

ユーザースタディ：身体的インタラクションと創造的音楽表現

市野順子^{†1} Aura Pon^{†2} Ehud Sharlin^{†2}
David Eagle^{†2} Sheelagh Carpendale^{†2}

身体的インタラクションが、人がデジタル環境とインタラクションする際の、身体・心理・認知・感情を統合する分野として注目されている。本研究は、子どもの創造的な体験を促進することを目的として、全身的な動作を使って音楽を表現するためのインタラクティブシステム-Vuzikを開発した。Vuzikは、ユーザーがパレットとブラシ・指を使ってキャンパスに絵を描く行為を介して音楽パラメータを変えることで、ユーザーの動きを音楽表現に変換する。14人の小学生によるユーザースタディを行ったところ、従来ツールと比較して、Vuzikがユーザーの全体的なイメージの構成を促進し、学習容易性を向上させることを確認した。

User Study: Whole Body Interaction System for Creative Music Expression

Junko Ichino^{†1} Aura Pon^{†2} Ehud Sharlin^{†2}
David Eagle^{†2} and Sheelagh Carpendale^{†2}

Embodied interaction has emerged in recent years as a discipline that integrates the physical, physiological, cognitive and emotional aspects of a person's complete interaction with a digital environment. In this paper we describe Vuzik, an application that allows users to manipulate and arrange music through whole body movement, and the user study with fourteen elementary students. Vuzik is designed to foster experiences in creative expression for children. The application responds to users' movements by changing music variables through their drawing picture with pallet and brush on the large display as canvas. The user study to compare existing tool suggests that Vuzik encourages grasp of the entire picture and improves ease of learning.

1. はじめに

子どもにとって歌うことや音を鳴らすことは、生活や成長にとって必要不可欠の精神的栄養である。同時に、子どもにとって音楽は、自分の行為と環境の変化との因果関係を調べることを通して世界像を作りあげるのに不可欠なものである¹⁾。音楽を含め、芸術的・創造的なコンテキストにコンピューター技術を応用する研究は、古くから行われている。しかし、先端技術を利用したツールは、人間の創造性や感性を十分に活性化しないどころか、逆に阻害するという知見が得られている²⁾。精確・精細な情報入力が行えるマウスやキーボードを手に持ち、高々20~30インチの液晶ディスプレイ上に精密で秩序正しく呈示された対象物を見ると、それ以降はその細部に熱中し単なる作業に陥る。その結果、最も重要な「全体的なイメージを再度創造し大胆に修正しつつ構成する」思考が失われ、表面的にはきれいだが内容的には貧弱なデザインになる³⁾とされている。

一方で、身体的インタラクションが、人がデジタル環境とインタラクションする際の、身体・心理・認知・感情を統合する分野として注目されている⁴⁾。体の動きを問題の中心に据え、それを原因として意識や生理にどのような影響がもたらされるかを明らかにする身体心理学という新し

い学問領域も生まれている⁵⁾。Dourishは、著書「Where The Action Is⁶⁾」において、『身体は最も身近な存在でありながら対象化して思考され難い存在である。ゆえに、これまでのインターフェースデザインはデカルト主義的な観念・脳と身体を切り離して考えられたものが多かった。これからのインタラクションデザインにおいては、ハイデッガー的なユーザーが日常世界に組み込まれた状態—身体性(Embodiment)—を考慮してデジタル技術を適切に利用すべきだ。』と述べている。つまり、身体性が指すものは、身体そのものだけでなく、身体を通して生まれる感情・感覚・直感等を含めた、広く示唆に富んだものであり、身体性を考慮したデジタル環境においては、環境が自分の身体動作に連動して作用するため、人は感覚や動作を通じて体験できるという考えである。

本研究では、さまざまな身体動作のうち、全身的な動作に焦点を合わせ、音楽を通じた創造的な体験を支援する際の、全身を使ったインタラクションの可能性を模索する。ダンスに見られるように音楽は身体運動を誘発する。また逆に、楽器は身体運動を音響に変換する装置である。このような意味で、我々の身体と音楽の関係は、人を引き込むメディアの場の生成を考える上で重要な要素となる。

本研究ではこれまでに、子どもを対象とした、全身的な動作を使って音楽を表現するためのインタラクティブシステム-Vuzikを開発した^{7),8)}。本稿では、本システムの概要および検証結果を報告する。

^{†1} 電気通信大学
The University of Electro-Communications
^{†2} カルガリー大学
University of Calgary, Canada

2. Vuzik の概要

Vuzik は、パレットを脇に置きブラシ・指を使ってキャンバスに絵を描く行為を通して音楽を表現するシステムである(図 1)。音楽は、音長・音高・音強・音色の4つの基礎要素で構成される。各基礎要素とインターフェースとの対応関係を中心に、システムの特徴を以下に示す(図 2)。



図 1 ハードウェア構成
 Figure 1 Hardware configuration.

キャンバス

キャンバスは、横軸を時間軸、縦軸を音高と関連付けた。キャンバスに描かれた絵全体が、一つの音楽を表しており、音楽は最左端から始まり、最右端にきたところで終わる。

また、作成途中の音楽全体の俯瞰と、詳細部分へのフォーカスの両方が単純かつシームレスに行き来できるようにするために、1つのウィンドウ(キャンバス)で任意のスケールを表現できるようにした。ユーザーが、パレット上のスケールスライダーを操作すると、キャンバスのスケールが変更される。

ブラシ・指

キャンバス上にブラシまたは指を使って描画された1ストロークは、スラーによってつながった1つ以上の音符で構成される。1つの音符の音高は縦軸(y軸)の値と対応付けた。ストロークを構成している点のy軸の位置が変わる点が音符の変わり目であり、前の変わり目からそこまでが1つの音符の音長となる。キャンバス上で1ストロークの再生が開始されるタイミングは、ストロークの先頭のポイントの横軸(x軸)の値と対応づけた。音強はブラシの太さと、音色はブラシにつける絵の具の色と関連付けた。

