2005－HI－116（2）
2005／11／17

障害者・高齢者・幼児の利用に配慮したテーブル型バリアフリー情報端末

矢入（江口）郁子† 小山慎哉† 楠房子‡ 西村拓一§ 猪木誠二†

†情報通信研究機構 ‡多摩美術大学 §産業技術総合研究所

†〒184-8795，東京都小金井市貫井北町 4-2-1，
Tel.042-327-6993，Fax.042-327-6128，e-mail: yairi@nict.go.jp

あらまし　筆者らは，“マルチメディアテーブル”と呼ぶ，テーブルトップにPC画面と，各種視覚・音声・触覚センサ，各種視覚・音声・触覚提示システム，ＲＦＩＤタグなどが埋め込まれ，高度なバリアフリーマルチモーダルインタラクション環境を実現するシステムを提案している．本稿では，視覚障害者および高齢者・幼児を含む子供が，身体障害のバリアや年齢のバリアを越えて，健常者とともにディジタルメディアコンテンツをインタラクティブに観賞し楽しむことを目指す３つのシステム制作例を紹介し，視覚障害者・高齢者・幼児を含む子供を対象としたインタラクション方式のバリアフリーデザインの考え方を示す．

キーワード　バリアフリー，テーブル，シングルディスプレイグループウェア，ＲＦＩＤ，赤外線通信

Multimedia Table as a barrier-free platform for appreciation of interactive digital media contents

Ikuko Eguchi Yairi† Shinya Oyama† Fusako Kusunoki‡ Takuichi Nishimura§ Seiji Igi†

†National Institute of Information and Communications Technology
‡Tama Art University §National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

†4-2-1, Nukuikitamachi Koganei, Tokyo, 184-8795 Japan
tel.+81-42-327-6993, fax.+81-42-327-6128, e-mail:yairi@nict.go.jp

Abstract　This paper proposes Multimedia Table as a barrier-free platform for appreciation of interactive digital media contents. Multimedia Table is a kind of Single Display Groupware(SDG). The concept of Multidedia Table is that the table powered by advanced information technology brings everyone, including the aged, the disabled and infants, comfort to enjoy interactive contents with drinks and food. The characteristic point of the table is that aims to realize barrier-free interface for digital divided people. We have been developing two prototype systems that project multi channel infrared modulation sounds on a screen for visually impaired people with receiver on their finger which are connected to headphones and that enables them to enjoy interactive contents with normal people. Another prototype system that enables infants and the aged, who are inexperienced with PCs, to enjoy interactive contents using RFID tags with easilly undestanding marks and pictures has being developed.

Key words　barrier-free, table, single display groupware, RFID, infrared communication

1　はじめに

高齢者・障害者・幼児などを含む全ての人が安全に安心して社会参加できる生活環境の実現にＩＴの利活用は不可欠である．筆者らはこれまで,「食卓 (テーブル) をＩＴツール化した端末」を実現することによって，ＩＴの間口を広げ，ディジタルデバイドを解消する研究を進めてきた．筆者らの提案する端末は “マルチメディアテーブル” と名づけられ，テーブルトップに PC 画面と，各種視覚・音声・触覚センサ，各種視覚・音声・触覚提示システム，ＲＦＩＤタグなどが埋め込まれ，高度なマルチモーダルインタラクション環境を実現するシステムである．このシステムは，高齢者・障害者・幼児の利用に配慮したインタフェースを備え，全ての人が家庭，オフィス，美術・博物館，学校，ホテルや空港のラウンジ，飲食店，店舗などで，独りで，もしくは複数人で，くつろいで，さりげなくかつ容易に，ＩＴの世界に浸ることを可能とする．本稿では，インタラクティブコンテンツを観賞し楽しむことを主なアプリケーションとして製作された 3 つのプロトタイプシステムを紹介し，これらのプロトタイプで体現された視覚障害者・高齢者・幼児を対象としたバリアフリーおよびユニバーサルデザインについて述べる．

