

Vuzik：子どもの創造的音楽表現のための 全身を使ったインタラクションシステム

市野 順子^{1,a)} オーラ ポン² エフド シャーリン² デイビッド イーグル²
シーラ カーペンデル²

受付日 2012年5月5日, 採録日 2012年9月10日

概要：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。本稿では、Vusik—ユーザが全身を使ってお絵描きしながら音楽を操作・アレンジ・作曲するアプリケーション—と、14人の小学生によるユーザスタディについて述べる。Vusikは、子どもの創造的な体験を促進することを目的としている。アプリケーションは、ユーザがパレットと筆や指を使ってキャンバスに見立てた大型ディスプレイに絵を描く行為を通して、音楽パラメータを変えることによって、ユーザの動きに反応する。従来ツールとの比較評価実験より、Vuzikがユーザ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。

キーワード：身体性、全身を使ったインタラクション、音楽表現、子ども、創造性

Vuzik: Creative Music Expression for Children thorough Whole Body Interaction

JUNKO ICHINO^{1,a)} AURA PON² EHUD SHARLIN² DAVID EAGLE²
SHEELAGH CARPENDALE²

Received: May 5, 2012, Accepted: September 10, 2012

Abstract: 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.

Keywords: embodiment, whole body interaction, musical expression, children, creativity

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

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、逆に阻害してい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、たかだか 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

¹ 電気通信大学
The University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo
182-8585, Japan

² カルガリー大学
University of Calgary, Calgary, AB T2N 1N4, Canada

^{a)} ichino@is.uec.ac.jp

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ってしまう。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、表面的にはきれいであるが内容的には貧弱なデザインになってしまう [3] といわれている。

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 Is [6]」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、ハイデガー的なユーザ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、身体そのもののだけでなく、身体を通して生まれる感情・感覚・直感などを含めた、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、様々な身体動作のうち、全身的な動作に焦点を合わせ、音楽を通し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 [7], [8]。身体の動きは顔の表情の動きよりも偽装しにくく、身体の動きが隠すべき情報を漏らしてしまう [9] ことが明らかになっている。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うえで重要な要素となる。身体的インタラクションシステムと創造的な表現を融合する試みは、芸術 [10] や身体動作をともなう体験 [11] を探究するインタラクションデザインへの関心の高まりとも合致する。

本稿では、子どもを対象とし、全身的な動作を視覚的フィードバックのある空間に取り込むことにより、音楽を表現するためのインタラクティブシステム—Vuzik を提案する。本システムは、音楽を表現する行為の体験を支援する空間を追究し、ひいては、創造的な表現に関与する意欲を刺激し、創造的活動が促進することを期待する。

2. 関連研究

2.1 子どもの創造的活動を支援するシステム

ひとくちに創造的活動といっても様々な種類があるが、子どもを対象とした創造的活動を支援する研究は、音楽、

絵、物語の創造をテーマにしたものが多い。

子どものための音楽の創造を探索したシステムは多数ある。UPIC [12] は作曲家 Xenakis によって開発された描画から音を生成するシステムの草分けであり、ディジタイザを用いて入力された画像が音に変換される。Hyperscore [13], Making Music [14], Dragencer [15] は、フリーハンドで線を描きながら作曲を行える。Hyperscore は、マウスで線を描くことで1度に多くの音符を入力し、後からそれらを微調整する。PlaceAndPlay [16], FlexiMusic Kids Composer [17] は、ユーザ自身が録音した音声や、あらかじめ用意された音楽ピースを組み合わせて音楽を作成するオーサリングツールである。Singing Fingers [18] は、iPad 用のドローイング兼サウンドサンプリングツールである。指で線を描いている間の音声や周囲音が録音され、後からその線をなぞると録音された音が再生される。

子どものお絵描きを支援するシステムも多く存在する。Jabberstamp [19] は、タブレット上に置かれた紙に絵を描き、スタイラスペンが内蔵されたスタンプやトランペットで絵の特定の場所をタッチすると音声が入力され、後からその場所をペンでなぞると録音された音が再生される。IO Brush [20] は、カメラが内蔵されたブラシで、実世界の物体をなでると、その物体の色や動きがサンプリングされる。それらを素材として、実世界の色や模様を使ってキャンバスに絵を描くことができる。

物語の創造に焦点を合わせた研究には、TellTable [21], StoryMat [22], StoryRoom [23] などがある。TellTable は、テーブルトップディスプレイ上で、子どもたちが物語を創造・共有するためのシステムである。子どもたちは、プラスチック素材のキャプチャツールで実世界の物や人を撮影したり、テーブル上に絵を描いたりすることで、登場人物や風景を作る。それらをテーブル上に配置し、そこに物語のナレーションや台詞の音声を録音・付加し、物語全体を作り上げる。

2.2 音楽的表現のための全身を使ったインタラクションシステム

全身を使って音楽的表現を行うためのインタフェースのデザインを探究した研究は、センサ技術の進展とともに徐々に増えつつある。

BodySpace [24] は、身体の頭部・胸部・腰など複数カ所に装着された加速度センサを利用して、音楽プレイヤをコントロールできる。The Bow is bent and drawn [25] は、ソーシャルかつアクティブに表現豊かな内容の音楽ピースを聴いたり作ったりできる。SignalPlay [26] は、伝統的な意味での音楽ではないが、実空間にある物体を持ち上げたり傾けたり振り回したりする動作と、その動作に合わせて提示するサウンドスケープの関係性を、ユーザがどう構築・解釈・操作するかを探っている。BodyBeats [27] は、

