

平成 19 年度

慶應義塾大学環境情報学部環境情報学科

卒業論文

10 feet UIにおけるズームングを利用した
インタフェースの試作

環境情報学部 4 年

里見 佑太

安村 通晃 研究プロジェクト

2008 年 1 月

概要

コンピュータ環境の広がりによって、情報家電において表示装置に家庭向けの大型 TV を用いたユーザインタフェースが増えてきた。

これらのインタフェースはメニュー画面などの文字サイズがユーザと画面の距離に関係なく一定であるため、ある程度以上画面から離れてしまうとメニュー項目の文字が判読不能になってしまい操作が不能となる問題点があった。

この問題点を解決するため、ユーザと表示装置の距離によって文字サイズを調節し、表示内容も距離によって複雑・簡素化するインタフェースを試作した。

目次

第1章	序論	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的	1
1.3	本論文の構成	2
1.4	用語解説	2
第2章	情報家電の現状	3
2.1	拡大する情報家電市場	3
2.2	情報家電における利用者のニーズ	3
2.3	情報家電のインタフェース	5
2.4	本章のまとめ	7
第3章	情報家電操作における視力の関係性調査	8
3.1	視力検査方法	9
3.2	日本人における平均的視力	9
3.3	TVなどの利用形態実態調査	11
3.4	文字判読可能な文字サイズの検証	13
3.5	本章のまとめ	14
第4章	操作位置により文字サイズがズームするインタフェース	16
4.1	リモコン	17
4.2	操作方法	17
4.3	システム構成	17
4.4	サウンドプレーヤ	19
4.5	評価実験	20
4.5.1	評価実験用画面 UI の試作	20
4.5.2	実験方法	21
4.5.3	調査項目	21
4.5.4	実験結果	22
4.5.5	考察	24
4.6	本章のまとめ	24
第5章	ズームによる表示量の制御	26
5.1	距離による提供可能な情報量の違い	27
5.2	距離の閾値	27
5.3	システム	27
5.4	ニュースリーダー	28
5.5	本章のまとめ	29
第6章	関連研究	30
6.1	大画面向けポインティングインタフェース	30
6.2	大画面における視認の問題	30
6.3	大画面向け画面 UI	30

第7章 結論	32
7.1 まとめ	33
7.2 今後の展望	33
謝辞	34
参考文献	35

第1章 序論

概要

本性では本研究の背景と目的、本論文の構成、用語解説について述べる。

1.1. 本研究の背景

コンピュータ環境の広がりによって、情報家電において表示装置に家庭向けの大型 TV を用いたユーザインタフェース、いわゆる 10 feet UI と呼ばれるものが増えてきた。

今までのユーザインタフェースにおいて、メニュー画面などの文字サイズはユーザと画面の距離に関係なく一定であったため、ある程度以上画面から離れてしまうとメニュー項目の文字が判読不能になってしまい、メニュー項目を判読することで操作する現状のインタフェースでは操作が困難になってしまうという問題点があった。

また、情報家電が多機能化し PC もメディアプレーヤ化するなど、操作対象となる要素が急速に増えつつあるため、メニュー項目などの画面のユーザインタフェース（以下画面 UI）が非常に複雑になりつつあるという現状がある。

これまでは、入力機器である赤外線リモコンのボタン数を増やすことで本体機能の多様化に対応してきた。操作の煩雑化を防ぐため、ファンクションキーなど同時に 2 ボタン以上の操作を用いることをせず、1 機能 1 ボタンというシンプルな操作体系を維持してきた。しかし、リモコンのボタン数が 50 を超えた現状では、逆に複雑になってきてしまい一般のユーザには直感的に理解可能なレベルを超えてしまっている。

そのため、これからはリモコンの多機能化ではなく画面 UI の多機能化によって本体機能の多様化を達成すべきだと考えられる。しかし、単純に画面 UI を多機能化するのでは、機能ごとにメニュー項目が増えることで画面 UI が複雑化していき、多機能化したリモコンでの問題点と同じ状況になってしまう。

画面 UI の複雑化を防ぎつつ、状況に応じて必要なメニュー項目のみを表示するインタフェースが求められている。

1.2. 本研究の目的

上記の問題点を解決するため、ユーザの視力をあらかじめ設定することでユーザが認識可能な最小文字サイズを判断し、ユーザと表示装置の距離によって文字サイズを調節するインタフェースを開発した。さらに、表示内容も距離によって複雑・簡素化するよう改良した。

1.3. 本論文の構成

本論文では、2章で情報家電におけるユーザインタフェースの現状について取り上げ論じる。次の3章では情報家電などの操作で視力が及ぼす影響について、調査を元に述べる。第4章では、行った調査を元に10 feet UIにズームングを用いた新しいインタフェースの概要と実装について。第5章では、そのインタフェースを用いた評価実験の結果について論じる。第6章では本研究と関連研究の比較を行い、第7章で本研究のまとめと今後の展望について述べる。

1.4. 用語解説

情報家電

インターネットやLANなどでネットワーク化されたテレビや冷蔵庫、ビデオ・HDD・DVDレコーダなどを含む高機能家電製品を指す。

10 feet UI

10 feet UI (10 フィートユーザインタフェース) とは、操作を10 feet (3m) 程度離れてリモコンで行うことを想定し、大きめのアイコンや文字が使われているユーザインタフェースのことを指す。ビデオプレーヤの多機能化や家庭用PCの大画面化によるメディアプレーヤ化などにより、普及が進みつつある。

ズームングインタフェース

ズームングインタフェースとは、メニューなどの項目を階層的に表示するのではなく、メニュー表示を拡大縮小することにより大項目から小項目へのゆるやかな移行を可能とするインタフェースのことを指す。

第2章 情報家電の現状

2.1. 拡大する情報家電市場

現在、総務省のまとめた「デジタル情報家電のネットワーク化に関する調査研究会」報告書 [3] によると、情報家電は今後大きな市場が見込まれている。

2007年には6.4兆円、2010年には11.3兆円の市場規模になる見通しであり、2007年に比較すると2010年の情報家電関連市場は1.8倍になると予測(図2.1)されており、それ以降も拡大していく見通しである。

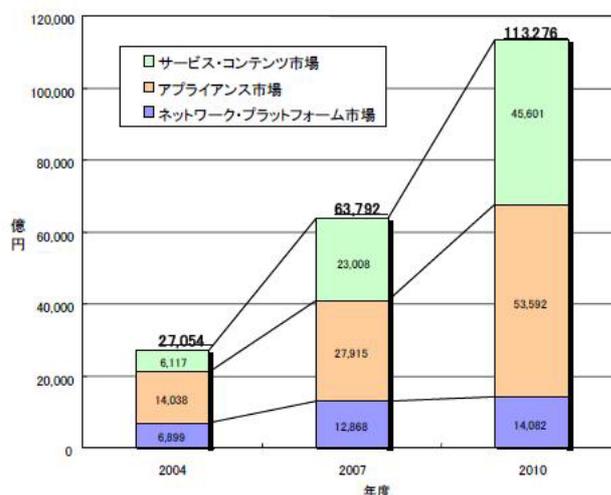


図 2.1: ネットワーク化したデジタル情報家電市場

「デジタル情報家電のネットワーク化に関する調査研究会」報告書 [3] より

利用者側から見た課題として、ユーザインタフェースの標準化が必要であり、操作が簡単で特に意識することなく希望通りのサービスが利用できることが望まれる。また、操作の自動化などエージェント機能も重要となってくる。

