

## 2Dと3D視聴による疲労の探索的研究

立教大学大学院現代心理学研究科 川久保 惇  
日本モレックス 吉野 紘平  
立教大学現代心理学部 小口 孝司

### Exploratory Study Comparing Fatigue Manifestation in 2D and 3D Viewing

Atsushi Kawakubo (Graduate School of Contemporary Psychology, Rikkyo University),  
Kouhei Yoshino (Molex Japan), and  
Takashi Oguchi (College of Contemporary Psychology, Rikkyo University)

Stereoscopic 3D imaging systems are used extensively worldwide. Concerns about health problems caused by the 3D viewing have prompted research in the area. Although several studies demonstrate stereoscopic visual fatigue, the effects of fatigue caused by 3D viewing are not clear. Therefore, the present study compares the subjective fatigue estimation of 2D and 3D image viewers using Text Mining Analysis. A fingertip plethysmogram was obtained to compare visual fatigue quantitatively. Quantitative analysis revealed that there were marginal differences between 2D and 3D image viewing. Moreover, Text-Mining mining Analysis indicated that different manifestations of fatigue appeared more frequently after 3D rather than 2D viewing. This suggested that perceived fatigue rather than physiological measures of the same differed between 3D and 2D viewing.

**Key words:** 3D, Text-Mining, viewing conditions, visual fatigue

2009年の3次元（3D）映画“アバター”の劇場公開をきっかけに、日本では3D映像が一大ブームとなった。その翌年の2010年は、“3D元年”とも呼ばれ、日本の各電機メーカーは、先を争うように家庭用3Dテレビを発売し（西村・岩田・村田, 2010）、同時に“3D”という言葉は、その年の流行語大賞の候補語にもなっている。それ以降も3D映像は一過性のブームに終わらず、テレビや映画のように日常生活の娯楽に深く関わるものから、医療や工業分野での応用まで様々な用途に広がっている。たとえば、医療分野では、磁気共鳴画像（MRI）の医療画像を医師及び患者に立体画像で示すことで、より病態の理解が深まっている。また、車のような工業製品の生産現場では、モックアップの代替として立体映像技術が期待されて

いる（塩見, 2013）。

こうした3D映像の普及の背景には、近年のメディア技術の飛躍的な進歩がある。他者に伝達可能な音声・映像データ量の大幅な増加は、データの質的向上を促し、その結果、より自然でリアルな映像を提供することが可能となった（寺本・吉田・浅井・日高・行場・鈴木, 2010）。

3D映像が一般に認知されていく一方で、3D映像視聴による健康上の影響が懸念されている（村田, 2010）。実際、映画“アバター”の3D映像を鑑賞して、車酔いのような感覚に陥り、気分が悪くなったという感想がインターネット上には散見されるという（西村他, 2010）。

現在、こうした3D映像は、3Dテレビが市場に登場し、購入しやすい価格になることによって、

次第に一般家庭にも普及しつつある。そして、このような3Dテレビによる3D映像は、専用眼鏡を装着することで、これまでにない立体感や臨場感あふれる映像体験を人に提供するという。それゆえ、テレビを通じて家庭でより安心して3D映像を視聴するために、3D映像視聴の安全性に関する信頼性の高い評価データの収集・分析が求められている(森田・安藤, 2012)。

実際、3D映像に関するさまざまな評価実験に基づいた“3DC安全ガイドライン”は既に作成・公表され、誰でもインターネット上で閲覧することができるようになってきている ([http://www.3dc.gr.jp/jp/scmt\\_wg\\_rep/guide\\_index.html](http://www.3dc.gr.jp/jp/scmt_wg_rep/guide_index.html))。しかしながら、立体映像に関する技術は現在も目まぐるしく変化している。その変化に対応する形で、このガイドラインは頻繁に改定されており、いまだ明確な作成基準や評価方法といったものは確立されていないとの指摘がある(塩見, 2013)。3D映像という新しい技術を利用するにあたり、その正の側面だけではなく、健康や安全に対する潜在的な負の側面も同時に検討する必要がある。

