

視線計測を用いた 音量を操作する BGM システムの提案とその活用

浅井斗真^{†1} 五十嵐悠紀^{†1}

BGM の音量は視聴者に盛り上がりや没入感を与えるための重要な要素である。しかし、活字の作品に BGM をつけようと思っても、音楽を自分で選択し、音量も都度操作する必要があるため煩雑である。そこで、活字を読みながら自動で音量を操作することができるシステムを提案する。音量を操作する判断として視線計測を用いており、ユーザの意図を入力できるインタフェースも備えた。アプリケーション使用例として、一人で小説を読む、他人に紙芝居を読み聞かせるという 2 つの場面を想定してプロトタイプシステムを実装した。

1. はじめに

映像作品において、BGM の雰囲気や音量は視聴者に盛り上がりや没入感を与えるための重要な要素である。しかし、我々が活字の作品に BGM を付けようとした時、雰囲気にあった BGM を付けるにはある程度読み進めた上で判断せねばならず、音量においても同様に読みながら操作しなければならないという問題がある。小説に BGM を付与する研究では、テキストデータから機械学習によって自動で雰囲気に適した BGM を提案する手法 [1] [2] などが用いられている。しかし、音量という面においては未だ議論されておらず、既存のリーダーシステム [3] でも手動で操作するというものが多い。これでは、ユーザが読書中に余計な操作、思考をする必要があり、BGM による盛り上がりや没入感といった効果に支障をきたしてしまうという問題がある。

そこで本稿では、テキストから BGM を自動で決定する機能に加え、読書中に自動で BGM の音量を操作することができるインタフェースを提案する。これらの機能は、ユーザが BGM を決定するために事前に小説を読む手間や、それによるネタバレを防止する目的がある。音量を操作する判断として、読書中のユーザに煩雑な操作をさせないために視線計測を利用した。アプリケーション使用例として、一人で小説を読む、他人に紙芝居を読み聞かせるという 2 つの場面を想定してインタフェースを組み込んだシステムを開発した。

2. 関連研究

書籍と BGM の関係についての研究はすでにいくつか行われている。山口ら [1] は、物語の印象に適した BGM を提案することで印象を強化するシステムを提案している。このシステムでは、文章の雰囲気やテンポの面から検討、提案している。また、物部ら [2] は、書籍のページごとに感情表現に関する語句を数え、最も多い感情に適した音楽を提案するシステムを開発している。草野ら [3] は読書を促進する目的の音楽付き読書アプリを提案した。このシステムでは、XHTML 形式

の書籍を読み込むことで、スマホアプリ等で閲覧することができる。これらのシステムでは、書籍の分析や BGM の提案、小説のリーダーとしての表示と BGM の再生を行っている。本システムでは、それらに加えて BGM の音量を自動で調整する機能を実装し、BGM の音量という面から書籍への没入度の検証を行う。

また、演劇を対象とした支援アプリケーション [4] では、台本に合わせて演劇の音響を設定し、その場で確認できる機能が実装されている。本システムでは書籍や紙芝居を題材としてアプリケーションを作成した。

視線計測を用いた研究も提案されている。田村ら [5] は、動画やテキストのコンテンツを閲覧している時に、ユーザの視線の動きに合わせて集中線やスポットライト等のエフェクトを付与することで、コンテンツの視聴体験を拡張する手法を提案した。また、山浦ら [6] は、ゲームプレイ等のインタラクティブなコンテンツを視聴しているユーザの視線に合わせてぼかしエフェクトを付与するシステムを提案し、その効果について検証を行っている。赤堀ら [7] の提案したシステムでは、映像コンテンツに対して視線移動が少なくなるように字幕を配置するために視線計測を用いている。これらのシステムでは、視線データをエフェクトや字幕などの座標を算出するために利用しており、本システムでは視線データをテキストコンテンツにおけるユーザの進行度を計測するために利用する。

視線計測を読書の支援に利用する研究 [8] では、読書中のユーザの視線を追跡し、読書が中断した際に、復帰箇所を文字の色を変えることで提示するシステムである。本システムでは、視線データで進行度を計測した上で、視線データの座標を BGM を操作する指標として利用する。

