JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	子どもの音楽創作意欲を高めるための「音に触って聞く」作曲システムの提案
Author(s)	西本, 一志; 牧野, 真緒; 大島, 千佳; Rodney, Berry; 桶川, 直人; 鈴木, 雅実; 萩田, 紀博
Citation	日本知能情報ファジィ学会誌,知能と情報, 17(2): 164-174
Issue Date	2005-04-15
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/18084
Rights	Copyright(C),2005,日本知能情報ファジィ学会,西本一志,牧野真緒,大島千佳,Rodney Berry,樋川直人,鈴木雅実,萩田紀博,日本知能情報ファジィ学会誌,「エンタテインメントコンピューティング」特集,17(2),2005,pp164-178
Description	

JAIST
JAPAN ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌）Vol.17, No.2, pp.164-174(2005)

原著論文

子どもの音楽創作意欲を高めるための「音に触って聞く」作曲システムの提案†

牧野 真緒*1・大島 千佳*1・Rodney Berry*1・樋川 直人*1・西本 一志*1・鈴木 雅実*1・萩田 紀博*2

本論文では，音楽の経験が乏しい子どもでも音楽的なイメージを広げ，試行錯誤しながら創作できるシステム，The Music Table（ミュージック・テーブル）を提案する．美術においては幼児のうちから“お絵描き”や，“粘土遊び”をしながら主体的に創作して自己表現しているのに対して，音楽ではなかなか自ら創作して楽しむことはできない．近年の計算機の発達に伴い，ユーザの頭の中でイメージが明確に音楽に変換されていれば、音を楽譜に変換したり，演奏したりする支援は多数ある．しかし，音楽創作の手がかりとなる，音楽的なイメージをユーザに与え，発想を広げる支援を包括するシステムはない．そこで本研究では，音符の代わりに現実のキューブを使い，子どもが積み木で遊ぶ感覚で音を簡単に配置することを可能にし，個々のキューブに対応する音が常にループして出力することで，ユーザの音楽的イメージを高めるシステムを提案する．音楽経験が全くない6名を含む，幼稚園児から中学生までの被験者17名による実証実験の結果，どの子どもも創作時間中，始終キューブの操作を行い，独創的なフレーズを創作することができた．ここから，The Music Tableは子どもに音楽創作のきっかけを与え，積極的な自己表現に取り組むよう促すことができるエデュテインメントシステムといえる．

キーワード：音楽，作曲，エデュテインメント，AR Tool Kit，複合現実感

1. はじめに

本論文では，音楽の経験が乏しい子どもでも，音楽的なイメージを広げ，試行錯誤しながら創作できるシステム，The Music Table（ミュージック・テーブル）を提案する（以下，「MT」と略する）．

美術においては，幼児のうちから“お絵描き”や，“粘土遊び”をしながら主体的に創作して自己表現しているのに対して，音楽では，Pops曲やクラシック曲を日常的に聴くことはあっても，なかなか自ら創作して楽しむことはできない．一般的に音楽創作 には，大きく分けて次の4つの過程があると考える．1）創作したい「鳴り響き」をイメージする，2）イメージした鳴り響きを音楽理論や和声学等に則り音楽にする，3）音楽を音符（音高や音価[1]）に変換し楽譜等に保存する，4）創作したものを演奏する，である．この4つの過程は必ずしも順番通りではなく，イメージした鳴り響きを実際に奏でることで，次の発想を広げていくこともある．しかし，音楽の経験が乏しい初心者は，たとえ情景や雰囲気，気持ち等のあいまいなイメージはあったとしても，1）鳴り響きをイメージすることは難しい．そして，2）3）4）の能力を習得するまでにも長い年月を要するため，一般的にはこれらの障壁が，初心者が音楽創作に取り組むことを難しくしている．

しかし最近では，コンピュータの普及に伴い，DTM (Desk Top Music) システムが開発され，MIDI (Musical Instrument Digital Interface)により，3）音楽を音符にして楽譜に保存したり，4）演奏したりすることが容易になってきた．容易に演奏できるエンターテインメント・システムとしては，Radio-baton[1]，Magicbaton[2]，ブラボーミュージック[3]がある．これらは指揮棒をふる感覚で演奏できるが，あらかじめ入力されている楽曲演奏を拍単位でコントロールするシステムであり，創作の支援はしていない．楽譜への変換を支援するものとしてXGworks[4]を始めとするミュージック・シークエンス・ソフトがある．ソフトに設定された機能のうち，MIDIデータの入出力機能を有する楽器で演奏したデータを楽譜に変換する機能は，楽器演奏初心者には非常に労力がかかる．一方で楽器を演奏せずに，音高や音量，音長を離散的に入力して演奏データを作る機能では，初心者でも音を入力する

† A Tangible Composition System for Prompting Children to Create Music by Reflectively Manipulating Notes
Mao MAKINO, Chika OSHIMA, Rodney BERRY, Naoto HIKAWA, Kazushi NISHIMOTO, Masami SUZUKI, Norihiro HAGITA

*1 ATRメディア情報科学研究所
*2 ATR知能ロボティクス研究所

1 「音高」とは「ドレミ」等のピッチを示し，「音価」とは四分音符，八分音符等の音符の長さを指す．

NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

ことが容易である．たとえば，各音をグリッド上にクリック1回で入力することができ，クリックと同時にその音高（ドレミ等のピッチ）がスピーカーから出力されてくる．しかし，創作過程で曲全体の具合を調べるためには，その都度，再生ボタンを押さなければならないため，各音の入力がその前後音との関係において適切であるかどうかがユーザにはわかりにくい．また，このような楽譜作成ソフトを使用する場合には，創作したい曲が音としてすでにひらめいていなければ使用するのは難しい．子供たちに音楽を創る喜びを提供するプロジェクトとして，Toy Symphony[5]がある．容易に演奏できる新楽器も提案しているが，理解して使うには約1週間にわたるワークショップに参加しなければならない．またToy Symphonyの一環として作られたHyper Score[6]は，作曲用のソフトウェアで，フリーハンドで線を描くだけで楽曲を創作することができる．コード，メロディー，音色や音がそれぞれ色分けされており，個々の素材を創作し，全体的な音楽形式に統合して，作曲全体を自動的に実現するものである．しかし，操作が容易ではないため，低学年の児童にはわかりにくい．さらに，XGworksと同じように，創作過程で曲を再生するにはその都度ボタンを押さないとならないため，創作した音よりも，描いた線から発想を広げて音楽創作をしがちとも考えられる．

