

Characteristic of eye-gaze Interface as an information tool, and requirements for design

横尾, 誠

<https://doi.org/10.15017/458546>

出版情報 : Kyushu Institute of Design, 2002, 博士 (芸術工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第4章

リアルオブジェクトコントロール・アイゲイズインタフェース

既存のアイゲイズ・インタフェースでは、GUIにおいて記号化されたアイコンを選択し、コンピュータを操作する。しかし、本来人間の見るという行為は、視覚を用いて目の前の実世界を知覚する行為である。第3章のアイゲイズインタフェースではスクリーン上に描かれたGUIのアイコンを選択するものであった。第4章では、本来の視覚の観点に立ち返り、注視する対象が目の前に実在する物体を用いたユーザインタフェースについて議論する。本論では、実在する物体のことをリアルオブジェクトと呼ぶこととする。つまり、リアルオブジェクトをGUIのボタンの働きと同様に、見る行為がそのリアルオブジェクトの動作を起こさせるきっかけとするアイゲイズインタフェースである。リアルオブジェクトを対象としたアイゲイズシステムによってアイゲイズインタフェースの操作性を向上させることができるのではないかという仮説を検証する。

4.1 研究背景

アイゲイズ・システムは、注視点、視線の軌跡を検出するものであり、その応用として、四肢が不自由でありマウス・キーボード操作ができない障害者のための文字入力コミュニケーションツールなどが開発されている。これらのシステムは画面上に配置されたアイコンを選択するGUIを基本としている。これらがバリアフリーシステムとして発展すれば、家庭電化製品などが操作対象となる可能性がある。しかし、家庭電化製品を画面上で操作するならば、見る対象の家庭電化製品の画像を画面上に直接表示し、そのメタファ表現を画面上に表示する必要がある。このような表示では、ユーザが家庭電化製品を見る行為を間接的にし、ユーザに画面の注視を強制すると考える。ユーザの身の回りにあるリアルオブジェクトが画面上のGUIの替わりとなるようなアイゲイズインタ

フェースがあれば、もっと自然な操作環境を提供できよう。また、前述した通り、ユーザの身の回りにある家庭電化製品のコントロールなど応用の幅が広がることを期待できよう。

4.2 研究の目的

本章ではリアルオブジェクトを注視するとオブジェクトが応答するアイゲイズインタフェースのプロトタイプを制作し、ユーザ評価を行い、感想をインタビューすることで、その自然な操作について考察することを目的とする。

4.3 システム環境の開発

プロトタイプシステムではコントロールしたいリアルオブジェクトを注視することにより、コントロールパネルをプロジェクタで投影して出現させ、そのオブジェクトをコントロールできる環境を構築する。リアルオブジェクトとして次に挙げる2種類の家庭電化製品を選んだ。

・オーディオコントロール (図 4.1)

アイゲイズインタフェースでオーディオ装置をコントロールするときにはCDプレーヤのオブジェクトを注視することにより音楽を再生することができるようなものを想定する。CDプレーヤを注視すると、プロジェクタから投影したオーディオのコントロールパネルが後方の壁面に現れる。コントロールパネルには、再生と停止、早送り、巻き戻し機能のアイコンがあり、それぞれを注視することで選択することができる。また再生時には、プレーヤのCDが回転し、再生していることを示し、フィードバックのあるものを制作した。

・照明器具コントロール (図 4.2)

照明の明るさをコントロールしたいときに、電球とシェードの部分を注視することで照明器具のコントロールパネルをプロジェクタで壁面に投影する。見つめることで照明は次第に明るくなるようにデザインしており、10段階の調節ができるものとした。

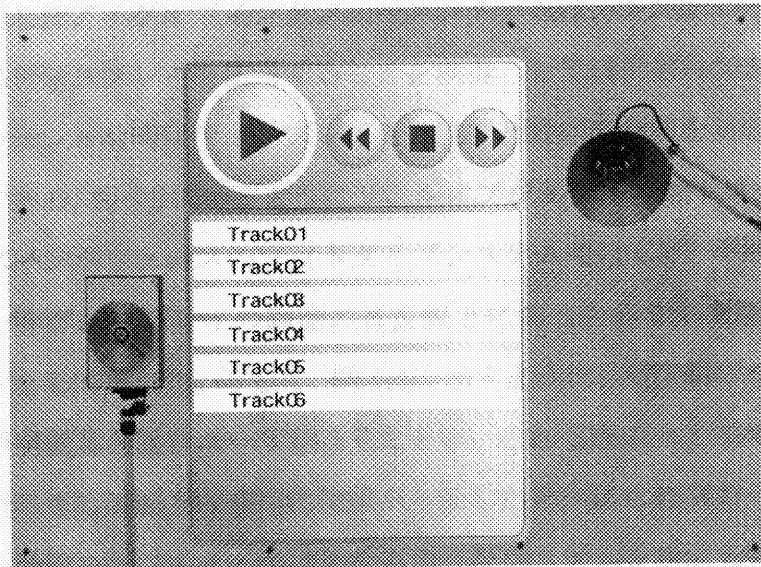


図 4.1 オーディオコントロールパネル

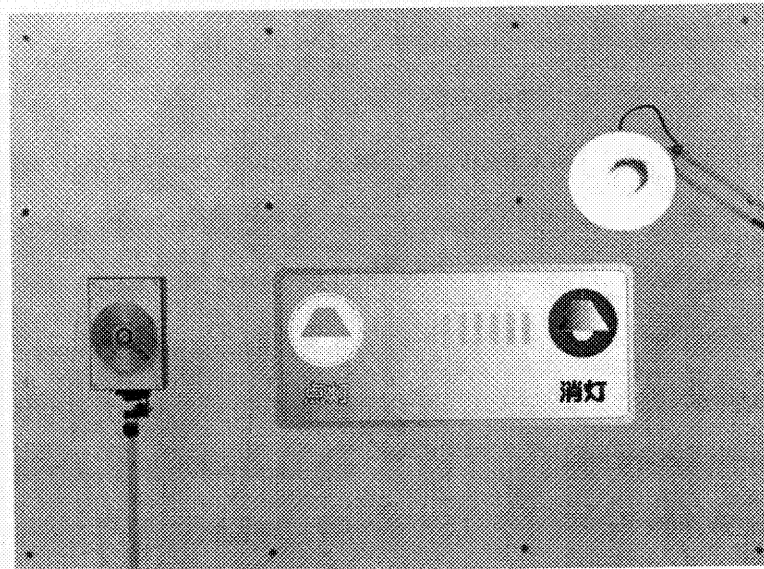


図 4.2 照明器具コントロールパネル

・アイゲイズ・システムとの連動

使用したアイゲイズインタフェースシステムは、コンピュータのCRTや液晶ディスプレイを使用することを前提として設計されており、キャリブレーション時にディスプレイ上の座標と眼球の角度を対応させる仕組みである。図4.3に示すようにリアルオブジェクトコントロール・アイゲイズインタフェースのプロトタイプシステムではCRTや液晶のコンピュータディスプレイの画面の延長線上にあるとみなした壁面をスクリーンとして用いた。そして、図4.4に示すように、実空間にCDプレーヤと照明器具を置きユーザから見たとき、それぞれのリアルオブジェクトと対応する画面上の座標に視線が一致したときにCDプレーヤや照明器具が動作を起こすきっかけとなるようなシステムを構成した。図4.5はアイゲイズ・システムとスクリーンとその前に配置したリアルオブジェクト、そしてユーザ位置関係を表わした様子である。