パレット

パレットの操作は指で行う。作成している音楽の再生・停止などのイベント操作、ブラシの太さ(音強)や絵の具の色(音色)といったブラシのプロパティの変更、再生のテンポや音量の調節、キャンバスのズーム操作、ストローク(音符)のコピー・アンドゥを含む基本操作等、アプリケーション操作のほとんどは、GUI上ではなく物理的な木製のパレット上で行えるようにした。

3. ユーザースタディ

全身を使ったインタラクションシステムが、子どもの創造的活動に与える影響を検証するために、既存システムを用いた比較実験を行った。

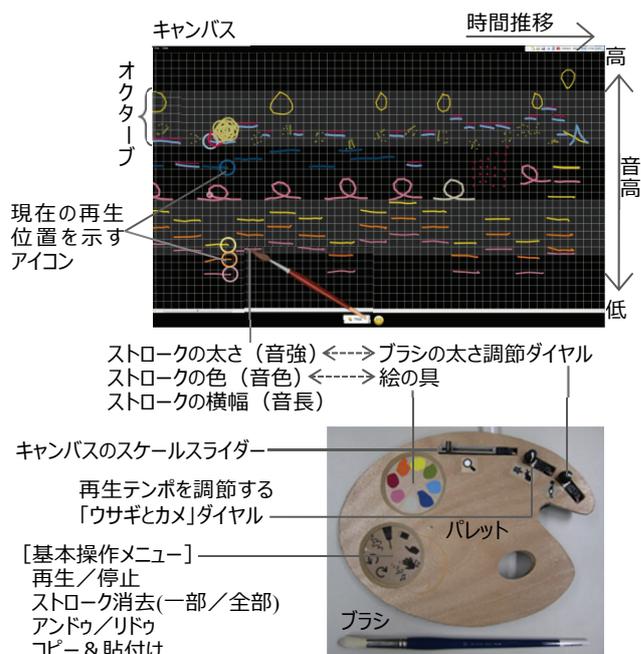


図 2 音楽の基礎要素とのマッピング

Figure 2 Mapping fundamental elements of music.

3.1 評価の観点

3.1.1 全体的イメージ構成 : Vuzik は子どもの全体的なイメージの構成を促進するか?

冒頭で述べたように創造的活動においては、全体的なイメージを構成することが重要となる。従来のデザイン支援ツールの多くは、ユーザーを細かい微調整操作に容易に没入させるために、全体的イメージ構成の把握を抑制されている。本評価実験では、ユーザーが全体的なイメージを構成しつつ音楽を表現・構築できたかを評価の観点とする。その際、生成された音楽(アウトプット)と、音楽を生成される過程(プロセス)の両側面から分析する。

まず、生成された音楽(アウトプット)が、全体的なイメージを持って構成されたものであるかを評価する方法を検討する。音楽は単なる音響ではなく、また単純に旋律だけリズムだけでなく、音楽の思想や感情を表す構造も持っている¹⁾。今日の日本において日常の音楽の基本となっている西洋音楽は、時間的に、継続性の次元と同時性の次元で構造化されている。継続的次元による構造化を特徴付ける代表的なものはフレーズング[a]であり、同時的次元による構造化を特徴付ける代表的なものは、構成要素の抽象化[b]である¹⁾。本研究では、このフレーズングと構成要素の抽象化の2つの項目を評価基準として導入する。3名の評価者(著者1名を含む音楽を専攻する学生)が独立して、タスクD(4.5参照)で生成された各参加者の曲に対して評定を行った。評定は、A(2点)、B(1点)、C(0点)の3段階で行い、評定値の平均を各参加者の得点とした。

次に、音楽が生成される過程(プロセス)において、全

a 旋律をいくつかの音符からなる自然なまとまりに区切ること

b 音楽を旋律・和音・リズムなどのパートを用いて構成すること

体的なイメージを持ちつつ行われているかの評価には、子どもがどの程度微調整操作に陥らずに大胆に操作を行ったか（マクロ操作の比率）を導入する。音符オブジェクトの移動・変形・再生の3つの操作を対象として、操作をマクロ操作とマイクロ操作に分けてその比率を調べた。2つの操作の分類の基準は、移動および変形操作に関しては、オブジェクトを囲む矩形が、操作後の矩形が、操作前の矩形を面積が2倍になるように拡大した矩形の範囲に収まっているかどうかを閾値とし、収まっていればマイクロ操作、収まっていなければマクロ操作とした。再生操作に関しては、曲全体の再生を行った場合はマクロ操作、一つ以上選択された特定の音符オブジェクトの再生を行った場合はマイクロ操作とした。また、微調整操作が促されたかどうかについて、参加者に主観的な評価を求めた。主観評価はリッカート法による5段階の尺度とした。

3.1.2 学習容易性: Vuzik は子どもにとって体得しやすいか?

冒頭でも述べたように、Dourish は『身体性を考慮したデジタル環境においては、環境が自分の身体動作に連動して作用するため、人は感覚や動作を通じて体験できる』と述べている⁶⁾。また、一般的に人は感覚や動作を通じて実際に体験したことは記憶に留まりやすいと言われている。本実験では、アプリケーションの学習容易性を確認する。評価尺度として、実験中に参加者が実験者に対して操作について質問した頻度を用いる。

3.1.3 エクスペリエンス: Vuzik を子どもはどう体験するか?

