

RFIDとアフォーダンスによる、 学習不要なジェスチャーインタフェース

木曾 隆 吉田コマキ

沖縄大学マルチメディア教育研究センター
ブロッコ・デリ・アーキテクト株式会社

概要 利用者の意思をコンピュータに伝える仕組みとしてジェスチャーインタフェースがある。その実装にはすでに様々なセンサー技術が用いられているが、ジェスチャーとしての特定の動きを利用者が学習する必要がある仕組みが多い。本研究ではジェスチャー認識にRFIDの技術を利用し、さらにアフォーダンスの概念を入れた形状のシステムを作ることで、利用者がジェスチャーを学習することなく、利用者の自然な動きからジェスチャーを読み取る方法を実装した。

Gestural Interfaces System with RFID and Affordance which Require
No User's Learning Perceptible Gestures

Takashi Kiso and Komaki Yoshida

Multimedia Education and Research Center, Okinawa University
blocco deli architects Inc.

Abstract Gestural Interfaces are the some of way to input user's will into a computer. They implemented the interfaces with several type of sensors, however the almost ways force users to learn perceptible gestures. Then we implemented a gestural interface system as an interaction-art with RFID and affordance method. Also users can input their actions into the system without learning gestures.

1. はじめに

マルチメディアという情報の表現、すなわち出力系が注目されることが多いが、昨今の急速なデバイス開発により、入力系もさまざまな方式が生みだされ、マルチインタフェースの世界と言える様相となっており注目が高まっている。

利用者の意志をコンピュータに伝える技術には様々なものがある。加速度センサー、圧電センサーなどの高性能なセンサーが安価に流通するようになり、ゲーム機器をはじめとして多種多様なインタフェースが実現されている。その中、利用者の意志を身振り手振りによってコンピュータに伝えるインタフェースを特に、ジェスチャーインタフェースと呼んでいる [Saffer08]。ジェスチャーインタフェースを実現するには、まず観測されるであろう動きと、それに対応する意味とをあらかじめ定義しておく。そして、実際の観測と定義とを照合することで認識を行う。この動きの表現については、利用者があらかじめ決められたジェスチャーに従って意識的に身体を動かす方式と、利用者の自然の動きそのものを観測してジェスチャーとみなす方式とがある。前者は利用者に対しジェスチャーの学習を必要とするため、すぐさま自由には操作することが困難な点が特徴である。後者は利用者にジェスチャーの学習を強いないが、逆に動きの自由度が多くなり、実際にどう動かせばシステムが認識してくれるのか、試行錯誤が必要となる場合がある。

本研究ではRFIDシステムをジェスチャーインタフェースの実装デバイスとして活用することで、明示的に決められたジェスチャーをすることなく、人の日常的な動きそのものによって、意志をコンピュータに伝達できることを示す。また、自由度の高い動きの中でも、適切なジェスチャーを利用者がするようにするには、その動きに制約を加えることが望ましい。この点についてはアフォーダンスの概念をとりいれて解決を試み、実際にインタラクションアートの形で実装を行った。

2. ジェスチャーインタフェース

ここでは、これまでのジェスチャーインタフェースの構成要素の整理と、既存のデバイスとその活用場面を紹介する。

2.1. ジェスチャーインタフェースとは

ジェスチャーインタフェースとは、利用者の身振り手振りといった物理的な動きをコンピュータが読み取ることによって、その動きの意志を認知させる入力デバイスである。一般に入力デバイスとしてよく知られているものにマウスのようなポインティングデバイスがある。特定の空間上の位置を指し示すことが主たる機能だが、このような機能はジェスチャーインタフェースとは言わない。しかし昨今見られるジェスチャーコマンド、例えば、マウスボタンをクリックしながらアルファベットの「d」をマウスの軌跡で描くと、「削除する」という命令と認識される、といった機能については、利用者の意志を「動き」を通して伝えるという点でジェスチャーインタフェースの一例といっていよい。

つまり、「特定の動きAが観測された場合は、それはBという意図である」というような、観測された動きと認知内容との対応付けがあらかじめなされており、利用者は明示的にこのプロトコルに則した動きをすることで、意志をコンピュータに伝える。この特定の動きについては、認識用にあらかじめ決められた動きを学習する必要があるものと、利用者の日常的な動きをそのまま観測して認知するものとふたとおり存在する。