全身を使った3種類のインタラクショナルシステム—トランポリンの上でジャンプする・ウォールサイズのパッドを複数人で触る・手の位置や姿勢を変える—を開発し、子どもが音楽を生成するためのインタフェースとしての全身運動の可能性を模索している。MINWii [28] は、アルツハイマ患者を対象とした音楽治療ゲームであり、Wiimoteを使ってバーチャルキーボードを操作したり、あらかじめ用意された音楽を演奏したりする。One Man Band [29] も同様にWiimoteを使った音楽ゲームであり、ジェスチャによって演奏される楽器の種類やタイミングをコントロールすることで音楽を演奏する。Articulated Paint [30] は、音楽のエキスパートではないユーザが、指揮棒のようなジェスチャでブラシを動かすジェスチャを通して、曲をコントロールできるシステムである。ディスプレイ上に感圧センサが内蔵されたブラシで線を描くと、ブラシのストローク情報から、曲のテンポ・ダイナミクス（強弱）・アーティキュレーション（スラー、スタッカート、アクセントなど）・ビブラートなど音楽の表現力を豊かにするためのパラメータが決定される。Moboogie [31] は、Android 携帯端末に内蔵された加速度センサの3軸が、それぞれメロディ・バス・ドラムに対応しており、ユーザの動きに合わせてあらかじめ用意された音楽ピースが変化することで、子どもがダンスと音楽を通して創造的な表現を体験することを支援している。

これらのシステムは、音楽プレイヤーの操作や音楽ピースのアレンジなど、あらかじめ用意された音楽をベースとして、全身を使って音楽を操作するエンタテインメント空間を提供している。

2.3 本研究の位置づけ

本研究で提案する Vuzik は、全身を使って絵を描きしながら創造的な音楽表現を体験できるインタラクティブシステムである。これは上述したシステムと多くの要素を共有している。Hyperscore, Making Music, Dragencer は、絵を描きする行為を通して子どもが音楽を表現・創造することを支援している点において Vuzik と類似している。しかしこれらは、身体性が創造的活動にどう作用するかについては言及していない。BodyBeats や Moboogie は、全身を使って音楽を表現することを支援している点で Vuzik と目的を同じくするが、ユーザ自らが新たな音楽を作り出すという意味での創造性を対象にしていないため、本研究とは視点が異なる。

一方、本研究でも用いたウォールサイズのディスプレイや、テーブルトップディスプレイなど大型ディスプレイの普及が進んでいる。これらが人間の知覚や思考にどう影響するかを理解することはきわめて重要な課題と考えられるが、その取り組みは十分なされていない [32]。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を検証することも本研究の目的の1つとした。

3. Vuzik システム

3.1 デザインコンセプト

子どものための創造的な音楽表現を支援する Vuzik の機能およびインタラクションを設計する際に、以下のデザインコンセプトを設定した。

全身的な動作：指や手だけでなく全身的な動作によってシステムとインタラクションする空間を構築する。

実世界空間とのつながり：身体性を容易に獲得するために、子どもが物理的な道具を使って探索、発見し、遊ぶことを促進する。

外在化：本研究の目的の1つは、創造的活動における全身を使った身体動作の役割を理解することである。よって、両者の関係性をより明示的に構築できるインタフェースにすることが重要になる。音は抽象的な存在であるため、子どもにとってできるだけ分かりやすいフィードバックを提示する。

自由な表現：子どもの創造性を促すために、子どもができるだけ自由にイメージーションを表現できるようにする。ユーザの行動が、システム設計によってある程度形成され・構造化されることはもちろん避けられないが、あらかじめ用意した音楽ピースを利用しないことにより制約を最小にする。

遊び心・単純さ・即時性：対象としているユーザが子どもであるため、ソフトウェアユーザインタフェースとフィジカルデバイスの両方のデザインにおいて、遊び心と単純さを強調する。また、子どもが緻密な計画を必要とせず音楽を即時的に創造できるようにする。

3.2 システム説明

Vuzik の開発は、子どもたちとのラボ内検証を取り込みながらの反復型開発プロセスを採用した。

3.2.1 全身を使って音楽を「描く」

3.1 節で述べたデザインコンセプトをふまえ、本研究では、身体動作と操作の対応関係が明確な「大きなサイズのキャンバスにブラシまたは指で絵を描く」という、古典的だがより直感的で即時的なブラシインタフェースのスタイルを採用した。大きなキャンバスに絵を描く行為は、一般的に楽器演奏と同じように全身でインタラクションする必要があるため、本研究が焦点を合わせている全身を使った身体表現は確保される。また手描きによるスケッチングは、創造的思考プロセスのための有効な外在化手段であるとされている [33]。

