

平成20年度

筑波大学第三学群情報学類

卒業研究論文

題目 人物に関連付けられた物体による
コミュニケーションシステム

主専攻 情報科学主専攻

著者 野上僚司

指導教員 志築文太郎 高橋伸 三末和男 田中二郎

要 旨

本研究では、画像、音声の送受信によるコミュニケーションに焦点を当て、実世界の物体を操作することによって、画像、音声を遠隔地に伝えるコミュニケーションシステムを試作した。本研究での提案によって、実世界の物体への操作によって遠隔地とコミュニケーションを行うことが可能となる。本提案では、操作対象に人物を想起させる物体を用いる。これにより、よりコミュニケーションを行っている人物の存在を意識したコミュニケーションが可能になると考えられる。また、実世界での行動に対応した操作で、遠隔地とコミュニケーションを行うことが可能となるようシステム的设计を行った。実世界の行動に対応した操作方法を用いることにより、コンピュータ操作に慣れ親しんでいないユーザであっても手軽に画像、音声を遠隔地に送ることが可能となると考えられる。試作システムでは、実際に実世界の物体を用いて、画像、音声を送受信することが可能であることを確認した。

目次

第1章	序論	1
1.1	ファイル送受信を用いたコミュニケーション	1
1.2	ファイル送受信を用いたコミュニケーションの問題点	2
1.3	本研究のアプローチ	3
1.4	本論文の構成	3
第2章	関連研究	4
2.1	本研究の位置づけ	4
2.2	実世界の物体への操作によってコミュニケーションを行う研究	5
2.3	本研究の手法に関連する研究	5
第3章	実世界の物体によるコミュニケーション手法の提案	6
第4章	人物に関連付けられた物体によるコミュニケーションシステム	8
4.1	利用シーン	8
4.2	カプセル:人を想起させる物体	8
4.3	本システムの操作方法	9
4.4	送信を行う為の操作	10
4.4.1	声の送信	10
4.4.2	カメラで撮った写真の表示	11
4.4.3	写真の送信	11
4.5	受信を行う為の操作	13
第5章	実装	20
5.1	システム構成	20
5.2	処理の流れ	22
5.3	マーカの認識	22
5.4	カプセルの状態遷移	22
	録音	25
	再生	25
	定常状態	25
5.5	写真の表示、送信	25
5.5.1	写真の表示	25

写真位置の配置アルゴリズム	25
5.5.2 写真の追加	27
5.5.3 写真の送信	27
5.6 ファイルの送受信	28
第 6 章 議論と今後の課題	32
第 7 章 結論	33
謝辞	34
参考文献	35

目次

1.1	画像によるコミュニケーション	1
3.1	本手法での声の送信方法	7
4.1	マーカを取り付けたカプセル	9
4.2	声の送信	10
4.3	カプセルを持ち上げた時の表示	11
4.4	写真の表示	12
4.5	拡大写真の選択	13
4.6	写真の送信操作 1	14
4.7	写真の送信操作 2	14
4.8	写真の送信操作 3	15
4.9	カプセルの状態	15
4.10	カプセルの状態	16
4.11	タップ操作	18
4.12	受信時の変化	19
5.1	作成したテーブル	20
5.2	テーブルの通信方法	21
5.3	赤外線投光器	21
5.4	カメラで撮影した映像	23
5.5	カプセルの状態遷移	24
5.6	拡大写真の状態遷移	27
5.7	ファイルの送受信	28
5.8	ファイル送受信 1	30
5.9	ファイル送受信 2	30
5.10	ファイル送受信 3	31
5.11	ファイル送受信 4	31

第1章 序論

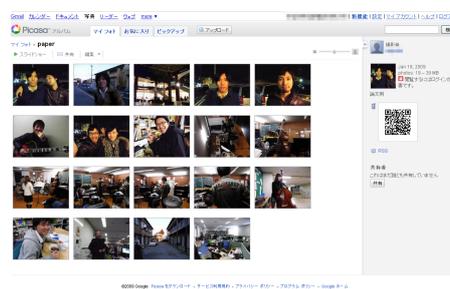
1.1 ファイル送受信を用いたコミュニケーション

コンピュータを用いたコミュニケーションが日常的に行われている。代表的なコンピュータを用いたコミュニケーション方法として、Eメールによる文字メッセージの送受信が挙げられる。Eメールによる文字メッセージの送受信は広く日常生活に浸透し、頻繁に使われるコミュニケーション方法となった。

またコンピュータの操作に慣れ親しんだユーザの間では、ファイル送受信によるコミュニケーションが行われている。ファイル送受信によるコミュニケーションの具体例として写真の送受信が挙げられる。写真の送受信を実現する既存の方法として、Eメールに写真を添付して送受信を行う方法(図 1.1(a))、オンラインアルバムで写真を公開することによって写真の共有を行う方法(図 1.1(b)¹)が挙げられる。



(a) Eメールによる画像の送信



(b) オンラインアルバムによる写真の公開

図 1.1: 画像によるコミュニケーション

上記の二つの例は、写真を表す画像ファイルを送信、受信することによって実現される。オンラインアルバムの例は、直接的に写真を送受信しているわけではないが、写真を公開する側は写真をオンラインアルバムに送り、a 閲覧側はそのオンラインアルバムを見ることで、写真を受け取っていると考えることができる。この様にファイルを送る、受け取るといった操作で実現されるコミュニケーションを本研究ではファイル送受信によるコミュニケーションと呼ぶ。

¹Picasa <http://picasa.google.co.jp/>

ファイル送受信を行うことによって、画像に限らず、音声等のファイルの送受信も可能になる。画像、音声をコミュニケーションに用いることによって、ユーザは文字メッセージでは表現できなかった情報を遠隔地に伝えることができるようになる。また、画像、音声を遠隔地に伝える方法は多く存在するが、ファイル送受信を用いることの利点として「瞬時に遠隔地に情報を伝えることができる」「送信、受信を好きなタイミングで行うことができる」という性質を挙げることができる。

1.2 ファイル送受信を用いたコミュニケーションの問題点

上記のとおり、ファイルを送受信は「瞬時に遠隔地に情報を伝えることができる」「送信、受信を好きなタイミングで行うことができる」という利点を持ったコミュニケーション方法であり、ユーザに表現の幅を与えるコミュニケーション方法だと言える。しかし、以下に示す通り「宛先の表現」と「ファイルの選択」の2つの点で問題があると考えられる。

宛先の表現 ファイルを送る為には、ファイルを送る宛先を指定する必要がある。既存のシステムはこの宛先を指定する時、その宛先は文字列で表現される。例えば、Eメールであれば、相手のアドレスを入力するか、アドレス帳に登録された相手の名前を選択することで宛先を決定している。これらの宛先表現は人物を直接想起させるものではない。しかし、遠隔地とのコミュニケーションにおいて、宛先を指定するときに人物を想起させることは、コミュニケーションにおいて重要な要素であると考えられる。ファイル送受信によるコミュニケーションを行う時、送信者は宛先の指定によって、コミュニケーションを行う相手を決定している。ファイルを送信する時、この宛先の指定こそが、コミュニケーションを行う相手の存在を感じる操作であると考えられる。遠隔地の相手とファイルを送受信する時、その相手が直接見えるわけではない。その為、宛先が人物を想起させるものでなければ相手の存在を感じることは困難なものとなり、送信する相手とコミュニケーションを行っている感覚は希薄になる。

また、宛先の表現が直接人物を想起させるものでないことは、コンピュータの操作に慣れ親しんでいないユーザにとって、ファイル送受信の難易度を高める原因となる。

ファイルの選択 ファイル送受信によって、遠隔地に情報を伝える為には、伝えたい情報をファイルとしてコンピュータに保存し、そのファイルを選択する必要がある。この操作はコンピュータ独自の規則に基づいた操作である。コンピュータの操作に慣れ親しんでいないユーザにとって、自分の意図するファイルが、どこにあるのか把握することは難しい。ファイルのある場所に辿りついて、そこから自分の意図するファイルがどれであるのか見つけ出すのは難しい作業である。

また、コンピュータの操作に慣れ親しんでいるユーザにとっても、伝えたい情報をわざわざファイル化することは、ファイル送受信を煩わしいと感じさせる原因となる。もし、声や画像といった情報を、直接遠隔地の相手に伝える事ができればこのファイル選択の問題は解決すると考える。

1.3 本研究のアプローチ

本研究は、1.2 節に挙げた問題点を解決する画像、音声の送受信手法を提案し、試作システムを実装するものである。そのアプローチとして、ユーザインタフェースに Ishii の提唱する Tangible User Interface[1] を採用する。Tangible User Interface とは情報を触れられる形で表現し、情報に直接触れて操作を行うユーザインタフェースである。この Tangible User Interface を採用し、実世界の物体を操作することで、画像、音声を送受信する方法を提案する。

操作する実世界の物体には、人を想起させる物体を用いる。人を想起させる物体とは、その物体を見て人物を思い浮かべる物体のことである。例えば、友人から贈られたプレゼントを見て、その友人を思い浮かべるとする。その時、送られたプレゼントは友人を想起させる物体であると言える。

