目して話し合いを行う参加者もいた。特に、カーソルで触れる対象を具体的に設定し、その画像を背景に表示する想定では、大まかなイメージとしてのみ背景表現を用いていた。

いずれにしても、Pseudo-Hapticsにおいては目を閉じると感覚を提示できず、またカーソルの変形や遅延がギミックとしてはユニークであるが、背景なしでは擬似的なその対象らしい感触体験を提供しにくい。

5. おわりに

本稿では、WebサイトでのPseudo-Hapticsによる質感表現検討のためのツール「WebMatopoeia」を提案した。このシステムでは、パラメータ化した背景とカーソルの動きの要素を調整し、オノマトペによる具体例の提示を行うこと

で、認識共有時の正確性と伝えやすさの向上を目指した。システムを用いた表現事例を考えるワークショップでの様子から、WebMatopoeiaが認識の共有を補助し、合意形成に役立ったことを示した。また、本システムを用いた際の質感表現の制作プロセスについても分析を行った。これらの結果から、本研究における課題と展望を議論した。

参考文献

- [1] Lecuyer, A., Burkhardt, J., and Etienne, L: Feeling bumps and holes without a haptic inter-face: the perception of pseudo-haptic textures, CHI '04. ACM Press, pp. 239-246, 2004.
- [2] A. Lecuyer, J. Burkhardt and C. Tan: A study of the modification of the speed and size of the cursor for simulating pseudo-haptic bumps and holes; ACM Trans. Appl. Percept., Vol. 5, No. 3, pp. 14:1-14:21, 2008.
- [3] Keita Watanabe, Michiaki Yasumura. VisualHaptics: Generating Haptic Sensation Using Only Visual Cues, ACE2008, Proceedings of the International Conference on ACE2008, pp405, 2008.
- [4] 三菱UFJ銀行. “三菱UFJ銀行 | Recruiting Information”. <https://www.saiyo.bk.mufg.jp/>, (参照 2022-2-24).
- [5] 株式会社エムハンド. “M-HAND RECRUITING SITE.”. <https://www.m-hand.co.jp/recruit/>, (参照 2022-2-24).
- [6] Three.js. <https://threejs.org/>, (参照 2022-2-24).
- [7] Shogo Okamoto, Hikaru Nagano, and Yoji Yamada, Psychophysical dimensions of tactile perception of textures, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 6, pp. 81-93, 2013.
- [8] 早川智彦, 松井茂, 渡邊淳司. オノマトペを利用した触り心地の分類手法(<特集>アート&エンタテインメント2). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 3, pp. 487-490, 2010.
- [9] Adobe. “XD 選択したアートボードの共有”. <https://helpx.adobe.com/jp/xd/help/share-selected-artboards.html>, (参照 2022-2-24).
- [10] Figma. “Figma: the collaborative interface design tool”. <https://www.figma.com/>, (参照 2022-2-24).
- [11] 坂本 真樹, 田原 拓弥, 渡邊 淳司. オノマトペ分布図を利用した触感覚の個人差可視化システム. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 21, No. 2, pp. 213-216, 2016