

平成 22 年度

筑波大学情報学群情報科学類 卒業研究論文

題目 SmARt Projection: 携帯情報端末内データを
共有するための大画面情報揭示システム

主専攻 ソフトウェアサイエンス主専攻

著者 土佐 伸一郎

指導教員 田中二郎 三末和男 高橋伸 志築文太郎

要 旨

人が持ち歩く携帯情報端末内部には種々のデータが保存されている。この携帯情報端末内データを他者と共有したい場面は多く存在する。しかし、普段から顔を合わせるような、場を共有する人と携帯情報端末内データの共有を行う場合、円滑なデータ共有を行う手段が無い為に、データ共有の機会が失われてしまうという問題が生じる。

本研究では、場を共有する人との携帯情報端末内データの共有を支援するために、掲示板の利点を継承した SmARt Projection システムを提案、実装した。本システムは掲示板を利用する上で重要となる「情報の提示」、「情報への気付き」、「情報の閲覧、取得」を容易かつ十分に行うことを可能とする。掲示板の利点を継承することにより掲示されるデータへの気付きを利用者に与え、複数人での非同期なデータ共有を可能とする。また、携帯情報端末を操作デバイスとし、拡張現実感を用いたインタラクション手法をすることで、直感的で容易なデータの掲示、データの閲覧、取得を行うことが出来る。

目次

第1章 はじめに	1
1.1 背景	1
1.1.1 携帯情報端末の普及と多機能化	1
1.1.2 携帯情報端末内データの共有方法	1
不特定多数の人との共有	1
場を共有する人との共有とその問題点	2
1.1.3 掲示板を用いた情報共有	2
1.2 本研究の目的	3
1.3 本研究のアプローチ	3
1.4 本論文の構成	3
第2章 携帯情報端末内データの共有を支援するシステムの要件	4
2.1 一般的な掲示板の利用方法	4
2.2 要件とアプローチ	4
第3章 SmARt Projection システム	6
3.1 システムデザインと利用イメージ	6
3.2 想定される利用シナリオの一例	8
3.3 実世界と携帯情報端末画面上の座標との対応付け	8
3.4 拡張現実感の利用	8
3.5 壁面とのインタラクション	10
3.5.1 データの貼り付け	12
3.5.2 データの閲覧、取得	15
3.6 付加情報	17
3.7 ユーザ情報の登録	17
第4章 SmARt Projection システムの実装	18
4.1 開発環境と言語	18
4.2 システム構成	18
4.3 携帯情報端末側での実装	20
4.3.1 開発に使用した携帯情報端末	20
4.3.2 アプリケーションインタフェース	20

home アクティビティ	22
userInfo アクティビティ	22
comment アクティビティ	24
camera アクティビティ	25
4.3.3 実世界と携帯情報端末画面上の座標との対応付け	27
4.3.4 データの重畳表示	29
「貼り付け」の際のデータの重畳表示	29
「閲覧、取得」の際のデータの重畳表示	30
4.4 計算機側における実装	30
4.4.1 画面描画	30
4.5 携帯情報端末と計算機間でのソケット通信	31
第 5 章 関連研究	35
5.1 コンピュータ間でのファイルの交換を行う研究	35
5.2 携帯情報端末を操作デバイスとする研究	36
5.3 拡張現実感を用いた研究	36
第 6 章 議論	38
6.1 試用とそこから得られた知見・課題	38
6.2 本システムの発展	39
第 7 章 結論	40
謝辞	41
参考文献	42

図目次

3.1 システム利用イメージ	7
3.2 データ貼り付けの流れ	10
3.3 データの閲覧、取得の流れ	11
3.4 データの貼り付け	13
3.5 (a)web ページアイコン (b)(c)web ページデータの貼り付け	14
3.6 データの閲覧、取得	16
4.1 ハードウェア構成のイメージ図	19
4.2 実際に構築したシステム	19
4.3 アクティビティの遷移	21
4.4 アプリケーションのホーム画面	22
4.5 ユーザ登録画面	23
4.6 ユーザ登録ボタンが表示されている様子	23
4.7 コメント入力画面	24
4.8 貼り付けの際の camera アクティビティの様子	25
4.9 閲覧、取得の際の camera アクティビティの様子	26
4.10 web ページアクセスダイアログ	27
4.11 座標変換	28
4.12 データテーブル	30
4.13 貼り付けフロー	32
4.14 取得、閲覧フロー	33

第1章 はじめに

1.1 背景

1.1.1 携帯情報端末の普及と多機能化

2011 年現在、携帯電話の普及が進み、日本においては人口の大多数が所有している [1]。iPhone [2] や Android 端末 [3] に代表されるスマートフォンと呼ばれる携帯情報端末は、日本では一部のユーザのみが使用するという状況であったが、2010 年から本格的に普及し始め、これ以降さらに普及するであろうとされている [4]。携帯情報端末は電話やメール機能が付いているものが数多く存在するため、人と連絡を取るためには必要不可欠となっている。そのため、外出先や自宅内に関わらず、常に自分の傍に置いておくことが多い。加えて、音楽を聴くことや、ネットサーフィンをすること、写真を撮ることも出来るものも少なくないので、携帯情報端末一台あれば、他の携帯型端末（携帯音楽プレイヤー、デジタルカメラ等）を携帯せずとも事足りてしまうという状況が多々ある。これらのことから、携帯情報端末は様々な所に携帯され、その中にはユーザが端末に保存した、数多くのデータが詰まっていると考えられる。

1.1.2 携帯情報端末内データの共有方法

前小節のような背景から、携帯情報端末内データを他人与共有したいという場面は数多く存在する。例えば、携帯情報端末内の画像データを人に見せたり、渡したりといった場合である。

不特定多数の人との共有

携帯情報端末内の画像データを不特定多数の人と共有する場合を考える。この場合、一般的にはその画像データの所有者が自身のホームページ、ブログそして SNS 等にアップロードし、見たい人がそのコンテンツにアクセスすることで、写真を閲覧する。これにより、その写真データがどのようなデータなのかを共に認識するという意味でのデータの共有を行うことが出来る。また、サービスによってはそのアップロードされたデータをアクセス者がダウンロード出来る。その場合は、そのデータを共に所有するという意味でのデータの共有を行うことが出来る。

場を共有する人との共有とその問題点

研究室のメンバのような普段から顔を合わせる人達、つまり日常生活において場を共有する人達と携帯情報端末内の画像データを共有する場合を考える。このような時、web上にデータをアップロードすると、研究室の人達はわざわざその画像データを見るためにweb上のコンテンツにアクセスする必要がある、アップロード者は研究室の人だけに見せるという閲覧者指定を何らかの形で行う必要が生じる。他にもメールに写真データを添付するという方法も考えられるが、複数人の間で共有したい場合、個人個人にそのデータを送る必要性が生じることもあるために、このメールという手段も適していないと言える。これらのことから、可能であるならば会ったついでにデータの共有を行いたいと考える。

そこで、携帯情報端末の画面に画像データを表示させ、周囲の人々に直接見せることを考える。しかし、携帯情報端末は携帯型端末という特性から画面が小さいので、複数人に一度に見せることが出来ない。そのために見せる人数が多い場合は、個人個人に直接見せる必要が生じる。見せる側にとって、個人個人に直接見せるというのは、人数が多い場合は非常に負担となり、避けがちになる動作である。見せてもらう側にとっては、その写真データに少し興味があっても、人数が多い場合は妥協して見せてもらうのを止めてしまうという場合も考えられる。

また、直接見せるとは相手がいて成り立つことである。研究室に人がいない場合は写真データを見せたいという欲求が生じて、見せる為の有効な手段が無い為に、見せるということを妥協して止めてしまったり、たとえ次に会った時に見せようと思っても、そのことを失念してしまうという場合も考えられる。

このように、複数人での共有が難しいことや、非同期的なデータ共有を行うことが出来ないために、データ共有の機会を失ってしまうということは十分に考えられる。

1.1.3 掲示板を用いた情報共有

社会で良く利用される情報共有の手段として、掲示板の利用が挙げられる。広辞苑(第5版)¹によれば、掲示板とは文書・ポスターなどを掲示するための板であるとされており、この掲示板の使用目的としては、学校内、駅構内、企業内、病院内に設置されるなど、場を共有する人に対して、連絡や告知を行うことである。

このような掲示板に情報を掲示することで、同時に大勢の人に提示する事が出来るので、複数人での情報共有が可能となる。また、掲示板に常に情報を掲示しておけるために、非同期な情報共有を行うことが出来る。

これらのことから、この掲示板の特徴を利用することで、前小節での、場を共有する人との携帯情報端末内データの共有における、複数人での情報共有を行うことが困難であり、非同期な情報共有を行えないという問題点を解決出来ると考えられる。

¹広辞苑 第5版 机上版(1998). 岩波書店 新村 出 編

1.2 本研究の目的

場を共有する人と携帯情報端末内データの共有を行う際、複数人の中での共有が困難である事と、非同期なデータ共有を行えない事によってデータ共有の機会が失われてしまう。本研究では、この問題点を解決した上で、携帯情報端末内データの共有を支援することを目的とする。

1.3 本研究のアプローチ

本研究では、複数人との情報共有に適し、非同期な情報共有を行えるというという掲示板の利点を継承することで、場を共有する人との携帯情報端末内データの共有における問題点を解決した SmARt Projection システムを作成する。本システムでは、携帯情報端末内のデータを容易かつ直感的に掲示板に貼り付けることが出来、貼り付けられたデータを携帯情報端末で閲覧、取得出来るので、場を共有する人との携帯情報端末内データ共有を円滑に行うことが出来る。また、大画面を掲示板として利用することでデータへの気付きを利用者に与えることが出来る。

より円滑なデータ共有を行うために、携帯情報端末を操作デバイスとして、拡張現実感を用いたインタラクション手法を提案する。そして、掲示板を用いた情報共有において重要であると考えられる「情報の掲示」、「情報への気付き」、「情報の閲覧、取得」を十分に行えるシステムの実現を図る。

1.4 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。第2章では掲示板を使用した情報共有の具体例から、作成するシステムが満たすべき要件を導き、その要件を達成するアプローチについて述べる。本研究ではアプローチとして携帯情報端末を操作デバイスとし、拡張現実感を用いた手法を提案する。第3章では SmARt Projection システムの概要と、その利用方法について述べる。第4章では SmARt Projection システムの実装について述べる。第5章では関連研究であるコンピュータ間でのファイル交換に関する研究、携帯情報端末を操作デバイスとする研究、拡張現実感を用いる研究について述べる。第6章で試用から得られた知見や問題点について述べ、議論を行う。さらに、今後の課題と SmARt Projection システムの発展について述べる。最後に、第7章で結論を述べる。

第2章 携帯情報端末内データの共有を支援するシステムの要件

2.1 一般的な掲示板の利用方法

本研究では、場を共有する人との携帯情報端末内データの共有を支援することを目的とし、複数人との非同期の情報共有に優れているという掲示板の利点を継承したシステムを提案する。まず、掲示板を利用した一般的な情報の共有の有り方について考える。