本研究では、3D映像視聴による影響として疲労感を取り上げる。疲労感の中でも特に視覚疲労に注目する。3D映像視聴による視覚疲労は、医学的処置が必要な重大な生体的影響を及ぼすほどのものではないが、3D映像視聴後に視覚疲労を訴えるケースは珍しくない(江本・正岡・山之上・菅原・野尻, 2005)。また、視覚疲労の度合いが大きければ、3D映像が一般に受け入れられることは困難である。それゆえ、3Dテレビを視聴した場合の疲労感、特に視覚疲労という観点から、従来の2Dテレビの視聴と比較して、どのような差が生じ得るか検討することは必要不可欠であろう。

疲労は本来、主観的な概念であり、直接、計測の対象となるものではないとされてきた(大島, 1979)。そのため、定量化することは困難であり、疲労評価方法が確立されているわけではないという(e.g., 江本他, 2005; 森田・安藤, 2012; 矢野・江本・三橋, 2003)。従来は、疲労

によって生じる生理的活動、機能の変化、主観的訴え、能率の変化を捉え、これらの指標を組み合わせることで疲労評価がなされてきた。たとえば、客観的な評価指標としては、視力(遠視力、近視力)、臨界融合周波数(Critical Flicker Frequency)、Advanced Trail Making Test(梶本・太田・柳本・杉中, 2001)、また、主観的指標としてはSimulator Sickness Questionnaire(Kennedy, Lane, Berbaum, & Lilienthal, 1993)、視覚疲労に関する自覚症状項目と評価尺度による視覚疲労スコア(窪田・工藤・竹本・嶋田・中村, 2013)、医師による問診などが用いられてきた。

このような指標を用いて、実際にテレビやモニターで3D映像を視聴し、2D映像との視覚疲労を比較した研究は少なくない(e.g., 窪田他, 2013; Lee, Heo, & Park, 2010; Ming-Da, Chien-Yue, Yueh-Yi, Tsung-Chin, & Bao-Jen, 2012; 森田・安藤, 2012)。しかしながら、いくつかの先行研究では、3D条件の方が主観的な不快感や疲労感が2D条件より強いとする一方、2Dと3Dという視聴条件の差よりも、3D眼鏡着用による影響や視聴位置の違いによる影響の方が大きいとする研究もあり、結果は一貫していない。また、視覚疲労は個人差が大きく、3D映像視聴における視覚疲労は、視聴者自身の遺伝的要因による視機能に依存するとの指摘もある(Lee & Song, 2012)。

そこで、本研究では3D映像を視聴した時に、一般の人が疲労感を含めてより広範囲に“どう感じるか”についての探索的な研究を改めて行うこととする。具体的には、テキスト・マイニングによる主観的評価と指尖容積脈波測定による疲労の客観的評価を組み合わせることで、3D映像と従来の2D映像の特徴についての比較をすることを目的とする。

テキスト・マイニングとは、形式化されていないテキストデータを単語に分割し、その出現頻度や相関関係を、データ・マイニングの手法を用いて分析することで、一定の見解や新たな発想を得るテキストデータ分析手法の総称である(花井・小口, 2008)。3D、2Dそれぞれの映像を視聴し

た実験協力者による自由記述形式の感想を、テキスト・マイニングの手法を用いて分析することで、各映像に対する主観的な評価を読み取ることができる。これまでの先行研究で行われた質問紙や問診による映像への主観的な評価では、事前に研究者側が用意した項目に答える形式であった。本研究では、あえてそのような枠組みを設けないことで、一般の人が感じる3D映像の特徴を抽出することを試みる。

さらに、客観的な生理的指標として指尖容積脈波を測定し、その測定結果と統計解析を組み合わせることで、疲労度を定量化することを試みる。指尖容積脈波とは、心臓の血液駆出に伴う血管の心動変化を、指先の皮膚表面から波形として電気的に捉えたものを指す。心臓の動きそのものではなく、末梢血管の運動を測定することによって、間接的に心電図で得られる値と同等の意味を持つ情報を得られ、特に、循環器系に対する自律神経系の作用を反映するものであるとされている。(長島・星合・相羽・菅沼・米花・山崎・岡本・伊藤・沖野, 1995)。

指尖容積脈波を用いた着座疲労の評価法や睡眠予兆計測法は既に開発されている。前者においては、指尖容積脈波の測定結果から、疲労度を捉えることの可能性を見出し、シートに3時間着座したときの疲労度を30分間の着座実験から推測が可能になると示唆されている(藤田・小倉・落合・安田・土居・村田・亀井・上野・金子, 2004)。また、後者においては、指尖容積脈波が持つリアルタイムで脳波よりも早期に変化を検出できるという特徴を利用して、車のドライバーの入眠予兆現象を捉えることで、眠気による居眠り運転防止に活用できるとしている(藤田・小倉・落合・苗・清水・亀井・村田・上野・金子, 2005)。

