

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

拡張現実感技術を用いた
街頭広告提示・収集システムの開発

主専攻 情報科学主専攻

著者 武田 嵩太郎

指導教員 三末 和男, 志築 文太郎, 高橋 伸, 田中 二郎

要 旨

街中を移動する人々に対し情報を発信する手段として街頭広告が多く用いられるが、従来の街頭広告は情報を持ち帰ることが難しく、興味を持続させることが困難である。広告はその目的から、人々の興味を得た場合できるだけその興味を持続できるようにすることが望ましいと考えられる。

そこで本研究では、街頭広告の情報を取得・収集可能なものとして提示することにより、興味を持続を促し広告効果を高める支援を行うための手法を提案し、手法を実現するシステム Virtual Signage の開発を行った。Virtual Signage は拡張現実感を用いた街頭広告提示システムで、利用者は自分の気に入った広告を掴む操作を行うことにより入手し、好きな時に閲覧ができるようになる。

目次

第1章 序論	1
1.1 街中における情報提示と街頭広告	1
1.2 街頭広告の特徴、問題点	1
1.3 従来のアプローチ	2
1.4 本研究の目的	3
1.5 本研究の貢献	3
1.6 本論文の構成	3
第2章 関連技術	4
2.1 ウェアラブルコンピューティング	4
2.2 拡張現実	4
2.3 従来の利用例	5
第3章 仮想看板	6
3.1 仮想看板とは	6
3.2 特徴と利点	7
3.3 操作方法に関する議論	7
3.4 情報の整理・管理	9
3.5 操作方法	9
3.5.1 仮想看板の表示	9
3.5.2 仮想看板の取得	10
3.5.3 仮想看板の配置	10
3.6 利用シナリオ	11
3.6.1 街頭広告の収集	11
3.6.2 美術館での利用	12
3.6.3 情報交換サービス	13
第4章 Virtual Signage: 広告提示・収集システムの構成と実装	14
4.1 環境・言語	14
4.2 システム構成	14
4.3 実装	14
4.3.1 仮想看板の実装	15

4.3.2	実看板の認識処理	17
4.3.3	手認識処理	18
	手領域抽出	19
	三次元座標取得	21
	指本数検出	23
4.3.4	仮想看板の消去	25
4.3.5	表示切替	25
第 5 章	議論	26
5.1	提案手法の考察	26
5.2	従来手法との比較	26
5.3	従来手法との共存	27
5.4	今後の課題と展望	27
第 6 章	関連研究	29
6.1	デジタルサイネージ	29
6.2	情報の付加提示	29
6.3	情報の管理手法	29
第 7 章	結論	30
	謝辞	31
	参考文献	32

図目次

1.1	街頭広告	1
3.1	仮想看板のイメージ	6
3.2	素手を用いた物体の取得	8
3.3	仮想看板の表示	10
3.4	仮想看板の取得	10
3.5	仮想看板の配置	11
3.6	街頭広告の収集イメージ	12
3.7	美術館での利用イメージ	12
3.8	情報交換サービスイメージ	13
4.1	システム全体のフローチャート	15
4.2	仮想看板の状態遷移	16
4.3	仮想看板の各状態。左上：初期設置状態、右上：選択状態、左下：配置状態、 右下：設置済み状態	17
4.4	看板認識のフローチャート	18
4.5	手認識処理のフローチャート	19
4.6	左:入力画像, 右:肌色マスク画像	20
4.7	輪郭線抽出画像	20
4.8	左:距離変換画像, 右:最大肌色領域画像	21
4.9	手の座標検出画像	21
4.10	三角測量の原理	22
4.11	左カメラを基準とした y 軸平面上の関係図	22
4.12	輪郭線による指先の検出	24
4.13	左:入力画像, 右:指先マスク画像	25

第1章 序論

1.1 街中における情報提示と街頭広告

企業が街中を移動する人々に対し情報を発信する手段として、街頭広告が広く用いられている。ここで扱う街頭広告とは、企業が消費者に対して購買意欲を促進させる、または諸団体がイベント等の告知を行い参加者を募るような場合に用いるポスターや看板等の提示物を指す。具体的な例としては、ビルボード、掲示ポスター、電光掲示板による広告、電車内の吊り広告などが挙げられる。(図 1.1)



図 1.1: 街頭広告

1.2 街頭広告の特徴、問題点

街頭広告の特徴として、人目につきやすく大きな興味喚起効果があるということが挙げられる。街頭広告のそれぞれの種類の特徴として以下が挙げられる。

- 看板：板状の物体に宣伝・広告情報の提示が行われたもの。ビルの側面や屋上等に設置される通常の看板、店舗の前に置かれる野立て看板等の種類がある。視覚に大きく訴えかけ、人目を引くといった利点を持つ。
- ポスター：主に大判の紙に印刷され、壁面や柱などに掲示される広告媒体。設置、撤去が容易に行える。

- 吊り広告：電車の天井に吊られている印刷媒体の広告。電車内という退屈を持て余す場所に設置されているため、何気なく見られることが多い。
- デジタルサイネージ：デジタル技術を活用しディスプレイを用いて情報を提示する広告。表示内容の切り替えや動画の再生など多様な映像広告を提示できる。また最新の情報に変更する際の手順がアナログな広告に比べて容易である。

しかしこれらは総じて固定された設置物であるため、閲覧者が情報を得ることができるのは広告が設置されたその場に限られる。さらに街頭広告が見られる機会は移動時(徒歩、車の運転、電車内など)が主であるため、注視される機会は少なく、提示した情報の隅から隅まで見られるということがあまりない。そのため、自ずと街頭広告は与える印象を重視することとなり、提示できる内容(テキスト量)は少なくなってしまう。また与える印象が大きくとも、移動中という状況では人々の記憶には残りにくく、閲覧された広告やその内容に対する興味を持続させることは困難である。

1.3 従来のアプローチ

このような問題に対し、何らかの「持ち帰る手段」を与えるという方法が多く取られている。利用者が自分の持ち物にできるような形にして情報を提示することにより、興味の持続や再考の機会を与え、広告効果を上昇させることができる。例としてチラシや販促ティッシュ等の配布物、携帯電話のカメラを介したQRコードによるウェブサイトへの誘導などが挙げられる。

配布広告

紙媒体のチラシや販促ティッシュ等を配布する方法は古くから用いられてきた方法で、欲しい情報を自らの手にとって入手し、持ち帰ることができる。方法としては、広告が設置された場に配布物を設置し手に取ってもらう方法、広告の一部をちぎり取り持ち帰れるようにする方法、配布用の人員を雇い手配りで配布する方法などがある。

しかしすべての街頭広告に対して配布場所や配布する人員を確保することは非現実的であり、また配布数に比例した資源・印刷コストがかかってしまう。

QRコードによるウェブサイトへの誘導

近年の携帯電話の大幅な普及率の上昇に伴い、QRコードが印刷・表示された街頭広告が多く見られるようになった。QRコードとは、2次元コードの一種であり、主に印刷媒体やウェブ画面において詳細情報のあるウェブサイトや携帯端末向けウェブサイトのURLを記録したものを印刷・表示し、これらのサイトへのアクセスを容易にすることなどに利用されている。QRコードを用いたウェブサイトへの誘導は、より詳細な情報を利用者に提示することができる。また、コードが存在することにより、詳細情報が存在するという確認を行うことができる。