具体的な操作としては、人を想起させる物体に画像に近づける事で画像を物体に入れるという操作を行いその画像を想起させる人物に送り、人を想起させる物体を掴んで話しかけることで想起させる人物に音声を送る。この操作方法は 1.2 に示した問題点を解決する。まず、宛先を指定する代わりに、人を想起させる物体を掴むことによってコミュニケーションを行う相手を決定している。つまり、人を想起させる物体は文字列に変わる宛先の表現であると言える。人を想起させる物体は、文字列よりもコミュニケーションを行う相手を感じさせるものであると考える。また、ファイルの選択を、物体に話しかける、物体を動かすといった操作に置き換えている。実世界の物体を動かす、実世界の物体に向かって喋りかける、という操作は日常生活で慣れ親しんでいる操作であるため、コンピュータに慣れ親しんでいないユーザも、この操作を行うことができると考える。

1.4 本論文の構成

本論文では、まず第 2 章で関連研究について述べ、第 3 章で実世界に物体によるコミュニケーション手法の提案を行う。第 4 章では第 3 章で述べた手法に基づいて試作した「人物に関連付けられた物体によるコミュニケーションシステム」について述べる。第 5 章では、第 4 章で述べたシステムの実装について述べる。第 6 章で議論と今後の課題について述べ、第 7 章で結論を述べる。

第2章 関連研究

2.1 本研究の位置づけ

本稿での提案手法は実世界の物体を人物表現及び、操作対象として用いる。実世界の物体を情報の表現及び、操作に用いる概念はIshiiらによって提唱されたTangible User Interface[1]の概念に基づいたものである。Tangible User Interfaceとは、情報を触れられる形で表現し、直接触れて操作を行うユーザインタフェースである。IshiiはTangible User Interfaceを以下の八つに分類している。

- 1 Tangible Telepresence
- 2 Tangibles with Kinetic Memory
- 3 Constructive Assembly
- 4 Tokens and Constraints
- 5 Interactive Surfaces-Tabletop TUI
- 6 Continuous Plastic TUI
- 7 Augmented Everyday Objects
- 8 Ambient Media

本研究はこの中の「7 Augmented Everyday Objects」に当たる研究である。これは、コンピュータによって実世界に存在する日用品を拡張する機能を実現するものである。ユーザは実世界の日用品を操作することで、デジタルな情報の操作を行うことができる。本研究の提案するシステムは、実世界の人を想起させる物体に「声の送受信」「画像の共有」を行える機能を付け加えるものであるため、このAugmented Everyday Objectsに当たる研究であると言える。

Augmented Everyday Objectsに当たる研究として、musicBottles[2]がある。これは、コンピュータで行う操作、音楽ファイルの再生を、「実世界の瓶を開ける」という実世界で慣れ親しんでいる操作に置き換え、コンピュータの存在を意識せずに、音楽を聴くインタラクティブ方法を実現するものである。

2.2 実世界の物体への操作によってコミュニケーションを行う研究

また、Tangible User Interface に当たるユーザインタフェースを持ち、触れる感覚を遠隔地に伝える研究として inTouch[3], HandJive[4], ComTouch[5] がある。これらは「1 Tangible Telepresence」にあたる研究である。Tangible User Interface を採用し、遠隔地に情報を伝えるという点で本研究と関連する。しかし、本研究でコミュニケーションに用いる情報は音声と画像であり、扱っている情報の種類が異なるという点で本研究とは違いがある。

2.3 本研究の手法に関連する研究

本研究では実世界の物体に画像、音声を保存する操作を提供する。実世界の物体に情報を保存する先行研究として、IconSticker[6]、mediaBlocks[7] が挙げられる。本研究は遠隔地とのコミュニケーションを目的とした研究であるという点で異なる。

また、ファイル転送を支援する研究として、顔アイコン [8] が挙げられる。ファイルの転送を容易にするという点で本研究と関連するが、本研究では、実世界の物体を用いるという点で異なる。

第3章 実世界の物体によるコミュニケーション手法の提案

本章では、第1章で述べた、ファイル送受信の問題を解決する新たなコミュニケーション手法として実世界の物体によるコミュニケーション手法を提案する。

実世界の物体を操作対象とし、情報を触れられる形で表現する Tangible User Interface について第2章で述べた。本提案手法はこの Tangible User Interface に基づき、実世界の物体を操作して遠隔地とコミュニケーションを行う手法である。

操作する実世界の物体には、人を想起させる物体を用いる。人物を想起させる物体に操作を行うことによって、仮想的に想起させている人物とコミュニケーションを行っているような感覚をユーザに与えられると考えた。つまり、この想起させる物体はコミュニケーションを行う相手を表現しているものでもある。よって、ユーザは操作する物体を選択することによって、情報を送信する相手を選択する。

本提案手法で、コミュニケーションを行う際にはコミュニケーションを行うユーザどうしでそれぞれを想起させる物体を所有し、その想起させる物体に操作を行う。想起する物体への操作に応じた情報がユーザBの持つ物体に伝わる。以上が本提案手法である。

具体例としてユーザAとユーザBが本手法を用いてコミュニケーションを行う場合を示す。この場合、ユーザAはユーザBを想起する物体を、ユーザBはユーザAを想起する物体を所有する。ユーザAは持っているユーザBを想起する物体に話しかけることで、ユーザBに話したメッセージを伝えることができる。この声の送信を図3.1に示す。

上記の例では1対1のコミュニケーションに本提案手法を用いているが、人を想起させる物体を工夫することによって、グループ間のコミュニケーションに用いることができると考える。例えば、例えば将棋を指す友達が数人いたとする。この場合、将棋を見ると将棋を指す友人を思い浮かべるだろう。このように複数人を想起する物体を利用することによって、グループでコミュニケーションを行うことが可能になると考えられる。

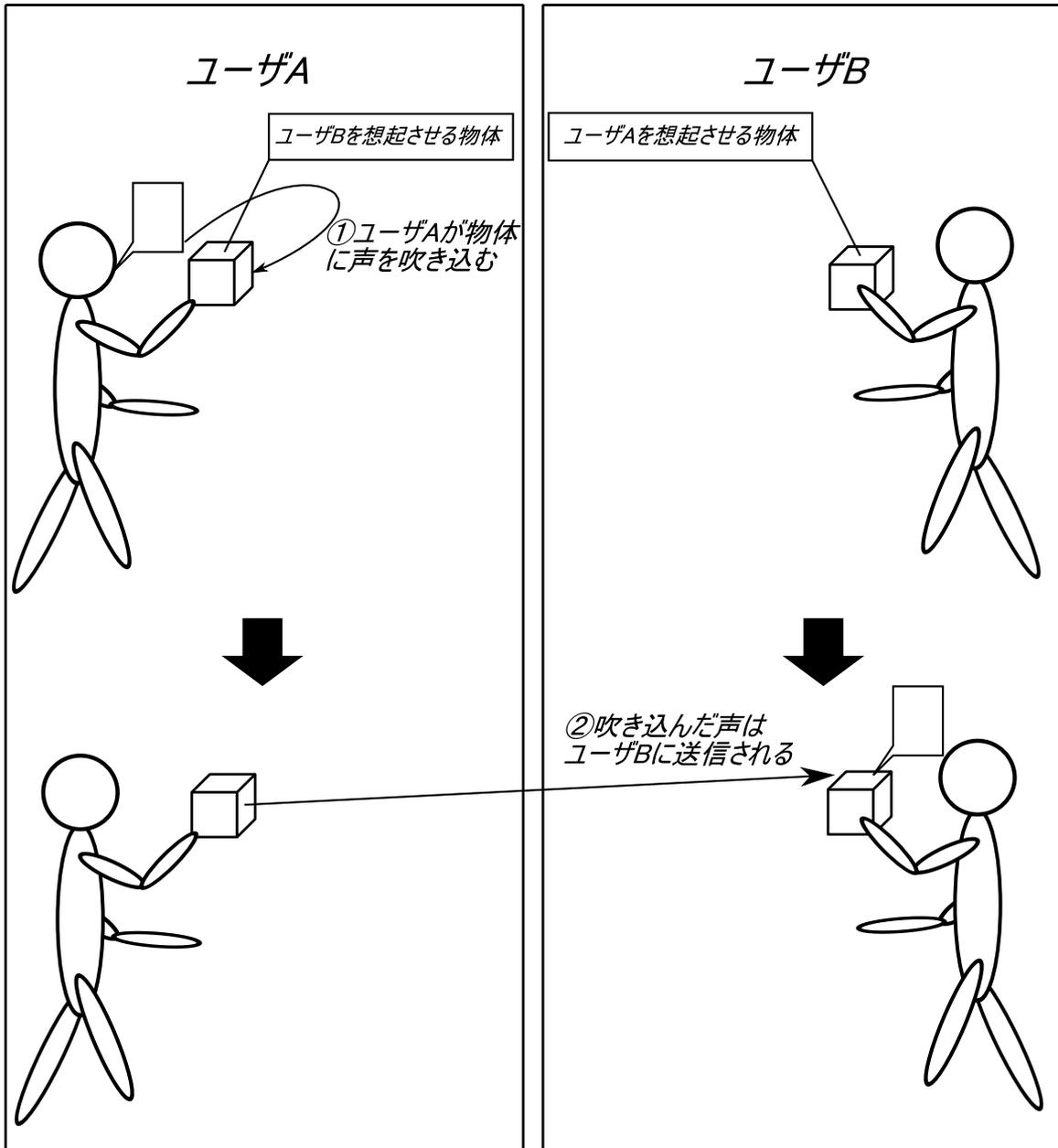


図 3.1: 本手法での声の送信方法

第4章 人物に関連付けられた物体によるコミュニケーションシステム

本章では、第3章で述べた、実世界の物体によるコミュニケーション手法に基づき試作した人物に関連付けられた物体によるコミュニケーションシステムについて述べる。

本システムの機能は画像の送受信、声の送受信である。実世界の物体を掴んで話しかけることによって声の送信を行い、画像に実世界の物体を近づけることによって画像の送信を行う。受信側は、後述するタップ操作を行うことによって受信した画像を閲覧し、受信した声を聞く。