3.2.2 音楽の基礎要素とのマッピング

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。デザインコンセプトを満たすように、各要素と

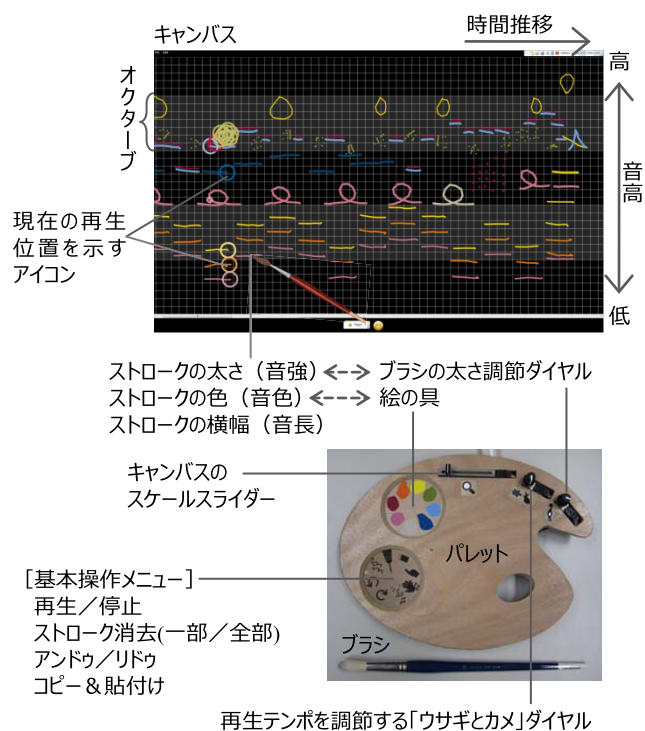


図 1 音楽の基礎要素とのマッピング

Fig. 1 Mapping fundamental elements of music.

インタフェースとのマッピングを行った (図 1)。

キャンバス

キャンバスは、横軸を時間軸 (左から右に向かって音楽が進行する)、縦軸を音高 (下から上へと音が高くなる) と関連付けた。キャンバスに描かれた絵全体が、1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。

子どもは音楽をどのように「描く」のかを調べるために、インフォーマルなユーザスタディを行った。子どもに、聞こえたメロディを描いて表現してもらったところ、表現のスタイルは大きく2種類—フリースタイル (なぐり描き、文字、点、人の手などの絵で表現する) と、メトリックスタイル (知覚した音のまとまりを図形的に描画したり、さらに休符も含めた韻律も意識して描画したりすることで表現する)—に分けることができた。この両方の表現のスタイルにも対応するために、キャンバスの背景に、音高と時間軸の目安となる補助線を表示するモードと非表示にするモードの両方を用意した。

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、サブウィンドウを作ることせず、1つのウィンドウ (キャンバス) が任意のスケールで表示できるようにした。ユーザが、パレット上のスケールスライダを操作すると、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づけた。音色と計8色の絵の具の色とのマッピングは、本稿の著者の1人であるプロフェッショナルの作曲家兼オーボエ奏者が色のイメージに合った音色を生成し、子どもたちとのラボ内検証を経て決定した。

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など、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。シンプルにするために機能は最小限にとどめた。

できるだけ子どもの身体活動を邪魔せず自由に動いてもらえるようにするために、パレットは、画家と同じように非利き手に持って広範囲に移動できるようにも、また、キャンバスの横に設置して手ぶらで動きまわれるようにもした。

3.2.3 2つのインタラクションモード

本システムは2つのインタラクションモード—音楽を作る Creation モードと、音楽を再生・試聴する Playback モード—で構成される。子どもはこの2つのモードを意識することなくシームレスに行き来できる。

Creation モード (音楽を作成する)

ユーザは、キャンバスであるディスプレイ上で、フィジカルなブラシを使うかまたは指で直接触れて線を描くと、ディスプレイ上にフリーハンドの線が描画されると同時に音が再生される。

ブラシのプロパティの変更はパレット上で行う。ユーザは、パレット上の絵の具を模した色に指でタッチすると、絵の具の色 (音色) を変更でき、パレット上のダイヤルを回すと、ブラシの太さ (音強) 変更できる。

キャンバス上に描画されたストロークは一定時間間隔で自動保存される。子どもがアプリケーションを誤って操作した場合も元の状態に戻れるようにするために、コールバック機能を設けた。

Playback モード (作成した音楽を再生する)

ユーザは、パレット上の音符アイコンを指でタッチすると、キャンバス上の左端に位置する音符から順に、休符も含めつつ再生される。一部分のみ再生したい場合は、スト



図 2 ハードウェア構成と開発したパレット

Fig. 2 Hardware configuration and Palettes developed.

ローク（音符）の部分選択を行ってから音符アイコンをタッチすると、選択した音符のみが再生される（部分再生）。再生を途中で停止することもできる。また、パレット上の「ウサギとカメ」ダイヤルを回すと、再生のテンポを変更できる。

3.3 実装

Vuzik システムのハードウェアは、キャンバスとブラシとパレットで構成される（図 2）。キャンバスは、タッチ入力可能なウォールサイズの提示デバイスとして、3 パターンの製品構成を構築した：[type i] インタラクティブホワイトボード（SMART Board for Flat-Panel Displays）+ 65 型液晶ディスプレイ（SHARP PN-655），[type ii] 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（EPSON EB-1730W），[type iii] 55 型タッチパネル（Xiroku XAW55-5500）+ 液晶ディスプレイ（55 型プラズマ HITACHI W55-P5500）。ブラシは，type i・ii・iii いずれも感圧式のパネルであるため，市販の絵画用ブラシをそのまま利用した。パレットは，市販の木製の絵画用パレットを子どもの手にフィットするサイズにカットし，そこに，2 個のタッチセンサ phidgets 1016 – PhidgetCircularTouch（1 個は絵の具，もう 1 個は基本操作メニュー），2 個の回転センサ phidgets 1109（1 個はブラシの太さの変更，もう 1 個は再生テンポの変更），1 個のスライダセンサ phidgets 1112 – Slider 60（キャンバスのズーム倍率の変更）を埋め込んだ。