しかし情報を得るためにコードを撮影する、という操作は、情報を取得する際の人間の直感に合わない。また、配布物と異なり提示される情報そのものを表しているわけではないので、人の目でその場で確認することはできず、そのコードのリンク先から本当に有益な情報を得ることができるかという判断を行うことは困難である。

1.4 本研究の目的

本研究は、街頭広告による消費者の有益な情報獲得、さらに情報提供側の消費者獲得の支援を目的とする。そこで本研究では、街頭広告の情報を持ち運び可能な仮想的な看板として提示し、利用者が自由にその情報の取得・収集を行うことができるシステムの提案とその開発を行う。

1.5 本研究の貢献

既存の街頭広告に対してデジタルな情報を付加することにより、既存の広告の興味喚起効果はそのままに、さらに提示した情報を取得可能なものにすることで、利用者は広告情報に対する再考の機会を得ることができる。また、この手法の有効性が示されることで情報提示の新たなスタイルが築かれることになると考えられる。

1.6 本論文の構成

本論文の構成は以下のとおりである。
第2章では、本研究で用いる関連技術についての説明を行う。第3章では、本研究で提案する付加情報提示手法、仮想看板について述べる。第4章では、開発したシステム Virtual Signage のシステム構成、実装について述べる。第5章では、本研究と従来手法の比較、また Virtual Signage の今後の展望や課題について述べる。第6章では、関連研究について述べる。そして、第7章で本論文をまとめる。

第2章 関連技術

従来の街頭広告の問題点の解決案として、本研究は拡張現実感の技術を用いた手法を提案する。本章では、本研究で用いる先行技術についての説明を行う。

2.1 ウェアラブルコンピューティング

ウェアラブルコンピューティングとは、情報機器を体に装着して利用するスタイルを指す[1]。装着する情報機器の例として、頭部装着型のディスプレイ(ヘッドマウントディスプレイ)、腕時計型デバイス等が挙げられる。

情報機器を身体に装着することで、次のような機能性がもたらされる。

- 常にコンピュータやディスプレイをオンにしておけるため、いつでも使いたい時にコンピュータを利用できる
- ユーザの日常生活自体をサポートでき、生活に密着したまったく新しいアプリケーションが構築できる

電子機器を装着している姿が世間に受け入れられがたい、デバイスや環境が整っていない等の理由から普及があまり進んでいないが、近年の技術の進歩によるデバイスの小型化やデザイン性の向上¹や研究分野の活性化²から、普及もそう遠くはないと推測されている。

2.2 拡張現実

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。眼前に装着できる透過型のディスプレイに、装着者の見ている対象物に関連する文字や画像、映像などを重ね合わせて表示することにより、関連情報を提供するものを指すことが多い。

概念や技術的に共通点が多いことから、ウェアラブルコンピューティングと拡張現実感は組合わせて用いられることが多い。

¹<http://plusd.itmedia.co.jp/lifestyle/articles/0710/23/news006.html>

²<http://ubi.eeddept.kobe-u.ac.jp/wearable/>

2.3 従来の利用例

ウェアラブルコンピューティングと拡張現実感を用いた具体的な例としては、GPS を併用し、特定の場所に対して注釈情報を付加するもの [2]、物体認識を用い、カメラを通してヘッドマウントディスプレイ越しに見た物体に名前ラベルを重畳表示し情報を付加するもの [3] などがある。

ヘッドマウントディスプレイやカメラ等ウェアラブルコンピューティングの技術も進んでおり、ユビキタス環境の普及に伴い個人がヘッドマウントディスプレイを装着して街中を歩くような社会も現実的となっている。現在見られる携帯電話の普及状況のように、そう遠くない未来、人々がヘッドマウントディスプレイを日ごろから装着し、ユビキタスコンピューティングや拡張現実の恩恵を常に受けるようになる時代が訪れると思われる。

第3章 仮想看板

前章で述べたウェアラブルコンピューティング環境のように、人々がヘッドマウントディスプレイを常に装着して歩く社会を想定し、第1章で述べた街頭広告の問題点の解決案として、我々は「仮想看板」を提案する。

3.1 仮想看板とは

仮想看板とは、拡張現実感の技術を用いて実世界の看板に付加提示される電子情報を指す。

付加提示される仮想看板は、企業が人々に提示したい内容(例：実看板に提示した情報の詳細な内容、関連情報への誘導など)を提示できるビルボードのようなもので、QRコードによるサイト誘導を瞬時に行い、その場で確認できるようなかたちで提供するイメージである。

利用者が現実世界の看板やポスターを見た場合、仮想看板表示を示す印(マーカ)を元に付加的な情報を仮想看板として重畳表示させる。GPSを用いた位置特定と見た看板のマーカを元にどの企業が提示した広告かを判断し、個人の端末に情報を送信。その情報を元に利用者のヘッドマウントディスプレイに広告情報を重畳表示させるといった連携をとる。

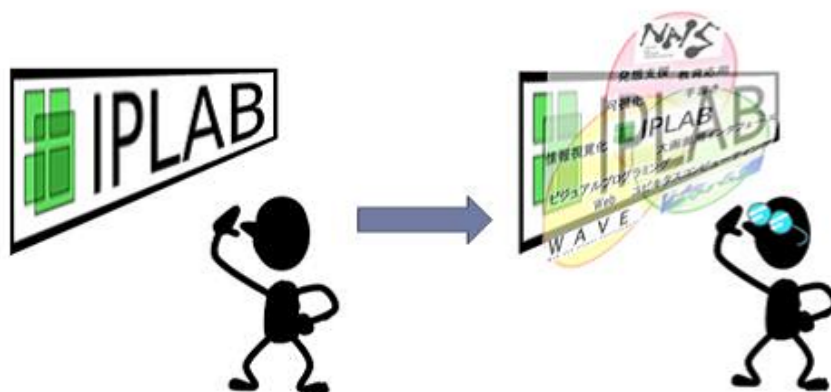


図 3.1: 仮想看板のイメージ

3.2 特徴と利点

拡張現実感を用いて実現することにより、仮想看板には以下のような特長がある。

計算機で表示できるような情報ならば何でも提示することができる

頂上表示される広告はディスプレイに表示されるため、デジタルサイネージ同様、計算機で表示できるような情報、たとえば動画やアニメーション等紙媒体のチラシでは表現できない方法での表現を用いることができる。

取得できる情報をその場で判断することができる

ディスプレイにそのまま重畳表示することにより、従来の QR コードを用いたサイト誘導方とは異なり、即座に手にしたい情報の判断を行うことができる。既存のサイト誘導のようにワンステップはさむ必要はない。サイト誘導のようにサイトページを重畳表示することにより QR コードを用いたときのような挙動を取らせることもできる。

コストが配布数に比例しない

チラシと異なりディスプレイに表示するものであるため、配布する個数分の印刷等を行う必要がなく、コストが抑えられる。また、設置をし直す手間が省ける。

個人ごとに情報提示の切り分けを行うことができる

表示が個々人のディスプレイにて行われるため、ID に基づいた個人データの分析等と組み合わせることで、商品の推薦システム等を用いた個人向けの情報提示を行うこともでき、大型広告等よりもよりターゲットを絞ったプロモーションを行うことができる。また、情報が提示された、または取得されたという情報を収集することができるので、アクセスログのようなかたちでターゲティングを行うこともできる。