さらに、こうした脈波測定は、実験協力者から連続して安定的に測定できるといった利点がある(嶋・北島, 2008)。また、非侵襲的かつ、短時間で測定可能である。それゆえ、本研究に参加する実験協力者の負担を最小限に抑えることができると判断したため、この測定方法を採用した。

疲労感の評価方法は、指尖容積脈波の測定によって得られたデータを周波数解析したものを分析する。国際的ガイドラインの周波数帯区分に基づき、交感神経機能を反映する0.02—0.15Hzの低周波帯域のパワー値(low frequency: 以下LFとする)、主に副交感神経機能を反映する0.15—0.40Hzの高周波帯域のパワー値(high frequency: 以下HFとする)をそれぞれ計算する。心身が疲労状態にある場合、交感神経が活性化し、LF値が増大する一方、HF値が減少する。したがって、交感神経と副交感神経のバランスを反映するLF/HF比は、疲労度が増す程、上昇する傾向にあるとされる(倉垣・山口・笹部・稲葉・渡辺, 2012)。

本研究では、3D・2D映像視聴前後の指尖容積脈波を測定し比較することで、映像の種類によって感じる実験協力者の疲労について検討する。

## 方法

### 実験時期

実験は、2012年1月に実施した。

### 参加者

私立大学文系学部に通う学生16名(男性8名、女性8名、平均年齢21.06歳)を実験協力者とした。実験は任意、無報酬で行われ、全ての実験協力者は、工学やバーチャルリアリティの専門教育を受けていなかった。実験者は、男性の学部学生が務めた。

### 装置と実験刺激

65型3Dテレビ(パナソニック製3D VIERA TH-P65VT3、画面高80.7cm)、3Dグラス(TY-EW3D3MW)、加速度脈波測定システムアルテット(株式会社ユメディカ製)、テキストマイニングソフトTRUE TELLER6.0(野村総合研究所)を使用した。実験に用いた映像は、市販されている3D映像が収録されたDVDの一部を使用した。

### 手続き

実験の手順をFigure 1に示す。実験協力者は、実験室に一人ずつ入室した。実験室の入口近くに置かれた、3Dテレビからおおよそ3m離れた位置の

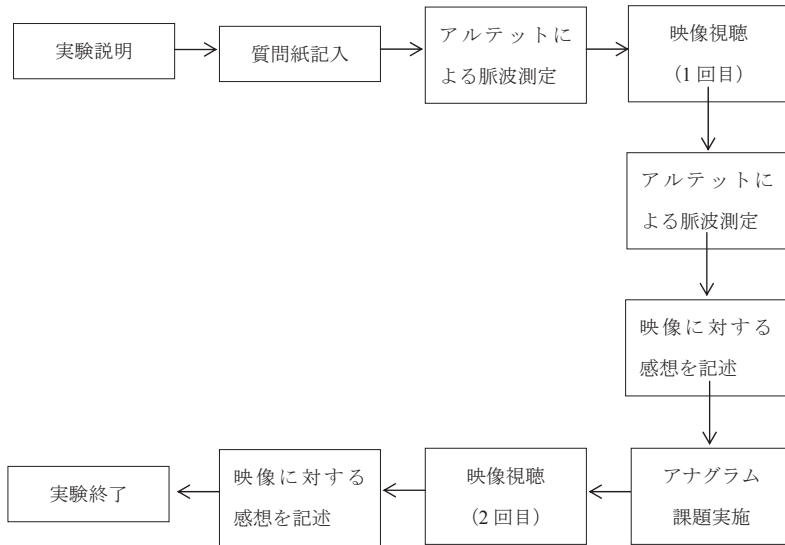


Figure 1. 実験手順

椅子に着席し、質問紙に回答した。その際の質問紙は、性別、年齢、3D映像の視聴経験の有無に関するものであった。次に、アルテットを使用し、脈波を測定した。脈波の測定に必要な時間はおよそ5分間であった。脈波測定後、実験参加者は3D眼鏡を装着し、事前に用意した映像を10分間視聴した。再度脈波を測定した後、直前に視聴した映像に関する感想を自由記述形式で求めた。次に、実験には関係のないアナグラム課題を提示し、2分間実施した。視聴を2回繰り返すため、その影響を低減させるための課題であった。最後に、別の映像を10分間視聴した後、前回と同様に自由記述式で感想を求めた。なお、参加者の半数を、3D映像→2D映像条件、残りの半数は2D映像→3D映像条件に割り当てた。

