

立体表示された仮想物体に対する知覚位置補正について

吉田 俊介†* 星野 俊仁‡ 大関 徹‡ 宮崎 慎也† 長谷川 純一† 福村 晃夫†

† 中京大学 情報科学部 〒470-03 愛知県豊田市貝津町床立101

‡ トヨタ自動車 株式会社 〒471-71 愛知県豊田市トヨタ町1

*e-mail:shun@grad.sccs.chukyo-u.ac.jp

我々は、自動車の内装をCGにより立体表示し、車内のデザインや運転の操作性を仮想空間で評価、検討するための自動車内装デザインシステムの開発を行っている。システムを実現する上で、仮想物体の表示位置の精度が一つの重要な問題となるが、現在実現されている仮想現実感システムの技術レベルでは、仮想物体モデルの座標値が示す位置を輻輳角を利用した立体視において十分な精度で知覚することは難しい。

本研究では、仮想物体の奥行き知覚距離の特性を多人数に対する実験により求め、その結果に基づいて知覚におけるズレを改善するための手法として、仮想物体の提示距離に応じて瞳孔間距離を変化させることにより知覚距離を補正する方法を提案する。

Correction of Depth Perception for Virtual Objects by Stereoscopic Images

Shunsuke Yoshida†* Toshihito Hoshino‡ Toru Ozeki‡
Shin-ya Miyazaki† Jun-ichi Hasegawa† Teruo Fukumura†

† School of Computer and Cognitive Sciences, Chukyo University

101, Tokodate, Kaizu-cho, Toyota, Aichi, 470-03, Japan

‡ TOYOTA Motor Corporation 1, TOYOTA-cho, Toyota, Aichi, 471-71, Japan

*e-mail: shun@grad.sccs.chukyo-u.ac.jp

We have been developing a car interior design system to examine and evaluate habitability in a cockpit or comfortableness in driving in the virtual space. Accuracy in depth perception is an important issue to realize the system. It's, however, difficult to perceive true positions of virtual objects, which are described as coordinates in the computer, from stereoscopic images.

We have obtained properties in depth perception from results of experiments on many people and propose modification of the pupil distance(PD) according to the depth of located objects for calibration in depth perception.

1. まえがき

近年、仮想現実感(Virtual Reality:VR)技術を用いたさまざまなアプリケーションの研究開発が盛んに行われている^[1-4]。その応用分野は広く、産業、通信、医療、教育、訓練など多岐に渡るが、特にアミューズメント分野での発展が目覚しく、各地

のテーマパークでは臨場感あふれるアトラクションなどを楽しむことができる。

現在我々は、自動車デザインへのVR技術の応用の試みとして、CADデータをコンピュータグラフィックスにより立体表示し、仮想空間内でデザインの意匠や操作性を検討・評価するための自動車内

表1 実物体と仮想物体の知覚精度の比較

		実物体		仮想物体	
		400mm	800mm	400mm	800mm
正面0°	被験者間の平均	396.8	797.4	391.6	802.0
	被験者間の標準偏差	3.027	3.281	7.084	8.757
斜め20°	被験者間の平均	398.6	797.1	382.4	788.3
	被験者間の標準偏差	2.325	4.692	11.410	10.510

(被験者10名 スクリーンから視点まで1300mm 単位:mm)

装シミュレーションシステムを開発している。本システムが実現されれば、従来の木や粘土により製作される実モデルに比べてモデルの変更が容易であり、デザイン工程に費やす時間と費用を軽減でき、特にデザインの早期段階での検討や試行錯誤を短期間で効率良く行うことができる。

このような仮想空間での実用的な作業を、臨場感を含めて再現するためには、VR技術の中でも特に立体表示技術が重要となる。一般に立体感を再現する方法としては、両眼視差画像による輻輳角を奥行き知覚要因として利用する立体視が主流である。しかしながら、両眼視差画像による立体視では、日常生活で人が用いている焦点調節などの他の知覚要因を再現することが困難であり、計算上での表示位置と知覚位置とにズレが生じる、立体視の際の近距離の融像が難しい、疲労や酔いが生じるといった様々な問題が指摘されている [5-13]。

