The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers

一般社団法人　電子情報通信学会
THE INSTITUTE OF ELECTRONICS,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS

信学技報
IEICE Technical Report
IMQ2013-22(2013-12)

3D映像の評価に関するアンケート結果の統計的分析

河畑　則文†　宮尾　克†

†名古屋大学大学院情報科学研究科　〒464–8601 愛知県名古屋市千種区不老町
E-mail: †{norifumi,miyao}@nagoya-u.jp

あらまし　今までに，映像の視覚疲労や映像酔いについて，多くの研究がなされてきた．一方で，近年の3D映像を視聴する機会の増加により，3D映像に関する疲労評価や画質評価が重要になってきている．今までに，性別や視力矯正，ユーザー体験を含む個人特性を考慮した3D映像の評価は具体的に行われていない．本稿では，まず，168名の評定者に対して，3D映像に関するアンケート調査を行った．次に，評定者の中の92名に対して，3種類の3Dディスプレイ（レンチキュラレンズ，偏光メガネ，アクティブシャッターメガネ）方式において，同一のCGコンテンツを提示した場合に，評価を行わせ，その結果を性別や年齢層別，視力矯正別に分けて，統計的に分析した．

キーワード　3D映像，アンケート調査，視覚疲労，車酔い，レンチキュラレンズ方式，偏光メガネ方式，アクティブシャッターメガネ方式

Statistical Analysis of Questionnaire Survey on the Evaluation of 3D Video Clips

Norifumi KAWABATA† and Masaru MIYAO†

† Graduate School of Information Science, Nagoya University
Furo-town, Nagoya-city, Aichi, 464–8601 Japan
E-mail: †{norifumi,miyao}@nagoya-u.jp

Abstract　Many studies have been conducted concerning visual fatigue and visually induced motion sickness induced by watching video images. However, fewer studies have been done concerning the effects of watching 3D images. Until now, there have been no evaluations which considered the personal attributes, including sex, corrected eyesight, and user experience. In this paper, we carried out a questionnaire that asked questions of 168 subjects about their experience with 3D videos. Next, we carried out a 3D video evaluation for 92 subjects using three display types that showed the same computer graphics. The three display types included the lenticular lens, polarized glasses, and active shutter glasses methods. We analyzed statistically the results according to sex, age, and for corrected eyesight.

Key words　Three-dimensional Video, Questionnaire Survey, Visual Fatigue, Motion Sickness, Lenticular Lens Method, Polarized Glasses Method, Active Shutter Glasses Method

1. まえがき

近年，自宅やシアターで3D映像を観る機会が増えてきた．それにより，3D映像に関する疲労や画像品質に関する評価が重要になってきた．一方，両眼視差を用いる3D映像では，しばしば視覚疲労について言及されてきており，3D映像視聴時の問題点になっている．画像品質やちらつき，クロストーク等の表示方法以外では，調節と輻輳の不一致の問題が視覚疲労の一つの要因とされ，この距離の不一致が被写界深度内であれば許容できるとされる．今までに優位でない眼の調節速度が遅く，左右の視力差が大きいほど視覚疲労が起こりやすいという研究があった[1]．確かに，眼の調節・輻輳が視覚疲労に影響することは示されている．しかし，これは人間の眼に関する結果であり，他の要因との関連については述べられていない．

3D映像は，時に体調不良，光感受性発作，映像酔い，眼精疲労等，視聴するユーザーの健康に悪影響をもたらすこともある[2]．特に，映像酔いは映像中の視覚的な運動をきっかけとして不快症状が発生する状態である．一般にシーンの中で自由に動き回るようなダイナミックで動きのある映像や手ぶれの多い映像等の視聴により生じやすいと考えられ，症状には，倦怠感，ねむけ，冷や汗等があり，最終的に吐き気や嘔吐に移行する．

一方で，3D映像の方式，評価方式については，国際標準とし

This article is a technical report without peer review, and its polished and/or extended version may be published elsewhere.
Copyright ©2013 by IEICE
NII-Electronic Library Service

て統一されていない．今までに，立体方式に関しては，メガネ方式やステレオタイプの裸眼方式について画質評価や疲労に関する評価が行われてきた．また，3D コンソーシアムの「3DC ガイドライン」では，立体映像に関して，視聴者，コンテンツ製作者，製造者に分けて注意点を示している [3]．2012 年の「3D テレビに関する検討会最終報告書」[4] では立体映像を視聴した際の疲労度を主観評価実験により測定し，立体映像における疲労について報告されている．ITU-R では，二眼式における 3D 映像の評価については標準化されている [5]．しかしながら，実際にユーザーが裸眼，メガネ方式を問わずに，立体映像を視聴する際に必要な共通の評価指標というのが国際的に定められていない．また，性別，年齢層別，視力矯正別といった個人特性を考慮して統計的にデータ解析を行った例は見られない．