3.3 操作方法に関する議論

情報の取得・収集を可能なものにするため、重畳表示した仮想看板に対して何らかの操作手段が必要になる。

仮想的な物体を操作する手法は従来より多く研究されている。一般的には、操作用に専用のデバイスを用いる方法 [5][6][8] や、データグローブを装着して仮想物体とのインタラクションを行う方法などのアプローチをとることが多い。

操作専用デバイスを用いる方法

操作用のデバイスを必要とする方法では、操作の自由度を敢えて抑えることにより操作を単純化し、また人間の行為がデバイスの経常から多くの制約を受け、制約は容易に人間に理

解される。このことよりシステム側から見ると、ごくせまい限られた範囲の自由度に対してのみフィードバックを実現すればよいという利点がある。しかし操作を行うための専用デバイスを常に持ち歩く必要があり、操作の度にデバイスを取り出す手間が発生する。これは移動時に行うという広告情報取得操作の特性上好ましくない。

データグローブを用いる方法

データグローブとはコンピュータシステムでバーチャルリアリティを実現するために用いられる手袋上の入出力装置のことである。力覚系フィードバックを受けることができる、手の自由度を活かしたインタラクションを行うことができるといった利点があるが、多くの配線が為されたデバイスを持ち歩く必要があること、また手の自由度を奪ってしまうなどの欠点がある。

素手を用いる方法

本研究では、素手を用いて仮想物体とインタラクションを行う方法を採用する。素手を用いたインタラクションを採用した理由としては、操作用のデバイスが必要なく自らの手だけで操作を行えるようにすることにより操作をスムーズに行うことができるため、また人間が物体を取得する際に素手を用いて行うことは人間の知識や経験に基づいたより自然な操作であると考えられるためである。



図 3.2: 素手を用いた物体の取得

仮想物体を素手により取得する方法として、本研究では「掴む」動作を用いる。「掴む」動作を採用した理由は、古くから存在する「チラシを取る」ような感覚で情報取得を行うことができるためである。この「掴む」動作は、重畳表示されている物体に対し手で掴むような

動作を行うことにより物体の取得を行う。

3.4 情報の整理・管理

取得・収集を行った情報は何らかの方法で整理や管理を行う必要がある。

主に計算機における情報(ファイル)の整理・管理には階層的なフォルダ構造を持つファイルシステムが多く用いられている。しかし今回素手を用いてファイル操作を行う上で、保存を行うためにディレクトリを作成しファイルを格納する、ファイルを参照するためにディレクトリ構造を辿るといった操作は手間がかかり、また細かいポインティングが困難なために操作しにくいといった問題がある。

そこで本研究では取得後の情報を整理する方法として、今身の回りの空間に配置する方法を取る。空間に配置する理由として、自分なりのカテゴライズが可能になること、また身の回りに配置することにより、好きな時間にいつでも手に取って閲覧が可能であるということが挙げられる。またディレクトリ構造による細かな管理と異なり、大雑把で軽い管理を行うことができる [11]。これは広告情報という保持期間が一般的に短い情報である、といった特性を考えると、より適している方法だと考えられる。

3.5 操作方法

本研究の仮想看板インタフェースで行う仮想看板に対する操作について説明する。

本インタフェースは画像取得用のカメラ、仮想看板表示用のヘッドマウントディスプレイ、処理用の計算機から構成される。ユーザが常にヘッドマウントディスプレイを装着している環境を想定している。本研究で提案するインタフェースの操作方法を以下に示す。

3.5.1 仮想看板の表示

利用者が実看板を見るとカメラを介して看板の特定を行い、予め登録してある仮想看板をヘッドマウントディスプレイ上に重畳表示する (図 3.3)。

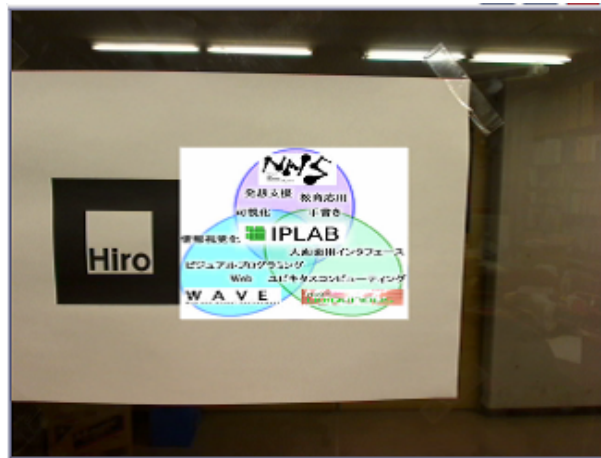


図 3.3: 仮想看板の表示

3.5.2 仮想看板の取得

ユーザが重畳表示された情報に対し興味を持ち、後で見返したいと感じた場合、ユーザはその仮想看板の取得を行うことができる。重畳表示された仮想看板に手で触れ掴んだ場合、ユーザがその仮想看板を取得したものとし、ストレージに保存する (図 3.4)。

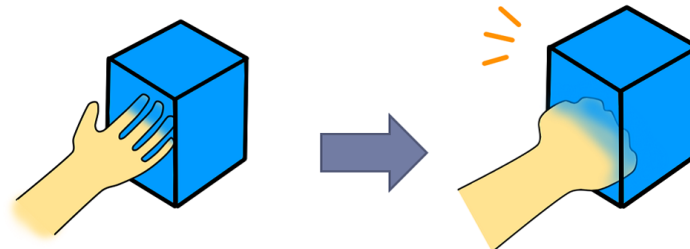


図 3.4: 仮想看板の取得

3.5.3 仮想看板の配置

取得した仮想看板はユーザが自由に閲覧、配置を行うことができる。ユーザが仮想看板を手で掴んだ状態のまま手を動かすと、仮想看板はユーザの手に追従する。手を離した場合、その位置を仮想看板の位置として登録する。仮想看板は常にその位置に表示される。このことによりユーザは自分なりの情報の整理を行うことができる。また思い立った時にすぐ情報の

閲覧を行うことができる(図 3.5)。閲覧を行う場合は配置した仮想看板を手で掴み、手前に移動させる。

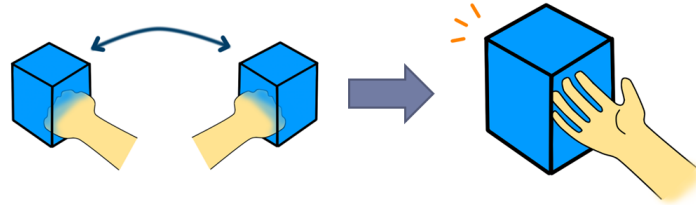


図 3.5: 仮想看板の配置

3.6 利用シナリオ

本研究の提案するシステムの利用シナリオについて述べる。

3.6.1 街頭広告の収集

人物 A がヘッドマウントディスプレイを装着して街中を歩いている状況を想定する。ある時、人物 A は興味を引かれる広告を発見した。広告の示す商品に興味を持った A は広告に対して手をかざす(取得アクションを行う)。すると A のヘッドマウントディスプレイに広告に関連付けられた詳細情報が重畳表示される。A はその重畳表示された情報、仮想看板を手で掴みとり、取得する。その後その商品に似た商品の広告を発見し、その仮想看板の取得を行う。A は空いた時間、たとえば電車での移動中などに取得した看板を閲覧、比較し、商品を購入する決断をする。