ソフトウェア側は，大きく 2 つのソフト—Microsoft Vi-

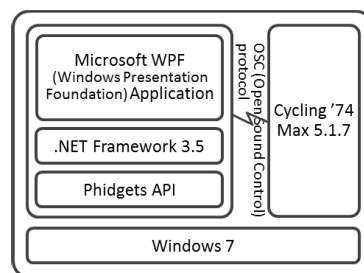


図 3 ソフトウェア構成

Fig. 3 Software configuration.

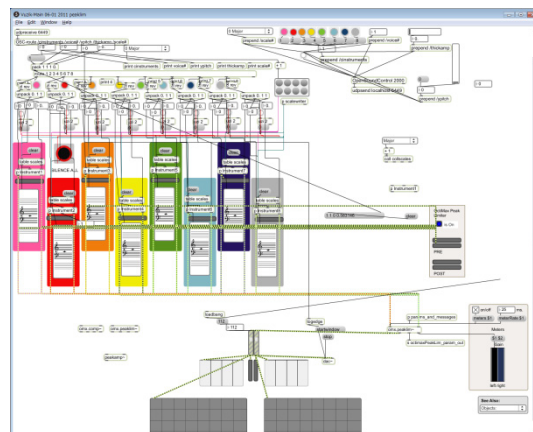


図 4 Max/MSP のスクリーンショット

Fig. 4 Screenshot of Max/MSP.

sual Studio 2008 C# 上で実装した WPF ベースのアプリケーションと，Cycling'74 の Max 5.1.7 を用いて実装したプログラム（図 4）—で構成される（図 3）。Max は音響・映像向けのグラフィカルな統合開発環境であり，作曲家やメディアアーティストらに広く利用されているソフトウェアである。

4. 評価

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。

4.1 評価の観点

4.1.1 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するといわれている。本評価実験では，ユーザ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。ユーザが生成した音楽（アウトプット）と，ユーザが音楽を生成する過程（プロセス）の両側面からシステムの効果を測る。

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もなく、音楽の思想や感情を表す構造を持っている [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 フレージング^{*1}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^{*2}である [1]。本研究では、このフレージ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 節参照）で生成された各参加者の曲に対して評価を行った。評価は、A（2点）、B（1点）、C（0点）の3段階で行い、評価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ミ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、収まっていればミクロ操作、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、1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ミクロ操作とした。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。

4.1.2 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とどまりやすいといわれている。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。

4.1.3 エクスペリエンス：Vuzik を子どもはどう体験するか？

システムを使った結果、最終的には、ユーザの心理・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、子どもでも分かる平易な表現に変更した（図 13）。

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（4.4 節参照）。しかし、プロジェクタを利用する Vuzik 環境は、照明を最小限に抑えたため、録画された映像から子どもの表情を判別できないデータが多く含まれていた。結果として、Smileyometer などのツール [34] を用いた表情からの感情評価は行えなかった。

4.2 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进行操作するツールを、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分かった。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、1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 5）を選定した理由を述べる。まず、Hyperscore は、2.1 節でも述べたとおり、Vuzik と同様にフリーハンドで線

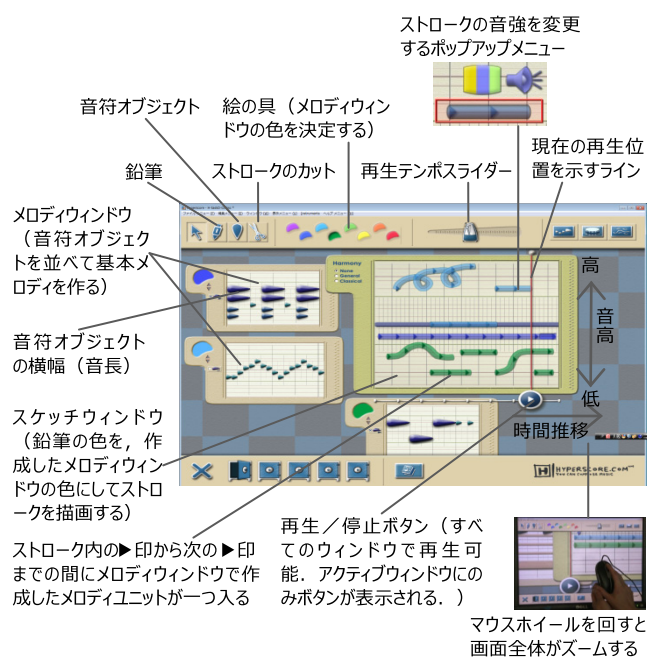


図 5 Hyperscore の画面と機能説明

Fig. 5 Screenshot of Hyperscore and feature description.