現在主流であるアミューズメント分野での応用例では、不自然さが顕著に現れる視点に近い物体の表示を必要としない場合が多く、高い表示位置精度も要求されないために、これらの知覚位置のズレなどは問題とならない場合が多かった。また、個人ごとに設定が必要である瞳孔間距離をシステム内で一定値に固定し、各人による見え方の違いを考慮しない場合も多い。しかしながら、デザイン分野への応用である本システムにおいては、このような不自然さや知覚のズレの影響は大きく、システムの利用者ごとに高い表示位置精度を実現する必要がある。

そこで本研究では、仮想物体の知覚のズレを減少させるための一手法として、各個人に対する簡便な計測から、正しく奥行き知覚を行えるように提示距離に応じて瞳孔間距離を補正し、個人差を含んだ知覚のズレを軽減させる方法を提案する。

2. 仮想物体の奥行き知覚について

2.1 仮想物体の提示距離と知覚距離のズレ 前回の報告 [14] では、各人で実測した瞳孔間距離

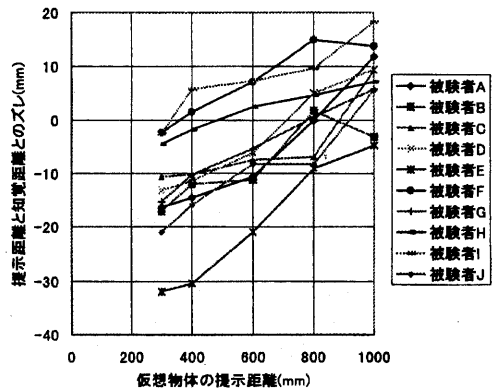


図1 仮想物体の提示距離と知覚距離のズレ

を用いて生成した両眼視差画像を使い、仮想物体のデータ上の提示距離と、知覚された距離との関係を調べた。実物体と仮想物体を指示する比較実験では、仮想物体の奥行き知覚は知覚する距離に個人差が存在し、実物体と比較してばらつきが増えるものの、ある一定の距離を指示していることが確認された (表1)。

また、仮想物体の提示距離と知覚距離とのズレの関係は、ズレが0となるある距離を基点として、手前の物はより手前に、奥の物はより奥に知覚し、その変化はほぼ比例関係にあるという結果が得られた (図1)。斜め方向に提示した場合については、正面に比べて物体をより近くに知覚する傾向が確認された。

この、仮想物体を提示する距離に応じてズレが変化することの要因の一つとして、眼球の輻輳運動による瞳孔間距離の変化が考えられた。しかしながら、瞳孔間距離の変化に起因する知覚のズレとは、提示距離により変化するという傾向の点で同じであるが、その変化率が理論的な変化率と大きく異なっていることが確認できた。

2.2 知覚距離のズレと補正の考え方

物体をデータ上の位置に知覚させるにはいくつかの方法が考えられる。例えば、前回の報告で検討し

たような提示距離と知覚距離の関係から、ズレ量を見越して提示距離を知覚させたい距離に応じて変化させる手法である。しかし、この方法では、提示物体の形状データを視点からの距離に応じて変更する必要があるため、データ量が増えるにつれて計算量が膨大になるという問題がある。

一方、提示距離と知覚距離が一致するように瞳孔間距離を変化させる手法も考えられる。同じ距離のデータを表示するのであっても、瞳孔間距離を小さくすれば視差が小さくなり物体は遠くに知覚され、瞳孔間距離を大きくすれば近くに知覚される。この手法では、変更するパラメータが瞳孔間距離のみとなるので計算量は少ない。よって、今回はこの手法により知覚距離のズレを減少させることを試みる。

2.3 実験装置の構成と実験方法

実験に使用した装置を図2に示す。

立体表示のために、視点とスクリーン位置から得られる視体積内の物体を、スクリーンに投影した画像を左右の目ごとに生成する。生成された左右の視差画像は、プロジェクターにより表示領域2400×1800mmの大型スクリーン上に時分割で交互に投影され、交互投影に同期した液晶シャッター式の立体視眼鏡を用いることにより片眼ずつに提示される。装置全体は暗室内に設置し、立体視への悪影響の一つである外部光等の映り込みによるスクリーン自体の知覚を抑えた。

仮想物体の奥行き方向の知覚距離を計測するため、被験者に位置センサの取り付けられた指示具を持たせ、その先で知覚距離を指示させた。位置計測には、光学式の位置センサを用いて行った。