画像を表示する為に、本システムではテーブルを用いる。本システムでは、ユーザが操作する実世界の物体を基本的にテーブル上に置いていることを前提としている。

本章ではまず、本システムの利用シーンについて述べ、操作を行う物体カプセルについて述べる。最後に本システムの操作方法について述べる。

4.1 利用シーン

本節では、Aさん、Bさんが実際に本システムを利用している場面を例に挙げ、本システムの利用シーンについて説明する。

Aさん、Bさんは昔からの友人どうしである。AさんテーブルにはBさんの好きなお菓子の空き箱が、BさんのテーブルにはAさんの好きなお菓子の空き箱がおいてある。このお菓子の空き箱はAさんとBさんが本システムを用いてコミュニケーションを行う為にテーブルに置いてあるものである。Aさんが家に帰ると、テーブル上にあるBさんの好きなお菓子の箱が赤く光っている。お菓子の箱をタップするとBさんの声が聞こえた「お元気ですか?」。お菓子の箱のそばにはBさんから本システムを用いて、送られてきた写真がテーブルに表示されている。Aさんは懐かしくなり、お菓子の箱にメッセージを吹き込んだ。「久しぶり! 同窓会しませんか?」

4.2 カプセル:人を想起させる物体

本研究システムは、実世界の物体に操作を行うことにより、写真の共有、声の送受信を行うシステムである。人を想起させる物体に注目し、2つ以上の実世界の物体を関連づけ遠隔地とのコミュニケーションを行う。

人を想起させる物体とは、共通の思い出がある物体や、プレゼントしあった物体等の事である。この物体を本研究ではカプセルと呼ぶ。カプセルの具体例として、友人の好きなお菓子の箱、友人と共通して好きだったCD、家族から貰った時計等が挙げられる。これらの物体はその物体に関係のある人物を想起させる。友人の好きなお菓子の箱はそのお菓子を好きな友人を想起させるだろう。

ファイルの送受信を行う為には、送受信しあうユーザが持っているそれぞれの物体どうしを関連付ける。関連付ける為にはシステムに物体を登録する必要がある。登録する情報は、その物体がどの人物と関連付けられているかという情報である。上記の例では、Aさんの持つお菓子の箱はBさんと関連付けられている、Bさんのお菓子の箱はAさんと関連付けられているという情報を登録する。この関連づけられた物体はカプセルとなる。本システムでカプセルを利用する場合は現在の実装ではカプセルの下に絵が描かれたマーカを取り付ける必要がある。これは物体を認識する為である。図 4.1 に実際にマーカを取り付けたカプセルの例を示す。



図 4.1: マーカを取り付けたカプセル

4.1 節の利用シーンでは、それぞれが持っているお菓子の箱がカプセルである。Aさんのカプセルに新たに、声と写真が入っていたのは、Aさんのカプセルと関連づけられたBさんのカプセルにBさんが声と写真を吹き込んだからである。カプセルには相手を想起させる物体を用いている為、Aさんのカプセル届いた声、写真はBさんが吹き込んだものであるということAさんは想像できるはずである。またカプセルに声を吹き込むことによって、Bさんに届くということも想像できる。

4.3 本システムの操作方法

本システムの機能は声の送受信、写真の送受信である。本節では、声の送受信、写真の送受信を行う為の操作について述べる。まず、送信を行う為の操作について述べ、次に受信を

行う為の操作について述べる。

4.4 送信を行う為の操作

4.4.1 声の送信

声の送信方法を図 4.2 に示す。

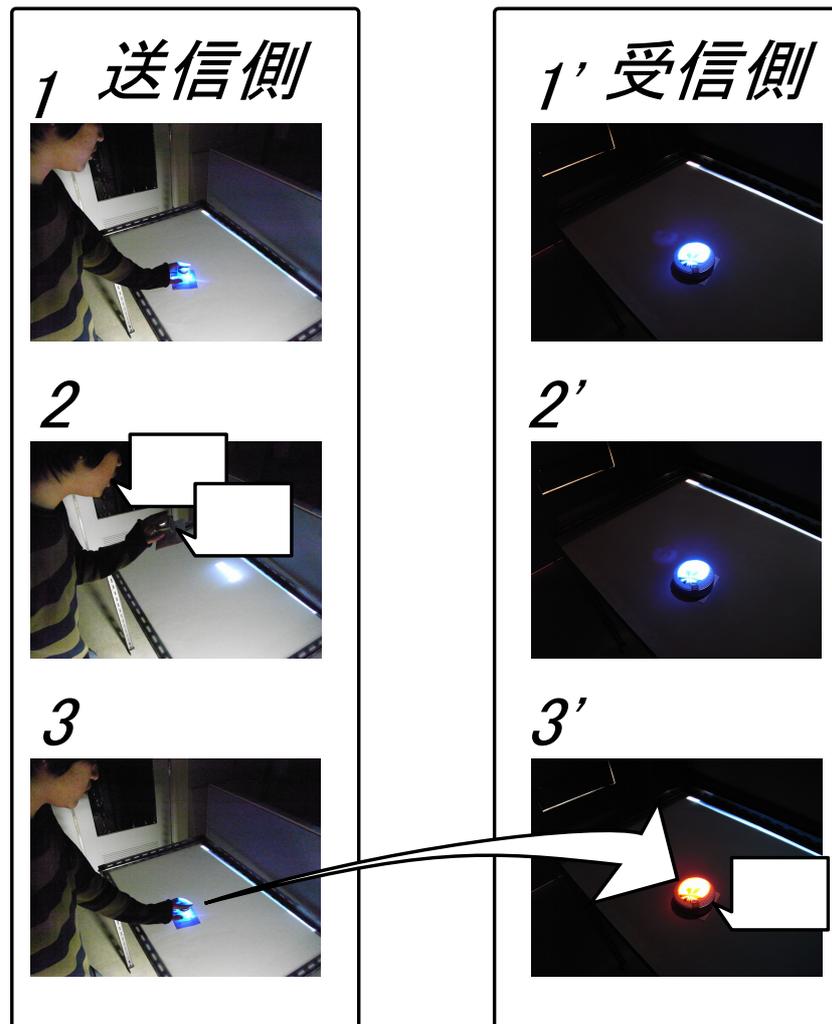


図 4.2: 声の送信

ユーザはカプセルに声を吹き込みたい場合、吹き込みたいカプセルを持ち上げる。持ち上げたまま一秒ほど経つとテーブル上に「recording」と表示される(図 4.3)。この時カプセルは録音状態となる。カプセルをテーブルに置くことによって、録音を完了する。吹き込まれた

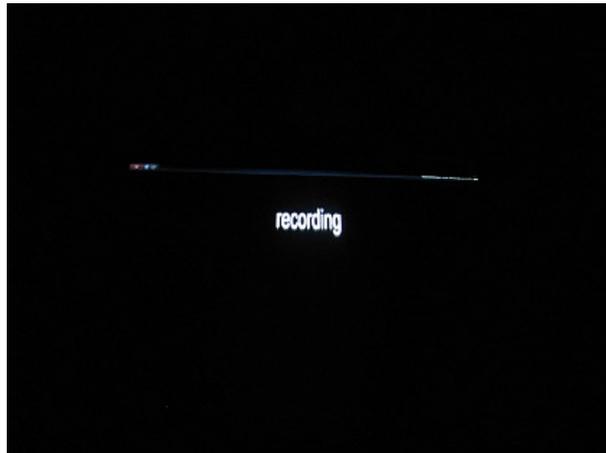


図 4.3: カプセルを持ち上げた時の表示

メッセージは、関連付けられている遠隔地のカプセルに保存される。この時関連付けられた遠隔地のカプセルは定常状態時に照らす色が赤色に変わる。この光によって、ユーザはカプセルに新しいメッセージが吹き込まれたことを知ることができる。

4.4.2 カメラで撮った写真の表示

カメラは、写真の送信を行う為に、今まで撮ってきた写真が入っている保管庫として利用する。カメラをテーブルに置くことで、今までそのカメラで撮った写真が図 4.4 のように表示される。

写真はカメラの周りに円形に表示され、一番上にあるものは、拡大表示される。ユーザは図 4.5 のようにカメラ自体を回すことで、写真の位置を回転させることができる。ユーザは、回転させることによって拡大表示させる写真を自由に選ぶことができる。