本稿では，3 種類の 3D ディスプレイ（レンチキュラレンズ，偏光メガネ，アクティブシャッターメガネ方式）において，同一の CG コンテンツを提示した場合に，3D 映像に関するアンケート調査を行った．そして，その結果を性別，年齢層別，視力矯正別の個人特性を考慮して，比較を行い，統計的に分析した．

2. 関連研究

今までに，映像に関する疲労や評価についての研究はされてきた．文献 [6], [7] では，映像酔いについて実験を通して考察されているが，これらは 2D 映像によるものである．

文献 [8] では，TV ゲームにおける 3D 映像酔いの評価について考察されている．しかし，3D 映像の視聴するシーンがゲームに限定されており，他のシーン（シアターや 3D 放送，テーマパークのアトラクション等）において考慮されていない．

3D 映像の評価に関しては，文献 [9] のように，符号化劣化についての評価も行われてきた．総じて，これまでにユーザーの詳細な個人特性（性別，年齢層別，視力矯正別等）を考慮した検討はされてこなかった．

3. アンケート調査

本実験において，以下の 2 つのアンケートによる調査研究，実験研究を行った．

- 調査研究: 3D 映像に関する意識調査（過去の経験）
- 実験研究: 提示した 3 種類の 3D 映像に対する評価

本節以降，これらをそれぞれ研究 1，研究 2 とする．

3.1 研究 1: 3D 映像に関する意識調査（過去の経験）

3.1.1 調査内容

研究 1 では，表 1 の 3D 映像に関する意識調査を行った．質問番号 1-5 までは主に 3D 映像の視聴環境や頻度について問い，質問番号 6 以降は，3D 映像の視聴により気分が悪くなったかどうかや車酔いについて質問した．

3.1.2 評価方法

研究 1 は研究 2 の前後に回答を行った．アンケートは基本的に選択式にしたが，3D 映像を観て気分が悪くなった経験の問いについては記述式にし，どのような状況で起きたのかを調査した．また，3D 映像を観たことがあるかどうか，そして，3D 映像で疲労を感じたことがあるかどうかで質問の順路を変化させた．質問結果は全体人数に対しての割合で集計を行った．ただし，単一の回答と複数の回答のある質問を公平に扱うために，複数の選択のある質問は重みを等しくして，単一の回答と同等の重みにして集計を行った．

表 1　3D 映像に関する意識調査の質問内容と評定者数
Table 1　Contents of Questionnaire for 3D videos and their assessor

質問番号	質問内容	評定者 (人)
1	3D 映像または 3D 静止画像を観たことがありますか？（無ければ 6 へ）	168
2	3D 映像を観る頻度はどれくらいですか？	147
3	3D 映像または 3D 静止画像はどんな方式でしたか？	145
4	3D 映像を観る場所はどこですか？	145
5	3D 映像をどの程度連続で観ましたか？	145
6	3D 映像を観て気分が悪くなったことがありましたか？(無ければ 10 へ)	144
7	どの程度の時間で気分が悪くなりましたか？	22
8	3D 映像を観てどういう症状になりましたか？	25
9	3D 映像を観て気分が悪くなった経験を具体的に教えてください．(数行程度)	20
10	これまでに車酔いになったことがありますか？	162
11	車酔いはどの程度ですか？	88

3.2 研究 2: 提示した 3 種類の 3D 映像に対する評価

3.2.1 研究 2 で使用した動画像コンテンツ

研究 2 で使用した動画像コンテンツはオリンパスビジュアルコミュニケーションズ (株) の Power3D で作成された図 1 の CG コンテンツである [10]．これは，球体の遠近に合わせてカメラの輻輳角を変化させ，奥行き方向の距離に応じた輻輳で撮影した複数の画像を組合わせて生成した，自然視に近い映像である．

3.2.2 実験内容

研究 2 の仕様を表 2 に示す．今回用いた 3D ディスプレイは図 2 に示す，レンチキュラレンズ，偏光メガネ，アクティブシャッターメガネ方式の 3 種類を使用した．図 1 のように，中央の球体が遠近運動を繰り返すのを 1 パターンとし，周期を 10 秒，5 秒，2.5 秒と変化させた 3 種類のコンテンツを使用した．全てのパターンを観てもらい，その後，評価を行った．