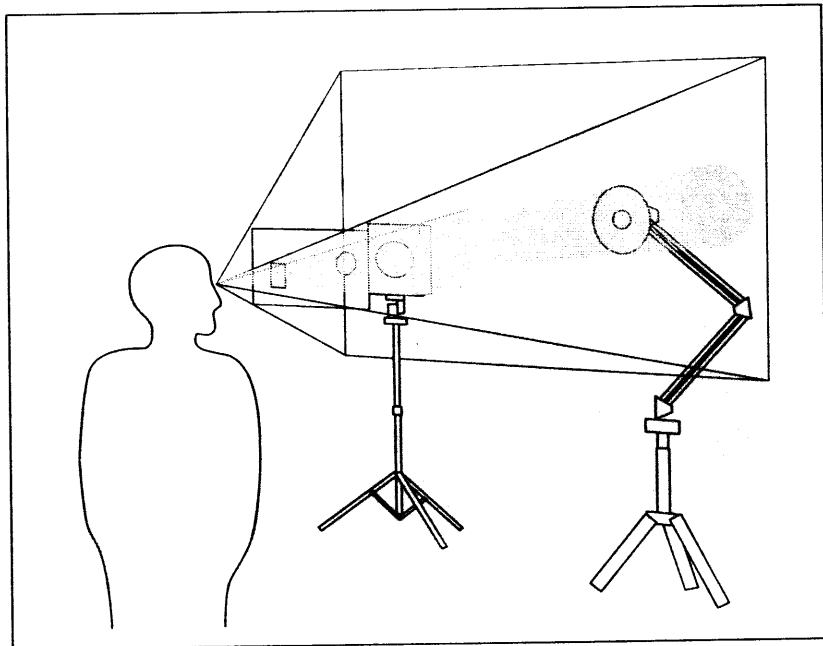


図4.3 CDプレーヤと照明器具の見かけ上の位置

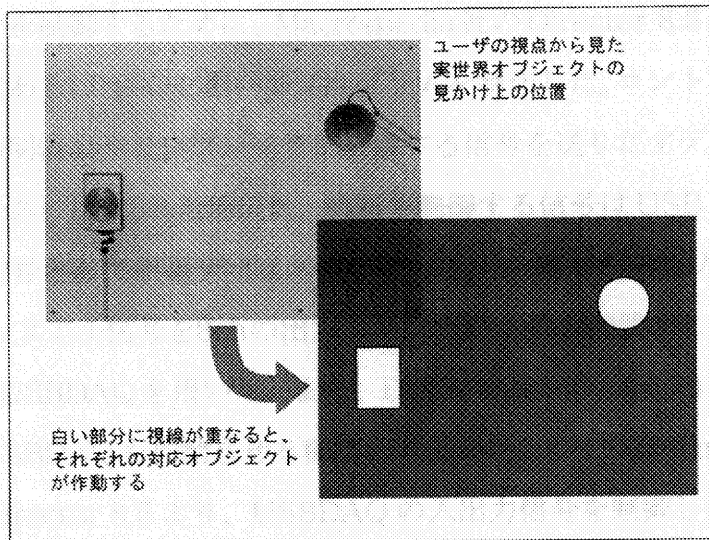


図 4.4 CDプレーヤと照明器具の視線検出の仕組み

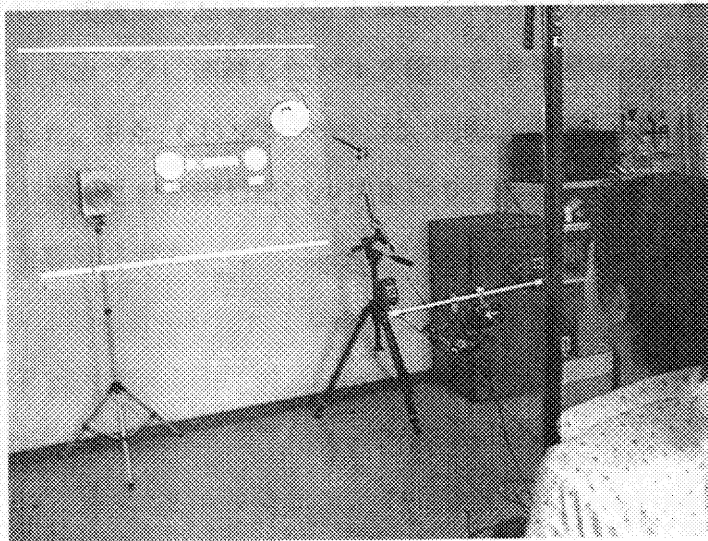


図 4.5 リアルオブジェクトと壁面スクリーンとユーザの配置

制御の構成

液晶プロジェクタからコントロールパネルを表示して照明器具やCDプレーヤを制御するために、Macromedia社のDirector 8.5のスク립ト言語であるLINGOを用いてプログラムを制作した。コントロールパネルから照明器具やCDプレーヤを制御する信号を送り出すデバイスインタフェースにはUSBを用いた。機器を制御する信号はUSB端子からデジタル信号として制御デバイスのコントロールボックスに入力される。USBのシリアル信号を8chの出力端子に分配させる機器として計測技研(株)のUSBDAQを用いた。また、Director 8.5のLINGOスク립トから、USBDAQを作動させる橋渡しの役目をUSBDAQ Xtraが担っており、Director 8.5より、USBDAQの入出力信号を制御した。

図4.6にUSBDAQとCDプレーヤと照明器具のコントロールボックスを接続するときの模式図を示す。USBDAQは8chのデジタル入出力と4chのアナログ入力を備えている。本研究のシステム構築にはこのうちのデジタル出力を照明コントロール用に2ch、CDプレーヤコントロール用に2chの計4chを用いた。照明コントロール用の回路はフォトカプラでリレー接続しており、コントロールパネルの操作で点灯または消灯用のフォトカプラに連続したパルス信号を送り照明の光量の調整を行うようにした。また、CDプレーヤには、回転、逆回転用にそれぞれ1chを用いた。これにも連続したパルスを送り、そのパルス信号を増幅させてモータを駆動させた。