2　音声情報提供方式を工夫した視覚障害者対応端末

2.1　MultiAudible

情報通信研究機構と産業技術総合研究所との共同研究によって製作された初代マルチメディアテーブル，MultiAudible を**図 1** に示す．MultiAudible の外観は高さ約 90cm，テーブル面の直径約 90cm の円形テーブルである．そして，テーブル内部に PC と XGA 解像度のプロジェクタ，および個別音声を出力する赤外線発信機 12 台が内蔵されている．テーブル面には PC からの映像（テーブル面での画面サイズは約 38cm 四方）に加えて，赤外線変調された 12 チャンネルの個別音声が直径 2cm 程度の 12 個の円形スポットとして映像内に重畳して投影される．12 チャンネルの個別音声は，PC の PCI バスに接続した DSP ボードによって制御され，D/A 変換ボードを通してアナログ音声として出力された音声信号が赤外線変調機によってアナログ変調され，赤外光として出力される．ユーザは**図 2** に示す MultiAudible 用無電源音声受信機で，**図 3** のように映像をクリックしながら赤外線投影スポットに赤外線受光センサとしての太陽電池をかざし，受光によって発電しながら赤外線を音声信号に復調し，耳に付けたイヤホンで聞きとることができる [1]．複数のユーザが同時に異なる音声を聴取することが可能である．これらの仕組みによって，映像の任意の位置において，その位置に関連した音声情報を提供することが可能となる．コンテンツ制作に関しては，個別音声の再生・停止，12 個のどの赤外線発信機を使用するかなどの音声投影に関する各種コマンドをＣ言語によって作成し，Macromedia 社のマルチメディアオーサリングソ

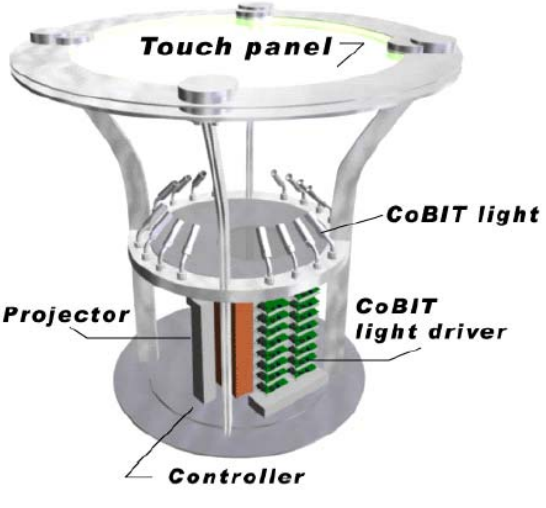


図 1: MultiAudible 概要



図 2: MultiAudible 用受信機



図 3: 画面中を音を探しながらクリックする様子

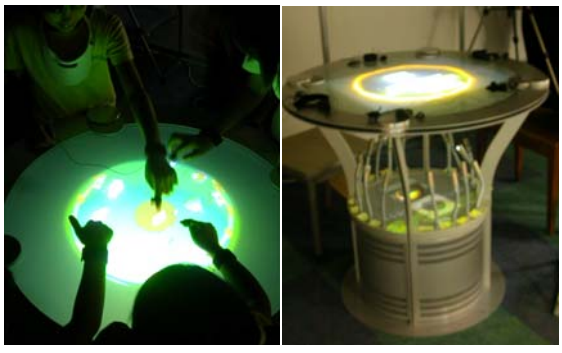


図 4: 子供を対象としたデモ風景 (左) と MultiAudible の外観 (右)

フト”Director”を用いたコンテンツから，スクリプトとしてコマンドを呼び出して音声投影の制御を行なう仕組みが用意された．

提案された新しい音声情報提供方式は，目の不自由な高齢者や視覚障害者が音と映像からなるコンテンツを，健常者とともにインタラクティブに観賞することを可能とするだけでなく，健常者にとっても有効なインタラクション手段であると予想される．そこで多摩美術大学の協力により，子供向けのゲーム，大人向けの展示物案内用のインタラクティブコンテンツを制作し，評価実験やデモを通してインタラクション手段としての有効性を確認した [2]．**図 4** にデモの様子と MultiAudible の外観を示す．しかし，コンテンツ制作者および評価実験・デモ参加者らにより 音声強度・音質の不足を指摘された．またさらにコンテンツ制作者より，赤外線発信機の音声投影位置をコンテンツ提示中に変更できない点，コンテンツ毎に 12 個の赤外線発信機の音声投影位置を赤外線カメラ等で確認しながら調整する必要がある点を改良すべき課題として指摘された．