身体性を考慮して設計されたシステムを使った結果、最終的には、ユーザーの心理・認知・感情にどう影響するかを確認する必要がある。本研究では、楽しさ、満足度、心的負荷について、参加者に主観的な評価を求めた。主観評価はリッカート法による5段階の尺度とした。心的負荷の評価指標には、NASA-Task Load Index を用いた。NASA-TLX の設問文の表現は子どもにとっては難解であるため、子どもでもわかる平易な表現に変更した（図 11 参照）。

また、本実験では、子どもの感情を客観的に評価するために、実験中の子どもの表情をビデオカメラで撮影した（3.4 節参照）。しかし、プロジェクターを利用する Vuzik 環境で照明を最小限に抑えたため、子どもの表情を判別できない映像が多く含まれていた。結果として、Smileyometer 等のツール⁹⁾を用いた表情からの感情評定は行えなかった。

3.2 実験条件

2つのツール条件—Vuzik/Hyperscore—を設定した。ツール条件は被験者間要因とした。参加者数が14名と少数であるにもかかわらず、被験者間要因にした理由は、参加者である子どもの負担を考慮したためである。インフォーマルなユーザースタディを通して、子どもが Vuzik や Hyperscore のようなお絵描きを通して音を操作するツールを、単なるお絵描きではなく音楽を表現する道具として利用する段階に至るまでには、ある程度の時間を要すること

がわかった。集中力が大人ほど持続しない子どもが参加者である場合、一人の参加者が2つのツールそれぞれを長時間利用してもらうことは負担が大きいと考えた。

Vuzik と比較するコントロール条件として Hyperscore (図 3) を選定した理由を述べる。まず、Hyperscore は Vuzik と同様にフリーハンドで線を描画する行為を通して子どもの作曲・編曲活動を支援するツールであり、機能的にも Vuzik との類似点が多いことがあげられる。また、Hyperscore は MIT メディアラボで理論的な考察に基づいて開発されており、音楽教育用ソフトとして多くの国で広く一般に利用されているシステムである点もあげられる。

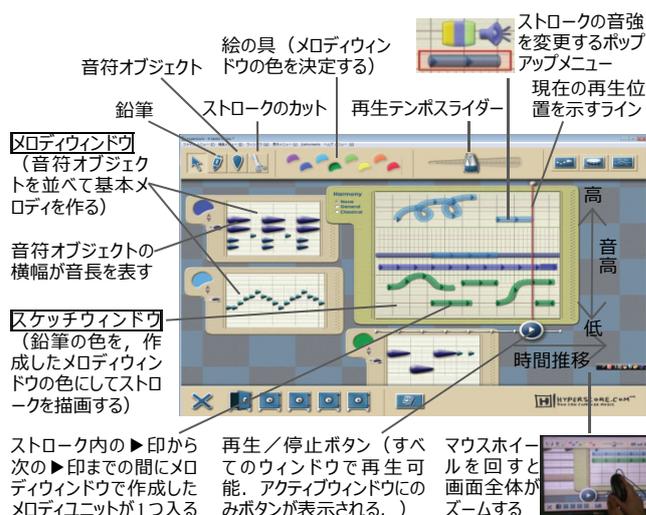


図 3 Hyperscore の画面と機能説明

Figure 3 Screenshot of Hyperscore and feature description.

3.3 Vuzik と Hyperscore の相違点

前述の通り、Vuzik と Hyperscore は機能的には類似しているが、入出力インターフェースに関しては相違が見られる。両者の比較にあたり、プログラミング言語 Smalltalk-80¹⁰⁾のユーザーインターフェース設計で用いられた MVC (Model-View-Controller) モデル¹¹⁾の観点から、共通点と相違点を整理する。

Model は、そのアプリケーションが扱う領域のデータと処理を指すが、両者に大きな相違点はない。両者が扱っている主なデータは、音楽を構成する4つの基礎要素（音長・音高・音強・音色）であり、主な処理は、各基礎要素に関わる属性値の設定や変更、曲の再生・停止、再生テンポの変更、などがある。

View に関する相違点は2点ある。1点目はディスプレイデバイスの物理サイズである。Vuzik は、ディスプレイサイズの大きさから、ユーザーの利用姿勢を立位状態にし、全身を使った動きを促す。Hyperscore は、デスクトップ PC での利用を想定したツールであり、ユーザーの利用姿勢は座位状態になる。2点目はウィンドウ構成である。Vuzik は1個のキャンバスウィンドウ(図 2)で構成されており、ユーザーがキャンバスウィンドウ上でストロークを描画す

ることでメロディが生成される。一方 Hyperscore は、1 個のスケッチウィンドウと複数個のメロディウィンドウで構成されている (図 3)。Hyperscore ユーザーは、最初にメロディウィンドウ上で基本となるメロディを複数個作成した後、スケッチウィンドウ上でストロークを描画すると、その長さに応じて基本メロディの反復回数が決まり、メロディが生成される。このウィンドウ構成によりユーザーは、音楽の構造 (3.1.1 参照) を意識しやすくなっている。

Controller に関しては、Controller が直接触れて操作できる点では両者は同じである。異なる点は、その個数である。Vuzik は、個々の処理 (Model) と一対一に対応した Controller (つまみやブラシ) を介して、各処理を操作するのに対し、Hyperscore は、単一の Controller であるマウスを介して、すべての処理を操作する。

以上より、MVC モデルの 3 つの構成要素の観点から、Vuzik と Hyperscore の共通点および相違点を整理したものを表 1 に示す。4 節以降では、表に示した 3 つの相違点 (diff1, diff2, diff3) を踏まえ、実験結果を考察する。

表 1 Vuzik と Hyperscore の比較

Table 1 Comparison of Vuzik with Hyperscore.

| | 共通点 | 相違点 |
|------------|---|---|
| Model | <ul style="list-style-type: none"> データ (音楽を構成する基礎要素: 音長・音高・音強・音色) 処理 (音長指定, 音高指定, 音強指定, 音色指定, 再生・停止, 再生テンポ指定, など) | (大きな相違点なし) |
| View | <ul style="list-style-type: none"> 音楽の表現方法 (横軸を音楽の経過時間, 縦軸を音高にとった図上に、音長を線や点で表し、音色を色で表す, 等) | <ul style="list-style-type: none"> ディスプレイデバイスの物理的なサイズ (diff1) Vuzik : 94 型 Hyperscore : 24 型 ウィンドウ構成 (diff2) Vuzik : 単一ウィンドウ Hyperscore : 複数ウィンドウ |
| Controller | <ul style="list-style-type: none"> 直接触れて操作できる | <ul style="list-style-type: none"> Controller の個数 (diff3) Vuzik : 個々の処理と一対一に対応した Controller (つまみやブラシ) を介して、各処理を操作 Hyperscore : 単一の Controller (マウス) を介して、すべての処理を操作 |