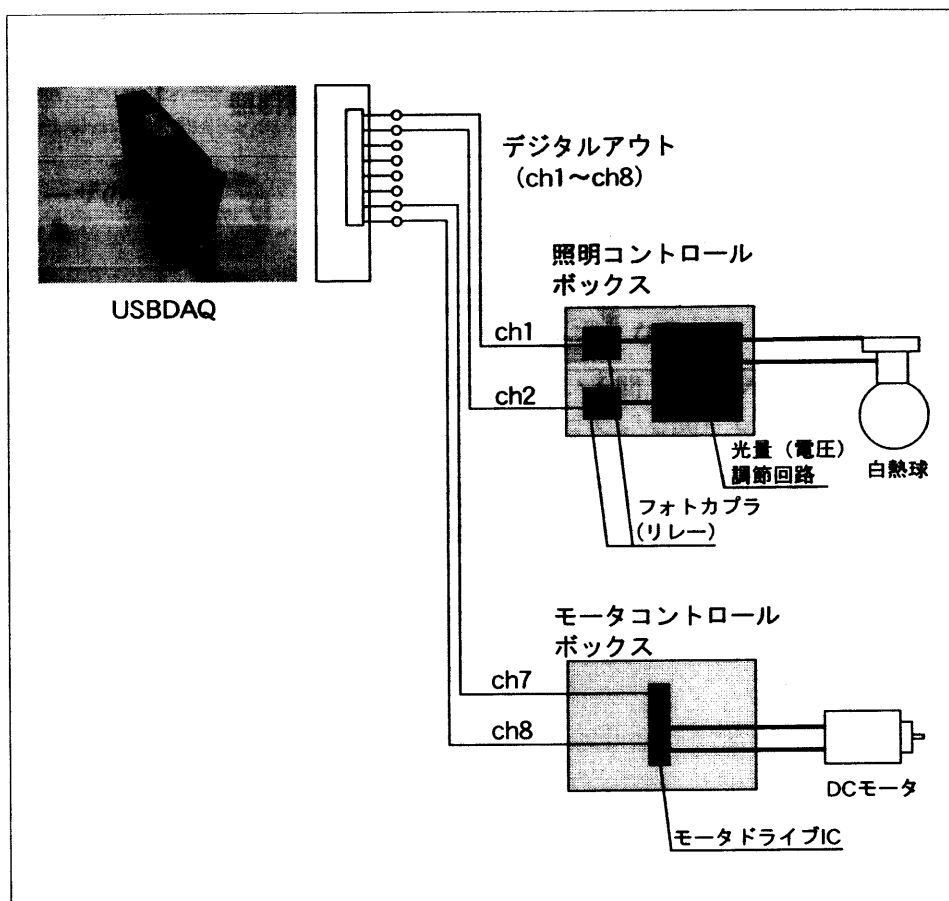


図 4.6 USBDAQ と各コントロールボックスの接続の模式図

制御プログラミング

制御の構成で述べたように、1 chごとに一定の動作を割り当てているので、パルス信号を送り続けることにより 1 chの信号に対応して1つの基本動作を実行する (図 4.7) (図 4.8)。照明器具と CDプレーヤのどちらの制御もパルス信号を送る回数または送り続けている時間によって制御する。コントロールパネルの照明器具のスイッチボタン、CDプレーヤの再生、停止ボタンが、直接オブジェクトと連動するようにした。アイゲイズインタフェースで動かしたカーソルをボタン上にロールオーバーしたときに USBDAQ にパルス信号を送るスクリプトを記述した。





	照明器具を点灯	照明器具を消灯
ユーザの 行為	 を見る	 を見る
PC内の 動作	 にカーソルが重なる	 にカーソルが重なる
出力信号	見ている間（カーソルが留まっている間）ch1に電圧がかかる	見ている間（カーソルが留まっている間）ch2に電圧がかかる
ボックス 内の動作	点灯用フォトカプラに電圧がかかり照明器具が点灯	消灯用フォトカプラに電圧がかかり照明器具が消灯

図 4.7 照明器具の操作側と動作側







	音楽を再生	音楽を一時停止	音楽を停止
ユーザの 行為	 を見る	 を見る	 を見る
PC内の 動作	 選択する (クリック)	 選択する (クリック)	 選択する (クリック)
出力信号	ch7がオンになり、電圧がかかり続ける	一時的にch8がオンになる	一時的にch8がオンになる
ボックス 内の動作	DCモータの順回転側に電圧がかかる(CDが回り始める)	一時的にDCモータの逆回転側に電圧がかかる(CDにブレーキをかけて止める)	一時的にDCモータの逆回転側に電圧がかかる(CDにブレーキをかけて止める)

図 4.8 オーディオコントロールの操作側と動作側

システムの構成

リアルオブジェクトコントロール・アイゲイズインタフェースのシステム図を図4.9に示す。アイゲイズ・システムには、Eye Tech Digital Systems 社の Quick Glance を用いた。

図4.10は使用時のシステムの概略図である。視野の範囲は、270cmの距離でサイズが140cm×100cmのスクリーンの領域内範囲に等しいものとした（視野角：水平方向約29度、垂直方向約20度）。CDプレーヤは、19cm×13cm（視野角：4度×2.6度）、照明器具のシェードは直径17cm（視野角：3.6度）、またユーザが座る後方にプロジェクタを設置してオブジェクトを選択した際にコントロールパネルが現れるように投影した。

4.3.1 仮説

アイゲイズインタフェースの注視する対象として、リアルオブジェクトを使用することは、ユーザにより自然に近いユーザインタフェースを提供できるのではないかと仮説をたてた。これは、日常的に身近なものを見るという行為がそのままリアルオブジェクト（ここでは家庭電化製品である）を動作させることと同じになるからである。

4.3.2 実験

仮説に基づいて制作したリアルオブジェクトコントロール・アイゲイズインタフェースの有効性を検証する目的で、ユーザテストによる簡単なタスク実験を行った。被験者は大学生5人で九州芸術工科大学内の実験室で実施した。実験では、プロトタイプを実際にユーザに使用してもらい、それぞれ個人の使用感に関して主観的な評価を聞き取ることとした。タスクは、次の2つである。

1. 初めに被験者はコントロールしたいCDプレーヤもしくは照明器具を注視する。1秒以内に注視をはずすと選択は実行されず、1秒経過すると、どちらか選択したほうのコントロールパネルが壁面に出現する。