このようにジェスチャーインタフェースは、一概にデバイスの種類によって区別できるものでもなければ、デバイス単体で実装されるインタフェースでもないのが特徴である。次に、ジェスチャーインタフェースの基本要素を「動作の認識」と「対象の認識」との2つの観点からとらえ、整理していく。

2.2. 動作の認識と対象の認識

ジェスチャーインタフェースでは、利用者の動作の認識とその動作の対象の認識とのふたつの認識で構成される。認識を行う時点において対象が明らかな場合や、そもそも対象の指定が不要なシステムの場合、動作の認識のみのジェスチャーインタフェースとなることもある。

動作を認識するにあたっては、時間的に連続する物理変化量を観測する装置が必要となる。物理変化の観測にはセンサーが活用されるが、その連続的な値を取得し、処理する機能があわせて必要である。一方、対象の認識にあたっては、他との区別、識別がされればよい。このための方法としては、物体（もしくはそのラベル）の色形状による認識や、位置（ポインティング）による認識などが用いられる。

2.3. ジェスチャーインタフェースの構成

ジェスチャーインタフェース全体は、さらに大きく2つの段階で構成される。ひとつは、利用者の動きや対象を検出するためのセンサー系。そしてもうひとつは、センサーによって得られる連続的な情報（数値）から、対応する利用者の意志を認識する処理系である。

センサー系とは、利用者の動きや対象を物理的に感知し、情報化する装置である。その情報は、物理変化の時系列データの形で伝達されたり、映像データとして伝達されたりする。各種個別のセンサーとジェスチャーインタフェースとの関連については次節にて詳しく述べる。

処理系とは、時系列データを解析し、特定の値や特定の変化パターンから、対応する動きや対象を決定する役割を担う。例えば、加速度センサーから急激な加速度の変化が周期的に起きているような時系列データが観測されたとする。その時系列データから、「振る／振られている」という行為を検出、もしくは、認めるのが処理系の役割である。

2.4. 各種センサー技術のジェスチャーインタフェースへの適用例

次に、ジェスチャーインタフェースに用いられる様々なセンサー技術とその活用方法を概観する。

<タッチセンサー>

ガラスなどで作られた表面に指先で触れ、その触れた座標を読み取るセンサーをタッチセンサーという。複数の点を同時に認識できるタッチセンサーを特にマルチタッチセンサーと呼ぶ。

これまで、タッチセンサーはコンピュータの出力画面と重ね合わせて利用することで、ポインティングデバイスとして活用されることが多かった。昨今はApple iPhoneに代表されるように、マルチタッチセンサーを活用することで、画面上の対象を指し示すだけでなく、対象に対する「操作」をジェスチャーで指示することが可能となっている。例えば、対象を2本の指で押さえ、対角方向に指を拡げると、その動きは「対象を拡大する」のジェスチャーとして認識される。このような新たなジェスチャーがデファクトスタンダード化されつつある。

ジェスチャー例：コンピュータ出力上の対象に対して「拡大・縮小する」「移動する」

<加速度センサー>

加速度を感知するセンサーを加速度センサーという。互いに直交するx, y, zの3軸方向の加速度を感知する機能により、動きの方向を知ることができる。原理的に等速運動と静止との区別はつかないため、加減速を伴う動きの認識に向く。ジェスチャーインタフェースとして活用する場合は、急な加速をとまなう「振る」「叩く」などの認知に利用される。任天堂Wiiに代表されるようなゲーム機のコントローラに搭載されたことがその認識を世に広めた。

ジェスチャー例：「投げる」「振る」「叩く」「傾ける」

<方位センサー>

方位センサーは磁気センサーとも呼ばれ、地磁気の方角を読み取るセンサーである。加速度センサーと同様に1～3軸のセンサーをもち、その強度によって地磁気の方角を認識する。地磁気方向が基準となるため、直線的な動きに対しては不変であるが、回転運動であれば、等速運動と静止との区別がつく。よって、利用者が回る、対象物が回される、といったジェスチャーを検知することができる。