*1 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。

*2 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。

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。

4.3 Vuzik と Hyperscore の相違点

前節で述べたとおり、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-80 [35] のユーザインタフェース設計で用いられた MVC (Model-View-Controller) モデル [36] 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、それら基礎要素の設定や変更、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 1, 図 2) で構成されており、ユーザ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 5)。Hyperscore ユーザは、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、その長さに応じて現在選択している基本メロディの反復回数が決まり、メロディとして生成される。Hyperscore は、このウィンドウ構成によって、ユーザは、音楽の構造 (4.1.1 項参照) 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 1 対 1 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 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。5 章以降では、表に示した 3 つの相違点 (diff1, diff2, diff3) をふまえ、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	- 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	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)	- 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	直接触れて操作できる	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



図 6 実験環境

Fig. 6 Experimental environment.

4.4 実験環境

ハードウェアは type ii (3.3 節参照) の製品構成を使用した。Vuzik 条件の参加者は、キャンバスの前に立ち、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 6 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 6 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、分からないことがあれば質問してよいこと、実験中でも疲れた場合は休憩をとってよいことを伝えた。

4.5 参加者

一般から募集した 14 名 (うち 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および小学校の教員を経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。

4.6 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 1 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 カ所以上自由に変更してもらうよう教示した。参加者は、任意の音符の音長・音高・音強・音色などを変更できる。

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うよう教示した。また、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 7）。

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 回は曲を再生し最後まで聴き、メロディを自由に作ってもらうよう教示した。また、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 8）。

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うよう教示した。

4.7 実験手順

実験は図 9 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 曲あたりの制限時間は 4 分間とした。制限時間より早く終了してもよいことを伝えた（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

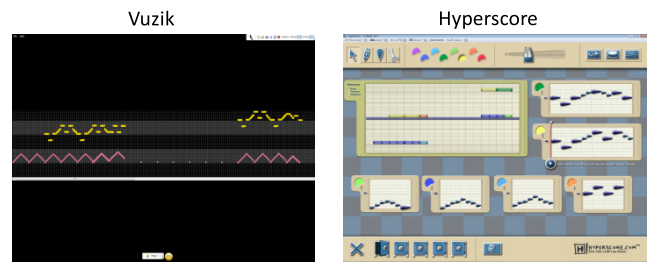


図 7 タスク B（中間部補充タスク）

Fig. 7 Task B (middle-part completion task).

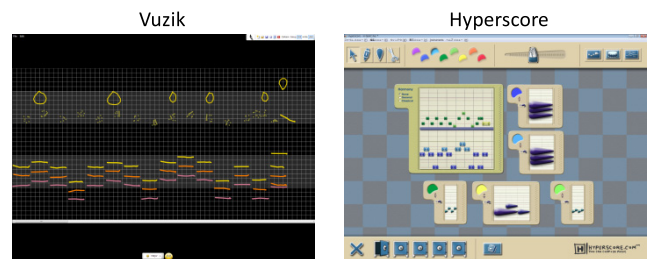


図 8 タスク C（メロディ補充タスク）

Fig. 8 Task C (melody completion task).

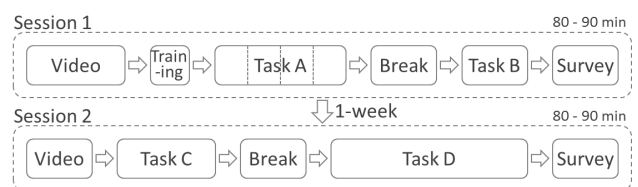


図 9 実験手順

Fig. 9 Experimental procedure.

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 とまった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。

5. 結果と考察

5.1 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 10(a) に、タスク D において参加者が完成

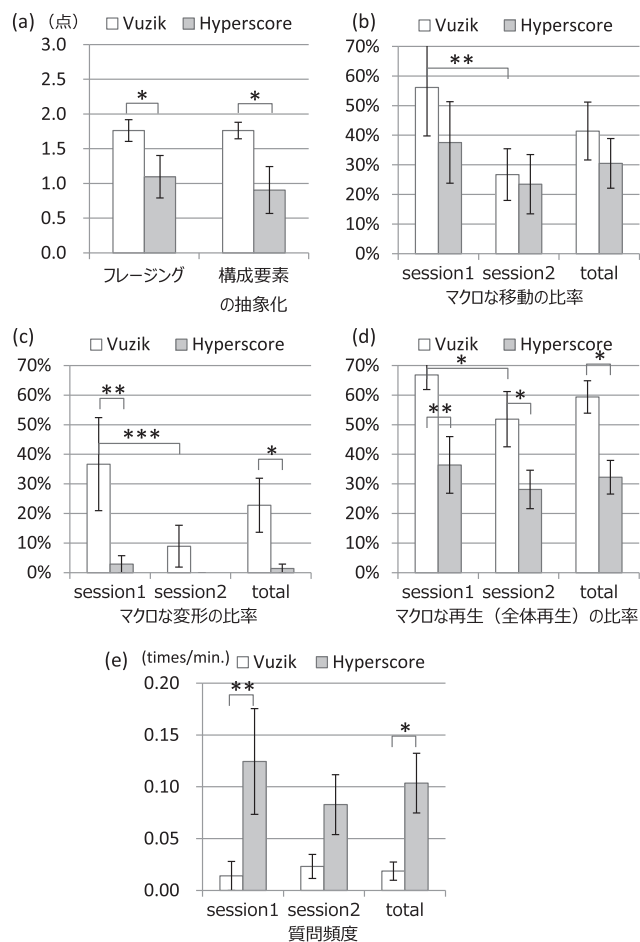


図 10 定量的評価結果

Fig. 10 Results of quantitative analysis.