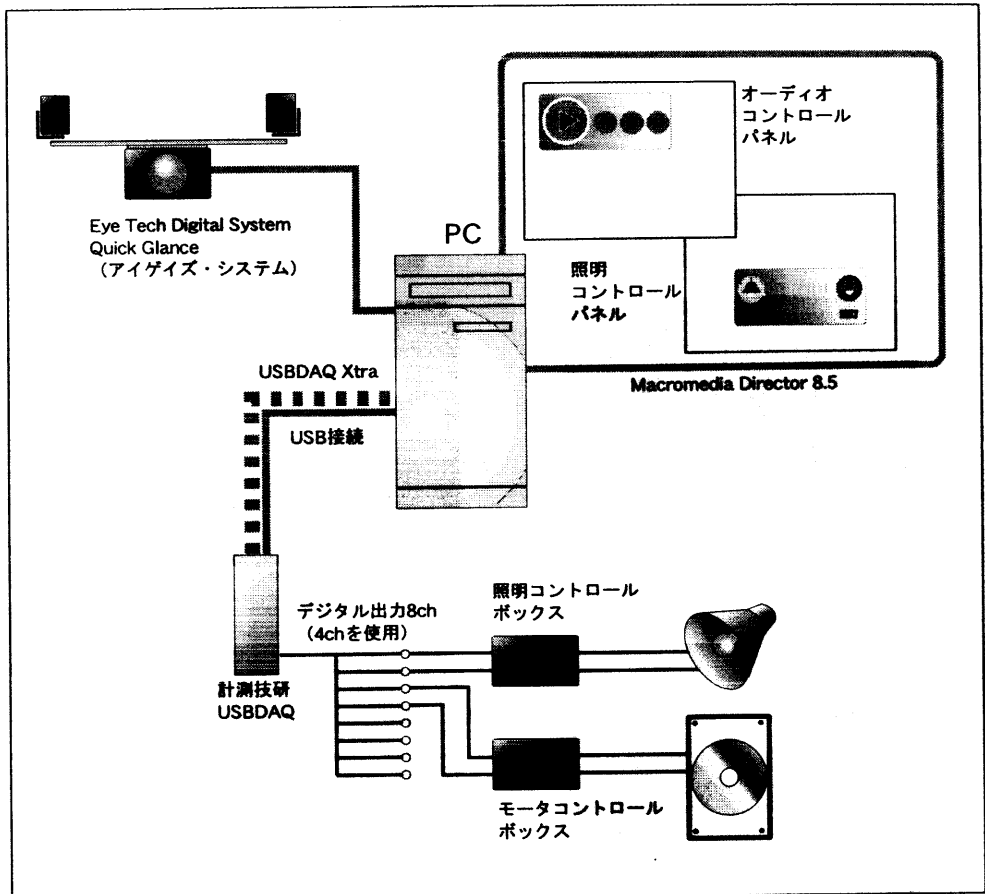


図4.9 リアルオブジェクトコントロール・アイゲイズインタフェースのシステム図

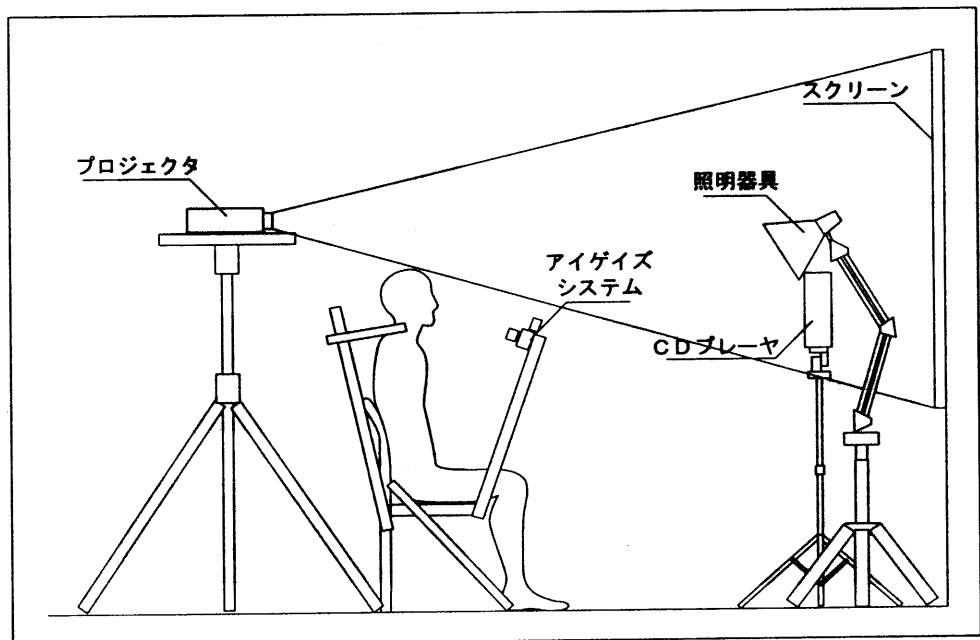


図 4.10 使用時のシステム概略図

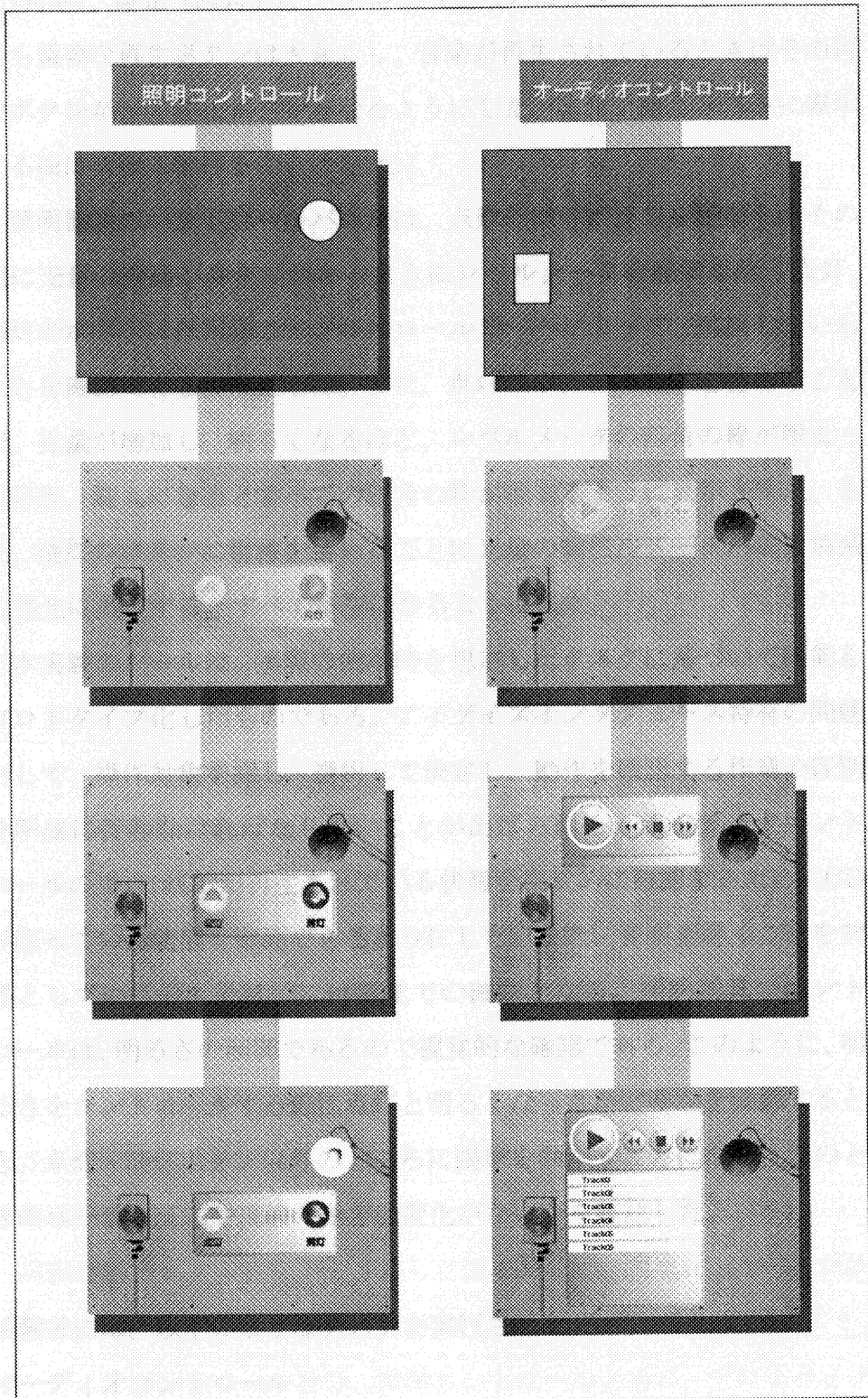


図 4.11 コントロールパネルの操作時の様子とレイアウト

2. 投影されたコントロールパネルを操作する。

CDプレーヤのコントロールパネルは、一般的に使用されている、再生(三角形)、停止(四角形)、一時停止(2つの縦長長方形)とした。もっとも重要な再生ボタンは大きくし、音楽が再生されているときはその再生ボタンが一時停止ボタンとなるようにした。また、曲名リストに表示する曲は実際に聴けるようにした。

照明器具のコントロールパネルは、点灯と消灯ボタンを配置し、その間に光量の調節の具合がわかるようにレベルメータを配置した。点灯、消灯のボタンには視線カーソルのロールオーバーによって、選択していることを確認できるようにした。また、点灯のボタンに視線を留めることで、光量が増加し、明るくなるほど、レベルメータの四角の枠が埋まっていき、最大になるとすべての四角の枠が埋まるように表示させた。また、消灯のボタンに視線を留めるごとに光量のレベルメータが順次消滅し完全に消灯するとすべてが空になるようにした。

本実験のツールは、実際の使用時を想定したタスクに基づいて機能をプロトタイプ化したものである。アイゲイズインタフェース特有の問題として、操作対象を探し、選択して決定し、動作を確認する作業の区別を明確に行わなければならないことがあげられる。オーディオコントロールの場合はCDが再生されている状態を視覚的に確認するためにCDが回っている状態を確認できるようにした。また、音楽を聴くことを前提としているので最終的には聴覚での確認となる。照明器具のコントロールは、明るさの制御であるので視覚的な確認である。このように、明るさをコントロールする際に点灯と明るくなったかどうかを確認するとき、点灯・消灯ボタン以外のところに眼球を動かすことになる。このときのユーザの反応や視線の動きに変化がないかを確認した。