ジェスチャー例：「回る」「回す」

<イメージセンサー>

CCDに代表されるイメージセンサーはデジタルスチルカメラやデジタルカムコーダなどへの利用が進ん

で久しい。ジェスチャーセンサーとしての活用を考えると、映像認識の処理系とセットで考える必要がある。センサーが固有の情報を得るというよりも、撮影された映像から、動作の特徴を演算によって解析し、動きに対応する意志とマッチングを行うものとなっている。また、映像中から「対象」を抽出する場合もある。特定の図案（マーカー）がつけられた物体が撮影されることで、対象物の発見と、位置の認識を行う。またマーカーを用いずとも被写体の特徴から対象物を特定する画像処理も進められている。身体全体の動きや移動を補足するものから、身体の局所的な動きを認識するものもある。最近のデジタルスチルカメラでは、被写体が微笑むとシャッターがおりる製品がある。これは「微笑む」というジェスチャーを画像処理によって認識し、シャッターという行為と結びつけている例である。他、可視光以外にも赤外線を用いた赤外線イメージセンサーがある。

ジェスチャー例：映像から解析できるもの

<圧電センサー>

圧力を加えると電気抵抗が変化する圧電センサーがある。重量の計測に活用できるほか、圧力が加えられる行為に対してはジェスチャーインタフェースのセンサーとして活用が可能である。

認識されるジェスチャー例：「押さえる」「立つ」「踏む」「座る」

<曲げセンサー>

曲げることによって電気抵抗が変化する素子を用いて曲げ率を検知ことができるセンサー。

ジェスチャー例：「曲げる」「しなる／しならせる」

3. RFIDによるジェスチャー認識

ここでは、従来のジェスチャーインタフェースにおける課題を述べるとともに、ひとつの解決策としてのRFIDの活用を紹介していく。

3.1. 対象の識別

前節で紹介した各種センサーを使用したジェスチャーインタフェースでは、そのほとんどに共通する特徴がある。それは、「対象」と「センサー」とが同一、もしくは一体となっている点である。加速度センサーを例にとれば、対象にかかる加速度を認識するためには加速度センサーを対象自体に設置する必要がある。対象そのものをあらかじめ限定することで認知を省略し、対象に加わる動作のみセンサーによって認識している。このようなデバイスでは、対象となりうる物が複数存在する環境の中での利用が困難となる。別途、対象を「識別」する仕組みが आवश्यकとなる。

既存のジェスチャーインタフェースの中でもイメージセンサーによるものには、この対象の識別が行われている例がある。カメラによって撮影される映像に対し画像処理を行うことで対象を識別するものである。そのひとつにマーカー方式がある。マーカーと呼ばれる特殊なパターン画像を対象に取り付け、それをカメラで撮影し、パターン認識によりその対象の位置や向きを識別する。この方式は、Augmented Reality（拡張現実）の分野でも現実空間の認識方法として活用されている手法である。また、マーカーなど特別なパターン画像を用いずに、映像そのものから特徴を抽出して識別を行う方式もある。昨今、民生品カメラでもみられるようになった技術の顔認識などがその一例である。人物の顔の特徴を抽出して個人を識別する。このように映像から対象を識別する技術はジェスチャーインタフェースとは異なる分野において、研究開発が盛んであり、これらの知見をジェスチャーインタフェースに取り入れることも積極的に行われている。

一方で、イメージセンサーによる対象の識別については制約も存在する。それはカメラと対象の位置関係の制約である。マーカーであれ、顔認識であれ、その認識に必要な画像情報はカメラに向けて撮影されなければならない。このため、識別に際し適切な範囲、距離、方向の制約を受けるといえる。

3.2. RFIDによる個体識別

RFID（Radio Frequency IDentification）とは、識別情報を埋め込んだタグと呼ばれる回路に対し、電波や電磁波といった無線を介して識別情報をやりとりするシステムである。識別したい物体にタグをとりつ

け、それが読み取り機（アンテナ）の近傍（無線の到達範囲）に存在することで、その存在と識別情報を送受する。RFIDは、この他にジェスチャーインタフェースへの適用を考える上で、次のような特徴を持っている。