2.2. 情報家電における利用者のニーズ

情報家電において、現在高まっているニーズは先に挙げた「デジタル情報家電のネットワーク化に関する調査研究会」報告書 [3] によると以下のようにになっている。

- 高まる生活者の不安
 - － 健康に対する不安

- 「治安の悪化、犯罪の増加」「雇用・失業」等への不安
- 家庭への回帰
 - 家族と過ごす時間の増加による、家族コミュニケーションが重要化
 - 若年世代の高年齢化に伴う、友人から家族へのシフト
- 働き方の変容
 - 起業や SOHO への関心の高まり
 - SOHO で新しい就業層の開拓
- 遊び方の変容
 - 遊びの多様化
 - 家庭用ゲームの普及による屋内での遊技
 - 若年層の遊びのロングテール化
- 変わる消費傾向・消費意識
 - 団塊の世代の可処分所得の増加
 - 自分のライフスタイルを重視
 - デジタル家電の普及

ニーズとして一番に挙げられているのが、生活者の不安である。これは、社会システム全体への不安感と言っても差し支えないと思われるが、ネットワーク化・グローバル化が進行し続ける現代において、セキュリティ分野は最重要課題と言っても良いだろう。

ユーザインタフェース的観点からすると、最大限人間側のエラーを防ぐインタフェースにすることが重要になってくると思われる。これは、エラーを予防するユーザインタフェースになっていることも重要ではあるが、エラーを発生させてしまった場合でも訂正することで結果的にエラーを回避することができるようなインタフェースにすることが望ましい。

次に、家庭への回帰が挙げられている。人と人が直接会うことを必要とするコミュニケーションから、コミュニケーションがネットワーク越しでも問題なくできるようになることで、家族以外と直接接する時間の減少が見られているのだと思われる。結果的に家族と過ごす時間が増加しつつある状況では、家庭内のメディアにおいていかに家族を結びつけるかということが重要になってくるのではないだろうか。その際、空間としての家のスタイルも変化する必要があるだろうが、家庭内のメディアの中心となるメディアサーバーとしての情報家電が家族を繋ぐ主軸になってくるのではないだろうか？

情報家電には、家族のコミュニケーションを活発にさせるような、新しいコミュニケーションツールとしての役割も担っていく必要があるようだ。

働き方の変容をいかに受容するかということも、情報家電が担うべき分野の一つである。SOHO を推進する際には、ネットワーク越しに居る仕事の相手先といかにコミュニケーションを取るかというのが重要になってくる。

そこで、相手がネットワーク越しに居ることを意識させないようなビデオチャット機能を持った大画面ディスプレイなど、メディアプレーヤ以外の機能も併せ持つ必要があり、多機能デバイスとしてユーザインタフェースの最適化が必要になってくるであろう。

遊び方の変容については、既にゲームの分野では家庭用ゲーム機の次世代機と呼ばれる機種で変革が起きている。任天堂 Wii のような新しいインタフェースを持ちネットワーク越しのコミュニケーションの変革を目指した機種や、PS3 のようにハイスペックでかつ先に挙げたような家庭内のメディアサーバーを目指した機種などが出ている。それに伴い、ゲームを楽しむ層の拡大が広がりつつある。

今まではゲームをしなかったような中高年層もゲームをするようになっており、今後は全ての年齢層がゲームを楽しむようになるであろう。その際、情報家電としての家庭用ゲーム機のユーザインタフェースは、全ての年齢層に対応した機械である必要性が出てくるであろう。

最後に、消費傾向や消費意識の変化も大きなニーズとなるであろう。先のゲーム機でもあったように中高年層のデジタルメディアへの進出が続いており、その可処分所得の多さを生かした商品開発が進んでいる。非常に高価な大画面薄型テレビの普及など見てもわかるように、今日では情報家電が一般的に受け入れられる商品となっている。

一般的になるに従って、高価なハイエンドモデルと安価なエントリーモデルの商品層が充実していきだろうが、ハイエンドモデルが増えるに従ってユーザインタフェースの高機能化も必要になってくるであろう。

以上のように、多様化するライフスタイルと社会的な幅の広まりにより、情報家電に求められるニーズは多方面に渡っていることが判明した。幅広い消費者層に対応するため、ユーザインタフェースにはユニバーサルデザインの観点が重要視されていくだろう。

2.3. 情報家電のインタフェース

情報家電のインタフェースは、入力に多機能リモコン（図 2.2）、出力に TV などのディスプレイを用いている物がほとんどである。



図 2.2: リモコンの一例

まず、入力側のインタフェースであるリモコンの現状について探っていく。

TV を一例にとると、多機能リモコンのボタン数は TV の地上デジタル放送の開始などもありかなり増大しており、シャープ社製のインターネット AQUOS (PC-AX100M) のリモ

コンを例に取ると 61 個（リモコン表面のボタン数、ふたの中のボタンは含まず）もあるというのが現状である。メーカー側もこれを問題にしており、インターネット AQUOS の新機種（PC-AX120S）ではリモコンにタッチパッドを採用することでボタン数を約 40%も削減（61 個 → 33 個）させるなど改善の努力はされている。

シャープ以外の家電メーカーの製品でも、「シンプルリモコン」、「らくリモ」（図 2.3）など名称は異なるものの、多機能リモコンの他にボタン数が 20～30 個程度と 60%以上ボタン数を削減したシンプルなりモコンを同封する流れが出ており、リモコンのボタン数を減らすことで情報家電の操作性を向上させるという流れは今後も続くものと思われる。



図 2.3: シンプルリモコンの一例

しかし、従来型のボタン 1 個に対して単機能なリモコンを維持する限り、ある程度のボタン数が必要になってしまうことは改善されない。入力インタフェースを抜本的に改善することができないため、出力側のインタフェースである画面 UI をリモコンのボタン数が少なくても操作可能なように改善することで、同時に入力インタフェースの改善もすることができるのではないだろうか？

その良い先例として、任天堂 Wii が挙げられる。任天堂 Wii は家庭用ゲーム機でありながら、メインのコントローラに加速度センサーなどを搭載したポインティングデバイス型のリモコンを採用しており、ポインティングがゲームメニューやゲーム内での基本操作として確立しているため、Wii リモコンのボタン数は 12 個と従来の家庭用ゲーム機に比べると格段に少なくなっている。メディアサーバたる機能を備えた PS3 の通常のゲーム用コントローラで 24 個（アナログスティックの上下左右を個別のボタンとした場合）、Blu-ray Disc リモートコントローラで 52 個とかなり多くなってしまっており、スーパーファミコンでも 12 個だったことを考えると、Wii リモコンのボタン数は現代の家庭用ゲーム機としては驚異的な少なさである。

任天堂 Wii では、ボタン数が少なくなりながらもシンプルなポインティングタイプのシンプルな画面 UI を採用することで、使いやすいインタフェースを実現している。

情報家電の入力インタフェースは、任天堂 Wii のようにポインティングデバイスとリモコンを組み合わせたタイプのリモコンが主流になり、画面 UI もそれに最適化されたシンプルなものになっていくのではないかと思われる。