研究室において 学生の A 君は、web ブラウザでネットサーフィンをしていた。そこで偶然、自身の所属するチームのプロジェクトに関する最新技術を紹介している web ページを見つけた。A 君はその技術にとっても興奮し、研究室の他のメンバにも紹介したいと考えた。しかし、他のメンバは席を外しており、すぐに見せることが出来ない。また、A 君にはこの後予定があり、すぐに帰宅しなければならなかった。そこで A 君は、研究室の掲示板にその web ページの URL と「この手法には驚きました!」というコメントを書いたメモ書きを張り付け、A 君は帰宅した。その一時間後、研究室のメンバである B 君と C 君が戻って来ると、掲示板には今までは無かったメモ書きが貼り付けられているのに気付いた。メモ書きの内容から、研究に関係する記事なのかなと興味を持った B 君はその web ページにアクセスした。

この例から、掲示板を利用して情報共有を行う際には、情報を掲示板に貼り付けるという「情報の掲示」を行い、その提示してある情報に「気付き」、そして、その情報を「閲覧、取得」という3点を行っていることが分かる。

2.2 要件とアプローチ

以上のことから、本研究で提案するシステムは以下の要件を満たし、それらを容易かつ十分に行うことが出来る必要があると考えられる。

1. データの掲示者が携帯情報端末内データを掲示面に掲示出来ること
2. 掲示面付近の人が掲示されているデータに気付けること
3. 掲示されたデータに興味を持った人がそのデータを閲覧、取得出来ること

以上を踏まえて、本研究では以下のようなアプローチを取る。

携帯情報端末の操作デバイスとしての利用

本システムでは、データを揭示面に揭示することでデータの共有を行う。揭示面にデータを揭示しておくことが出来るので、非同期なデータの共有を行うことが出来る。データの揭示、またはデータの閲覧、取得を行う際の操作デバイスとして携帯情報端末を利用する。普段から携帯し、共有するデータが保存されている携帯情報端末を揭示面に向けて操作することでその中のデータを揭示し、揭示されているデータをその端末で閲覧、取得するという自然なデータの共有の形を実現する。データの揭示の際には、携帯情報端末の画面に表示された、端末のカメラから取得している映像上の揭示面にタッチすることで、揭示面内の位置を指定することが出来る。データの閲覧、取得の際には、映像上の揭示面に揭示されたデータにタッチすることで、そのデータを選択することが出来る。

拡張現実感の利用

揭示されているのが実物体では無く、データであったとしても、実世界で揭示板を利用するような形で自然なデータの提示、データの閲覧、取得を行える必要がある。そこで、本システムでは拡張現実感を用いたインタラクション手法を提案する。

拡張現実とは、現実の環境から知覚に与えられる情報に、コンピュータが作り出した情報を重ね合わせ、補足的な情報を与える技術・環境のことをいう。拡張現実感の実世界の物体に関連する付加的な情報を付与する場合などに用いる。近年では、拡張現実感を用いた様々な研究がされている [5] [6]。

揭示面という実世界の物体に、データという揭示物が揭示されているよう表示されることによって、データの揭示、そしてデータの閲覧、取得の際における自然なインタラクションを実現する。

大画面の利用

本システムでは、揭示板の利点を継承する。その利点として複数人での利用が可能という利点があるが、それは大画面を利用することで、複数人が揭示物に気づきやすく、揭示物が大きいので、見やすいためであると考えられる。そのような理由から、本システムでは、揭示面として大画面を利用する。揭示面として大画面を使用することで、揭示されるデータを複数人の間で共有出来、そのデータへ気づきやすくすることが出来る。

第3章 SmARt Projection システム

3.1 システムデザインと利用イメージ

システム利用時のイメージ図を図3.1に示す。本システムでは、携帯情報端末を操作デバイスとする。その携帯情報端末には背面カメラと二つのボタンを備えた物の利用を想定している。

掲示面に対して操作を行うときには、携帯情報端末を掲示面に向けて操作を行う。操作はデータの「貼り付け」、データの「閲覧、取得」から構成される。「貼り付け」、「閲覧、取得」を行う際には、携帯情報端末のカメラから取得している映像がその端末画面に表示される。この表示される映像のことを以後カメラ取得映像と呼ぶ。

掲示板の利点を継承するため、掲示面には大画面を用いる。その大画面には壁面を利用した。壁面はサイズが大きいことから、より掲示されているデータへ気づきやすくなると言え、複数人での利用も可能となる。そして、データを掲示しておけるために、非同期の利用を行うことが出来る。また、ディスプレイを用いるよりも、実世界の物体である壁面を利用することで、実世界の壁面に紙や絵などを貼り付けるような感覚で、データを貼り付けられると考えられる。



図 3.1: システム利用イメージ

3.2 想定される利用シナリオの一例

学校において T君は長期休暇を利用して、クラスの友達グループと旅行に出かけた。友達との思い出を残すため、携帯情報端末のカメラで写真撮影し、保存した。学校が始まり、T君は楽しかった旅行の写真を他のクラスの友人とも共有したいと思った。そこでT君は SmARt Projection アプリケーションを起動し、隣のクラスの壁面の見やすい位置にいくつかの写真データを貼り付けた。次の日、隣のクラスの友人のF君達は壁面に写真データが貼り付けられているのに気付いた。そこでF君は友人のT君が写真に写っている事に気付き、興味を持ち、自身の携帯情報端末の SmARt Projection アプリケーションを起動した。そして、壁面に端末向け、携帯情報端末画面のカメラ取得映像に映るT君の写真に触れることによってその写真データを選択した。それにより、端末画面の表示からどうやらT君が貼り付けたものであることが分かった。そして、コメントとして「3年1組の友人と旅行に行ってきました」とある。F君達はそれらの旅行の写真についての話題で一頻り盛り上がった後、T君に今度は俺も誘ってくれよなと言いに行った。また一方、T君に密かに恋心を抱いているKさんは、T君が映っている写真をこっそりと自身の端末へと取得した。そして、折に触れてその写真データを見返して、T君に想いを馳せるのだった。

3.3 実世界と携帯情報端末画面上の座標との対応付け

携帯情報端末の画面のカメラ取得映像上に映る壁面を指でタッチすることで、実世界の壁面上の三次元位置を指定することが出来る。このような二次元座標から、三次元座標を取得する手法を一般的にピッキングと呼ぶ [7]。このピッキングを用いて実世界と携帯情報端末画面上の座標との対応付けをすることで、様々な距離や角度から壁面とのインタラクションを行うことが出来る。また、「貼り付け」の際には貼り付け場所の位置指定を高い操作性において行うことが出来る。そして、「閲覧、取得」の際には壁面上に貼り付けられているデータを携帯情報端末のカメラ取得映像上から「触れる」ことが出来るので、直感的なデータの選択を行うことが出来る。

3.4 拡張現実感の利用

本システムでは、実世界で掲示板を利用するような形で自然なデータの共有を行えることを目指す。そのためデータを掲示面に掲示される掲示物として扱えるように、拡張現実感を用いてデータがあたかも実世界の壁面に掲示されているように表示する。

貼り付けの際の利用

「貼り付け」を行う際、携帯情報端末のカメラ取得映像上に映る壁面には、貼り付けるデータが実際に存在するように重畳表示される。端末の画面上を指でドラッグすると、カメラ取得映像上に重畳表示されている貼り付けるデータが指に追従するように壁面上を移動する。そ

して携帯情報端末の Camera キーを押下することによって、貼り付けるデータが重畳表示されているのと同じ位置に、そのデータが掲示される。これによって、ユーザに対して実世界の壁面にデータを貼り付けているような感覚を与えられるので、直感的で自然なデータの掲示を行うことが出来る。また、カメラ取得映像上に貼り付けるデータが重畳表示されることにより、貼り付けられるであろう位置を視覚的に認識することが出来るので、容易な位置指定を行うことが出来る。

閲覧、取得の際の利用

「閲覧、取得」の際にも、携帯情報端末の画面にカメラ取得映像が表示される。壁面に携帯情報端末を向け、カメラ取得映像に映る掲示面に掲示されたデータを指でタッチすると、カメラ取得映像上にそのデータとそのデータに付加された情報が重畳表示される。このカメラ映像上に重畳表示されるデータにより、ユーザはどのデータを選択しているかという情報を分かりやすく認識出来る。データの周辺にはそのデータに付加された情報が表示されることによって、ユーザは更なるデータの詳細を得ることが出来る。

3.5 壁面とのインタラクション

壁面とのインタラクションはデータの「貼り付け」とデータの「閲覧、取得」から構成される。「貼り付け」そして「閲覧、取得」が可能なデータとして画像データ、web ページデータがある。