このように，4）創作したものを演奏する，ことを支援するシステムは多く存在し，ユーザの頭の中でイメージが明確に音楽に変換されていれば3）音符に変換して楽譜に保存する，ことも容易にできるようになってきた．また，Hyper Scoreによって，2）音楽理論に則り音楽に変換する，ことも支援されつつある．しかし，音楽創作を開始するにあたって必要な1）鳴り響きをイメージするきっかけを与え，発想を広げる支援を包括するシステムはない．また，楽器演奏の経験のない幼い子どもも容易に使える音楽創作支援システムはない．

そこで本研究では，Augmented Realityの技術を用いて，音符の代わりに現実のキューブを使い，子どもが積み木で遊ぶ感覚で音を配置することを可能にし，個々のキューブに対応する音が常にループして出力することで，ユーザの音楽的イメージを高めることを目的としたシステムを提案する．1つのキューブでもテーブルに置くと，その位置に対応する音がループして鳴り始めるので，子どもはそのループする音楽からイメージを広げ，次々とキューブを並べていく．また音（キューブ）を簡単に置いていくことができるため，幼い子どもでも積み木遊びの感覚でキューブを並べることができ，音楽創作のきっかけをもたらす．

ActiveCube[7]は，マルチモーダル・インタフェイスの研究の一環として，ブロックを介することで，入力と出力の因果関係が明快になり，直接的なインタラクションが可能になることを示している．Block Jam[8]も，ディスプレイの付いた触覚的なブロックをつなぎ合わせることで，音楽を創作するシステムである．しかし各ブロックにシーケンスデータが入っているために，ブロックごとに音高が決定されており，MTのように配置個所に対応した音高概念はない．ブロックの表面には「スイッチボタン」や「接続」等ブロックの現在の機能がLEDにより示されている．しかし幼い子どもは操作を理解しにくい．また，多くの被験者による評価実験はまだ行われていない．本論文では，MTを用いた子ども向けのワークショップを行い，MTが音楽創作支援として有効であることを示す．

続いて第2章ではMTのシステム構成について述べる．第3章ではMTを使ったワークショップでの子ども達の創作過程を分析し，楽器演奏経験の全くない子どもでも，試行錯誤しながら思い通りに音楽創作ができることを示す．第4章ではユーザに音楽的なイメージを与え，発想を広げる音楽創作システムとしてのMTの特性について論じる．第5章ではまとめと今後の課題について述べる．

2. システム構成

MTの使用方法とソフトウェア構成について述べる．

2.1 The Music Tableの使用方法

MTはIDのついたキューブ，テーブル，ディスプレイ，カメラ，ソフトウェアから成る．図1に示されているように，カメラはキューブとのインタラクションを全て掌握する為に，テーブルの真上に設置される．カメラからの映像はコンピュータへ送られ，IDパターンを認識したコンピュータは，音楽を奏でると同時に，映像をカメラ映像に重ねて生成し，ユーザに対面した

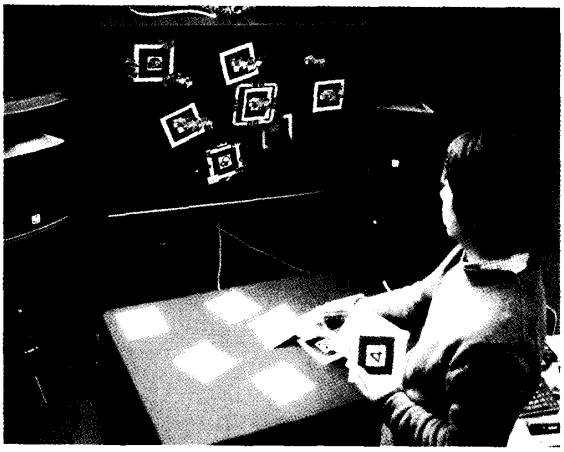

図1．The Music Table

NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

大きなディスプレイ・スクリーンへ直接投影する．

キューブには10個の「音符」の役割をする「音符キューブ」と，それらの音色を選択するための「楽器キューブ」，そして創作したフレーズ(テーブル上に配置した音符キューブ全て）を保存するための「フレーズキューブ」の3種類がある．音符の役割をする音符キューブがテーブルに置かれると，カメラはそのIDパターンを捉え，MTのソフトウェアはテーブル上のキューブの位置を認識する．テーブル上のy軸はその音符の音高（ピッチ）を示し，テーブルの奥（ユーザから遠方）へ行く程，音高は高くなる．テーブルに垂直に立つディスプレイでは奥へ行くほど，上に表示される．テーブル上のx軸は時間を示し，テーブルの左から右に向かって各々のキューブ（音符）の音が順番に出力される．クオンタイズされるため，非常識なリズムにはならない．キューブを右回りに回転させると音量が大きくなり，左回りに回転させると小さくなる．また，キューブを右に傾け傾斜を加え続けると，音長が増加し，左に傾けると減少する．希望する音長にして，テーブルに平らに置くと，その音長が保持される．置かれたキューブの音は常にループして音が鳴り続けている．このように，音楽創作の過程の4）創作したものを鳴り響かせる，をMTは容易に実現できる．

楽器を選択するキューブ（楽器キューブ）には，6面に6種類（ギター，ベース，ピアノ，鉄琴，太鼓，トランペット）の楽器の音色の選択肢が用意されている．楽器キューブを置く場所は，テーブル上のいずれの場所でも良く，置いた位置の座標情報は使用されない．楽器キューブが置かれたことが認識されると，テーブル上の全ての音符キューブの音色が，楽器キューブの真上の面の絵で指定された楽器の音色に設定される．

またフレーズキューブをテーブルに置くと，その時点でテーブルに配置されている全ての音符キューブの配置・設定情報を保存することができる．フレーズキューブを置く場所は，テーブル上の空きスペースならばどこでも良く，置いた位置の座標情報は使用されない．このように，音楽創作の過程の3）「音楽を音符に変換して楽譜等に保存する」ことを，MTを用いれば幼児でも容易に実行できる．なお，創作したフレーズを五線譜に変換することは，機能上可能であるが，本評価実験では用いていない．

ユーザはディスプレイと対面して音楽を創作する．ディスプレイにはテーブル上に配置された音符キューブ等が映し出されるとともに，その上に図2のようにキャラクタの「ムシ[2]」や楽器が表示される．この「ムシ」は，配置された音符キューブの音の性質を示しており，胴体が長いほど音長が長く，トゲが多いほど音量が大きい．フレーズキューブには，3匹のムシが輪になって行進している様子を映し出すことで，音符キューブとの区別を容易にしている．さらに，3匹のムシの輪の中央には，保存されたフレーズで使われている音色の楽器のアイコンを表示している．未保存状態では，3匹のムシは半透明であるが，保存完了後に不透明となる．