実験は被験者の視点位置を顎台を用い固定して行う。顎台は、自動車内装の表示を目的とすることを考慮して、スクリーンから800mmの距離に設置する。コンピュータグラフィックスにより表示する仮想物体は円錐（高さ100mm、底面の半径25mm）で、陰影付けとアンチエイリアシングを施したものである。また、自動車のコンソールを想定し、背景として視点から800mmの距離、すなわちスクリーン上に仮想物体の壁面を表示した。

3. 人の知覚特性に関する実験

仮想物体の知覚距離のズレを補正するために、以下の実験により、提示距離に応じて正しく奥行き知覚を行える瞳孔間距離が求められるか検討する。

まず実験1で、仮想物体の提示距離と知覚距離が一致する瞳孔間距離が存在し、その計測が可能であるかを確かめる。そして、実験手順により得られる仮想物体を正しい距離に知覚する瞳孔間距離を仮想瞳孔間距離と定義する。

次に実験2では、提示距離と実験1で定義した仮想瞳孔間距離との関係を調べる。

3.1 提示距離と仮想瞳孔間距離 [実験1]

標準的な瞳孔間距離で生成された両眼視差画像による仮想物体を、被験者の前方正面方向、視点から(300, 400, 600mm)の距離に提示して知覚した距離を計測する。次に、提示距離と知覚距離のズレの大きさに応じて瞳孔間距離を変化(最小1mm単位)させ、知覚距離を再計測する。この操作を繰り返し、提示距離と知覚距離とのズレが0となる付近の瞳孔間距離を検出しながら、その瞳孔間距離の前後±3mm程度の知覚距離を計測する。この実験を3名の被験者に対して行った。

[実験1] 実験結果

実験1の結果として、被験者Aの正面方向400mの距離に仮想物体を提示した場合の瞳孔間距離と知覚距離との関係を図3に例示する。この傾向より、ある提示距離での計測した知覚距離と瞳孔間距離との関係は、ほぼ線形で近似できることが予測できる。

被験者ごとの各提示距離での瞳孔間距離と知覚距離の関係より求めた回帰直線と相関係数、更に、それより算出される提示距離に応じた仮想物体を表示

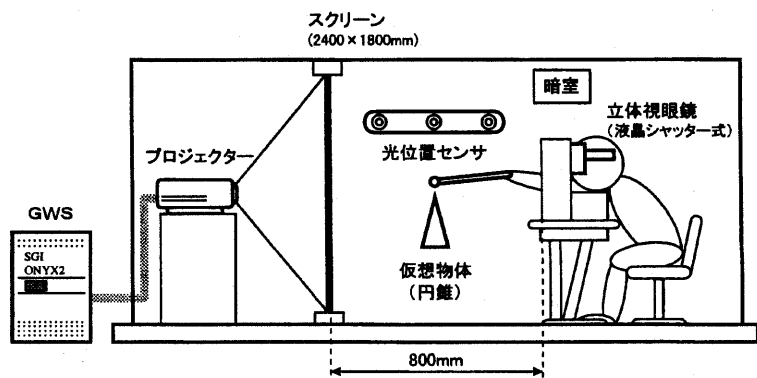


図2 実験装置の構成

表2 各提示距離での仮想瞳孔間距離（仮想PD）とその適用後の知覚距離

	提示距離	回帰直線(x:PD,y:提示距離)	相関係数	仮想PD	平均	知覚のズレ	標準偏差
被験者A	300	$y = -3.1194x + 499.56$	0.9733	63.97	303.55	3.55	1.603
	400	$y = -2.4342x + 559.59$	0.9621	65.56	401.66	1.66	0.892
	600	$y = -1.6951x + 715.45$	0.8009	68.11	596.00	-4.00	2.090
被験者B	300	$y = -3.1201x + 500.52$	0.9750	64.27	298.79	-1.21	1.138
	400	$y = -3.0627x + 600.39$	0.9928	65.43	399.19	-0.81	1.434
	600	$y = -2.9239x + 800.71$	0.9189	68.64	601.01	1.01	1.468
被験者C	300	$y = -3.3647x + 513.05$	0.9026	63.32	300.69	0.69	1.316
	400	$y = -3.2946x + 613.04$	0.9781	64.66	398.19	-1.81	1.688
	600	$y = -2.1535x + 745.60$	0.9044	67.61	599.72	-0.28	1.511
					絶対値の平均	1.67	1.460