2.2 MultiAudible-II

2.1 の結果を受け，情報通信研究機構独自で，音声投影位置の自動制御機能追加と音質向上のための改良を行ない，サーボ機構付 MultiAudible-II を制作した．**図 5** にシステム構成を，**図 6** にサーボ機構付赤外線発信機を示す．サーボ機構付赤外線発信機は赤外線照射機構とサーボモータで構成され，PC とシリアル接続されたサーボコントローラからの PWM 信号によって 2 軸のサーボモータが制御され，コンテンツ所定の場所に赤外線音声スポットが照射される仕組みになっている．現在の赤外線照射位置精度は±約 1cm である．音声チャンネル数は，D/A 変換ボードの出力ポート数およびサーボモータ機構数によって決まり，理論上はチャンネル数の上限はない．これらの仕組みによって，”Director”を用いたコンテンツからスクリプトとしてコマンドを呼び出すことによって，映像中の 12 個の個別音声投影位置をインタラクティブに制御することが可能となった．

音質向上のための改良に関しては，**図 2** の MultiAudible 用受信機で実現した無電源の機構を，現状の太陽電池の性能の限界から断念し，受信機の有電源化に方針転換した．そして，テーブルに用いられる DSP ボード，D/A 変換ボード，赤外線変調機，および受信機の受光部の太陽電池が変更された．**図 7** に新しい受信機を示す．新方式では，ユーザは受信回路ケースを腕に巻いて固定し，受光部 (図中では光センサ) を指でつまみ音声スポットにかざすことで音声を復調し聴取する．

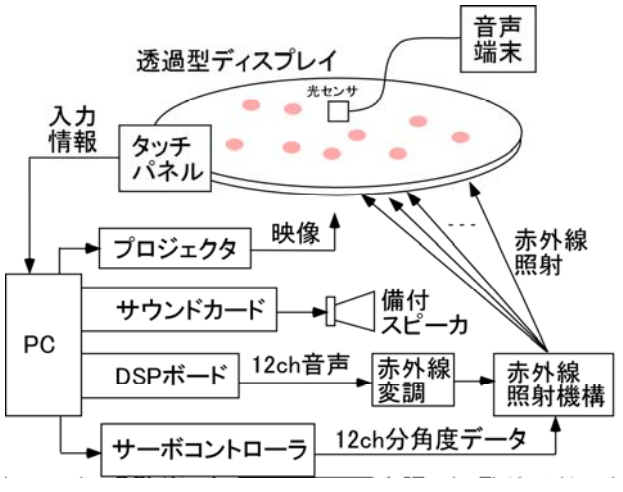


図 5: MultiAudible-II システム構成



図 6: サーボ機構付赤外線発信機

2.3 視覚障害者の利用に配慮した地図と健常者用グループ学習コンテンツの試作

＜島根県松江市音声地図＞ MultiAudible-II は，**図 8** に示すように赤外線発信機をサーボモータの制御によって任意の 2 点間で反復運動させることによって，線状の音声聴取可能領域を構成することが可能である．また長方形や三角形の軌跡で赤外線を投影することで，音声聴取領域を長方形や三角形とすることもできる．今回は，線状に道路に沿って同一音声を提示する方法と，交差点やランドマークなどにスポット状に音声を提示する方法とを組み合わせることによって，**図 9** に示すように，出発



図 7: MultiAudible-II 受信機

点から目的地までの音声による経路案内が可能な音声地図表示を開発した．MultiAudible-II を用いた本提案方式によって，晴眼者・弱視者・全盲といった重度視覚障害者がともに利用可能な音声補助機能付き地図が実現される．従来技術として音声情報と複合した触地図として位置センサパネル上に触地図を置くことで，任意の位置でのスポット音声情報を提供する機器 [3] などが販売されているが，本提案方式ではスポット状だけでなく線状に音声情報を提供できる点が特徴かつ優位な点である．