3.2.3 評価方法

評価方法は，3 種類のディスプレイについて，同一の図 1 の CG コンテンツを周期 10 秒，5 秒，2.5 秒のパターンを順番に一通り見てもらい，その後にディスプレイ間で順位付け（同順位は含まない）を行った．評価項目は，表 3 の 7 項目とする．ただし，表 3 の区分 (b) については，症状が無ければ回答しないこととし，評価時間に制限は設定しなかった．

4. 研究 1 の結果と考察

4.1 研究 1 の結果

研究 1 の結果を表した円グラフを図 3 に示す．ここで，図 3 中の N は評定者数，円グラフ中の白抜きの表記は各々の項目に対する「評定者数 (人), 割合 (%)」を示す．

NII-Electronic Library Service

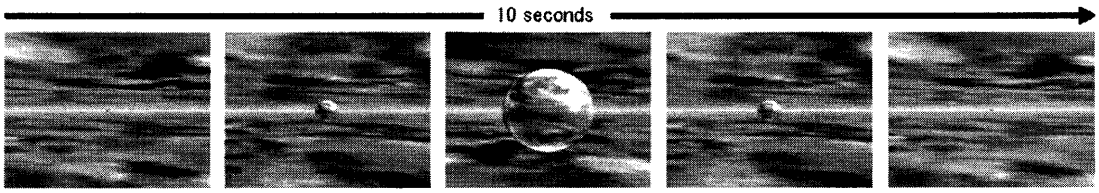

図 1　研究 2 で使用した動画像コンテンツ
Fig. 1　Video contents used in the Research 2

表 2　研究 2 の主な仕様
Table 2　Main specification of the Research 2

ディスプレイ	FUJIFILM 3D ビューワー FinePix REAL 3D V3 (以下，LL)	
	Mitsubishi RDT234WX-3D (以下，PG)	
	Samsung S23A950 (以下，AG)	
LL	動画像サイズ	800 × 600 (SVGA) (pixel)
	ディスプレイサイズ	7.2 型
	3D メガネ	無し
	立体方式	レンチキュラレンズ方式
PG	動画像サイズ	1920 × 1080 (Full HD) (pixel)
	ディスプレイサイズ	24 型
	3D メガネ	偏光メガネ
	立体方式	サイドバイサイドハーフ
AG	動画像サイズ	1920 × 1080 (Full HD) (pixel)
	ディスプレイサイズ	23 型
	3D メガネ	アクティブシャッターメガネ
	立体方式	サイドバイサイドハーフ
動画像の種類	Windows Media Video	
視距離	3H (H: 画像の高さ)	
室内照明	なし（暗室）	
評定者の位置	画面中心から水平± 30° 以内	
実験	提示時間	10 秒/コンテンツ
	評価方法	アンケート方式
	評定者	92-168 人

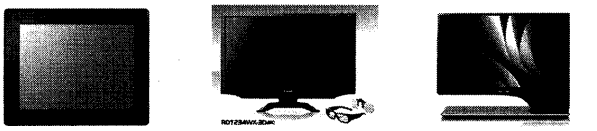
(a) レンチキュラレンズ　(b) 偏光メガネ　(c) アクティブシャッターメガネ

図 2　研究 2 で使用した 3D ディスプレイ
Fig. 2　3D display used in the Research 2

図 3 から，3D 映像及び 3D 静止画像について，8 割以上が観たことがあるが，頻度は全体の 3 分の 2 が年数回，年 1 回程度であった．3D 映像の方式については，メガネ方式が 9 割近くと多く，裸眼に比べると普及しているとわかる．3D 映像を観る場所については,「映画館」,「アトラクション」,「家電量販店」の順に多く,「映画館」,「アトラクション」で 6 割を占めた．3D 映像の視聴時間については，半数が 2-3 時間であった．

3D 映像を観て気分が悪くなった評定者は全体の 2 割を満たなかったが，該当する評定者は 15 分以内に半数以上が気分が悪くなった．症状については,「頭痛」,「吐き気」,「眼の焦点がぼける」,「不快感」が 10%を超え，全体の半数を占めた．3D 映像酔いの経験については，20 名が回答し,「乗り物酔いと似た感覚がした」,「頭が重くなり頭痛が起きた」,「正しい撮影がされていない」,「二重像に見えた」等が挙げられた．車酔いについては，55%の評定者がなったことがあると回答し，程度は「まあまあひどい」以上が 6 割を占めた．

