

Augmented Typing: 映像と音の演出付与による キーボードタイピング体験の拡張

湯村 翼^{1,a)} 中村 聡史²

概要: 本研究では、キーボードに映像演出と音響演出を加えることによって、タイピング体験を拡張するシステム Augmented Typing を提案する。Augmented Typing では、キーボードの打鍵に合わせて映像演出と音響演出を付与することによってタイピング体験を拡張する。Augmented Typing のプロトタイプとして、プロジェクションマッピングを用いた映像演出と効果音を再生する音響演出を行うシステムを実装した。システムの効果を評価するため、演出に対する印象評価と、効果映像をアレンジする際の法則性の調査を行った。印象評価では、映像に比べ音響演出の方が印象評価のばらつきが大きく、映像演出の方が美しさが高く、音響演出の方が鬱陶しく感じるという傾向が現れた。効果映像のパラメータ調査でも一定の法則を示唆する結果を得た。

キーワード: キーボード, タイピング, プロジェクションマッピング, 印象評価

1. はじめに

PCの文字入力デバイスは、キーボードが長年の主流である。キーボードは毎日長時間使用するもののため、こだわりを持って使用している人も多く、キー配列、押下時の反発力、ストロークの深さ、打鍵音などのさまざまな条件から自分の好みにあったものを使用している。ソフトウェアエンジニアの間では特にその傾向が強く、Happy Hacking Keyboard[1] や Kinesis Contoured Keyboard[2] などの特徴的なキーボードを選択する人も多い。また、キートップを入れ替えたり、カバーを取り付けたりして自分好みにアレンジして使用することもある。

PCやスマートフォンでは、待ち受け画面の背景に好きな画像を設定したり、電話やメールの着信音を好きな音楽に設定するなど、ソフトウェアの面でのアレンジが普及している。また、ソフトウェアエンジニアが特によく使用する Emacs や Vim といったテキストエディタでは、設定ファイルを編集して見た目や機能をアレンジして使うことも一般的である。キーボードの特性やアレンジは、ハードウェアに依存しているが、ソフトウェアの面でアレンジすることができれば、より好みに合わせたアレンジが可能となる。

例えば、打鍵にあわせて音声ファイルを再生して打鍵音として好きな音を鳴らしたり、キーボード上に効果映像を表示したりするような新たなアレンジの方法も生まれる。

そこで、本研究では、キーボードに映像演出と音響演出を加えることによって、タイピング体験を拡張するシステム Augmented Typing を提案する。Augmented Typing では、キーボードの打鍵に合わせて映像演出と音響演出を付与することによってタイピング体験を拡張する。

Augmented Typing のプロトタイプとして、プロジェクションマッピングを用いた映像演出と効果音を再生する音響演出を行うシステムを実装した。システムの効果を評価するため、演出に対する印象評価と、効果映像をアレンジする際の法則性の調査を行った。

2. 関連研究

2.1 映像表示によるインタフェース拡張

キーボード上に映像を表示するデバイスおよびシステムは、過去にも提案され、市販されているものもある。Optimus[3] は、キートップに有機 EL ディスプレイが埋め込まれており、文字の言語を変えたり好きなアイコンを表示させたりすることができる。

Block et al.[4] は、通常の文字入力ではない機能をキーに与え、キーボードへのプロジェクションマッピングを行うことにより、入力インタフェースとしてのキーボードの機能拡張を行った。

¹ 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology

² 明治大学
Meiji University

^{a)} tsubasa.yumura@jaist.ac.jp

MacBook Proには、2016年モデルよりTouch Bar[5]が搭載された。Touch Barは、既存のキーボードやタッチパネル式ディスプレイとは異なり、限られた表示機能と入力機能を有し、使用するアプリケーションなどの状況によって機能を変化させる。

2.2 演出付与による体験拡張

本研究のプロトタイプ実装で使用するプロジェクションマッピングは、表示機能のない物体や建物の側面に映像を投影し、様々な演出を行う手法である。プロジェクションマッピングは、鑑賞するだけで楽しめる演出として用いられることが多いが、体験を拡張する手法としても用いられる。

映像装置としてのピアノ[6]では、ピアノの鍵盤の上部と下部のスクリーンに投影した映像に合わせてピアノが演奏されたり、演奏に合わせて映像が変わったりする演出手法が実現された。近年では、特定の視点から立体的に見えるような錯視を利用した映像をピアノに投影する事例もある[7]。卓球でラリーやバウンドにあわせて演出を付与するPingPongPlus[8]や、ビリヤードでショットにあわせて演出を付与するOpenPool[9]といった、スポーツでの体験拡張にも利用される。

打鍵に合わせて文字が飛び出る演出をプロジェクションマッピングで実装したMagic Keyboard[10]や、VR空間で実装したVisual IO[11]など、キーボードへの映像付与によりタイピング体験の拡張を行った事例もある。

2.3 演出付与による学習支援と作業支援

プロジェクションマッピングは、様々な技能の習得や作業支援にも利用される。Takegawa et al.[12]は、ピアノの習熟のため、鍵盤へのプロジェクションマッピングを行い、運指の監視によりピアノの習熟への効果を調べた。同じくピアノの習熟を目的としたP.I.A.N.O.[13]も、鍵盤および天板へのプロジェクションマッピングを行うシステムである。音楽ゲームのように、鍵盤に近づいてくる譜(矩形の領域)にタイミングを合わせて打鍵することで正しく演奏することができる。土井と宮下[14]は、プロジェクションマッピングを用いて箏の演奏を支援するシステムを提案した。Favnavi[15]は、机上での作業を真上から映像で記録し、別の人の作業実施時には机上に投影することで、作業手順の再現と伝達を容易にしている。Projectron mapping[16]は、プロジェクションマッピングで電子部品を仮想的に光らせることによって電子回路の学習を行うシステムを提案した。プロジェクションマッピングは、立体物の造作支援にも使われる。Yoshida et al.[17]は建築物の造作支援に用い、トイブロックの組み立て支援を行うStudI/O[18]や、粘土の造作支援を行うCrayMore[19]など、支援対象も様々である。