3.4 実験環境

Vuzik 条件の参加者は、キャンバス (フロントプロジェクション方式インタラクティブホワイトボード (94 型 SMART Board SB690)+プロジェクター (EPSON EB-1730W)) の前に立ち、パレットを使いながらブラシまたは指でキャンバスに線を描くことで音楽を表現する (図 4 左)。

Hyperscore の参加者は、椅子に座り、24 型ディスプレイに向かい、マウスおよびキーボードを使ってキャンバスに線を描くことで音楽を表現する (図 4 右)。実験中は、ディスプレイ画面の録画と、子どもの表情および子どもの行動全体が見える 2 つの視点からのビデオカメラ撮影を行った。

子どもの心理的負担をできるだけ緩和するために、実験者が実験中に子どもを背後から直視するような行為は控えた。また、実験中でも、わからないことがあれば質問して良いこと、疲れた場合は休憩を取って良いことを伝えた。



図 4 実験環境

Figure 4 Experimental environment.

3.5 参加者

一般から募集した 14 名 (内 5 名が女性) の公立の小学校高学年生 (4~6 年生) が実験に参加した。募集は、小学校内に掲示したポスター及び小学校の教員を經由して配布されたチラシを通して行った。募集の際、条件「歌う・演奏する・聴くことが好き」を満たす参加者を募集した。動機付けとして、好成績の参加者にはプレゼント (文房具) を用意していることを伝えた。

3.6 タスクおよび実験材料

合計 4 種類のタスク A・B・C・D を準備した。タスク A・B・C で提示するすべての曲は、著者の一人である作曲家が作曲した。Vuzik, Hyperscore どちらのツールもほぼ同一の楽曲—メロディ・テンポ・リズム—になるよう考慮した。

タスク A : アレンジタスク

タスク A は、提示された楽曲に対して変更を行う課題である。参加者には、最初に必ず 1 回は曲を再生し最後まで聴き、1 曲につき少なくとも 2 ヶ所以上自由に変更してもらおうよう教示した。参加者は、任意の音符の音長・音高・音強・音色等を変更できる。

タスク B : 中間部補充タスク

タスク B は、三部形式の楽曲の中間部が空欄になった楽曲に対して自由に中間部を補充する課題である。参加者には、最初に必ず 1 回は曲を再生し最後まで聴き、中間部を自由に作ってもらおうよう教示した。最初に提示される曲の前半部および後半部の変更も認めた (図 5)。

タスク C : メロディ補充タスク

タスク C は、低音域のベース部と高音域の伴奏部のみで構成された楽曲に対して自由にメロディ部を補充する課題である。参加者には、最初に必ず 1 回は曲を最後まで聴き、メロディを自由に作ってもらおうよう教示した。最初に提示される曲のベース部および伴奏部の変更も認めた (図 6)。

タスク D : 作曲タスク

タスク D は、完全な自由課題である。参加者には、白紙の状態から曲を自由に作ってもらおうよう教示した。

3.7 実験手順

実験は図 7 に示す手順で行った。各参加者は、いずれか一方のツール条件で、1 週間空けて計 2 回のセッションに参加してもらった。

セッション 1 では、最初に、参加者にツールの操作を説明した約 5 分間のビデオを見てもらった。ビデオは、内容

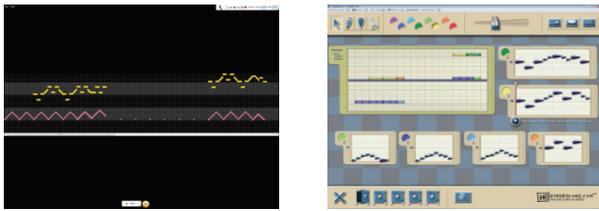


図 5 タスク B (中間部補充タスク)
 Figure 5 Task B (middle-part completion task).

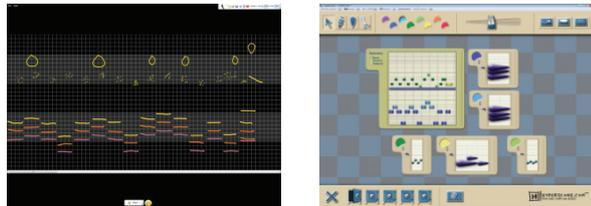


図 6 タスク C (メロディ補充タスク)
 Figure 6 Task C (melody completion task).

と時間が両方のツールで同じになるように作成した。次に、ツールに十分に慣れてもらうために、トレーニングとして自由にツールを使用してもらった。その後タスク A に取り組んでもらった。タスク A で参加者が取り組む楽曲は 4 曲であり、実験者が 1 曲ずつ順に参加者に提示した。1 曲当たりの制限時間は 4 分間とした。制限時間より早く終了しても良いことを伝えた (タスク B, C, D も同様)。10 分間の休憩を挟んだ後、タスク B に取り組んでもらった。タスク B で参加者が取り組む楽曲は 1 曲である。制限時間は 10 分間とした。その後、5 段階のリッカート尺度で問うアンケートに回答してもらった。セッション 1 の所要時間は全体で約 80~90 分であった。