データの貼り付けの流れを図 3.2 に示す。データの閲覧、取得の流れを図 3.3 に示す。

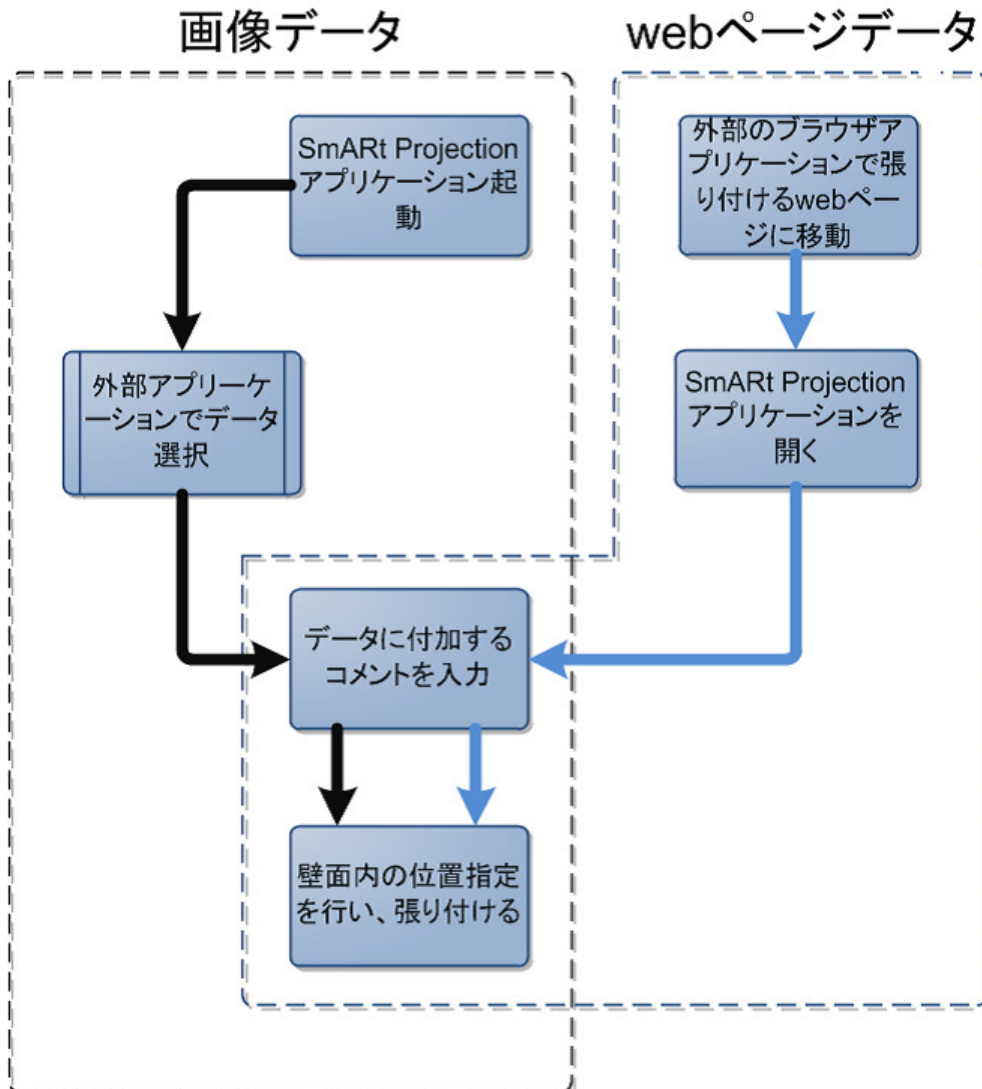


図 3.2: データ貼り付けの流れ



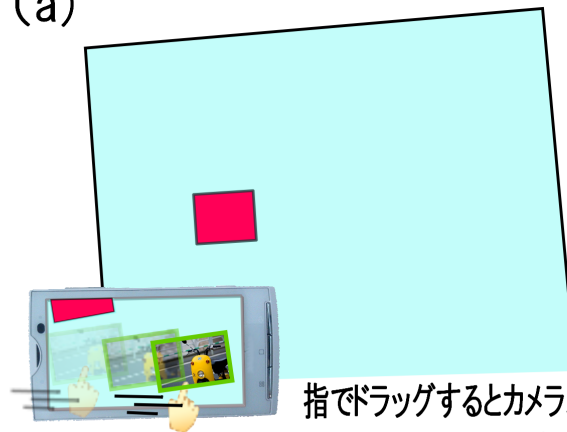
図 3.3: データの閲覧、取得の流れ

3.5.1 データの貼り付け

「貼り付け」の際のインタラクションの様子は図 3.4 のようになる。データの貼り付けを行う際には、携帯情報端末の画面にカメラ取得映像が表示される。そのまま携帯情報端末のカメラ越しに壁面を覗くことで、データがカメラ取得映像上に重畳表示される。携帯情報端末の画面に表示されるカメラ取得映像上をタッチし、画面上をドラッグすると、指に追従するように壁面上をデータが移動する (図 3.4(a))。貼り付けたい位置に画像データが移動したら、携帯情報端末の Camera キーを押下する。Camera キーを押下するとカメラ取得映像上に重畳表示されたデータが消える (図 3.4(b))。消えるとすぐに、カメラ取得映像上で表示されていた位置と同じ位置にデータが貼り付けられる (図 3.4(c))。

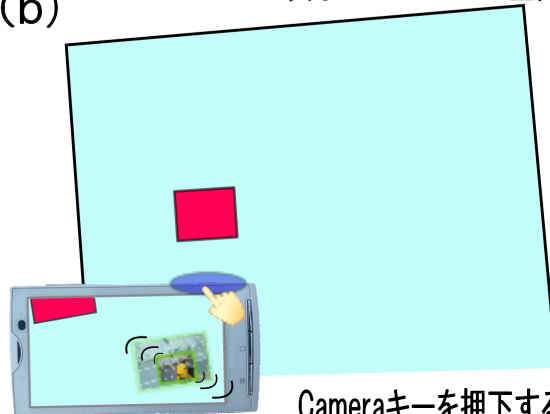
画像データの貼り付けの場合は、重畳表示されるデータ、壁面に掲示されるデータどちらもその画像データそのものが表示される。web ページデータ貼り付けの場合は、重畳表示されるデータには図 3.5(a) のような web ページアイコンが重畳表示される。Camera キーを押下すると重畳表示された web ページアイコンが消え (図 3.5(b))、壁面には、web ページのスクリーンキャプチャを加工したものが表示される (図 3.5(c))。

(a)



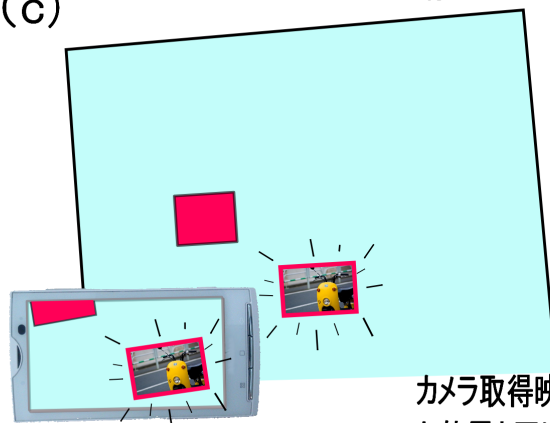
指でドラッグするとカメラ取得映像上に重畳表示されたデータが壁面上を移動

(b)



Cameraキーを押下すると重畳表示されたデータが消える

(c)



カメラ取得映像には壁面に掲示されたデータが映りにむ

カメラ取得映像上に重畳表示されていた位置と同じ位置に貼り付けられる

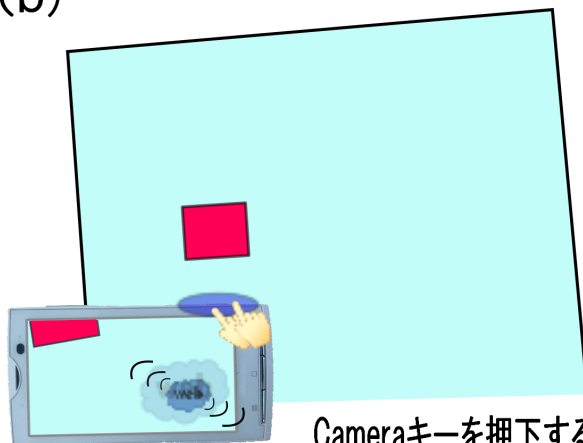
図 3.4: データの貼り付け

(a)



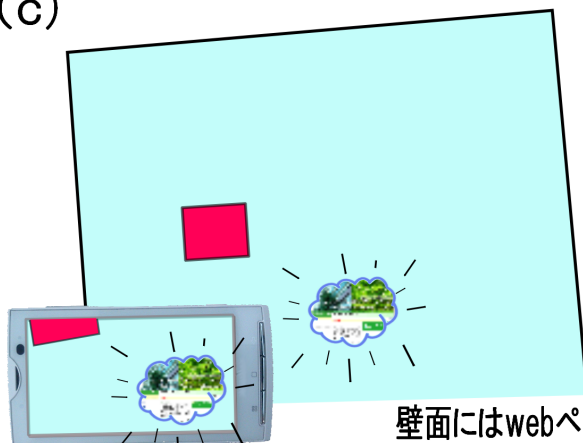
カメラ取得映像上にはwebデータアイコン
が重畳表示される

(b)



Cameraキーを押下すると重畳表示され
たwebページアイコンが消える

(c)



カメラ取得映像には壁面に掲示された
webページデータが映りにむ

壁面にはwebページのスクリーン
キャプチャを加工したものが貼り付
けられる

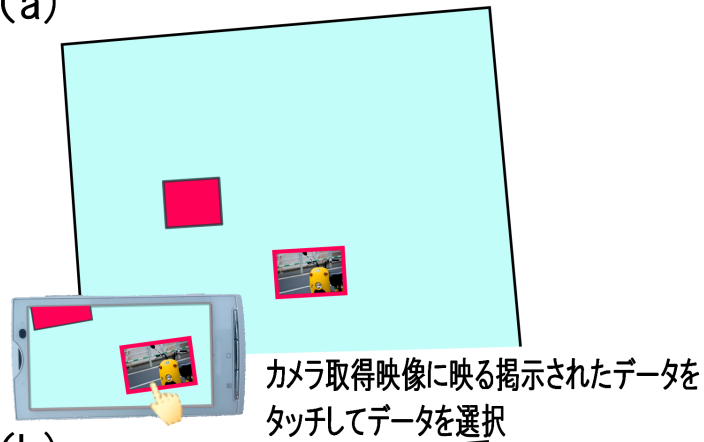
図 3.5: (a)web ページアイコン (b)(c)web ページデータの貼り付け

3.5.2 データの閲覧、取得

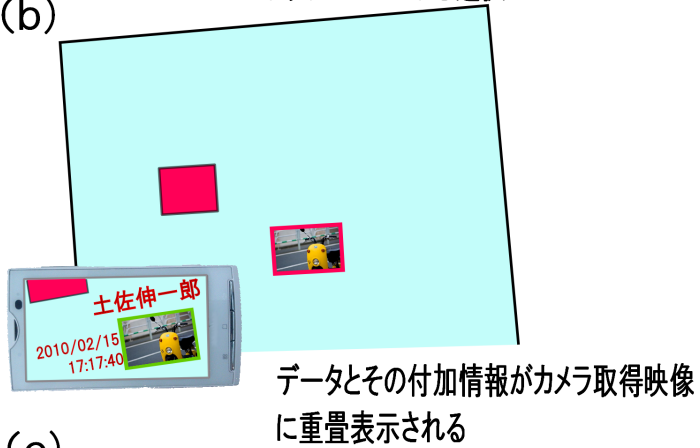
「閲覧、取得」の際のインタラクションの様子は図 3.4 のようになる。データを閲覧、取得する際にも、携帯情報端末の画面にカメラ取得映像が表示される。そのままデータが掲示される壁面に携帯情報端末を向け、カメラ越しに壁面を覗く。その上で、貼り付けられているデータをカメラ取得映像越しにタッチすることでそのデータを選択出来る (図 3.6(a))。選択されたデータは携帯情報端末のカメラ取得映像上に重畳表示され、そのデータの上部にはデータを貼り付けるときに付加されたユーザ情報が、側部には日時情報が表示される (図 3.6(b))。また、選択されたデータをダブルタップすることで、そのデータに付加されたコメント情報が画面下部に表示され、データを選択した状態で携帯情報端末の Camera キーを押下すると、選択したデータを自身の端末へと取得することが出来る (図 3.6(c))。

データをタッチして選択した際に、カメラ取得映像上に重畳表示されるものは、画像データの場合はその画像そのものであり、web ページデータの場合はスクリーンキャプチャ画像が表示される。画像データを選択した状態で Camera キーを押下し、データの取得を行った場合、選択した画像データを携帯情報端末へと取得することが出来る。web ページデータの場合は、携帯情報端末からその web ページにアクセスすることが出来る。

