

を作成した。スリガラスは可動部の上に固定し、装置の両脇に装備したハンドルを回転させることで任意の距離に移動させることができるようにした。可動部のストロークは 350mm で、連続的に移動できるようにした。

(5) 照明の影響を検討する方法の検討

液晶パネルの視認性は、照明の影響を受けやすい。特に、反射型液晶は、外光の反射を光源とするため、照明の影響が大きい。また、画面背面のバックライトを光源とする透過型液晶でも、カバーの反射特性等の影響を受けることが考えられる。そこで、照明の効果を検討できるように、電球の種類を変えたり、調光したりできるような照明装置を作成した。また、グレアが生じないように、間接照明も可能になるように設計した。

3.2 開発したシミュレータ

以上のステップを経て、開発した機能モジュールを組み合わせ、低視力シミュレータを開発した。図 2.1 に装置の外観を示す。



図 2.1 装置

4. 実験 1：開発したシミュレータの特性に関する評価実験

4.1 目的

開発した低視力シミュレータの妥当性と信頼性を検討するために、シミュレートされた視力とコントラスト感度特性 (Contrast Sensitivity Function) を測定した。

4.2 方法

本装置では、ターゲットとスリガラスの距離を変えることで、空間フィルタ特性を変化させることができる。ターゲットとスリガラス間の距離に応じて、高い空間周波数の情報から順次、減衰させることが可能な連続可変ブローフィルタを実現できる。したがって、ターゲットとスリガラス間の距離を長くする程、低空間周波数の情報しか伝達できなくなり、ブローな状態、すなわち、低視力状態をシミュレートできることになる。本実験では、ターゲットとスリガラス間の距離を系統的に変化させたときに、空間フィルタ特性がどのように変化するかを、視力と CSF をインデックスにして測定した。

(1) ランドルト環視標をインデックスにした評価：スリガラスを通過した映像のブローの程度をランドルト環視力で表現できるように実験を計画した。ランドルト環視標と被験者の間の任意の位置にスリガラスを設置すると、被験者にはシミュレートされたブローのかかった視標が提示されることになる。そこで、各フィルタ設置位置で、ランドルト環視標のサイズを変化させ、視認可能な最小の視標サイズを求めれば、シミュレートされた視力を求めることが可

能である (図 2.2)。ランドルト環視標は、VSG2/5 (Cambridge Research Systems 社製) を用いて、400mm の距離に設置した CRT モニタ (SONY GDM-F520) 上に提示し、心理物理学的測定法の上下法を用いて、閾値を求めた。設定したランドルト環視標とスリガラスの距離は、30、45、65、100、300mm の 5 条件であった。被験者は、矯正視力で正常な視力を有する成人女性 2 名と成人男性 1 名であった。

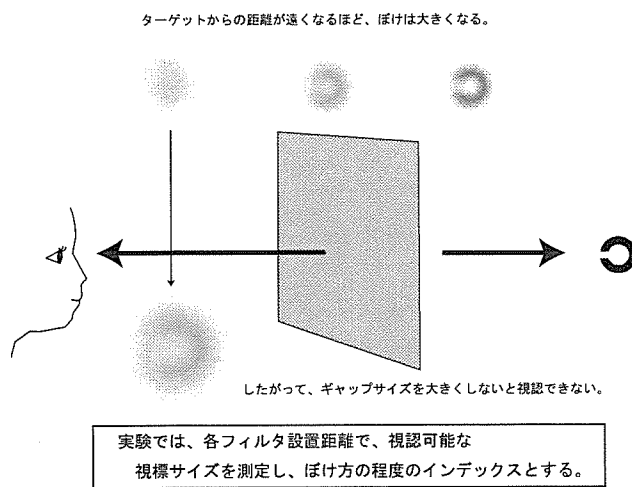


図 2.2 ランドルト環を指標とした評価原理

(2) CSF をインデックスにした評価：同様に、スリガラスの位置を変化させて、スリガラスを通過した映像の CSF を測定した。視標には平均輝度約 50cd/m² のガボアパッチを用い、0.05、0.12、0.28、0.67、1.60、3.80cpd の空間周波数に関するコントラスト閾を上下法を用いて求めた。スリガラスの距離は、0、20、30、45、65mm の 5 条件で、観察距離や被験者はランドルト環実験と同様であった。被験者の課題は、強制選択法に従い、提示された縞模様が縦縞であったのか横縞であったのかをマウスのボタン押しによって報告することであった。

4.3 結果と考察

3 名の被験者の平均視力を見ると、スリガラスの距離が 30mm で 0.2、45mm で 0.14、65mm で 0.127、100mm で 0.08、300mm で 0.03 で、対象からスリガラスまでの距離を増やすに連れて、連続的な視力低下を生じることが確認できた。スリガラスの距離と視認可能な視標サイズ (観察距離 400mm) の関

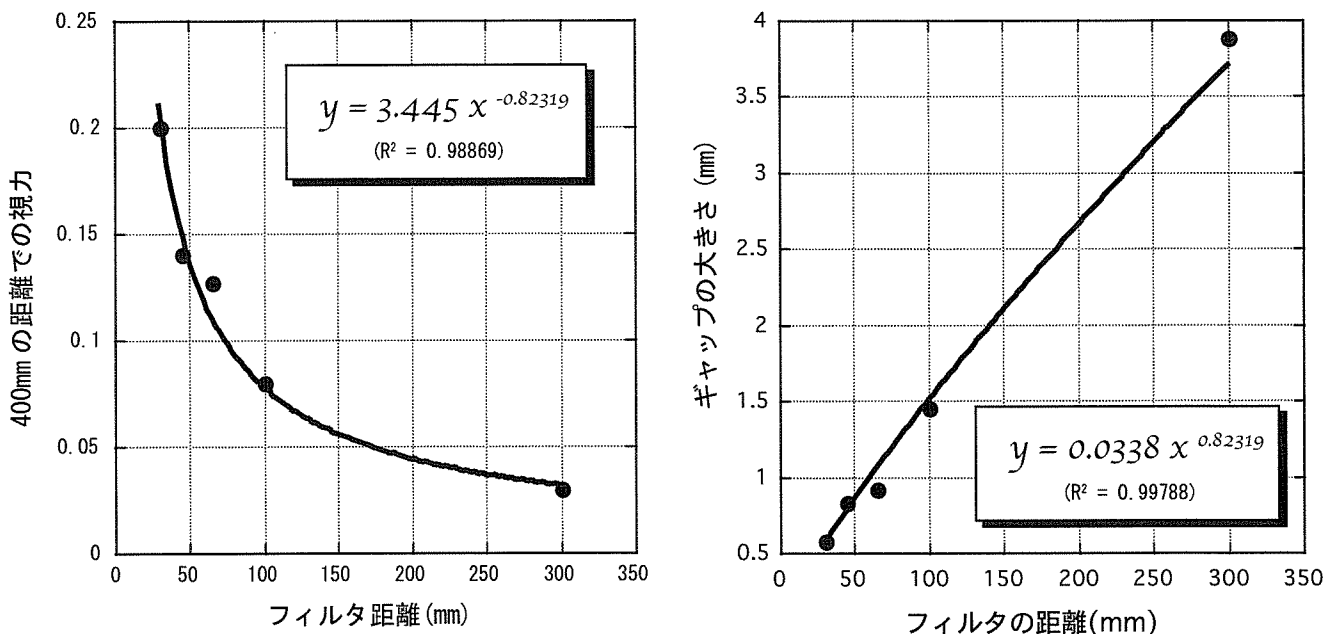


図 2.3 フィルタ設置位置と視力、ギャップサイズの関係

係を最小自乗法でフィッティングした(図2.3)。

図2.4には3名の被験者の平均CSFを示した。なお、CSFから推定した視力は、ランドルト環視標による結果とほぼ一致していた。

5. 液晶パネルの視認性を評価するための新しい手法の開発

5.1 目的

低視力シミュレータによって制御される視力下での、様々なデザインの液晶パネルの視認性に関する評価を行うためには、適切な評価方法が必要である。視認性を評価する代表的な方法としては、見やすいかどうかを観察者に尋ねる質的方法や見やすい順番を付けるといった方法がある。これらの方法は、複数の対象の中から良いものを選び出すことはできるが、1位と2位との間にどの程度の差があるかは分からない。そこで、本研究では、順序だけではなく、対象間にどの程度の差があるかを数量化するための新しい視認性評価方法を検討する。

