

音階・音圧・音色を，色の要素に変換するペイントアプリケーションの開発

吉田周生^{*1} 鶴岡将大^{*1} 角田真和^{*1} 轟翔貴^{*1} 佐野昌己^{*1} 川合康央^{*1}

Development of a Painting Application that Converts Musical Scales, Sound Pressure and Timbre to Elements of Line Thickness and Color.

Shusei Yoshida^{*1}, Masahiro Tsuruoka^{*1}, Mao Tsunoda^{*1}, Shouki Todoroki^{*1}

Masami Sano^{*1}, and Yasuo Kawai^{*1}

Abstract - It is known that early childhood music education has a positive influence on the brain.

Therefore, we thought that music education could be incorporated into usual play, and developed a new drawing application. This painting application can draw by converting the frequency of sound to color and the size of sound to the width of a line. However, as a result of several user tests, I found it better to focus on art direction than education. Therefore, we newly added an analysis of tone color as an element of sound, assigning tone color as hue, frequency as lightness, sound pressure as change in chroma, and improved to a system that can change color more intuitively. In addition, at first it was only development of personal computer version, but also made tablet version more convenient to enjoy more than adding.

Keywords: Sound, Musical Scale, Frequency, Paint Application, Tablet

1. 研究背景と目的

本研究では，まず幼児期における音楽教育が脳に良い影響を与える点に着目した^{[1],[2]}．幼児期に音楽教育を行う主たる方法として，歌を歌う，楽器を演奏する，音楽を聞く，などが挙げられる．しかし，幼児の自らが興味のない事象に対する集中の継続は，一般的に難しいものとなっている．そこで我々は，音楽教育を，幼児が日常的に行う遊びの中に取り込めないかと考え，数ある遊びの中から幼児期に行う一般的な遊びとして，お絵かきを対象として選択し，システムの開発を行った．

本システムでは，音の要素である周波数を色の RGB 値に，音圧を線の幅に変換したのち描画する手法を採用した．このことによって，聴覚的に色の変化を，視覚的に音の変化を感じ取り音楽学習をより直感的に行うことができないかと考え，開発を行った．

開発したシステムに対して，質的インタビューによる簡易ユーザーテストを行った結果，本システムは幼児向けの音楽教育だけに対象を絞るのではなく，これをより一般的な方向として，アーティスティックな描画ツールとしての側面に展開したほうが良いのではないかと考えられた．このアーティスティックな面を強化するに至った大きな要因として，ユーザー評価の多くが音を色に変換するという部分についてであったことが挙げられる．また，当初目的を幼児の音楽学習のためのコンテンツ制作としていたため，12 音階を 12 色にのみ変換するというシステムとして設計開発を行ってきたが，一般的な描

画ツールとして扱うには色彩表現の幅が限定されていたものであった．そこで我々は，音楽教育という側面を残しつつも，色を圧倒的に増やすという目的から，12 音階の 1 音階の間をさらに細かく分けることによって，より多くの色相表現を可能なものとした．この段階で再びユーザーテストを行った結果，前回より評価が上がったように見えたが，音楽教育ツールという側面を残したことがインタフェース設計等に曖昧な要素を残すこととなったため，いずれかの目的に特化したほうが良いのではないかという評価結果となった．

これらの結果を踏まえ，本稿では音楽教育という側面を外すことによって，描画に特化したペイントアプリケーションとしてシステムの開発を進めた．まず，色の表現に対しての改良を行った．色の表現を RGB 値から，より人間の直感的な色理解に対応した HSB での表現に変更した．音の三要素を色の三要素に変換することとして，音色を色相，音圧を彩度，周波数を明度と対応させることによって，色彩の変化を表すものとした．またプロトタイプで扱っていた線幅の表現は，パラメーターの値をユーザーが決める形に変更した．

さらに，SNS 等で画像をインターネット上で共有する社会的背景を踏まえ，本コンテンツでは Twitter と連携することによって，画像を簡単に共有できる機能を追加した．

また本コンテンツは PC バージョンとタブレットバージョンの二つのシステムを開発し，より直感的な操作方法を提案した．

^{*1}:文教大学 情報学部 情報システム学科

^{*1} Faculty of informatics, Department of Information Systems, Bunkyo University