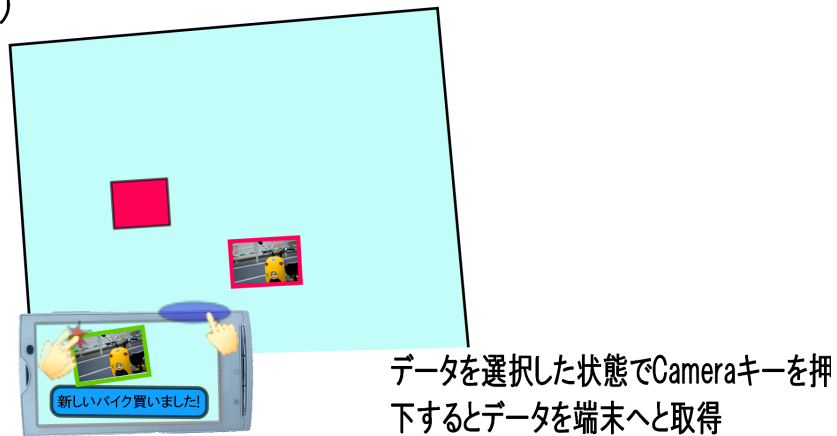
(a)



(b)



(c)



ダブルタップするとコメント情報が端末画
面下部に重畳表示される

図 3.6: データの閲覧、取得

3.6 付加情報

壁面にデータを貼り付ける際に、データに付加的な情報を付随させることが出来る。これを付加情報と呼ぶ。付加情報には誰がそのデータを貼り付けたかという「ユーザ情報」、データがいつ張り付けられたかという「日時情報」、張り付けたデータに対するユーザのコメントである「コメント情報」がある。これらの情報はデータの閲覧、取得を行う際にカメラ取得映像上に重畳表示される。

3.7 ユーザ情報の登録

SmARt Projection アプリケーションのホーム画面を開いた状態で、携帯情報端末の Menu ボタンを押下する。これにより、画面下部にユーザ登録ボタンが表示される。ユーザ登録ボタンを押下すると、ユーザ登録画面が表示される。この画面ではユーザが使用したいユーザ名を登録することが出来る。このユーザ名は「閲覧、取得」の際にデータを選択すると端末の画面に表示されるものである。

第4章 SmARt Projection システムの実装

本システムの実装は携帯情報端末側と計算機側に分かれる。携帯情報端末側では、データの貼り付けまたは閲覧、取得を行う際に利用するアプリケーションインタフェースの実装を行った。また、実世界と携帯情報端末画面上の座標との対応付けを行うための実装と、カメラ取得映像上へのデータの描画の実装を行った。また、計算機とデータの送受信を行うためにクライアント・サーバ方式の無線でのソケット通信の実装を行った。

計算機側では、携帯情報端末とデータの送受信を行うためのクライアント・サーバ方式の無線ソケット通信の実装を行い、掲示面に描画するための画面描画プログラムを作成した。

4.1 開発環境と言語

携帯情報端末側での実装では Android SDK を用いて、Android OS 1.6 以上で動作するアプリケーションとして実装した。実機として Android 端末である Sony Ericsson Xperia¹を使用した。プログラミング言語は Java を用い、AR のライブラリとして szARToolkit²を使用した。ポリゴンやテクスチャの処理、座標変換には OpenGL ES 1.1³を用いた。計算機側も Java を用いて実装した。どちらも開発環境には eclipse⁴を使用した。

4.2 システム構成

本システムのハードウェア構成のイメージ図を図 4.1 に、実際に構築したシステムを図 4.2 に示す。また、本システムでは壁面を掲示面として使用する。掲示面の中心部にはマークを貼り付け、携帯情報端末側に搭載されたカメラでマークを認識し、画像処理を行う。携帯情報端末と計算機間では無線によるソケット通信を行い、データの送受信が成される。計算機の画面を投影するためのプロジェクタを壁面正面に配置し、計算機に接続する。計算機では携帯情報端末から無線によるソケット通信でデータを受け取り、そのデータと各種情報を受け取り、画面描画を行っている。

¹Sony Ericsson <http://www.sonyericsson.co.jp/product/docomo/so-01b/>

²<http://sourceforge.jp/projects/szartoolkit/>

³KHRONOS <http://www.khronos.org/opengles/>

⁴<http://www.eclipse.org/>

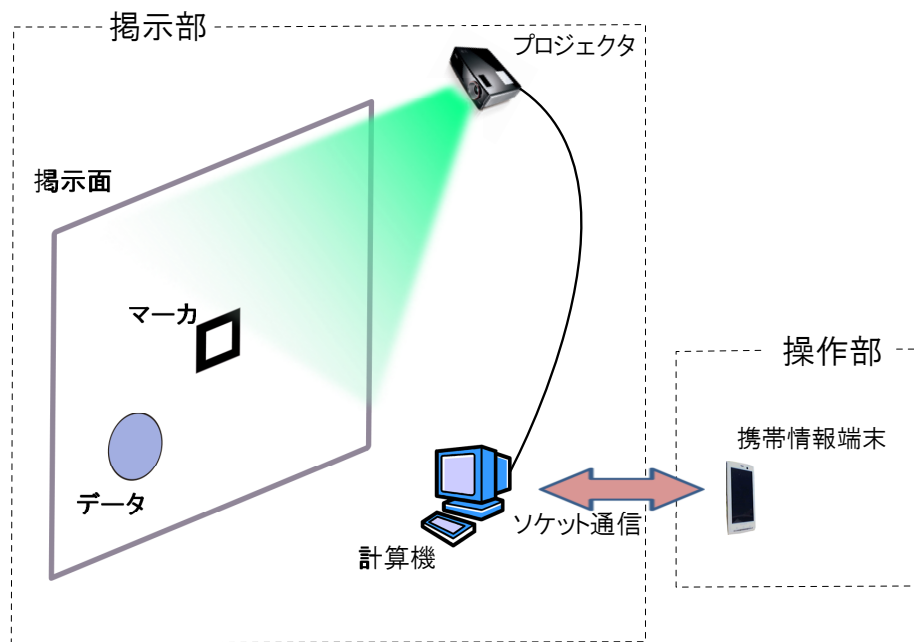


図 4.1: ハードウェア構成のイメージ図



図 4.2: 実際に構築したシステム

4.3 携帯情報端末側での実装

携帯情報端末ではアプリケーションの各種インタフェースを実装した。また、実世界と携帯情報端末画面上の座標との対応付け、携帯情報端末のカメラ取得映像上に表示されるデータの描画、そして計算機とのクライアント・サーバ方式のソケット通信プログラムの実装を行った。

4.3.1 開発に使用した携帯情報端末

Android 端末である Sony Ericsson Xperia を携帯情報端末として使用した。Sony Ericsson Xperia はカメラ機能を搭載し、タッチパネルディスプレイでの操作を行える。また、端末にはハードウェアキーがいくつか付いており、操作に使用可能なキーは Menu キー、Back キー、Camera キーである。Back キーには”一つ前の画面に戻る”という動作がデフォルトで割り当てられているが、一部の画面では挙動を変えている。Menu キー、Camera キーにはそれぞれ固有の機能を割り当てている。

4.3.2 アプリケーションインタフェース

アプリケーションのインタフェースは home アクティビティ、comment アクティビティ、userInfo アクティビティそして、camera アクティビティから成る。アクティビティ⁵とは Android の画面を表すオブジェクトの事であり、1 画面ごとに 1 アクティビティを持つ。SmARt Projection アプリケーションのアクティビティの遷移の様子を図 4.3 に示す。

⁵<http://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html>

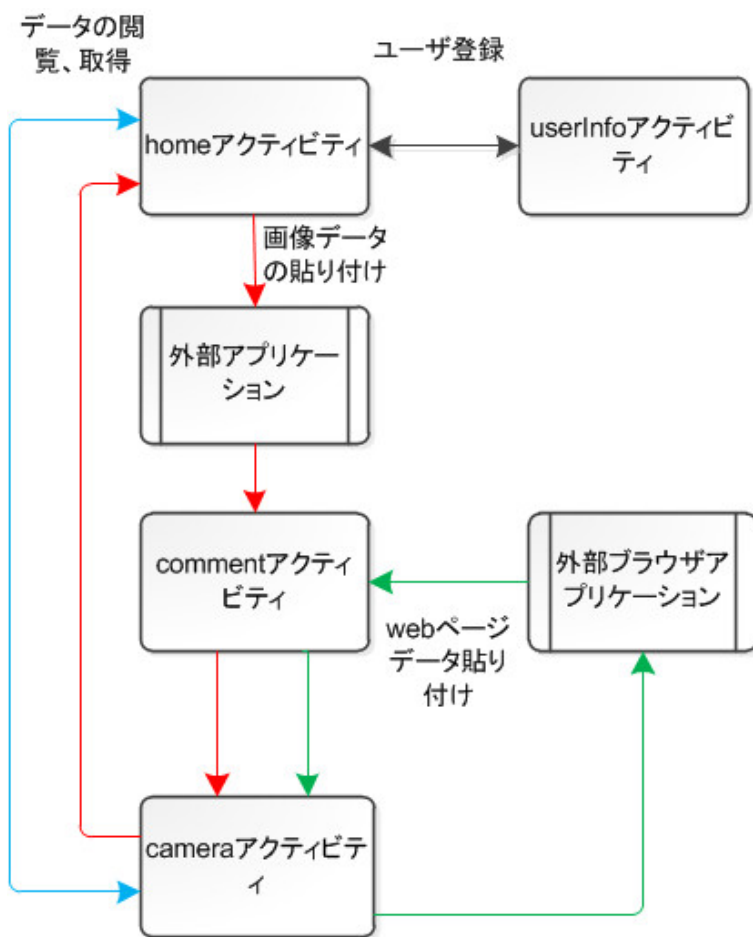


図 4.3: アクティビティの遷移

home アクティビティ

home アクティビティの画面を図 4.4 に示す。home アクティビティではデータの「貼り付け」、そして「閲覧、取得」を行うためのボタンが配置されている。ここで、「貼り付け」を選択すると暗黙的 intent⁶を送り、データを選択可能な外部アプリケーションを呼び出す。ここで選択可能なデータは画像データである。また、「閲覧、取得」を選択すると、camera アクティビティが呼ばれる。そして、Menu キーを押すと画面下部に Menu ボタンが表示され、そのボタンを押下すると userInfo アクティビティが呼ばれる。



図 4.4: アプリケーションのホーム画面

userInfo アクティビティ

userInfo アクティビティの画面を図 4.5 に示す。userInfo アクティビティではユーザが使用したいユーザ名を登録することが出来る。このユーザ名は「閲覧、取得」の際に、データを選択すると端末の画面に表示されるものである。画面上にはユーザからの入力を受けるためのテキストボックスと「登録」ボタンが配置されている。任意のユーザ名をこのテキストボックスに入力し、「登録」ボタンを押下することでユーザ名を登録出来る。登録したユーザ名はプリファレンス⁷を使用してローカルに保存され、一回登録を行えば次回以降もそのユーザ名は保存される。home アクティビティが表示されている状態で端末の Menu キーを押下すると、図 4.6 のように、画面下部にメニューボタンが表示される。このボタンを押下することで、userInfo アクティビティを起動出来る。また、「登録」ボタンを押下すると、登録完了通知が画面下部に表示され、自動的に home アクティビティに戻る。