3. Augmented Typing

キーボードに映像と音の演出を付与することにより、タイピングの体験を拡張することをAugmented Typingと名付ける。PingPongPlus[8]やOpenPool[9]がスポーツに演出効果を付与して盛り上げたように、キーボードの打鍵に演出効果を付与し、タイピングという単調な作業に高揚感や心地よさを加えることがAugmented Typingが実現したいコンセプトである。

打鍵にあわせて音声ファイルを再生して打鍵音として好きな音を鳴らしたり、キーボード上に効果映像を表示したりするような新たなアレンジの方法も生まれる。

映像演出を付与すれば、打鍵にあわせてキーボードが光ったり、押下したキーを中心に波紋が広がったり、オブジェクトを撃ち出したりすることができ、タイピングで高揚感を得ることができる。音響演出を付与すれば、打鍵にSF風の効果音を加えて自分の好きな世界観に没入したり、動物の鳴き声を加えて癒やしを得たりすることができる。さらに、自分の好みにあった演出効果を選択して世界にひとつの自分のキーボードをつくりあげることで、所有欲も満たすことができる。設定ファイルをオープンソースとして公開したり、公開された他人の設定ファイルをさらに自分なりにアレンジし直すといったこともできるようになる。

Augmented Typingの概念を実現するためには、キーボードという入力装置に表示機能を付与する必要がある。本研究でのプロトタイプ実装は、次節で解説する通り、キーボードの上からプロジェクターで投影するプロジェクションマッピング方式を用いる。しかしこれは、Augmented Typingのコンセプトを実現する実装方法のひとつにすぎない。キーボードのキートップにディスプレイを搭載して映像演出を行うという方法や、キートップのみではなくキーボード全体をタッチパネル式ディスプレイにする方法も考えられる。Microsoft HoloLens[20]のような透過型ヘッドマウントディスプレイを使い、実空間には何も表示せずにタイピングしている人だけが演出を体感できるという手法も考えられる。

4. 実装

4.1 映像演出

Augmented Typingでは、キーの押下に合わせてキーの周辺に効果映像を表示する。効果映像は「粒子が飛び散る (particle)」「放射状の光線が出る (ray)」「文字が前方に飛び出す (character)」「波紋が広がる (wave)」「キー周辺に輝きが表示される (stellar)」の5種類を用意した。それぞれの効果映像は図1に示す。通常時はキーの枠のみを表示し、キー押下時に追加で効果を描画する。各演出で表示されるオブジェクトの色は、投影時に目立つよう白に近い色をランダムで選択した。

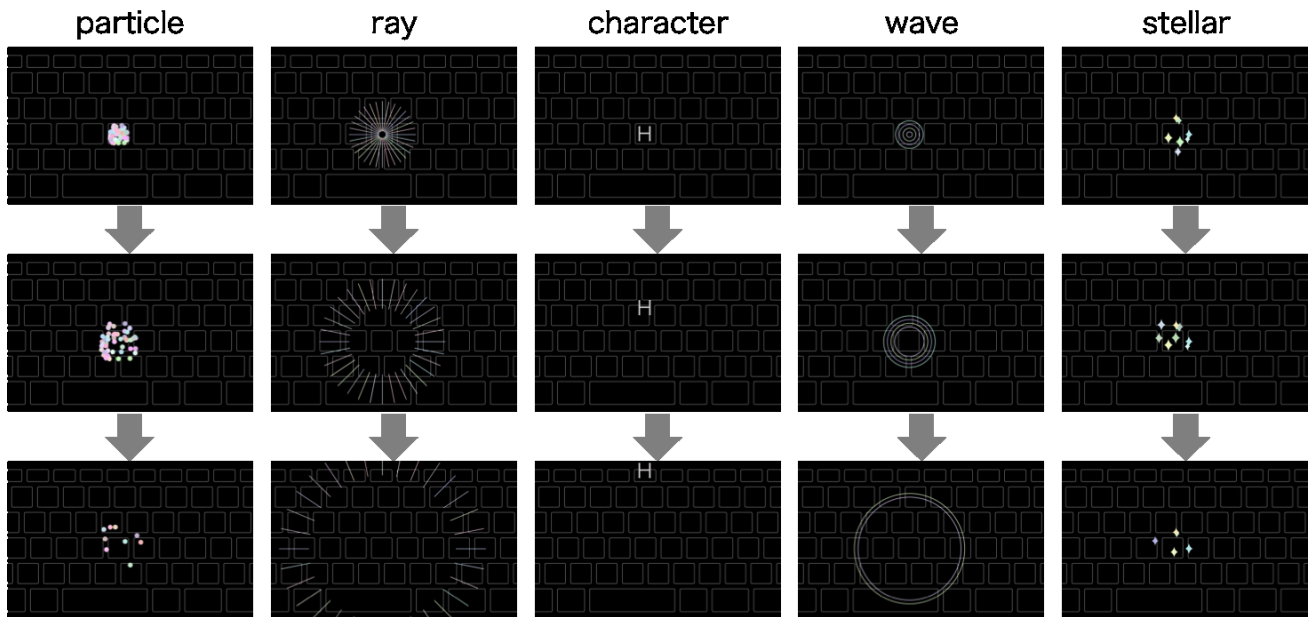


図 1 5 種類の映像効果. 3 枚の図は効果の時間経過を示し, それぞれ上から下へ進む.