5.2 開発した評価手法

見やすいデザインとは、より低視力の人

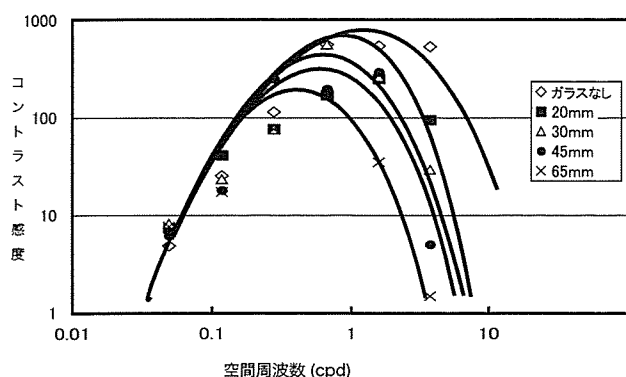


図2.4 フィルタ設置位置ごとのCSF

でも視認できることを意味する。したがって、それぞれのターゲットの見やすさを、どの程度低視力の人でも視認可能かどうかで数量化すればよい。そこで、本研究では、各ターゲットを視認するために必要なぎりぎりの視力(臨界視力)を求め、視認性の尺度にした。以下、評価原理と手順を示す。

フィルタであるスリガラスとターゲットとの距離を十分に離すと、ぼけが大きくなり、視標を視認できない。しかし、フィルタをターゲットに近づけていくと、徐々に視認が可能になり、認知課題の正答率が向上する(図2.5)。正答率がある水準になるときのフィルタ位置での空間解像度が、そのターゲットを視認するために必要な最低限の視力ということになる。ここで、正答率は目的に応じて任意に設定すればよいわけであるが、リモコン等の表示を考えるなら、正答率の基準は100%にすることが妥当だと思われる。そこで、対象となる液晶パネル上の文字や記号の読み上げ課題の正答率を100%にするために必要な最低限の視力を測定し、可読臨界視力(Critical Acuity)と定義した(図2.6)。本装置では、

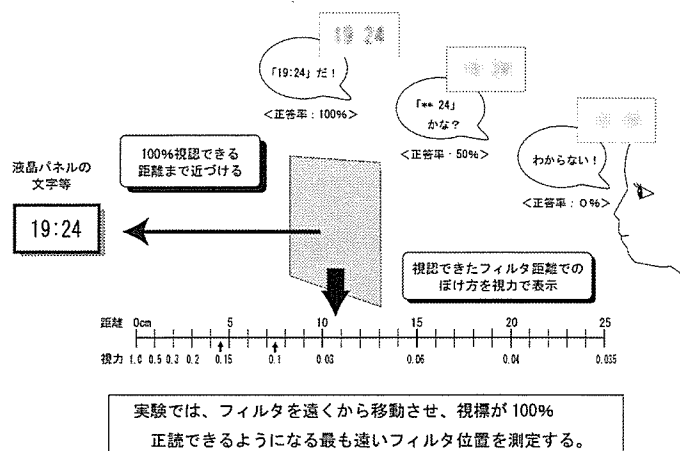


図2.5 可読臨界視力の原理

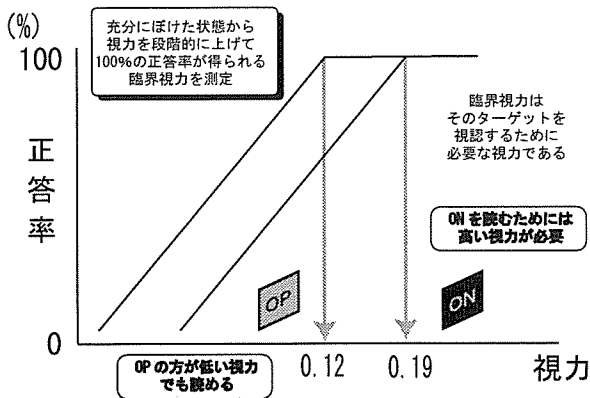


図 2.6 可読臨界視力の意味

臨界視力を求める方法として、心理物理学的方法の調整法、極限法、恒常法のすべてが利用可能である。したがって、目的に応じて、これらの測定法を使い分ければよい。

6. 実験2：低視力シミュレータと可読臨界視力評価法の有効性に関する実証実験

6.1 目的

開発した低視力シミュレータと可読臨界視力評価法が実際の液晶パネルのデザイン評価において有効かどうかを検討する。

6.2 評価対象に選定した液晶パネル

今回、評価対象にしたのは、背面の色と文字の色が異なる6種類の反射型液晶パネルである。図2.7に示した通り、文字がダークグレーで背景がライトグレー (SP) とその反転タイプ (SN)、文字が鏡調で背景がグリーン (GP) とその反転タイプ (GN)、文字が鏡調で背景がオレンジ (OP) とその反転タイプ (ON) で、パネル面の大きさは、縦17.5mm、横60mmであった。バックライトはなく、液晶パネルには、時刻のみが表示されるようになっている。なお、反射型液晶を選択したのは、外光の反射を光源とす

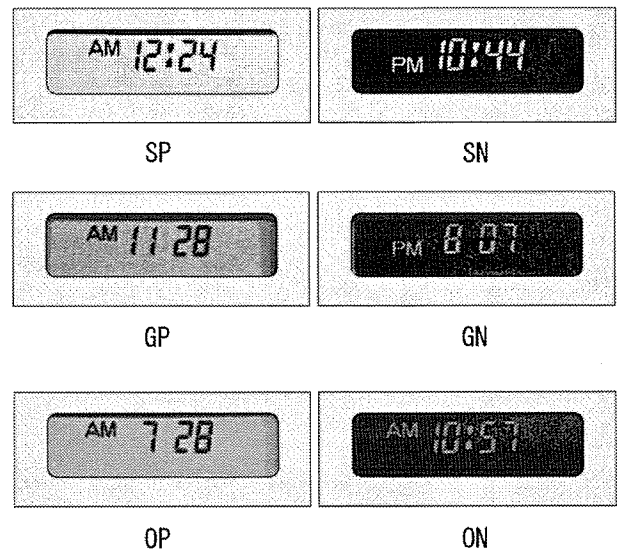


図 2.7 評価実験に用いた様々なタイプの液晶パネル

るため、照明の影響を受けやすく、その見やすさについて照明との関連性を検討する必要があり、開発したシステムの有効性をチェックするテーマとして、適していると考えられるためである。

6.3 実験2-1：デザインの初期段階で大まかな絞り込みを行う際に活用可能か？

(1) 目的

デザインの初期の段階では、条件を大まかに絞り込む必要がある。この段階では、厳密なデータよりも、大まかでよいので、簡便かつ短時間で評価結果が得られることが重要とされる。そこで、被験者調整法を用いて、可読臨界視力を測定し、必要最低限の情報を得られるかどうか、また、短時間でしかも簡便に評価ができるかどうかを検討した。

(2) 方法

開発したシミュレータを用い、400mmの距離で、表示されている時間の可読臨界視力を、被験者調整法により測定した。評価

した液晶パネルは、文字がダークグレーで背景がライトグレー (SP) と文字が鏡調で背景がオレンジ (OP) の2種類のタイプであった。液晶パネル面の照度は100lxに設定した。被験者の課題は、スリガラスの距離を、明らかに時刻が読めない距離から時刻を読むことができる距離に調整することであった。試行数は、パネルのタイプが2条件、繰り返しが12回、すなわち、 $2 \times 12 = 24$ 試行であった。なお、液晶パネルの時刻は、試行ごとにランダムに変えた。

(3) 結果・考察

1 試行あたりの実験時間は6〜7秒という短時間で実施できた。24 試行すべてを実施しても時間は5〜10分程度で終了した。被験者の課題も簡単であり、大まかな絞り込みに用いる方法としては、問題ないことがわかった。視認性評価の結果は、表2.1に示した。文字が鏡調で背景がオレンジ (OP) の方が、文字がダークグレーで背景がライトグレー (SP) よりも臨界視力が低くなっており、より低い視力でも視認可能であることがわかった。この結果は、主観的な観察結果や見やすさの順位とも一致しており、妥当な結果だと言える。