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 11 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 10(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) $\times$ セッション (2: Session1, Session2) の繰返しのある 2 要因分散分析を行った。繰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

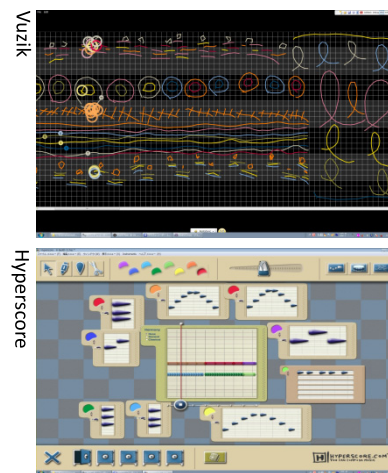


図 11 タスク D で参加者が完成させた曲の例

Fig. 11 Examples of pieces completed by subjects in task D.

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 $\times$ 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分かった。

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 10(c))。ツール $\times$ 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 10(d))。セッションの主効果、ツール $\times$ 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 13 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 $\times$ セッションの繰返しのある 2 要因分散分析を行った。グラフの値はセッション 1 とセッション 2 の平均値を示す。繰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きって作業を行えたと感

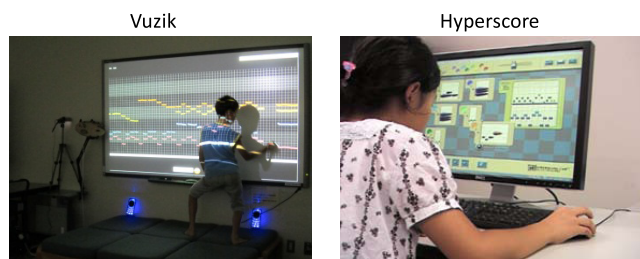


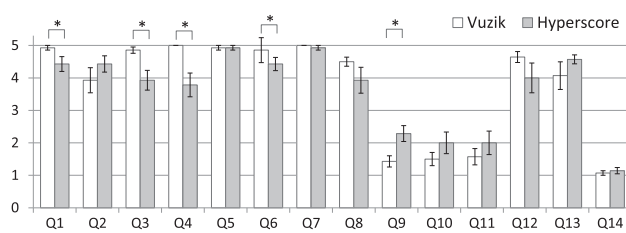
図 12 実験中の被験者の様子

Fig. 12 The typical subjects' posture during the task.

じていることが分かった (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分かった。4.3 節で述べたとおり, 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ともなって, 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 12 左)。一方 Hyperscore ユーザは, 姿勢が固定化される傾向が見られ, 猫背の状態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 12 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つかんだまましばらく悩んでいる様子は両ツールのユーザに見られたが, 行為を開始した後の様子が異なっていた。Vuzik ユーザは思いき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。これらをふまえると, 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の, 主にディスプレイデバイスの物



微調整操作	Q1. おそろおそろではなく, 思いきって線をかいてみた
	Q2. 線をほんの少しだけ動かしたり形を変えたりしたいと思った
	Q3. 細かいことを気にせずに自由に線をかくことができた
行えたか	Q4. 細かいことを気にせずに自由に音をつくることができた
楽しさ	Q5. 曲をつくるのが楽しかった
	Q6. 線をかいていくのが楽しかった
	Q7. 今日の実験は楽しかった
満足度	Q8. 自分がつくった音楽に満足した
NASA-Task Load Index	Q9. 頭を使って行う作業 (例: 考える・決める・数える・おぼえておく・じっくり見る) が難しかった・複雑だった (mental demand)
	Q10. 体を使って行う作業 (例: 動かす, 押す, 引く, まわす) が難しかった・複雑だった (physical demand)
	Q11. 忙しかった. 作業が急がされて大変だった (temporal demand)
	Q12. 今日行った作業は成功したと思う. 結果に満足している (effort)
	Q13. 結果を出すために, とても一生懸命, 頭も体も使って作業した (performance)
	Q14. 作業中に, ストレス・落胆・いらいら・不安・不快を感じた (frustration)

図 13 主観評価アンケート結果

Fig. 13 Subjective questionnaire results.

理的なサイズの違い (diff1) であることが示唆される。

5.2 学習容易性

図 10(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 × セッションの繰返しのある 2 要因分散分析を行った。繰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, $F(1, 12) = 5.452$, $p < .05$) が有意であった。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 (5.2 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ふまえて考察する。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分からない, 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、結果として記憶にとど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。

5.3 エクスぺリエンス

図 13 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」の設問においてのみツールの主効果があつた (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つた ($p < .05$)。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つた。設問 Q5 および Q7 については、いずれの主効果も見られなかつた (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、Vuzik・Hyperscore どちらの参加者も音楽を作ることを非常に楽しんだことが分かる。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つたものの、ツールの主効果、セッションの主効果とも有意でなかつた (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分かる。

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つた (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つた ($p < .05$)。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つた。身体的作業負荷をたずねた Q10 は、全身を使って操作を行う Vuzik 群の方が低い値となつたものの、いずれの主効果も見られなかつた (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、Q13 の努力についても同様に、Vuzik 群の方が低い値となつたものの、いずれの主効果も見られなかつた (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たずねた Q14 は、両群の参加者ともきわめて低い値であつた (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 がユーザから引き出したエクスペリエンスに大差はなかつた。楽しさ・満足度というポジティブな効果に関しては、Vuzik のユーザも Hyperscore ユーザも、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、Vuzik, Hyperscore 両方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ともなう Vuzik の方が大きいにもかかわらず、Hyperscore のユーザの方が有意差はないものの負荷が高いと感じている点は興味深い。