2.2 ソフトウェア構成

図3に示すように，システムのソフトウェアは大きく4つの部分で構成されている．映像を担当するのが，Augmented Reality Toolkit[9]（以下，「AR Toolkit」と略する）とOpen VRMLで，音楽を担当するのが，音楽プログラミング環境であるPure Data[10]とAR Toolkitである．これらを統括しているのが，MTのソフトウェアである．

2.2.1 音楽を出力する構成

キューブのトラッキングにはAR Toolkitを使用している．AR Toolkitから出力されたキューブのy軸の上の位置を，MTのプログラムは0と127の間のMIDI値として生成し，シークエンサ[3]に送る．MIDIイベント用のシークエンサは，Pure Dataへ組み込まれている．その後，シークエンサはMIDIノートナンバーにこの値をマッピングする．x軸の上の位置も同様に0-127までの値に変換され，シークエンサへ送られる．x

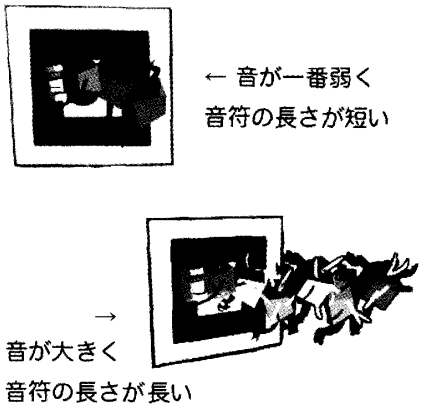

図2．ディスプレイに表示されるキャラクタの例

2 ユーザーは音の状態を視覚的に連想させることが目的であり，主に子どもが使用することを念頭においた親しみやすいキャラクタになっている．

3 シークエンサとは音楽をMIDI信号の形で記録，再生するもので，MT中のシークエンサは，それぞれ異なる1つの音符(キューブ）を演奏するのに当てられる．つまりシークエンサは，テーブル上のキューブの1つとして割り当てられ，そのキューブのマーカー・パターンの1つに結び付けられる．

NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

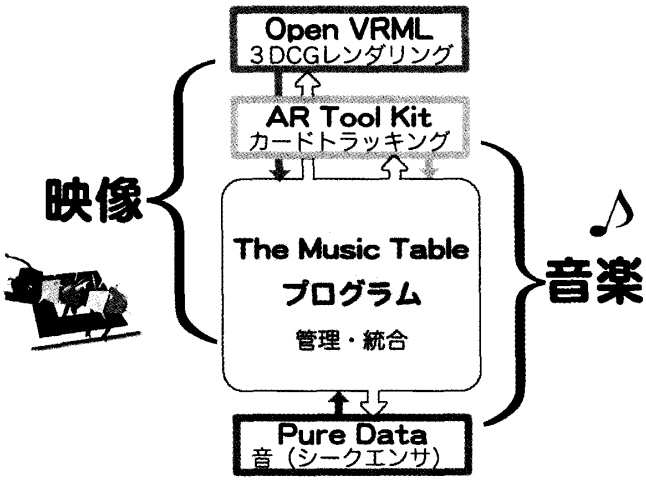

図3． ソフトウェアの構成例

軸上にループする時間軸は8ビートに相当するので，シークエンサはこの値をとり，8つの等間隔うちの1つにそれを再配置する．また，キューブがテーブル上で右回りに回転する場合，MTのプログラムはそのキューブの回転角度を，シークエンサへヴォリューム（音の大きさ）を増幅する値（0-127）として送る．左に回すとその値は逆に減少する値を送る．キューブが右側に傾けられる場合，プログラムはそのキューブの傾斜角度を，デュレーション（音長）を増加する値（0-127）として，シークエンサへ送る．左に傾けるとその値は減少する値を送る．そのデュレーション値によって決定された時間の量をキューブは保持する．

シークエンサは，規則的に0-7まで繰り返しカウントを出力するマスタークロックを持っている．つまりx軸上にループする時間軸は8ビートに相当するので，シークエンサがカウントを取る時，時間軸上とそれ自身のキューブの位置と一致するかどうかチェックする．それらが一致して，キューブがトラッキングされていれば，シークエンサはキューブの位置，回転や角度から，音の高さ強弱，長さの値に変換して，シンセサイザーへ送りMIDI値を生成する．テーブル上のキューブ操作から起こる情報はすべて，そのキューブのシークエンサへ送られ，MIDI値を生成し，MIDIチャンネル1上へ送られる．シークエンサのそれぞれに対する値はPure Dataの中の1つの配列に格納される．この配列はクリップボードの中のストレージにあるので，他のいくつかの配列のうちの1つへコピーすることができる．

また，配置したキューブを保存する為のフレーズキューブがテーブルに置かれると，クリップボードアレイにテーブル上のパターンをコピーするコマンドがPure Dataの中で引き起こされる．各フレーズキューブは，テーブル上のインタフェイスに接続されたシークエンサと同一のシークエンサを持っている．これらの3つのシークエンサはチャンネル2，3および4上へ，3つのキューブごとに送信される[4]．

2.2.2 映像を出力する構成

MTでは，実空間であるテーブルおよびキューブのカメラ画像と，コンピュータで生成された3DCGオブジェクトやキャラクタを組み合わせるために，AR Toolkitを使用している．各キューブは正方形の黒いフレームとその中の個別のマーカーにより，システムは，キューブの配置や回転角度を認識することができる．AR Toolkitがキューブの配置や回転角度を認識すると，MTのプログラムは，VRMLオブジェクトに適切な大きさ，位置，回転角度をレンダリングさせるため，値をOpen VRML[5]へ送る．その結果，MTのプログラムがオリジナルのビデオ映像にVRMLオブジェクトをミックスさせ，“現実空間”としてディスプレイに映し出される．VRMLファイルは個々のキューブのパターンに関連付けられている．ムシの胴体やトゲの状態の変化は，異なるモデルを切り替えることにより表現されている．

3. システムの評価

MTにより楽器演奏経験が全くない幼児や子どもでも鳴り響きをイメージするきっかけが与えられ，発想を広げながら試行して創作することが可能かを調べるために，幼稚園児から中学生までの17人にMTを使って音楽創作を試みてもらった．