2.4. 本章のまとめ

本章では総務省のまとめた報告書などをもとに、市場が広がりつつある情報家電の現状について述べた。

その結果、多様化するライフスタイルと社会的な幅の広まりによりより多くの年齢層が情報家電を必要としていることや、入力インタフェースにおいて従来型の多機能リモコンからシンプルなりモコンへと変化しつつあることが判明した。今後、幅広い消費者層に対応するため、ユニバーサルデザインの観点が重要視されていくだろう。そこで、次章で情報家電をユニバーサルデザインに対応させる際に重要な問題の一つである視認の問題について、情報家電操作における視力の関係性を調査した。

第3章 情報家電操作における視力の関係性 調査

概要

まず、既存アンケート調査から日本人における平均的視力を割り出すことで、情報家電にどの程度の視力が必要か検討していく。

また、情報家電などの利用形態に関するアンケート調査を行い、情報家電操作時の視力矯正の必要性について検討していく。

3.1. 視力検査方法

視力の測定方法は、日本において5m ランドルト環（図 3.1）による測定が一般的になっている。

ランドルト環とは、C字型の環の開いている方向を識別することによって、2点が開いていることを見分けられる最小の視角を測定する方法になっている。C字は黒色の真円環で、円環全体の直径：円弧の幅：輪の開いている幅の比が5：1：1になっている。

ランドルト環以外の検査法としては、E字型の開いている方向を識別するスネレン指標が欧米で一般的に用いられている。



図 3.1: ランドルト環

視力は分単位で表した視角（図 3.2）の逆数で表し、通常の視力検査表には視力 0.1 から 2.0 までに相当するランドルト環が縦に描かれている。数値の大きなランドルト環が識別できるほど視力が良い。遠点視力の測定には 5m または 3m の距離を離して用いる視力検査表が用いられる。

日常生活において 1.0 以上あることが望ましいとされているが、大まかな指標として A（視力 1.0 以上）、B（視力 0.7 以上 1.0 未満）、C（視力 0.3 以上 0.7 未満）、D（視力 0.3 未満）の 4 段階表記が小学校などで現在よく用いられている。

3.2. 日本人における平均的視力

日本人における平均的視力を算出するため、視力ごとの割合の既存調査を探してみたところ Livedoor リサーチのネットアンケート [2] では（表 3.1）のようになっていた。

アンケート対象となっているのがインターネットを利用する PC ユーザであるため、裸眼視力が日本人全体の平均より悪くなっている可能性は高いものの、0.1 未満が全体の 34.55% であり視力矯正の必要な 0.7 以下が 64.4% も居るなどと、日本人において視力の悪い人間の割合は予想以上に多いことが分かる。



図 3.2: 視角

視力	割合 (%)
2.0 以上	1.47
1.5 ~	6.65
1.2 ~	6.11
1.0 ~	6.99
0.8 ~	6.83
0.5 ~	9.06
0.3 ~	10.63
0.1 ~	10.16
0.1 未満	34.55
わからない	6.05

表 3.1: 視力アンケート

年代順に調べた TEPORE のネットアンケート [3] でも (表 3.2) のようになっており、50 歳代以上よりも 30 ~ 40 歳代の PC など VDT 作業を多く利用する年代層の視力が弱くなっていることがわかる。

これらのアンケート結果をまとめると、全体でも日本人の平均視力は概ね 0.5 程度に収束しており、0.7 を下回っているため日本人の多くが視力矯正の必要性があるということがわかった。

年代	右目	左目
~ 29 歳	0.585	0.521
30 ~ 39 歳	0.442	0.469
40 ~ 49 歳	0.47	0.467
50 歳以上	0.557	0.55

表 3.2: 年代別裸眼時平均視力

次に、一般的な技能視覚においてどれだけの視力が要求されるのかとすることを調査した。調査対象に屋外で行う技能の一般的な免許項目である自動車免許・船舶免許・航空機免許としてまとめてみたところ、(表 3.3) のようになる。

法的な根拠に基づくと、どの操縦技能においても視力は最低 0.7 程度あれば能力的に問題なく、これに併せて視力矯正することでほとんどの人が免許を得られるということになる。

視覚	必要視力
普通免許	片目でそれぞれ0.3以上、両目で0.7以上見えること、または片目が0.3以下の場合は、他眼の視力が0.7以上で、視野が左右150°以上あること
原付、小型特殊	両眼で0.5以上、または片目が見えない場合、他眼の視野が左右150°以上あること
二種、大型免許	片目でそれぞれ0.5以上、両目で0.8以上見えること、かつ三桿法(立体感検査)の距離合わせ誤差が2cm以下であること
小型船舶免許	両目とも0.6以上見えること、または片目が0.6以下の場合、他眼が0.6以上で、視野が左右150°以上あること
パイロット(第一種)	片目がそれぞれ裸眼で1.0以上、または+6.0Diopter以下の眼鏡で、それぞれ1.0以上見えること
パイロット(自家用等)	片目がそれぞれ裸眼で0.7以上、または+8.0Diopter以下の眼鏡で、それぞれ0.7以上見えること

表 3.3: 各免許における必要視力

3.3. TVなどの利用形態実態調査

これらの調査により、日本人の60%以上がTVなどを見る際にも視力矯正が必要なことが分かったが、果たして本当にそうなのか実験前調査としてアンケート調査を行った。

調査項目としては、視力・視力矯正(メガネやコンタクトレンズの有無)・矯正視力の場合に強制度数・TVを見る際に視力矯正するか・PCをする際に視力矯正するか・TVのサイズ・TVを視聴する場合のTVからの距離、以上の7項目になった。

アンケート回答者は、TVやPCを日常的に利用する若年層を中心とした24名となった。

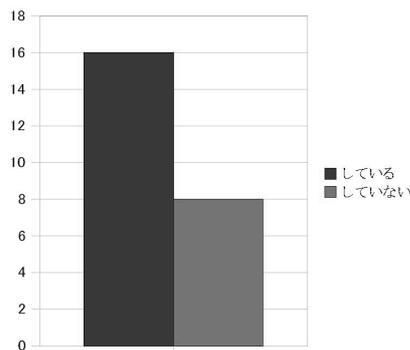


図 3.3: 視力矯正の有無

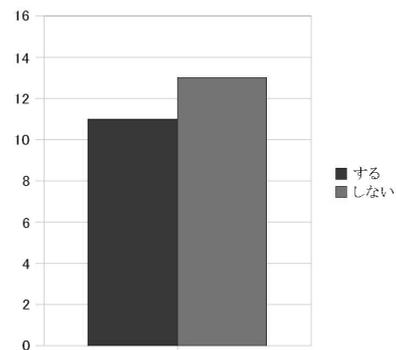


図 3.4: TVを見る際視力矯正するか

まず、2/3の16名が眼鏡やコンタクトレンズを装着(図 3.3)しており、視力矯正をしている人の割合としては先程のアンケートと同じ程度になっている。TVを見る際に視力矯正をするか(図 3.4)については、する人数が11名と若干減ってはいるものの近視が軽度の普段眼鏡をかけなくても日常生活を送ることができるような人に限られており、中度以上の視