表 1 効果音の音源.

種類	URL
keyboard	https://on-jin.com/o/100
typewriter	https://on-jin.com/o/201
digital1	http://www.kurage-kosho.info/mp3/button37.mp3
digital2	http://www.kurage-kosho.info/mp3/button38.mp3
wadaiko	http://soundeffect-lab.info/sound/anime/mp3/drum-japanese1.mp3
cat	http://pocket-se.info/se/cat3.mp3

4.2 音響演出

タイピング時の音響演出として, キーの押下に合わせて効果音を再生する. 効果音は「キーボードのタイプ音 (keyboard)」「タイプライターのタイプ音 (typewriter)」「低音の電子音 (digital1)」「高音の電子音 (digital2)」「和太鼓 (wadaiko)」「猫の鳴き声 (cat)」の 6 種類を用意した. 音源は, すべてフリー素材として配布されているもの (表 1) を利用し, 再生時間の長い音源はタイピングに合うようにトリミングした.

4.3 ソフトウェア

キー押下にあわせて映像演出の描画と音響演出の再生をおこなうシステムを, JavaScript を用い, 1 つの Web ページとして実装した. Web ページとして実装する利点は 2 つある. ひとつは, 利用する場合に特定の OS や特別なソフトウェアを必要とせず JavaScript が動作するブラウザがあればよいこと. もうひとつは, Web サーバで公開しておけ

ばインターネットに接続可能であればどこからでも利用可能ということである. ソフトウェアの実装は, GitHub にてソースコードを公開しており*1, Web ページとしてもアクセス可能である*2.

映像演出の記述には, JavaScript ライブラリ p5.js を用いた. p5.js は, Processing と同等の記法で記述できるライブラリで, 図形の描画が簡単にできるため演出映像の記述に向いている. キーの押下は p5.js の keyPressed() 関数の呼び出しでフックできる. 映像のフレームレートは 30fps に設定した.

演出を描画する部分の他に, ページ最上部にコントロールパネルを配置した (図 2). コントロールパネルは html のフォームのパーツで構成され, キーボードおよびマウスで操作することができる. 後述する評価実験で使用するため, 映像と効果音の種類の選択と, 映像演出のいくつかのパラメータのスライダーでの調整を可能とした.

4.4 ハードウェア

上述の演出システムを表示した PC をプロジェクタに接続し, プロジェクタを三脚で固定し, キーボードの真上から映像を投影する (図 3). キーボードは PC に USB 接続される. 効果音は PC から再生される. キーボードは Apple Keyboard テンキー付き JIS, PC は MacBook Pro Retina, プロジェクタは Dell M110 (明るさは 300ANSI ルーメン) を使用した (図 4,5). 投影時の解像度は 1280 × 720 である.

*1 <https://github.com/yumu19/augmentedtyping>

*2 <https://yumu19.github.io/augmentedtyping/>

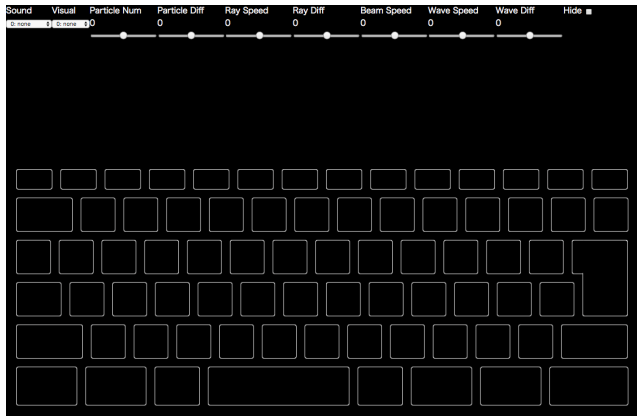


図 2 Web ページとして実装した演出システム.



図 4 システム構成の全体像

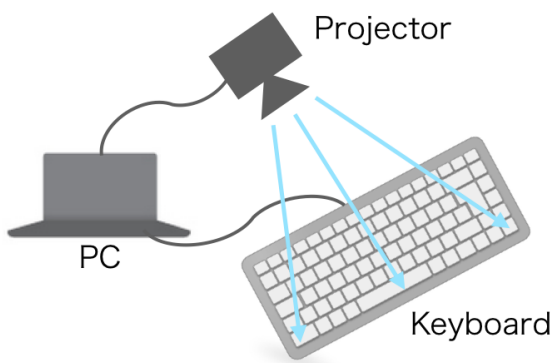


図 3 システムのハードウェア構成

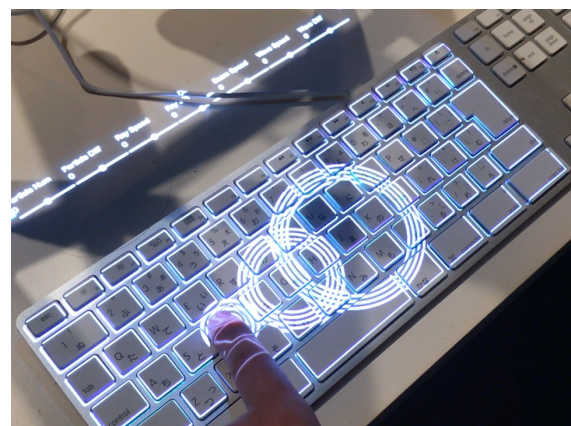


図 5 効果映像 (wave) を投影した様子

5. 評価実験

5.1 実験概要

演出付与がタイピングに与える影響を明らかにするため、評価実験を行った。実験内容は「印象評価」と「パラメータ最適化」の2つである。印象評価では、SD法を用いて7つの印象評価軸に沿って印象を選択する。パラメータ最適化では、効果映像のパラメータを調整し、最も心地よいと思ったパラメータの数値を選択する。被験者は、Augmented Typingを用いたタイピングを体験しながら、アンケート用紙に回答を記入する。上記に加え、全ての効果映像および効果音について、アンケートの自由記述欄を設け、印象評価軸にとどまらない印象についての意見聴取を行った。この自由記述欄への記入は任意とした。