(単位: mm)

するのに適した瞳孔間距離を表2に示す。

この結果より、相関係数が平均0.93程度で近似直線を求めることができ、その直線から知覚距離のズレが0となる瞳孔間距離を算出することが可能であると考えられる。

[実験1の検証]

また、この実験の結果より得られる瞳孔間距離の有効性を検討するため、求めた瞳孔間距離を用いて生成された両眼視差画像による奥行き知覚実験を行った。計測は各提示距離で10回ずつ行った。実験結果は表2に実験1の結果と併せて示す。

この結果、各提示距離と知覚距離とのズレの絶対値の平均は1.7mm程度であり、標準偏差は平均1.5mm程度存在した。

前回の報告(図1)での、正面400mmに提示した場合の知覚距離のズレの絶対値の平均が10.0mm、被験者間の標準偏差が7.1mmであるのと比較して、実験1の手法によりある程度安定した仮想物体の表示に適した瞳孔間距離を求めることが可能と言える。本報告ではこの瞳孔間距離を仮想瞳孔間距離と呼ぶことにする。

3.2 提示距離による瞳孔間距離変化[実験2]

提示距離の変化と実験1で求めた仮想瞳孔間距離との関係を調べるため、先程と同じ被験者3名で、計測距離を6点(300, 350, 400, 450, 500, 600mm)に増やして各提示距離での仮想瞳孔間距離を求めた。

[実験2] 実験結果

実験2の結果として、被験者ごとの各提示距離で求めた仮想瞳孔間距離を図4に示す。また、眼球の輻輳運動に起因する理論上の瞳孔間距離の変化(瞳孔間距離65mm, 眼球半径12mm^[15,16]で算出)も同図に示す。

この図より、仮想物体の提示距離と計測により得られた瞳孔間距離については、各被験者とも線形な

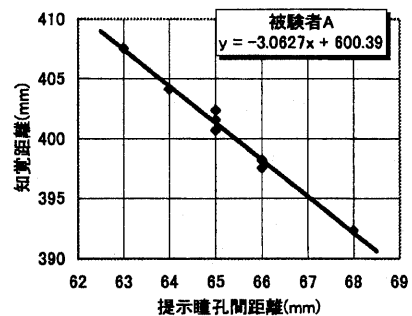


図3 提示瞳孔間距離と知覚距離の関係

関係が読み取れる。また、理論上の瞳孔間距離の変化は本来緩やかな曲線を描くが、この提示距離範囲内ではほぼ線形に変化していることが分かる。しかし、その変化の傾きについての理論値は、実際の測定から得られた傾きの1/3程度となっている。

3.3 まとめ

以上の実験結果から、

- 1) それぞれの提示距離において、瞳孔間距離の調整により正しい奥行き知覚が可能であり、その瞳孔間距離(仮想瞳孔間距離)の計測が可能である。
- 2) 提示距離と計測した瞳孔間距離の変化には線形変化の傾向がある。
- 3) 提示距離に応じた輻輳による瞳孔間距離の変化と仮想瞳孔間距離の変化は、仮想物体を遠方に提示するに従い増加するという傾向の点で同じであるが、その変化量が大きく異なる。

以上の結果を基に、以降で補正式による知覚距離補正について考える。

4. 補正式による知覚距離補正

4.1 補正式の定義

実験結果から、各提示距離によって仮想物体を表

示するために適当な瞳孔間距離が存在することが確認できた。

すなわち、提示距離 x が決定されれば、瞳孔間距離 y が求まることから、

$$y = f(x)$$

の関係であり、これを提示距離による瞳孔間距離変化の補正式とする。これを基に各提示距離における瞳孔間距離を求めることとする。

具体的に、4名の被験者の補正式を導出する。

式の導出のために、幾つかの提示距離で瞳孔間距離を求める

必要があるが、実際のシステムに用いる場合を想定すると、補正式のパラメータを簡便に求められることも重要である。そこで、計測する箇所は、実験で比較的見やすく、距離の指示が容易であった正面下6度の方向の提示距離3点(300, 350, 400mm)として、実験1の方法で仮想瞳孔間距離を求めた。