3.1 評価実験の概要

MTを使ったワークショップを「ワークショップコレクション2004　イン　香川」の1つとして開催し，本実験を行った[6]．被験者は，幼稚園児1名，小学校低学年の児童9名，高学年の児童6名，中学生1名の合計17名で，そのうち女子児童は7名であった．ピアノ・レッスンに通っていると答えた被験者は10名おり，そのうち1名はチェロや歌のレッスンにも通っていた．作曲の経験があると答えた被験者は5名であった．

17名の被験者は，MTを使った作曲ワークショップに参加希望した小学生から中学生であり，各回年令の幅は様々で，3名または4名で構成された2つのグループに分かれて開催された．グループは当日集まってもらった参加希望者で構成されている．約1時間のワークショップにおいて，各グループ1台のMTを使い，

4 このMIDIの仕組みはthe Augmented Groove[3]から開発が続けられている．
5 Open VRMLの標準には，現在のライブラリーでサポートされていない様々な問題が存在したが，我々が可能な範囲でいくつかの修正に取り組んで実現させた．
6 2004年8月6日～8日に実施した．

NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

子供たち各自の作曲時には１人１台使って制作を行った．音楽や美術等の創造的な活動をするには，イメージをもって取り組むことが大事である．そこで，まず課題を設定し，イメージを自由に絵や言葉にしてもらってから，音楽創作に取り組んでもらった．課題については，子供達が音を想像するきっかけをより多く与えられる様に「動物のパーティ」とした．次に各被験者が任意の動物のイメージからMTを使って10個の音符キューブで１レイヤーの１フレーズを創作し，それぞれ保存した．最後にはそれらの動物が集まった“パーティ”として，それぞれの作品をレイヤーに重ねて合奏とし，グループ単位で作品を発表してもらうことを意図した．ただし本実験では協調支援については，考慮に入れていない．また，音楽創作を始める前に，グループ全員の前でMTの以下の操作方法について，子ども向けに簡単な言葉を用いて第一筆者が説明し，質問を受け付けた．説明と質疑応答は長くても15分以内で終わった．

(1) キューブの配置によって奏でる音高の高低が変わること
(2) 左から右への時間軸に沿って音が鳴ること
(3) 音長の調整方法とそれに伴う「ムシ」の胴体の長さの変化について
(4) 音量の調整方法とそれに伴う「ムシ」のトゲの本数の変化について
(5) 保存用のキューブの説明
(6) 保存することにより，次のフレーズを創作し，「レイヤー」になっていくことの説明

フレーズ作成後には，小テストにより操作の理解度を確かめ，質問票により完成した作品の工夫個所や，使用した楽器の音色，タイトルについて質問した．なお，幼稚園児や低学年の児童に対しては，質問を読み上げて答えたものを第一筆者が書き取った．小テストでは，胴体の長さの違う２つのムシを表示し，比較して長い音を示しているムシを答えてもらい，さらに，トゲの数の違う２つのムシを表示し，比較して音量の大きい音を示しているムシを答えてもらったが，全員正解した．

3.2 キューブの操作と質問票調査の結果

表１は，被験者の楽器演奏や作曲の経験の有無と，MTで音楽を創作している中でのキューブの操作回数と，創作時間を示している．キューブの操作項目の中

表１．17名の被験者のキューブの操作回数とフレーズ作成時間

被験者		学年	性別	経験		キューブの操作					作成時間
				楽器	作曲	移動	回す	傾ける	楽器	合計	
1	A	小４	女	○	×	16	7	1	3	27	4’37”
	B	小３	女	○	×	33	12	6	0	51	4’25”
	C	小３	男	×	○	81	8	4	0	93	4’07”
2	D	小３	男	○	×	9	16	0	1	26	1’45”
	E	小１	男	○	○	23	5	0	1	29	1’41”
	F	小１	男	×	×	15	0	0	0	15	0’49”
	G	小１	男	×	×	10	0	0	2	12	1’26”
3	H	小５	女	○	×	33	6	13	1	53	5’00”
	I	小４	男	×	×	25	0	0	0	25	1’24”
	J	小５	女	○	×	12	10	2	0	24	1’51”
	K	小５	女	○	○	7	0	8	0	15	2’02”
4	L	小５	男	○	○	135	22	16	5	178	15’42”
	M	中２	男	○	○	7	0	1	0	8	0’53”
	N	小３	男	○	×	0	20	5	3	28	2’20”
5	O	小3	男	×	×	6	6	3	1	16	3’11”
	P	小３	女	×	×	32	17	9	7	65	5’10”
	Q	幼	女	×	×	31	16	5	4	56	12’23”
合計				10	5	475	145	73	28	721	76’32”
平均						27.9	8.5	4.3	1.6	42.4	4’30”
標準偏差						32.3	7.3	4.7	2.0	40.3	

NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

表2．キューブの操作「回す」「傾ける」「楽器」の回数の相関

	回す	傾ける	楽器
回す			
傾ける	0.50**		
楽器	0.67***	0.48*	

＊＊＊片側0.5％未満で有意
＊＊片側5％未満で有意
＊片側10％未満で有意

の「移動」は，一度テーブルに置いて音が出ているキューブを移動させた回数である．「回す」は音量，「傾ける」は音長を調整した回数である．「楽器」は楽器選択用のキューブを使って，音色を選択した回数である．「移動」の回数は0回から135回と幅があるものの，平均して27.9回であり，単純に考えても1つのキューブを平均3回移動させていることになる．操作回数の合計と創作時間の間には，強い相関が見られた($r=0.86$, $p<.01$, 両側)．ここから，キューブを操作しながら試行錯誤していた被験者ほど，創作時間がかかっていたと言える．よって，途方に暮れて何の操作もせずに時間だけが過ぎていった被験者はいなかったといえる．

表2は「回す」「傾ける」「楽器（選択）」の操作間の相関を求めた結果である．比較的強い相関が見られる．この3つの操作は創作したフレーズをより音楽的に自己表現するための要素と言える．五線譜上での作曲では，「回す」「傾ける」に相当する音量や音長について，「f（フォルテ，その周辺を強く）」や「四分音符（前後の音符との割合，音価）」など，大雑把にしか指示することができない．しかしMTでは，1音（1キューブ）ずつ思い通りの表現を示すことができる．相関の結果からは，このような音楽的な表現に注目した子どもは，音量，音長，楽器（音色）を総合的に使って創作していたと言える．