2. 開発とユーザーインターフェース設計の手法

2.1 色の設定

本コンテンツは、マイクからの音声入力信号を解析することによって、周波数、音圧、音色の値を出している。開発手法として、大浦^[3]が公開している実離散フーリエ変換のフリーソフトを利用し、出された値をさらに色や太さといったものの数値に変換することで、描画を可能なものとした。当初、色へのデータ変換は、音楽教育を前提にしてシステム設計を行っていた。そこでは、12 平均律 1 度を 251Hz とした音階の流れの中で、251Hz の色相を赤とし、音階が 1 度上がるごとに色相を 12 色相環のルールに伴い変化させる手法を採用した。そのうえで、音階の 1 度 1 度の間の数値をさらに細かく分け、色相も滑らかに変化させるように設定した（表 1）（図 1）。

しかし、上記の通り教育という前提で開発を進めていたため、色の変化の基準色を 12 色相とした RGB 値の変化を設定していたが、アート面を強化するため色の変化を HSB 値で設定した。このことにより単純な色相変化だけではなく彩度、明度の変化も設定できるようにすることによって、ユーザーがより直感的に色の変化を表現することが可能となった。

さらに、プロトタイプでは色の変化を周波数の値の変化のみで表現していたが、直観的かつ幅広く色の変化をさせるために、HSB それぞれに音の変化の値を配置させて、色を変化させる手法に切り替えた。この三つの色の値に周波数、音圧、音色をそれぞれ割り当てることとした。まず、これまでのプロトタイプで使用していた周波数を色相の変化として扱ったものを開発した。しかし、この設定ではわかりにくいという評価結果が出たため、音圧を彩度、周波数を明度、音色を色相の変化に割り当てて行うこととして開発を行った。

この値に設定するに至った背景として、ユーザーテストの評価結果を受けた点がある。様々な人に使用してもらった結果、従来の方式の場合では、なぜこのような数値設定方式をとったのかわかりづらい、という意見が多く得られた。それとともに、周波数の高低で明暗の表現ができないのかといった意見も多く見られた。そこで今回のコンテンツでは、周波数を明度に設定することとした。

さらに色相を音色と結びつけた理由として、自由に色を変えてお絵かきを体験してほしいといったことがある。HSB 値で分ける場合、明度は暗いと明るい、彩度は鮮やかと鮮やかではない、といった明確な結果として二分できる要素であるのに対し、色相だけは二分して決めることができない値である。そのため、自由に変化させることができる幅を持たせたいということから、色相変化に音色を採用することとした。

表 1 プロトタイプの色への変換

Table 1 Conversion of prototype to color

最低値 (Hz)	最大値 (Hz)	R値	G値	B値
287.66	293.66	255	255	0
309.13	315.13	127	255	0
330.63	336.63	0	255	0
341.23	347.23	0	255	127
363.99	369.99	0	255	255
384.59	390.59	0	127	255
416.89	422.89	0	0	255
438.43	444.43	127	0	255
459.16	465.16	255	0	255
492.26	498.26	255	0	127
524.25	530.25	255	0	0
556.25	562.25	255	127	0
589.37	595.37	255	255	0
621.33	627.33	127	255	0
655.25	670.25	0	255	0
696.26	702.26	0	255	127
639.46	745.46	0	255	255
782.99	788.99	0	127	255
826.99	732.99	0	0	255
879.61	855.61	127	0	255
933.69	939.69	255	0	255
987.33	993.33	255	0	127
1052.77	1058.55	255	0	0
1181.73	1187.73	255	127	0
1245.66	1251.66	255	255	0
1321.51	1327.51	127	255	0
1369.51	1402.51	0	255	0
1482.91	1488.91	0	255	127
1568.98	1574.98	0	255	255
1655.98	1661.98	0	127	255
1762.22	1768.22	0	0	255
1870	1876	127	0	255
1978.66	1987.66	255	0	255
2096.53	2102.53	255	0	127
2225	2231	255	0	0