情報通信研究機構によって試作された松江市街音声地図は，島根県松江市が制作した「松江てくてくマップ」をベース地図として用い，JR 松江駅を出発点として，視覚障害者情報提供施設であるライトハウスライブラリーと島根県立美術館の 2 つの目的地への経路案内を行なう

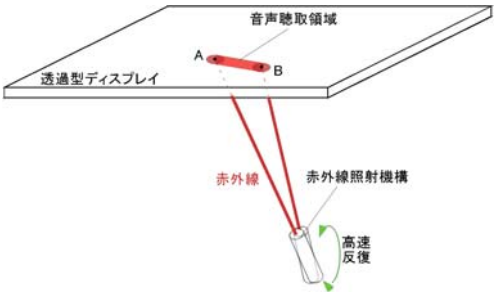


図 8: 赤外線通信による視覚障害者向け地図の表現方法

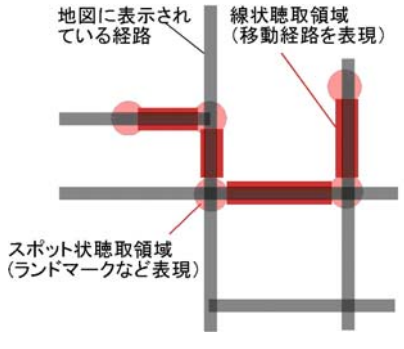


図 9: 音声による地図表現の例

ことを目的としている．**図 10** に音声地図による JR 松江駅からライトハウスライブラリーへの経路案内画面を示す．経路中において，出発点・目的地を含む 6 箇所のランドマークではおよそ直径 2cm，ランドマーク間を結ぶ 5 つの道路のそれぞれについては幅 2cm の音声聴取可能領域が設定され，音声情報提示が行われた．ランドマークでの案内音声は**表 1** に示されるように，ランドマーク名称と，次のランドマークへの方向，近辺の施設，信号の有無（音声誘導式かどうかも含む），歩道や点字ブロックの有無に関するもので構成された．ランドマーク間を結ぶ 5 つの道路に関する線状音声領域では，単一周波数の連続音を発する赤外線照射スポットを反復運動させることで，ユーザにとって「ピッピッ」という発信音として聴取されるようにした．反復運動の動作周期の 2 分の



図 10: 作成した松江市街の音声地図

ポイント	ナレーション内容
1.JR松江駅	JR松江駅北口を出て右折し、一畑百貨店方面を通過します。正面に松江中央郵便局が見えます。歩道、点字ブロックがあります。
2.一畑百貨店前交差点	一畑百貨店前交差点の信号を、くにびき大橋方向へ渡り、進行方向に向かって左側の歩道をお進みください。信号には、横断歩道と音声誘導があります。(ピポ)
3.くにびき大橋	くにびき大橋を渡ります。右手にくにびきメッセ、左手にDeoDeoなどが見えます。歩道に点字ブロックが設備されています。
4.くにびきバーキング前交差点	くにびきバーキング前交差点を直進します。左手に広い駐車場が見えます。信号があり、横断歩道と誘導音があります。(ピポ)
5.総合体育館前交差点	総合体育館前交差点を渡ってから左折します。横断する際、右手に総合体育館、マクドナルド、 左手にケンタッキーフライドチキン、ごうぎん、かめやつり具が見えます。信号があり、横断歩道、点字ブロックが設備されています。
6.ライトハウスライブラリー前	ごうぎん、メガネの三城、Doki-Doki、Edgeの通りを直進すると、右手にライトハウスライブラリーが見えます。歩道があり、点字ブロックが設備されています。

表 1: ランドマークでの音声案内内容

1 毎に 1 回の割合 (今回は 0.3 秒毎に 1 回) で発信音が聴取される．また，反復動作をしている関係上，線状聴取領域の始点および終点近傍では,「ピピッピピッ」という 2 つの周期が混ざった発信音となり，近くにランドマークがあるのかどうかを予告する情報として有効利用された．