表 3　研究 2 の評価項目
Table 3　Evaluation item of the Research 2

区分	番号	評価項目
(a)	1	美しさ・精細感はどうか（以降，美しさ）
	2	自然感はどうか（以降，自然感）
	3	立体感はどうか（以降，立体感）
	4	臨場感はどうか（以降，臨場感）
(b)	5	頭痛や眼痛はどうか（以降，頭痛や眼痛）
	6	めまいやフワフワする感じはどうか（以降，めまいやフワフワ）
	7	吐き気はどうか（以降，吐き気）

4.2　考　　察

研究 1 の結果から，3D 映像を観て気分が悪くなったことがあった評定者は全体の 2 割を満たなかった．性別では回答者 24 名に対して，男女比 12:12 であり，関係が見られなかったが，年齢別では，24 名中 23 名が 64 歳以下であり，24 名中 15 名が 40 歳以下であった．このことから，男女比では傾向が見られないが，年齢層では，特に 40 歳以下に気分が悪くなる傾向にあると考えられる．また，3D 映像を観て気分が悪くなることと車酔いとの関連については，性別では男女比 10:10 であり，関係が見られなかったが，気分が悪くなった 24 名中 18 名が車酔いになったことがあり，18 名全員が 64 歳以下であり，そのうち 11 名が 40 歳以下であった．このことから，男女比では関連性は見られないが，年齢層では，特に 40 歳以下に車酔いとの関連があると考えられる．

5.　研究 2 の結果と考察

5.1　全体における結果

研究 2 の全体における結果の折れ線グラフを図 4 に示す．ここで，グラフの横軸は 3D ディスプレイを表し，レンチキュラレンズ (以降，“LL”)，偏光メガネ (以降，“PG”)，アクティブシャッターメガネ (以降，“AG”) を示す．縦軸は順位付け (*Score*) を表し，最大値 3，最小値 1 である．*Score* = 2.5 を**検知限**，

NII-Electronic Library Service

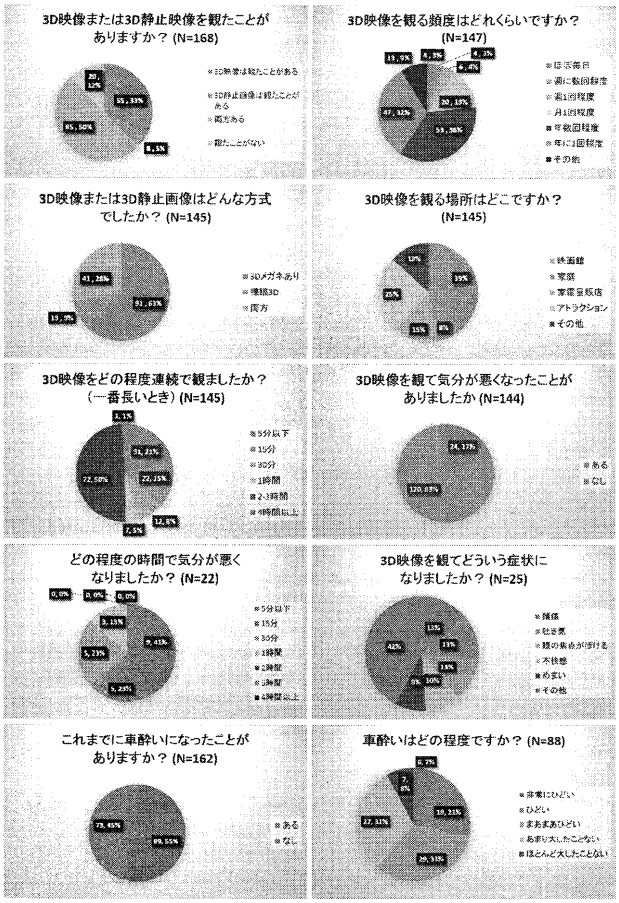

図 3　研究 1 の全体における結果

Fig. 3　Experimental Result of all in the Research 1

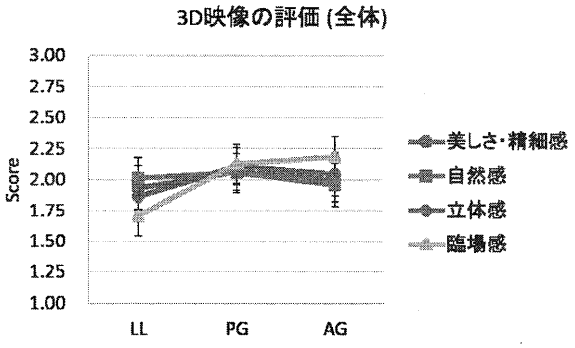

図 4　研究 2 の全体における結果

Fig. 4　Experimental Result of all in the Research 2

Score = 2.25 を**許容限**，*Score* = 1.75 を**我慢限**とした．図中のプロット点から上下に伸びるエラーバーは 95%信頼区間を示す．