表 2.1 調整法によって求められた2つの液晶タイプの臨界視力

	液晶の種類	
	SP	OP
被験者A	30.1 (0.44)	41.3 (0.61)
被験者B	27.7 (0.38)	35.8 (0.36)
被験者C	38.5 (0.53)	49.0 (0.62)
平均	32.10	42.03
臨界視力	0.03	0.02

単位：cm、()内はSD

6.4 実験2-2：デザインの最終決定の際に利用可能か？

(1) 目的

デザインの最終段階では、視認性に関して、より厳密なデータが必要になる。このような厳密なデータは、例えば、視認性とコストとのトレードオフを決めるような際に、必要になる。実験2-1で実施した被験者調整法の場合、フィルタの位置を被験者が自分で調整し、見える点を探すため、調整方法の個人差が結果に大きな影響を及ぼしてしまう。例えば、慎重な判断をしたがる被験者は、確実に視認できるところで調整を終えるのに対して、別のタイプの被験者は早く反応することを重視した調整を行う場合がある。これら、被験者の調整方法の個人差を最小限にし、より厳密に閾値を測定するために、心理物理学的測定法の上下法を用いて、可読臨界視力を厳密に測定する。

(2) 方法

開発したシミュレータを用い、400mmの距離から、100lxに照明されている液晶パネルに表示されている時間の可読臨界視力を、上下法により測定した。本実験では、課題を時刻の読み取りとし、低視力シミュレータによって視力を組織的に変化させ、可読臨界視力を求めた。液晶パネル部分は左右から均等に照明が当たるようにし、液晶部分の明るさは100lxとした。被験者は、リモコン設置位置から400mmの位置に着席した。観察距離は、顔面固定器を用いて一定に保たれた。観察は両眼で行った。被験者の課題は、液晶に表示されている時刻を

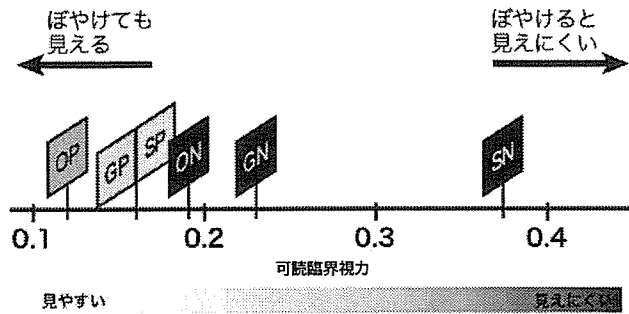


図 2.8 上下法によって求められた 6つの液晶タイプの臨界視力

読み上げることであった。12 試行連続で正答した場合にはシミュレートする視力を低下させるためにスリガラスを遠ざけ、12 試行目に達する前に被験者が時刻を読み誤った場合にはシミュレートする視力を向上させるためにスリガラスを近づけるように変化させた。変化させるステップは 16、8、4、2 mm で、4 回のターンで閾値を決定した。

(3) 結果・考察

上下法を用いると、調整法よりも時間はかかるが、バラツキが小さい、より厳密なデータを収集できることがわかった。図 2.8 は各液晶パネルの視認性を可読臨界視力で示したものである。どの被験者もほぼ同様の傾向を示しており、可読臨界視力が低い（より低視力の人でも読める）順に OP（臨界視力：0.12）、GP（0.14）、SP（0.15）、ON（0.19）、GN（0.22）、SN（0.37）であった。このようにより厳密なデータで尺度化ができると、コスト等、デザイン以外の要因とのトレードオフを検討しやすくなることがわかった。

7. まとめ

家電製品等の表示部として重要な役割を担っている液晶パネルの視認性は、ユニバー

サルデザイン観点から重要な要因である。しかし、デザインの行程で、高齢者や視覚障害者等のユーザに評価を頻りに依頼することは、様々な理由から困難である。シミュレーションへの期待が大きい、1) シミュレーションの精度という技術的な課題や 2) 現場の利用方法を考慮した使いやすさというシステム設計上の課題があったわけである。そこで、本研究では、シミュレーションの精度を確保しつつ、デザイナーのニーズに応えることができるシミュレータの開発を試みた。その結果、以下の特徴をもつシミュレータが開発できた。

- 1) ゴーグル型のように観察中に汗などの影響で見え方が変化することがないため、長時間利用できる。
- 2) 広い視野が確保できるため、複数のデザイナーが同じものを見ながら協議するのに適している。
- 3) 視力を連続的に簡便に変化させられるため、ゴーグルやフィルタを交換する必要がない。
- 4) 照明などの光環境を変化させるのは容易であり、製品の使用場面に合わせた環境でのデザイン評価が簡単に実施できる。
- 5) 操作が簡便で低コストで実現できる。

また、開発したシミュレータの精度を確認した結果、6) 視力を確実に制御できており、精度の高いシミュレーションが実現できていることがわかった。視力だけでなく、CSF 特性もわかっているため、より厳密なシミュレーションにも適応可能であることもわかった。

さらに、デザインの現場での様々な利用方法を想定し、実際の液晶パネルの評価実験を実施した結果、7) 大まかな仕様決定の際の簡便なチェックにおいても、最終仕様決定の際の厳密な評価においても利用できることが明らかになった。

なお、本システムの評価方法として考案した可読臨界視力測定法は、液晶パネル評価の新しい方法論として、今後、重要な役割を果たすと考えられる。

以上、本研究により、デザイナーが様々な視力のユーザの見え方を直感的に確認でき、なおかつ、臨界視力のような客観的な根拠も提供できるシミュレータが試作できた。本研究では、液晶パネルのデザインをターゲットにシステム設計を行ったが、このシミュレータの原理は、他の製品評価にも活用可能だと考えられる。今後、ユニバーサルデザイン支援ツールとして、より汎用性の高いシミュレータを開発していく計画である。

参考文献

- 中野泰志：ロービジョンシミュレーションの必要性，視覚情報処理ハンドブック，朝倉書店，pp560，(2000)。
- e-AT 利用促進協会（監修）：詳解 福祉情報技術 I 障害とテクノロジー編．福祉とテクノロジーの共存を目指して，pp. 42-43，(2003)。
- 平野邦彦：Occlusion Foil 透過画像の疑似生成について，文部省科学研究費補助金（研究代表者；和氣典二，基盤研究（A）（1）；課題番号 07301010 研究成果報告

書，pp.1-9，(1998)。

- Legge, Pelli, Rubin and Schleske: Psychophysics of reading - I. Normal Vision, Vision Research, Vol.25, No. 2, pp.239-252, (1985).

ぼやけによる視力低下のシミュレーション

-すりガラスの距離と視力低下の関係-

中野 泰志・新井 哲也・布川 清彦・永井 伸幸

1. はじめに

我々の調査(大河内ら, 2006)では、コミュニケーションにおいて、通常の文字や拡大文字を利用している弱視ろうや弱視難聴の状態の盲ろう者は?%いることがわかっている。これら、弱視(ロービジョン)の盲ろう者にとって、セルフケア製品の表示は、必ずしも見やすいわけではない。また、どの程度の視力のロービジョンであれば、視認可能かが不明確であるため、実際に利用してみるまで、利用可能かどうかわからないという状況にある。