被験者には、以下のようなタスクを実行させた。

オーディオコントロール

1. CDプレーヤを見る
2. コントロールパネルが出現する

-
3. 再生ボタンを選択する
 4. 再生される音楽を聴いて確認する
 5. 回転し始めたCDプレーヤを見て確認する
 6. 曲のタイトルを確認する
 7. 一時停止ボタンを選択する
 8. 音楽の再生がとまることを確認する
 9. 再生ボタンを選択する
 10. 音楽の再生が停止したところから始まることを聴いて確認する
 11. 停止ボタンを選択する
 12. 曲が停止するのを確認する

照明コントロール

1. 照明器具のシェード部分を見る
2. コントロールパネルが出現する
3. 点灯ボタンに視線を留める
4. 照明が点灯し明るくなっていくことを確認する
5. レベルメータで確認する
6. 光源で確認する
7. 消灯ボタンに視線を留める
8. 照明が消灯していくことを確認する
9. レベルメータで確認する
10. 光源で確認する

4.3.3 実験の結果

作業確認事項

実験時のタスク項目をチェックした表を図4.12、図4.13に示す。実験の結果、実験時の被験者の観察、ビデオ記録による実験後の確認により、オーディオコントロール及び、照明コントロールともに、プロトタイプを基本的に動作できたことが確認できた。

また照明のコントロールでの光量調節のときに調整作業のための視線

タスク		A	B	C	D	E
1	CDプレーヤを見る	○	○	○	○	○
2	コントロールパネルが出現する	○	○	○	○	○
3	再生ボタンを選択する	○	○	○	○	○
4	音楽が再生されるのを聞いて確認する	○	○	○	○	○
6	回転始めたCDプレーヤを見て確認する	○	△	○	○	○
7	曲のタイトルを確認する	○	○	○	○	○
8	一時停止ボタンを選択する	○	○	△	○	○
9	音楽の再生が止まるのを確認する	○	○	○	○	○
10	再生ボタンを選択する	○	○	○	○	○
11	音楽の再生が停止したところから始まるのを聞いて確認する	○	○	○	○	○
12	停止ボタンを選択する	○	△	○	△	△
13	曲が停止するのを確認する	○	○	○	○	○

図4.12 オーディオコントロールの作業確認事項結果
(○は滞りなく作業を終える。△は何度かの試行の後に作業を終了)

タスク		A	B	C	D	E
1	照明器具のシェード部分を見る	○	○	○	○	○
2	コントロールパネルが出現する	○	○	○	○	○
3	点灯ボタンに視線を留める	△	△	○	○	○
4	レベルメータで確認する	○	○	○	○	○
5	光源で確認する	○	△	○	△	○
6	消灯ボタンに視線を留める。	○	△	○	△	○
7	レベルメータで確認する	○	○	○	○	○
8	光源で確認する	○	○	○	○	○

図4.13 照明コントロールの作業確認事項結果
(○は滞りなく作業を終える。△は何度かの試行の後に作業を終了)

移動と、確認作業のための視線移動とが混在していないか実験中の被験者を観察したが、影響はほとんどなかった。実験の後に被験者にインタビューしたところ、照明器具のコントロールパネルで光量を調整するとき、光源を見なくても光が次第に明るくなったり、暗くなったりするのがわかったという。また、レベルメータもそばにあることで、光源を見る行為を直接行わなくてもよかった。

図4.12のタスク項目の中でオーディオコントロールの項目12番において3人の被験者がスムーズに作業を遂行できず何度かの試行の後に作業を終了させている。実験中の観察では、ボタンの大きさと、球面を模したボタンのデザインにより、視線がこのボタンの領域に入ろうとするときに視線が滑ったような動きをして領域の外に出るような現象が確認された。また、被験者の意見から、停止ボタンには、ロールオーバ（視線追従のカーソルが、領域内にあるときにそのボタンが反転）または、再生ボタンのようにボタンの縁のライト部分が点灯したようにすればいいという意見が得られた。

ユーザによる総合評価

実験後に被験者にオーディオコントロール、照明コントロールについて5段階評価によるアンケートを行った（図4.14）。それぞれ「総合的に操作はできたか」との質問に、「全くできなかった」、「できなかった」、「どちらでもない」、「できた」、「よくできた」の5段階で評価してもらったところ、ほとんどの被験者が「できた」と答え、さらに照明コントロールは2名が「よくできた」と答えた（図4.15）。

リアルオブジェクトを見ることは日常生活で行っており、同じように対象物を注視してコントロールパネルを表示し、照明の明るさの調節、オーディオの再生・停止をすることはわかりやすい操作として被験者に受け入れられたものと考えられる。

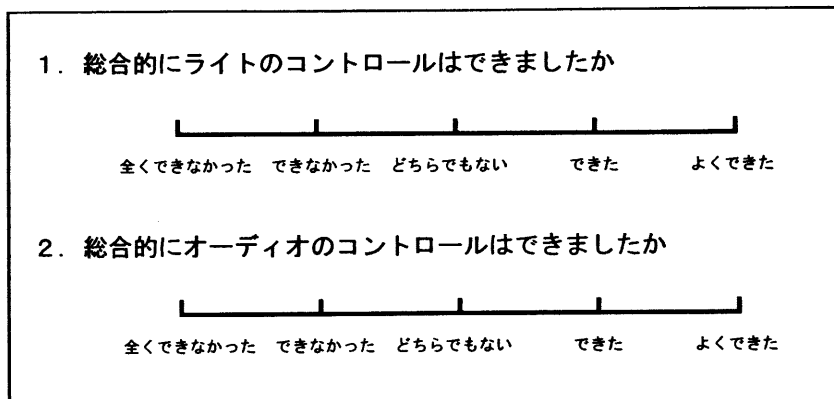


図 4.14 5段階による総合評価項目

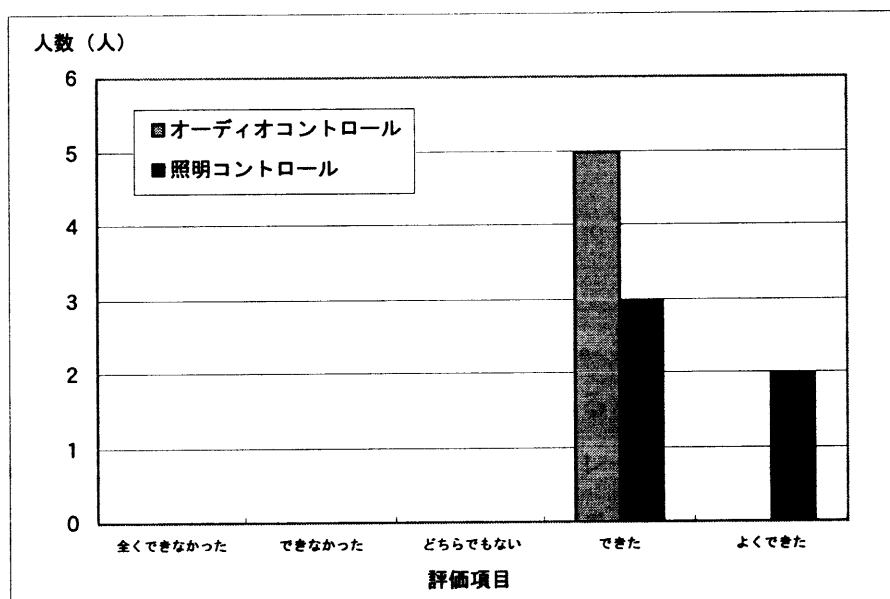


図 4.15 5段階による総合評価

4.4 タスク実験から得られた問題点

タスク分析で得られた結果を分析すると、図4.12、図4.13より、オーディオ、照明器具のタスクで、それぞれリアルオブジェクトを見るタスクについては、すべての被験者が滞りなくタスクを終えている。残りのタスクは、プロジェクタで投影されたコントロールパネルのボタンを注視する操作であるが、ボタンの形状によりタスクの完了に時間差が生じている。以上のことから、問題点として、リアルオブジェクトの選択は滞りなく行えるが、投影されたスクリーン上のタスクでは遂行の時間に差が生じていることに着目した。