実験結果より、提示距離と仮想瞳孔間距離の関係は、ほぼ線形で近似可能であることから、補正式はこの3点の提示距離で得られた瞳孔間距離の線形回帰で求める。つまり、

$$y = ax + b$$

とする。ここで定数 a, b は、提示距離と計測より得た瞳孔間距離との線形回帰より求まる値である。

参考に、表3に計測の結果得られた補正式を示す。

4.2 検証実験

4.1で定義した補正式を検証するために、補正式を当てはめて知覚距離を計測した場合と、ノギスで実測した瞳孔間距離を固定値として用いた場合とを比較する。

実験は他の実験と同じく、被験者に仮想物体を提示した際の知覚距離を計測する。提示距離は250~650mmを25mmおきで、提示角度を下方角0~12度、

表3 導出された補正式
(x : 提示距離 y : 仮想瞳孔間距離)

被験者A	$y = 0.0075x + 61.850$
被験者B	$y = 0.0106x + 61.334$
被験者C	$y = 0.0092x + 60.399$
被験者D	$y = 0.0120x + 55.628$

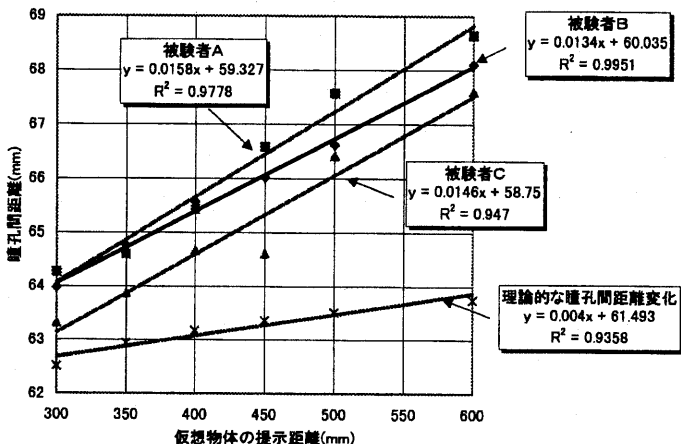


図4 提示距離による瞳孔間距離の変化

左方向0~14度を2度おきで変化させて計測を行う。仮想物体の提示距離、角度、瞳孔間距離に実測した固定値を用いるか補正式からの値を用いるかの選択は全てランダムで決定し、合計50点の計測を行った。

瞳孔間距離に固定値を用いた場合の提示距離と知覚距離のズレ量との関係を図5に、補正式を適用し、提示距離によって瞳孔間距離を変化させた場合の関係を図6に示す。

図5より、提示距離によって知覚のズレ量が、ある提示距離を基点として手前の物をより手前に、奥の物をより奥に知覚する以前の報告と同じ結果が確認できる。これに対して、図6の補正式を用いた場合からは、提示距離による知覚のズレが軽減されていることが分かる。

次に、知覚のズレの絶対値の平均と標準偏差を表4に示す。これより、補正式を用いることにより知覚のズレの絶対値の平均と標準偏差が改善される傾向も確認できる。

また、角度成分についての影響を確認するため、図5、図6で求めた回帰直線からのズレ量と、仮想物体を提示する際の水平角との関係を、被験者Aの場合で図7に例示する。提示距離による知覚のズレ量の影響を軽減し、角度と知覚のズレとの関係を明確にするために、知覚のズレ量を回帰直線からとした。図7より、提示水平角が大きくなるに従い、知覚される奥行き距離がより手前となる傾向が読み取れる。他の被験者についても同様の結果が読み取れた。参考に図7で求めた回帰直線の傾きを他の被験者を含めて表5に示す。この角度成分による知覚の