実験は、情報系の大学生および大学院生11名を対象とし、大学内の学生居室で実施した。映像演出と音響演出の評価を独立して行うため、映像演出の評価時には無音、音響演出の評価時には効果映像なしとした。音響演出の印象評価時には、ヘッドホンを着用した。

5.2 印象評価

前節で紹介した5つの効果映像と6つの効果音について印象評価を行った。川崎と井手口 [21] では、動画映像から

受ける印象を14種類の項目から評価した。これを参考にし、本研究では、迫力、軽快さ、温冷、鬱陶しさ、美しさ、躍動感という7種類を印象の項目とした(表2)。印象評価はSD法により実施し、各項目は7段階リッカート尺度の選択肢とした。

表 2 印象評価の項目。

印象項目	評価尺度 (1~7)
迫力	迫力がない~迫力がある
軽快さ	重々しい~軽快
温冷	冷たい~温かい
鬱陶しさ	うっとうしい~うっとうしくない
美しさ	美しくない~美しい
躍動感	躍動感がない~躍動感がある
派手さ	地味~派手

各演出の印象評価結果を図6~7に示す。印象のばらつきを箱ひげ図で示した。映像に比べ音響演出の方が全体的にばらつきが大きく、印象の個人差が大きい。鬱陶しさ、美しさの2項目は、優劣がある印象項目であるが、いずれの項目も映像演出の方が評価が高かった。

各演出の印象の比較を図8~9に示す。映像演出に対する印象が比較的均等になっていることに対し、音響演出に

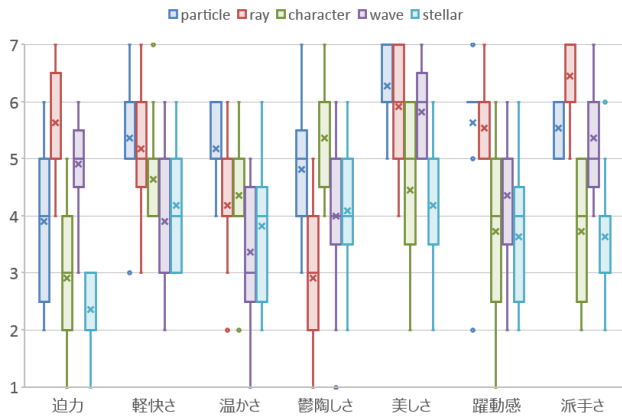


図 6 効果映像の印象評価の結果。直線の上下端は外れ値を除いた最大値、最小値、矩形の上下端は第三四分位点、第一四分位点、矩形内の罫線は中央値、×点は平均値。矩形外の点は外れ値を示す。

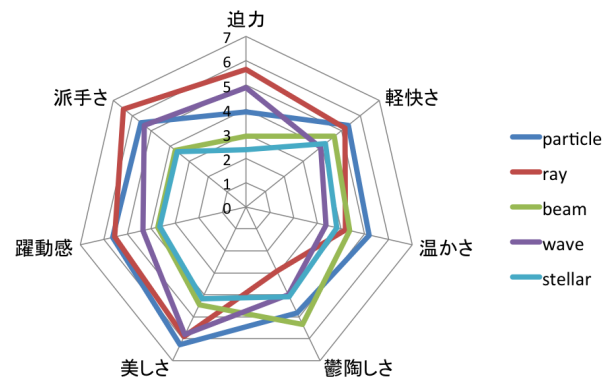


図 8 効果映像の印象の比較。

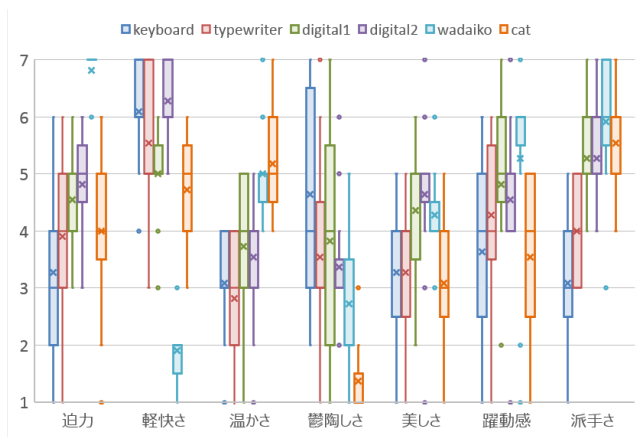


図 7 効果音の印象評価の結果。読み方は図 6 と同じである。

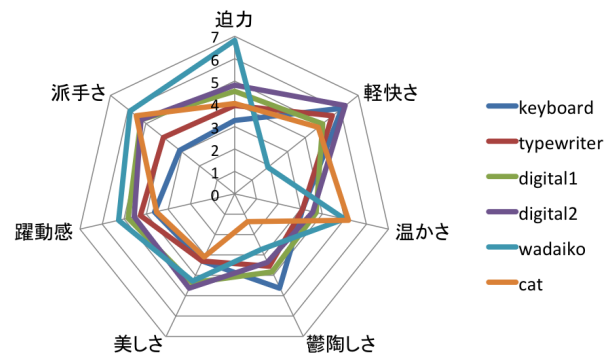


図 9 効果音の印象の比較。

対する印象は、効果音によって異なることが見て取れる。

5.3 効果映像の最適パラメータの調査

映像演出において、効果映像が与える影響の法則性を明らかにするため、心地よいと感じる効果映像のパラメータ調査実験を行った。

被験者は、効果映像のパラメータを変更し、もっとも心地よいと感じるよう調整した。パラメータ変更は、投影されたコントロールパネルのスライダーをマウスでドラッグすることで実施できる。最適化が終了したら、その数値をアンケート用紙に記入してもらった。