力矯正者の場合は TV・PC とともに眼鏡やコンタクトレンズを装着して利用していることが明らかになった。

また、TV と PC において視力矯正の有無について違いがなかったことから、サイズや TV を視聴する際の距離などは関係しておらず、どのような距離でも視力の矯正が必要になっているという現状が明らかになった。

視野においてディスプレイの占める角度ディスプレイ視角（図 3.5）を表してみたところ、平均は 14.2 度で標準偏差は 4.87 度となり、10～20 度の値に 60% 程度収束する結果になった。

さらに、ディスプレイ視角と TV までの距離の関係をグラフにしてみたところ、（図 3.6）のようになった。

ディスプレイ視角と TV までの距離はお互いに顕著な関係は見られなかったが、TV までの距離が近くなればディスプレイ視角は大きくなり、遠くなるとディスプレイ視角も小さくなるという結果になっている。

これは、アンケート調査を行ったのが若年層であり、保有する TV のサイズも小さくなりがちのために生まれた結果であると思われる。情報家電の主購買層である中高年で再度調査を行った場合、違った結果が生まれてくる可能性はあるものの、TV のサイズが 60 インチである場合のディスプレイ視角は 2m でも 31 度、3m では 22 度となってしまうため、極端にディスプレイ視角の度数が増えると言うことはなく、上限は 25 度程度になるのではないかと思われる。

これらのことから、ディスプレイ視角を考慮する場合は基本的に 15 度にすればよく、より実際のケースに即したディスプレイ視角にする場合は、1m 程度で 20 度、3～4m で 10 度になると考慮していけばよいのではないかと思われる。

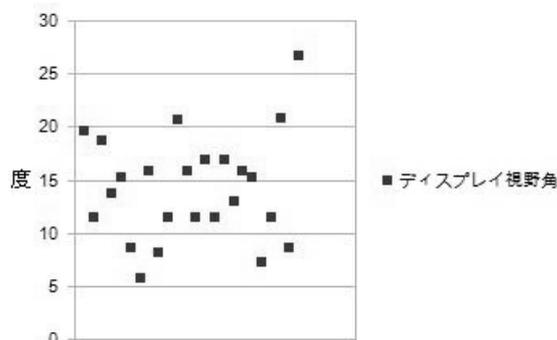


図 3.5: ディスプレイ視角

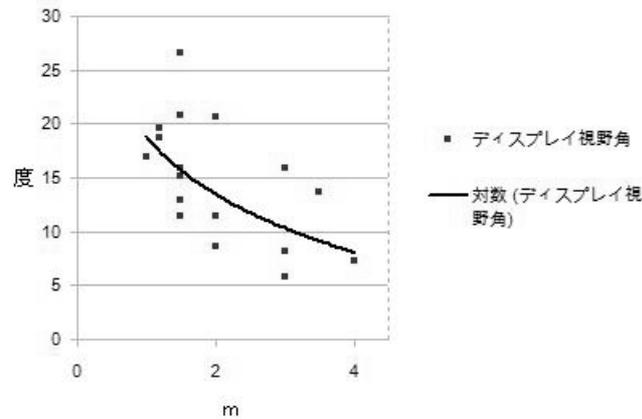


図 3.6: ディスプレイ視角と距離の相関

3.4. 文字判読可能な文字サイズの検証

5m ランドルト環は、文字の C に似た形をしている直径 7.5mm 空 1.5mm の環の空いている向きで視力を判定する方法である。視力は分単位で表した視角の逆数で表している。

つまり、視力 1.0 とは視角 1 分 (1/60 度) で 5m 先にある 1.5mm を認識できる能力があるということ等しい。認識できる大きさは距離と視力に応じて変化し、視力 1.0 で 3m では直径 4.5mm 空 0.9mm を認識することができ、視力 0.5 で 3m では直径 9.0mm 空 1.8mm を認識することができるということになる。

これを印刷などで一般的な DPI に変換すると、視力 1.5 程度と視力の良い人の場合、30cm 程離れたところから見たとき 0.05mm のモノクロ点を認識できるため、人間の視覚は近距離において約 500dpi 程度の分解能を持っていると分かる。

認識可能な最小文字サイズは、晴眼者が漢字を認識する場合においては視角 0.143 ~ 0.189 度の狭い範囲に収斂 [4] しており、一般的な文字の視認距離である 500mm に換算すると 1.3mm となる。ただし、このサイズはあくまで認識可能な最小文字サイズであるため、読みやすい文字サイズを割り出す必要がある。

エルゴノミクス関連の文献などを調査したところ、文字サイズのガイドライン [5] で『視距離が 500mm で、文字の視角 18 ~ 22 分 (英数字) 25 ~ 30 分 (漢字) 以上にするとよい』とされていることがわかった。

また、読みやすい文字サイズの最適文字視角を調べた研究 [6] では、視距離 1m 以上で 0.008rad に収束することが分かっている。最適文字視角、1m 以上では視距離によらず、最小分離閾の約 40 倍、最小視認可能な文字視角の約 4 倍であることが分かっている。

これらを考慮し、今回の研究において問題なく視認可能な文字サイズの最適文字視角は 30 分とガイドラインを定めることにした。

これを視距離が 500mm の際に文字サイズで表すと 3.636mm ~ 4.363mm、つまり 17 インチのディスプレイでは 8px ・ 6point 以上となる。

このガイドラインに従い、基本的なメニュー項目の文字サイズがいかなる距離でもガイドラインを下回らないように調整していけば、どんな距離でもメニュー項目が判読可能な画面

UIにすることができるのではないかとと思われる。

また、一画面において横に配置可能な最大文字数としては、想定されるディスプレイ視角が10～20度であり望ましい文字視角が30分であることから、20～30文字になるものと思われる。

メニュー項目や詳細項目を表示させる際には、この最大文字数20～30文字を超えないように配慮し画面UIをデザインする必要があるであろう。

上記は視力が正常な場合の文字視角になるので、もし視力矯正が必要な者が裸眼で文字を見る場合は、この値に対して視力に応じた補正値をかけてやればいい。一般的に正常な視力と言われる視力1.0を基準に視力1.0の場合に対する倍数で表し、これを表にまとめると、(表3.4)のようになる。

視力	補正サイズ(倍)
1.0	1
0.9	1.11
0.8	1.20
0.7	1.42
0.6	1.66
0.5	2.00
0.4	2.50
0.3	3.33
0.2	5.00
0.1	10.00

表 3.4: 視力に対する補正値

ただし、メニュー項目が見えたところで実際の映像などを楽しむことができなければ意味はない。画面UIにおいて視力補正をしたとしても、眼鏡など視力矯正を行わないでTVなど情報家電を利用できることが出来るのは、近視の程度が軽度である人のみであると思われる。

そのため、実際に近視の度合いが強い人が補正をかけてまで情報家電を利用するかどうかについては悩ましい点があるが、あくまで補助機能として視力矯正機能を搭載する価値はあると思われるが、どこまで利用価値があるのかは今後実際の利用シーンなどで調査研究していく必要があると思われる。

さらに、情報家電は家庭内で使われることが多いため、複数人で視力の差がある場合にどう対応するかという問題も生まれてくる。本研究では取り上げることが出来ないが、今後複数人が使う情報家電における個人最適化というテーマで研究する余地があると思われる。