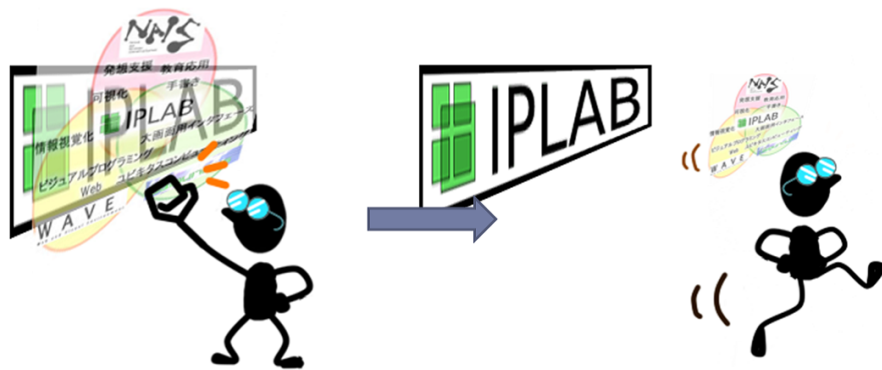


図 3.6: 街頭広告の収集イメージ

3.6.2 美術館での利用

人物 B がヘッドマウントディスプレイを装着して美術館を訪れる。ある時、人物 B はある美術品にとっても興味を持った。がその博物館は広大なため、興味を引かれた美術品一つ一つの詳細な説明を見ているととてもではないが周りきれない。そこで B は美術品タイトルが書かれたプレートに対し取得アクションを行う。すると B のヘッドマウントディスプレイに美術品の詳細情報が重畳表示される。B は次々と興味のある美術品の詳細情報を取得していく。帰り際、B は余韻に浸りつつ取得した情報を再閲覧し、美術品に対する理解と興味を深める。



図 3.7: 美術館での利用イメージ

3.6.3 情報交換サービス

このシステムを応用し、サービス利用者がマーカを装備することで、利用者のプロフィールや公表したい情報、または自分が取得してきた情報などを他人に提示する「プロフィール公開サービス」を行うことができる。このサービスでは、街行く人を見るとその人のアピールポイントや公開したい情報が重畳表示される。そこで気になった人や気になる情報だと思った際、そのプロフィール情報を取得することで、交流を深めたり情報交換を行うことができる。

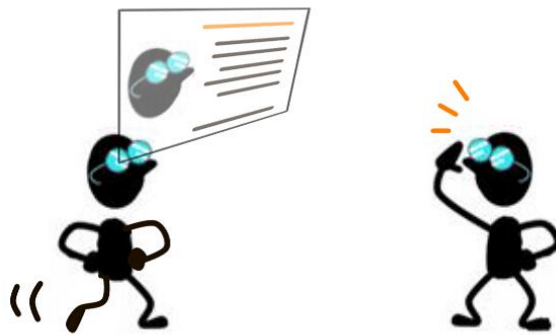


図 3.8: 情報交換サービスイメージ

第4章 Virtual Signage: 広告提示・収集システムの構成と実装

前章までに述べた仮想看板、またそれに対する操作を実現するためのシステム Virtual Signage の実装を行った。本章では、Virtual Signage のシステム構成と実装、動作について述べる。

4.1 環境・言語

開発言語は C++、開発環境として VisualStudio2005 を使用する。OS は WindowsXP SP3、Intel Core Duo T2050(1.6GHz) である。実看板認識のために ARToolKit¹、仮想看板表示のために OpenGL²、手認識処理用の画像処理のために OpenCV³ を用いる。ARToolKit は AR アプリケーションの実装を行うための C 言語用ライブラリ、OpenGL は Silicon Graphics 社が中心となって開発した 3D グラフィックスのためのプログラムインタフェース、OpenCV は Intel が無償で公開を行っている画像処理用のライブラリである。

4.2 システム構成

本システムは、ディスプレイとしてヘッドマウントディスプレイ、画像認識のために USB 接続のカメラ 2 台、また処理用にラップトップ型の計算機を 1 台用いる。カメラを 2 台使う理由は、掴み操作の奥行きを算出するためにステレオ法を用いるためである。

4.3 実装

システム全体の処理の流れは以下の図 4.1 のようになる。

カメラ画像を入力とし、取得した画像を用いて看板認識、手認識処理を行う。なお三次元座標取得のため、手認識処理には 2 台のカメラからの画像を用いる。

看板認識、手認識処理の結果から OpenGL を用いてユーザのヘッドマウントディスプレイに仮想看板を重畳表示する。

¹<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

²<http://www.opengl.org/>

³<http://opencv.jp/opencv-1.0.0.org/docs/index.htm>

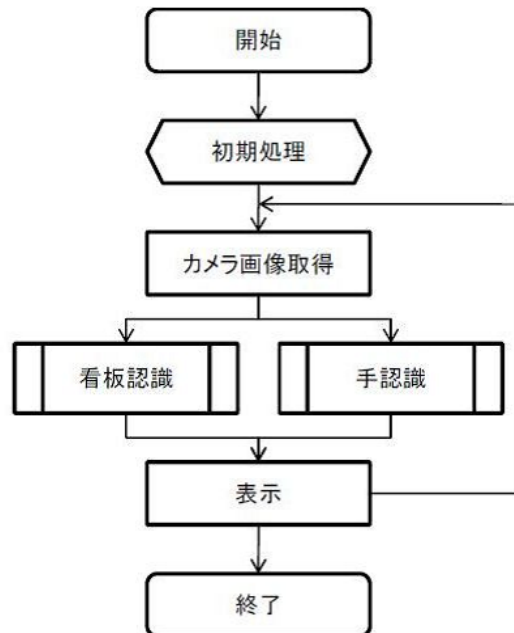


図 4.1: システム全体のフローチャート

以下、仮想看板の状態遷移、実看板の認識処理、手認識処理についてそれぞれ説明する。

4.3.1 仮想看板の実装

仮想看板は、板状のポリゴンにテクスチャを張り付けることによって表現する。ポリゴン、テクスチャの処理には OpenGL を用いる。

仮想看板は、自身の座標と認識した手座標、前回の仮想看板の状態から判断する以下の 4 つの状態をもつ。

- 初期設置状態: 仮想看板が実看板に基づいて重畳表示されている状態。この状態の時、仮想看板の位置は実看板に依存する。
- 選択状態: 仮想看板と手が接触し、かつ手が掴み動作を行っていない場合の状態。この状態から掴み動作が行われることで選択状態へと移行する。

- 配置状態: 選択状態から掴み動作が行われ、任意の位置に配置される状態。この状態では仮想看板は手の動きに追従する。掴み動作を終了することで選択状態へ戻る。
- 設置済み状態: 上記以外の、実看板に依存せずかつ手が接触していない状態。ユーザの手によって位置が決定された状態となる。