そして，提案した音声提示方式および地図表現が，全盲のユーザが地図を理解する助けとなるかどうかに焦点を当て，松江市在住の全盲の男性 2 名による予備実験を実施した [4]．被験者が音声地図をたどっている様子を**図 11** に示す．被験者らは，スポット状音声領域の周囲を探り,「ピッ」という発信音が聞こえる方向を見付けながら指先の受光部を移動して次のスポット状音声領域に進み，ランドマーク説明音声を聞く，という動作の繰り返しによって終点まで到達した．被験者インタビューから，発信音によって目的地への方向が分かること，すなわち本提案方式の経路表現が有効である可能性が示された．また，赤外線の受信時に振動等によって音声聴取を補完すると良いことが指摘された．その他には発信音やランドマークの音声案内内容が適切であると評価されたが，改善課題として，(1) 経路全体の概要説明があると良いこと，(2) 駅前などの歩道形状が複雑な場所の案内精度を高めると良いことの意見が寄せられた．

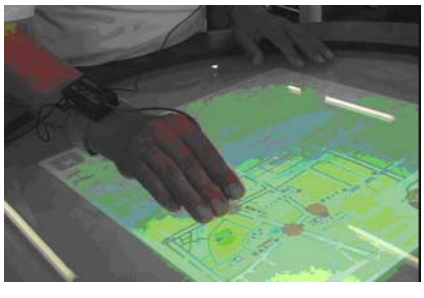


図 11: 重度視覚障害者による音声地図利用時の様子

＜グループ学習用コンテンツ＞　位置に依存した情報を必要とし，音声情報による解説を埋め込むことが学習の効果を高めうることが予想される星座学習と郷土の歴史地図学習コンテンツを試作した．以下にコンテンツの概要と行った評価実験について紹介する．

「星座物語」：　島根県立三瓶自然館（島根県大田市）の協力により，北半球の全天図について星の配置および星座の神話を収録したコンテンツを情報通信研究機構が開発した．**図 12(上)** に北半球の全天図を表示したタイトル画面を例として示す．この画面例では，黄道上にある 12 星座の位置に点滅する星形アイコンの各位置に「おうし座」「おとめ座」など各星座の名称をループ再生した赤外線が投影されている．星型アイコンをクリックすることによって，別ウィンドウが開かれ，各星座にまつわる神話のムービーが再生され，同時にテーブル備え付けのスピーカから説明文のナレーションが流れる仕組みになっている．また，画面上の四隅に用意されたボタンで表示する季節を選択することで表示される全天図が切り替り，夏の大三角やオリオン座など，季節ごとの主要な星や星座についてのナレーションが行なわれる．また，季節ごとに見られる代表的星座についてムービーとナレーションが用意され，点滅星形アイコンと赤外線投影された音声によって，ユーザに星座の名称を伝えるだけでなく，クリックして別ウィンドウを開き，ムービー表示とナレーション再生を行なうことを誘なう．当コンテンツおよび MultiAudible-II は，天文台を併設した自然学習施設である島根県立三瓶自然館に夏休み中の 5 日間にわたって展示され，子どもからお年寄りまで幅広い来館者が多数利用し，好評を博した．

「松江歴史マップ」：　島根県松江市教育委員会および島根大学の協力によって情報通信研究機構は，島根県松江市の城下町としての変遷を収録した「松江歴史マップ」を作成した．城下町松江が形成された江戸時代初期と，産業が栄えた江戸時代末期の各城下町絵図，さらに明治時代の地図と現代の航空写真の 4 点が収録され，城下町形成から現在に至るまでの変遷を学ぶことができるコンテンツである．各時代の絵図・地図には，各時代毎に 10〜12 箇所の史跡等の主要地点における情報が集録され，クリックして別ウィンドウを開くことで主要地点の絵・写真および詳細な説明が表示され，同時にテーブル備え付けのスピーカから説明文のナレーションが流れる仕組みになっている．赤外線はこれらの主要地点に投影され，主要地点の名称をループ再生することによって，ユーザにクリックして別ウィンドウを開くことを誘導する．**図 12(下)** に江戸時代初期の絵図の表示画面を示す．当コンテンツについては，MultiAudible-II を用いた島根大学附属図書館，松江郷土館（松江城敷地内にある歴史資料館）などでの合計 3 ヶ月を越える展示，および松江市立第三中学校の 1 年生 3 クラスの一部生徒 33 名に社会科の授業時間を利用して評価してもらう実験が行なわれた [5]．**図 13** に図書館での展示 (上) と中学校での実験の様子 (下) を示す．