図 1 プロトタイプで描かれた絵

Figure 1 Pictured on Prototype

2.2 音声の解析と色への変換

本コンテンツのプロトタイプでは、音の解析として周波数と音圧の二つの値のみとしていたが、改良をしたシステムでは、この二要素に加え音色の解析も含み開発を

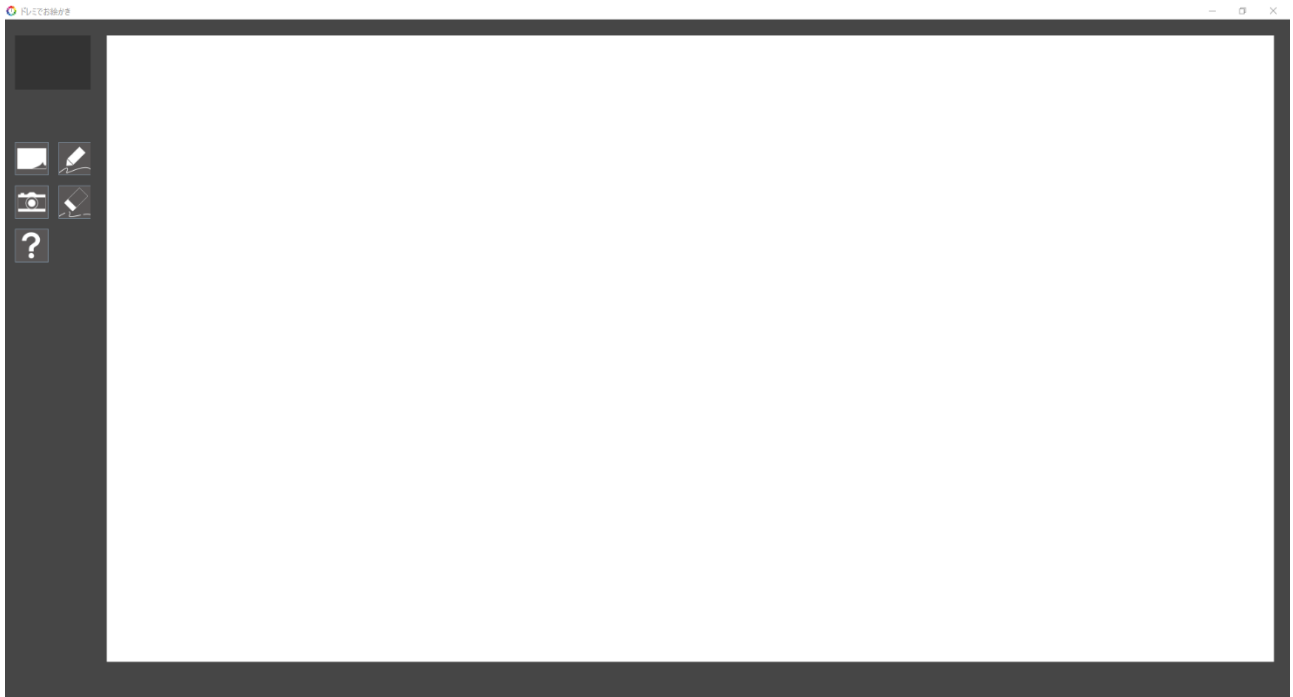


図2 改良版のユーザーインターフェース

Figure 2 Improved user interface

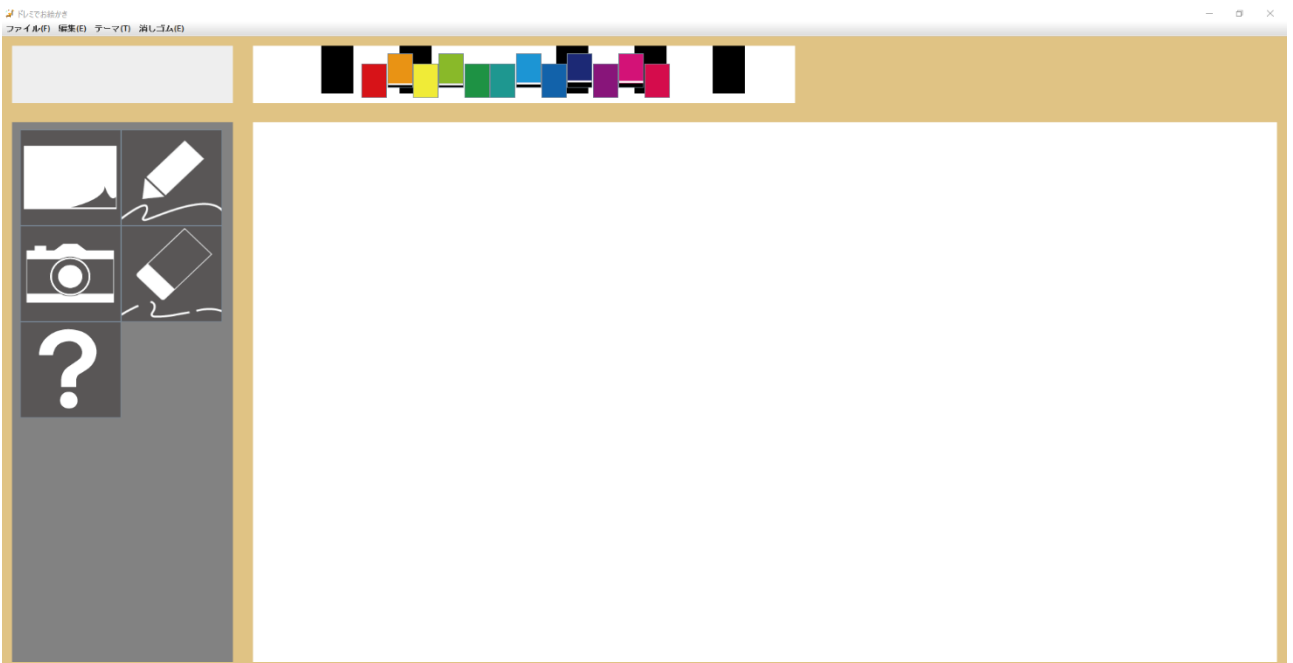


図3 プロトタイプ版のユーザーインターフェース

Figure 3 Prototype version of user interface

行った．ここでは音色の解析方法として，フォルマンントの解析を行っている．このフォルマンントは，一定時間の間の音にどの周波数の成分がどの程度含まれているかを解析する手法であるが，この周波数成分とその値によって色相の変化を定義している．本コンテンツでは，一定値ごとに周波数成分を確認し，どの成分が強いかを割り出したうえで，周りの周波数の強さとの割合によって色相を定義するといった手法をとっている．

ここで音色の周波数成分の含まれる割合を見てみる．