状態遷移は以下になる。

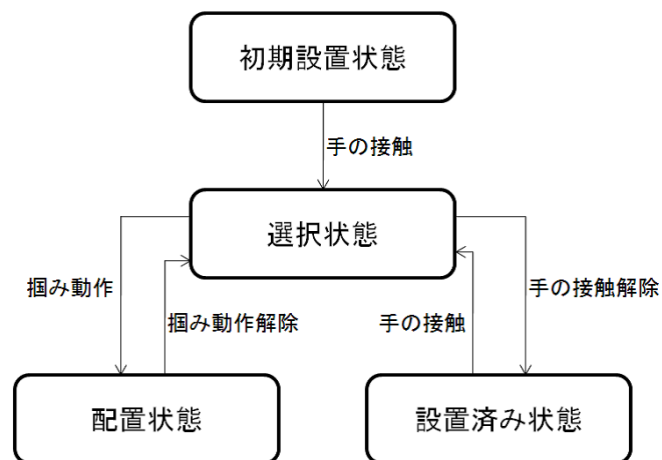


図 4.2: 仮想看板の状態遷移



図 4.3: 仮想看板の各状態。左上：初期設置状態、右上：選択状態、左下：配置状態、右下：設置済み状態

仮想看板の位置は、初期設置状態時には後述するマーカ座標系を基準とし、それ以外の状態の場合はユーザのカメラを中心としたカメラ座標系を基準とする。

4.3.2 実看板の認識処理

今回実看板認識には、ARToolKit[12] で用いるマーカを使用する。

実看板の中に ARToolKit で用いるマーカを設置し、カメラで認識する。マーカを認識した際、仮想看板をマーカ位置に重畳表示させる。実際には手認識とマーカ認識は同一のカメラで行うため、手で操作する際に手とマーカが被らないような位置に仮想看板を重畳表示する必要がある。重畳表示した仮想看板の座標は OpenGL のものに変換する。これは以下で述べる空間配置時に用いる座標系と合わせるためである。

重畳表示された仮想看板の状態は初期配置状態である。この仮想看板がユーザの手によって操作され一度配置状態に移行すると、仮想看板はマーカを元にした座標系からカメラ位置を元にした座標系へと移行する。以降移行した先のマーカは認識しても看板の重畳表示は行わない。

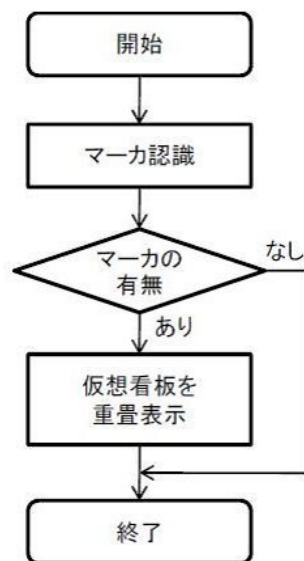


図 4.4: 看板認識のフローチャート

4.3.3 手認識処理

仮想看板を掴む操作を実現するために、図 4.5 のような流れで処理を行う。手認識処理は先行研究 [14][15] を参考にした。

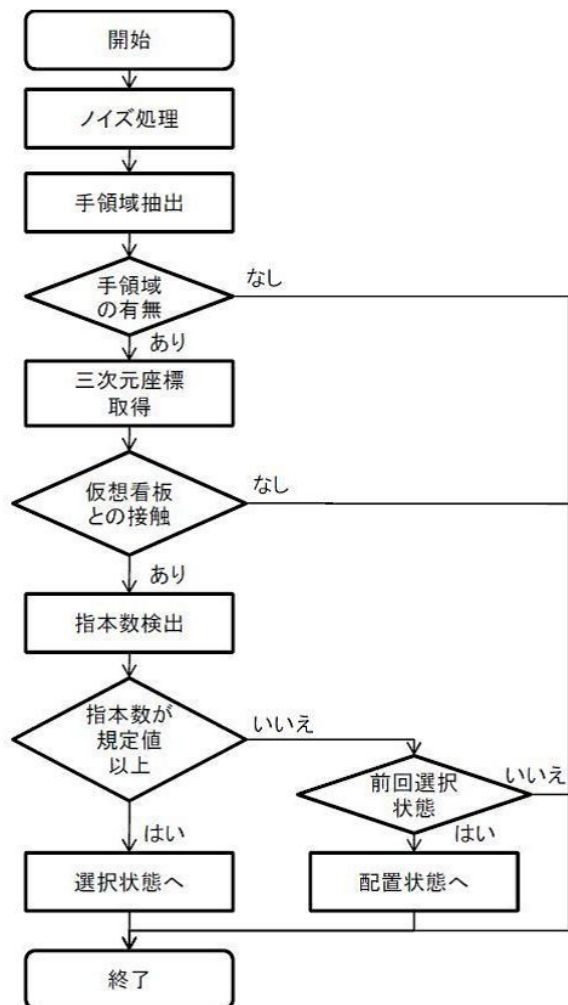


図 4.5: 手認識処理のフローチャート

手領域抽出

手を認識するために、手領域を抽出する。手領域を抽出するためには、まず画像中の肌色領域を認識する必要がある。肌色領域認識を行うため、本研究ではカメラからキャプチャした RGB 空間画像を YUV 空間へ変換する。YUV 空間とは色を Y(輝度) と U、V(色差) の成分に分離して表す色空間で、肌色検出を行う際多く用いられている。RGB 空間から YUV 空間への変換式を (式 4.1) に示す。

$$\begin{aligned}
 Y &= ((0.2989 * R) + (0.5866 * G) + (0.1145 * B)) \\
 U &= (-(0.1687 * R) - (0.3312 * G) + (0.5000 * B)) \\
 V &= ((0.5000 * R) - (0.4183 * G) - (0.0816 * B))
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

YUV 空間への変換後、入力画像を 1 ピクセルごとに走査し、予め作成したデータにより決定した閾値により肌色だと判断された画素値を 1(白)、肌色だと判断された画素値を 0(黒) とする 2 値の肌色マスク画像を生成する。(図 4.6)



図 4.6: 左:入力画像, 右:肌色マスク画像

その後、肌色と判断された隣接する画素を一つの領域だと判断するため、輪郭の抽出を行う。輪郭の抽出には OpenCV の輪郭抽出用関数を用いる。輪郭の抽出により、画像中の肌色領域を輪郭線により分割することができる (図 4.7)。



図 4.7: 輪郭線抽出画像

今回は取得画像中の最も大きい肌色領域を手だと判断するため、肌色マスク画像から最大

の肌色領域を検出する。検出のために、まず肌色マスク画像を距離変換画像に変換する。距離変換画像とは、2値画像の各画素に対し、そこから値が0である画素への最短距離をその画素の値とするような変換を行った画像のことである。すなわち「距離変換後の値が最も大きな画素を含む肌色領域」が、画像中の最大の肌色領域となる。距離変換画像化も OpenCV の距離変換関数を用いて行う。(図 4.8)