⁶<http://developer.android.com/reference/android/content/Intent.html>

⁷<http://developer.android.com/reference/android/preference/package-descr.html>



図 4.5: ユーザ登録画面



図 4.6: ユーザ登録ボタンが表示されている様子

comment アクティビティ

comment アクティビティの画面を図 4.7 に示す。comment アクティビティはデータに付加するコメントを入力するためのアクティビティであり、コメントを入力した後に「ok」ボタンを押下することで、データにコメント情報を付加することが出来る。この comment アクティビティに遷移するパターンには二つある。一つ目は home アクティビティから「貼り付け」を選択した場合である。この場合は外部アプリケーションからデータ情報を受け取り、その情報にコメント情報を付加して camera アクティビティを呼び出す。二つ目はブラウザ外部アプリケーションから呼び出される場合である。この場合はブラウザの「ページの共有」から SmARt Projection アプリケーションが選択されると、comment アクティビティが呼ばれ、開いていた web ページの Url と Title 情報を受け取る。その情報にコメント情報を付加して camera アクティビティを呼び出す。



図 4.7: コメント入力画面

camera アクティビティ

データの貼り付けを行う際の camera アクティビティの画面の様子を図 4.8 に、データの閲覧、取得を行う際の camera アクティビティの画面の様子を図 4.9 に示す。

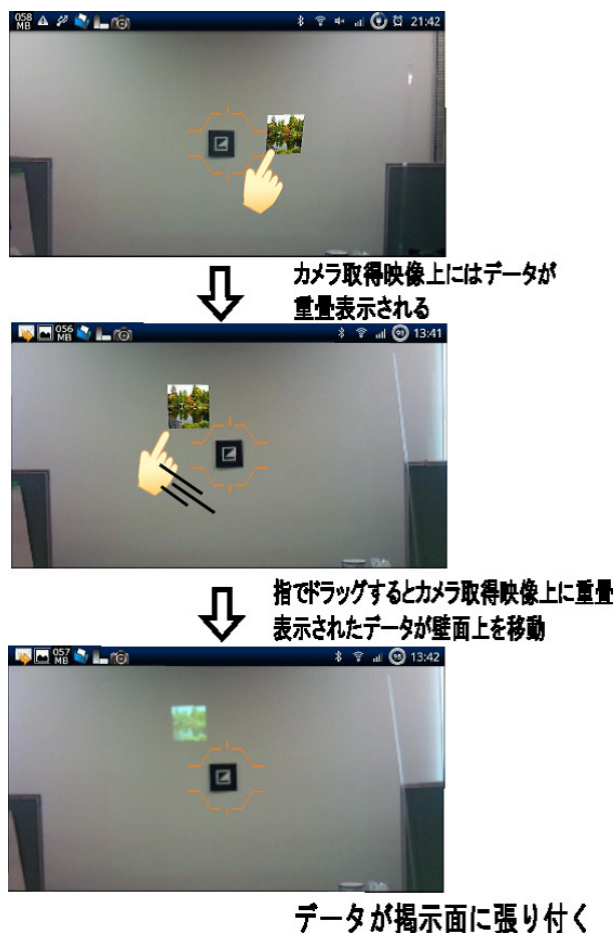


図 4.8: 貼り付けの際の camera アクティビティの様子

データの貼り付けを行う際、カメラ取得映像が携帯情報端末の画面に表示され、そのカメラ取得映像上には選択したデータが重畳表示される。画面上を指でドラッグするとカメラ取得映像上に重畳表示されたデータが壁面上を移動する。Camera キーを押下するとその位置にデータが張り付けられる。

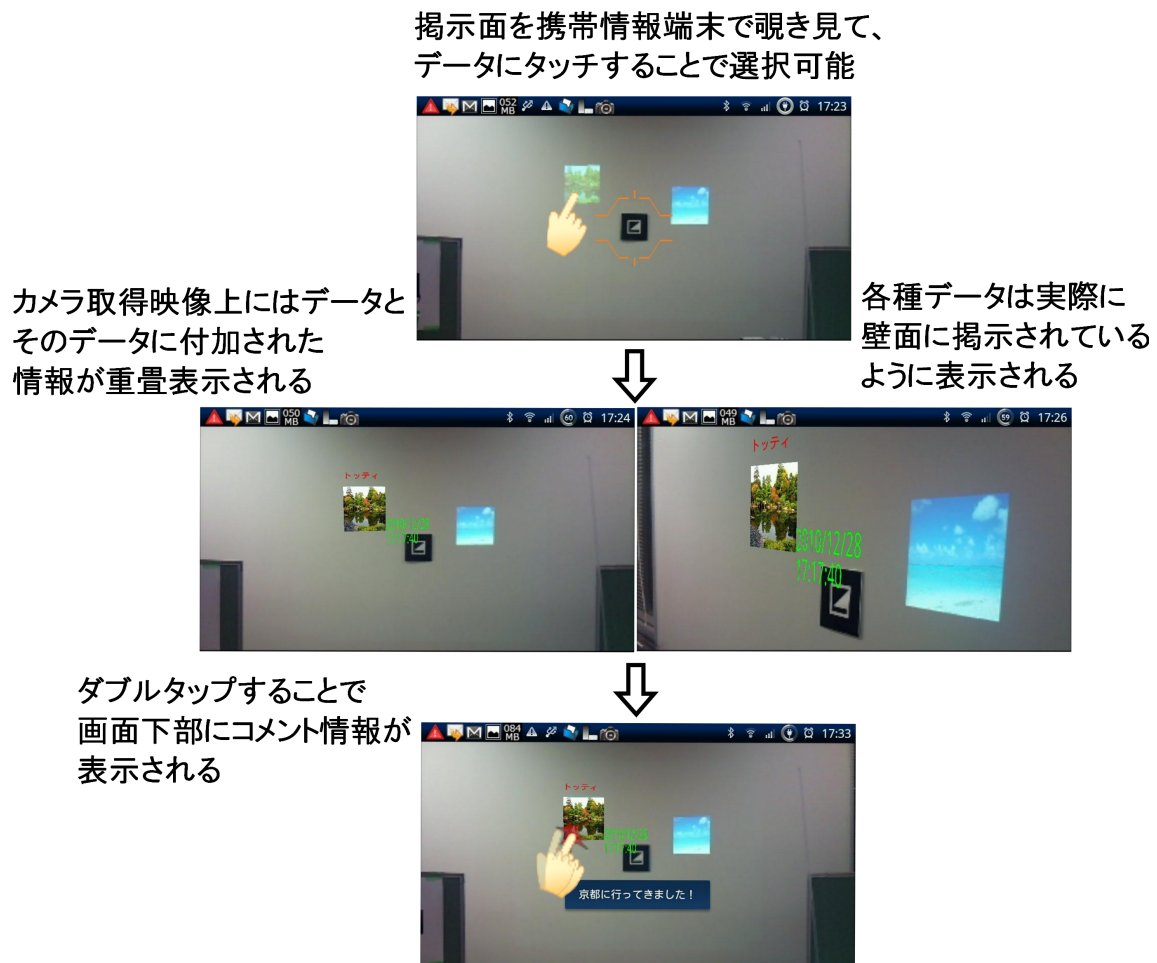


図 4.9: 閲覧、取得の際の camera アクティビティの様子

データの閲覧、取得を行う際、カメラ取得映像が携帯情報端末の画面に表示される。携帯情報端末のカメラを掲示面に向け、カメラ取得映像に映る掲示面上のデータをタッチする。タッチするとそのデータを選択することが出来、カメラ取得映像上にはデータとそのデータの付加情報が重畳表示される。データをダブルタップすると画面下部にコメント情報が表示される。このコメント情報の表示には `android.widget.Toast` を用いている。

データを選択した状態で `Camera` キーを押下するとそのデータを取得することが出来る。画像データの場合はその画像データを携帯情報端末へと取得し、ストレージに保存することが出来る。web ページデータの場合は、`Camera` キーを押下すると図 4.10 のようなダイアログが表示され、web ページにアクセスするかどうかを尋ねられる。「はい」を押下すると、ブラウザアプリケーションが起動し、web ページにアクセスすることが出来る。「いいえ」を押下すると、先ほどのカメラ取得映像が表示された画面に戻る。

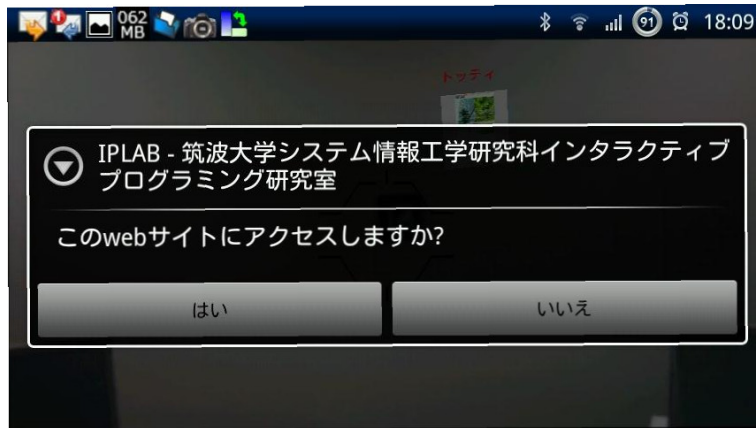


図 4.10: web ページアクセスダイアログ

この camera アクティビティの画面上にはカメラ取得映像が表示されると同時に、各種タッチ操作を認識し、タッチ座標を取得している。具体的には、camera アクティビティは `GestureDetector.OnGestureListener` と `GestureDetector.OnDoubleTapListener` を implements しており、`onScroll` と `onDoubleTap` メソッドでタッチイベントを取得している。そこで取得したスクリーン座標から座標変換を行い、実世界と端末画面上の座標との対応付けを行っている。また、この camera アクティビティが起動するとソケット通信スレッドが立ち、データの転送を行うために、ユーザの操作に応じて計算機と通信を行う。そして、ユーザの操作に応じて camera アクティビティの画面上には平面ポリゴンに画像テクスチャを張り付けたものを描画する。

camera アクティビティは AR のライブラリである `szARtoolkit` を使用して作成している。端末のカメラから取得したビデオ映像が端末スクリーン上にビューとして表示され、端末内で画像処理を行っている。camera アクティビティに遷移するパターンには3つある。1つ目は home アクティビティからデータを選択した後に、comment アクティビティから遷移する場合である。2つ目は外部ブラウザアプリケーションから `SmARt Projection` アプリケーションを開いた後に、comment アクティビティから遷移する場合である。3つ目は home アクティビティから「閲覧、取得」を選択した場合である。

どのパターンで camera アクティビティが起動されているかを intent 情報から判断することによって、camera アクティビティ内での処理が変わる。また、1つ目と3つ目の場合に Back キーを押下した場合は home アクティビティに、2つ目の場合に押下すると外部ブラウザアプリケーションに戻るよう実装している。

4.3.3 実世界と携帯情報端末画面上の座標との対応付け

端末の画面上に表示されたカメラ取得映像越しに、実世界の壁面上のあるポイントを選択するためには、携帯情報端末のスクリーン座標と実世界の壁面上の座標との対応付けを行う