## 結果

### 脈波から見た映像の違い

16名の実験協力者の内、測定機器の不備によってデータの一部に欠損が見られた3名を分析から除外し、残りの13名を分析対象とした。

脈波のデータは、アルテットに付属する自律神経機能評価ソフトにより自動的に算出されたもの

を使用した。交感神経活動と副交感神経活動のバランスを表わし、疲労状態の指標となるLF/HF値について、実験参加者全員の値の平均を算出した (Table 1)。映像視聴後のデータから映像視聴前のデータを差分した変化量を算出し、 $t$ 検定をしたところ、有意差は見られなかったが ( $t=6.7$ ,  $df=6.44$ ,  $n.s.$ ,  $d=.36$ )、3D映像視聴後にLF/HF値が高くなる傾向が示された (Figure 2)。

### テキスト・マイニングから見た映像の違い

実験協力者から得られたテキストデータを、テキスト・マイニングによって分析した。まず、テキストデータ内で使用された単語について、出現頻度の高い順に並べた。Table 2としてテキストデータ全体の使用頻度上位30語、Table 3として3D条件、Table 4として2D条件に対するテキストデータ内の使用頻度上位15語をそれぞれ示した。

Table 1  
実験協力者のLF/HF値の平均

	映像	
	視聴前	視聴後
2D条件	2.54 (SE = 0.66)	2.16 (SE = 0.72)
3D条件	3.46 (SE = 0.99)	3.81 (SE = 1.15)

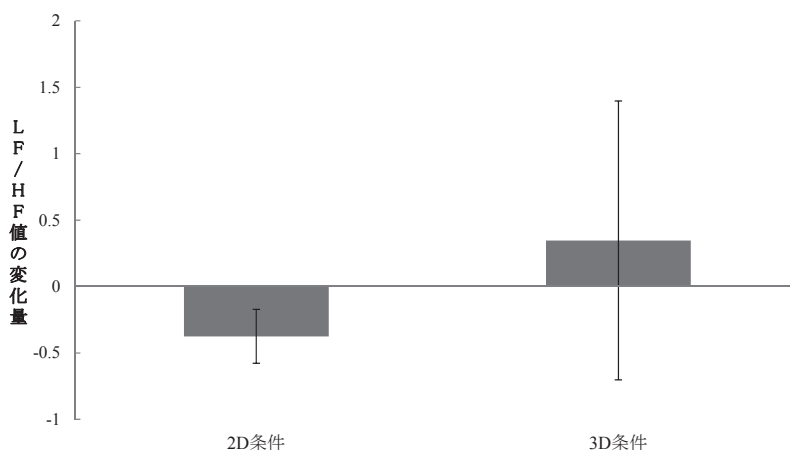


Figure 2. 映像視聴前後におけるLF/HF値の変化量の関係（バーは標準誤差を表す）

Table 2  
テキストデータ全体の使用頻度上位 30語

	単語	品詞	頻度	割合 (%)	件数
1	3D	名詞	45	75.00	24
2	見る	動詞	32	65.63	21
3	ある	動詞	38	62.50	20
4	ストーリー	名詞	22	56.25	18
5	思う	動詞	30	53.13	17
6	臨場感	名詞	18	53.13	17
7	感じる	動詞	27	50.00	16
8	迫力	名詞	18	50.00	16
9	目	名詞	23	50.00	16
10	2D	名詞	28	46.88	15
11	映像	名詞	19	46.88	15
12	疲れる	動詞	11	34.38	11
13	音	名詞	11	31.25	10
14	疲労感	名詞	10	31.25	10
15	ない	形容詞	9	28.13	9
16	違和感	名詞	10	28.13	9
17	きれいだ	形容詞	9	25.00	8
18	シーン	名詞	10	25.00	8
19	アバター	名詞	10	21.88	7
20	すごい	形容詞	10	21.88	7
21	リアルだ	形容詞	7	21.88	7
22	感じ	名詞	9	21.88	7
23	感じない	動詞	7	21.88	7
24	世界	名詞	9	21.88	7
25	いる	動詞	6	18.75	6
26	そこ	名詞	6	18.75	6
27	テレビ	名詞	6	18.75	6
28	画面	名詞	9	18.75	6
29	気になる	動詞	8	18.75	6
30	行う	動詞	6	18.75	6