中学校での実験では被験者に対し，松江歴史マップのコンテンツを調べることで問題が解ける学習プリントが事前配布された．被験者はグループメンバと協力して歴史マップ上を探索し，答えを手に入れることができる．松江歴史マップを MultiAudible-II とスタンドアロン PC とで学習することを比較するため，被験者は MultiAudible-II を 7 分間利用した後に PC を 7 分間共同利用する班，逆の順番で利用する班に分けられ，それぞれのメディアを利用し終わった時点でのシステムへの印象の 5 段階評価を行なった．評価項目は，コンテンツの分かりやすさ，見



図 12: 作成したコンテンツ，星座物語 (上)，松江歴史マップ (下)



図 13: 島根県での一般人を対象とした展示デモの様子 (上)，中学生を対象とした被験者実験 (下)

易さ，操作の簡易さ，楽しさ，議論の活発さ，および利用して疲れないかどうか，イライラしないかどうかの 7 項目とした．その結果，既存の PC と比較して優位性が確認され，学校や美術・博物館などの公共の場での共同学習用システムとしての実用の可能性が見い出された．

また，自由記述による評価では MultiAudible-II に対して,「タッチ操作が楽しく使いやすかった」「簡単な操作で詳しく分かった」など肯定的な意見が多く寄せられた．特に赤外線による音声情報投影に対しては,「触れなくてもどこがどこだか分かって使いやすかった」という肯定的意見が中心である一方で「聞こえにくい」「雑音が気になる」など端末の使用が面倒と答えた被験者が 5 名存在した．今後，赤外線投影の位置決め精度や受信機の変調・増幅回路をさらに改善する必要，および受信機のデザインの工夫の必要がある．

3 RFID タグを用いたマルチメディアテーブル

ＮＩＣＴは多摩美術大学の協力を得て，より直観的で多様なインタラクションを実現するため，積層情報を検出可能な RFID タグを用いたマルチメディアテーブル，MultiTouchable を製作した．**図 14** にシステム構成を，**図 15** にシステムの外観とユーザが飲食しながらインタラクティブコンテンツを楽しむ様子を示す．MultiTouchable は筐体内部にプロジェクタを備え，天板の中心部分の不透明ガラスのスクリーンに外付け PC からの映像が投影される．天板の不透明ガラススクリーンは，領域内のユーザの接触を光学式的に感知し，タッチ方式によるポインティングデバイスとしての機能を持つ．MultiTouchable は，より複雑なタッチインタラクションを実現するために，**図 16** に示す，ユーザが重ねて置いたタグを 1 アンテナに付き同時に 36 枚まで同時に読み込むことができる A4 サイズの積層 RFID システムのアンテナをガラス天板の外周 4 箇所に内蔵し，タグの ID の組合せによってユーザからのバラエティに富んだタッチ入力を可能とした．ユーザは RFID タグの埋めこまれた絵・記号の