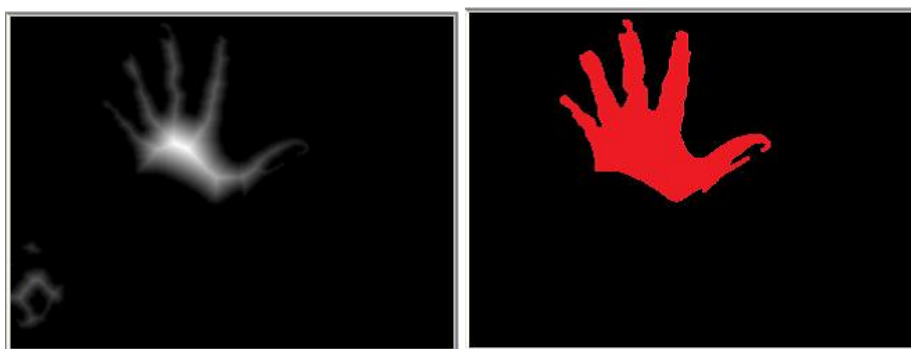


図 4.8: 左:距離変換画像, 右:最大肌色領域画像

以上の処理を行って抽出した手の領域の重心画素位置を手の座標とする。(図 4.7)
この処理は2台のカメラ画像の同フレーム中の画像それぞれについて処理を行う。



図 4.9: 手の座標検出画像

三次元座標取得

前小節で2台のカメラ画像から得たそれぞれの手の座標から、手の三次元座標を計算する。三次元座標を求める理由は、手で掴むといった動作をより自然なものに近づけるため、また閲覧操作に用いる「近づける」といった操作を行えるようにするためである。

三次元座標の取得にはステレオ法を用いる。ステレオ法とは、三角測量の原理を応用し測定物体を異なる位置から撮影して得た複数の画像から、測定物体の三次元座標を算出する方

法である。今回は測定用にカメラを2台使用し、それぞれから得た画像から前小節の方法によって手の座標を計算。その後その手座標より手の三次元座標を計算する。

三角測量の原理とは、以下の図 4.10 のように、対象物 C の撮影画像内における座標とカメラ A, B の距離 d から三角形 ABC を決定する方法である。

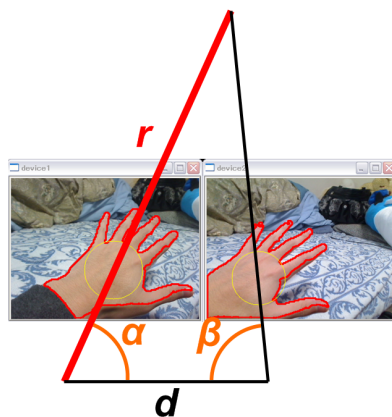


図 4.10: 三角測量の原理

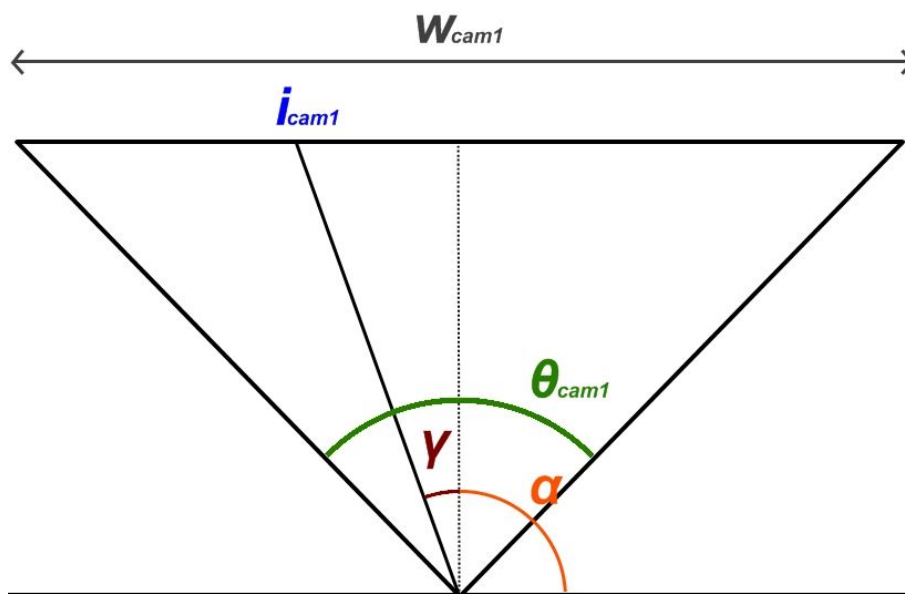


図 4.11: 左カメラを基準とした y 軸平面上の関係図

まず左カメラから対象物方向への角度 α を求める。

図 4.11 より、カメラの画角を θ_{cam1} , 入力画像の幅を w_{cam1} とすると、左カメラの第 i_{cam1} 画素に位置する点の左カメラを中心とした画素の角度 γ は以下の式で表される。

$$\gamma = \text{atan}(\tan((\frac{\theta_{cam1}}{2})(\frac{\pi}{180}))(\frac{\frac{w_{cam1}}{2} - i_{cam1}}{\frac{w_{cam1}}{2}})) \quad (4.2)$$

よって図 4.11 の左カメラの物体に対する角度 α は、

$$\alpha = \gamma + \frac{\pi}{2} \quad (4.3)$$

で与えられる。右カメラについても同様に物体に対する角度 β は、

$$\delta = \text{atan}(\tan((\frac{\theta_{cam2}}{2})(\frac{\pi}{180}))(\frac{\frac{w_{cam2}}{2} - i_{cam2}}{\frac{w_{cam2}}{2}})) \quad (4.4)$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \delta \quad (4.5)$$

で与えられる。4.3, 4.5 から正弦定理より、距離 r はカメラ間の距離 d を用いて、

$$r = \frac{d}{\sin\beta\sin(\pi - \alpha - \beta)} \quad (4.6)$$

で表される。これらを用い、左カメラを原点とした座標 x, z は、

$$x = r\cos\alpha \quad (4.7)$$

$$z = r\sin\alpha \quad (4.8)$$

となる。同様に座標 y は、

$$\phi = \text{atan}(\tan((\frac{\theta_{cam1}}{2})(\frac{\pi}{180}))(\frac{\frac{h_{cam1}}{2} - j_{cam1}}{\frac{h_{cam1}}{2}})) \quad (4.9)$$

$$y = r\sin\phi \quad (4.10)$$

となる。

以上のようにして求めた 3 次元座標を手の座標とし、仮想看板との接触判定に用いる。

指本数検出

手が物体を「掴んでいる」という動作を認識するためにはパターンマッチング等を用いた手の姿勢認識処理 [7] を行う方法が多く用いられる。しかし手の姿勢認識は計算が複雑で処理に時間がかかってしまうという問題がある。

そこで今回仮想看板に対する操作を「掴む」という動作に限定し、さらに「人間が物体を掴む際、ほとんどの場合視界から指先を認識できなくなる、または認識できる指先の個数が減る」といった掴み動作の特徴から、指先の個数を数え上げることによって掴み動作を行っているか否かの判断を行うことにする。