3. 視線計測を用いた音量の操作システム

本章では視線計測を用いた BGM 操作インタフェースについて述べる。小説に BGM を付与して一人で楽しむ場合と、紙芝居に BGM を付与して他人に読み聞かせる場合の 2 つのケースを想定して、それぞれプロトタイプシステムの実装を行った。以降、前者を「小説 BGM システム」、後

^{†1} 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科

者を「紙芝居 BGM システム」として紹介する。小説 BGM システムでは小説を一人で楽しむことを想定しており、複雑な操作やネタバレによってユーザの集中力や興味を妨げないよう、システム内でユーザに過度な操作を強いないように設計した。一方、紙芝居 BGM システムでは紙芝居を読み聞かせることを想定し、読み手のユーザは既に紙芝居の内容を把握していることを前提に、読み手の演出をより反映できるような編集機能を取り入れて設計した。なお、視線計測デバイスには Tobii Eye Tracker 4C を用いており、その実行環境を図 1 に示す。

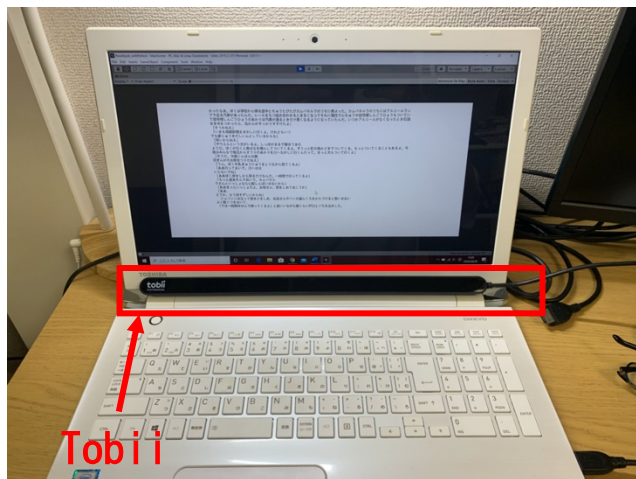


図 1 システムの実行環境

3.1 小説 BGM システム

小説 BGM システムでは、小説に自動で BGM を付与し、進行度によって音量を操作することで、より物語への没入感と臨場感が高まることを目的としている。

(1) ユーザインタフェース

小説 BGM システムは電子書籍の共通フォーマットである EPUB 形式のファイルの解析システムと、小説リーダーシステムの 2 つの構成に分けられる。図 2 に小説 BGM システム全体のフローチャートを示す。

解析システムは Python で記述した。選択された書籍データを章ごとに分割し txt ファイルとして出力、章ごとに雰囲気度を推定しデータを出力、の 2 つの役割を持っている。システムは起動するとファイル選択ウィンドウを表示する。ユーザがファイルを選択すると、解析を全て自動で行い、解析されたデータはリーダーシステム内の指定のフォルダ内に直接出力される。このため、ユーザは特別な操作をする必要はない。

リーダーシステムは Unity を用いて実装しており、文書データの表示、BGM の再生を行う。また、文書データに対して画面内に収まるよう、一定の文字数で改行コードを挿入、その後一定の改行コードごとにページとして分割する処理を行う。システム起動後、“はじめる” ボタンを押す

とデータを読み込み、リーダー画面へと移行する。図 3 にリーダー画面を示す。ユーザは BGM の付与された文書を読むことができ、ページは画面を上からスワイプすることでめくることができる。BGM の音量は視線データを元に進行度を判断し、自動で調節するようになっている。また、リーダーとしての機能を高めるために、指定したページに移動できる機能と、BGM の調整を手動に切り替える機能も実装した。