セッション 2 では、最初に、参加者に作曲の基礎について簡単に説明した約 10 分間のビデオを見てもらった。Vuzik 条件の参加者には Vuzik を使って作曲方法を説明するビデオ、Hyperscore 条件の参加者には Hyperscore を使って作曲方法を説明するビデオをそれぞれ作成し提示した。ツールの違いを除いて同一の内容・時間である。次に、タスク C に取り組んでもらった。タスク C で参加者が取り組む楽曲は 1 曲である。制限時間は 15 分間とした。10 分間の休憩を挟んだ後、タスク D に取り組んでもらった。タスク D で参加者が取り組む楽曲は 1 曲である。制限時間は 30 分間とした。その後、セッション 1 と全く同一項目のアンケートに回答してもらった。セッション 2 の所要時間は全体で約 80~90 分であった。

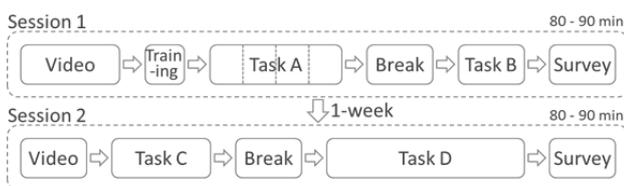


図 7 実験手順
 Figure 7 Experimental procedure.

4. 結果と考察

4.1 全体的イメージ構成

最初に、生成された音楽 (アウトプット) が、全体的なイメージを持って構成されたものであるかについての評価結果を示す。図 8(a)に、タスク D において参加者が完成させた曲に対する、音楽の構造を測る指標としてのフレージングと構成要素の抽象化に関する平均得点と標準誤差を示す。図 9 にタスク D において参加者が完成させた曲の例を示す。有意性検定は、有意水準 95% で Welch の t 検定 (対応のない 2 つの小標本に関する検定) により行った。フレージング (Vuzik: $M=1.76$, $SD=0.39$; Hyperscore: $M=1.10$, $SD=0.75$; $t(8.98)=1.935$, $p<.05$), 構成要素の抽象化 (Vuzik: $M=1.76$, $SD=0.29$; Hyperscore: $M=0.91$, $SD=0.83$; $t(7.48)=2.38$, $p<.05$) とともに、Vuzik の参加者の方が Hyperscore の参加者よりも有意に得点が高かった。

次に、音楽が生成される過程 (プロセス) において、全体的なイメージを持ちつつ行われているかについての評価結果を示す。図 8(b)にマクロ操作の比率 (%) の平均値を示す。音符オブジェクトの移動・変形・再生の 3 つの操作におけるマクロ操作の比率 (比率のデータであるため逆正弦変換を行った) を求め、ツール (2: Vuzik, Hyperscore) × セッション (2: Session1, Session2) の繰り返しのある 2 要因分散分析を行った。繰り返しの要因はセッション要因である。

分散分析の結果、移動操作に関しては、セッションの主効果 (Session1: 42.4 vs. Session2: 26.3, $F(1,12)=5.521$, $p<.05$) が有意であった。ツールの主効果と、ツール×セッションによる交互作用は見られなかった。セッションの主効果が有意であったため、多重比較を行った結果、Vuzik 群において、Session1 よりも Session2 の方がマクロな移動操作の比率が有意に低かった ($p<.01$)。データを詳細に調べてみると、所要時間が 30 分間と長い作曲タスク D の後半に特に比率が下がっていることがわかった。

変形操作に関しては、ツールの主効果 (Vuzik: 22.0 vs. Hyperscore: 1.9, $F(1,12)=4.909$, $p<.05$) と、セッションの主効果 (Session1: 19.2 vs. Session2: 4.7, $F(1,12)=6.753$, $p<.05$) が有意であった (図 8(c))。ツール×セッションによる交互作用は見られなかった。ツールの主効果が有意であったため、多重比較を行った結果、Vuzik 群のマクロ操作の比率が有意に高かった ($p<.05$)。また、セッションの主効果も有意であったため、多重比較を行った結果、移動操作と同様に、Vuzik 群において、Session2 においてマクロ操作の比率が有意に低下していた ($p<.001$)。

再生操作に関しては、ツールの主効果 (Vuzik: 49.6 vs. Hyperscore: 32.9, $F(1,12)=5.290$, $p<.05$) が有意であった (図 8(d))。セッションの主効果、ツール×セッションによる交互作用は見られなかった。ツールの主効果が有意であった

ため、多重比較を行った結果、Vuzik 群のマクロ操作の比率が有意に高かった ($p<.05$)。

さらに、図 11 に、ツールによって微調整操作が促されたかどうかに関する主観評価アンケート (Q1~Q4) の結果を示す。ツール×セッションの繰り返しのある 2 要因分散分析を行った。グラフの値は Session1 と Session2 の平均値を示す。繰り返しの要因はセッション要因である。その結果、4 つの質問項目のうち 3 つの項目でツールの主効果があり、Vuzik 群の参加者は Hyperscore の参加者よりも細かいことを気にすることなく思い切って作業を行えたと感じていることがわかった (Q1: Vuzik: 4.9 vs. Hyperscore: 4.4, $F(1,12)=7.350$, $p<.05$; Q2: Vuzik: 3.9 vs. Hyperscore: 4.4, $F(1,12)=0.845$, $p=.0376$; Q3: Vuzik: 4.9 vs. Hyperscore: 3.9, $F(1,12)=4.783$, $p<.05$; Q4: Vuzik: 5.0 vs. Hyperscore: 3.8, $F(1,12)=5.192$, $p<.05$)。セッションの主効果、ツール×セッションによる交互作用は見られなかった。

以上の結果から、生成された音楽 (アウトプット)、生成過程 (プロセス) の両方の側面において、Vuzik は Hyperscore よりも全体的なイメージを構成しながら音楽を表現・構築することを促進したことがわかった。3.3 節で述べた通り、Hyperscore は音楽の構造を意識しやすいウィンドウ構成を提供しているにもかかわらず、Vuzik の方が効果が高い結果となったことは大きな成果といえる。しかしながら、Vuzik 群の子どもにおいても、長時間タスク D を含むセッション 2 では大胆な操作が有意に減少した。これは、音楽を作るという創造的活動の時間経過に伴って、子どもの大胆な操作が減っていったことを示す。このことから、Vuzik は、創造的活動の初期段階に特に有効であると考えられる。