図 4 の実験結果から,「美しさ」,「自然感」,「立体感」は, ディスプレイ間全てで我慢限以上であったが，*Score* = 2.00 付近にありほとんど変化がなかった．しかし,「臨場感」は "LL" のみ我慢限を下回り，"PG", "AG" は誤差範囲を含めると，許容限付近にプロットされており，ディスプレイ間で違いが見られた．また,「頭痛」,「めまいやフワフワ」,「吐き気」を感じた評定者はそれぞれ 3, 3, 1 名であり，全体の 5%未満であった．

5.2　性別における結果

性別における結果の折れ線グラフを図 5 に示す．ここで，性別については男性 52 名，女性 40 名であった．

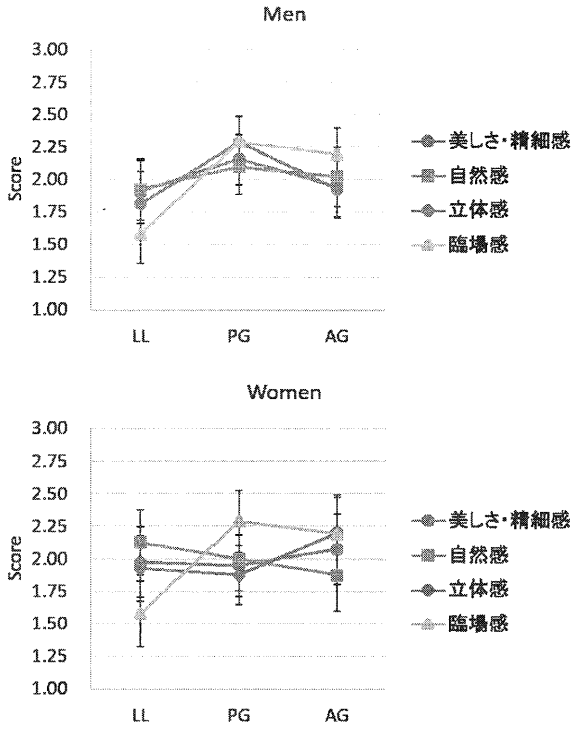

図 5　研究 2 の性別における結果

Fig. 5　Experimental Result of sex in the Research 2

図 5 の実験結果から，全体的に女性の方が男性より誤差範囲が大きかった.「美しさ」,「立体感」については，男性は "PG" の *Score* が高く，女性は "PG" の *Score* が低い傾向にあり，男女で違いが見られた．逆に,「臨場感」については，男女共に同様のグラフを示しており，傾向が見られた．

5.3　年齢層における結果

年齢層における結果の折れ線グラフを図 6 に示す．ここで，年齢層は 30 歳以下の**若年層** (20 名)，31 歳以上 40 歳以下の**壮年層** (7 名)，41 歳以上 64 歳以下の**中年層** (49 名)，65 歳以上の**老年層** (16 名) と 4 段階に分けた．図 6 の結果から，若年層においては，"LL" で「自然感」を除き，我慢限を下回ったが,「臨場感」について "PG", "AG" で許容限を上回った．壮年層においては，若年層とは逆に，「臨場感」を除き，"LL", "AG" の *Score* が高く，誤差範囲が他の世代と比較して，大きい結果となった．中年層においては，壮年層と逆に誤差範囲が小さく,「臨場感」にディスプレイ間で変化が見られなかった．老年層では全ての項目でほぼ同じ形になった．

5.4　視力矯正における結果

視力矯正別における結果の折れ線グラフを図 7 に示す．ここで，視力矯正は「メガネ無し（矯正無し）」(23 名),「メガネ矯正」(50 名),「ソフトコンタクトレンズ矯正」(14 名),「ハードコンタクトレンズ矯正」(5 名) の 4 種類である．図 7 の結果から，メガネ無しとメガネ矯正では，前者の方がディスプレイ間の *Score* の差が大きかった．また，ソフトコンタクトレンズ矯正とハードコンタクトレンズ矯正では，後者の方がディスプレイ間の *Score* の差が大きかった．特に，ハードコンタクトレンズ