表3は，各被験者が最終的に決定したタイトルとそ

表3．被験者による感想と創作したフレーズについての記述

被験者		タイトル	決定時期	決定楽器	楽器決定の理由	工夫したところ・感想
1	A	犬の生活	創作後	鉄琴	きれいな音だから	工夫していない．
	B	楽しいゆめを見ているねこ	創作前	ピアノ	（ピアノを）習っているから	高くなったり低くなるところ．和音を作った．
	C	狙うライオン	創作中	ベース	ねらっている感じだから	「つかまえた」感じに音を大きくした．
2	D	タイ（魚）のおまつり	創作前	鉄琴		鉄琴を小さくした．たのしくした．
	E	魚	創作中	ピアノ	魚みたいにキラキラした音だから	キラキラしているところ．
	F	かぶとむし		太鼓		
	G	いえ	創作後	太鼓	音がいい	
3	H	明るいにぎやかなダンスパーティ	創作前	太鼓	切れる感じの音がいいから	低い音と高い音を重ねた．
	I	打たれそうになるライオン	創作中	ベース	その場にふさわしいから	ライオンがいるときに人間が少しずつ迫って打とうとしている様子を工
	J	ゾウ達がいっぱい！にぎやかパーティ	創作中	ピアノ	ゾウははっきりした感じがいいと思ったから	音を短くしたり長くしたりした．いろんな音をつくれて楽しかった．
	K	動物森メロディーパーティー	創作中	鉄琴	にぎやかでかろやかなリズムにするから	メロディーのかろやかなリズムで楽しいメロディーパーティにするため
4	L	ライオンの鳴き声	創作中	ピアノ		ライオンが吠えている所．獲物を見つけて吠えているとき．楽しかった
	M	ぞうのあしあと	創作前	ベース	イメージしていた音と近かったから	ゾウが歩いているところ．楽しかった．
	N	おどりおんど	創作中	ピアノ	なんとなく	てきとう
5	O	うさぎの誕生会	創作前	鉄琴	鉄琴の音がきれいだから	誕生会だからきれいな音の鉄琴にしたのを工夫した．簡単だった．
	P	あわてんぼうのりすさんたくろうす	創作中	鉄琴	ゆっくり	クリスマスなのにジャングルみたいになっちゃった！
	Q	さかなのぱーてぃ	創作後	鉄琴	楽しそうだったから	楽しかった．

NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

の決定時期，および最終的に決定した楽器とその理由，そして創作においての工夫点と感想を示している．タイトルの決定時期は，創作前が5人，創作途中が8人，創作後が3名いた（1名未回答）．本ワークショップでは，音楽創作の前に「動物のパーティ」という課題をもとに各々のイメージを絵や言葉にしていたが，それにもかかわらず音楽創作を始めてからタイトルの最終決定を行った被験者が11名に及んだ．ここから，創作中に発想が広がったことが示唆される．また，楽器の決定理由からは，自分の好き嫌いよりも各々の動物のイメージに合う音色を探していることがわかる．

工夫したところについての記述の中で，被験者Bの「高くなったり低くなるところ」「和音をつくった」，被験者Hの「低い音と高い音を重ねた」，被験者Jの「音を短くしたり長くしたりした」，そして被験者Kの「リズム感のある曲」からは，MTがピアノ等の通常の楽器で作曲した場合に注目するような，基本的な音楽理論に基づいた創作にも対応できていることがわかる．

3.4 創作過程に見られたキューブの配置

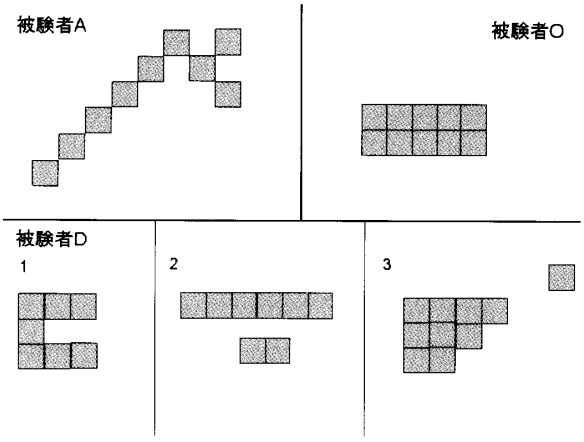

図4．キューブを図形のように配置した例

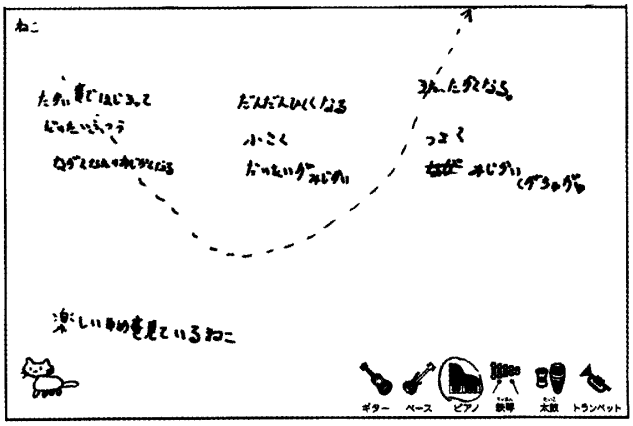

図5．被験者Bによる創作前の絵と言葉

図4は，キューブを図形のように配置した例である．被験者Aはこの配置の後に楽器を一度ベースに変えたが，最終的には配置中に選択していた鉄琴に戻した．被験者Oは感想に「簡単だった」と述べている．被験者Dの創作中には図形のような配置が3パターン見られ，マスゲームのようであった．このように積み木の感覚でキューブを置くことができるので，手始めに音楽を創作することが可能である．

図5は，被験者BがMTで音楽を創作する前に描いた絵である．いかにも五線譜に記す音符の軌跡を示したような図である．図6は，被験者BがMTで創作した過程での配置の変化を示している．全創作時間は4分25秒である（表1）．被験者Bは一度テーブルに置いたキューブを減らす操作をしていないので，単純に考えても，キューブを置く時間は1個あたり平均29秒である．しかし，図中左上の「1」に示したように2つのキューブを置いてから，次の3つめのキューブを置くまでに49秒かかっていた．その間，2つのキューブを動かし続けていた．最初は不協和音程[7]の短2度の関係に配置されていた2つのキューブは，最後には協和音程の完全4度（ラ，レ）に配置された．ここから被験者Bが実際にキューブを置いて音を聴くことで，試行しながらイメージする音楽に近づけたと言える．また，図中右下の「4」からは，図5には見られていない十字架のような配置が追加されていることがわかる．図7は被験者Bの完成作品ブロックの配置と，それに対応した楽譜である．音楽創作の後の感想で被験者Bは「和音[8]を作った」と記述している（表3）．ここから