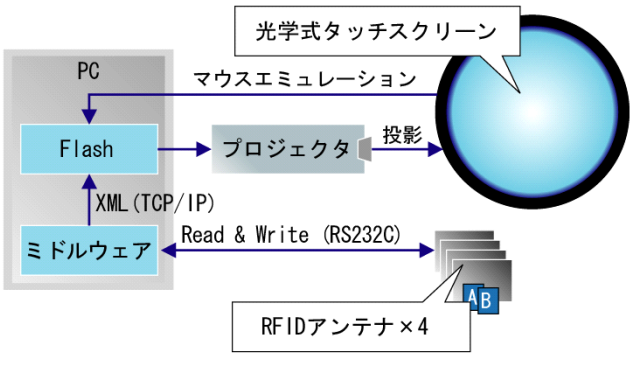


図 14: MultiTouchable システム構成



図 15: 飲食しながらコンテンツを楽しむ様子



図 16: 使用したＲＦＩＤタグとアンテナ

描かれたカードとタッチパネルとを用いて，インタラクティブに画面や音を変えながら，コンテンツを観賞することができる．コンテンツ制作に関しては，RFID タグの読み書きに関する各種コマンドを Java によって作成し，Macromedia 社の”Flash” を用いたコンテンツから，スクリプトとしてコマンドを呼び出して制御を行なう仕組みが用意された．

提案するタッチインタラクションの特徴は，RFID タグの ID の組合せによる入力のバリエーションだけでなく，**図 16** に例示した文字や言葉ではなく絵・記号によって，容易にユーザにカード入力によるシステムのアクションを連想させることが可能な，直観的インタフェースにある．さらにタッチパネルや音声・映像出力と組合わせることによって，直観的なインタラクションが実現され，キーボードやマウスなどの従来の PC インタフェースに抵抗のある高齢者や，文字の読めない幼児といった，ＩＴ利活用における年齢のバリア解消に有効であることが予想される．

予備実験として，多摩美術大学によって開発され，幼児向けに有効との実績のある PC 用絵本コンテンツを，MultiTouchable 用に機能追加して移植し，幼児が楽しめること，および幼児間のコミュニケーションが活性化されることの評価を主目的とした**図 17** に示すインタラクティブデジタル絵本コンテンツが制作された．その結果，MultiTouchable が幼児による使用に耐えうる可能性が示された [6]．この成果をもとに情報通信研究機構は，RFID タグとタッチパネルを用いた，文字や言葉ではなく絵・記号と単純音の組み合せによる直観的なインターフェースが，年齢というバリアを越えて有効であるかどうかを確認するための 2 種類のコンテンツを作成し，**図 18** に示すオープンハウスを利用したデモ，および被験者実験を行なった．**図 19** に作成したコンテンツの一例，



図 17: 幼児向けディジタル絵本コンテンツ

インタラクティブ・タイル・アートを示す．当コンテンツは，ユーザがタイルをクリックすると，プリミティブな音とともにタイルが裏返り，裏返る度にタイルの色が規則的に変化する．そして，4 つのアンテナ上に重ねて置かれた絵や記号の描かれた複数のカードを読み込み，ランダムに数枚を選び，例えば，犬の写真の上に，写真をもとにしたタイル画が表示され，画面が 90 度回転したり，躍る人や花火が再現されたタイルムービーが現れたり，といった重ねあわせによる映像および音の効果を楽しむことができる．被験者実験の結果，個人差はあるものの１才１０ヶ月の乳幼児までもが，コンテンツ観賞可能であることが確認され，提案した直観的なインタフェースの有効性が示された．２４名の小学１～６年生のグループを募集して４名ずつ３０分をかけて実施された被験者実験では，参加ユーザ間のコミュニケーションが活性化されることも確認され，また，テーブルを使って家族と一緒に本を読んだりテレビを見たいという意見が寄せら



図 18: オープンハウスでのデモの様子

れ，一般家庭での普及の可能性が見い出された．

MultiTouchable で実現された RFID カードというタンジブルなオブジェクトを利用した入力方法は，従来の GUI よりも直感的かつ容易な操作を実現でき，幼児から高齢までの年齢を越えた利用，さらには言語の壁を越えた異文化コミュニケーションのための利用にも有効であることが予想される．現在，家電製品のデジタル化・ネットワーク化などを見据えた各種研究・開発が行われているが，MultiTouchable を他の家電製品と同じくネットワーク化し，MultiTouchable から他の家電製品を操作・閲覧する利用方法も考えられる．今後は，家庭内の幅広い年齢層・人数に対応できるインタフェース実装といった，より実生活で使われることを想定した研究を行って行く予定である．