対象の向きによらない

無線の到達範囲であれば、その対象の向きによらずに認識できる特徴がある。イメージセンサーで説明したような、特定の向きをカメラに向けるという「向き」に関する制約は取り除かれる。

動きは「接近」と「離脱」を認識

タグの識別情報がアンテナによって受信されれば「存在」する。受信できなければ「存在しない」であり、位置情報に関しては二値しか取りえない。つまりの連続的な動きを認識することはできない。ただし、これまで受信されなかったタグがある時点で受信された場合、そのタグがアンテナに「接近した」とみなすことが可能である。また、逆にこれまで受信されていたタグが受信できなくなった、ということはそのタグがアンテナの受信範囲から「離脱した」とみなすことが可能である。

対象に電源が不要

RFIDの中でも特にパッシブ方式と呼ばれるものは、タグの回路に電源を必要としない。アンテナ（リーダー側コイル）に近接した際に、アンテナの定常電流から電磁誘導によって電力を得て、反射波の形で情報を送信する（Fig.1）。これにより、対象の配置や取扱いの自由度が高まる。

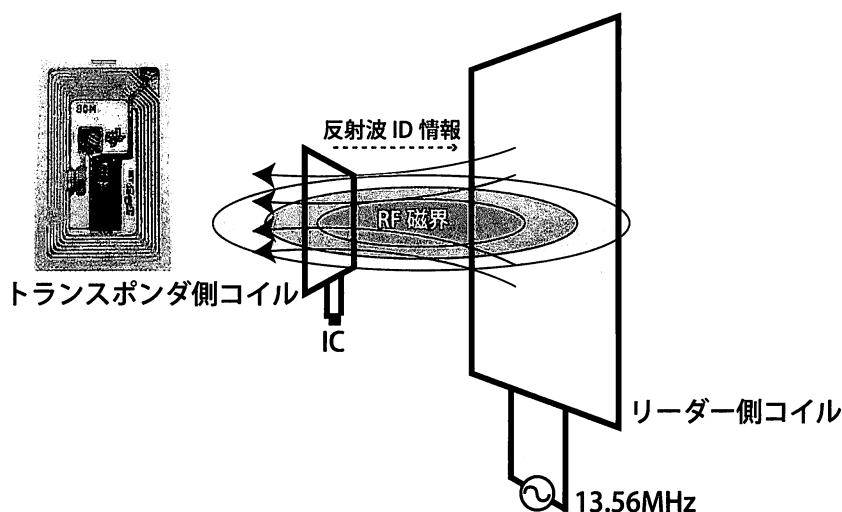


Fig.1 RFID

3.3. RFIDのジェスチャーインタフェースへの適用

これらのようないくつかの特徴をもつRFIDをジェスチャーインタフェースのデバイスとしてどのように利用することができるのか。動作の認識と、対象の認識とのふたつの認識にそって検討を行った。

3.3.1. RFIDによる動作の認識

RFIDから動作を認識するためには、タグがつけられた対象自体の移動が必要となる。よって利用者の動作を認識するというときには、利用者がタグがつけられた対象を持って動かすことが基本となる。前節で指摘したように、RFIDにおいて動きとして認識できるのは「接近」と「離脱」である。

また輪状のアンテナを利用し、接近と離脱を組み合わせると「通過」という動きとして認識することも可能である。ここでは特に、「接近」と「通過」についてさらに利用者の動作との関連づけを進めた。

<接近・離脱>

「接近」とはセンサーに対して対象が近づく、もしくは対象を近づける動きとする。読み取り機がタグを新たに認識する現象をもって、「接近」した、とみなす。この対象の接近に対して、ジェスチャーとしての意味付けは以下のようなものが考えられる。

「かざす」

また、離脱と組み合わせて認識することで

「すれ違う」＝接近＋離脱

「あおぐ」＝（接近＋離脱）のくりかえし

といったジェスチャーを認識することができる。

<通過>

設置に際し、センサーのアンテナを輪状に設計し、内側を対象が通過できるようにする。センサーは対象接近がアンテナの内部なのか外部なのかを識別する能力はもたないが、適切なアフォーダンスを組み合わせることで「通過」という動きとして認識することができる。アフォーダンスとは、その物体の形状が機能や操作を表し、使用者はその形状を見るだけで適切な操作が可能となる概念である。アフォーダンスの実現については後章にて述べる。対象の通過に対して、ジェスチャーとしての意味付けは以下の用なものが考えられる。