4.4.1 問題点を明確にするための実験

問題点を明確にするための実験を行った。リアルオブジェクトを見ることがスイッチの動作であるとき、ユーザの見る行為がどのようになっているか細かくを観察する。そのために、タスク実験のときと同様なタスクである、CDプレーヤを注目する行為、照明器具を注目する行為を実行させ、その時の視線の軌跡を記録する。これと比較するために、スクリーン上に投影したCDプレーヤと照明器具の注目を実行させ、その視線の軌跡を記録する。

4.4.2 実験

被験者は大学生と大学院生の5名である。被験者の特性を表4.1に示す。実験環境はタスク実験と同じ環境であるが、スクリーン上に投影されたオブジェクトを見る実験では、CDプレーヤと照明器具のリアルオブジェクトを撤去した。アイゲイズ・システムには、Eye Tech Digital Systems社のQuick Glanceを用いた。

視野の範囲は、270cmの距離で、サイズが140cm×100cmのスクリーンの領域内範囲に等しいものとした（視野角：水平方向約29度、垂直方向約20度）。CDプレーヤは、19cm×13cm（視野角：4度×2.6度）、照明器具のシェードは直径17cm（視野角：3.6度）、またユーザが座る後方にプロジェクタを設置し、スクリーン上に投影した（図4.5）。

実験のプロセスを図4.16に示す。被験者にはCDプレーヤと照明器具のリアルオブジェクトとスクリーン上に投影されたCDプレーヤと照明器具のオブジェクト画像を10秒間注目してもらったこととした。10秒間はそのオブジェクトの詳細をみてもらうのに十分な時間だと判断したためである。普段と同じようにオブジェクト見ってもらうため特別な凝視をしないように被験者に依頼した。また、実験中には、Eye Tech Digital Systems社のEye Scienceを使用し、30Hzのサンプリング周波数で被験者の視線座標を取得した。

表 4.1 被験者の特性

被験者	性別	年齢	視力補正
A	男	26	裸眼
B	女	22	コンタクト
C	男	23	裸眼
D	男	24	コンタクト
E	男	27	裸眼

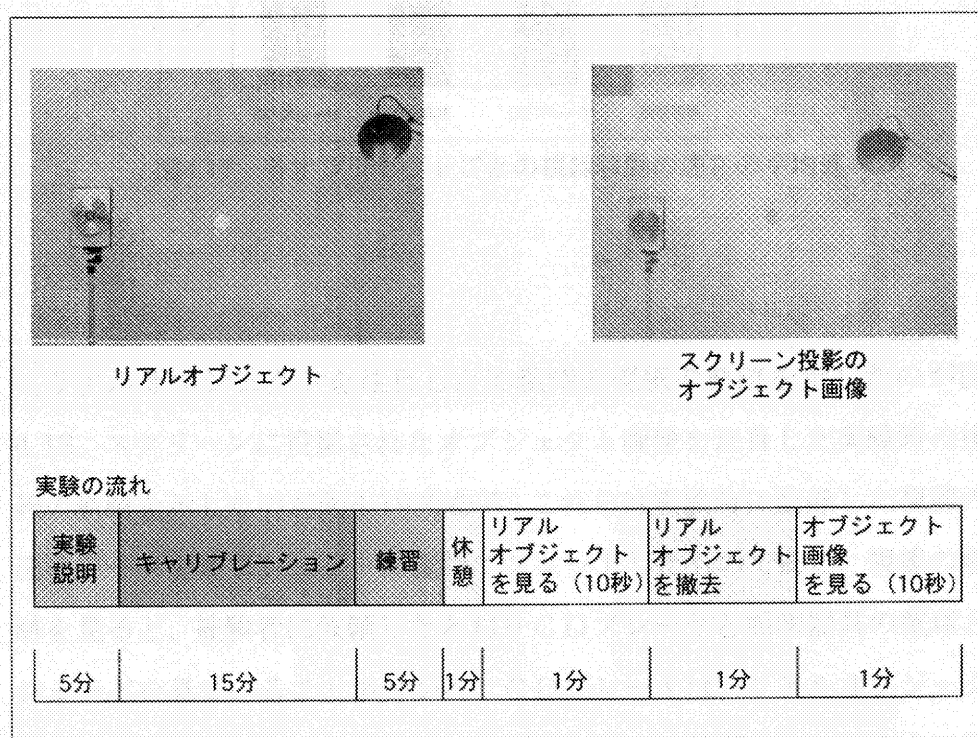


図 4.16 実験の流れ

4.4.3 実験結果

オブジェクトごとに被験者5人の視線移動の速さから平均値を示したグラフが図4.17である。一元配置の分散分析を行った結果、5%の有意差があった。またシェッフェの方法で4つのオブジェクトの形態を一対ずつ比較したところ、リアルオブジェクトのCDプレーヤとリアルオブジェクトの照明器具に5%の有意差があった。

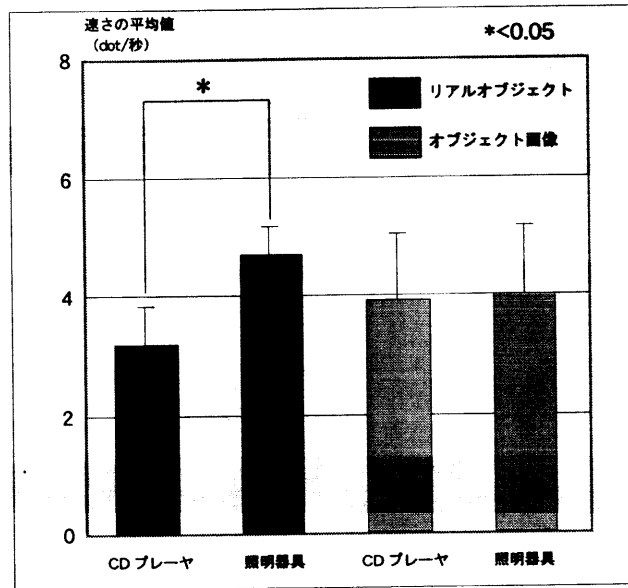


図4.17 各オブジェクトごとの視線移動の速さの平均値

リアルオブジェクトを注目した実験時の視線の軌跡を示したのが図4.18、スクリーンに投影されたオブジェクト画像を注目した実験時の視線の軌跡を示したのが図4.19である。これらは実験時に記録した視線の座標データをオブジェクトに重ねてプロットしたものである。視線の軌跡を見ると、被験者に依頼したとおりCDプレーヤと照明器具の電球とシェードを見ていることが分かる。CDプレーヤは、リアルオブジェクトとオブジェクト画像のどちらもオブジェクトの範囲内で、ある点に留まっている視線の軌跡、オブジェクトのなかを広く移動している視線と