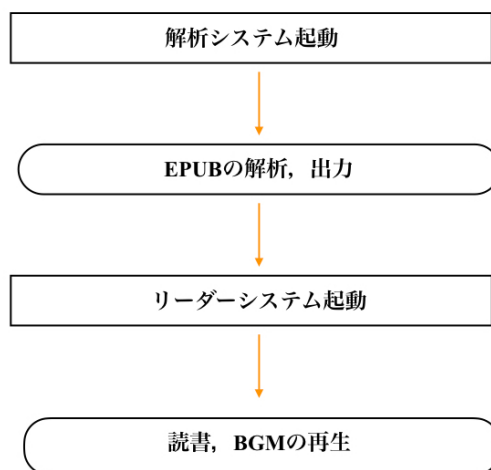


図 2 小説 BGM システム全体のフローチャート



図 3 小説 BGM システムのリーダー画面

(2) アルゴリズム

小説 BGM システムでは、読書の進行度を測定するために視線計測を利用している。リーダーが横書きとなっているため、進行度の判定には Y 成分を使用した。BGM の音量はユーザが進むにつれ徐々に増加していき、章の 8 割の部分で最大になるようになっている。最大になると、章の終わりで 0 になるよう減少していく。この 8 割という数値は、次章に示すユーザ実験による結果から設定した。また、音量の変動については、曲線的変動と直線的変動を検討したが、章全体を読むために必要な時間に対して音量の変化量を比べたときに、時間当たりの音量変化量（微分値）での差がほぼないため、小説 BGM システムでは直線の変動

で実装した。

3.2 紙芝居 BGM システム

小説 BGM システムがネタバレを防ぐために自動で BGM を設定したのに対し、紙芝居 BGM システムでは既に物語を把握している読み手がインタラクティブに BGM の音量を設定するインタフェースを提供した。一度物語を読んでいるユーザが演出を設定することで、聞き手に対してより没入感と臨場感を与えることが可能になる。

(1) ユーザインタフェース

紙芝居 BGM システムは、紙芝居のページ一覧画面、ページ編集画面、読み聞かせ画面の3つに分けられる。

ページ一覧画面を図 4 に示す。画面右上には、“はじめる”ボタンがある。“はじめる”ボタンを押すことで読み聞かせ画面へと移行する。画面左にイラスト、右にテキストが一覧となって表示されており、それぞれスライダーで表示位置を移動することができる。テキストはページごとにクリックで選択でき、選択した状態で画面右下の“編集”ボタンを押すことで、ページ編集画面へと移行する。



図 4 紙芝居 BGM システムのページ一覧画面

ページ編集画面を図 5 に示す。画面左上には編集方法の一覧、画面左下に編集時のパラメータ設定、右上には編集されているテキスト画像、その下には BGM の音量を表すグラフが表示される。コメント機能では、テキスト画像にメモを挿入する。再生、確認機能では、現在設定されている BGM を再生することができる。キーの追加機能では、BGM の音量を操作するグラフにキーを追加することができる。キーはドラッグすることで上下させ編集することができる。なお、グラフは横軸がテキスト画像の座標、縦軸が音量を示す。BGM の変更機能では、ページに設定されている BGM を変更することができる。画面右下の“終了”ボタンを押すことで、編集状態を保存し、一覧画面に戻ることができる。