「通る／通す」

「くぐる／くぐらせる」

「もぐる／もぐらせる」

「抜ける」

「取り出す」

3.3.2. RFIDによる対象の識別

対象に対してタグを取り付けることで、アンテナに何らかの対象が近接したことを認識することができる。また、タグにはひとつひとつ固有の識別情報が記録されているため、電波の到達範囲に入ったタグがどのタグなのか、を識別することが可能である。また、RFIDの特徴に「アンチコリジョン」がある。これは、電波到達範囲内にある複数のタグを同時に識別する方式である。ジェスチャーの対象をひとつに限定しない、という点で利用性が高い性質であるといえる。

4. RFID ジェスチャーの実装とアフォーダンス

「日々流れる無数の情報の中から自分が取り上げている情報は、そのほんの一握りである。」というストーリーを主題としたインタラクションアートを構築した。その中で、情報を拾うというインタラクション認識するために、RFIDを用いたジェスチャーインタフェースで構成した。日々流れる情報を「新聞」で表現し、その記事片を拾い上げる行為を、一情報を取り上げる行為として表現している。

4.1. 構成

ボール箱の上に新聞紙の山がある。その前方のスクリーンには、あたかもその新聞の膨大な見出しが流れているかのような映像を常時映写する。鑑賞者はくり抜かれている新聞の山から、新聞の記事片を拾い上げる。すると、そこに記載されている新聞記事の内容が前方スクリーンに拡大表示されて流れる (Fig. 2)。

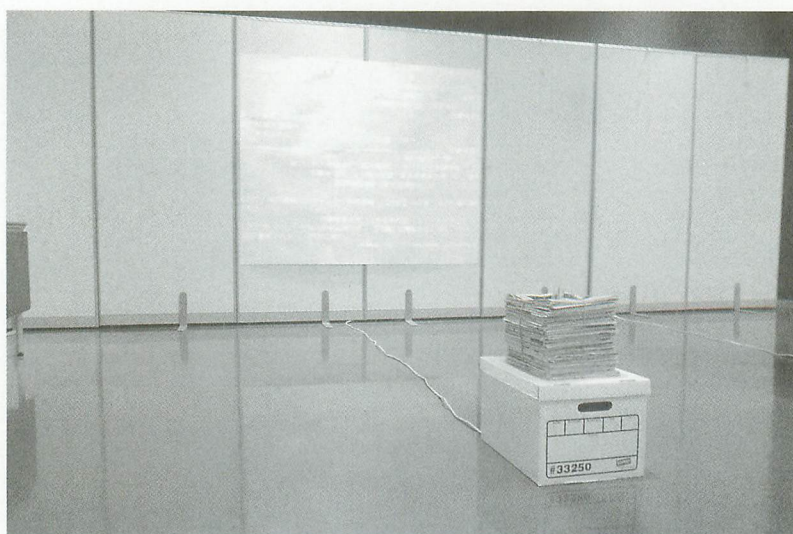


Fig.2 RFIDを用いたインタラクショナルアート

4.1.1. RFIDシステム

RFIDシステムは新聞片を拾い上げる動作の認識と、新聞片の識別とに使用している。使用しているハードウェアはTI製のS6350ミッドレンジリーダーモジュール (Fig.3) [TIRFID01] [TIRFID02] [TIRFID03] と、フィルム型 (インレイ型) RFIDタグである。