4.4.3 写真の送信

写真の送信の為に、カメラとカプセルを用いる。ユーザはカメラをテーブルに置き、今まで撮った写真の中から、遠隔地のユーザに伝えたい写真を選び、図 4.5 の方法によって写真を拡大表示させる。

カメラで送信したい写真を拡大した状態からの送信操作を図 4.6、図 4.7、図 4.8 に示す。送信の為に、拡大された写真の上に 10 秒間置くことで、カプセルに写真を入れることができる。写真の上にカプセルを置いている間、写真は縮小を続け、サイズが 0 になったときに、物が吸い込まれるような音が鳴る。音が鳴れば、写真の送信は完了である。図 4.6 はまだ拡大された写真の上にカプセルを置いていない状態である。この時カプセルの中に入っている写真は 2 枚である。図 4.7 はカプセルを拡大されている写真の上に 10 秒間置き、拡大されていた



図 4.4: 写真の表示

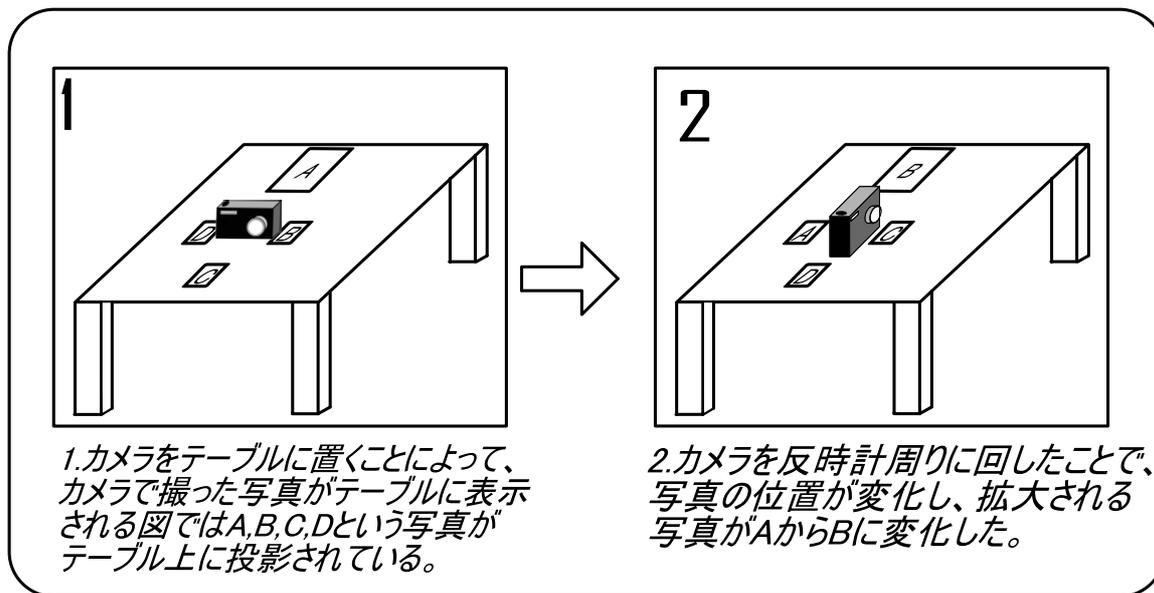


図 4.5: 拡大写真の選択

写真のサイズが0になった状態である。図 4.6 の時には拡大されていた写真が無くなっていることが確認できる。図 4.8 は写真をカプセルに送信した後のカプセル内の写真を表示したものである。カプセルの方の写真が図 4.6 と比べ1枚増えていることが確認できる。

写真の送信をキャンセルしたいときには、拡大されている写真からカプセルを遠ざければ良い。

写真がカプセルに送信されると、カプセルの中に送信した写真が追加される。再生状態にすると、カプセルの周りには、今まで入れた写真に加え、送信された写真が表示される。送信された写真は、関連付けられたカプセルにも同じ様に追加される。また、定常状態時にカプセルを照らす色は赤色に変わる。

4.5 受信を行う為の操作

本節ではカプセルが受信を行う為の操作について述べる。カプセルは、定常状態と再生状態、録音状態の3つの状態を持つ。これを図 4.9 に示す。録音状態とは、前述の声の送信をしている状態のことである。定常状態と、再生状態は送信の為の状態ではなく、画像の閲覧と音声の再生の為の状態である。もし、カプセルに向かって操作を行っていないならば、カプセルは定常状態、再生状態のいずれかの状態にある。定常状態とは、カプセルの持っている情報が外に出てこない状態、再生状態とは、カプセルの持っている情報が外に出てきている状態である。つまり、もしカプセルの中に画像が貯められているならば、定常状態の時には表示されず、再生状態の時には表示される。写真は図 4.10(b) のようにカプセルの周りに表示される。



図 4.6: 写真の送信操作 1

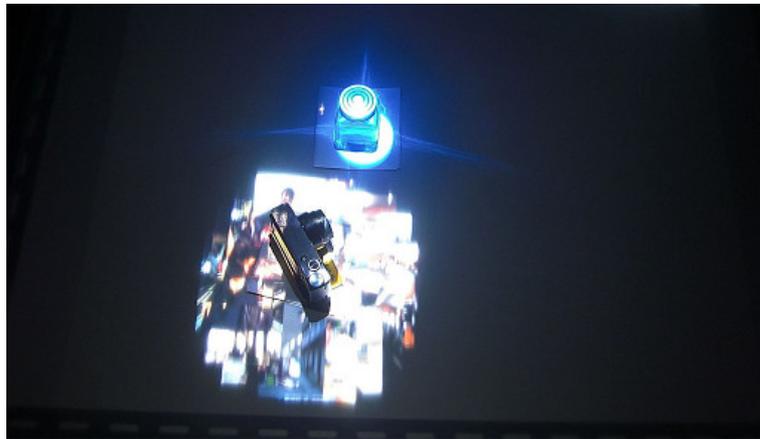


図 4.7: 写真の送信操作 2



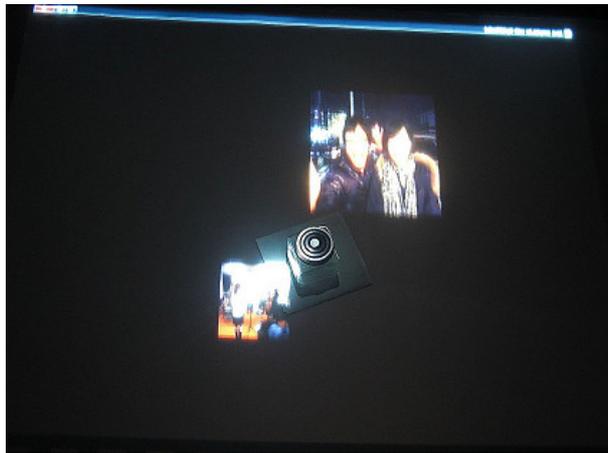
図 4.8: 写真の送信操作 3



図 4.9: カプセルの状態



(a) 定常状態



(b) 再生状態

図 4.10: カプセルの状態

音声がかプセルの中に入っている時には、定常状態から再生状態に変化したときに再生される。定常状態の時には、図 4.10(a) のようにかプセルは青色に光っている。

かプセルを定常状態から再生状態に変化させる為にはタップ操作を行う。タップ操作とは、図 4.11 に示す操作である。

図 4.11(a) ではかプセルは定常状態であり、写真を表示していない。図 4.11(b) でかプセルを持ち上げ、1 秒以内にかプセルをテーブルに置くことによって、かプセルは再生状態となる。図 4.11(c) に再生状態となったかプセルを示す。再生状態から定常状態に変化させる場合にも同じタップ操作を行う。

また定常状態の時にかプセルが関連付けられている遠隔地のかプセルから、音声あるいは画像を受信した場合、かプセルを照らす光が青色から赤色に変わる (図 4.5)。



(a) 定常状態のカプセル



(b) カプセルを持ち上げる

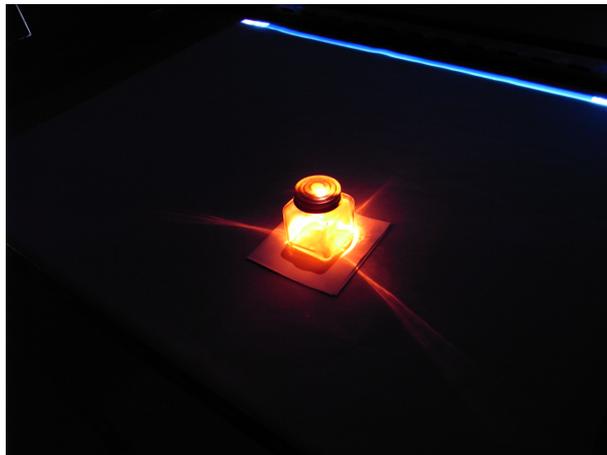


(c) 1秒以内に同じ場所に置くことによって再生状態に変化する。

図 4.11: タップ操作



(a) 青色で照らされたカプセル



(b) 赤色で照らされたカプセル

図 4.12: 受信時の変化

第5章 実装

5.1 システム構成

図 5.1 に示す構成のテーブルを作成した。

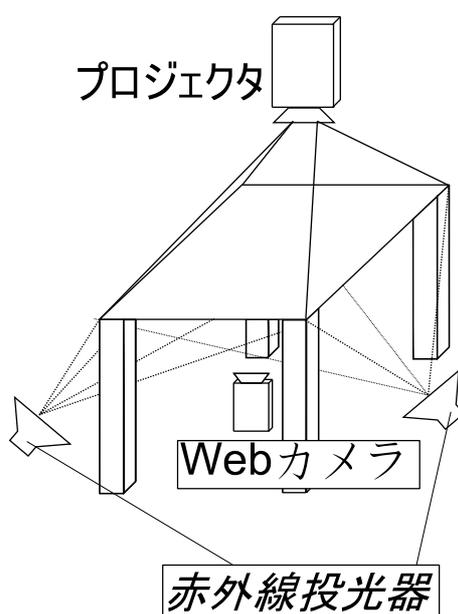


図 5.1: 作成したテーブル

このテーブルは図 5.2 に示す構成で遠隔地と通信する。

カプセルの位置、回転角度の情報をコンピュータへの入力とする。この情報の取得の為に図のように物体の下にマーカを取り付ける。テーブルの下に取り付けた Web カメラによって、マーカの認識を行い、テーブル上部に取り付けられたプロジェクタからの投影により情報を表示する。