3.5. 本章のまとめ

本章ではネットで行われた既存のアンケート調査や、本研究で行ったアンケート調査の結果をもとに、情報家電で必要とされる視力の程度について述べ、最適な文字サイズについて述べた。

その結果、多くの人が情報家電操作時に眼鏡やコンタクトレンズなどによる視力矯正を必要としていることが判明し、ある一定以上の距離では最適な文字サイズの視角が収束することが判明した。そこで、視力と操作時の距離によって文字サイズを拡大縮小する表示インタフェースの試作と評価を行なった。次章でその詳細について述べる。

第4章 操作位置により文字サイズがズームするインタフェース

概要

前章の調査に基づき、ユーザの視力を設定しリモコンとディスプレイの距離をセンシングすることでメニュー項目の文字サイズを拡大縮小するインタフェースを試作し評価を行った。

4.1. リモコン

2章で述べたように、情報家電においてリモコンの多機能化や複雑化が進んでおり、インタフェースにおけるユーザ混乱の要因ともなっている。

今回は、表示インタフェースの改善を図ることが研究の目的であるため、入力インタフェース側であるリモコンの試作や検討は行わないことにし、実験においては既存のリモコンを用いることにした。

使用するリモコンには、試作するインタフェースの前提条件としてユーザとTV間の距離をセンシングする必要があるため、リモコンにはBluetoothによる操作が可能であり、加速度センサ・振動モータ・スピーカなど多様なデバイスが内蔵されており、ライブラリも豊富な任天堂社製家庭用ゲーム機 Nintendo Wii のコントローラ、Wii リモコン (図 4.1) を使用した。



図 4.1: 任天堂社製 Wii リモコン

4.2. 操作方法

操作方法は、Wii リモコンをディスプレイへ向け、Wii リモコンを上下左右に動かすことでポインタを操作し、ボタンで決定することで行う。

基本的に WindowsPC のマウスをエミュレーションしており、左クリックが A ボタン、右クリックが B ボタンとなっている。また、評価対象メニューの表示パターンの変更や実験開始と終了をボタン操作で可能にしたかったため、特別なファンクションキーとして、+・-・1・2 のボタンに機能が割り当てられている。

4.3. システム構成

ハードウェア構成は (図 4.2) のようになっており、画面出力先である 34 インチワイド液晶 TV・赤外線 LED ユニット・Wii リモコン・Bluetooth アダプタ・PC によって構成されている。

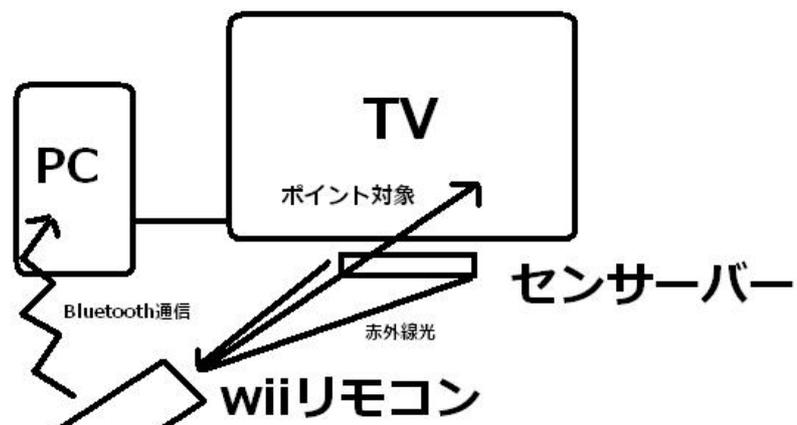


図 4.2: ハードウェア構成

PC の映像はワイド液晶 TV に出力されており、Wii リモコンとノート PC は Bluetooth によって接続されている。

赤外線 LED ユニットは、Nintendo Wii のセンサーバー（図 4.3）を模して作られており、19cm の間隔を空けて左右に赤外線 LED が配置されており、常時発光している。

wii リモコンでは、赤外線 LED の発光を検知し、wii リモコン内部で 2 つの赤外線光源の位置をセンシングした結果は XY のデータに変換される。Bluetooth を通して WindowsPC 側に送られる。



図 4.3: 任天堂社製 Wii センサーバー

ソフトウェア部分（図 4.4）は、全て Microsoft Visual C# のプログラムで動作している。

Microsoft Visual C# 上で動作する Wii リモコンライブラリを活用し、Wii リモコンから Bluetooth で送信された XY データやボタン操作のデータを解析している。XY データは Wii リモコンのセンシング方向及び距離を算出するのに使われ、それに応じて文字サイズ決定ライブラリで適切な文字サイズを判断した上で、表示インタフェースプログラムがメニューの表示を行っている。

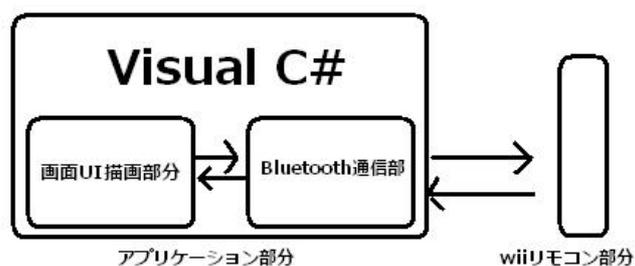


図 4.4: ソフトウェア構成

4.4. サウンドプレーヤ

プログラムやシステムの動作を確認するため、簡易的なサウンドプレーヤを実装した。



図 4.5: 簡易サウンドプレーヤ UI

(図 4.3) のような画面 UI になっており、再生・停止・早送りなどのボタンがそれぞれ最適文字視角に基づいて描画されており、利用者が移動すると適切な大きさに変更されるようになっている。



図 4.6: 簡易サウンドプレーヤ動作シーン

ひとまず、適切な大きさにメニュー項目を操作することが可能になり、適切に文字サイズ調節など全ての機能が動作することを確認した。

屋内の1~7m程度の距離においては、どの距離からもサウンドプレーヤを操作することが確認でき、音楽を再生することが出来るようになった。

この簡易実装のアプリケーションを元に他の画面 UI を搭載することで、インタフェースの発展性を高めていく。

4.5. 評価実験

今回開発した「操作位置により文字がズームするインタフェース」の有用性を確かめるため、既存の文字サイズが固定されているタイプのメニューと、操作位置により文字サイズが拡大縮小するタイプのメニューの比較対照実験を行った。

4.5.1. 評価実験用画面 UI の試作

実験用に、TV における入力信号切替のメニューを模した画面 UI (図 4.7) を作成した。入力信号切替のメニューを選んだ理由としては、対照実験においてのタスクをなるべく単純化するためである。

実験用メニュー項目としては、アナウンス用で選択不能の「入力切替」と実験で選択可能な「デジタル TV 入力」、「アナログ TV 入力」、「ビデオ 1」、「ビデオ 2」の 4 項目を用意した。

TV のメニューを模しているため、TV のメニュー項目や現在状況表示などに従い画面右上端に表示することを当初は考えていたが、ポインティングデバイスで操作するということを考慮して、なるべくポインティング操作を単純にする必要があった。そのため、多くの機種において映像設定メニューなどの項目が表示されている画面上端を実験用メニューの表示位置とした。