4 おわりに

本稿では，視覚障害者および高齢者・幼児を含む子供が，身体障害のバリアや年齢のバリアを越えて，健常者とともにディジタルメディアコンテンツをインタラクティブに観賞し楽しむことを目指す３つのシステム制作例を紹介し，視覚障害者・高齢者・幼児を含む子供を対象としたインタラクション方式のバリアフリーデザインの考え方を示した．今後は，他のインタラクション方式についても順次導入し，ＩＣＴの裾野を広げ情報バリアフリー環境を実現するマルチメディアテーブルの実現を目指したい．

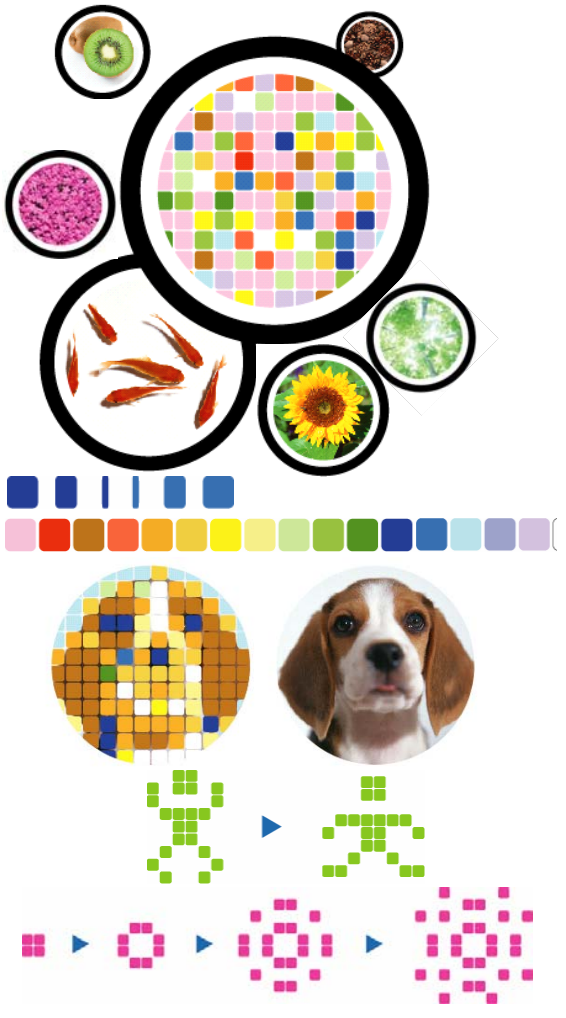


図 19: 作成したコンテンツ：インタラクティブ・タイル・アート

参考文献

[1] 西村拓一，中村嘉志，常盤拓司，伊藤日出男，中島秀之，小山慎哉，矢入 (江口) 郁子，猪木誠二：無電源小型情報端末 CoBIT の音源定位方式および視覚情報提示方式の提案, 日本赤外線学会論文誌, Vol.13, No.2, pp.43-52(2004)

[2] Fusako kusunoki,Taiki Muramatu, Ikuko Eguchi Yairi, Takuichi Nishimura : Interactive Table with Visual and Auditory Feedback for Interactive Art, IEEE, International Conference on Systems, Man and Cybernetics（SMC2004), pp. 1199-1201 (2004).

[3] (株) 地理情報開発 しゃべる触地図 http://www.chiri.com/talkingmap.htm

[4] 小山慎哉，西村拓一，矢入 (江口) 郁子，猪木誠二：音声による視覚障害者用地図の表現，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005，pp.253–256(2005).

[5] 小山慎哉，矢入 (江口) 郁子，楠房子，西村拓一，猪木誠二：マルチメディアテーブルを用いた共同学習支援，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005，pp.751–754(2005).

[6] 村松泰起，鍛治秀紀，楠房子，矢入（江口）郁子：積層 RFID を用いた複数ユーザ参加型コンテンツ，エンタティンメントコンピューティング 2005(2005).

[7] 矢入 (江口) 郁子，小山 慎哉，楠 房子，西村 拓一，猪木 誠二：メディアアート作品鑑賞のバリアフリー基盤：マルチメディアテーブル，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005， pp.473–476(2005)