最適パラメータの調査は、particle, ray, character, wave の 4 つの映像効果を対象とした (表 3)。調整するパラメータは、粒子数、移動速度、拡散範囲のいずれかであり、映像効果によって異なる。

押下したキーを中心にして広がる映像効果は、キーからの位置がある閾値を超えると消滅する。この閾値のことを拡散範囲と呼び、単位は pixels。速度は、効果映像の一つのオブジェクトが単位時間あたりに移動する大きさで、単

位は pixels/frame。なお、キーボード全体がおおよそ解像度 1280 × 640 に相当し、効果映像の再生フレームレートは 30fps である。

particle では飛び散る粒子の数と拡散範囲, ray では光線が飛び散る速度と拡散範囲, character では文字が飛び出す速度, wave では波紋が広がる速度と拡散範囲を可変パラメータとした。

表 3 最適パラメータの調査で用いた効果映像とそのパラメータ

効果映像	パラメータ 1	パラメータ 2
particle	粒子数	拡散範囲
ray	速度	拡散範囲
character	速度	-
wave	速度	拡散範囲

各効果映像において、被験者が最も心地よいと感じたパラメータの値をプロットした結果を図 1 に示す。

particle(図 10) では、拡散が 100 前後のグループ (これをグループ A と呼ぶ) と、拡散が 110 以上の右肩上がりのグループ (これをグループ B と呼ぶ) の 2 つに分かれた。グループ A は、粒子数に依存せず拡散の範囲がほぼ一定なことから、拡散を重要視している層であることを示唆す

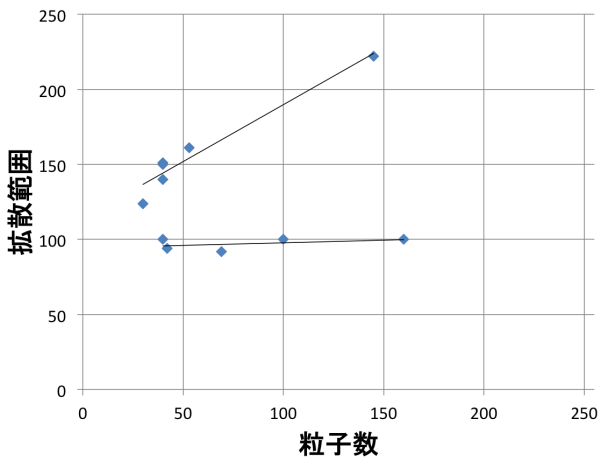


図 10 particle における粒子数と拡散範囲の最適値のプロット. グループ A(拡散範囲が 100 前後のグループ) とグループ B(拡散範囲が 110 以上の右肩上がりのグループ) に分けて線形近似を行った. グループ A の線形近似式は $y = 0.0349x + 94.332$ (相関係数 $R^2 = 0.19899$), グループ B の線形近似式は $y = 0.7593x + 113.96$ (相関係数 $R^2 = 0.94539$) である.

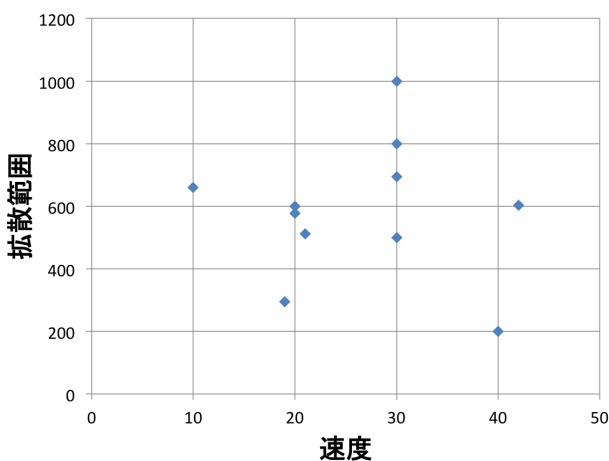


図 11 ray における速度と拡散範囲の最適値のプロット.

る. 一方, グループ B は, 拡散が粒子数に比例することから, 粒子の分布密度が一定になることを好む層であることを示唆する. ray(図 11) では, 特徴的な分布にはなっておらず, 特性を見出すことはできなかった. character(図 12) は, パラメータが文字射出速度の 1 つのみのため, 1 次元プロットで示した. 分布の偏りが少なく, 人によって傾向が様々であることが示唆される. wave(図 13) では, ややばらつきがあるものの, 相関係数 $R^2 = 0.31252$ の線形近似で表すことが出来る. 拡散範囲が速度に比例することから, 波紋の生成から消滅までの時間が印象に影響を与える要因となっていることを示唆する.

5.4 映像演出への感想

アンケートに記述された映像演出への感想を引用しながら,



図 12 character における速度の最適値のプロット.