**Table 3**  
3D条件における使用頻度上位 15語

	単語	品詞	頻度	割合(%)	件数
1	3D	名詞	29	100.00	16
2	ある	動詞	25	75.00	12
3	迫力	名詞	11	68.75	11
4	目	名詞	11	62.50	10
5	感じる	動詞	15	56.25	9
6	見る	動詞	14	56.25	9
7	思う	動詞	12	56.25	9
8	疲れる	動詞	9	56.25	9
9	臨場感	名詞	10	56.25	9
10	2D	名詞	17	50.00	8
11	映像	名詞	9	43.75	7
12	疲労感	名詞	7	43.75	7
13	きれいだ	形容詞	7	37.50	6
14	すごい	形容詞	9	37.50	6
15	ストーリー	名詞	7	37.50	6

**Table 4**  
2D条件における使用頻度上位 15語

	単語	品詞	頻度	割合(%)	件数
1	ストーリー	名詞	15	75.00	12
2	見る	動詞	18	75.00	12
3	3D	名詞	16	50.00	8
4	ある	動詞	13	50.00	8
5	映像	名詞	10	50.00	8
6	思う	動詞	18	50.00	8
7	臨場感	名詞	8	50.00	8
8	2D	名詞	11	43.75	7
9	感じる	動詞	12	43.75	7
10	目	名詞	12	37.50	6
11	違和感	名詞	5	31.25	5
12	音	名詞	5	31.25	5
13	迫力	名詞	7	31.25	5
14	ない	形容詞	4	25.00	4
15	思わない	動詞	4	25.00	4

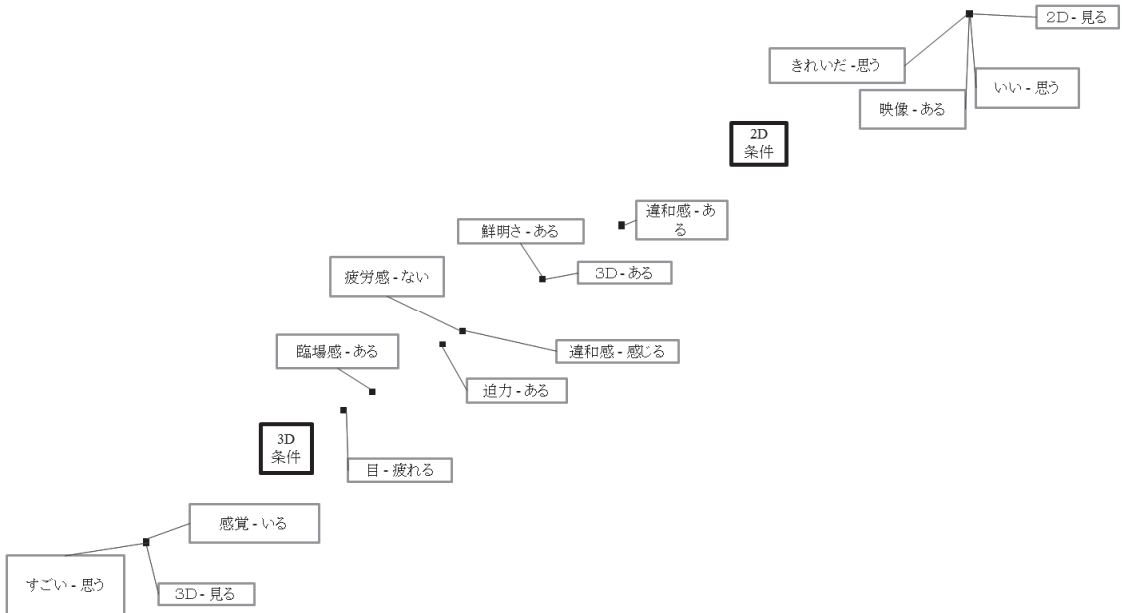
次に、Figure 3として、それぞれの条件で出現する単語の関連性を示した。単語は、出現傾向を示すために“名詞-動詞”のつながりで表示した。図中の“2D条件”、“3D条件”は視聴条件ごとのグループを示している。それぞれの単語は直線上に配置され、各グループとの関連の強いものほど近くに配置され、逆に関連の薄いものほど遠くに配置されている。“目-疲れる”“臨場感-ある”といった単語のつながりが、3D条件の近くにマッピングされた。