指先の判断には、手認識処理に用いた手の輪郭線情報を用いる。輪郭線上の距離 $AB=$ 距離 BC となる 3 点 A, B, C を順に走査し、角度 ABC が定められた閾値以下の場合点 B を指先の候補とする。次に点 B が輪郭の山か谷かを判断するため、重心位置 O との 3 点の距離 OA, OB, OC が

$$OA \leq OB \quad (4.11)$$

$$OC \leq OB \quad (4.12)$$

の関係を満たすかどうかを調べる。満たしていた場合、曲率が一定以下かつ指先方向に山があるとみなし、点 B を指先だと判断する。

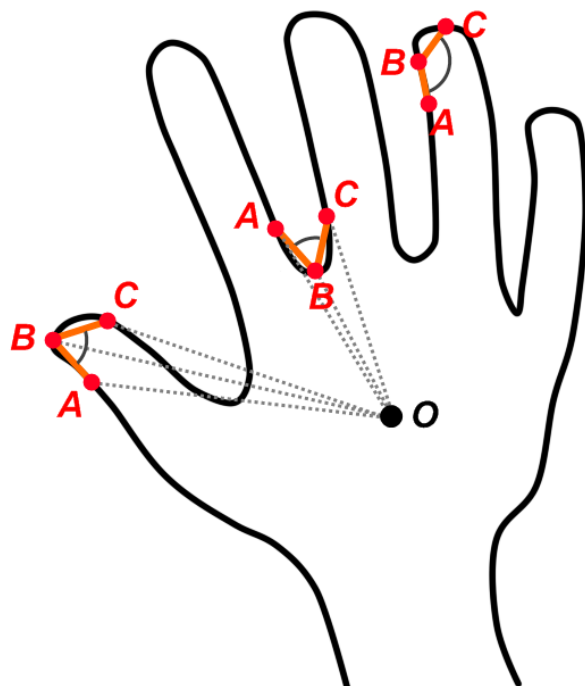


図 4.12: 輪郭線による指先の検出

また認識率の向上のため、指先に特徴的な色を配し、画像内の特徴色領域の領域数も指先の認識の判断に用いた。

特徴色の領域検出は、肌色検出と同様の方法によりマスク画像を生成して行う。(図 4.13)

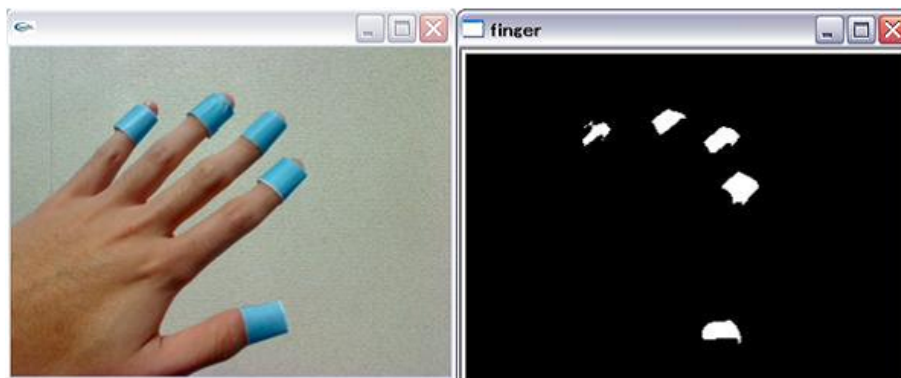


図 4.13: 左:入力画像, 右:指先マスク画像

各処理後、認識された指先の個数を数え上げ、個数が一定数以上ならば手が広げられているものとし、選択状態とする。個数が一定数以下かつ前回の状態が選択状態であった場合、接触した仮想看板の配置状態へ移行する。配置状態から再び選択状態へ移行した場合、その位置を仮想物体の新しい座標とする (図)。選択状態が解除された際に仮想看板は配置済み状態へ移行する。

(図：左:選択状態の様子、右:移動状態の様子)

4.3.4 仮想看板の消去

取得した仮想看板の消去を行うことができる。消去するためには、仮想看板を設定した消去エリア内に一定時間配置状態のまま停留させることで行う。仮想看板が消去された場合、実際にデータが消去されるわけではなく、元の実看板に設置したマーカを再びカメラで認識することで、消去された看板は初期配置状態の仮想看板として再びマーカを基に重畳表示される。

4.3.5 表示切替

仮想看板の取得・収集のための機能の他に、Virtual Signage は表示切替の機能を有する。これは、常に仮想看板が視界に入っている状態での移動は困難であると考えられるためである。取得画像における肌色領域の割合が規定値を超えた場合、または取得画像の全画素の輝度の平均が一定値以下であった場合、仮想看板の表示非表示を切り替える。これは利用者が目 (カメラ) を手で蔽い隠した場合に表示を切り替える、ということを意図している。

第5章 議論

本章では、本研究で提案した手法の考察、従来手法の比較、また開発したシステムの今後の課題などの議論について述べる。

5.1 提案手法の考察

本研究の提案手法では、街頭広告の情報を持ち運び可能な仮想的な看板として提示することにより、利用者が自由にその情報の取得・収集を行うことができる。取得・収集を可能にしたことにより、広告情報は従来より長い期間利用者に保持され、また再閲覧されるため、広告効果が上昇すると考えられる。また従来 of 街頭広告提示では困難であった他広告との比較が行えるようになる。

また、素手を用いた操作法は、従来の配布広告を獲得することと同様の感覚で情報獲得を行うことができ、情報収集手段として適している方法だと考えられる。

5.2 従来手法との比較

本研究の提案手法は、従来の配布広告、QRコードによるサイト誘導、デジタルサイネージの利点を兼ね備え、それぞれの欠点を補っているといえる。

配布広告

実看板に仮想看板を重ね表示させることにより「手に取るものがその場で確認できる」、また素手を用いたインタラクション手法を採用したことにより「手に取ることで情報の取得を行う」といった」、といった配布広告の特長を本手法では取り入れている。

前者はQRコードによるサイト誘導の欠点である「取得情報そのものを見ることができない」、後者はデジタルサイネージやその他の設置広告の欠点である「情報を持ち帰ることができない」といったそれぞれの欠点を補う。

QRコードによるサイト誘導

マーカを仮想看板重ね表示の手がかりとして用いることにより、QRコードの「詳細情報の存在を伝える」「情報取得のてがかりとなる」といった特長を取り入れている。

デジタルサイネージ

デジタルな方式で情報を提示することから「常に最新の情報を提示することができる」「動画等のコンテンツを含めることができる」「コストが配布数に比例しない」といったデジタルサイネージと同様の特長を持つ。従来の配布広告では提供できなかった効果を用いることにより、利用者の手元に印象深い広告を提示することができる。

5.3 従来手法との共存

本研究で用いる手法は、重畳表示のために ARToolKit で用いるマーカを使用している。今後マーカの代わりに QR コードを読み取り、誘導先の Web ページ (HTML) を表示するといったことを行えば、従来の QR コードを配した広告や看板を廃棄することなくスムーズに移行できると考えられる。

5.4 今後の課題と展望

以下に Virtual Signage の今後の課題と展望を述べる。

ネットワーク対応

現在の実装では、仮想看板として提示される情報は予め処理用の計算機に全て保存されており、実看板認識用のマーカによって提示する情報を出しわけている。本来は企業が街頭で提示する広告は無数に存在し、その情報の全てを予め計算機に登録しておくのは非現実的である。