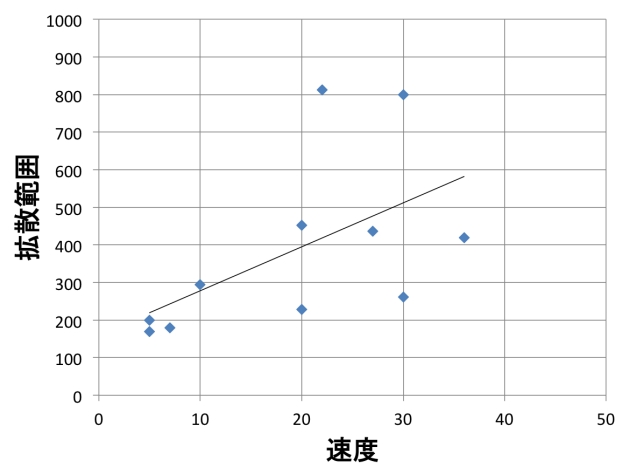


図 13 wave における速度と拡散範囲の最適値のプロット. 線形近似式は $y = 11.678xx + 161.39$ (相関係数 $R^2 = 0.31252$) である.

ら, 映像演出への印象や課題をまとめる. () 内は, どの効果映像に対して記述された感想かを示す.

効果映像が前方向への移動である character では

- 他のエフェクトに比べ, タイピングを阻害することなくエフェクトを楽しむことができて良かった. (character)

という感想があり, 効果映像の表示する位置や効果の進行方向によって阻害性が変わることが示唆している. 効果映像の移動がない stellar では

- もっと周りに広がっていくといいなと感じました (stellar)
- もう少し指からはなれてキラキラだったらよかったかも. (stellar)

という感想が挙げられた. 効果の位置と移動の有無は, タイピング体験にも影響を与えると考えられる.

阻害性は, Augmented Typing で想定していた懸念点のひとつであり, 実際に

- 範囲を広げすぎると, 他のキーが見づらくなる (wave)

という感想がいくつか挙げられた。

タイピングはキーボードの上に手を載せて行うため、

- 指にかくれてエフェクトが見えにくい 押した段階で上にキラキラがきて欲しい (stellar)

という、キーボード上に表示された演出が見えないという問題点も指摘された。

キーボードのタイピングは、熟練すると、手元をあまり見ずに打つようになる。そのため、付与した映像演出が目に入らないという懸念がある。実験でもその点に触れ

- 画面見ながら打つとどう感じるのか気になりました (all)
- キーボードを見ないで視界の端に少しうつるくらいだと楽しい (wave)

といった感想が挙げられた。

その他に

- 高速、広範囲だとタイピングをはやくするととても楽しかった (ray)
- 軽快なのがすごくよかったです。(ray)

といった好感触な感想が挙げられた。

5.5 音響演出への感想

アンケートに記述された音響演出への感想を引用しながら、音響演出への印象や課題をまとめる。()内は、どの効果音に対して記述された感想かを示す。

音響演出に対する好印象の感想として

- よくきく音なので、これこそキーボードを叩く音だになって感じます。(keyboard)
- iPhoneなどの仮想のキーボードとかにこういう音がつくと、打っている感じが出るので良い (keyboard)
- 作業がはかどるような感覚が得られそう。(keyboard)
- 見た目とすごくマッチしててよいです (digital1)
- 未来のPCを使っている感じがして楽しい。映画のワンシーンに入っている気分。(digital1)
- 未来感のある音とキーボードの見た目がマッチしていて、かなり気持ちいいフィードバックに感じました (digital2)

というものが挙げられた。これらの感想は、Augmented Typing がタイピング体験を実際に拡張していることがわかる。一方で、拡張によって違和感が発生した場合もあり、

- タイプライターの音がこのキーボードを打っているときに聴こえることに多少違和感がありました。(type-writer)
- このキーボードの見た目、UIからこの音が出る気がしないので違和感がありました。(digital1)

という感想も挙げられた。

映像演出では、タイピング時に手元を見ないことが懸念点であったが、音響演出ではその問題は解決され、

- ブラインドタッチでも楽しいので個人的には好き (all)

という感想が挙げられた。

映像演出で発生したタイピングの障害という問題点は音響演出でも同様にあり、

- たたくこと自体はたのしいが書くことを考えてタイピングするには不向きな気がした (wadaiko)
- やかましい (cat)

といった感想が挙げられた。特に wadaiko と cat でタイピングを障害するという感想が多く挙げられ、鬱陶しさの印象評価でもその傾向は見られた。

6. デモンストレーション

Augmented Typing を体験した際の反応を観察して意見や感想、課題を収集するため、イベントや学会など様々な場所で計8回のデモンストレーション展示を行った(表4)。

特別な背景知識や文脈を必要とせず、身近な道具であるキーボードを用いた展示であることから、老若男女問わず好印象の反応であった。特に子どもはタイピングに熱中し、長時間体験することもあった。日本国内にとどまらず、海外でも展示を行った(図14)。

さらに、効果映像の character に相当する、文字を打ち

表4 デモンストレーション展示を実施したイベント一覧。

イベント名	場所	展示日時
TMCN Vol.9	日本マイクロソフト本社	2014/10/01
GUGEN2014	富士ソフトアキバプラザ	2014/12/13-14
WIDE 合宿 2016 春	信州松代ロイヤルホテル	2016/03/10
Maker Faire Singapore 2016	Singapore University of Technology and Design	2016/06/25-26
NT 金沢 2016	金沢駅もてなしドーム	2016/07/16-19
Maker Faire Tokyo 2016	東京ビッグサイト	2016/08/07
秋葉原メイ カーズ倶楽部	mogura	2016/08/07
NICOGRAPH 2016	富山大学	2016/11/04



図14 Maker Faire Singapore2016 での展示の様子

出す演出を撮影し、その動画を Twitter に投稿したところ、35,000 以上リツイートされ、賞賛や驚嘆の反応が見られた。その時の反応をツイートまとめサイト Together にまとめた [22].