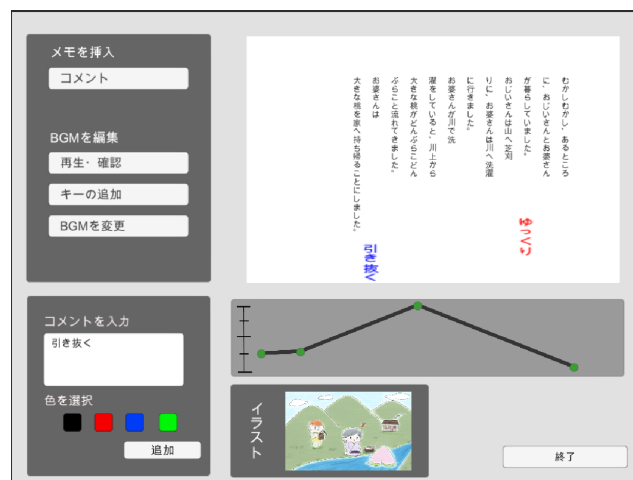


図 5 紙芝居 BGM システムのページ編集画面

読み聞かせ画面では、イラストが表示される聞き手側とテキストが表示される読み手側の 2 画面に分かれる。読み手側の画面を図 6 に示す。読み手は画面中央下のスライダー、または画面をスワイプすることでページをめくることができる。実際の紙芝居を再現するために、イラストは横にずれていき、途中で止める、一気に引き抜くといった演出も可能とした。BGM は編集画面で設定されていれば読み手の進行度に合わせて音量がつけられ、設定されていない場合は無音の状態となる。

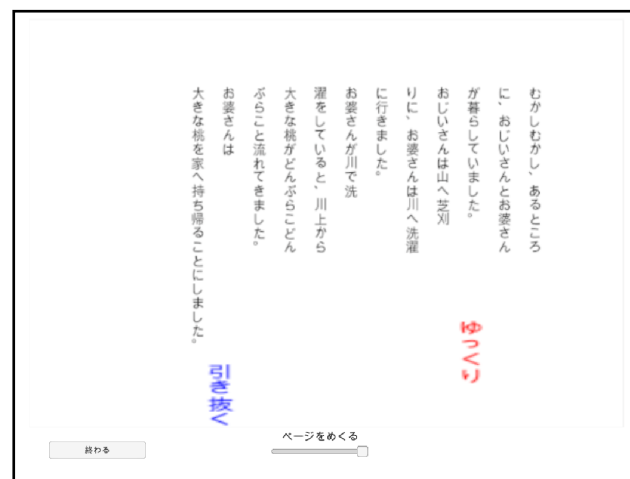


図 6 紙芝居 BGM システムの読み聞かせ画面 (読み手側)

(2) アルゴリズム

小説のシステムと同様に、視線データからユーザの進行度を測定する。本システムでは、テキストが縦書きであるため、 X 成分を用いる。音量にはページごとに、編集画面で設定されたグラフを利用している。

まず、編集画面にて入力されたグラフのキーの X 成分を全てグラフ座標からスクリーン座標へと変換する。次に、グラフの最も右のキーを 0 番目、最も左のキーを n 番目と

し、0 番目のキーと 1 番目のキーを繋ぐ一次関数を計算して保存する。つぎに 1 番目のキーと 2 番目のキーを繋ぐ一次関数を計算し保存、という計算を $n-1$ 番目のキーと n 番目のキーを計算するまで繰り返す。これらの一次関数の Y 成分が音量を示す値となる。読み聞かせ画面では、視線の X 成分から対応する一次関数に X 成分を代入し、音量を求めている。

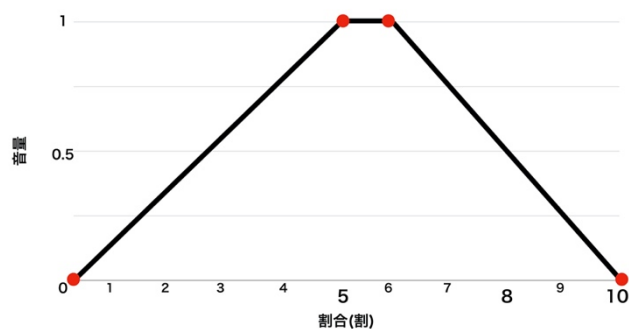
4. ユーザ実験

小説に付与した BGM の盛り上がりについての設定を行うためにユーザ実験を行った。

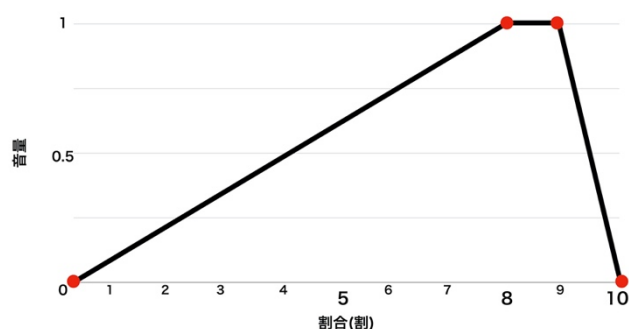
4.1 実験設計

ユーザ実験は遠隔で行った。実験設備を容易にするために視線計測デバイス Tobii の代用として、被験者自身の PC を用いてマウスカーソルで文章を追いつながりながら読んでもらい、マウスカーソルの座標 (x, y) データを視線計測データと見立てることとした。被験者は 20～24 歳の 11 名である。