音色には様々なものが存在するが，本コンテンツを設計するにあたっては，日本語の母音について考察することとした．絵を描画する際に音が必要な本コンテンツでは，そのほとんどの場合で声を音として利用する．その声を発声するほとんどの場合，5つの母音（“あ”，“い”，“う”，“え”，“お”）のいずれかが含まれている．この前提条件に従って，上記で挙げた5つについて考察した．ここから，“あ”の周波数成分が他と比べて高いことが分かる．次に高くなるのは，“え”の音で

ある。このように音色によっても周波数成分の割合が変わってくる。加えて、ユーザーテストの結果、本コンテンツを使用するそのほとんどの人がお絵かきをする際に発する音として“あ”の音を使用することが計測された。今までのコンテンツでは、少し高い音が検出される傾向にあったため、音の設定を若干高めにしていたが、今回はさまざまな音色でさまざまな色相を表現したいため、この機能を取り除き、どんな音の場合でも色相を決定できるようにした。

2.3 ユーザーインターフェースの設計

本コンテンツは入力されている音によって、リアルタイムで色が変わるため、現在選択されている色の表示機能を設けた。初期段階では、四角い窓の中で選択されている色を視認できるシンプルな設計にした(図3)。しかしこのインターフェースでは、色のほかに音圧による線の幅の変化も設定していたため、音圧による線の幅の変化が直観的に認識できなかった。そのため、次段階では線の色と幅の両方を視認できるものを開発した。方法としては、四角い窓を用意し、その中で一本線を表示して、その線の色と幅を変化させる仕様とした(図2)。