必要がある。このような二次元座標から、三次元座標を取得する手法を一般的にピッキングと呼ぶ。このピッキングを行うことによって、壁面を見る角度、距離に依らずあらゆる所から壁面にデータを貼り付けることが可能となり、張り付けられたデータを携帯情報端末のカメラ取得映像越しに「触れる」ことにより選択することが可能となる。これを実現するために android の AR SDK である szARToolkit を用いた。このライブラリを用いることで、あらかじめ登録したマーカの座標や向きなどをカメラ画像から取得することが出来る。

座標変換のイメージ図を図 4.11 に示す。

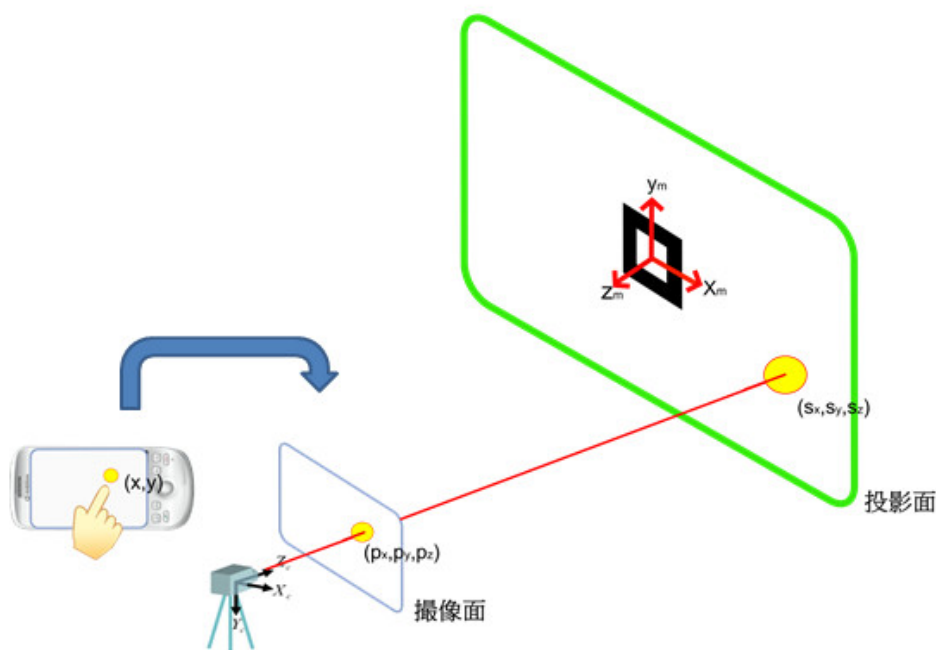


図 4.11: 座標変換

まず、携帯情報端末のスクリーン座標を、撮像面上のタッチした点の三次元座標に変換する。次にカメラ、すなわち原点とその変換後の点を通るレイを求める。最後に、そのレイとマーカ延長平面（壁面平面）が交差する点の座標を求める。これにより、カメラ座標系での、タッチした点の三次元座標を求めることが出来る。

以下にその導出方法を示す。携帯情報端末のスクリーン座標を (x, y) 、撮像面上のタッチした点の三次元座標を (p_x, p_y, p_z) 、マーカの原点の座標を (m_x, m_y, m_z) 、マーカの法線ベクトルを (n_x, n_y, n_z) 、レイとマーカ延長平面とが交差する点を (t_x, t_y, t_z) とする。 (x, y) はスクリーン座標系、他の座標はカメラ座標系での値となっている。

(p_x, p_y, p_z) は (x, y) 、モデルビュー行列、プロジェクション行列、ビューポートから、`android.opengl.GLU.gluUnProject`⁸ を用いて求めることが出来る。カメラ座標系の原点 $(0, 0, 0)$

⁸しかし、このメソッドには実機での動作に問題があり、正常に動作しなかった。そのため

と変換後の点 (p_x, p_y, p_z) を通るレイ R の方程式は、 s を媒介変数とすると次式で与えられる。

$$R_{(s)} = s \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix}$$

また、 A_c, B_c, C_c をカメラ座標系での任意の座標値を表す変数とすると、マーカ平面の方程式は次式で与えられる。

$$n_x(A_c - m_x) + n_y(B_c - m_y) + n_z(C_c - m_z) = 0$$

レイ R の方程式から、

$$A_c = sp_x$$

$$B_c = sp_y$$

$$C_c = sp_z$$

であるので、この A_c, B_c, C_c をマーカ平面の方程式に代入すると、 s についての方程式を解く事が出来る。 s は以下のようにになる。

$$s = \frac{n_x m_x + n_y m_y + n_z m_z}{n_x p_x + n_y p_y + n_z p_z}$$

よって (t_x, t_y, t_z) は以下の式に s を代入したものとなる。

$$(t_x, t_y, t_z) = (sp_x, sp_y, sp_z)$$

この後、求めた座標を OpenGL の座標系で扱うために、マーカを原点とする座標に変換する。変換するための行列は szARToolkit のライブラリを利用して求めたモデルビュー行列の逆行列となる。

4.3.4 データの重畳表示

camara アクティビティの画面上にはカメラ取得映像が表示されている。そのカメラ取得映像上にデータのイメージを重畳表示する。

「貼り付け」の際のデータの重畳表示

画像データを貼り付ける場合は、外部アプリケーションで選択した画像データ情報を camera アクティビティで受け取り、その画像データをテクスチャとして平面ポリゴンに張り付けたものを camera アクティビティの画面上に重畳表示している。web ページを貼り付ける際は、web ページのイメージをテクスチャとして平面ポリゴンに張り付けたものを camera アクティビティのビューに重畳表示している。携帯情報端末の画面をタッチしたポイントに対してピッキングを行い、その三次元位置にデータを表示している。

STREETS OF BOSTON 氏が作成したメソッドを用いた。http://groups.google.com/group/android-developers/browse_frm/thread/9d2bf53e3a798cb6/07cfa3ee11507fc1?lnk=gst&q=gluunproject#07cfa3ee11507fc1

「閲覧、取得」の際のデータの重畳表示

「閲覧、取得」の場合は、camera アクティビティが起動すると、まず計算機とソケット通信を行う。そして、計算機はデータごとに保存された情報（付加情報、座標情報そして、URL 情報や Title 情報）と各データのサムネイル情報を携帯情報端末へと送信する。携帯情報端末側では、そのサムネイル画像をテクスチャとして保存する。また、受信した付加情報についても画像化し、テクスチャとして保存する。ユーザが端末の画面をタッチする度に、そのタッチ座標に対してピッキングを行った座標と計算機から得た座標情報との照合が行われる。そして、一致したと見なされたデータのサムネイル画像テクスチャと付加情報テクスチャを平面ポリゴンに貼りつけ、端末の画面上に重畳表示する。

4.4 計算機側における実装

計算機側では、携帯情報端末との、クライアント・サーバ方式のソケット通信プログラム、また掲示面用の画面描画プログラムを実装した。「貼り付け」を行う際に、携帯情報端末から送られるデータとその付加情報、座標情報はデータごとに管理される。データテーブルは図 4.12 のようになっている。

属性名	説明
Image	画像データ
YMD	西暦/月/日
Time	時刻
Name	ユーザ名
Comment	コメント
Url	webページのURL
Title	webページのタイトル
coX	データのx座標
coY	データのy座標
key	キー値

図 4.12: データテーブル

これらの情報は携帯情報端末から要求が来た時に、データごとに一括して送られる。

4.4.1 画面描画

携帯情報端末から送信された座標情報をもとに、計算機のディスプレイ全体に描画を行い、その画面を掲示面に投影している。これ以降、掲示面に描画されるデータのことをデータイメージと呼ぶ。

κ を定数、 $disp_w$ をディスプレイの幅、 $disp_h$ をディスプレイの高さ、 $data_x$ を送信された x 座標値、 $data_y$ を送信された y 座標とすると描画位置は以下の計算式で求まる。

$$x = disp_w/2 + data_x\kappa$$

$$y = disp_h/2 + data_y\kappa$$

定数 κ は使用するプロジェクタの解像度、そしてそのプロジェクタと掲示面間の距離によって変動する。今回作成したシステム環境下では $\kappa = 2.2$ とした。具体的には、SONY LCD プロジェクタ VPL-PX15 を使用し、解像度は 1024×768 であり、投影サイズは最大とした。また、掲示面とプロジェクタ間の距離は 310cm であった。

画像データが送られてきた場合には、その画像のサムネイルをデータイメージとして座標情報に従って描画する。web ページデータが送られてきた場合には、web ページの url 情報から、その web ページのキャプチャ画像を生成する。キャプチャ画像の生成には CrenaHtml2jpg⁹ を使用した。そのキャプチャ画像からデータイメージを生成し、座標情報に従って描画する。

4.5 携帯情報端末と計算機間でのソケット通信

携帯情報端末と計算機間ではクライアント・サーバ方式の無線によるソケット通信を行っている。これ以降、送受信するメインのデータ（画像の場合は画像データ、web ページの場合は Url と Title）を主情報と呼ぶ。「貼り付け」の場合の携帯情報端末と計算機の通信に関わる処理をフローチャート化したものを図 4.13 に、「閲覧、取得」の場合のものを図 4.14 に示す。

「貼り付け」の場合のソケット通信について説明する。camera アクティビティを起動すると、ソケット送受信スレッドが生成される。camera アクティビティの初期化の時点で、主情報、付加情報そして IP アドレスを計算機へと送信する。その後携帯情報端末側では待機状態となる。計算機側では、携帯情報端末から送られたデータを受信し、データイメージの生成が完了すると、生成を完了したことを伝えるキー値を携帯情報端末側へと送信する。携帯情報端末側でその終了キー値を受信し、正しい終了キー値かどうかを判定する。正しいキー値ならば、携帯情報端末側では処理を再開する。携帯情報端末側で Camera キーが押されると、座標情報を計算機側へと送信する。計算機側ではその座標情報を、初期化の時点で送信された情報と共に保存する。

「閲覧、取得」の場合のソケット通信について説明する。camera アクティビティを起動すると、ソケット送受信スレッドが生成される。camera アクティビティの初期化の時点で、IP アドレスを計算機へと送信する。その後携帯情報端末側では待機状態となる。計算機側で携帯情報端末の IP アドレスを受信すると、保存された全データのサムネイルイメージを生成し、全データのサムネイルイメージとデータテーブル内の情報を携帯情報端末側へと送信する。画像データが選択された状態で携帯情報端末の Camera キーを押下すると、選択されたデータに対応するキー値を計算機側へと送信し、キー値に対応する画像データを携帯情報端末側へと