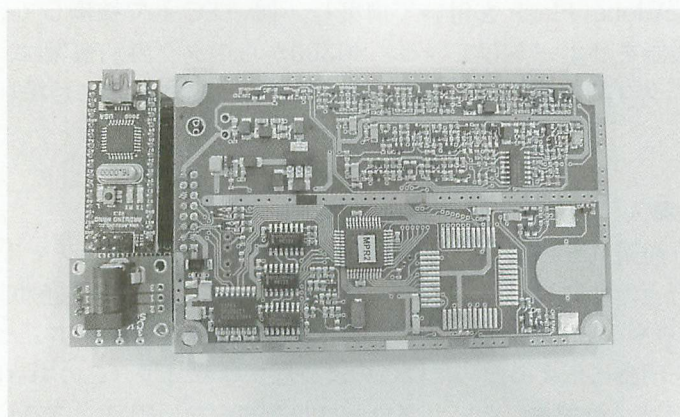


Fig.3 S6350モジュール

<新聞の山 (RFIDアンテナ)>

新聞紙を山積みにして内側をくり抜き、そのふちに沿って輪状のRFIDアンテナを工作し装着した [Kari-be05] [Tsukada05]。アンテナは同軸ケーブルを介してS6350モジュールに接続し、そこでタグの識別情報の認識を行う。

<新聞片 (RFIDタグ)>

新聞片には一枚一枚にRFIDタグを貼付ける。タグは出荷時に一意の識別情報が記録されている。この識別情報と新聞片の記事本文とを対応付けてPC内のデータベースにあらかじめ登録する (Fig.4)。



Fig. 4 新聞片とRFIDタグ

4. 1. 2. PC・コンテンツ

S6350モジュール、PC、プロジェクタは全て、新聞紙下部のボール箱の中に収めてある。S6350モジュールはパソコンとシリアルポートを介して接続される。パソコン上では、serialproxyというプログラムを稼働し、シリアルポートの通信をTCP/IPのソケット通信に変換中継する。一方、スクリーンへのコンテンツを描画／制御する部分はAdobe Flashを用いて構築し、同一PC上で稼働している。Adobe FlashではTCP/IPのソケット通信機能をサポートしている。S6350からのタグ識別情報は、TCP/IPソケット通信によってFlashに伝えられ、タグ識別情報に応じてあらかじめデータベースに登録した記事本文をスクリーン上に拡大表示している。

4. 2. アフォーダンスの導入

本研究では、RFIDの「通過」という動作認識をもとに、「拾う」というジェスチャーの実装を試みた。一般にはRFIDの認識を行うためには、「かざす」方法が多くみられる。非接触ICの活用として広く普及している交通機関のIC定期券や、EDYなどの電子マネーも読み取り機にかざすことで情報を送受している。利用者が決済を行う意志を明確に伝えるためにはこのようなプロトコル（この場合は「かざす」という行為）は必要といえるが、利用者は「かざす」というプロトコルを知らない限り、このシステムを利用することはできない。しかし、本研究では利用者の日常動作をジェスチャーとして読み取ることを目指しており、認識のためのプロトコルを利用者が知らなくとも、その動作を認識する仕組みを考察した。そこで、プロトコルを知らなくとも、システムの意図に沿う動作を促すしかけとしてアフォーダンスを取り入れている。

アフォーダンスとは、環境が行為の可能性や機会を表していることを言い [Sasaki00]、たとえばある形状を見ればその物体をどうすればよい（機能する）のかが自ずと理解される、という概念である。アフォーダンスについてよく説明される例はドアノブである。利用者は丸いドアノブの形状を見て、それが回すものであることを知覚する。これは、利用者がドアノブを回すものという知識を得るよりも前に、丸い形状のドアノブがそれ自身「回す」機能があることを利用者にアフォード（与える）しているのだ、という考え方である。

今作品では、積み上げた新聞紙をくり抜き、その中に新聞の切り抜き片を散りばめるという状態を作った。この状態ではおのずと可能な行為は新聞片を拾いあげることしか許さない。そこにある物に対してどのような行為を取ることがそのシステムにとって「正解」であるか、を無言で利用者に伝えている点で、これもアフォーダンスの一種であると考えている。そして、くり抜きの最上部に輪状のRFIDアンテナを忍ばせることで、強制的に拾い上げる動作の認識を行うことを実現した (Fig. 5)。