NII-Electronic Library Service

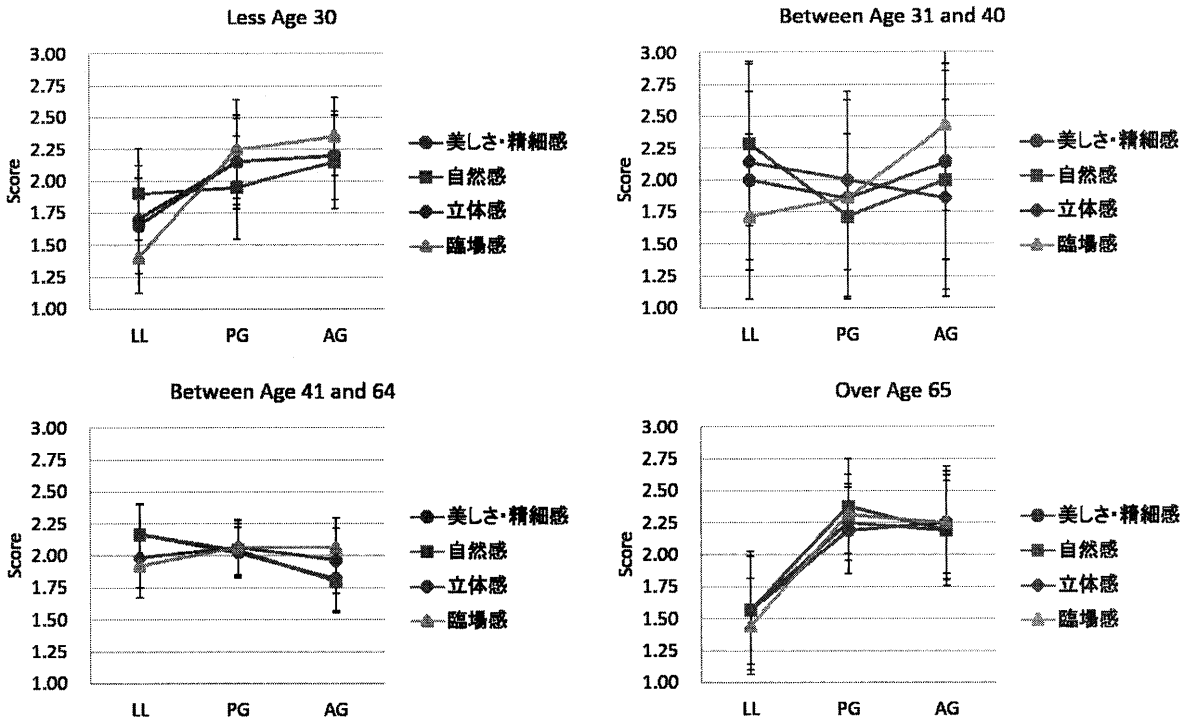

図 6　研究 2 の年齢層における結果

Fig. 6　Experimental Result of age generation in the Research 2

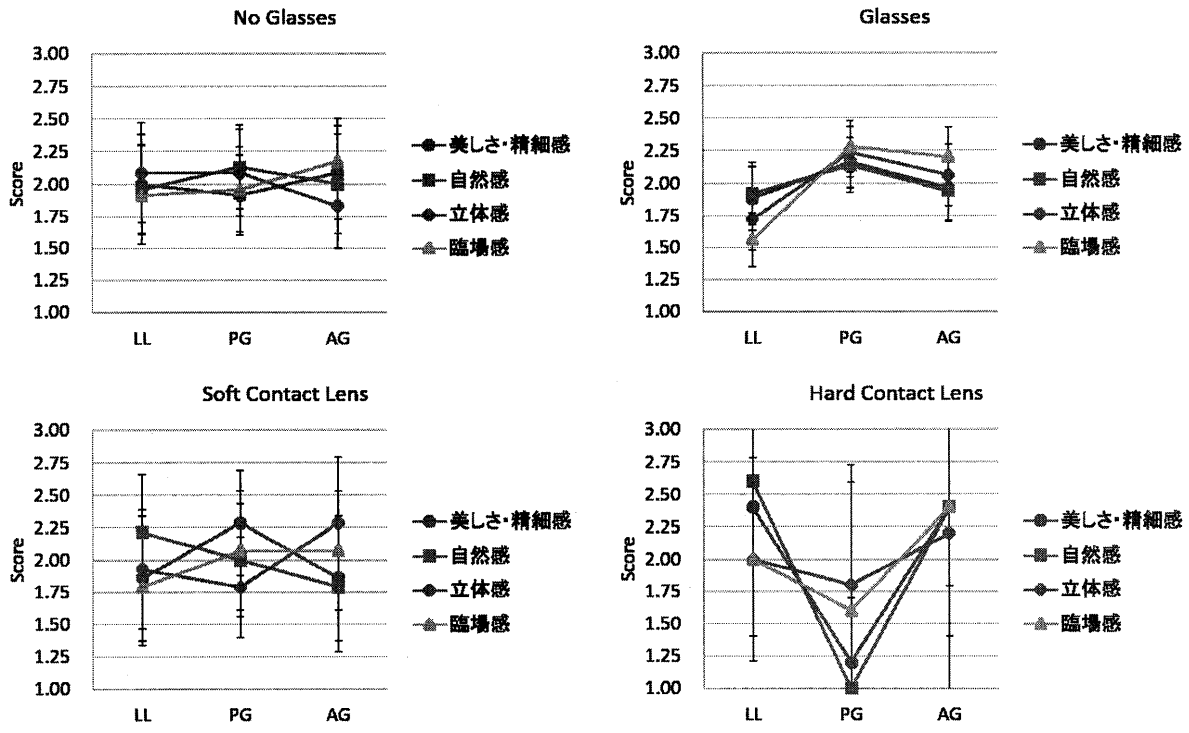

図 7　研究 2 の視力矯正別における結果

Fig. 7　Experimental results of corrected eyesight in the Research 2

矯正の場合，ディスプレイ間ではっきりした形が見られ，“LL” の「美しさ」,「自然感」で検知限付近にプロットされ，“PG” では我慢限を下回ったが，誤差範囲が非常に大きかった．

5.5　相関係数による結果

相関係数による結果を図 8 に示す．ここで，図中の縦軸は相関係数，横軸は評価項目を表し,「美しさ」を “1”,「自然感」を “2”,「立体感」を “3”,「臨場感」を “4” と表す．相関係数の絶対値が 0.80 以上であれば,「相関がある」，そうでなければ「相関が無い」とした．図 8 の結果から，平均の相関に着目すると，若年層から順に「相関がある」項目数は，3，1，2，6 と