マーカ認識の精度を上げるため、テーブル下からは図 5.3 の赤外線投光器を用いてテーブルを照らし、Web カメラでは、赤外線のみを撮影している。

赤外線は黒い色の部分では吸収され、白い色の部分では拡散するという性質を持つ。マーカの絵は白黒で構成されている為、マーカの絵は Web カメラに映り、反対にプロジェクタで投影された映像は Web カメラに映らないという性質を利用している。図 5.4 に可視光で撮影する Web カメラと赤外線を撮影する Web カメラの映像の違いを示す。カプセルが再生状態で

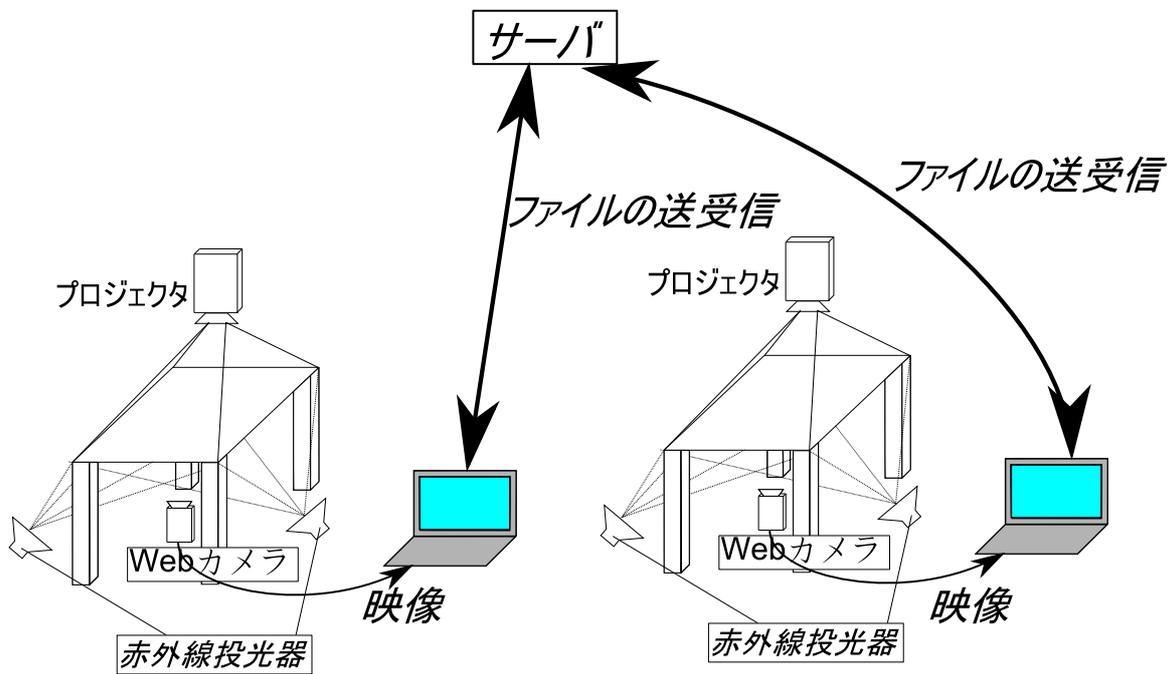


図 5.2: テーブルの通信方法

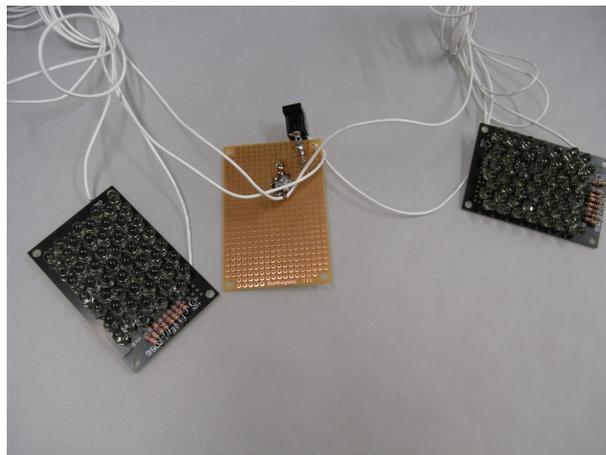


図 5.3: 赤外線投光器

あり、カプセルの周りに写真をプロジェクションしている場面を想定している。この場合、可視光を撮影すると、プロジェクションされた写真まで撮影してしまい誤認識が多くなる。赤外線のみを撮影することで、マーカのみを撮影する事が出来る。

システムの実装はJAVA、NyARToolkit¹を用いて行った。また、JAVA プログラム内から SCP を実行する為、Ganymed SSH-2 for Java²を用いた。

5.2 処理の流れ

システム全体の処理の流れは以下である。

- 1 テーブル下から、カメラで画像をキャプチャする。
- 2 キャプチャした画像をコンピュータ内部で処理し、出力画面を生成する。
- 3 出力画面をプロジェクタで投影する

またこの流れとは別に、一定時間ごとにファイルの送受信が行われる。実装の中心は上記の2となる。次の項からは、カプセルの状態遷移、写真の表示、送信、ファイルの送受信について述べる。

5.3 マーカの認識

テーブルに置かれたマーカを認識する際、以下の問題点があった。

- 1 プロジェクタによって投影された画像をマーカとして誤認識してしまう。
- 2 照光条件によって、マーカの見え方が変わってしまう為、安定したマーカ認識を行えない。

より安定したマーカ認識を行う為、テーブル下から図に示す赤外線投光器を作成しテーブルに向って投光した。カメラに可視光カットフィルタを取り付けることによって、赤外線のみを撮影し画像処理を行った。これにより、プロジェクタの投影と、照光条件に影響されずにマーカ認識を行えるようになった。

5.4 カプセルの状態遷移

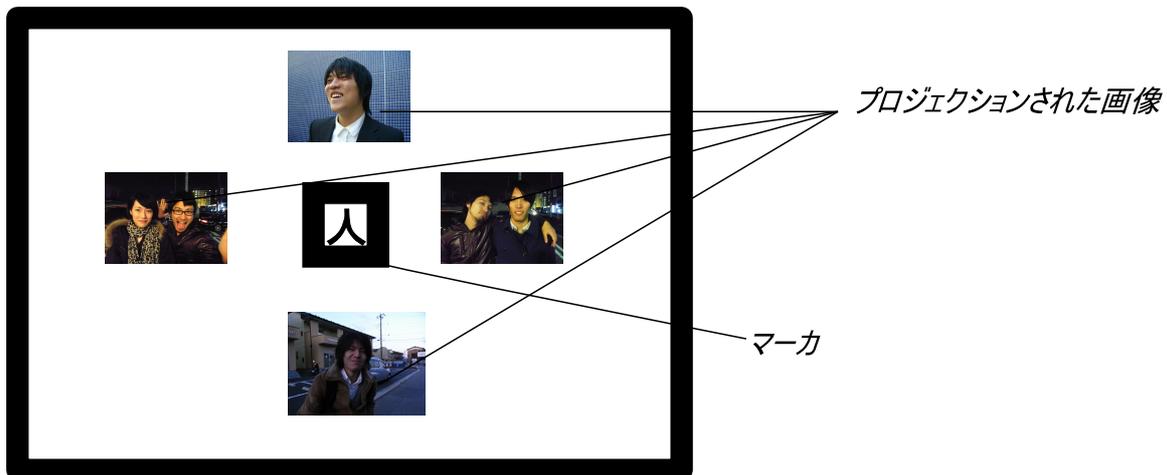
カプセルはユーザからみて定常状態、再生状態、録音状態の3状態を持つ。状態を変化させるためのユーザの操作は以下の3つにまとめられる。