図 4.7: デモ用 UI 画面

メニュー項目は、入力信号切替の 1 次メニューが常に表示されているようになっている。1 次メニュー項目の文字サイズは、リモコンとディスプレイの距離によって可変表示されるようになっており、常に同じ文字視角で表示されるようになっている。

ポインティング位置がメニュー項目の上に移動すると、ポインティング位置を確認しやすいようにポインティングデバイス側が一瞬振動するようになっている。メニュー項目を選択

すると、ダミーの2次メニューが表示可能になっているが、メニュー項目選択までが実験対象であるため押したことを確認するダイアログボックスを表示するにとどまっている。

対照実験を行うため、従来型の文字サイズ固定のメニューサイズにもリモコン側のボタンで切り替えられるようになっており、実験に使用したTVのメニュー文字サイズに近似する可変1mの文字サイズに設定した。



図 4.8: TV での実験 UI 動作風景

4.5.2. 実験方法

ディスプレイからの距離をそれぞれ60cm・1m・1.6m・2m・3mと変化させた各段階において、従来型のメニューを模したメニュータイプAと、距離によって文字のサイズが変化するインタフェースを搭載したメニュータイプBをそれぞれ操作してもらい(図4.9)、どちらが使いやすいかを主観評価してもらった。

各距離において、ランダムで4項目ある画面切替のメニュー項目からどれか実験者側で一つ指定し、被験者に指定されたメニューを選んでもらうという実験方法を用いた。それをタイプA、タイプBの順で行い、どちらが使いやすいか回答してもらった。

4.5.3. 調査項目

実験の事前に、矯正後の視力の確認、眼鏡やコンタクトレンズ仕様の有無、矯正視力の場合は矯正度数を記入してもらった。

実験中には、口頭で各距離ごとに見やすいメニュー・選択しやすいメニューを選んでもらい、実験者側が記録した。

また、実験後にタイプBにおける操作感を5段階で評価してもらい、実際にTVやHDDレコーダなどの情報家電に搭載された場合継続的使用をしてみたいかについて5段階評価をもらい、最後に自由筆記で意見を得た。



図 4.9: 評価実験風景

4.5.4. 実験結果

(表 4.1) は見やすさについての実験結果をまとめたものである。見やすさにおいて、0.6m は B タイプが A タイプより小さく表示されるせいか、全員が A タイプを選ぶという結果になった。サイズが逆転し B タイプの方が大きく表示される 1.6m 以降では、全員が B タイプが見やすいと評価した。

このように、見やすさにおいて B タイプのように文字サイズを視野角で一定に保つというズーム方式は有効であるということがわかったが、ある程度の文字サイズは維持する必要があるということもわかった。

距離 (m)	A タイプが良い	どちらでもない	B タイプが良い
0.6	19	1	0
1.0	2	18	0
1.6	0	0	20
2.0	0	0	20
3.0	0	0	20

表 4.1: 見やすさ実験結果

(表 4.2) は操作感についての実験結果をまとめたものである。操作感において、0.6m は B タイプが A タイプより小さく表示されるせいか、全員が A タイプのほうが選びやすいという結果になった。2m では、小さい範囲を正確にポインティングすることが難しくなるせいか全員が B タイプを選ぶという結果になった。3m でも大半が B タイプを選んでいるが、一部に A タイプを選ぶ被験者やどちらかと言えば B タイプの方が使いやすいと選択した被験者も居た。これは、遠距離でのポインティングデバイスの操作感に問題があるのではなく、表示 UI 側のバグによって処理オチが発生し、メニュー項目を選択しにくい状況が生まれてしまったという実験準備段階でのミスによるものと思われる。

距離 (m)	A タイプが良い	どちらでもない	B タイプが良い
0.6	18	1	1
1.0	5	15	0
1.6	1	3	16
2.0	0	1	19
3.0	1	1	18

表 4.2: 操作感実験結果

また、実験後の自由意見には以下のような回答があった。

- 自分で文字サイズを調整できるといい
- 選択がポインティングデバイスでなく、十字キーでもいい
- B タイプのメニュー表示の大きさがふらつくことがあって使いにくいこともあった
- メニューアイテムの選択が画面の上縁にあるとやや見づらく指示しにくい
- リモコン操作の精密性が求められないので、遠くからでも使いやすい
- 切替操作を行う際には、画面が隠れても気にならなかった
- ぶれると見にくいですが、大きくなるのは良かった
- 上下操作が近いと難しかった
- 文字同士が離れていた方が選びやすいと思う
- 従来型はポインタがずれると操作できないのに対し、スムーズに選択できた
- 部屋が狭いのであまり使わないと思う
- 老人にとっては使いやすいんじゃないかと思う
- 近接時の操作方法も考えて欲しい
- 実験説明時には使いにくそうな印象があったが、使ってみるととても便利だと思う
- 拡大は便利だが、縮小はிரらない
- 近い時もある程度の大きさは欲しい

このように、自由回答では実装上の問題に関する改善を求める意見が多かったが、全般的に見れば試作したインターフェースに対する高評価な意見が多かった。改善を求める意見に対して、改善策を以下で述べる。

B タイプにおいて文字の表示サイズがぶれてしまうという問題についての意見が多く集まったが、これは距離が変化すると即座に文字サイズも変化されるように実装されているために起こった現象である。距離の変化量がわずかな場合には、文字サイズを変化させないように実装を改善することで、容易に対策可能であると思われる。

また、ポインティングデバイスにおいてしっかりとリモコンを持っていないと、ポインタの位置がぶれるという意見も得られた。これについても、ポインタの変化量がわずかな場合には、ポインタ位置を変化させないように実装を改善することで、容易に対策可能であると思われる。

4.5.5. 考察

UI の使用感	継続的利用の希望
4.15	4.05

表 4.3: 主観的 (5 段階) 評価のスコア

今回の実験では、見やすさ・使用感共に 0.6m においては A タイプの方が圧倒的に良い評価を得て、1.6m 以降においては B タイプの方が圧倒的によい評価を得ることとなった。

これは、A タイプの文字サイズを使用した TV のメニュー画面の文字サイズに近似する、B タイプ 1m での文字サイズにしたため、近距離においてユーザはメニュー画面における文字の大きさが一定なことよりも、文字が大きく見やすいことを選んだ結果であると思われる。

自由意見をまとめると、視力矯正をしている人の方がしていない人に比べ高評価をしており、視力矯正する人には特に好意的に取られたことが分かる。このことから、視力矯正者にとって文字が見えないというのは大きな問題であり、本研究においてそれを改善したインタフェースだったため有用性を高く評価されたのだと思われる。

また、遠距離の入力切替メニュー操作において文字サイズがほぼ画面全体を覆う程になってしまい、表示されている画面が隠れてしまうという点に関して、問題ないという意見と問題有るといふ両方の意見が同程度得られた。これに関しては、どちらが正しいのかというのが現時点で判断できないため、メニューで画面が隠れてしまうことの是非について実験を行う必要がある。

使用感よりも継続的利用の希望が低いことに関して、今後システムの改善や実利用を検討するに当たって問題になってくるのではないと思われる。

第一の要因としては、実験対象が若年層であったため 2~3m の距離で大型ディスプレイを使うシチュエーションがあまりなく、実際の利用シーンが想定できなかったためにスコアも低くなったのだと思われる。そのため、広い年齢層を対象としたり、実際に大型ディスプレイを利用する層を対象として実験を行うとまた違った結果が出てくるのではないと思われる。