ズレの変化により、表4の知覚のズレ量と標準偏差を大きくしていると考えられる。

4.3 角度成分を付加した補正式

4.2の結果より、知覚距離のズレ、ばらつきを軽減するため、角度成分を付加した補正式を考察する。今回は単純な方法として水平方向成分を用いた線形の近似を試みる。

すなわち、提示距離 x と水平方向の提示角 θ が決定されれば、瞳孔間距離 y が求まることより、

$$y = f(x, \theta)$$

の関係とする。

具体的な補正式を導出する手順は4.1と同じであるが、角度成分を付加するために、正面下6度の方

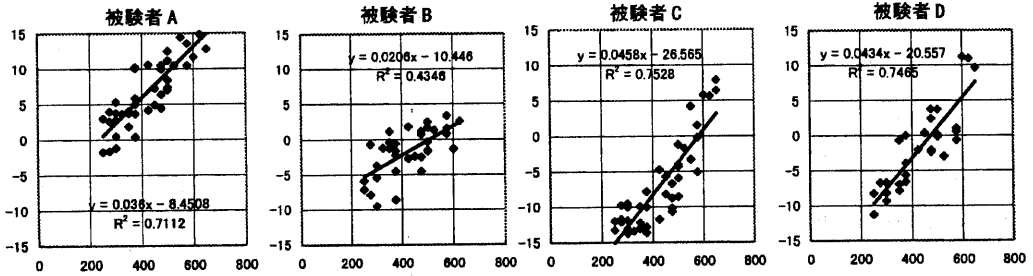


図5 提示距離と知覚距離のズレ (瞳孔間距離固定)

(横軸：仮想物体の提示距離 縦軸：提示距離と知覚距離のズレ 単位：mm)

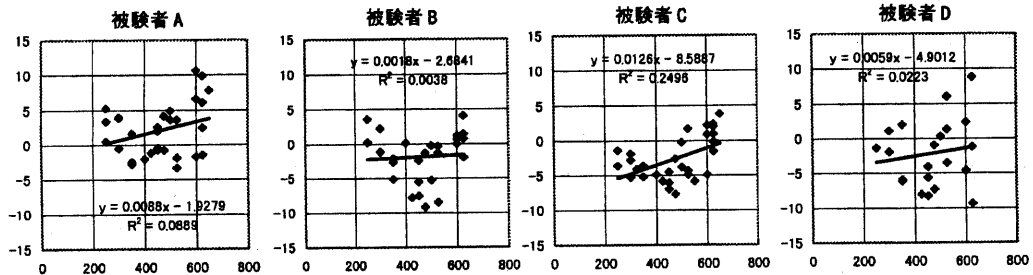


図6 提示距離と知覚距離のズレ (補正式適用)

(横軸：仮想物体の提示距離 縦軸：提示距離と知覚距離のズレ 単位：mm)

表4 提示距離と知覚距離のズレの絶対値の平均と標準偏差

	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	
瞳孔間距離固定	絶対値の平均	6.93	2.83	8.30	4.70
	標準偏差	4.75	3.34	6.16	5.86
補正式適用	絶対値の平均	3.40	2.90	3.60	4.19
	標準偏差	3.77	3.59	3.17	4.70

(単位：mm)

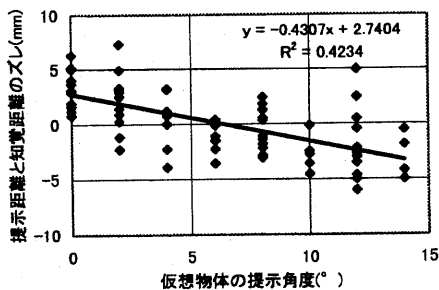


図7 角度成分による知覚のズレ

表5 角度成分の知覚のズレの傾き

	回帰直線の傾き
被験者A	-0.431
被験者B	-0.378
被験者C	-0.411
被験者D	-0.257

向の提示距離3点(300, 350, 400mm)に加えて左10度, 下6度方向の提示距離(350mm)の計4点について仮想瞳孔間距離を計測する。

角度成分を含む補正式は, この結果を用い, 4.1の補正式に横方向の提示角度 θ を加えた,

$$y = ax + b - \frac{PD_{(0^\circ)} - PD_{(10^\circ)}}{10} \cdot \theta$$

とする。 a, b は角度成分を含まない補正式と同じ値である。提示角度 θ による瞳孔間距離変化は線形であると仮定しているため, 正面と左10度に提示した際の瞳孔間距離変化から求めた角度による減少分を付加したものが補正式となる。

4.4 検証実験

角度成分を付加した補正式と付加しない補正式で知覚される奥行き距離を計測し, 比較する実験を行った。仮想物体を提示した距離は(300, 350, 400, 450, 500, 600mm), 提示角度は左方向に0~12度, 下方向に0~12度として, 各距離, 方向がランダムに出現するよう提示した。