また、ビデオを観察したところ、Vuzik ユーザーは、両足を大きく広げたり左右にステップを踏んだりしながら線を描画する様子や、ディスプレイから遠ざかったり座ったりすることで意識的あるいは無意識的に作品と心理的・物理的な距離を置く様子がしばしば見受けられた (図 10 左)。一方 Hyperscore ユーザーは、姿勢が固定化される傾向が見られ、猫背の状態では画面を食い入るように見つめるといった様子が見られた (図 10 右)。また、ストロークの移動や描画を行う際、行為を開始する前にオブジェクトを掴んだまま暫く悩んでいる様子は両ツールのユーザーに見られたが、行為を開始した後の様子が異なっていた。Vuzik ユーザーは思い切って腕や全身を移動させてオブジェクトの移動や描画を行うケースが散見された。一方 Hyperscore は、慎重にオブジェクトを動かすユーザーも多く、悩んでいる思考状態の延長線上にいるように見受けられた。これらを踏まえると、Vuzik が Hyperscore と比較して全体的なイメージの構成を促進する結果となった要因は、表 1 に示した両者の相違点のうち、主にディスプレイデバイスの物理的なサイズの違い (diff1) であることが示唆される。

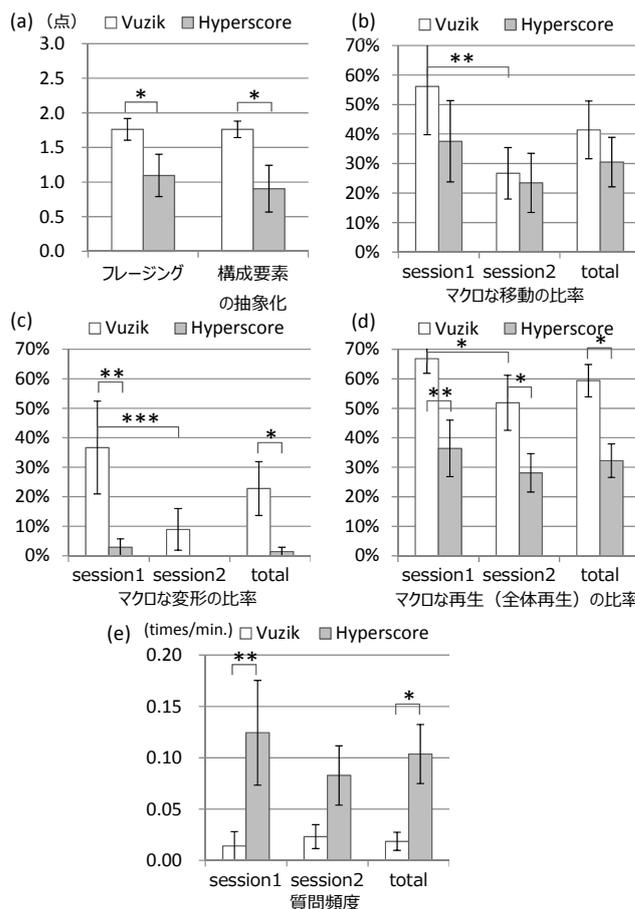


図 8 定量的評価結果

Figure 8 Results of quantitative analysis.

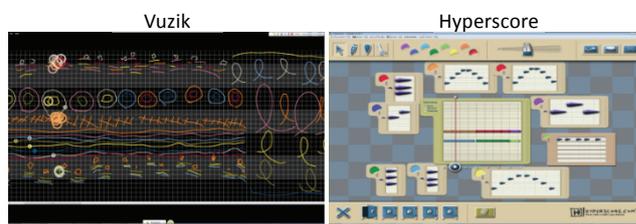


図 9 タスク D で参加者が完成させた曲の例

Figure 9 Examples of pieces completed by subjects in task D.



図 10 実験中の被験者の様子

Figure 10 The typical subjects' posture during the task.

4.2 学習容易性

図 8(e)に、両セッション中に参加者が実験者に対して操作について質問した頻度を示す。各セッションにおける、1 分間あたりの質問回数を求め、ツール×セッションの繰り返しのある 2 要因分散分析を行った。繰り返しの要因はセッション要因である。その結果、ツールの主効果 (Vuzik: 0.02 vs. Hyperscore: 0.10, $F(1,12)=5.452$, $p<.05$) が有意であつ

た。セッションの主効果、ツール×セッションによる交互作用は見られなかった。ツールの主効果が有意であったため、多重比較を行った結果、Vuzik 群の参加者の質問頻度は Hyperscore 群の参加者と比べて有意に低かった ($p<.05$)。以上の結果から、少なくとも操作に関する質問頻度の点においては、Vuzik は Hyperscore よりも学習容易性が高いことを確認した。この結果は、Vuzik を使った子どもの方が知的・知覚的負荷が有意に低いと感じているという Q9 の結果 (4.3 節参照) と一致する。

Vuzik が Hyperscore と比較して学習容易性が高い結果となった要因を、表 1 に示した両者の相違点を踏まえて考察する。Hyperscore 群の参加者の質問内容を調べたところ、ウィンドウ間の関係に関する質問が最も多く、次に、自分の行いたいことに対してどのアイコンを選択すべきかわからない、といった質問が多かった。このことから、少なくとも、ウィンドウ構成の違い (diff2) と Controller の個数の違い (diff3) の 2 つの相違点に起因することが示唆される。diff2 に関しては、Vuzik の単純なウィンドウ構成が、ユーザーの操作に関する認知負荷を軽減した可能性が考えられる。diff3 に関しては、Vuzik の機能ごとに異なる物理的なつまみ (Controller) が異なる身体性の体験を促し、結果として記憶に留まりやすかったのではないかと推測される。一方、ディスプレイデバイスの物理的なサイズの違い (diff1) に起因するかどうかは、今回得られた質問内容からは特定できなかった。