第二の要因としては、実験用の試作画面 UI の完成度が高くなかったため起こった結果であると思われる。実装上の問題により、画面の文字サイズやポインターの位置においてブレが生じてしまったがために、被験者に対して継続的利用をするには疲れるインタフェースだと思わせてしまった点があった。そのため、長時間利用しても疲れることの無いよう、なるべくなめらかに動作し入力者側のブレを許容するようなシステムにすることで改善することができるのではないと思われる。

4.6. 本章のまとめ

ユーザの視力を設定しリモコンとディスプレイの距離をセンシングすることでメニュー項目の文字サイズを拡大縮小するインタフェースを試作した。

簡易的にサウンドプレーヤを実装してみたところ、予想されたような使い方を達成することができたので、評価実験用に TV のメニュー画面を模した画面 UI を実装し、従来型のメニューとの比較対照実験を行った。

その結果、10 feet UIの主操作距離になるであろう2~3mにおいて、メニュー項目の文字サイズを拡大縮小することの有用性が確認されたが、近距離においてはポインティングが多少難しいと言う点や、文字視角が一定でもポイントサイズが一定以上に小さくなってしまうと読みにくいという評価も得られた。

そこで、この評価実験をもとに発展させたインタフェースを試作した。次章で、その詳細について述べる。

第5章 ズーミングによる表示量の制御

概要

前章の試作評価に基づき、メニュー項目の文字サイズを可変にしつつ、メニュー項目の表示量を距離によって可変にする発展させたインタフェースを試作した。

5.1. 距離による提供可能な情報量の違い

3章で述べたように、距離によってディスプレイ視角は10~20度と変化することが分かっている。そのため画面UIの中に配置できる文字数についても、30~20と距離に応じて変化することとなる。

また、4章の実験時に遠くでは簡単な操作でいいが近くでは複雑な操作ができるような画面UIも有効ではないかという意見が得られた。

これらに基づき、メニューの文字サイズだけでなく、メニュー項目の表示量についても距離に応じて変化させるインタフェースを試作する必要があるのではないと思われる。

5.2. 距離の閾値

まず、距離で閾値を取ることの有用性を確認するため、近距離・中距離・遠距離の3分類に区分けした。システムとしてはこれ以上細かく区分けすることも可能だったが、室内という環境を考えると以下のような環境が考えられた。

- PCのようにディスプレイ直近(~1m)で行う操作を主とした領域
- TVのようにディスプレイから少し離れて(1m~2m)強い興味の閲覧を主とした領域
- TVによる映画の閲覧、ラジオの視聴などのように(2m~)弱い興味の閲覧を主とした領域

このように、家庭内の情報家電への積極性を軸として閾値として区分けを行った。

今回の実装は家庭の環境に限って区分けを行ったが、情報家電においては100人程度の視聴する大教室においては120インチオーバーの大画面、200人以上が視聴する大講堂においては250インチオーバーの大画面になることも多くあり、視聴距離としては3~30mとかなりの範囲になることもある。

このような状況では、今回の区分けのような距離・積極性を軸とした分類は可能ではあるものの、多数の閲覧者に対応することはできない。そのため、別の軸を考えることが必要だと思われる。

5.3. システム

システムとしては、あらかじめ設定された距離の閾値を保存しており、区分けの数だけ情報量制御に基づいたコンテンツフィルターを持っている。システムは、現在のリモコンとディスプレイの距離に基づいて、適切なコンテンツフィルターを表示するようになっている。

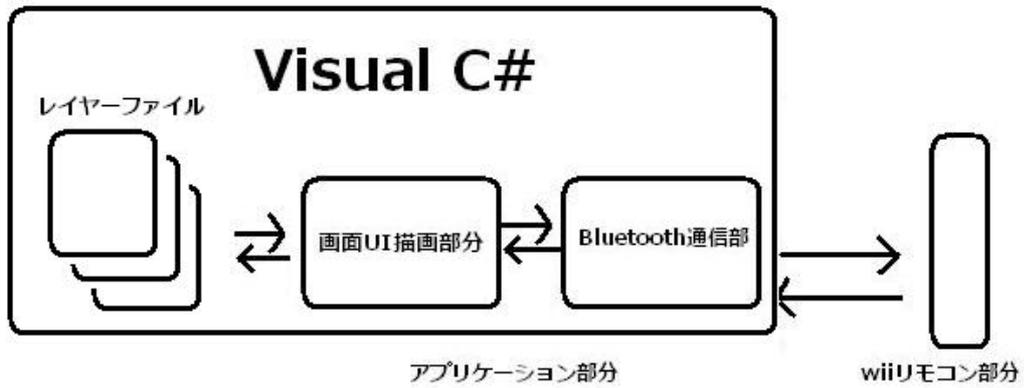


図 5.1: システム概略図

5.4. ニュースリーダー

応用例として試作するアプリケーションとして情報量の制御を体感してもらうため、ニュースリーダーのインタフェースを実装した。

先ほどの距離 3 分類に区分けし、1m までは詳細な記事表示、1~2m は記事の概要表示、2m 以降では記事のタイトルのみを列挙というような方式にした。

簡易的な実装にはなってしまったが、筆者らで使ってみたところ表示アプリケーションとしてはある程度の優位性を確認することができた。

中国産食品の回収拡大、天津食品に立ち入り 中毒問題
 ジェイティーズに電話殺到 ギョーザ中毒問題
 東京株市場は小動き
 新生児置き去り、生後1日未満か 栃木・那須烏山
 昨年の交通事故死者、65歳以上が5割近くに
 外尾被告の死刑確定へ 佐賀・長崎の保険金殺人事件

図 5.2: ニュースリーダー記事タイトル表示

中国産食品回収拡大、天津食品に立ち入り 中毒問題
 牛乳・冷凍食品で複数の食品物の輸入された中国産ギョーザを食べた約10人が
 胃腸炎などの症状を訴えている。中国産ギョーザの製造元である天津食品
 株式会社は、問題になった食品を一旦回収した。中国産食品の回収拡大、天津食品に立ち入り 中毒問題

ジェイティーズに電話殺到 ギョーザ中毒問題
 中国産食品、昨年末に輸入された天津食品で、天津食品株式会社(中国産食品)の食品
 取扱部には約100件の電話が殺到している。同社は1日に約1
 24時間電話で対応、電話受付の人数を増やして14~15人で対応してい
 るが、感覚的な対応が難しい状況だ。

東京株市場は小動き
 日経平均株価は、前日の終値を基準に小幅な変動で推移した。米国の
 雇用統計の発表を懸念し、9%超低下したことで投資家「安心感」が
 一時的に高まった。東京株市場は、前日の終値を基準に小幅な変動で推移
 し、方向感が出ない状況だ。

新生児置き去り、生後1日未満か 栃木・那須烏山
 3日午前3時ごろ、栃木県那須烏山市下田井の那須烏山山荘に滞在していた
 2人の観光客が死亡した。死因は不明だが、死後1日未満で発見された。死因は不明だが、死後1日未満で発見された。

図 5.3: ニュースリーダー記事概略表示



図 5.4: ニュースリーダー記事詳細表示

5.5. 本章のまとめ

インタフェースの応用例として、距離に応じて表示される情報量の制御を行うインタフェースの試作を行った。評価実験までは行うことが出来なかったが、ある程度の優位性は確認することが出来た。