⁹<http://www.picolix.jp/>

携帯情報端末側

計算機側

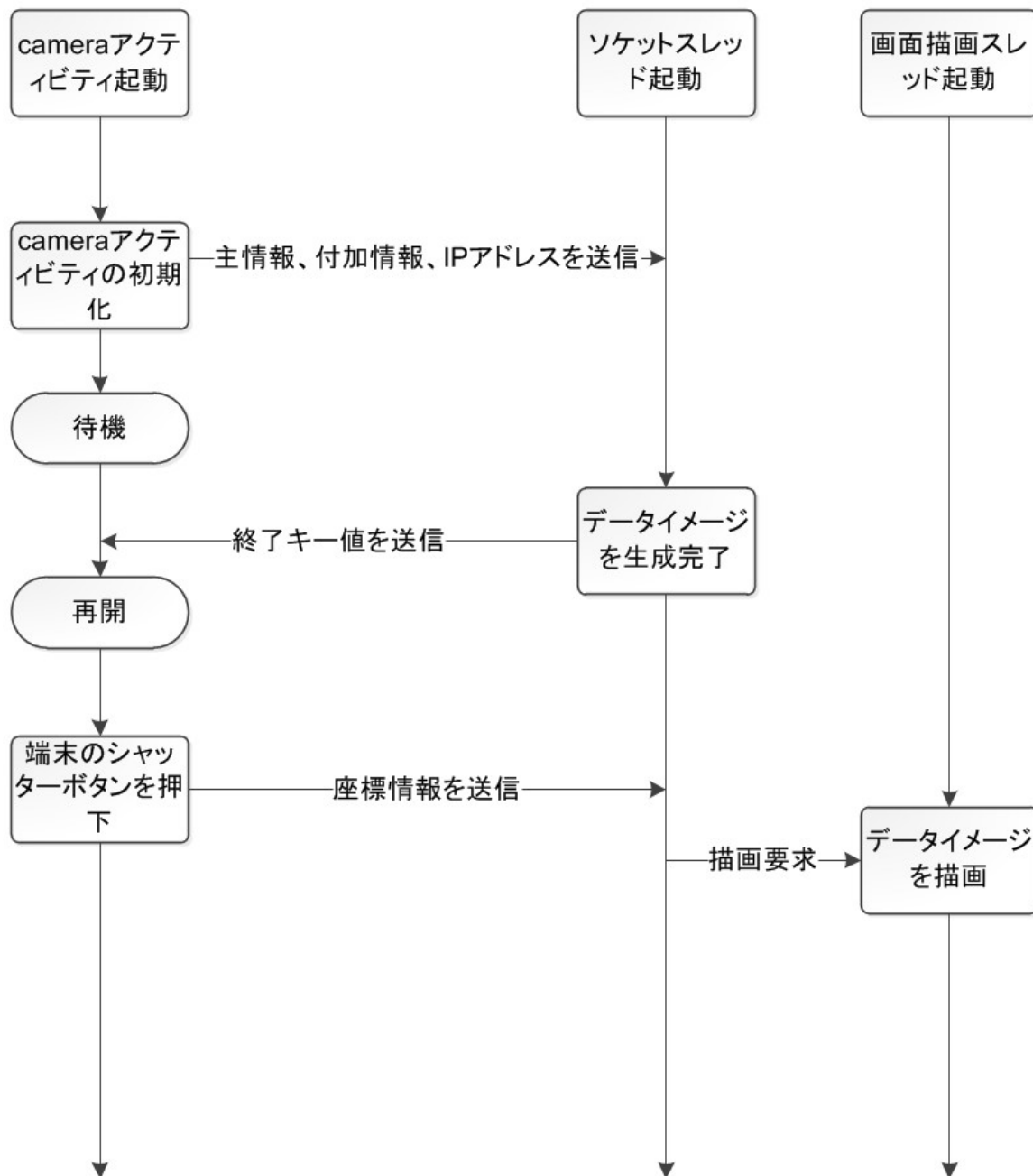


図 4.13: 貼り付けフロー

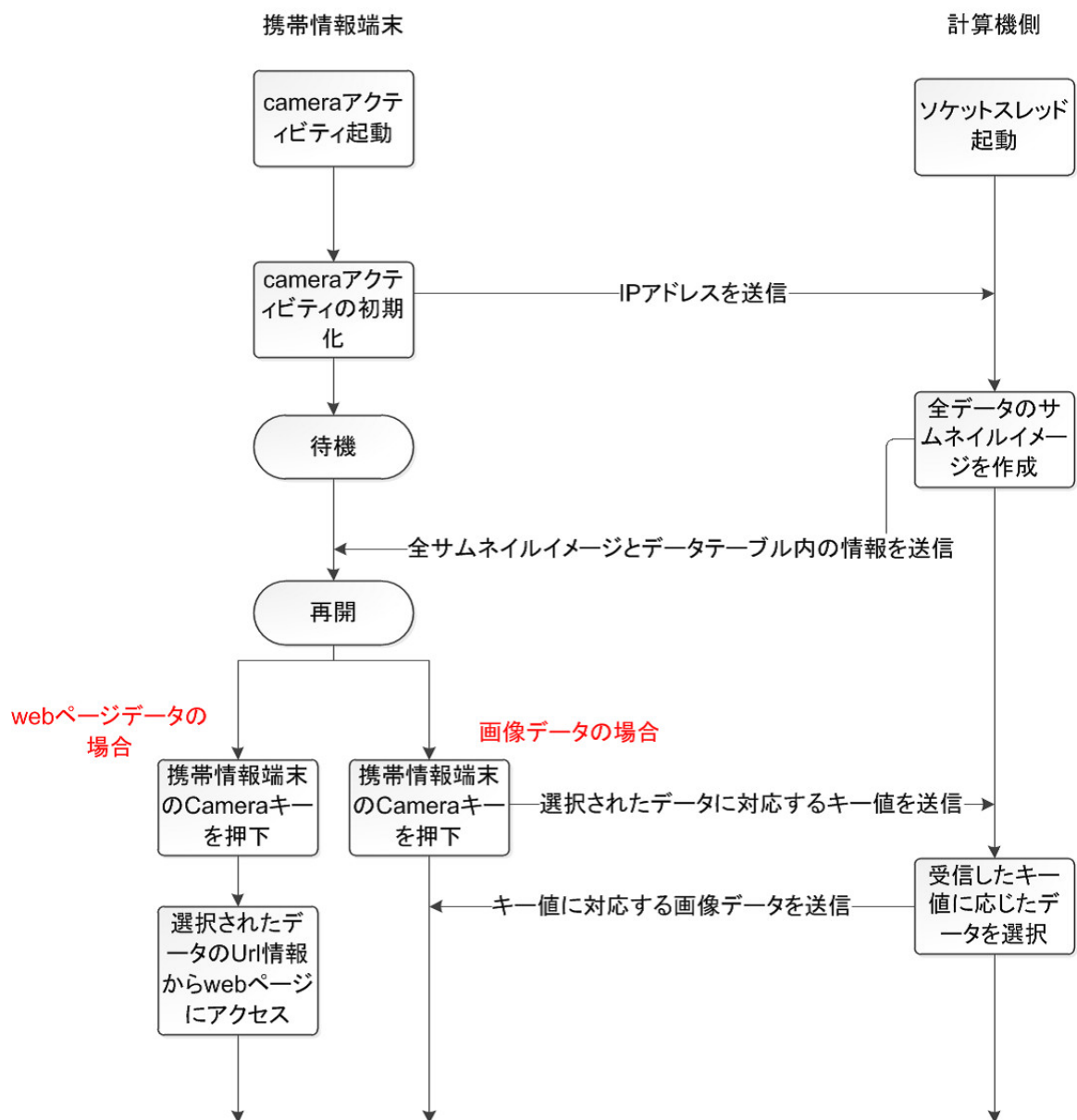


図 4.14: 取得、閲覧フロー

送信する。web ページデータが選択された状態で、携帯情報端末の Camera キーを押下した場合は、ソケット通信は行わず、計算機側から受信した Url 情報により web ページにアクセスする。

第5章 関連研究

5.1 コンピュータ間でのファイルの交換を行う研究

kim らは、携帯型端末のカメラで壁面に映る QR コードを読み込むこみ、携帯デバイスと壁面とを接続し、独自のインタフェースを用いることによってユーザにとって有益な情報を壁面から容易に見つけ出すことが出来、携帯型端末とのデータの交換を可能とする [8]。大画面上にデータを掲示し、データの交換を行うという点で本研究と関連している。しかし、大画面上のデータを選択する際に、携帯型端末上ので入力エリアでペンをスライドさせ、相対量を取り、データを選択する必要がある。本研究では、携帯情報端末の画面に映るカメラ映像越しにデータに触れることにより、大画面上の絶対的な位置指定が出来るので、より容易なデータ選択が可能である。

Iwabuchi らは、見かけの保存先が人の体にあるような感覚を与えるストレージである柔らかいストレージを提案し、その応用的利用を行うシステムとして Natural Storage Mirror を作成した [9]。マーカを人体に取り付け、NS ミラーの前に立ち、ジェスチャを行うことで、柔らかいストレージに保存されたデータを他人と交換することが出来る。ストレージ間でデータの移動を行い、共有しているという点で本研究と関連している。しかし、NS ミラーではデータ交換を行う二者が NS ミラーの前に立つ必要があるために、非同期のデータ共有を行うことが出来ないという点で異なる。

Siio らの IconSticker は、コンピュータ画面上のアイコンの情報を保持する IconSticker と呼ばれる紙アイコンを実世界に貼り付け、コンピュータ画面と実世界との間で連続的なデータの整理と交換の手法を提案した [10]。実世界でデータの交換を行えるという点で、本研究と関連している。しかし、IconSticker では紙アイコン上にデータごとの一意のアイコン情報しか表示されていないために、そのデータがどのような情報を内包しているのかということが分かりづらい。本研究では壁面にデータが内包する情報を視覚的に掲示面に提示することによって、ユーザが提示されている情報に気づき、関心を持つための手助けとしている。

Rekimoto らの Pick-and-drop では、Pick-and-drop と呼ばれる操作技法を提案し、複数コンピュータ間でのデータ移動、データの貼り付けを可能とする [11]。しかし、Pick-and-drop ではペン型のデバイスを用いてデータの移動場所を指定する必要がある。本研究では携帯情報端末に搭載されたカメラからの情報により、余計なデバイスを必要とすることなく、より容易な位置指定を行うことが出来る。

Ayatsuka らの Gaze-Link では、見ているものに接続するというメタファを用いて、計算機に取り付けられたカメラでマーカを見ることにより、そのマーカに関連付けられたオブジェクトに接続することが出来、双方向の自由のデータのやり取りを行うことが出来る [12]。カ

メラでマークを見ることで、マークに関連付けられたオブジェクトに接続し、データのやり取りを行うという点で関連している。しかし、本研究ではマークをオブジェクトの識別子として使用するだけでなく、壁面内の位置情報を取得するために使用し、それによってより直感的なデータのやり取りを行うことを可能としている。

5.2 携帯情報端末を操作デバイスとする研究

携帯情報端末をインタラクションにおける操作デバイスとして用いる研究は多数存在する。その中でも、携帯情報端末に搭載されたカメラが取得した情報から画像処理を行うことによって操作の手助けとしている研究を挙げる。