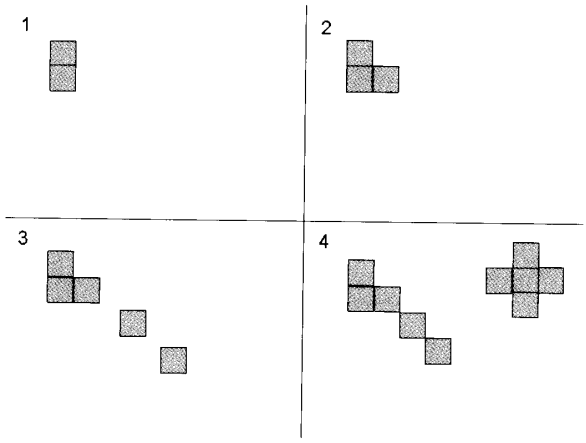

図6．被験者Bの操作過程におけるキューブの配置

7 音程（2つの音の幅）が良く調和するものを協和音程といい，それ以外を不協和音程という．協和音程では振動数の比率が簡単である．
8 2つ以上の音が重なることを和音と言う．

NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

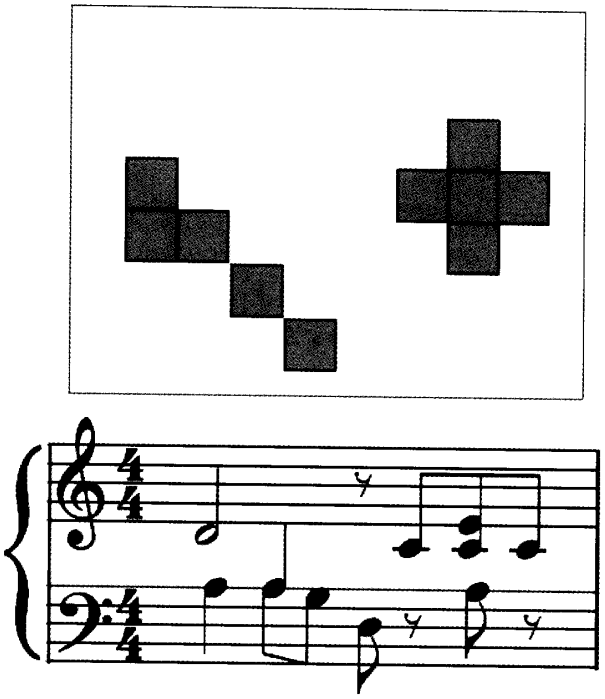

図7．被験者Bの完成作品のキューブの配置とその楽譜

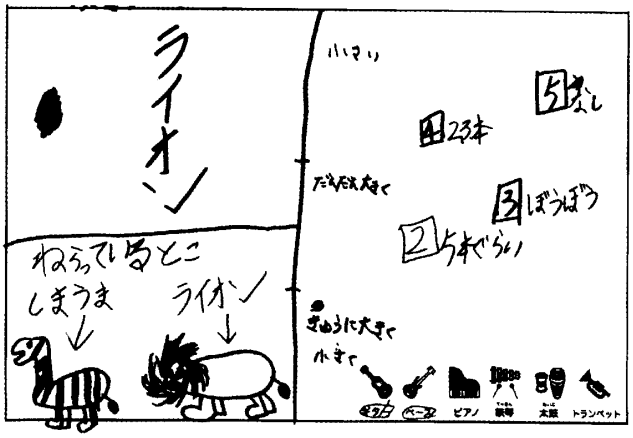

図8．被験者Cによる創作前の絵と言葉

MTを使って創作しながら，最初の計画にはないフレーズが生まれたことがわかる．

図8は，被験者CがMTで音楽を創作する前に描いた絵である．図9は被験者CがMTで創作した過程での配置の変化を示している．図中左上の「1」の配置が図8の右に描かれたキューブの配置プランとほぼ同じであることがわかる．しかし，次の「2」「3」「4」では全く違う配置に変化していることがわかる．被験者Cは工夫した点について「つかまえたかんじに音を大きくした」と記述している（表3）．ここから，前もって具体的な配置プランがあったとしても，実際にMTで創作することで，テーマ「狙うライオン」（表3）に合う音楽になるように，配置を試行していったことが

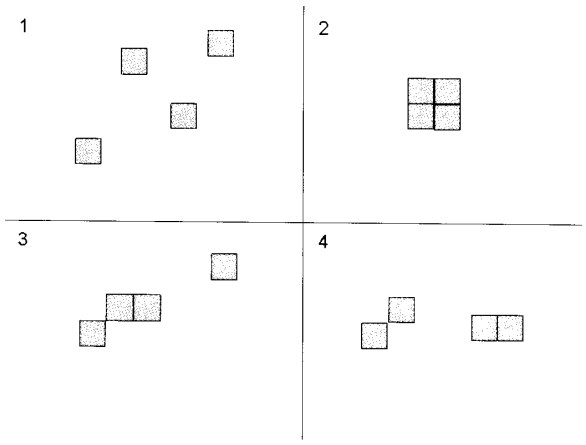

図9．被験者Cの操作過程におけるキューブの配置

わかる．

キューブの操作方法では，1つ1つ配置する方法が1番よく見られたが，ほかにも五線譜上の作曲では見られないような操作があった．被験者Hや被験者Iは配置したキューブを両手で1つずつもって，手をクロスさせながら2つ同時に動かしていた．このような操作により音の交替を簡単に行うことができる．被験者Lは一度テーブルに配置したキューブをテーブル上から無くすという，音の足し引きを盛んに行っていた．これらの操作の容易さは，音楽創作の試行のしやすさにつながる．被験者Nは横一列に並べたキューブを，被験者Qは1つのキューブを両手でもち，同時に奥と手前へ行ったり来たりさせていた．このような操作により，創作に取り入れたい音の音高を聴きながら見つけることができる．

被験者Pは一度図形のように固まって配置させたキューブをかき回すようにばらばらにし，最後にはテーブルいっぱいにちらばった配置になった．作られたフレーズは最低音がD3（ヘ音譜表，真ん中のレに相当）で，最高音がA5（ト音譜表，上加線のラに相当）となり，2オクターブと5度の幅があった．初心者がこのように広い音域を使用して作曲することはなかなかない．