実験結果の例として, 被験者Aの仮想物体の知覚

距離のズレと, 水平方向の角度との関係を図8に示す。垂直方向は下6度のみとする。これより, 角度成分に起因する知覚のズレ, 歪みの軽減が確認できる。この, 図8で求めたような回帰直線の傾きを他の被験者についても求め, 表6にまとめる。この表の結果より, 他の被験者についても同様な傾向が読み取れる。

また, 提示距離と知覚距離のズレの絶対値の平均と標準偏差を表7に示す。

角度成分による知覚のズレが軽減されたため, 全体的なばらつきが減り, 標準偏差が減少する傾向が見られる。しかし, 被験者C, Dについては絶対誤差平均が増加している。これは, 図9に示すように, 角度による補正がばらつきは減少するがズレが大きくなる方向に働いたためである。

4.5 まとめ

今回, 少ない点の知覚距離を計測する事により, 知覚のズレを軽減する手法を提案した。今回提案した補正式により, 提示距離による知覚のズレが軽減されることが確認できた。また, 角度成分を付加した補正式により, 角度による歪みや知覚距離のばら

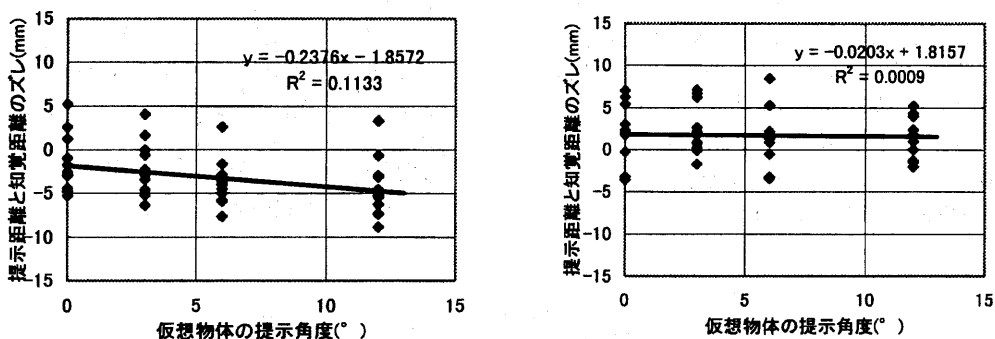


図8 角度成分を含んだ補正式の適用
(左: 角度成分なし 右: 角度成分あり)

表6 角度成分による知覚距離のズレの傾き

	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D
角度成分なし	-0.2376	-0.1876	-0.3455	-0.0675
角度成分あり	-0.0203	-0.0074	0.1206	-0.0294

表7 提示距離と知覚距離のズレの絶対値の平均と標準偏差

		被験者A	被験者B	被験者C	被験者D
角度成分なし	絶対値の平均	3.96	2.98	2.73	2.69
	標準偏差	3.17	1.81	3.15	3.24
角度成分あり	絶対値の平均	2.68	2.96	5.12	3.52
	標準偏差	3.01	2.19	2.38	2.58

(単位: mm)

つきが軽減されることが確認できた。しかし、角度成分を付加した補正式では、付加しない場合に比べ、知覚のズレが大きくなる被験者も見られ、今回の方法では十分でないことも分かった。

今回の方法では、簡便化のため計測点を少数化した事、角度成分のモデル化を十分に検討できなかった事により、知覚ズレが残ったと考えられる。今後は、より簡素で精度の高い、角度を含めた補正モデルを検討したい。

5. むすび

本報告では、仮想物体をよりデータに近い位置に知覚させるための手法について検討し、仮想物体の知覚距離のズレを減少させるために、提示距離に応じた仮想的な瞳孔間距離による補正式を提案した。

補正式は実際のシステム上での実現性を考慮して簡便な計測で得ることが可能なものを目指し、4点の提示距離で仮想物体を表示するのに適した瞳孔間距離を計測することで導出した。補正式を適用した結果、提示距離及び斜視によって生じていた知覚の歪みの軽減が確認できた。

今後は、自動車内装と組み合わせ、より実用的なアプリケーションでの検証を試みる。空間的な知覚のズレを補正するために、より精度のよい手法への改良を行いたい。また、実験の過程で、仮想物体の位置を正しく知覚できない者が数名存在した。その要因についても検討する予定である。