2. 目的

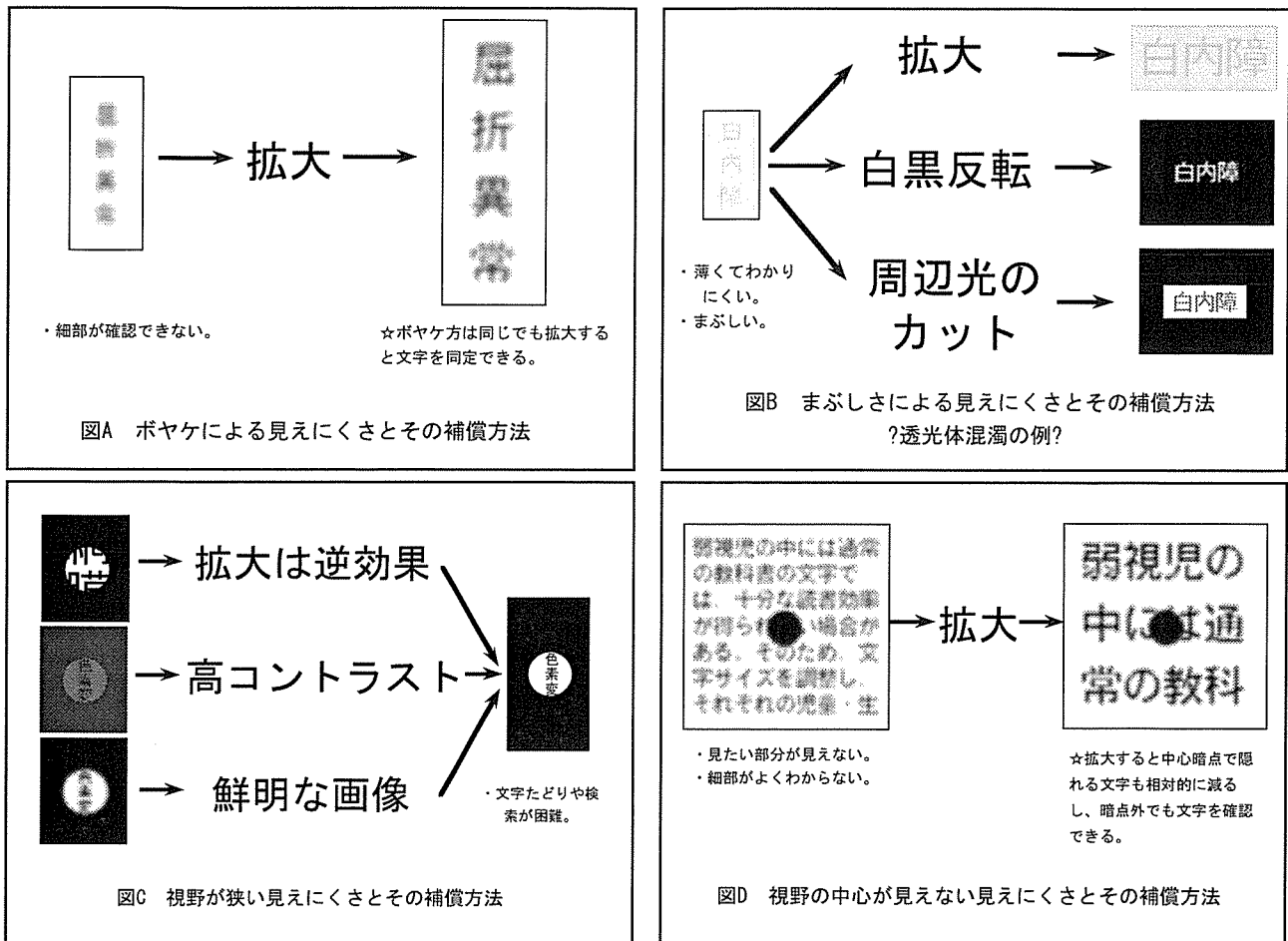
本研究の目的は、弱視ろうや弱視難聴等の聴覚障害を併せもつロービジョンの人にとってのセルフケア機器の視認可能性を評価するためのツールを試作することである。中野ら(1993)は、ロービジョンの見え方/見えにくさを、a) ぼやけ、b) まぶしさ、c) 求心性視野狭窄、d) 中心暗点の4種類に分類している(図3.1)。セルフケア製品の表示の視認性を問題にする場合、通常の読書とは異なり、視野よりも視力の影響を受けやすいと考えられる。そこで、本研究では、ロービジョンの4つの見えにくさの内、ぼやけをシミュレートするツールを試作することとした。

3. 方法

ぼやけをシミュレートする方法として、Legge(1985)や中野ら(2005)と同様に、特殊なすりガラス(ground glass)を用いた。この方法であれば、視対象とすりガラスの距離で、ぼやけの程度を系統的にコントロールすることが可能である。そこで、本研究では、視対象とすりガラス間の距離と視力に関する心理物理実験を実施した。

(1) 装置: 実験に用いたすりガラスは、中野ら(2005)と同じライオン製無反射ガラスを用いた。すりガラスは専用のフォルダに固定し、ステッピングモーター(オリエンタルモーター株式会社製ステッピングモーター・スライダ E Z limo)、ステッピングモーター制御装置(オリエンタルモーター株式会社製 E Z limo コントローラ)、高速モータコントロールボード(株式会社コンテック製 SMC-2P)、制御用パーソナルコンピュータ(eMachines 製 J3024)で、距離を0.01mm単位で変化させることができるようにした(図3.2)。観察距離を一定に保つために、実験参加者の顔面を固定するための顔面固定器とチンレストを用いた。

(2) 実験参加者: 実験参加者は視力(矯正含む)が1.0以上の晴眼者12名で、男性8人、女性4人であった。



(中野泰志・小田浩一・中野喜美子、1993、弱視児の見えにくさを考慮した読書環境の整備について、国立特殊教育総合研究所・特別研究「心身障害児の感覚・運動機能の改善および向上に関する研究」最終報告書、pp.45-55より抜粋)。

図 3.1 4つの見え方

(3) 手続き：実験参加者の正面 90cm の距離に、ランドルト環視力検査票（単独視標）を提示し、スリガラスの位置を変化させ、視標が視認できる認知閾を測定した。提示したランドルト環視力検査票は、90cm の観察距離用に作成した単独視標（1200dpi の解像度で印画紙出力）で、視力は 0.04、0.06、0.1、0.16、0.25、0.4、実験参加者の視力に相当する視標（1.2/1.5/2.0）の 7 種類であった。スリガラスの距離を変化させることで、ぼやけを連続的に変化させ、各ランドルト環視標が視認できるぼやけの閾値を求めた。閾値の測定には、精神物理学的測定法の上下法を用いた（図 3.3）。

4. 結果・考察

各実験参加者ごとの「対象からフィルタまでの距離（フィルタ距離）」と「分解能（視力）」の関係を図 3.4～図 3.15 に示した。図より、いずれの実験参加者も同じ傾向を示していることがわかった。

全実験参加者のデータを用いて、フィルタ距離と視力の関係を最小二乗法により求めた。その結果、以下の関係式が成立することがわかった。なお、フィルタ距離と視力の間には $R=0.967$ という高い相関があることがわかった。

実験参加者 1

(19歳男性、視力 1.2)

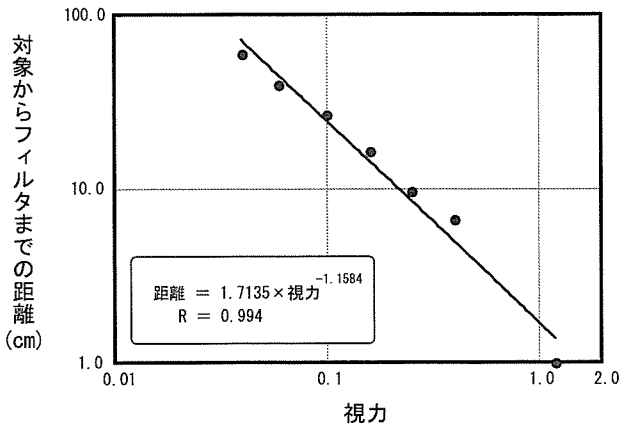


図 3.2 実験参加者 1

実験参加者 4

(21歳男性、視力 1.2)

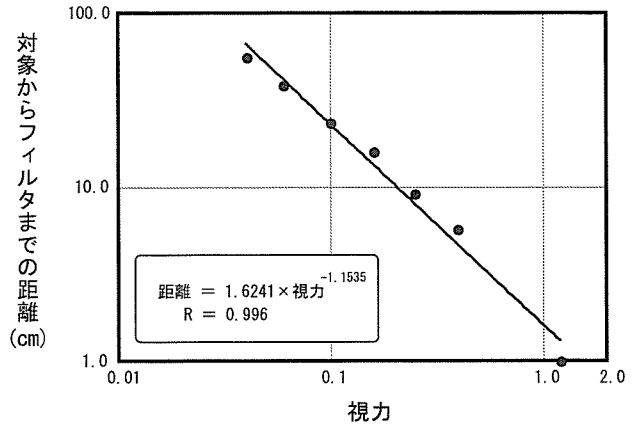


図 3.5 実験参加者 4

実験参加者 2

(20歳男性、視力 1.5)