よって今後は GPS 等で位置情報を取得し、周辺に存在する広告の仮想看板情報のみを計算機に保存、その他の消去を行うといったネットワーク対応を考える必要がある。

その他のインタラクション手法

今回は街頭広告情報の取得に主眼を置いたため、仮想物体の取得や操作は全て掴み動作のみで行うこととした。

しかし応用例で述べたようなプロフィール交換サービス等を考えたとき、他人に対して手を差し出し物を掴むという操作が好ましくない場合もある。

また、実物体ではないという特徴を活かし、遠距離の広告情報をマジックハンドのように手を伸ばして掴んで取得するというような仮想看板ならではのインタラクション手法を考えることもできる。

今後さらに応用例やその目的を考え、それに見合ったインタラクション手法を考える必要がある。

完全な素手のみで行う認識

今回指先の認識率の向上のため、指先に特徴色をつける方式を取った。これは曲率のみの指先認識では誤った認識が多く、実用には厳しいためである。

しかしこれは、何もつけない素手で操作全般を行えるようにすることによりユーザのデバイスの持ち運びの負担を減らす、といった素手を採用した理由に反する。

指先認識の改良を行い、完全に素手のみで認識を行えるようにする必要がある。

評価

今回開発したシステムについての評価は行っていない。今後被験者実験を行うことにより、提案手法の有用性を定量的に述べるようにする必要がある。

第6章 関連研究

本章では、本研究に関連する研究について述べる。

6.1 デジタルサイネージ

広告に関する研究として、デジタルサイネージに着目した研究がある。注視情報を基にした大型ディスプレイ広告に関する研究 [9] や、人の接近を感知して広告内容を変更するもの [10] がある。しかし基本的に公共用に大画面に対して表示を行うため、特定の個人向けに出しわけを行うことができない。本研究の手法では、個人のディスプレイに広告を表示することにより出しわけを可能にし、よりターゲットを絞った効果的な広告活動を行うことができると考えられる。

6.2 情報の付加提示

拡張現実感の技術を用いて現実環境に付加情報を重畳表示する研究は数多くなされている。例として、GPS と組み合わせることで場所の付加情報を提示するもの [2]、ある位置に常に付加情報が存在しているように見せかけ、携帯電話のカメラ越しにその情報を提示するもの [4] などがある。しかしそれらの研究は基本的にその場で確認できるようにすることを目的として情報を付加するものであり、本研究はさらに付加情報を利用者が取得し所有物にできるようにすることにより、情報の保持を行うことができるという点で異なる。

6.3 情報の管理手法

情報の管理手法の関連研究として、利用者の体をストレージに見立てる柔らかいストレージ [13] がある。柔らかいストレージは人体に関連付けて情報管理を行うため、ファイル操作が行える場所が限定されてしまうが、本研究はヘッドマウントディスプレイを用い視界をストレージに見立てることにより、いつでもどこでも情報の閲覧や操作を行うことができる。

第7章 結論

街頭広告の情報を、取得・収集可能なものとして提示するにより、利用者への広告効果を高める手法を提案した。また、その手法を実現するシステム Virtual Signage の開発を行った。Virtual Signage は拡張現実感を用いた街頭広告提示システムで、利用者は自分の気に入った広告を掴む操作を行うことにより入手し、好きな時に閲覧ができるようになる。Virtual Signage は、デジタルな方式で広告情報をヘッドマウントディスプレイに重畳表示することにより、従来の設置広告や配布広告・QR コードによるサイト誘導のそれぞれの利点を持ち、またそれぞれの欠点を補うと考えられる。

今後改良を進めることで、Virtual Signage は来るべきユビキタス社会における広告方法の新しい在り方を提示し、ウェアラブルコンピューティングの普及に貢献するものとする。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、指導教員である三末和男先生、田中二郎先生をはじめ、志築文太郎先生、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、NAIS 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] 塚本 昌彦, 板生 知子. ウェアラブルコンピューティングとユビキタスサービス, 経営の科学 オペレーションズ・リサーチ 2004, Vol.49 No.4, pp 210-216, 2004.
- [2] 小田島太郎, 神原誠之, 横矢直和. "GPS を用いた屋外で利用可能なウェアラブル型拡張現実感システム". 情報科学技術フォーラム (FIT) 一般講演論文集, Vol. 3, No. I-96, 2002.
- [3] 中山英樹, 原田達也, 國吉康夫. 画像情報からリアルタイムに実世界記述・検索を行うサイバーゴーグル, 第 13 回ロボティクスシンポジア, pp.192-199, 2008.
- [4] 垂水 浩幸, 楠 房子, 大黒 孝文, 稲垣 成哲, 竹中 真希子, 林 敏浩, 山田 敬太郎, 吉田 秀也, 小谷 陽太郎, 矢野 雅彦. "ケータイタイムトラベラー: 携帯電話で過去空間をブラウズするフィールドワーク", WISS2007, 2007.
- [5] 加藤博一, Mark Billinghamurst, Ivan Poupyrev, 鉄谷信二, 橘啓八郎, "拡張現実感技術を用いたタンジブルインターフェース". 芸術科学会論文誌 Vol.1 No.2, pp.97-104, 2002.
- [6] 坂根裕, 塚本昌彦, 西尾章治郎. "アイコンの立体表示を可能にするウェアラブル拡張デスクトップシステム". SPA2001 オンライン論文集, 2001.
- [7] 舟橋健司, 安田孝美, 横井茂樹, 鳥脇純一郎. "仮想空間における仮想手による道具操作のための知識とモデル", TVRSJ Vol3 No3, pp.167-176, 1998.
- [8] 野間 春生, 北村 喜文, 宮里 勉, 岸野 文郎. "仮想物体操作における力覚と視覚のフィードバックの利用". 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎 Vol.95 No.524, pp.9-18, 1996.
- [9] 南竹俊介, 高橋伸, 田中二郎. "大画面への注目情報の取得と利用". 情報処理学会第 70 回大会, 2008.
- [10] 佐藤 竜也, 村田 雄一, 志築 文太郎, 田中 二郎. "立つだけインタラクション - 自然に使い方がわかる公共大画面向けインタラクション", WISS 2008, 2008.
- [11] 渡辺 奈夕子, 五十嵐 健夫, "Bubble Clusters: アイコンの空間的なまとまりを利用した情報管理機構". WISS2005
- [12] 加藤博一, "拡張現実感システム構築ツール ARToolKit の開発". 信学技報 PRMU Vol.101 No.652, pp.79-86, 2002.

- [13] 岩淵志学, 志築文太郎, 田中二郎. ”柔らかいストレージ: 体と融合したストレージの提案と実装”. 日本ソフトウェア科学会第 21 回大会, 2004.
- [14] 加藤喬, 近藤裕介, 甲藤二郎, ”HandyAR: 手をインターフェースとした拡張現実感システム HandyAR の開発”. FIT2005, pp.111-112, 2005.
- [15] T. Lee and T. Hollerer. Handy AR: Markerless Inspection of Augmented Reality Objects Using Fingertip Tracking, ISWC2007, 2007.