今回の改良システムにより、線幅のリアルタイム選択がなくなり、色の変化だけのものとなった。そのため、色の表示機能としては窓の中に色を表示するだけとし、別途音色の変化を認識できるものとした。

また Android バージョンにおいては、表示画面の小ささや操作画面をなるべく広く確保するため、色の選択される画面を制作しないこととした。その代替として、指が画面から離れるまで線を描画しないこととし、その間に声の変化により色と線の幅を変化させ線を描くというシステムを開発した。このことによって、リアルタイムに変化させることは不可となったが音と色を直感的にとらえられるという点では分かりやすいインターフェースとなった。

2.4 タブレットバージョンと SNS 投稿

本コンテンツを開発していく際、幼児教育を行ううえでパソコンよりもタブレット端末のほうが直感的な操作がしやすいといったことが指摘されたため、Android への移植を実施した(図4)。

さらにユーザーインターフェースの違いから、タブレット版にはパソコン版とは違う機能をいくつか持たせることとした。その一つとして、画像の読み込み機能の追加がある。タブレット端末では、多くの場合カメラが付いており、パソコンよりも気軽に写真を撮影することができる。その写真撮影の手軽さに着目し、撮影した画像上に、本コンテンツによって落書きをすることができるような機能を付加した。

さらに現在の社会的な傾向を踏まえ、SNS に投稿できる機能を持たせた。本コンテンツでは、SNS としての利用方法などを考慮したうえで、Twitter を採用することとした。この機能を実装するにあたり、Twitter api を java で使用することのできる twitter4j を使用した^[4]。画面上で保存された画

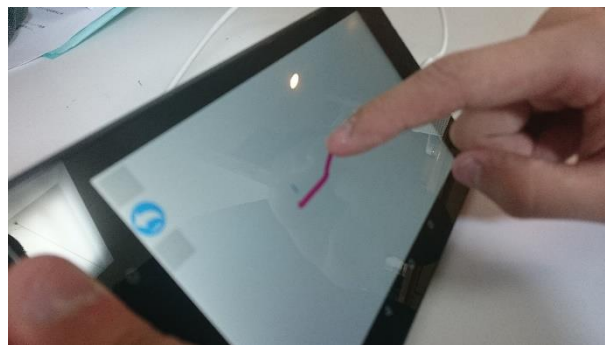


図4 タブレット版のユーザーインターフェース

Figure 4 Tablet version of user interface

像を選択し、文章追記のうえで SNS へ投稿できる形式とした。

3. 今後の考察と評価

今回、色の変化の手法を RGB の値から HSB の値の変化に変更した。そのうえで音の解析方法も大きく変更し、新たなパラメーターとして音色の解析を加えた。しかし、新たな数値設定や変化方法の最適化がまだできていない。数値変更における操作方法がユーザーにとってストレスになる可能性があるため、今後は評価実験を踏まえて、数値設定におけるコンテンツの最適化を行っていくこととする。

また、タブレット版においては教育的な側面がまだ残っている状態となっているため、アートの画像を作成するための最適化がまだ行われていない。この部分についてもパソコン版との共有化を計った開発も進めていきたいと考えている。

さらに SNS 投稿や画像読み込み機能をパソコン版にも適応したいと考えている。SNS においては投稿可能な SNS サービスの追加を行い、より幅広い画像の共有が可能なものとする。また画像の処理においても画像そのものの色味などを、音のパラメーターにより変化させることができるようにし、さらなる利用方法の幅を構築していきたいと考えている。

[1] 平野強子. 幼児期における音楽教育: 歌唱を通して豊かな感受性と表現力を育てる試み. 幼児教育研究, 2015, vol. 1, p. 61-66.

[2] 白石昌子. 乳幼児の発達と音楽の関係: 音楽の機能が及ぼす影響についての検討を通して. 福島大学人間発達文化学類論集, 2006, vol. 3, p. 13-25

[3] “汎用FFT (高速フーリエ/コサイン/サイン変換) パッケージ”. <http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/~ooura/fft-j.html>

[4] “Twitter4j”. <http://twitter4j.org/ja/index.html>