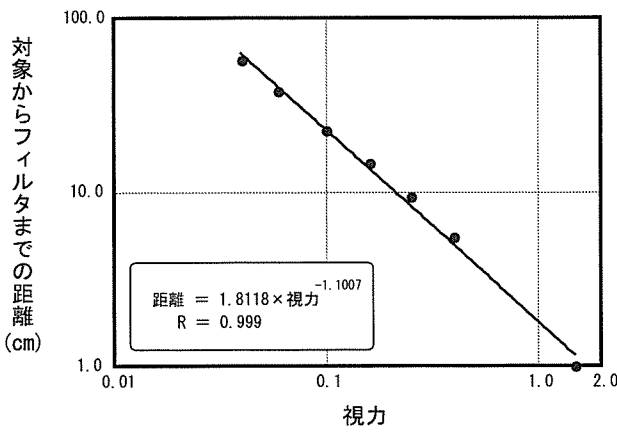


図 3.3 実験参加者 2

実験参加者 5

(28歳女性、視力 1.5)

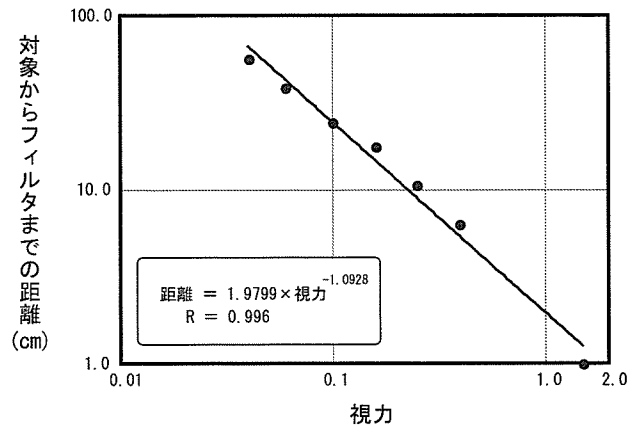


図 3.6 実験参加者 5

実験参加者 3

(19歳女性、視力 1.2)

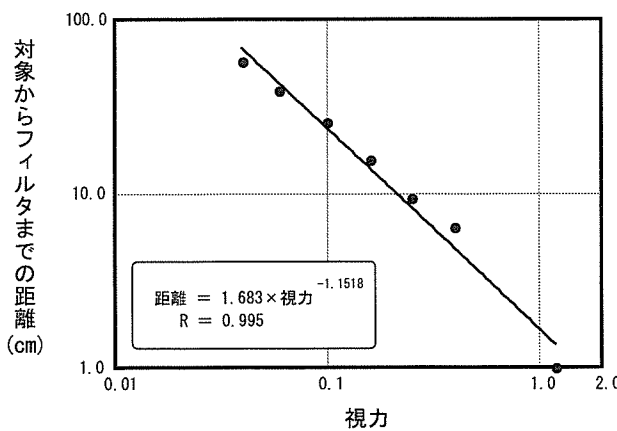


図 3.4 実験参加者 3

実験参加者 6

(20歳女性、視力 2.0)

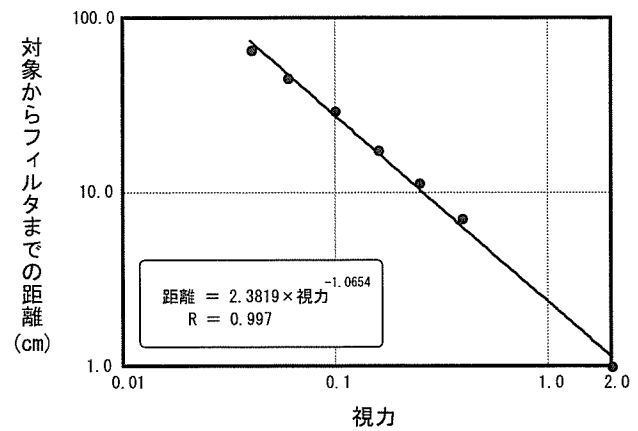


図 3.7 実験参加者 6

実験参加者 7

(19歳男性、視力 2.0)

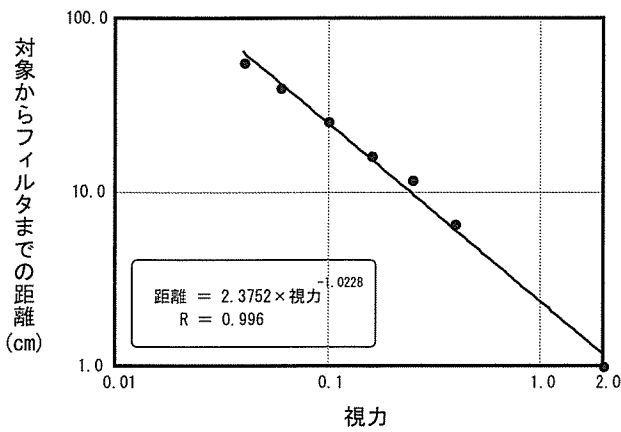


図 3.8 実験参加者 7

実験参加者 10

(19歳男性、視力 1.5)

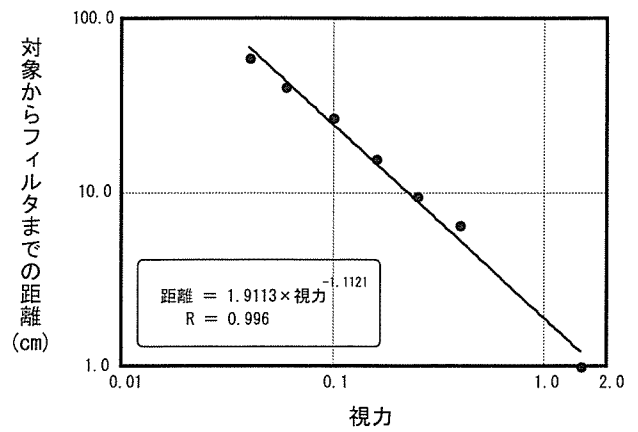


図 3.11 実験参加者 10

実験参加者 8

(22歳男性、視力 2.0)

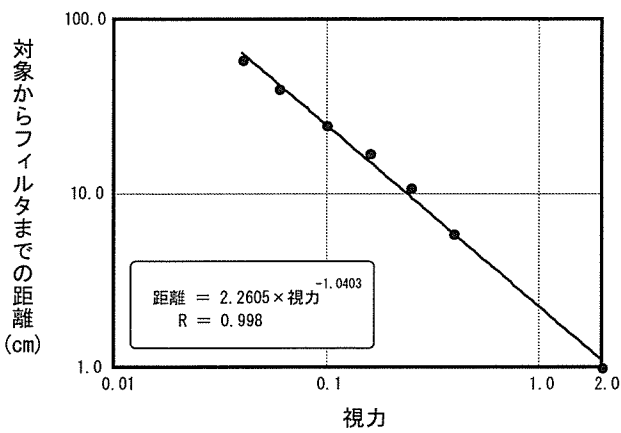


図 3.9 実験参加者 8

実験参加者 11

(24歳女性、視力 2.0)

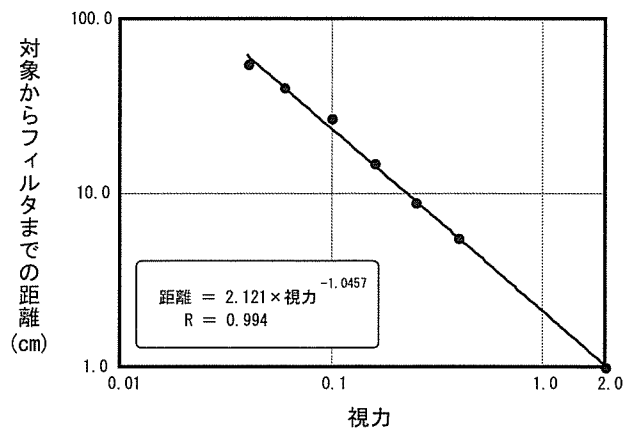


図 3.12 実験参加者 11

実験参加者 9

(20歳男性、視力 2.0)

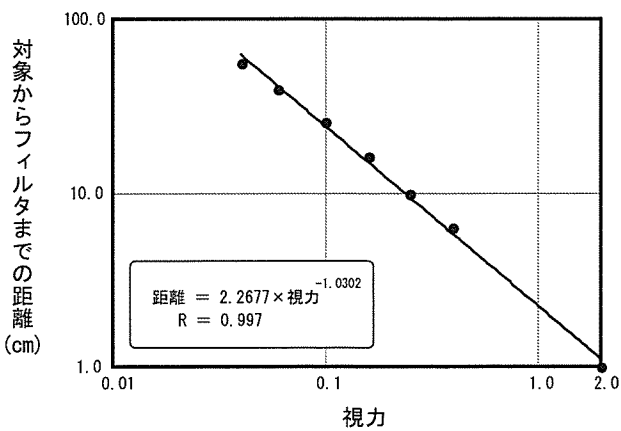


図 3.10 実験参加者 9

実験参加者 12

(23歳男性、視力 1.2)