さらに、Table 5として視聴条件における特徴的単語をスコアによって抽出された単語を示した。スコアは、特定のグループのみに出現している偏り具合を示す指標である。1に近づくほどそのグループの特徴を示す単語であることを示し、逆に0に近づくほど他グループでも平均的に出現する単語であることを示す。3D条件では“迫力”、“目”、“感じる”といった、より感覚に関わる単語が頻出しているという結果であった。



**Table 5**  
スコアから見た視聴条件における特徴的単語

	3D		2D			
	品詞	スコア	品詞	スコア		
1	3D	名詞	.32	ストーリー	名詞	.14
2	疲れる	動詞	.20	人	名詞	.13
3	感じ	名詞	.14	途中	名詞	.13
4	すごい	形容詞	.14	画質	名詞	.10
5	迫力	名詞	.13	動き	名詞	.10



**Figure 3.** 映像条件と使用単語の関係

## 考 察

本研究は、映像視聴に関する探索的な検討を行うと同時に、3D映像を見た際の疲労を脈波測定によって捉え、2D映像との比較をすることを目的として実施した。

視聴条件による生理的指標としてのLF/HF値の違いには、予測された方向での傾向を見て取ることができたが、統計的の有意差は得られなかった。その原因としては、視聴した映像の長さが挙げられよう。先行する森田・安藤（2012）の実験では、実験刺激となる映像は1時間に及ぶ長いものであったが、本研究では参加者の負担を考えて、

用意した映像は10分程度であった。こうした映像の短さは、実験協力者の3D眼鏡着用に対する負担を軽減し、参加者が感じる疲労感自体が検知しにくいほど小さいものになった可能性がある。

また、“LF/HF値が幾つ以上になるとストレス状態と判定するか”という判定基準は、個人差や測定条件等により変わってくるため、明確な基準はないとされている（李・堀尾，2011）。本研究においても、データのばらつきが大きく、今後指尖容積脈波を用いたより正確な疲労判定を行うためには、さらに多くの実験参加者を対象とした継続的な調査が求められよう。

加えて、3D映像を長期に渡って視聴したとき

の影響は未だ検討されておらず、特に、若年者は脳や視機能が発達途中であるため、3D映像視聴による発達への長期的影響は不明であるとされている（江本，2012）。また、若年者は自覚的疲労を訴えにくいという側面も否定できない。それゆえ、今後は本研究の対象となった大学生より下の年代である若年者に対する3D映像視聴の影響について検討し、適切な視聴環境を提案していく必要もあろう。

指尖容積脈波を用いた測定は、簡便な機器のみで非侵襲的に測定できることから、心電図のような測定に伴う煩わしさがなく、電極装着といった、実験協力者に余分な手間を取らす必要がない。また、結果はその場ですぐ出力され、実験協力者に対するフィードバックも容易である。このような利点は臨床の現場、特に予防医学領域への展開において極めて有用な点と評価されている（山口，2010）。こうした利点を踏まえれば、脈波測定は、日常生活における潜在的なストレス・疲労の測定にも応用できる可能性があり、今後の活用が求められる。測定精度を高めるためには、他の手法と組み合わせた手法についても更に検討を進める必要があろう。

テキスト・マイニングによる分析では、3D条件の映像視聴の自由記述から“疲労感”、“疲れた”という単語をより多く検出しており、それは生理的指標では捉えられない参加者の主観的な疲労を示唆するものであろう。本研究では、映像視聴の時間はおよそ10分と短く、通常の使用に比べれば負担は小さいと考えられる。それにも拘わらず、疲労を訴える実験協力者の存在が少なからずいたことは、注目すべきであろう。