5.4 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、子どもの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分かつた。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うかがえる要素が含まれていた。またその過程を見ても、Vuzik ユーザは大胆に操作する割合が高い (換言すれば、Hyperscore ユーザは微細に操作する割合が高い) 結果となつた。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、物理的に大きなディスプレイを使用した Vuzik ユーザは、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、今回提案した Vuzik にとどまらず、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 1 つといえる。

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。

6. 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 を提案した。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い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分かった。これは、子どもの創造的活動を支援するうえで、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きわ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。

本システムを本質的に拡張するためには、全身を使ったインタラクションシステムが創造的活動に与える影響をより深く理解することが必要である。本稿では、創造的活動における重要な点として、全体的なイメージを構成することに焦点を合わせたが、この観点は当然のことながら創造的活動のすべてを網羅していない。創造的な活動を対象とした場面においては、Dewey [37] や Schön [38] などによっ

て唱えられたリフレクティブ・シンキング（自己省察）の理論をベースとして、自己の活動を省察するメタ認知的な活動の重要性も指摘されている。HCI の分野においても、このリフレクティブ・シンキング活動を支援するシステムの開発が行われている（たとえば研究 [39], [40], [41]）。自己の体験した創造活動を振り返り、評価・考察を行うといった創造活動の自己省察に着目し、システムのデザインコンセプトや評価指標に取り込む必要がある。

また、本システムの別の拡張の方向性としては、複数のユーザによって協調的に音楽を表現・作成するツールとしての Vuzik の可能性を検討することがあげられる。音楽を表現することは、個人にとって必要不可欠なものであるだけでなく、重要なコミュニケーション活動でもある。インフォーマルに 2, 3 名の子どもに Vuzik を一緒に利用してもらったところ、他の子どものアウトプットによって想像力が刺激され、インスピレーションの起点となって、さらに新たなアウトプットを生む、という連鎖が観察された。

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-Bendib, A.: Towards an Advanced Framework for Whole Body Interaction, *Virtual and Mixed Reality*, Vol.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*, MIT Press, Cambridge (2001)。
- [7] 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: The 2nd Workshop on UI Technologies and Educational Pedagogy*, ACM (2011)。
- [8] Pon, A., Ichino, J., Eagle, D., Sharlin, E. and Carpendale, S.: Graspable: Vuzik: Music Visualization and Creation on an Interactive Surface, *Audio Mostly 2011*, Poster Session (2011)。
- [9] 莊巖舜哉：人の行動とコミュニケーション，福村出版 (1988)。
- [10] Petersen, M.G., Iversen, O.S., Krogh, P.G. and Ludvigsen, M.: Aesthetic interaction, *Proc. DIS'04*, pp.269–276, ACM (2004)。