- 1 タップ操作により定常状態から再生状態に変化させる。

¹NyARToolkit <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wiki/>

²Ganymed SSH-2 for Java <http://www.ganymed.ethz.ch/ssh2/>

可視光を撮影するWebカメラで見たテーブルの裏



赤外線撮影するWebカメラで見たテーブルの裏

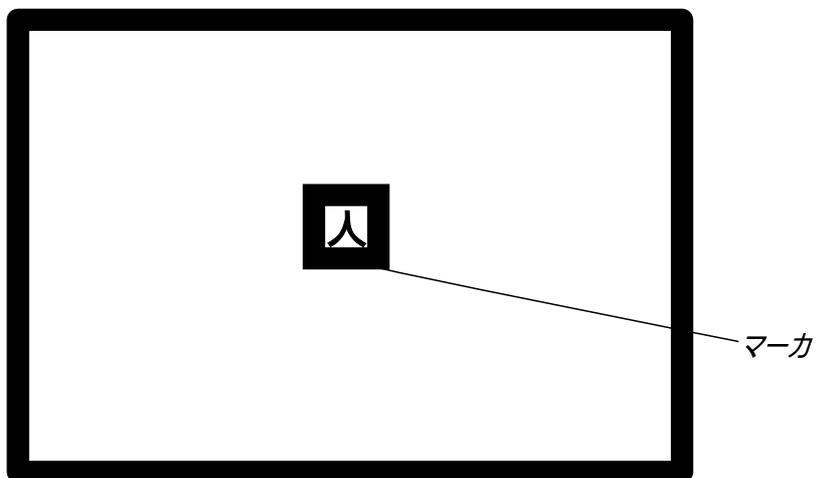


図 5.4: カメラで撮影した映像

- 2 タップ操作により再生状態から定常状態に変化させる。
- 3 再生状態、定常状態からカプセル持ち上げた状態を続けることで録音状態に変化させ、カプセルを置くことによって定常状態に変化させる。

この操作を実現するためのカプセルの状態遷移を図 5.5 に示す。

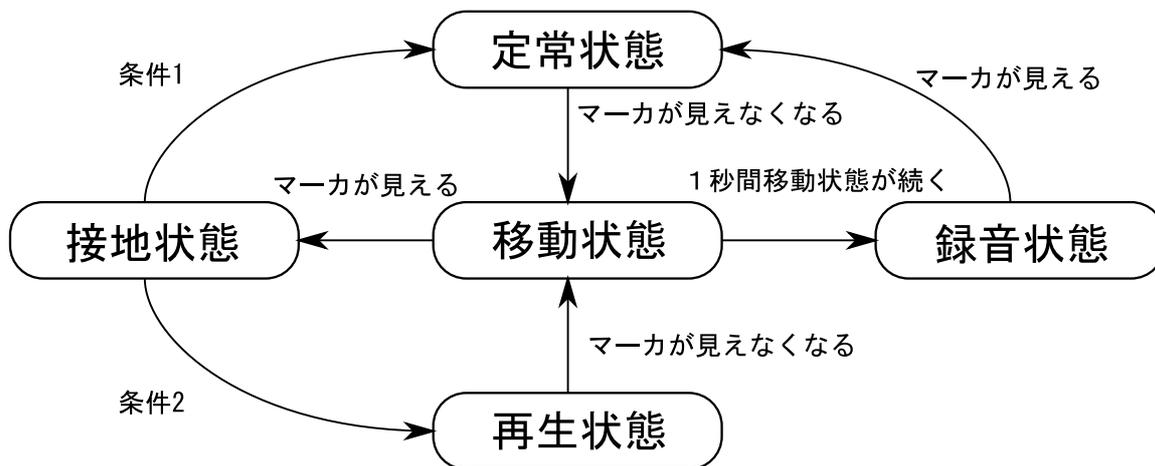


図 5.5: カプセルの状態遷移

図 5.5 の移動状態とは、マーカを認識していない状態であり、接地状態とはマーカを認識していない状態からマーカを認識した時にあたる状態である。移動状態の時には直前の状態(定常状態もしくは再生状態)と直前のマーカの X 座標、Y 座標を保存している。これは条件 1、条件 2 の分岐に用いられる。移動状態の時に保存した状態を state、X 座標 Y 座標を ax、ay とし、接地状態の時の X 座標 Y 座標を bx、by とすると、条件 1、条件 2 は以下である。

$$\sqrt{(ax - bx)^2 + (ay - by)^2} \quad (5.1)$$

条件 1 state が定常状態であり、式 5.1 の値が大きい。もしくは、state が再生状態であり式 5.1 の値が小さい。

条件 2 state が定常状態であり、式 5.1 の値が小さい。もしくは、state が再生状態であり式 5.1 の値が大きい。

この条件分岐により、ユーザがタップ操作を行ったのか、あるいは、ただ単に持ち上げてカプセルを移動しただけであるのかを見分けることができる。次からの小節では録音、再生、定常状態それぞれの処理について述べる。

録音

マーカを認識できない状態が1秒間続いたとき、そのマーカへの録音を開始し、マーカが見えた段階で録音を終了する。この1秒間は、カプセルを持ち上げて移動したときにすぐ録音を行わないこと、タップ操作を実現することの為に必要な時間である。マーカへ録音された音声ファイルは、ユーザのコンピュータ内に保存され、一定時間ごとにサーバに送信される。

再生

ユーザのPC内には、各カプセルが再生すべき音声ファイルを保存しているディレクトリ「sound」と、画像ファイルが保存されているディレクトリ「picture」が存在している。このファイルがどのように遠隔地から受信されるかは後述する。タップ操作が行われたとき、「sound」音声ファイルがある場合には再生し、画像ファイルがある場合にはカメラの周りに画像を表示する。音声ファイルは、カプセル内に保存することを目的としていないため、再生された音声ファイルは消去する。

定常状態

カプセルは定常状態のときに、そのカプセルの位置に円を描画している。この時、円は青で描画する場合と赤で描画する場合があり、カプセルにまだ再生していないメッセージや写真がない場合、この光は青であり、ある場合は赤である。

5.5 写真の表示、送信

5.5.1 写真の表示

写真位置の配置アルゴリズム

写真の表示には、カメラの内部の写真の表示とカプセル内にためられた写真の表示の二種類がある。写真の配置に関しては両方とも同じ配置方法を用いている。ここでは、カメラの写真配置を行うものとして説明しているが、カプセルの写真配置の場合も同様である。写真配置の方針は以下の3点である。

- 1 マーカを中心に円形に配置を行う。
- 2 マーカを回転させると、マーカの回転角度分だけ、写真はマーカを中心として回転を行う。
- 3 写真の向きは常に一定にする。

上記3点を達成するため、実装はマーカの位置姿勢行列から写真の並進成分を求め、単位行列のXYZの並進成分に代入するという実装を行っている。キャプチャ用のWebカメラに対するマーカの位置姿勢行列は以下の行列で表現される。

$$\text{マーカの位置姿勢行列} = \begin{bmatrix} r_1 & r_4 & r_7 & t_1 \\ r_2 & r_5 & r_8 & t_2 \\ r_3 & r_6 & r_9 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

$r_1 \sim r_9$ の要素は回転成分であり、 $t_1 \sim t_3$ の要素は並進成分である。つまり、Webカメラの中心を原点してみた時に、 t_1 はマーカのX座標、 t_2 はマーカのY座標、 t_3 はマーカのZ座標である。カメラの円周上に写真を配置する為、以下の式で写真のX座標 px 、Y座標 py 、Z座標 pz を求めた。写真にはそれぞれ0から(写真の数-1)までの番号を与えている。以下の式での i は写真に割り振られた番号である。

$$pz = t_3 \quad (5.3)$$

$$rx = 2\cos\left(\frac{360^\circ}{\text{写真の数}} \times i\right) \quad (5.4)$$

$$ry = 2\sin\left(\frac{360^\circ}{\text{写真の数}} \times i\right) \quad (5.5)$$

$$(px, py, z, 1) = \begin{bmatrix} r_1 & r_4 & r_7 & t_1 \\ r_2 & r_5 & r_8 & t_2 \\ r_3 & r_6 & r_9 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} rx \\ ry \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5.6)$$

px 、 py を利用した、以下の式が写真のカメラに対する位置姿勢行列となる。

$$\text{写真の位置姿勢行列} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & px \\ 0 & 1 & 0 & py \\ 0 & 0 & 1 & pz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.7)$$

また、一番上にある写真を拡大して表示する為写真の py 座標の値が一番大きい写真に当たるものは拡大して表示している。この設計により、ユーザはカメラ回転を行うことで拡大させる写真を選択できる。

5.5.2 写真の追加

カメラを置くと表示される写真の追加方法について述べる。SDカードである、Eye-Fi Share³をカメラに取り付けた状態で、撮影を行うことによって、撮影した画像ファイルを自動的にPC内のカメラ用ディレクトリに送信することができる。

システムは絶えず、カメラ用のテクスチャの数と、ディレクトリ内のファイル数が同じであるかどうかを確認している。もし、テクスチャの数よりも、ディレクトリ内のファイル数が多かった場合、テクスチャになっていないファイルを新たなテクスチャとして生成する。

5.5.3 写真の送信

写真の送信には、カメラが表示された状態で、拡大された写真の中心座標とカプセルの中心座標の距離が、写真の一边の長さよりも短い時に、システムはユーザがカプセルに写真を入れようとしていると認識し、拡大されている写真のサイズを縮小していく。写真のサイズが0になったとき、システムは音を鳴らし、写真をカプセルの中に入れる作業を完了とする。この写真の状態遷移を図 5.6 に示す。