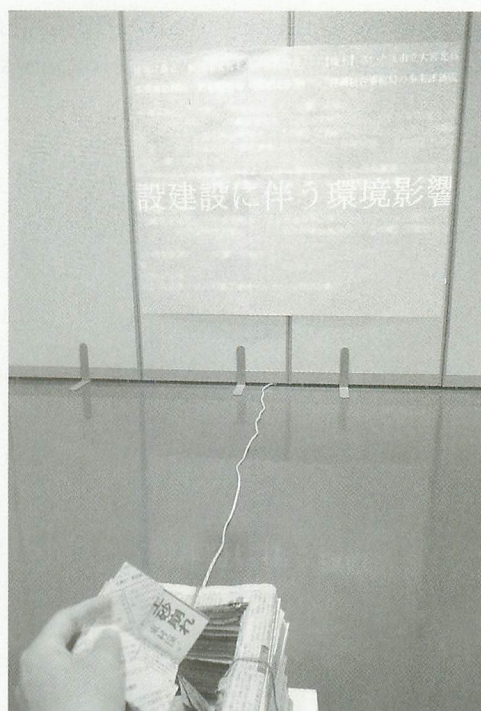
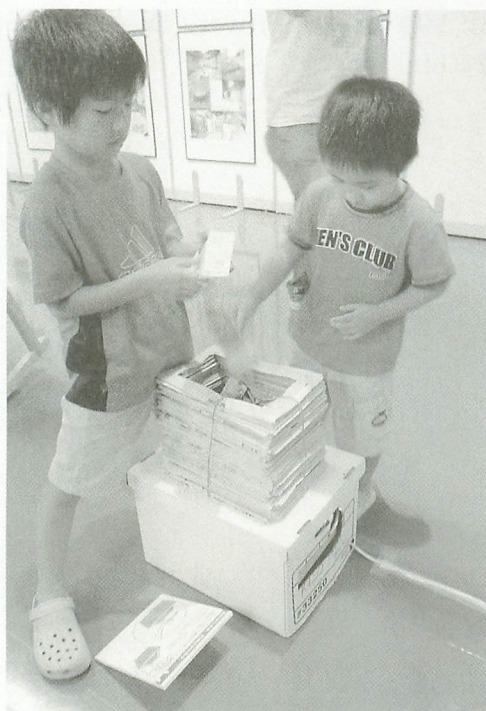


Fig.5 何も教えずとも新聞片を拾う様子

5. まとめ

RFIDシステムをジェスチャーインタフェースの実装デバイスとして活用することで、明示的に決められたジェスチャーをすることなく、人の日常的な動きによって、意志をコンピュータに伝達できることを示した。また、実装においては「拾う」という行為をすることを学習なしに限定を課すために、アフォーダンスの概念をとりいれ、システムの造作を意図的に行った。この結果、本来は自由度の高い環境の中であっても、学習なしに適切なジェスチャーを利用者がするよう促すことが可能であることを示した。

今後は、他のセンサーデバイスにおいても適切なアフォーダンスを組み合わせることで、学習不要なジェスチャーインタフェースが構築できるか試行を重ね、学習なしにコンピュータを使うためのインタフェース研究のひとつの方向をしめしていきたいと思う。

謝 辞

RFIDシステムの構築に際し、オシロスコープを貸与いただいた當眞聡氏、記事データベースと記事片の作成に協力いただいた山城隆盛氏、小山和軌氏、展示パネルを作成していただいた平良海氏にこの場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- [Saffer08] Dan Saffer (2008) 『Designing Gestural Interfaces』 Oreilly & Associates Inc
- [Sasaki00] 佐々木正人 (2000) 『知覚はおわらないーアフォーダンスへの招待』 青土社
- [TIRFID01] Texas Instruments Incorporated (2001) HF Reader System Series 6000 S6350 Midrange Reader Module (<http://www.ti.com/rfid/docs/manuals/pdfSpecs/RI-STU-TRDC-02.pdf>)
- [TIRFID02] Texas Instruments Incorporated (2002) HF Reader System Series 6000 S6350 Midrange Reader Module RI-STU_TRDC-02 Reference Guide (<http://www.ti.com/rfid/docs/manuals/refmanuals/RI-STU-TRDCrefGuide.pdf>)
- [TIRFID03] Texas Instruments Incorporated (2003) HF Antenna Design Notes Technical Application Report (<http://www.ti.com/rfid/docs/manuals/appNotes/HFAntennaDesignNotes.pdf>)
- [Karibe05] 苅部浩 (2005) 『非接触ICカード設計入門』 日刊工業新聞社