4.3 エクスペリエンス

図 11 に、楽しさ、満足度、心的負荷に関する主観評価アンケート結果を示す。ツール×セッションの繰り返しのある 2 要因分散分析を行った。

その結果、楽しさ (Q5~Q7) に関しては、Q6「線をかいていくのが楽しかった」の設定においてのみツールの主効果があった (Q6: Vuzik: 4.9 vs. Hyperscore: 4.4, $F(1,12)=4.909$, $p<.05$)。Q6 について多重比較を行った結果、Vuzik 群の値が有意に高かった ($p<.05$)。セッションの主効果、ツール×セッションによる交互作用は見られなかった。Q5 および Q7 については、いずれの主効果も見られなかった (Q5: Vuzik: 4.9 vs. Hyperscore: 4.9, $F(1,12)=0.000$, $p=1.000$; Q7: Vuzik: 5.0 vs. Hyperscore: 4.9, $F(1,12)=1.000$, $p=.337$)。Q5, Q7 の結果から、どちらの群の参加者も音楽を作ることが非常に楽しんだことがわかる。一方 Q6 の結果から、Vuzik 参加者はキャンバスにパレットとブラシを使って音を「描く」行為をより楽しんだのではないかと推察される。

満足度 (Q8, Q12) に関しては、Vuzik 群の参加者の方が平均値が高かったものの、ツールの主効果、セッションの主効果とも有意でなかった (Q8: Vuzik: 4.5 vs. Hyperscore: 3.9, $F(1,12)=1.123$, $p=.310$; Q12: Vuzik: 4.6 vs. Hyperscore: 4.0, $F(1,12)=0.871$, $p=.0368$)。これらの結果から、Vuzik・Hyperscore どちらの参加者も自分が作った音楽に対して満

足したことがわかる。

NASA-TLX の設問項目を用いた心的負荷 (Q9~Q14) に関しては、知的・知覚的負荷を訊ねた Q9 においてのみツールの主効果があった (Q9: Vuzik: 1.4 vs. Hyperscore: 2.3, $F(1,12)=5.023$, $p<.05$)。Q9 について多重比較を行った結果、Vuzik 群の値が有意に低かった ($p<.05$)。セッションの主効果、ツール×セッションによる交互作用は見られなかった。身体的作業負荷を訊ねた Q10 は、全身を使って操作を行う Vuzik 群の方が低い値となったものの、いずれの主効果も見られなかった (Q10: Vuzik: 1.5 vs. Hyperscore: 2.0, $F(1,12)=1.235$, $p=.288$)。Q11 のタイムプレッシャー、Q13 の努力についても同様に、Vuzik 群の方が低い値となったものの、いずれの主効果も見られなかった (Q11: Vuzik: 1.6 vs. Hyperscore: 2.0, $F(1,12)=0.688$, $p=.423$; Q13: Vuzik: 4.1 vs. Hyperscore: 4.6, $F(1,12)=0.620$, $p=.446$)。フラストレーションの度合いを訊ねた Q14 は、両群の参加者とも極めて低い値であった (Q14: Vuzik: 1.1 vs. Hyperscore: 1.1, $F(1,12)=0.375$, $p=.552$)。心的負荷に関しては、全体的には Vuzik・Hyperscore いずれの参加者も小さいものの、Hyperscore のユーザーの方がやや大きい傾向が見られた。

以上を総括すると、Vuzik と Hyperscore がユーザーから引き出したエクスペリエンスに大差はなかった。楽しさ・満足度というポジティブな効果に関しては、Vuzik のユーザーも Hyperscore ユーザーも、ほぼ同程度に、音楽を表現・作曲する活動を十分に楽しみ、作業結果に対して満足した。実際に、実験後何日か経過してから、両群の参加者の何名かの子どもから、同種の実験にまた参加したい旨の電話やメールをもらった。心的負荷というネガティブな効果に関して、有意差はないものの、Hyperscore ユーザーの方が全体的に心的負荷は大きい傾向が見られた。特に、実質的な身体的作業負荷は全身の身体動作を伴う Vuzik の方が大きいにもかかわらず、Hyperscore のユーザーの方が負荷が高いと感じている点は興味深い。

4.4 まとめ

ブラシ・指を使って大型ディスプレイとインタラクションする Vuzik を。マウスを使って小型ディスプレイとインタラクションした Hyperscore と比較し、全体的イメージ構成、学習容易性、エクスペリエンス、の 3 つの観点から評価を行った。

1 つ目の全体的イメージ構成に関しては、Vuzik は Hyperscore と比較して、創造的活動における全体的なイメージの構成を促進することがわかった。Vuzik を用いて生成された音楽には、旋律やパートといった音楽全体のイメージを構成しながら作成したことを伺える要素が含まれていた。またその過程を見ても、Vuzik ユーザーは大胆に操作する割合が高い (換言すれば、Hyperscore ユーザーは微細に操作する割合が高い) 結果となった。これらの結果が生じた要因をビデオ観察に基づき分析したところ、物理的

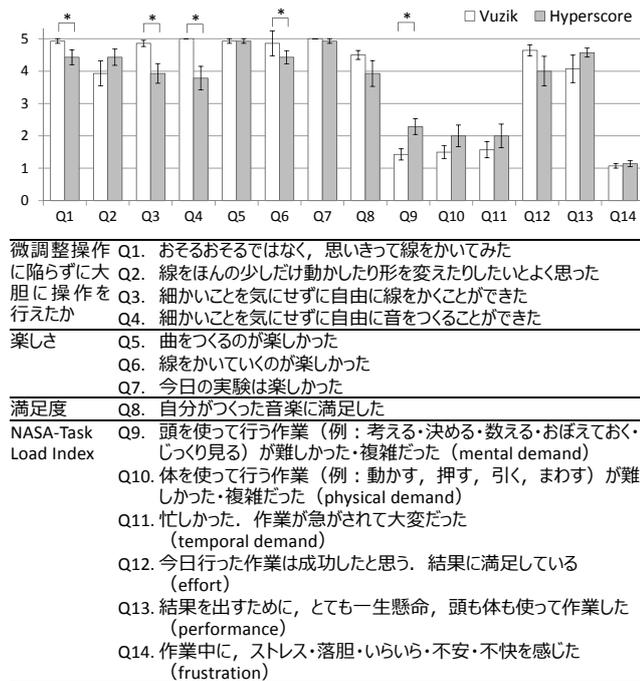


図 11 主観評価アンケート結果
 Figure 11 Subjective questionnaire results.