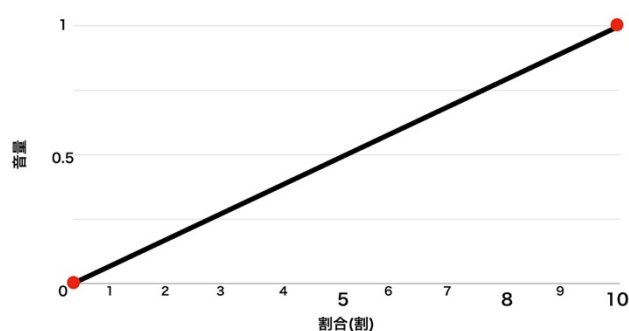
実験では、被験者に音量の変化する BGM を聞きながら小説を読んでもらい、その BGM と音量の変化のさせ方が文章の展開に対して適切かどうか回答してもらう。音量変化のパターンとして、(i) 章の 5 割のところで最大音量となるような BGM、(ii) 章の 8 割のところで最大音量となるような BGM、(iii) 章の 10 割に向かって最大音量となるような BGM、の 3 パターンを使用した (図 7)。また使用した音楽は、(A) 明るい音楽、(B) 不安な音楽、(C) 感動的な音楽、(D) 緊張感のある音楽の 4 パターンで、その BGM に適切な文章の箇所として、それぞれ、(A) 明るいシーン：宮沢賢治の小説「銀河鉄道の夜」、(B) 不安なシーン：夢野久作の小説「ドグラ・マグラ」、(C) 感動的なシーン：堀辰雄の小説「風立ちぬ」、(D) 緊張感のあるシーン：チェーホフアントンの小説「決闘」を読んでもらった。文章の選定が適切かどうかの判断は 3 章にて述べた EPUB ファイル解析システムの結果を参考にした。これらの文章は「物語のピークが 7～10 割の箇所にある」という基準で選定した。全部で 12 回、小説を BGM 付きで読んでもらい、その順番はランダムとした。満足したかどうかを 5 段階のリッカート尺度で回答してもらった。(5 に近い方が「適している」、1 に近いほうが「適していない」とする。)



(i) 章の 5 割のところで最大音量となるような BGM



(ii) 章の 8 割のところで最大音量となるような BGM



(iii) 章の 10 割に向かって最大音量となるような BGM

図 7 BGM の音量

4.2 実験の結果

前節の実験の結果を図 8 に示す。5 の回答の数に注目したとき、明るい小説を除いた 3 つでは 8 割が最も多い。このことから物語を盛り上げるには 8 割の箇所が適していると考えられる。また、8 割、10 割、5 割の順番で適していると回答されていることから、物語のピークと BGM の盛り上がり一致しているほど、ユーザは「適している」という感想を持つということがわかる。

(A) 明るいシーンの小説の結果において、割合に関係なく「適していない」という回答が多いことから、この小説において、BGM を操作してしまうことでむしろ読書を阻害してしまっている可能性がある。また、割合ごとで回答に差があまりないことから、盛り上がりの度合いが少なけれ

ば、BGMの音量の影響は小さくなると考えられる。

(B) 不安なシーンの小説の結果より、各割合の「適している」の回答の数を合計した時、全文章の中で最も高い数値となっている。また、各割合に一定数「適している」という回答がついている。これらのことから、文章とBGMの適合具合が他の文章よりも高かったのではないかと考える。

(C) 感動的なシーンの小説において、文章の後半のほとんどを長い台詞が占めている。これはつまり、ピークが長く続いているということができ、その結果8割と10割で「適している」の回答数が一致したと考えられる。