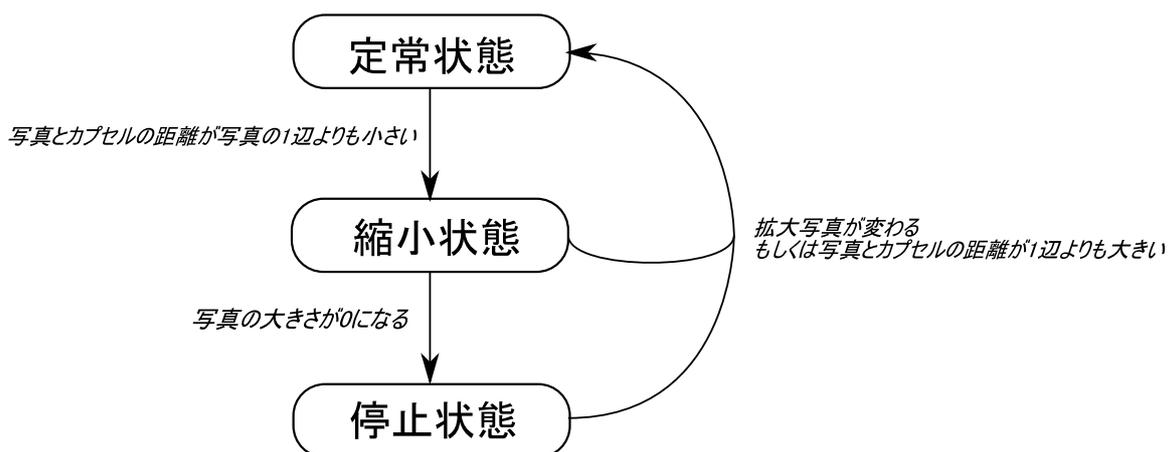


図 5.6: 拡大写真の状態遷移

カプセルが、写真から離れたり、拡大している写真を変更すると、写真の大きさを元に戻すように実装を行った。これは、写真の送信のキャンセルを行う為である。この時システムは、カメラ内の拡大されていた写真ファイルをカプセル用画像を保存しているディレクトリと送信用ディレクトリにコピーする。この時、カプセル用のテクスチャとして、拡大されていた画像は登録される。

³Eye-Fi <http://www.eye.fi/>

5.6 ファイルの送受信

ファイルの送受信を図 5.7 に示す。

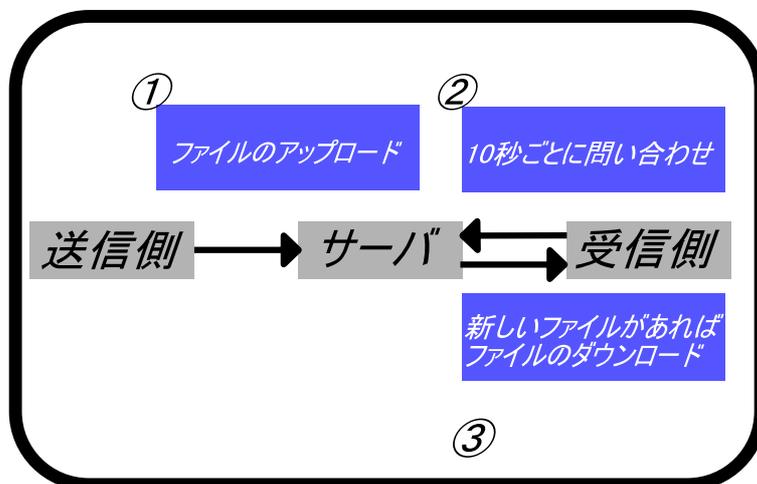


図 5.7: ファイルの送受信

まず送信について述べる。カプセルに吹き込んだ声は、音声ファイルとして送信用のローカルディレクトリ `send` に、カプセルに吹き込んだ、画像ファイルはローカルのカプセル用のディレクトリ `picture` にコピーされた後に、送信用ディレクトリ `send` にコピーされる。send にコピーされたファイルは、一定時間ごとに、サーバに SCP 接続によって関連づけられたカプセルに対応するサーバ上のディレクトリへコピーされる。

次に、受信について述べる。一定の時間ごとにサーバに接続し、自分の所有するカプセルに対応するディレクトリに新着ファイルがないかどうかを `ls` コマンドによって確認する、新しいファイルがあった場合はそのファイルが音声ファイルであるか、画像ファイルであるかを確認する為、ファイル名の文字列照合を行う。ファイルに「wav」という文字列があった場合は、音声ファイルであるとみなし、ローカルディレクトリ「sound」に、「jpg」「png」のいずれかがあった場合はローカルディレクトリ、「picture」にコピーする。ユーザのシステムに接続されたコンピュータは一定時間ごとに、この送信、受信を繰り返す。

具体例として、図 5.8、図 5.9、図 5.10、図 5.11 に、関連付けられたカプセルを持つ、`person1` と `person2` がファイル送受信を行う例を示す。この例では、`person1` が `person2` に音声ファイル `sound1`、`sound2` と画像ファイル `picture1` を送ろうとしている。`person1` は声と写真の送信操作により、`sound1`、`sound2`、`picture1` を送信用ディレクトリに保存したものとする。一定時間ごとにこの送信用ディレクトリはプログラム内より確認され、もし空でなかった場合、サーバにファイルが送信される(図 5.8)。ファイルは `person1` の持っているカプセルと関連付けられたカプセルを持つ `person2` のディレクトリに保存される(図 5.9)。`person2` 側は、受信の為に一定時間ごとにサーバのファイルを確認している。もしまだ受信していないファイルがあった場合はそのファイルを受信する。この場合、`sound1`、`sound2`、`picture1` をまだ受信していな

かったため、受信する (図 5.10)。この時、拡張子によって音声ファイルか画像ファイルかを見分け音声の場合は「sound」、画像の場合は「picture」ディレクトリに保存する。最終的に図 5.11 の様に、sound1、sound2、picture1 は person2 のディレクトリに保存される。