7. 議論

7.1 実装方法について

本研究ではプロジェクションマッピングを利用してシステムのプロトタイプ実装を行った。そのため、キーボードに投影するはずの効果映像が指に投影されてしまう。評価実験ではこの問題は特に指摘されなかったが、被験者が普段からプロジェクションマッピングの技術に慣れ親しみ特徴を把握しているため違和感を持たなかった可能性もある。また、現在のシステムではプロジェクターとそれを支える三脚が大きいので、日常で利用するには邪魔である。また、キーボード自体の価格に比べて非常に高価である。プロジェクターの小型化、短焦点化と低価格化が進めば、普及しやすくなるであろう。

キーボードのキートップにディスプレイを搭載して映像演出を行う場合、指に投影される問題は解決される。しかし、現在 Optimus[3] のように市販されているものもいくつかあるが、キーボードとしては高価なこともあり、普及しているとはいえない状況である。また、映像演出を付与できる領域がキートップに限られるという制約もある。

キートップのみではなく、キーボード全体をタッチパネル式ディスプレイにする方法も考えられる。スマートフォンやタブレット端末を使用する際など、タッチパネル式ディスプレイ上のソフトウェアキーボードでタイピングをする機会も増えてきた。また、それらの普及により製造コストも下がってきていることから、いまのキーボードに置き換わるキー入力専用デバイスとしてタッチパネル式ディスプレイによるタイピングの欠点は、押下感がなく、タイピングのリズムが狂ったり、タッチタイピングがしにくいことである。今後、押下感を擬似的に発生させる 3D Touch[23] などの技術の発展により、タッチパネルで押下感のあるタイピングができるようになるかもしれない。また、押下感の欠如を補う技術として Augmented Typing を活用することも考えられる。

7.2 タイピング学習支援への応用

PC 初心者がタイピングを練習する方法として、タイピングソフトの使用が一般的である。しかし、タイピングソフトは PC の画面を見ながら入力を行うものであり、タッチタイピングを習得する人には向いているが、初心者がタイピングを修得するためには必ずしも最善の方法ではない。Augmented Typing を活用すれば、初心者に適した新たなタイピング学習方法を提供できるかもしれない。

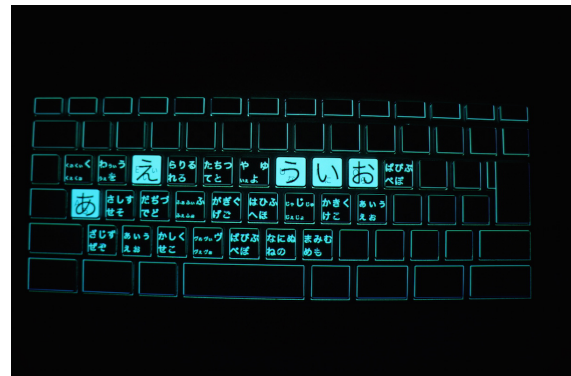


図 15 日本語入力支援システム

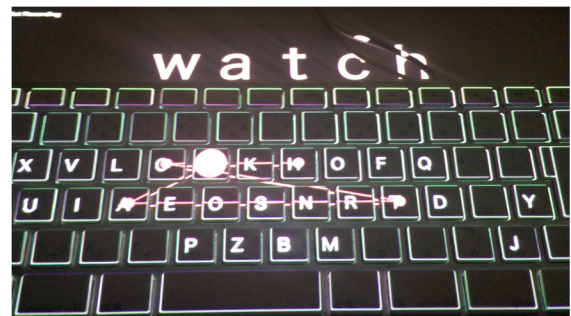


図 16 トポロジ表示によるタイピング学習支援システム

まず、Augmented Typing によりタイピング自体が楽しい体験となれば、初心者がキーボードに触れるきっかけとなる。さらに、Augmented Typing を活用したタイピング学習支援の例を 2 つ挙げる。ひとつは、日本語ローマ字入力において、キートップにそのキーを押下すると入力される文字を表示する支援システムである (図 15)。タイピング初心者の障壁となる日本語入力の学習を促進する。もう一つは、視覚情報によってタイピング学習を促進する支援システムである (図 16)。単語に含まれる文字のキー同士を線でつなぎ、単語をトポロジ (形状) で視覚的に把握することでキー配列の記憶定着を補助する。

なお、タイピング学習支援に関するシステムは、過去にもさまざまな研究で提案されている。辻本ら [24] は、拡張現実感を用いて、タイピング学習を支援するツールを開発した。田村ら [25] は、タイピング中の運指を認識しシステムを開発し、適切な運指でのタイピングの促進に対する効果を測定した。Imamura et al.[26] は、タッチタイピングの練習の際に手元を見ていないかどうかを視線の検知により判定した。

8. おわりに

本研究は、Augmented Typing という映像と音の演出付与によるキーボードタイピング体験の拡張を提案し、そのシステムのプロトタイプ実装を行った。5 つの効果映像と 6 つの効果音について 7 種類の軸で印象評価を行った。映像に比べ音響演出の方が、印象評価のばらつきが大きく、

美しさは映像演出の方が高く、音響演出の方が鬱陶しいという傾向が現れた。効果映像のパラメータを調整して最適値を探る調査では、particle では特定の拡散範囲によって心地よさが決まる群と粒子の分布密度によって心地よさが決まる群がいること、wave では波紋の生成から消滅までの時間が印象に影響を与えることを示唆する結果を得たが、より信頼性の高い法則とするにはさらなる調査が必要である。本研究の目的であった、演出付与がタイピング体験を拡張することがわかる感想が多数挙げられた。また、効果演出の表示の方向や移動の有無が印象に影響を与えることを示唆する感想も得られた。懸念していた通り、演出付与がタイピングの障害になる場合もあり、これは今後の課題として扱う。今後、印象項目や演出効果を増やして実験することにより、演出が与える印象や演出効果との関係性がより明らかになるであろう。