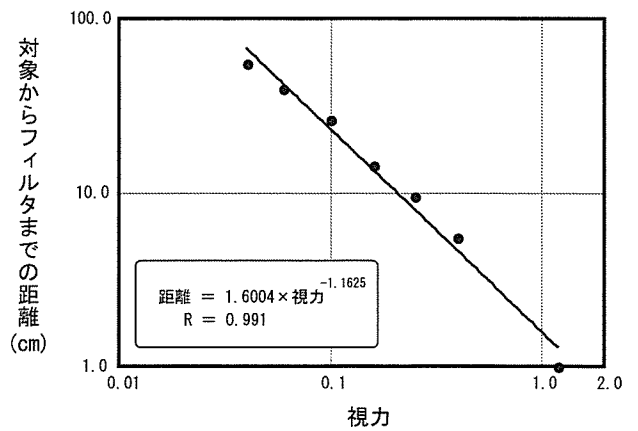


図 3.13 実験参加者 12

実験参加者全員

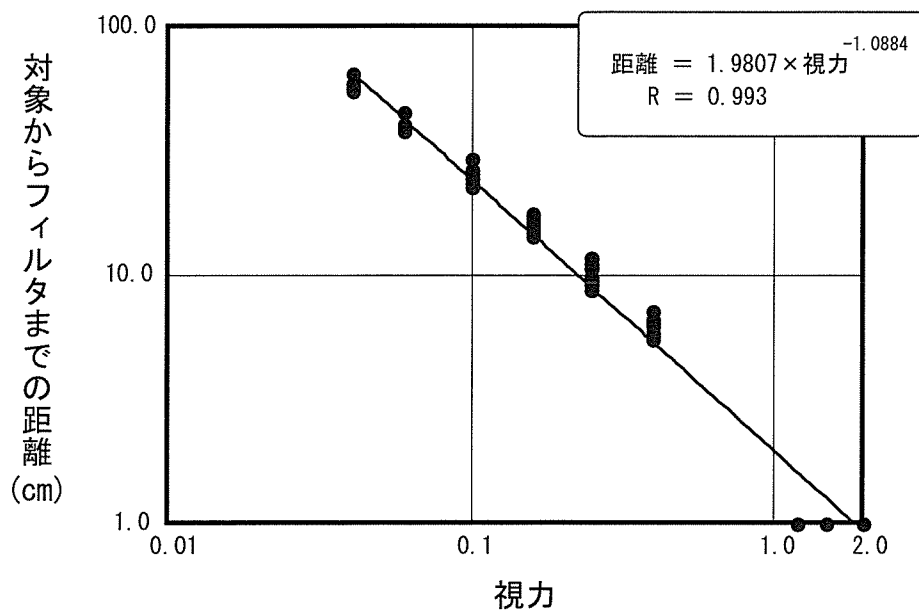


図 3.15 フィルタ距離と視力の関係（視力から距離を求める）

視認性を評価するための低視力シミュレータの試作 (2)

—PC とステッピングモータによる制御システムの開発—

中野 泰志・伊福部 達・布川 清彦・永井 伸幸・新井 哲也

1 はじめに

中野ら (2006a) で試作した低視力シミュレータは、スリガラスを手動で移動させる方式であり、簡便・安価で、おおまかな推定目的には適しているが、精度上の課題があった。そこで、本研究では、精度を要求するシミュレーションが可能になるように、ステッピングモーターをコンピュータで制御することにより、高精度の実験研究に利用できる低視力 (ぼやけ) シミュレータシステムを試作することにした。

2 目的

本研究の目的は、スリガラスを用いたぼやけシミュレータをコンピュータとステッピングモーターを用いて、高精度で操作を容易にすることである。

3 方法

ぼやけをシミュレートする方法としては、試作1 (中野ら, 2006) と同様、特殊なスリガラスを用いた。本実験では、精度と操作性を向上させるために、コンピュータで制御可能なシステムで構成した。

実験に用いたスリガラスは、中野ら (2005) と同じライオン製無反射ガラスを用いた。スリガラスは専用のフォルダに固定し、ス

テッピングモーター (オリエンタルモーター株式会社製ステッピングモーター・スライダー EZ limo)、ステッピングモーター制御装置 (オリエンタルモーター株式会社製 EZ limo コントローラ)、高速モータコントロールボード (株式会社コンテック製 SMC-2P)、制御用パーソナルコンピュータ (eMachines 製 J3024) で、距離を 0.01mm 単位で変化させることができるように設計した。なお、ステッピングモーター、スリガラス等を固定する筐体は、自作した。

制御用のソフトウェアは、Visual Basic ver. 6.0 で独自に作成した。中野ら (2006b) の関係式を用い、想定観察距離や視力を入力すれば、フィルタ位置を自動的に移動させることができるようにした。