確かに、3D映像に対する様々な感覚に関する単語の頻出を加味すれば、3D映像の視聴は2D映像に比べて、より臨場感や迫力を体感できるものであることは、言うまでもない。3D映像は、今後、幅広い分野で活用されるべき技術である。しかし、3Dテレビの視聴による視覚疲労は、視力の左右差、水平斜位といった視聴者個人の視機能に影響される（窪田他，2013）との指摘も踏まえれば、

今後の3Dテレビの開発や3Dコンテンツの製作では、視聴する側の疲労感について考慮することが必要であろう。

本研究では、実験に用いる映像の選択が重要な要素であった。どのような映像を選択し、その映像の長さをどの程度にするかについては、事前に予備実験を実施し、検討すべきであった。また、最終的な分析対象者が13名となったため、分析に必要とされる十分なサンプル数を確保できなかった。今後、同様の実験を実施する際には、事前の準備・検討と十分な実験協力者の確保が求められる。

## 引用文献

- 江本正喜（2012）. 3D映像による生体影響とガイドライン 日本視能訓練士協会誌, **41**, 1-11.  
(Emoto, M.)
- 江本正喜・正岡顕一郎・山之上裕一・菅原正幸・野尻裕司（2005）. ステレオディスプレイ観視時の水平両眼視差と視覚疲労 vision, **17**, 101-112.  
(Emoto, M., Masaoka, K., Yamanoue, H., Sugawara, M., & Nojiri, Y.)
- 藤田悦則・小倉由美・落合直輝・苗 鉄軍・清水俊行・亀井 勉・村田幸治・上野義雪・金子成彦（2005）. 指尖容積脈波情報を用いた入眠予兆現象計測法の開発 人間工学, **41**, 203-212.  
(Fujita, E., Ogura, Y., Ochiai, N., Miao, T., Shimizu, T., Kamei, T., Murata, K., Ueno, Y., & Kaneko, S. (2005). Development of the measurement method of the prediction of sleep by finger plethysmogram data, *The Japanese journal of ergonomics*, **41**, 203-212.)
- 藤田悦則・小倉由美・落合直輝・安田栄一・土居俊一・村田幸治・亀井 勉・上野義雪・金子成彦（2004）. 指尖容積脈波情報を用いた長時間着座疲労の簡易診断法の開発 人間工学, **40**, 254-263.  
(Fujita, E., Ogura, Y., Ochiai, N., Yasuda, E., Doi,



- S., Murata, K., Kamei, T., Ueno, Y., & Kaneko, S. (2004). Development of simplified appraisal method of fatigue on sitting for extended periods by the data of finger plethysmogram. *The Japanese journal of ergonomics*, **40**, 254-263.
- 花井友美・小口孝司 (2008). Eメールの交換過程における感情表現の表現パターン：テキストマイニングを用いた分析 社会心理学研究, **24**, 131-139.
- (Hanai, T., & Oguchi, T. (2008). The appearance patterns of emotional expressions in e-mail exchanges : A text-mining analysis, *The Japanese Society of Social Psychology*, **24**, 131-139.)
- 梶本修身・太田妙子・柳本静子・杉中敏子 (2001). 若年の慢性疲労症候群を対象とした精神疲労評価の試み Advanced-TMT 精神機能検査の開発 CAMPUS HEALTH, **37**, 195-198.
- (Kajimoto, O., Oota, T., Yanagimoto, S., & Suginaka, T.)
- Kennedy, R., S., Lane, N., E., Berbaum, K., S., & Lilienthal, M., G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, **3**, 203-220.
- 窪田悟・工藤広太郎・竹本雅憲・嶋田 淳・中村芳知 (2013). 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 映像情報メディア学会誌, **67**, 262-269.
- (Kubota, S., Kudo, K., Takemoto, M., Shimada, A., & Nakamura, Y. (2013). Affect of Visual Acuity and Accommodation Speed on Visual Fatigue During Movie Viewing on 3D Television, *The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers*, **67**, 262-269.)
- 倉垣弘彦・山口浩二・笹部哲也・稲葉雅章・渡辺恭良 (2012). 慢性疲労症候群患者の自律神経機能評価 厚生労働科学研究費補助金障害者対策総合事業 (神経・筋疾患分野) 平成23年度 総括・分担研究報告書, 25-28.
- (Kuratsune, H., Yamaguchi, K., Sasabe, T., Inaba, M., & Watanabe, Y.)
- 李彰・堀尾恵一 (2011). 教師あり次元削減による指尖脈波に基づくストレス状態分類に関する考察 電子情報通信学会技術研究報告, **111**, 11-14.
- (Li, Y., & Horio, K. (2011). Stress state classification based on photoplethysmogram by supervised dimensionally reduction, *The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Technical Report*, **111**, 25-28.)
- Lee, Eui., Heo, Hwan., & Park, Kang. (2010). The comparative measurements of eyestrain caused by 2D and 3D displays. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, **56**, 1677-1683.
- Lee, Jung-Hoon., & Song, Jang-Kun. (2012). Individual variation in 3D visual fatigue caused by stereoscopic images. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, **58**, 500-504.
- Ming-Da Ke, Chien-Yue, Chen, Yueh-Yi Lai, Tsung-Chin, Tsai, & Bao-Jen Pong (2012). The Eye Fatigue Measurement for 3D Display. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, **43**, 891-894.
- 森田寿哉・安藤広志 (2012). 3Dテレビ視聴による疲労における視聴条件の影響 映像情報メディア学会技術報告, 36, 33-36.
- (Morita, T., & Ando, H. (2012). Effects of viewing conditions on fatigue caused by watching 3DTV, *The Institute of Image Information and Television Engineers Technical Report*, 36, 33-36.)
- 村田勝敬 (2010). 3次元画面テレビの将来 公衆衛生, **74**, 352.
- (Murata, K.)
- 長島圭子・星合清隆・相羽達弥・菅沼雅美・米花菜央・山崎清之・岡本克郎・伊藤高司・沖野 遙 (1995). 指尖容積脈波を用いた自律神経機能の評価手法の検討 東海大学紀要.