4．考察

「即興演奏」とは，広義には創作と演奏を同時に行う演奏行為を指し，楽譜をもたない15世紀までは，作曲とは即興演奏のことだったと言っても過言ではない[11]．

MTは「演奏」はもちろんのこと，常に音を聴くことができ，ディスプレイに映し出される音の状態を示すムシや，テーブル上のキューブの配置から音の状態を見ることができるので，「創作」の途中でも，どんな

NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

音楽かを把握することが可能である．さらに，音に触って「創作」や修正することが誰でも容易にできる．

第１章でも触れたが，創作したい「鳴り響き」がイメージされなければ始まらない．絵や言葉のイメージでは，直接には音楽創作につながらないのである．本論文での評価実験では，楽器演奏の経験が全くない子どもが多く含まれていたにも関わらず，MT の前に立って１つも音（キューブ）を置けない子どもは１人もいなかった．また，操作回数と創作時間に強い相関が見られたことから，どの子どもも創作時間中，始終キューブの操作を行っていたことがわかる．さらに，たった10個の音（キューブ）で創るフレーズにもかかわらず，最長で15分42秒（表１）もかけて創作し，キューブの操作回数は178回にも及んでいた．ここから，MT が子ども達に鳴り響きのイメージを与え，創作を試行しながら発想を広げさせるシステムといえる．

発想を広げる要因の１つに，キューブを置くことで出力される音がループして常に鳴っていることが挙げられる．被験者Ｃは最初，図に書いた通りにキューブを配置したにもかかわらず，テーマに合う音楽になるようにすぐに別の配置に変えていった．被験者ＮやＱはキューブを手前から奥へ動かしながら音の高低を変えていき，自分のイメージに合う音高を探した．また子どもによっては，「音長」や「音量」を総合的に使って，思い通りの音に近づけていた（表２）．

２つめの要因として，キューブというインタフェイスが挙げられる．たとえ最初は創作したい鳴り響きのイメージがなくても，図形的なイメージで容易にキューブを配置でき，そのキューブの配置に対応した音楽が鳴り始める．この創作した音楽を聞くことで，さらに試行して創作を続ける．

被験者 A, D, O は，図形的な配置を行って音楽を創作し，O は「簡単だった」と感想を述べている．被験者Ｂは創作前に描いた図には含まれていなかった，十字架の形の配置を行うことで，自らも「和音つくった」ことを容認している．また，被験者Ｐは，偶然の配置により初心者には困難な音域の広い音楽を創作した．このように，キューブ状のインタフェイスが創作のきっかけになるだけでなく，偶然から生まれる創発にもつながることが示唆されている．

３つめの要因として，各音が１個１個のキューブに対応し，試行過程で現実的な「モノ」として音にさわれることが挙げられる．被験者Ｌはキューブをテーブル上に足したり引いたりすることで，容易に音数の増減を行うことができた．五線譜上の作曲では，１つの音を五線譜上から抜くためには，その音を消しゴムで消すだけでなく，消した分の音価（四分音符や八分音符）を，その前の音の音価の調整や，休符を入れることで補わなければならない．被験者Ｂは最初に置いた２つのキューブを動かしながら，自分の思い通りの音程にすることができた．

このように MT は，音がキューブ状のため鳴り響きのイメージがなくても，積み木遊びの感覚で音楽創作を開始することができ，その配置したキューブから常時ループして出力される音によりユーザの発想がさらに広がると考えられる．また，音（キューブ）を修正するときも，五線譜上の音の修正よりは簡単である．つまり，MT は「音が常時ループ出力すること（聞く）・キューブの配置（見る）」と「イメージ・発想」が相互関係にあり，これらの関係を「操作のしやすさ（触る）」により促進し，試行錯誤を可能にしている．試行錯誤しやすいということは，楽しみながら，自分の思い通りの音楽に近づきやすいということであり，MT は積極的に自己表現できるエデュテインメント・システムであると言える．

今後は複数のユーザで協調しながら１つのフレーズを創ることも試みていきたい．また，ディスプレイ上で音の出力とともに現れるムシの効果についても評価していきたい．

5. おわりに

本論文では，音楽の経験が乏しい子どもでも音楽的なイメージを広げ，試行錯誤しながら創作できるシステム，The Music Table（ミュージック・テーブル）を提案した．音符の代わりに現実のキューブを使い，子どもが積み木で遊ぶ感覚で簡単に音を配置することを可能にし，個々のキューブに対応する音が常にループして出力することで，ユーザの音楽的イメージを高めることを目的としている．音楽経験が全くない６名を含む，幼稚園児から中学生までの被験者17名による実証実験の結果，どの子どもも創作時間中，始終キューブの操作を行い，１つのフレーズを創作することができた．ここから，MT は子どもに音楽創作のきっかけを与え，積極的な自己表現に取り組むよう促すことができるエデュテインメント・システムといえる．

今後はディスプレイ上のキャラクタの効果の評価や，複数のユーザで協調しながらの音楽創作を試みていく．

謝辞

システム開発には CSK の古屋隆志氏に携わって頂いた，ここに記し，感謝する．本研究は情報通信研究機構（NICT）の研究委託の「超高速ネットワーク社会に向けた新しいインタラクション・メディアの研究開発」において実施したものである．

NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

参考文献

[1] *R. Boulanger and M. Mathews, The 1997 Mathews Radio-Baton and improvisation modes, Proc. ICMC1997, pp.395-398, 1997.*

[2] *PFU, Magicbaton, http://www.pfu.co.jp/topics/new980223.htm, 1996.*

[3] *SCEI*, ブラボーミュージック, *http://www.scei.jp/bravoes/*, 2001.

[4] *YAMAHA, XGWorks V4.0, http://www.yamaha.co.jp/product/syndtm/p/soft/xgwv4w/*

[5] *MIT Media Lab. et al, Toy Symphony, http://www.toysymphony.org/.*

[6] *M. M. Faebood, E. Pasztor and K. Jennings, Hyperscore: A Graphical Sketchpad for Novice Composers, Computer Graphics and Applications, the IEEE Computer Society, pp.50-54, January/February, 2004.*

[7] *R. Watanabe, Y. Itoh, M. Asai, Y. Kitamura, F. Kishino and H. Kicuchi, The Soul of ActiveCube-Implementing a Flexible, Multimodal, Three-Dimensional Spatial Tangible Interface, Proc. of ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology ACE 2004, pp. 173-180, Jun. 2004.*

[8] *H. Newton-Dunn, H. Nakano, and J. Gibson, Block Jam, Proc. SIGGRAPH, 2002.*

[9] *H. Kato, and M. Billinghurst, Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System, Proc. of 2nd Int. Workshop on Augmented Reality, pp.85-94 http://www.hitl.washington.edu/research/shared_space/download/, 1999.*

[10] *M. Puckette, Pure Data, Proc. International Computer Music Conference, ICMA, pp.269-272, 1996.*

[11] 新音楽辞典 —楽語—, 音楽之友社, 1977.