- [11] McCarthy, J. and Wright, P.: *Technology as Experience*, MIT Press (2007).
- [12] Lohner, H.: The UPIC System: A User's Report, *Computer Music J.*, Vol.10, No.4, pp.42-49 (1986).
- [13] Farbood, M., Pazstor, E. and Jennings, K.: Hyper-score: A graphical Approach to Composing Music, *IEEE Computer Graphics and Applications, Special Issue on Emerging Technologies*, pp.50-54 (2004).
- [14] Subotnick, M.: Making Music (2012), available from <http://www.creatingmusic.com/> (accessed 2012-02).
- [15] intel: Dragencer (2012), available from <http://www.intel.com/jp/consumer/Inside/gassaku/tools/matsuo.htm> (accessed 2012-02).
- [16] Akiyama, Y. and Oore, S.: PlaceAndPlay: A digital tool for children to create and record music, *Proc. CHI'08*, pp.735-738, ACM (2008).
- [17] FlexiMusic: FlexiMusic Kids Composer (2012), available from <http://fleximusic.com/product/fleximusic-kids-composer> (accessed 2012-02).
- [18] Rosenbaum, E. and Silver, J.: Singing Fingers: finger-paint with sound, *Proc. IDC 20010*, pp.308-310, ACM (2010).
- [19] Raffle, H., Vaucelle, C., Wang, R. and Ishii, H.: Jabber-stamp: Embedding sound and voice in traditional drawings, *Proc. IDC 2007*, pp.137-144, ACM (2007).
- [20] Ryokai, K., Marti, S. and Ishii, H.: I/O brush: drawing with everyday objects as ink, *Proc. CHI'04*, pp.303-310, ACM (2004).
- [21] Cao, X., Lindley, S.E., Helmes, J. and Sellen, A.: Telling the whole story: Anticipation, inspiration and reputation in a field deployment of TellTable, *Proc. CSCW2010*, pp.251-260, ACM (2010).
- [22] Ryokai, K. and Cassell, J.: StoryMat: A Play Space for Collaborative Storytelling, *CHI Ext. Abstracts '99*, ACM (1999).
- [23] Montemayor, J., Druin, A., Chipman, G., Farber, A. and Guha, M.L.: Tools for children to create physical interactive storyrooms, *Computers in Entertainment (CIE)*, Vol.2, No.1, ACM (2004).
- [24] Strachan, S., Murray-Smith, R. and O'Modhrain, S.: BodySpace: Inferring body pose for natural control of a music player, *Proc. CHI Ext. Abstracts '07*, pp.2001-2006, ACM (2007).
- [25] Volpe, G. and Camurri, A.: A system for embodied social active listening to sound and music content, *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, Vol.4, No.1, Article 2, ACM (2011).
- [26] Williams, A., Kabisch, E. and Dourish, P.: From Interaction to Participation: Configuring Space through Embodied Interaction, *Proc. Ubicomp 2005*, pp.287-304, ACM (2005).
- [27] Zigelbaum, J., Millner, A., Desai, B. and Ishii, H.: BodyBeats: whole-body, musical interfaces for children, *CHI Ext. Abstracts '06*, pp.1595-1600, ACM (2006).
- [28] Benveniste, S., Jouvelot, P. and Péquignot, R.: The MINWii Project: Renarcissization of Patients Suffering from Alzheimer's Disease Through Video Game-Based Music Therapy, *ICEC2010*, LNCS 6243, pp.79-90 (2010).
- [29] Bott, J.N., Crowley, J.G. and LaViola, J.J.: Exploring 3D gestural interfaces for music creation in video games, *Proc. FDG 2009*, pp.18-25 (2009).
- [30] Knörig, A., Müller, B. and Wettach, R.: Articulated Paint: Musical Expression for Non-Musicians, *Proc. NIME'07*, pp.384-385, ACM (2007).
- [31] Halpern, M., Tholander, J., Evjen, M., Davis, S., Ehlich, A., Schustak, K., Baumer, E. and Gay, G.: MoBoogie: Creative Expression Through Whole Body Musical Interaction, *Proc. CHI'11*, pp.557-560, ACM (2011).
- [32] 市野順子, 金山尚史, 田野俊一, 橋山智訓: ディスプレイの物理的な大きさがテキスト読解に与える影響, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.5, pp.1570-1580 (2012).
- [33] 中小路久美代, 山本恭裕: インタラクシオンデザインにおけるスケッチ: ARTware プロジェクトの事例から, Design シンポジウム 2010, 精密工学会 (2010).
- [34] Read, J.C. and MacFarlane, S.J.: Endurability, Engagement and Expectations: Measuring Children's Fun, *Proc. International Workshop 'Interaction Design and Children', August 28-29, 2002, Eindhoven, The Netherlands*, Bekker, M.M. et al. (Eds.) (2002).
- [35] Goldberg, A.: *Smalltalk-80: The Interactive Programming Environment*, Addison-Wesley (1984).
- [36] Burbeck, S.: Applications Programming in Smalltalk-80(TM): How to use Model-View-Controller (MVC) (1992).
- [37] Dewey, J.: *How We Think*, D.C. Heath (1910).
- [38] Schön, D.A.: *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, Basic Books (1984).
- [39] Yamamoto, Y. and Nakakoji, K.: Interaction Design of Tools for Fostering Creativity in the Early Stages of Information Design, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.63, No.4-5, pp.513-535 (2005).
- [40] 佐々木勇介, 岩田 満, 田野俊一, 橋山智訓: デザインの行動分析によるデザイン支援ツールの設計と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1113-1124 (2007).
- [41] Nakakoji, K., Yamamoto, Y., Matsubara, N. and Shirai, Y.: Toward Unweaving Streams of Thought for Reflection in Early Stages of Software Design, *IEEE Software, Special Issue on Studying Professional Software Design*, Vol.29, No.1, pp.34-38 (2012).



市野 順子 (正会員)

1998年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了。1998～2001年大日本印刷(株)。2001～2006年TIS(株)。2003～2006年(独)情報通信研究機構けいはんな情報通信融合研究センター自然言語グループ特別

研究員。2007年神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。2007年より電気通信大学大学院情報システム学研究科助教。2010～2011年カルガリー大学コンピュータサイエンス学部客員研究員。協調活動・感性的活動の支援, ユーザの認知・行動特性の理解に関する研究に従事。ヒューマンインタフェース学会, ACM各会員。博士(工学)。



オーラ ポン

作曲家。オーボエ奏者。カルガリー大学音楽学部作曲学科卒業。2012 年同大学院 Computational Media Design 科修了。作曲を Allan Bell, David Eagle 両氏に師事。オーボエを David Sussman 氏に師事。現在は、カナダのアルバータ州、ブリティッシュコロンビア州で演奏活動を積極的に行うと同時に、音楽的表現のための新しいインタフェースの研究開発に従事。



エフード シャーリン

カルガリー大学コンピュータサイエンス学部准教授。同大学において、Dr. Sheelagh Carpendale, Dr. Tony Tan, Dr. Saul Greenberg 各氏とともに Interactions Lab の運営に従事。同ラボの uTouch 研究グループの統括を務める。物理的なモノ・環境をベースとした新しいインタラクティブ・エクスペリエンスの研究を進めている。Ph.D.



デイビッド イーグル

カルガリー大学芸術学部音楽学科教授。室内楽、管弦楽、電子音響音楽の作曲に従事。作曲のためのインタラクティブシステムの研究も進めている。Ph.D.



シーラ カーペンデール

カルガリー大学コンピュータサイエンス学部教授。情報可視化、ユーザインタフェース設計、ヒューマンコンピュータインタラクション、ビジュアル言語、グラフィレイアウトの研究に従事。Ph.D.