NII-Electronic Library Service

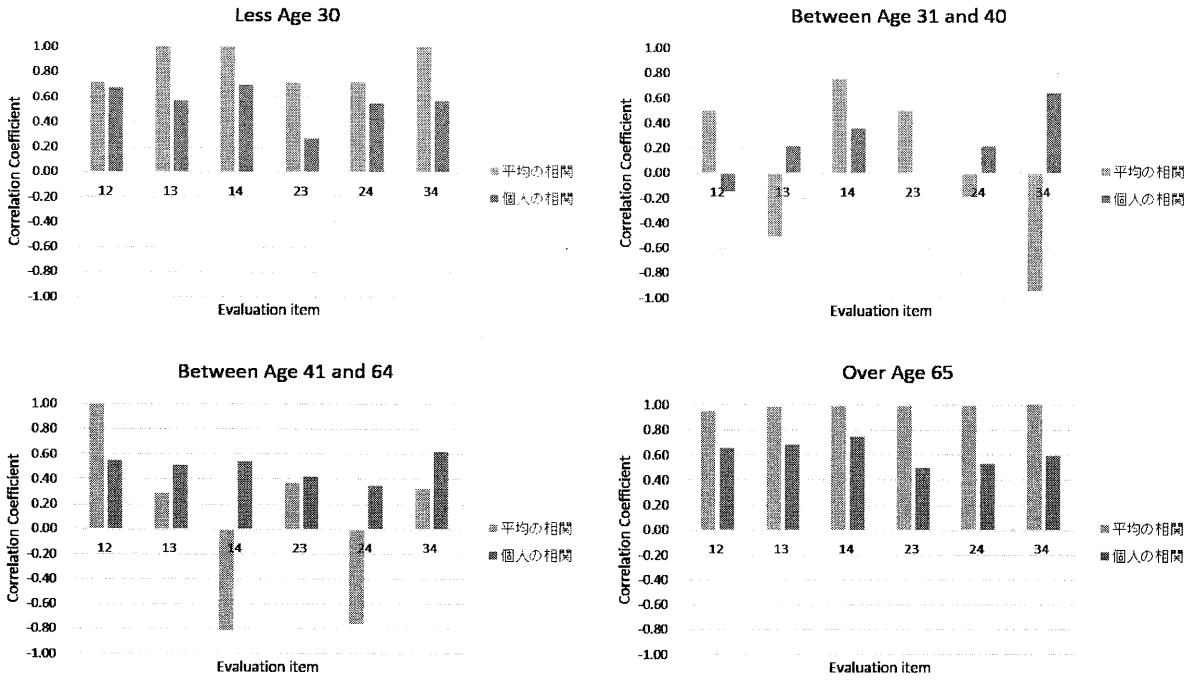

図 8　研究 2 の相関係数による結果

Fig. 8　Correlation Coefficient of the Research 2

なった．特に，“14” についてはどの年齢層においても「相関がある」と判断できる．逆に，“23” については老年層以外で「相関がない」と判断できる．一方，個人の相関に着目すると，全体として「相関がない」と判断できるが，若年層の “12”, “14”, 壮年層の “14” , 中年層の “34”, 老年層の “13”, “14” は相関係数が 0.6 以上であり,「やや相関がある」と判断できる．

5.6 考　　察

研究 2 の結果から,「臨場感」について “LL” の *Score* が低い傾向にあり，“PG”, “AG” は高い傾向にあった．これはディスプレイのサイズと解像度に関係があると考えられるが，視力矯正を考慮すると，ハードコンタクトレンズ矯正以外の場合にこの傾向にあると考えられる．また，壮年層では他の年齢層と比較して，誤差範囲が大きい．これは他の年齢層に比べて，評定者数が少なかったことも挙げられるが，壮年層の評定者 7 名中 3 名が矯正無しであり，他の年齢層に比べて矯正率が低かったのも要因ではないかと考える．

6. ま と め

本稿では，3 種類の 3D ディスプレイにおいて，同一の CG コンテンツを提示した場合に，ユーザーに対して 3D 映像のアンケート調査を行い，その結果を比較し，統計的に分析した．

研究 1 の結果から，3D 映像を視聴して気分が悪くなる評定者は 20%も満たなかったが，男女比には関係なく，特に 40 歳以下に気分が悪くなる傾向にあるとわかる．

また，研究 2 の結果から，性別，年齢層，視力矯正別に統計的に解析を行い，性別にはあまり関係が見られなかったが，年齢層別では「臨場感」の評定値に変化が見られ，視力矯正別では，メガネ無しとメガネ矯正で前者，ソフトコンタクトレンズ矯正とハードコンタクトレンズ矯正で後者がそれぞれディスプレイ間で *Score* の差が大きかった．

これらの結果を踏まえて，今後，3D 映像における疲労が調節・輻輳や画像品質，3D 方式とどのように関係しているかを具体的に測定していく．

文　　献