(2004年9月1日 受付)
(2004年12月12日 採録)

[連絡先]
〒619-0288 京都府けいはんな学研都市光台2-2-2
株式会社国際電気通信基礎技術研究所 (ATR)
メディア情報科学研究所 感性知育メディア研究室
牧野 真緒
TEL：0774-95-1479
FAX：0774-95-1408
e-mail：mao@atr.jp

著者紹介

牧野 真緒 [非会員]

1996年 近畿大学文芸学部芸術学科造形美術専攻絵画コース卒業. 2000～01年 (株) ATR 知能映像通信研究所研究技術員. 2002年より (株) ATR メディア情報科学研究所感性知育メディア研究室専任研究技術員. 音楽知育メディアの研究開発においてインターフェースデザインやコンテンツ制作に従事. キャラクターベースのインタラクションメディアに興味を持つ. 2004年インタラクション2004ベストインタラクティブ発表賞受賞.

大島 千佳 [非会員]

1996年 武蔵野音楽大学音楽学部器楽学科ピアノ専攻卒業. 2001年 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了. 2004年, 同大学院後期課程修了. 優秀修了者. 2004年4月より (株) ATR メディア情報科学研究所感性・知育メディア研究室研究員. 1993年, 1995年武蔵野音大にて福井直秋賞, 2004年 インタラクション2004ベストインタラクティブ発表賞, ACM Multimedia 2004 Best Paper Award, 各受賞. 情報処理学会, 日本教育心理学会, 日本創造学会, Cognitive Science Society 各会員. 博士 (知識科学).

Rodney Berry [非会員]

Rodney Berry was born in Tasmania, Australia in 1963. He completed his Master of Fine Art in Media Art in 1999 at the College of Fine Arts, University of New South Wales in Sydney. After joining Ryohei nakatsu's Art and Technology Project at ATR in 1999, he is now a member of the Kansei & Learning Media department of the Media Information Science Laboratory. Hisresearch interests include augmented reality, artificial life, sound art and computer music. He is currently completing a PhD at University of Technology Sydney's Creativity and Cognition Studios. He is a member of ISAST, ANAT and ACMA.

樋川 直人 [非会員]

1995年 大阪芸術大学芸術学部映像科卒. 卒業後, 映像デザインに従事. 2000～01年 (株) ATR 知能映像通信研究所研究技術員. 2002年より (株) ATR メディア情報科学研究所感性知育メディア研究室専任研究技術員. 音楽知育メディアの研究開発において AR インターフェイスの研究に従事. 実世界指向インターフェイスにおけるインタラクションデザインに興味を持つ. 2004年 インタラクション2004ベストインタラクティブ発表賞受賞.

NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics

西本 一志（にしもと かずし）［非会員］

1987年 京都大学大学院工学研究科機械工学専攻博士前期課程修了．同年 松下電器産業（株）入社．1992年（株）ATR通信システム研究所知能処理研究室出向．1995年（株）ATR知能映像通信研究所客員研究員．1999年より北陸先端科学技術大学院大学知識科学教育研究センター助教授．2000～3年 科学技術振興事業団さきがけ研究21「情報と知」領域研究員兼任．2001～4年（株）ATRメディア情報科学研究所第1研究室非常勤客員研究員兼任．2004年より同研究所感性・知育メディア研究室非常勤客員研究員兼任．IEEE computer society，ACM，情報処理学会，人工知能学会，各会員．博士（工学）．

鈴木 雅実（すずき まさみ）［非会員］

1980年 慶應義塾大学大学院工学研究科修士課程了．同年 KDD(現KDDI) 入社．1983年より同社研究所勤務．1986年シュトゥットガルト大学情報科学研究所滞在研究員．1989～93年 ATR自動翻訳電話・音声翻訳通信研究所にて音声言語翻訳の研究に従事．KDDI研究所主任研究員（2年間TAO学校インターネット研究員）を経て2002年よりATRメディア情報科学研究所，現在感性・知育メディア研究室長，体験共有コミュニケーションと知育メディアの研究に取り組む．博士（工学），情報処理学会，電子情報通信学会，人工知能学会，言語処理学会，感性工学会等会員，NPO法人CANVASフェロー

萩田 紀博（はぎた のりひろ）［非会員］

1978年，慶応義塾大学工学部電気工学科修士課程修了．同年，日本電信電話公社(現NTT)入社．以来，文字・文書・画像認識，コミュニケーション科学，インタラクション・メディア，コミュニケーション・ロボットの研究に従事．工学博士．（株）ATRメディア情報科学研究所長を経て，現在，（株）ATR知能ロボティクス研究所長．IEEE，電子情報通信学会，人工知能学会各会員．

A Tangible Composition System for Prompting Children to Create Music by Reflectively Manipulating Notes

by

Mao MAKINO, Chika OSHIMA, Rodney BERRY, Naoto HIKAWA, Kazushi NISHIMOTO, Masami SUZUKI, Norihiro HAGITA

Abstract：

In this paper, we propose a system "The Music Table" that allows children to compose and play their own musical patterns through trying and selecting, even with no previous experience of playing a musical instrument. Recently, it is possible to make notes and play an individual work with the aid of computer technology. However, the user who uses conventional music software has to have at least some pre-conceived idea of the musical pattern they want to make before they enter it into the software. The Music Table enables a player to compose musical patterns by arranging cubes on a tabletop. The cubes are a physical representation of musical notes. Once the user puts a cube on the tabletop, a repeated sound is heard with pitch and timing corresponding to its position on the table. These sounds prompt the children to compose musical patterns by freely arranging these cubes as "building blocks". In an experiment with the system, all 17 children (including one still in kindergarten) were able to quickly make their own musical patterns. Moreover, they made many adjustments by manipulating the cubes until they were satisfied with the musical result. These results show that The Music Table has value as an "edutainment" system that can give children a direct experience of composing music, and can prompt them to physically tackle their individual expression.

Keyword： music, compose, edutainment, AR Tool Kit, Augmented Reality

Contact Address：**Mao MAKINO**
ATR Media Information Science Laboratories
2-2-2 Hikaridai, Keihanna Science City, Kyoto, 619-0288 JAPAN
TEL ：0774-95-1479
FAX ：0774-95-1408
Email ：mao@atr.jp

NII-Electronic Library Service