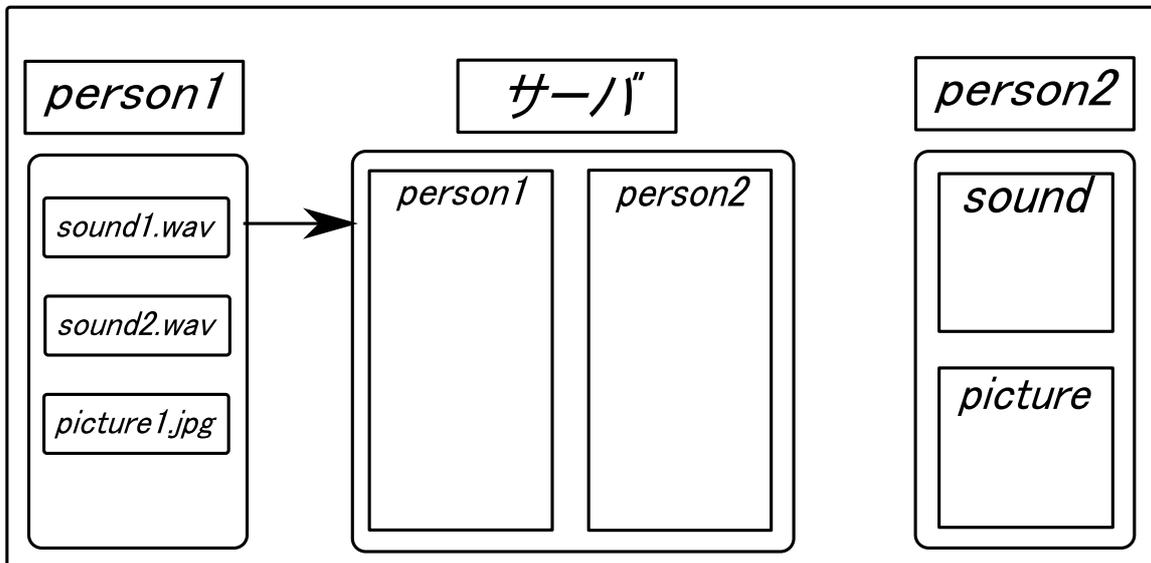


図 5.8: ファイル送受信 1

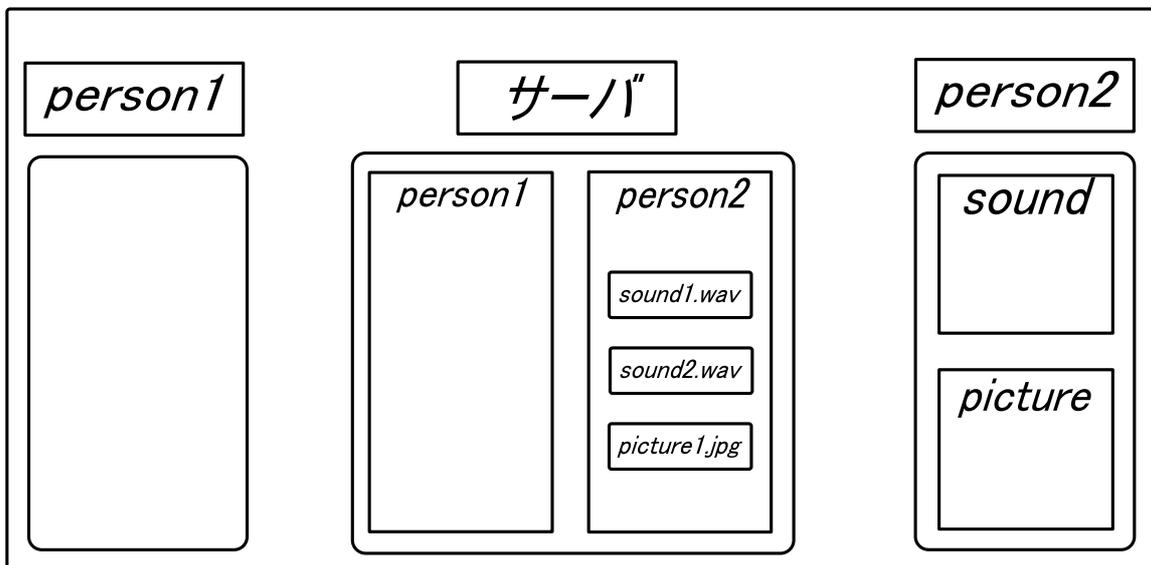


図 5.9: ファイル送受信 2

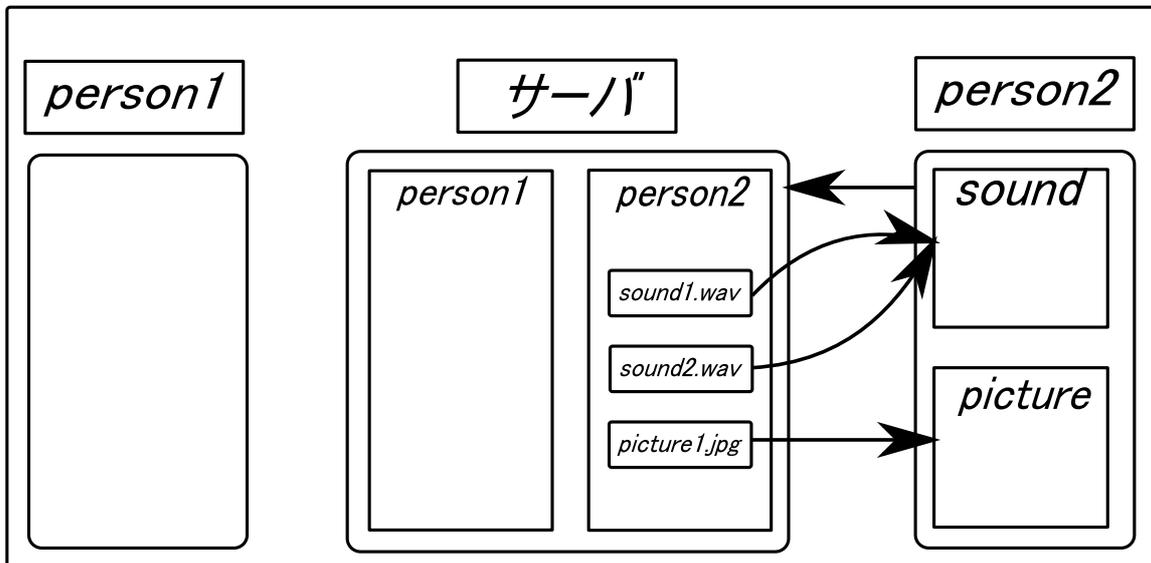


図 5.10: ファイル送受信 3

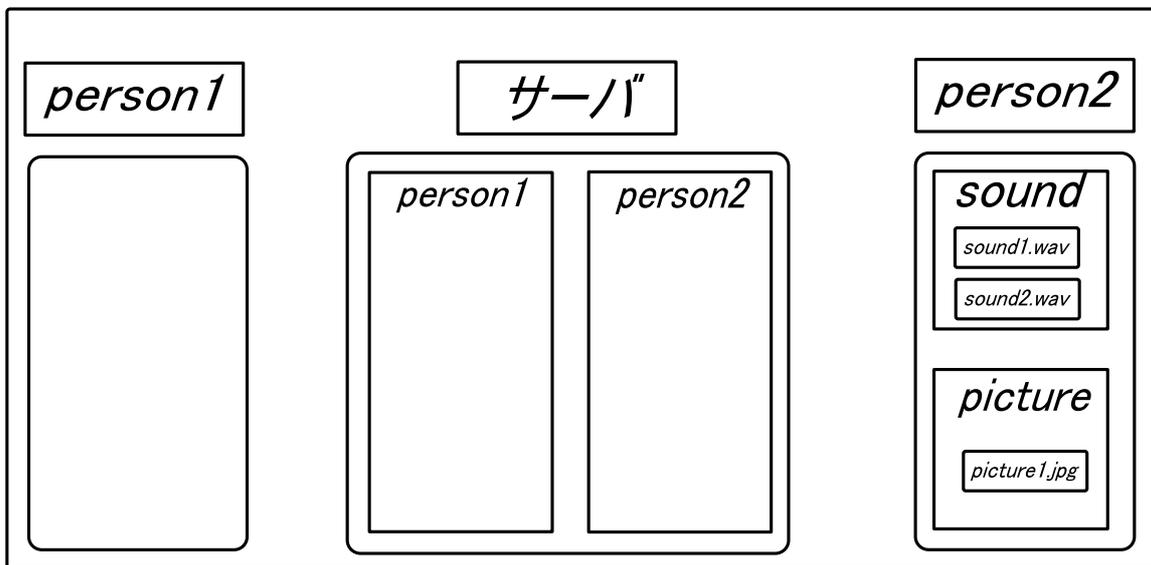


図 5.11: ファイル送受信 4

第6章 議論と今後の課題

本研究で実装した、人物に関連付けられた物体によるコミュニケーションシステムを使って、2つのテーブル間で実際に使用したところ幾つか問題点が挙がった。

現在、写真の表示に関しては、現在360度を写真の数で等分し配置している。写真の中で、最もy座標の値が大きい写真を拡大させるといった方法で、写真の選択を実装しているが、写真の枚数が多くなればなるほど、割り当てられる角度は小さくなる。その為、写真の数が多くなると意図した写真を拡大させる操作が難しくなってしまうという問題点があった。これに関しては、酒井らの[9]で述べられている、スクリーサムネイルを用い、一度に表示する枚数を限定することにより改善できると考える。

また、写真を受信した場合に、現在の実装では、受信した写真の強調表示は行っていない。ユーザに新しい写真がどれであることを認識させるため、新しい写真に関しては強調した表示が必要であると考え。

コミュニケーションを行う人数に関しては、現在1対1のみのコミュニケーションのみに対応している。第3章で述べたように、グループでの活用を実現することで、より多様な利用シーンに対応できると考える。

これらを今後の課題とし、研究を行っていきたいと考える。

第7章 結論

本稿では、既存のファイル送受信を用いたコミュニケーションの問題点について述べ、その問題を解決する人物に関連付けられた物体を用いるコミュニケーション手法を提案し、その手法を実現するシステムを試作した。また、試作システムによって実際に音声、画像を遠隔地と送受信することに成功した。本システムによって、実世界の物体への操作によって遠隔地とコミュニケーションを行うことが可能となる。

今後は、システムの改善を行い、客観的な評価を行いたい。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、指導教員である田中二郎先生、志築文太郎先生をはじめ、高橋伸先生、三末和男先生には、幾度となく丁寧なご指導と適切な助言を頂きました。心より感謝申し上げます。

また、IPLABの皆様にも大変貴重なご意見を頂きました。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] Hiroshi Ishii. Tangible bits: beyond pixels. In *TEI '08: Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*, pp. xv–xxv, 2008.
- [2] Hiroshi Ishii, Ali Mazalek, and Jay Lee. Bottles as a minimal interface to access digital information. In *CHI '01: CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 187–188, 2001.
- [3] Scott Brave and Andrew Dahley. inTouch: a medium for haptic interpersonal communication. In *CHI '97: CHI '97 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 363–364, 1997.
- [4] BJ Fogg, Lawrence D. Cutler, Perry Arnold, and Chris Eisbach. HandJive: a device for interpersonal haptic entertainment. In *CHI '98: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 57–64, 1998.
- [5] Angela Chang, Sile O'Modhrain, Rob Jacob, Eric Gunther, and Hiroshi Ishii. ComTouch: design of a vibrotactile communication device. In *DIS '02: Proceedings of the 4th conference on Designing interactive systems*, pp. 312–320, 2002.
- [6] 椎尾一郎, 美馬義亮. IconSticker: 実世界に取り出した紙アイコン. *インタラクション 2003 論文集*, pp. 33–34, 2003.
- [7] Brygg Ullmer and Hiroshi Ishii. mediaBlocks: tangible interfaces for online media. In *CHI '99: CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 31–32, 1999.
- [8] 高林哲, 塚田浩二, 増井俊之. 顔アイコン: 手軽なファイル転送システム. *インタラクション 2003 論文集*, pp. 33–34, 2003.
- [9] 酒井慎司, 三末和男, 田中二郎. ガリバー: 板書内容の再利用環境. *第五回知識創造支援システム・シンポジウム予稿集*, pp. 119–126, 2008.