[1] 窪田 悟, 工藤 広太郎, 竹本 雅憲, 嶋田 淳, 中村 芳知, 3D テレビの視聴による視覚疲労と視聴者の視機能との関係, 映情学誌, Vol. 67, No. 7, pp. 262-269, 2013.

[2] 氏家 弘裕, 知っておきたいキーワード 映像酔い, 映情学誌 Vol. 61, No. 8, 2007.

[3] 3DC Guideline, http://www.3dc.gr.jp/jp/scmt_wg_rep/3dc_guideJ_20111031.pdf, 2011.

[4] 3D テレビに関する検討会最終報告書, http://www.soumu.go.jp/main_content/000182839.pdf, 2012.

[5] ITU-R BT.1438, http://www.itu.int/rec/R-REC-BT.1438/en

[6] 氏家 弘裕, 映像の安心な利用を可能にする映像酔い評価システムの開発, Synthesiology Vol. 3, No. 3, 2010.

[7] 松田 隆夫, 大中 悠起子,「映像酔い」の自覚的評価とその誘発要因, 立命館人間科学研究 第 9 号, 2005.

[8] 太田 啓路, 河合 隆史, 海老根 吉満, 山口 理恵, TV ゲームによって引き起こされる 3D 酔いの評価, TVRSJ Vol. 9 No. 4 pp.343-352, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2004.

[9] Norifumi Kawabata, Yuukou Horita, STATISTICAL ANALYSIS AND CONSIDERATION OF SUBJECTIVE EVALUATION OF 3D CG IMAGES WITH 8 VIEWPOINTS LENTICULAR LENS METHOD, IMQA2013, Sep 12-13, 2013.

[10] 塩見 友樹, 堀 弘樹, 長谷川 聡, 高田 宗樹, 大森 正子, 松浦 康之, 石尾 広武, 長谷川 旭, 宮尾 克, 実物体と 2D 映像, 3D 映像を用いた水晶体調節反応と輻輳運動の長時間同時測定: 若年者と中高齢者の立体視機構の違い, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 2, pp. 139-148, 2011.

NII-Electronic Library Service