に大きなディスプレイを使用した Vuzik ユーザーは、全身を使ったインタラクションを通して、ダイナミックに描画したり、作成途中の作品と自分との間に距離を置いたりしながら、作品に対する全体的なイメージの形成を維持したのではないかと推察された。本結果は、Vuzik に留まらず、子どもが創造的活動を支援するデジタル環境においては、全身を使ったインタラクションを必然的に促す大型ディスプレイの利用が有効である可能性を示唆すると考えられる。全身を使ったインタラクションの効果を厳密に検証するためには、Vuzik の大小異なるディスプレイサイズ条件下での比較実験が必要となり、今後の検討課題とする。

一方で、Vuzik ユーザーの場合においても、大胆に操作する割合は、長時間タスクを含む 2 回目のセッションでは、初回のセッションと比べて大きく減少した。これは、創造的活動の初期の段階に Vuzik のような全身活動を使ったインタラクションが有効であることを示すと同時に、創造的活動の中期や後期の段階には最適でない可能性を示す。創造的活動にもいくつかの段階が存在し、それぞれに適切なインターフェース、インタラクションを提供できるシステム要件の模索は、今後の大きな課題の一つと言える。

2 つ目の学習容易性に関しては、Vuzik は Hyperscore と比較して、操作に関する質問頻度が有意に少ないことを確認した。質問内容の質的な分析から、単純なウィンドウ構成がユーザーの操作に関する認知負荷を下げ、機能ごとに異なる物理的なつまみを操作するという異なる身体性の体験が、ユーザーの操作に関する記憶を促進したのではないかと推測された。

3 つ目のエクスペリエンスに関しては、両者に大きな差

は見られず、いずれのユーザーもほぼ同程度に、音楽を表現・作曲する活動を十分に楽しみ、作業結果に対して満足したことを確認した。

5. おわりに

本稿では、子どもを対象とし、全身活動を空間に取り込むことにより音楽を通じた創造的活動を支援するためのインタラクティブシステム Vuzik と、デスクトップパソコンという小さな空間でインタラクションを行う Hyperscore との比較実験を行った。その結果、大きな空間でインタラクションを行う Vuzik が、創造的活動において重要と言われている全体的イメージ構成を促す効果を持つことがわかった。これは、子どもの創造的活動を支援する上で、既存システムの持つ情報提示空間・情報操作空間の狭さが極めて大きな弱点を持っていることを示唆する。また本結果から、大型ディスプレイ空間における身体的インタラクションの、創造的活動を支援するシステムとしての実効性も確認できた。しかしながら、本研究が主眼とした全身を使ったインタラクションの効果を正確に検証するためには、ディスプレイサイズのみが異なる 2 つ以上の Vuzik を準備し、ディスプレイサイズのみを要因とした比較実験が必要である。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費(24600003)および(一財)カワイサウンド技術・音楽振興財団「平成 24 年度研究助成」の助成を受けたものである。また、本実験を遂行するにあたり、調布市立第一小学校の校長先生のご理解と児童の皆様のご協力をいただいた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 梅本堯夫：子どもと音楽，東京大学出版会 (1999).
- 2) Black, A.: Visible Planning on paper and on screen: The impact of working medium on decision-making by novice graphic designers, *Behaviour and Information Technology*, Vol.9, No.4, pp.283-296 (1990).
- 3) 田野俊一：人間の知的で創造的な活動を支援・阻害する情報システムの分析，*ヒューマンインタフェースシンポジウム'99*，ヒューマンインタフェース学会，pp.791-796 (1999).
- 4) England, D., Randles, M., Fergus, P., and Taleb-Bendiab, A.: Towards an Advanced Framework for Whole Body Interaction. *Virtual and Mixed Reality 5622*, pp.32-40 (2009).
- 5) 春木豊(編)：身体心理学—姿勢・表情などからの心へのパラダイム，川島書店 (2002).
- 6) Dourish, P.: *Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction*, Cambridge, MIT Press (2001).
- 7) Pon, A., Ichino, J., Eagle, D., Sharlin, E., D'Alessandro, N. and Carpendale, S.: Vuzik: A Painting Graphic Score Interface for Composing and Control of Sound Generation, *The 2012 International Computer Music Conference (ICMC 2012)*, pp.579-583, 2012.9.
- 8) Pon, A., Ichino, J., Sharlin, E., Eagle, D. and Carpendale, S.: Graspable Music and Vuzik: Music Learning and Creativity using an Interactive Surface, *CHI2011 Workshop on Child Computer Interaction*, ACM (2011).
- 9) Read, J. C., & MacFarlane, S. J. Endurability, Engagement and Expectations: Measuring Children's Fun. In Bekker, M. M. et. al *Proceedings of the international workshop 'Interaction Design and Children'*, August 28-29, 2002, Eindhoven, The Netherlands (2002).
- 10) Goldberg, A.: *Smalltalk-80: The Interactive Programming Environment*, Addison-Wesley (1984).
- 11) Burbeck, S.: *Applications Programming in Smalltalk-80(TM): How to use Model-View-Controller (MVC)* (1992).