(D) 緊張感のあるシーンの結果を見てみると、他の文章に比べて割合ごとで違いが最も顕著に表れていることがわかる。これは、文章の盛り上がる箇所がハッキリしているため、BGMの影響がより強く表れたと考えられる。

4.3 実験からの考察

ユーザ実験の際に、被験者が自由に意見を記入できる欄を設けた。その結果からの考察を述べる。

得られたフィードバックのうち、「BGMが大きくなりすぎると騒々しさを感じてしまう」、「音量の変化が大きすぎるとそちらに気を取られてしまう」といった、最大音量に関する意見が多く得られた。これは、ユーザに対してあらかじめ音量を体験させていなかった点、ユーザの使用するPCの音量出力設定を考慮していなかったことが原因と考えられる。これらの問題は、ユーザが最初に最小音量と最大音量を設定できる機能を設けることで解決できると考える。

次に、BGMの盛り上がるタイミングについての意見も多く得られた。「盛り上がっていない箇所でも盛り上がって欲しい」、「行間での展開の変化にも対応して欲しい」といった意見は、BGMの操作は割合ではなく、各文章に合わせたより正確な分析が必要であると示唆している。

総じて、BGMの音量によって小説が印象的になったという意見が多く得られた。しかし、適さないBGMをつけてしまうことによって小説の印象を損なってしまう恐れがあるのではないかと指摘もあった。このことを踏まえると、より正確なテキスト解析とBGMの選定、そして音量操作が可能なシステムが必要になる。

4.4 プロトタイプシステムの改善

ユーザ実験で得られたフィードバックをもとに、小説へのBGM付与システムについて改善を行った。ユーザが予期せぬ音量によって文章に集中できないという問題を解決するために、システムの初めに最小音量と最大音量を設定できる機能を追実装した。この機能によって、予期せぬ音量による読書の妨げや、PCの音量出力を調整する手間を解決することができた。