リアルオブジェクト

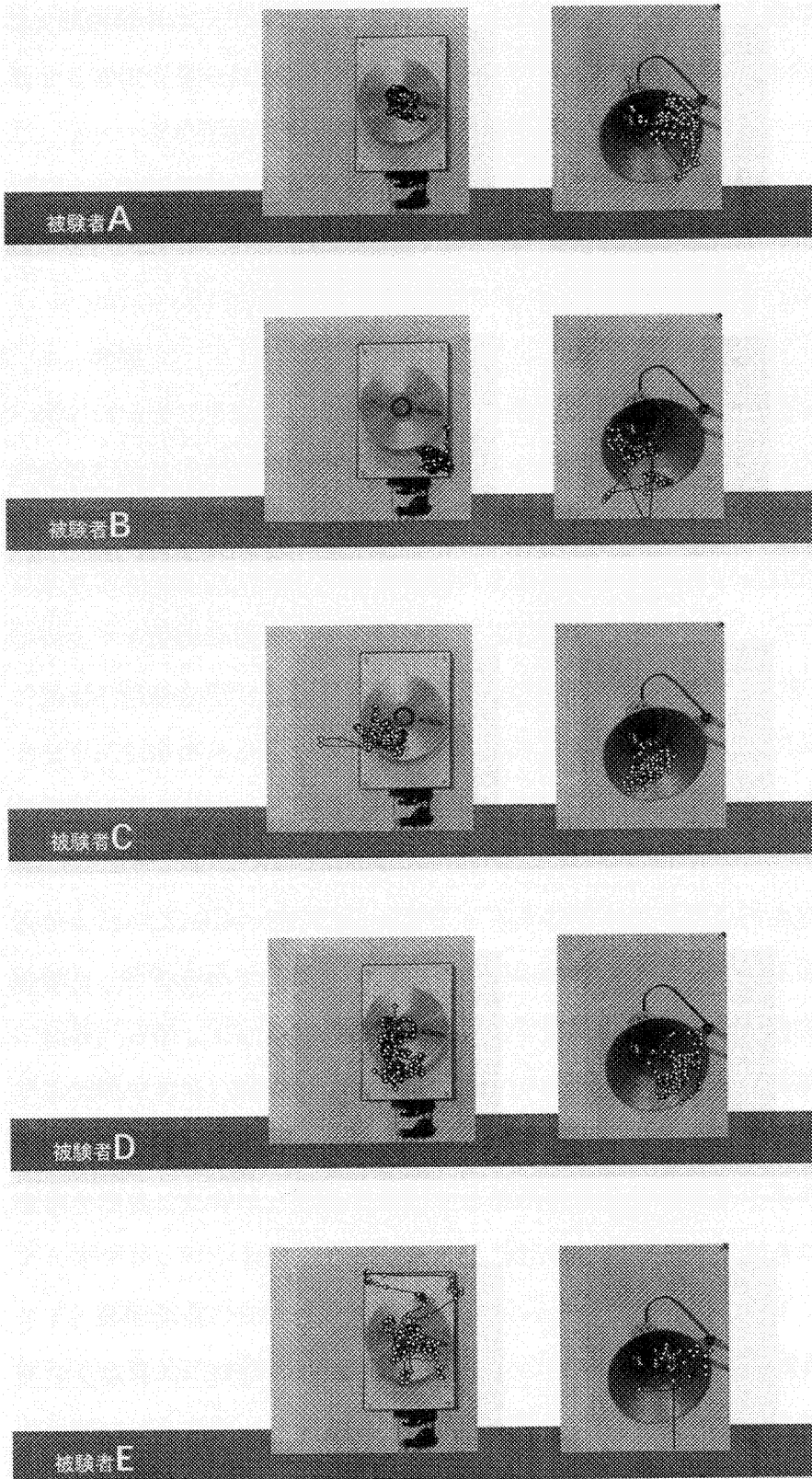


図4.18 リアルオブジェクトを10秒間注視したとき視線の軌跡

オブジェクト画像

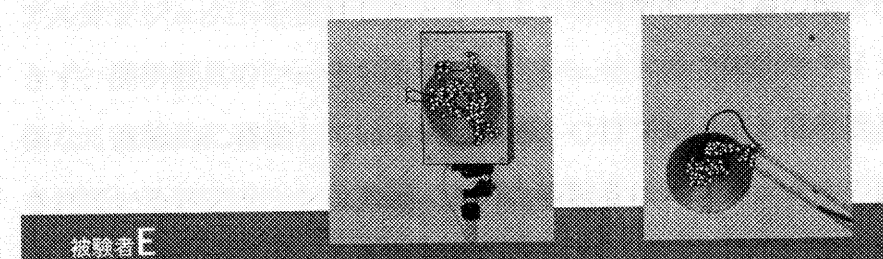
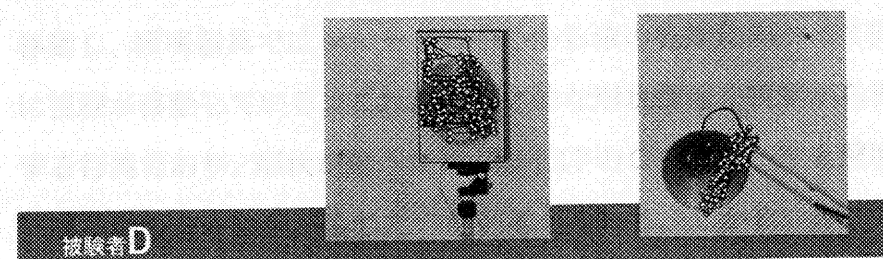
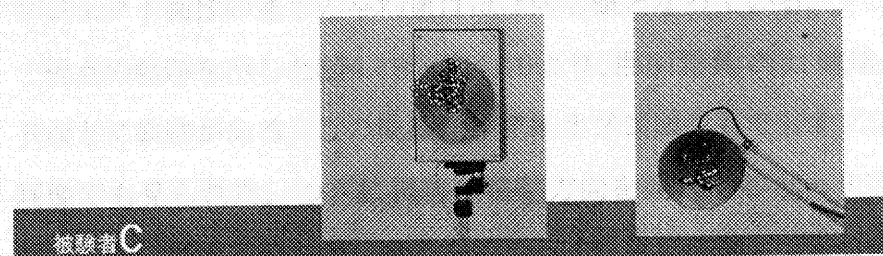
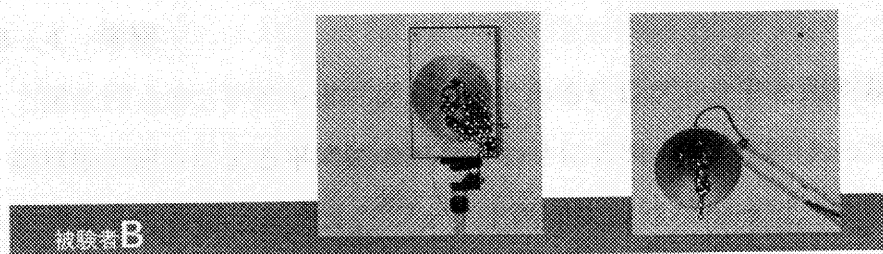
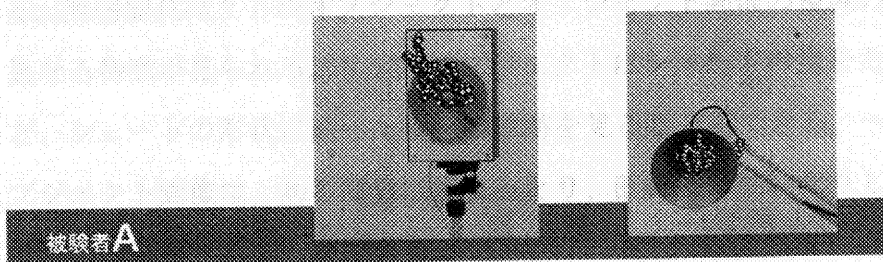


図4.19 スクリーンに映し出されたオブジェクトの画像を10秒間注視したとき視線の軌跡

様々である。また、オブジェクトの特徴点に視線が移動している様子がわかる。例えば、CDの中心、CDプレーヤの四隅のネジ、輪郭などである。照明器具はリアルオブジェクトとオブジェクト画像の視線の軌跡に異なる特徴が見られる。リアルオブジェクトはシェードの縁をたどるなど、シェードの形状に沿った視線の軌跡を見ることができる。一方、オブジェクト画像は、ある部分に留まったり、直線的に動いたりしている視線の軌跡を見ることができる。