謝辞

実験において明治大学中村研究室と北陸先端科学技術大学院大学丹研究室のメンバーに協力頂いたことを感謝します。音響演出の効果音として、On-Jin~音人~様、くらげ工房様、ポケットサウンド様、効果音ラボ様制作の音源を利用させて頂いたことを感謝します。

参考文献

- [1] PFU: Happy Hacking Keyboard, <http://www.pfu.fujitsu.com/hhkeyboard/>.
- [2] Kinesis: Ergonomic keyboards and accessories, <https://www.kinesis-ergo.com/>.
- [3] Optimus: Optimus Maximus Keyboard, <http://www.artlebedev.com/everything/optimus/> (2008).
- [4] Block, F., Gellersen, H. and Villar, N.: Touch-display keyboards: transforming keyboards into interactive surfaces., *Proceedings of the 28th International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2010)*, pp. 1145–1154 (2010).
- [5] Apple: MacBook Pro - Apple, <https://www.apple.com/macbook-pro/> (2016).
- [6] 岩井俊雄: 映像装置としてのピアノ (1995).
- [7] faithroom: ピアノにプロジェクションマッピング — ラピュタ・アレンジ / Projection mapping on Piano "Castle in the Sky", <https://www.youtube.com/watch?v=vNcrJ97zdFo> (2014).
- [8] Ishii, H., Wisneski, C., Orbanes, J., Chun, B. and Paradiso, J.: PingPongPlus: design of an athletic-tangible interface for computer-supported cooperative, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit*, pp. 394–401 (1999).
- [9] Kato, J., Nakashima, T., Takeoka, H., Ogasawara, K., Murao, K., Shimokawa, T. and Sugimoto, M.: OpenPool: Community-based Prototyping of Digitally-augmented Billiard Table, *GCCE '13: Proceedings of the 2nd IEEE Global Conference on Consumer Electronics*, pp. 175–176 (2013).
- [10] Dubost, P.: MAGIC KEYBOARD, <https://vimeo.com/45154003> (2012).
- [11] hecomi: Visual IO - Concept of Mixed Reality-based Interface - YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=HC1WDhaDzO8> (2016).
- [12] Takegawa, Y., Tayanagi, E., Tsubakimoto, M. and Hirata, M.: Evaluation of a Piano Learning Support System Focusing on the Learning Process, *Proceeding of World Conference on Educational Media and Technology (EdMedia2013)*, pp. 2306–2314 (2013).
- [13] Rogers, K., Rohlig, A., Weing, M., Gugenheimer, J., Konings, B., Klepsch, M., Schaub, F., Rukzio, E., Seufert, T. and Weber, M.: P.I.A.N.O.: Faster Piano Learning with Interactive Projection, *Proceedings of the Ninth ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS 2014)*, pp. 149–158 (2014).
- [14] 土井麻由佳, 宮下芳明: プロジェクションマッピングによる箏演奏学習支援システム, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2017, No. 15, pp. 1–8 (2017).
- [15] Tsukada, K., Watanabe, K., Akatsuka, D., and Oki, M.: FabNavi: Support system to assemble physical objects using visual instructions, *Fab10* (2014).
- [16] Akiyama, Y. and Miyashita, H.: Projectron mapping: The exercise and extension of augmented workspaces for learning electronic modeling through projection mapping, *Proceedings of the adjunct publication of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology*, ACM, pp. 57–58 (2014).
- [17] Yoshida, H., Igarashi, T., Obuchi, Y., Takami, Y., Sato, J., Araki, M., Miki, M., Nagata, K., Sakai, K. and Igarashi, S.: Architecture-Scale Human-Assisted Additive Manufacturing, *Acm Transactions on Graphics*, Vol. 34, No. 4, pp. 1–8 (2015).
- [18] 橋本菜摘, 椎尾一郎: StudI/O: プロジェクションマッピングによるトイブロックの組み立て・記録支援, 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 12, pp. 2577–2588 (2016).
- [19] 若園祐作, 暦本純一: ClayMore: 粘土を用いた造形の支援, インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ 2014 (WISS2014), pp. 147–152 (2013).
- [20] Microsoft: HoloLens, <https://www.microsoft.com/hololens> (2016).
- [21] 川崎智博, 井手口健: 動画映像から受ける印象の因子分析と映像再生速度の各因子に与える影響 (研究速報), 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界, Vol. 85, No. 9, pp. 1022–1025 (2002).
- [22] yumu19: cyberkeyboard 反応まとめ - Togetter まとめ, <https://togetter.com/li/946782> (2016).
- [23] Apple: 3D Touch - iOS - Apple Developer, <https://developer.apple.com/ios/3d-touch/> (2015).
- [24] 辻本 進, 曾我真人, 瀧 寛和: 拡張現実感を用いたタイピングスキル学習支援環境の構築, 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, Vol. 111, No. 473, pp. 149–153 (2012).
- [25] 田村拓也, 曾我真人, 瀧 寛和: 運指の誤りの診断とアドバイスを与えるタイピングスキル学習支援環境, 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, Vol. 113, No. 67, pp. 29–34 (2013).
- [26] Imamura, T., NAGAI, T. and NAKANO, H.: A simple eye-gaze detecting function for touch-typing training system, *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE*, pp. 1–5 (2012).