4 結果・考察

図 4.1 に筐体の、図 4.2 にコントローラーの設計図と配線図を示した。

本試作機は、通常の使用条件では、視力 0.065 - 1.0 の範囲をシミュレートできることがわかった。

このシミュレーターを使うことで、弱視ろうや弱視難聴の盲ろう者用支援機器のデザインが容易になると考えられる。

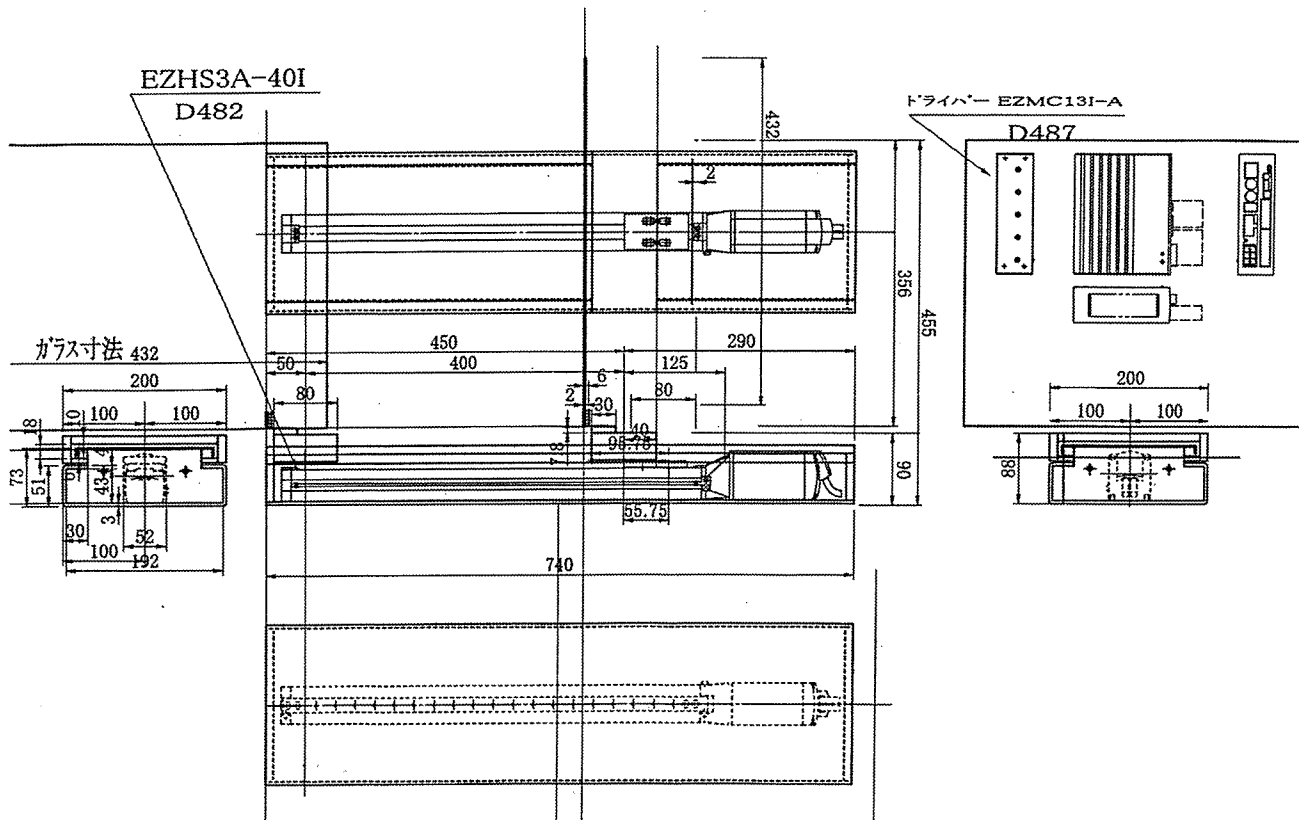


図 4.1 筐体

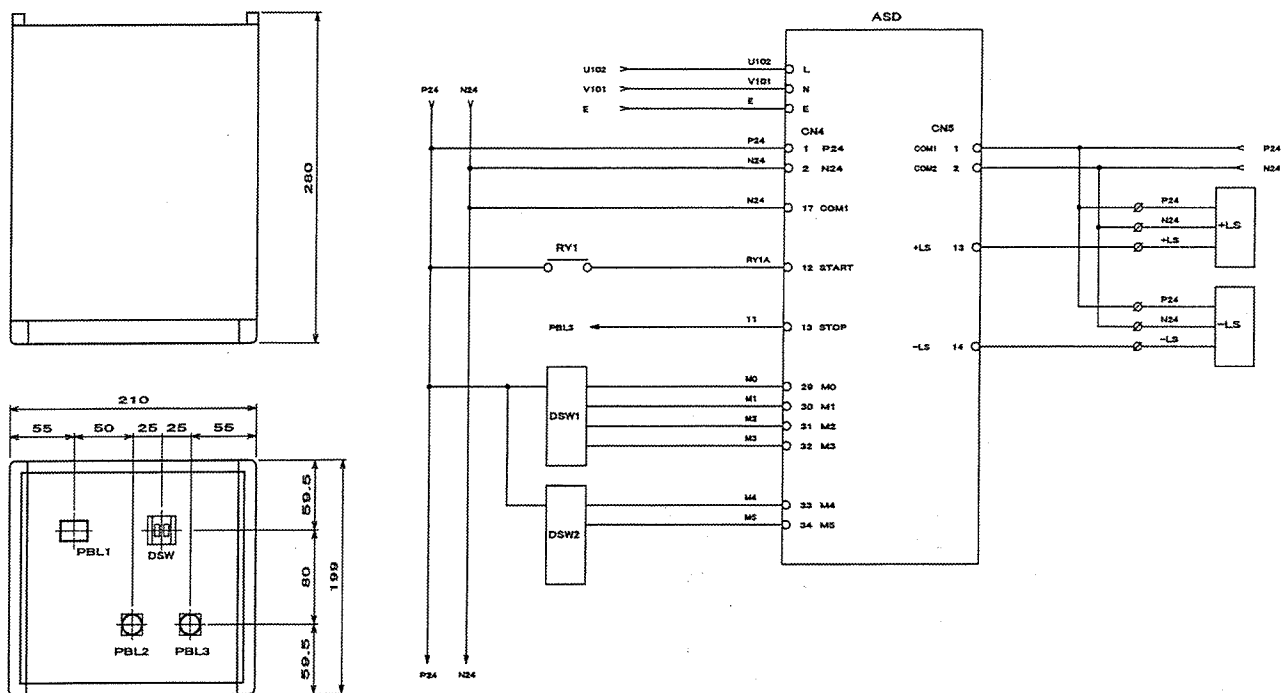


図 4.2 コントローラの設計図と配線図

Developing an Evaluation System for Legibility as a Universal Design Tool:

Advantages of a low vision simulator utilizing a wide view ground glass filter

Yasushi Nakano, Tetsuya Arai, Nobuyuki Nagai, Kiyohiko Nunokawa, Tsutomu Kusano,
Nobuyuki Maebashi

ABSTRACT

To incorporate universal design into electrical home appliances, it is necessary to take into consideration how the elderly and people with visual disabilities see those products and to implement the evaluation in the product design phase. Various simulators for that purpose have been developed; however, none of them are ideal in terms of accuracy, user-friendliness, and cost. This research is to clarify necessary simulator requirements to be used by designers in the design process, make a low vision simulator prototype fulfilling these requirements, and experimentally validate both the validity and reliability of said prototype. The prototype tool must simulate precisely decreasing visual acuity caused by blurring, provide a feature to evaluate light environment (including lighting in a room), and allow repeated evaluation in various phases of the design process due to its low cost compared to other simulators with image processing.

Keywords: Simulator ; Legibility ; Readability ; Low Vision ; Visual Disability

1. Research purpose

The purpose of this research is to develop a low vision simulator to utilize in the designing process for products (including remote controllers and liquid crystal panels) and to experimentally validate its validity and reliability.

2. Development of a low vision simulator

2.1 Preliminary study

(1) Analysis of needs at the designing stage

We had discussions with product designers who have been designing electrical home appliances concerning tasks in incorporating universal

design into products for the elderly and people with disabilities. The discussions marked a need for designers to be able to make evaluations whenever necessary all through the designing process, instead of only making a user evaluation after a prototype is complete. However, because making evaluations during the designing stage has some negative factors such as limitation of time, cost, and the difficulty of securing collaborators, such evaluations are hard to implement. Therefore, at the designing stage; a simple, quick and highly accurate simulating evaluation method is required. In addition, we found that the simulator requirements at designing stage must fulfil the following five conditions:

- 1) There must be no difference in vision during observation due to perspiration.
- 2) More than one designer must be able to see the same object from a wide field of view to allow discussions.
- 3) It is necessary to be able to change visual acuity easily and continuously.
- 4) It can be used for design evaluation at the actual locations when people use products while lighting conditions are changing.
- 5) Operation should be easy and

simulation should be conducted at low-cost.

In this research project we developed a low vision simulator fulfilling all these requirements.

(2) Selection of simulating method

According to Nakano (2000), there are two major low vision simulating methods: one method uses optical filters and the other method uses image data processing with computers. As for optical filter simulation, there are four low vision simulation kits available in Japan: the simulation lens trail from Takata Optical Co.; the low vision taiken (experience) kit from Nippon Lighthouse Welfare Center for The Blind; the DAAS vision simulation kit; and the Zimmerman low vision simulation kit. All these simulation kits have built-in optical filters containing occlusion foil (Hirano, 1998) or convex lens in the goggles, which have inherent problems of misting goggles over due to perspiration and of stable product supply. Simulation using image data processing requires personal computers with high performance capability to handle various conditions (such as lighting in a room) and then to process all the recorded data; in addition, there are cost problems.

Furthermore, in order to render images on a CRT display it requires rigorous calibration for gamma correction; which is again, a cost issue for those machines.

Seeking a new possible simulator, our research focused on the method that Legge et al. (1985) studied using ground glass. With ground glass there is no need for goggles and it does not affect visual acuity due to perspiration, thereby, securing a wide field of vision. Changing the distance between the ground glass filter and the target to be evaluated allows visual acuity to continuously change.

In addition, with the ground glass it can easily re-create almost identical lighting conditions as the scene of actual use and provides easy-to-use operation at low cost.

(3) Selection of ground glass

To select ground glass for making a simulator that can cover the necessary range of visual acuity, we examined spatial filter characteristic of various ground glasses. The survey concluded that anti-reflective glasses of the Lion Corporation and HANSA Co. Ltd., met the required features that can change visual acuity necessary for design evaluation responding to the distances between the target and ground

glass. The research group chose to use the Lion Corporation's anti-reflective glass.

(4) Methodology to achieve continuous visual acuity change

In order to control visual acuity continuously and reliably, we built an apparatus on which a target to be evaluated can be adequately stabilized, and which has the ability to move the ground glass filter smoothly between the observer and the target. The ground glass filter was securely fastened to the movable portion of the apparatus in Figure 5.1. Turning the handles furnished on both sides of this apparatus allows the ground glass to be moved a determined distance. The stroke of the movable portion is set at 350 mm allowing consecutive movement.

(5) Methodology to examine effects of lighting

The level of visibility of a liquid crystal (LC) panel is susceptible to lighting. In particular, reflective LCs are greatly affected as they employ reflection of outside light sources. Even a transmissive LC panel, whose source of light is backlighting, is affected by the panel cover's reflecting characteristics. Therefore, we made a lighting system that can

adjust brightness and exchange light bulbs to examine lighting effects. Indirect lighting is also available on the lighting system to avoid glare.