4.4.4 考察

図4.17より、リアルオブジェクトであるCDプレーヤと照明器具の視線移動の速さによる平均値の組み合わせに5%の有意差があった。その対比として投影されたオブジェクト画像に差はなかった。リアルオブジェクトではCDプレーヤが照明器具よりも速さが小さい。しかし、オブジェクト画像の速さの平均値はほぼ同じ値となっている。

視点の軌跡を示した図4.18と図4.19より、照明器具では、電球、シェードなどに軌跡がある。この現象はリアルオブジェクトでもオブジェクト画像でも見られた。つぎに視線の移動方向を観察すると、リアルオブジェクトでは輪郭から続くラインに沿って視線が移動している様子がうかがえた。CDプレーヤでは、CDディスクの中心から同心円上に視線が移動し、照明器具ではシェードの中心から傘の先端に向かって同心円上に視線が移動している。これは、立体的な形状情報を視覚から得ようとする行為であり、形状が違うため、図4.17のCDプレーヤと照明器具の視線移動の速さに差が生じたのだと考えられる。しかし、オブジェクト画像を注目した時は、形状と対応する軌跡の集まりではあるものの、リアルオブジェクトを注目したときのような特徴的な視線の動きは観測できず、照明器具のシェードを見ても、シェードの立体的なラインとは関係なく直線的に移動している例もある。CDプレーヤと照明器具が投影されているスクリーンは共通である。被験者はオブジェクトの画像をみることもしているが、もともとその画像は平面なスクリーンに映し出されておりそれを注目しているため図4.17の移動速度の平均値が同じであ

ると考えた。つまり、スクリーン上の平面をみる影響が大きいためオブジェクト画像であるCDプレーヤと照明器具の視線移動の速さによる平均値に差が出ない原因だと考える。しかし、今回の実験では、この問題を明らかにするには実験の要素数が足りず明らかにすることはできなかった。

4.5 まとめ

GUI環境の操作を前提としたオンスクリーンコントロール・アイゲイズインタフェースでは、アイコンなどの画面内のオブジェクトで構成するユーザインタフェースデザインにおいて、アイコンの配置や間隔、大きさ、配色、反応（ロールオーバーなど）などの影響がある。この影響で視線のふらつきなどにより誤った選択をしてしまうミダスタッチの問題（Midas Touch problem）が生じるので、細心の注意を払う必要がある。しかし、リアルオブジェクトコントロール・アイゲイズインタフェースでは、リアルオブジェクトを見るため日常生活とシームレスにつながり、問題なく対象物を注視することができると仮説を立てた。その仮説を検証するために開発したプロトタイプシステムでは、ユーザはリアルオブジェクトのコントロールをアイゲイズインタフェースで操作可能であることがわかった。

次に、プロトタイプシステムで明らかになった問題点であるリアルオブジェクトを見たときと投影されたオブジェクト画像を見たときの被験者の視線移動の違いとそれぞれのふるまいについて、検証実験で以下にあげる項目が示唆された。

1. リアルオブジェクトを見るときは、視線移動の軌跡から、リアルオブジェクトとスクリーン内のオブジェクト画像ともオブジェクト形状内の特徴の部分に沿うように移動する。視線がオブジェクトごとに異なったふるまいをする影響で、リアルオブジェクトごとに視線移動の速さの平均値に有意な差が現れたと考えられる。
2. リアルオブジェクトは、立体的な形状に沿った移動をする。（たとえば円盤型であれば中心や外縁部から順に同心円上に視線は移動する。）

投影されたオブジェクト画像の場合は視線移動に特徴的な動きは見られない。

3. リアルオブジェクトによる視線の移動速度の平均値は、同一被験者で同じ条件下で見てもオブジェクトによって異なる。それに対して、スクリーンに投影されたオブジェクト画像による場合は、違うオブジェクト画像を見ても視線の移動速度の平均値に差がない。これはオブジェクトとして見ているのではなく、平面のスクリーンとして見ているため、違うオブジェクトを見ても視線移動の速さに差がでないと考えられる。

以上の3項目は、今回の実験結果からは、まだ仮説の域を出ず、さらに検証を進めなければならない。第4章の目的として、実世界を見る行為がアイゲイズインタフェースの操作性が向上するのではないかという仮説をたてた。リアルオブジェクトを使用しているが、本実験は実験室で実施しており、周辺環境は実験室という特別な環境であった。よって、街頭や屋内など日常生活の環境に実験環境を近づけて視線軌跡の記録、分析を実施しないといけないであろう。また、大学生と大学院生を年齢が近い被験者のみで実施した実験であったため、年齢の変化による影響を考えなくてはならないであろう。しかし、実世界を見る行為に関する特性の手がかりとしては重要な実験結果であった。今後、リアルオブジェクトを見るとき視線移動の軌跡を解析してふるまいの特徴が明らかになれば、リアルオブジェクトを見る行為が被験者の日常の見る行為と同様なふるまいをしていることを前提としているものの、このインタフェースデザインを行っていくうえで重要な要素となってくるであろう。例えば、アイゲイズを常時装着し、ユーザが何を見ているかをコンピュータが判別するとき、立体であれば視線の軌跡からオブジェクトの輪郭がわかる。その輪郭に対応するオブジェクトを判別できる。これは本研究において、図4.4に示すリアルオブジェクトと視線の方向を一致させるための必要な作業を自動化することが可能であることを示唆している。関連研究として、ロボット産業において、ロボットのCCDカメラか

ら取り込んだ映像によるリアルタイムの移動体の抽出技術、人間の顔の輪郭、顔面の特徴点抽出による個人を識別する顔認識技術、ロボットの進路方向にある静止した障害物を迂回したり、階段を認識し昇降したりする周囲の環境認識技術など、ロボットにおける実世界インタフェースが実現している²³⁾。現在はこの技術がロボットの認識に応用されているが、アイゲイズインタフェースにも応用できると考える。ユーザの視野と同じ範囲を撮影できるカメラからの映像とユーザの視野を一致させ、その映像から静止物体や移動体の抽出認識技術により得られた情報とユーザの眼球運動を計測するアイゲイズシステムにより得られた軌跡の情報を照合することでユーザの注視点の位置が正確にわかり、注視しているものが何であるかをコンピュータが認識することができるようになるであろう。つまり、コンピュータがユーザの視線の動きを把握することにより、コンピュータの仮想世界と現実世界をリンクすることを可能となるのである。

4.6 今後の課題

実験で使用したアイゲイズシステムは眼球運動を撮影するカメラを固定している。ユーザも頭部を固定しなければならない。検出可能な範囲も片眼で約30度と限界がある。よって今回のシステムでは室内にある実世界オブジェクトもその範囲内に配置せざるを得なかった。頭部の固定の問題は今後の技術的な課題である。また、今回は比較的操作が単純な照明器具とオーディオのコントロールを選出し、その操作を検討した。今後は、リアルオブジェクトとして家庭電化製品など実際に稼働可能なシステム環境の開発を行っていく予定である。

今回のプロトタイプは、オブジェクトを1秒間見ることでコントロールパネルが出現するようにした。一方、実験では10秒間オブジェクトを見てもらうこととした。この実験により、リアルオブジェクトを見るときと同じ形状のオブジェクト画像を見るときでは視線移動の軌跡の性質が違うことが示唆された。本実験では、これは仮説の域を出ておらず今後の課題として、さらに検証を行っていく。