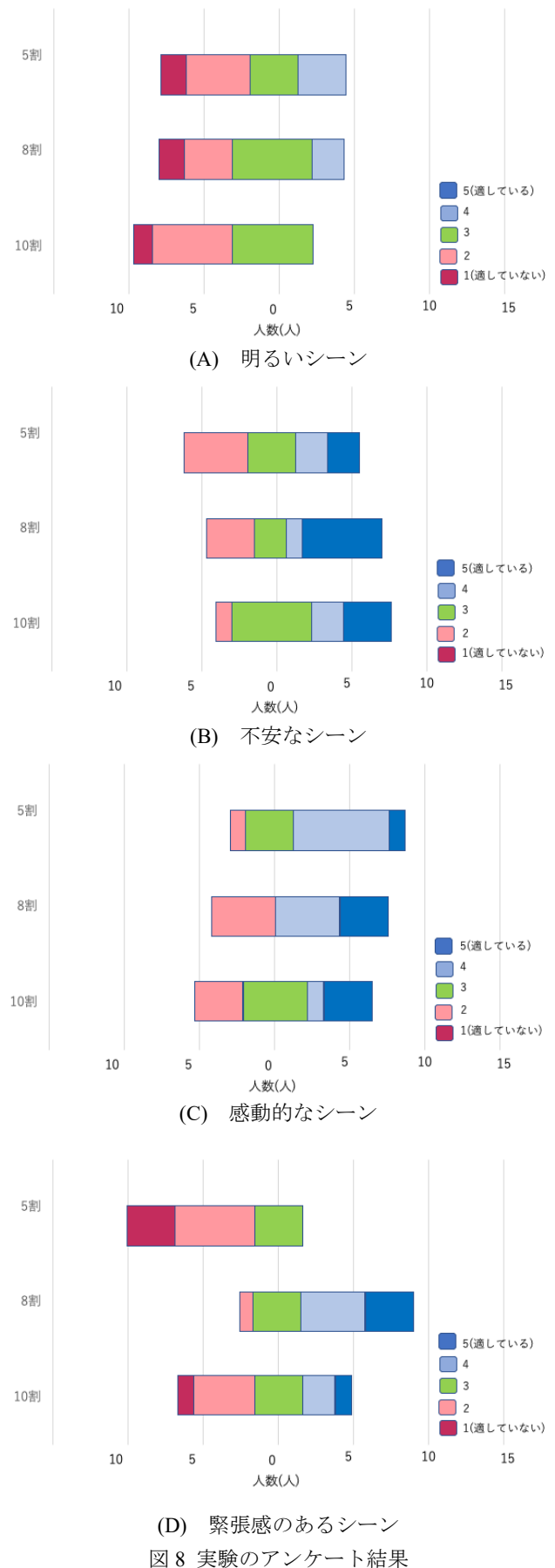


図8 実験のアンケート結果

5. まとめと今後の課題

本稿では活字の作品にBGMを付与する際に、より没入感を与えるために音量も含めて制御することを提案し、プロトタイプシステムを作成した。活字を読みながら自動で音量を操作するための判断として視線計測を用いて、ユーザの意図を入力できるインタフェースも備えた。プロトタイプシステムはアプリケーション使用例として、一人で小説を読む、他人に紙芝居を読み聞かせるといった2つの場面を想定して作成した。ユーザ実験から物語の盛り上がりとBGMの盛り上がりが合致した時、臨場感や没入度を向上させることができるということがわかった。

今後は、より臨場感のある BGM の演出を可能とするために、活字を解析することで文章の重要な盛り上がりを判別するシステムとの連携を検討している。また、小説を読み終えた後に、ユーザが BGM を修正できる機能を実装することで、再度閲覧する際にはより自分好みとなった BGM の演出を体験することが可能であると考え。さらに、ユーザが BGM の演出を行った小説や紙芝居をインターネット上で他のユーザと共有できる機能を実装することで、自分の好きな演出の作品を探す楽しみや編集する楽しみを提供できると期待する。

謝辞 ユーザ実験に参加して頂いた皆様、紙芝居のイラストを描いてくれた中島萌子氏に感謝する。

参考文献

- 1) 山口元気, 米村俊一: 電子書籍における物語の印象を強化する BGM 自動再生システム～プロトタイプシステムの開発と有効性評価～, ヒューマンインタフェース学会 ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.19, No.11, pp.69-74 (2017).
- 2) 物部寛太郎, 高橋淳也, 関将太: 電子書籍の内容に適した音楽再生システムの開発, 第 5 回情報処理学会東北支部研究会, Vol.2012-4 (2013).
- 3) 草野有沙, 西由佳梨, 北原鉄朗: 読書を促進する音楽付き読書アプリの提案, 情報処理学会第 80 回全国大会 第 80 回全国大会講演論文集, Vol.2018, No.1, pp.187-188 (2018).
- 4) 中條早織, 豊田裕也, 北原鉄朗: Android 端末を用いた演劇支援のための Unity3D アプリケーションの開発, 情報処理学会第 78 回全国大会 第 78 回全国大会講演論文集, Vol.2016, No.1, pp.591-592 (2016).
- 5) 田村柁優紀, 中村聡史: 視線とコンテンツ分析に基づくエフェクトの追加によるコンテンツ閲覧体験拡張, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集, Vol.2015, pp.509-517 (2015).
- 6) 山浦祐明, 中村聡史: 視線に追従するぼかしエフェクトがビデオゲームの体験に及ぼす影響の調査, 情報処理学会研究報告 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, Vol.2019-HCI-182, No.18, pp.1-8 (2019).
- 7) 赤堀渉, 平井辰典, 森島繁生: 視線追跡データから算出された注目領域に基づく視線移動の少ない字幕配置法の提案と評価, 第 38 回情報処理学会エンタテインメントコンピューティング研究会, Vol.2015-EC-38, No.8, pp.1-6 (2015).
- 8) 今村真: 視線追跡による読書支援に関する研究～アンビエント・インタフェースの試み～, 早稲田大学理工学術院基幹理工学