Boring らの、Touch projector では携帯情報端末のカメラで、実世界のディスプレイに映るデータを見ることで、カメラ取得映像越しにディスプレイに映るデータを操作することが出来、データの複数ディスプレイ間の移動も行える [13]。また、Shoot & copy では、ディスプレイに表示されているアイコンを携帯情報端末のカメラで撮影することによって、その携帯情報端末からそのアイコンが表すデータにアクセス出来る [14]。

Pears らは、マークを携帯情報端末のカメラで認識し、端末の画面とマークが映るディスプレイとの複数ピクセルごとの対応付けを行う手法を提案した。それによって、携帯情報端末の画面に映るビデオ映像越しに、ディスプレイ上のデータを精度高く操作することが出来る [15]。

これらは、携帯情報端末を操作デバイスとし、携帯情報端末に搭載されたカメラが取得した情報から画像処理を行うことによって操作の手助けとしているという点で本研究と関連している。しかし、これらはどれもデータの操作が研究の目的となっており、データの共有を目的としていない。また、本システムでは、オブジェクトを操作する際に拡張現実感を用いていることにより、ユーザはより直感的なデータ操作を行うことが出来る。

5.3 拡張現実感を用いた研究

Rekimoto らは、この技術を利用する NaviCam と呼ばれる、携帯型と頭部装着型のデバイスを作成した [16]。このデバイスで実世界に張り付けられた ID タグを認識することで、カメラ映像上にコンピュータが生成した情報を重畳表示させることが出来る。本研究では、実世界の事物に関する補足的な情報を表示するだけでなく、インタラクションにおける直感性の向上や、操作性の向上を図るために使用した。

sekai camera は iPhone, Android アプリとして利用が始まっているサービスである [17]。GPS や加速度センサを利用して実世界空間の座標を取得し、エアタグと呼ばれるタグを貼り付け、カメラ映像に重畳表示する。これを多数の sekai camera 上で共有することにより、テキスト、音声、写真を用いた非同期なコミュニケーションを可能とする。しかし、GPS 情報をもとに座標を取得し、貼り付けを行うのは誤差が大きいため、本研究のように壁面内の位置情報

を必要とするような場合には適さない。また、本研究では張り付けるデータをカメラ取得映像上重畳表示するだけでなく、実世界にも表示させているという点で異なる。

第6章 議論

6.1 試用とそこから得られた知見・課題

今回開発した SmARt Projection システムの試用を行った。携帯情報端末として Sony Ericsson Xperia, SHARP IS01, SHARP IS03 の3機種で試用したところ正常に動作し、システム利用に問題が生じないことを確認した。

まずデータの送受信について述べる。今回作成したシステムでは、計算機と携帯情報端末との無線によるデータの送受信を安定して行うことが出来た。データの共有を行う上で、安定したデータの送受信を行えることは重要であると考えられる。

次にシステム利用時における掲示面とのインタラクションについて述べる。まず、掲示板の利点を継承し、掲示面に大画面を用いたことで、データの存在に容易に気付くことが出来た。また、大画面として壁面を用いたことも気付きの支援になったと感じられた。これは、実世界のオブジェクトである壁面に、データが掲示されていることによって感じる多少の違和感によって、関心を引き立てるためであると考えられる。そして貼り付けの際には、貼り付けたいと思った位置をタッチするだけで、直感的に位置指定を行うことが出来た。また、同時にカメラ取得映像上にデータが重畳表示されることによって、どのような位置にどのような大ききで貼り付くかを視覚的に認識出来るので、直感的なデータの掲示を行えた。閲覧、取得の際にはカメラ取得映像に映る掲示面上のデータを、タッチすることによって選択出来るので、直感的なデータ選択を行えた。また、この際にはカメラ取得映像上にその選択したデータだけでなく、付加情報も表示されるので、コメント情報やユーザ情報からそのデータに興味を持つ場合もあった。そして興味を持った場合は即座にそのデータを取得することも可能であった。

さらに、これらのデータの貼り付けと、データの閲覧、取得を行う際には、様々な角度や距離から行うことが出来るため、指定された位置に立つ必要が無い。そのため、椅子に座ったままの利用や、遠距離からの利用も可能であった。

以上のことから、本システムはデータの掲示、データの閲覧、取得を直感的かつ、操作性高く行うことが出来、データへの気付きを与えられるシステムであると言える。そしてこのシステムを利用することで、場を共有する人との携帯情報端末内データ共有の支援に繋がると考えられる。

一方で、問題点も発見した。試用を行うと、データの上にさらに異なるデータを貼り付けてしまうということがある、下に埋もれてしまったデータを閲覧、取得することが出来ないという事例があった。その他にも、掲示面のマーカ上にデータを掲示してしまうと、マーカの認識を正常に行えなくなり、操作が出来なくなるという事例もあった。この原因としては、

張り付けてあるデータの移動や削除などは実装していなく、掲示面のレイアウトも貼り付けられたデータを表示するのみのシンプルなものとなっているためであると考えられる。ゆえに今後、掲示面のレイアウトの設計の改善やデータの操作機能を実装する必要がある。

また、現時点では扱えるデータが画像データと web ページデータの 2 つであるので、データ共有としては不十分である。それゆえに、ビデオや伝言メモといったようなデータもサポート出来るように実装を進める必要がある。

6.2 本システムの発展

壁面の利用

今回提案したシステムでは、ある決められた掲示面にのみデータを掲示することが出来る。しかし、壁面を利用するという点に着目し、あらゆる壁面や天井にデータを貼り付けることが可能となれば、データの共有にとどまらず、実世界の空間をストレージとして利用することや、ワークスペースの拡張として利用するなど、汎用的な利用を行えるシステムになると考えられる。このような壁面や天井など様々な位置に投影する手法として Pinhanez の The Everywhere Displays Projector [18] が挙げられる。また、他にも全方位プロジェクタ [19] の利用することも考えられる。これらを本システムと統合することで、さらなる発展が期待出来ると考えられる。

第7章 結論

本研究では、掲示板の利点を継承した SmARt Projection システムを作成した。掲示板の利点を継承することで、複数人で非同期的な携帯情報端末内データの共有を行うことが出来た。そして、大画面を掲示面として利用することで、データへの気付きを利用者に与えられた。

本システムでは、携帯情報端末を操作デバイスとして、拡張現実感を用いたインタラクション手法を提案した。データの提示の際には、データを掲示板に貼られる掲示物のように自然に扱うことが出来、直感的なデータの掲示を行うことが出来る。データの閲覧、取得の際には、掲示面に掲示されるデータを直感的かつ容易に選択出来る。選択されたデータの付加的な情報を端末画面に重畳表示させることで、ユーザにさらなる情報を与えることが出来る。掲示されるデータはそのまま携帯情報端末へと取得することが出来るので、掲示面から離れてもそのデータを所有することが可能である。

以上のように、本システムは掲示板の利用を行う上で重要な、情報の掲示、情報への気付き、情報の閲覧、取得の3点を容易かつ十分に行うことが出来るので、場を共有する人との携帯情報端末内データの円滑な共有を支援出来ると考えられる。今後は客観的な評価を行い、さらにそのフィードバックから改善を行っていきたい。

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をはじめ、志築文太郎先生、三末和男先生、高橋伸先生にはゼミやミーティングを通して大変貴重なご意見、アドバイスを頂きました。深く御礼申し上げます。また、田中研究室の皆様にはゼミや日常生活の中で数々のご意見をいただきました。特に、NERF チーム,WAVE チームの皆様にはゼミ以外にも研究生活全体にわたって数多くのご意見やご指摘をいただきました。心より感謝いたします。そして最後に、大学生活を送る中、経済面や精神面にわたっても支えてくれた両親や、大学生活を共に過ごし様々な面でお世話になった全ての友人に心より感謝いたします。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] 社会法人電気通信事業者協会. 事業者別契約数 <http://www.tca.or.jp/database/2010/12/>.
- [2] Apple Inc. <http://www.apple.com/jp/iphone/>.
- [3] Google Inc. <http://www.android.com/>.
- [4] 矢野経済研究所. スマートフォン市場に関する調査結果 2010
<http://www.yanoict.com/yzreport/110>.
- [5] T Azuma. A survey of augmented reality. *Teleoperators and Virtual Environment* 6, 4, pp. 355–385, 1997.
- [6] Ronald Azuma, Yohan Baillot, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, and Blair MacIntyre. Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, pp. 34–47, 2001.
- [7] OpenGL Architecture Review Board, Dave Shreiner, Mason Woo, Jackie Neider, and Tom Davis. *The Open GL Programming Guide: The Official Guide to Learning OpenGL*. Addison Wesley, 1994.
- [8] 金春明. 携帯デバイスを入力装置として用いた公共空間の大画面インタラクション手法. 修士論文, 筑波大学, 2007.
- [9] 岩淵志学. ユビキタス環境における情報提示手法に関する研究. 修士論文, 筑波大学. Master's thesis, 筑波大学, 2006.
- [10] 椎尾一郎, 美馬義亮. Iconsticker: 紙アイコンによる情報整理 (特集・インタラクティブソフトウェア). コンピュータソフトウェア, Vol. 16, pp. 540–548, 1999-11-15.
- [11] Jun Rekimoto. Pick-and-drop: a direct manipulation technique for multiple computer environments. In *Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '97, pp. 31–39, New York, NY, USA, 1997. ACM.
- [12] 綾塚祐二, 松下伸行, 暦本純一. Gaze-link: 実世界指向ユーザインタフェースにおける「見ているものに接続する」というメタファ「特集」次世代インタラクションのための情報技術. 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 6, pp. 1330–1337, 2001-06-15.

- [13] Sebastian Boring, Dominikus Baur, Andreas Butz, Sean Gustafson, and Patrick Baudisch. Touch projector: mobile interaction through video. In *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*, CHI '10, pp. 2287–2296, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [14] Sebastian Boring, Manuela Altendorfer, Gregor Broll, Otmar Hilliges, and Andreas Butz. Shoot & copy: phonecam-based information transfer from public displays onto mobile phones. In *Proceedings of the 4th international conference on mobile technology, applications, and systems and the 1st international symposium on Computer human interaction in mobile technology*, Mobility '07, pp. 24–31, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [15] Nick Pears, Daniel G. Jackson, and Patrick Olivier. Smart phone interaction with registered displays. *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 8, pp. 14–21, 2009.
- [16] Jun Rekimoto and Katashi Nagao. The world through the computer: computer augmented interaction with real world environments. In *Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology*, UIST '95, pp. 29–36, New York, NY, USA, 1995. ACM.
- [17] Tonchidot Corporation. Sekai camera support center. <http://support.sekaicamera.com/>.
- [18] Claudio S. Pinhanez. The everywhere displays projector: A device to create ubiquitous graphical interfaces. In *Proceedings of the 3rd international conference on Ubiquitous Computing*, No. 17 in UbiComp '01, pp. 315–331. Springer-Verlag, 2001.
- [19] OLYMPUS. <http://www.olympus.co.jp/jp/news/2007b/nr071119hdproj.cfm>.