第6章 関連研究

概要

本章では本研究に関連する先行研究について述べる。

6.1. 大画面向けポインティングインタフェース

久松孝臣らはレーザーポインタを利用した大画面のためのインタフェース [7] において、レーザーポインタを利用した大画面のためのインタフェースについて報告している。レーザーポインタで大画面が複数存在する場合においてポインティングすることを主眼としており、画面 UI については変更しておらず、レーザーポインタのアクションで新しい操作感覚を実現している。これらは、大画面におけるポインティングについての先行研究としては参考になる研究である。しかし、PC の画面 UI には特に手をつけておらず、利用の際には Web カメラが必要になってくるため、常用するにはある程度の問題があると思われる。

6.2. 大画面における視認の問題

鎧沢勇らによる表示文字の評価 [6] において、テレビなどにおける文字画像の適正サイズやコントラスト・配色などを解説する報告をしている。文字適正サイズを割り出すに当たり、大変参考になる研究であった。

野本弘平らは大画面表示インタフェースのための空間設計法 [8] において、画面全体の見やすさと表示内容の読みやすさを両立する監視作業適正領域を、理論的にモデル化し人間の視覚特性に基づいて算出する方法について報告している。監視作業適正領域がモデル化されているため、大画面においてどの程度の位置で操作が可能なのかということを理解する上で大変参考になる研究である。しかし、定点領域を割り出す研究であるため、情報家電のように操作位置が変化するようなインタフェースにおいては、これを応用するのが難しいのではないかと思われる。

6.3. 大画面向け画面 UI

Miguel A. Nacenta らは、E-conic [8] において、空間内に複数大画面が存在するような環境において、視角や視距離が変化しても画面内のオブジェクトの向きは変化しないインタフェースの開発について報告している。これは、大画面においての画面視認性の優れた画面 UI となっているが、文字の可読性などについては考慮されておらず、PC の画面 UI を使い続ける限りは文字の可読性という問題点が残る。

コンピュータを意識させない操作という意味でズームングを用いた研究に、渡邊恵太らによる日常生活における人間の行為に着目したインタラクションの提案と試作 [10] がある。眺めるインタフェースに基づき、眺めるモードから「たまに使いたい時に積極的に使うモード」へなめらかに移行できるインタフェースとして、Push&Pull という押し引きする動作を利用したものになっており、ユーザ側にズームングの自然な利用を促す大変参考になる研究であった。

第7章 結論

概要

最後に、本論文のまとめと今後の展望について述べる。

7.1. まとめ

本研究では、まず情報家電の実態や今後求められるであろうニーズを探ることで、ユーザインタフェースに今後必要になってくる要素を調べた。その結果、ユーザのニーズの多様化やユーザ層の広がりから、今まで以上に幅広い消費者層に対応するため、ユーザインタフェースにはユニバーサルデザインの観点が重要視され、ユーザインタフェースも入力・出力側共にシンプルなデザインが求められていることが判明した。

そして、情報家電における重要な問題の一つである視認の問題について、情報家電操作における視力の関係性を調査した。その結果、日本人の60%が視力矯正の必要な視力しか有しておらず、TVのサイズや視認距離は関係なく視力の矯正が必要になっているという実態が判明した。また、最適な文字サイズについても調査を行い、先行研究などから視角0.5度を維持することができればどの距離でも問題なく視認可能であり、調査結果からディスプレイ視角が10~20度であることから最適文字数は20~30文字だということが判明した。

それに基づき、ユーザの視力を設定しリモコンとディスプレイの距離をセンシングすることでメニュー項目の文字サイズを拡大縮小するインタフェースを試作し評価を行った。1.6m以上の距離において視認性・操作性共に良い評価を得ることができ、このインタフェースの有用性が確認できた。また、応用例として文字サイズを拡大縮小すると同時に、情報表示量の制御をするインタフェースの試作を行った。評価実験までは行うことが出来なかったが、ある程度の優位性は確認することが出来た。

7.2. 今後の展望

ズームングを利用したインタフェースの試作において、文字サイズ・情報表示量の制御を達成することができた。

今後は、文字を拡大縮小する範囲を評価実験などから割り出し、より実用的な画面UIに練り上げていく必要がある。また、情報量の制御に関してまだ改善点が多く残されているので、この点について改良をしていきより実用的な画面UIに仕上げていきたい。

さらに、今回は市販のWiiリモコンを使用することで多機能かつシンプルな入力環境を実現したが、大画面操作における入力環境についても併せて研究していきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大な御指導・御助言を賜りました慶應義塾大学環境情報学部安村通晃教授に心より感謝いたします。

慶應義塾大学環境情報学部安村研究室の皆様には、様々な貴重な助言をいただきました。講師の樋口さんをはじめ、院の皆様、学部の皆様に助けて頂き、この場で御礼申し上げたいと思います。安村研のように、自由でかつ研究的にも面白い研究がされている研究室に在籍できたことは、研究活動を進める上で大いに参考になり励みになりました。皆様、ありがとうございます。

また、その他多くの方々に深く感謝し、謝辞とさせていただきます。

2007年1月
慶應義塾大学環境情報学部環境情報学科4年
里見佑太

参考文献

- [1] デジタル情報家電のネットワーク化に関する調査研究会報告書
http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040827_11_b2.html
- [2] *Livedoor* リサーチ: 【視力】「あなたの視力はいくつですか？」
http://research.livedoor.com/QuestionnaireTotal2.cgi?research_cd=xredxwfv9808307091
- [3] *TEPORE*: アンケート眼鏡
<http://www.tepore.com/koe/sei/050714/index.htm>
- [4] 川嶋英嗣他. 字詰まり効果と読書困難 (2). 第 14 回小田研究室月例ロービジョン研究会
筑波大学心身障害学研究科 / 日本学術振興会, 1999 年 4 月
- [5] 野呂影勇他編. 図説エルゴノミクス. 日本規格協会, 1990 年.
- [6] 鎧沢勇, 長谷川敬, 村崎圭助. 6-1 表示文字の評価 (6. 文字画像の評価). *テレビジョン学会誌*. (特集, 視覚と画像), 40(4), pp.298-304, 社団法人映像情報メディア学会, 1986.04.20
- [7] 久松孝臣, 岩淵志学, 三末和男, 志築文太郎, 田中二郎. レーザーポインタを利用した大画面のためのインタフェース. *インタラクション 2005 論文集*, 2005.
- [8] 野本 弘平, 若松 正晴. 大画面表示インタフェースのための空間設計法. *電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界*. Vol.J86-A, No.4(20030401) pp. 491-499, 2003.
- [9] Miguel A. Nacenta, Satoshi Sakurai, Tokuo Yamaguchi, Yohei Miki, Yuichi Itoh, Yoshifumi Kitamura, Sriram Subramanian, and Carl Gutwin. E-conic: a Perspective-Aware Interface for Multi-Display Environments. *UIST 2008 Papers*, 2008.
- [10] 渡邊恵太, 安村通晃. 日常生活における人間の行為に着目したインタラクションの提案と試作. *情報処理学会研究報告書*. 2005-HI-115, pp69-74, 2005.