謝辞 本研究を進めるにあたり実験に協力して頂いた被験者の皆様に深謝致します。

参考文献

- [1] 館諱, 広瀬通孝: “バーチャル・テック・ラボ”, 工業調査会, 1992.
- [2] 伴野明, 岸野文朗: “臨場感通信会議におけるヒューマンインタフェース技術”, 人工知能学会誌, Vol. 6, No. 3, pp. 358-369, 1991.
- [3] 山本泰秀, 石井雅博, 佐藤誠, “力覚ディスプレイを用いた仮想協同作業空間”, 1996 信学総全大, A-415.
- [4] Carolina Cruz-Neira, Daniel J. Sandin, Thomas A. Defanti: “Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE”, COMPUTER GRAPHICS Proceedings, Annual Conference Series, pp.135-142, 1993.
- [5] 畑田豊彦: “生理光学 (14) - 奥行き知覚特性 -”, plus E, pp.108-118, 1985-10.
- [6] 畑田豊彦: “両眼視を中心とした空間認識機構”, 日本眼光学学会誌, 24, 1989.
- [7] 畑田豊彦: “3次元表示技術の最近の動向”, 画像電子学会誌, Vol. 24, No. 5, pp. 466-472, 1995.
- [8] 柴崎宏武, 猪田克美: “CADの3次元直接操作手法の検討”, 8th Symposium on Human Interface, pp.1-6, 1992.
- [9] 内海章, ボール ミルグラム, 竹村治雄, 岸野文朗: “仮想空間表示における奥行き知覚誤差の要因について”, 信学技報, HC94-10, pp. 63-70, 1994.
- [10] 清水久夫, 砂川正一, 小田哲, 宮近幸逸: “二眼式立体表示における立体知覚に関する研究”, Progress in Human Interface, 4, pp. 85-90, 1995.
- [11] 森本一成, 宮南雅也, 村田浩之, 緒方誠人, 黒川隆夫: “現実および仮想空間の間のサイズ知覚差について”, 信学技報, MVE96-21, pp. 43-48, 1996.
- [12] 緒方誠人, 村田浩之, 宮南雅也, 森本一成, 黒川隆夫: “立体視眼鏡による奥行き知覚の特性とそのモデル”, 信学技報, MVE96-29, pp. 97-104, 1996.
- [13] 金次保明, 金子寛彦: “両眼視における絶対距離知覚に関する検討”, 信学技報, IE96-32, pp. 111-116, 1996.
- [14] 吉田俊介, 星野俊仁, 大関徹, 宮崎慎也, 長谷川純一, 福村晃夫: “自動車内装デザインのための立体視画像の物体位置把握に関する一考察”, 信学技報, PRMU96-116, pp. 91-96, 1996.
- [15] 田崎京二, 大山正, 橋渡潤二: “視覚情報処理”, 朝倉書店, 1979.
- [16] 鈴木正二: “医学大事典”, 南山堂, 1954.

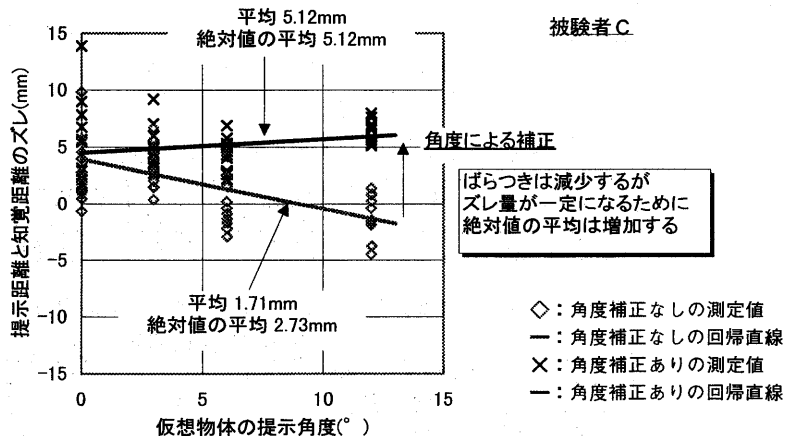


図9 補正によるズレの絶対値の平均の増加