2.2 Prototype simulator

Our prototype simulator uses (the Lion Corporation's) anti-refractive glass as a ground-glass filter fixed in the designate holder. The following parts were used to assemble the simulator apparatus; the stepping motor slider EZ limo (Oriental Motor Co., Ltd.), the EZ Limo stepping motor controller (Oriental Motor Co., Ltd.),

and the high speed motor control board SMC-2P (Contec Co., Ltd.). A J3024 computer (eMachines) was used to run an application (written in Visual Basic ver.6) to control the filter position. The apparatus was designed to move in intervals of 0.01 mm to permit evaluation. Figure 5.1 shows the overview of the prototype simulator.

3. Experiment 1: Evaluation experiment on characteristics of the developed simulator

3.1 Purpose

The purpose of this experiment was to

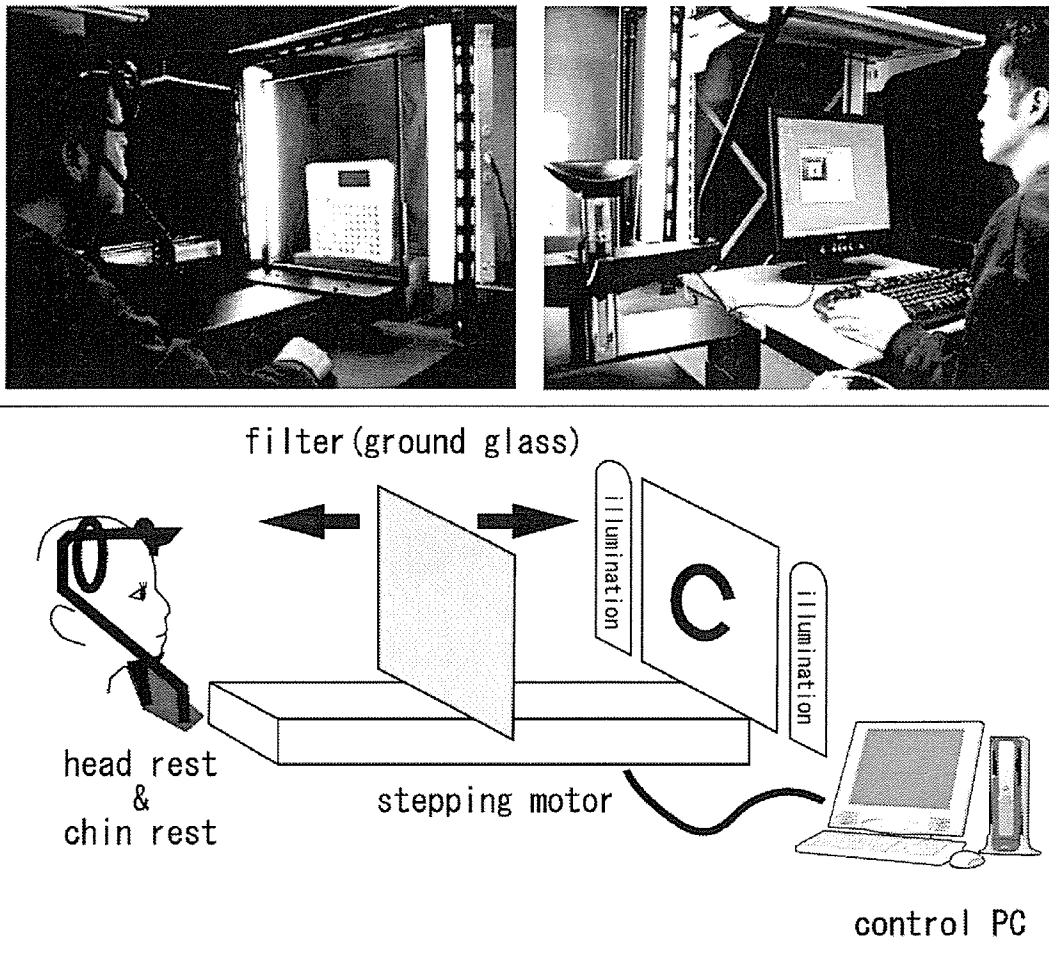


Fig5.1 Apparatus

examine the validity and reliability of the prototype low vision simulator. Using the prototype simulator, simulated visual acuity and contrast sensitivity function (CSF) were measured.1

3.2 Method

With the prototype, changing the distance between the target and ground glass enables spatial filter characteristic to change. Responding to the distance between the target and ground glass, a continuous variable

blurring filter is achieved that can attenuate sequentially from high spatial frequency information. (See Figure 5.2.)

As the distance between the target and ground glass increases, only low spatial frequency information is transmitted creating a blur, thus low visual acuity can be simulated. This experiment measured how spatial filter characteristic changed using two indices of visual acuity and CSF when the distance between the target and ground glass changes systematically.

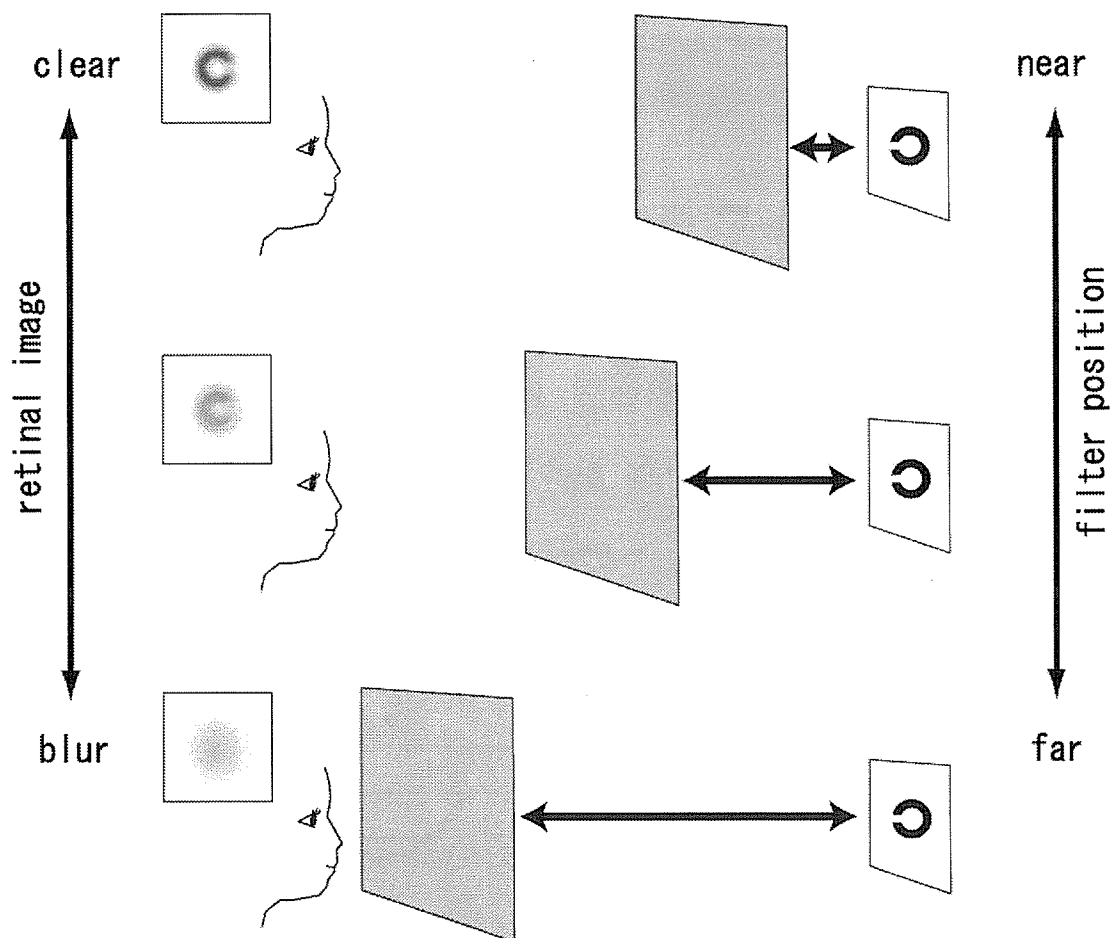


Fig5.2 Relationship between filter position and blur.