- 開発工学部, **4**, 215-221.  
(Nagashima, K., Hoshiai, K., Aiba, T., Suganuma, M., Yonehana, Nao., Yamazaki, K., Okamoto, K., Itoh, T., & Okino, H. (1995). Experimental Study on an Evaluation Technique of Autonomic Function Using Digital Plethysmography, *The bulletin of School of High-Technology for Human Welfare, Tokai University*, **4**, 215-221.)
- 西村雄宏・岩田豊人・村田勝敬 (2010). 3Dゲーム使用の視覚系神経機能に及ぼす影響 秋田医学, **37**, 85-91.  
(Nishimura, K., Iwana, T., & Murata, K..)
- 大島正光 (1979). 疲労の研究 (第2版) 同文書院  
(Ooshima, M.)
- 鳴秀典・北島博之 (2008). 非線形時系列解析手法を用いた脈波からの疲労度抽出 電子情報通信学会技術研究報告, **108**, 57-60.  
(Shigi, H., & Kitajima, H. (2008). Extraction of fatigue degree from pulse wave using a method of nonlinear time series analysis, *Institute of Electronics, Information, and Communication Engineers Technical Report*, **108**, 57-60.)
- 塩見友樹 (2013). 立体映像の視機能への影響に関する人間工学的研究 名古屋大学博士学位論文 (未公刊).
- (Shiomi, T.)
- 寺本渉・吉田和博・浅井暢子・日高聡太・行場次郎・鈴木陽一 (2010). 臨場感の素朴な理解 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, **15**, 7-16.  
(Teramoto, W., Yoshida, K., Asai, N., Hidaka, S., Gyoba, J., & Suzuki, Y. (2010). What is "Sense of Presence"? A Non-researcher's Understanding of Sense of Presence, *Journal of the Virtual Reality Society of Japan*, **15**, 7-16.)
- 山口勝機 (2010). 心拍変動による精神負荷ストレスの分析 志学館大学人間関係学部研究紀要, **31**, 1-10.  
(Yamaguchi, K. (2010). Influence of the mental stress on heart rate variability, *Research bulletin of the Faculty of Humanities Shigakuan University*, **31**, 1-10.)
- 矢野澄男・江本正喜・三橋哲雄 (2003). 両眼融合立体画像での二つの視覚疲労要因 映像情報メディア学会誌, **57**, 1187-1193.  
(Yano, S., Emoto, M., & Mitsuhashi, T. (2003). Two Factors in Visual Fatigue Caused from Stereoscopic Images, *The journal of the Institute of Image Information and Television Engineers*, **57**, 1187-1193.)

——2013.9.27受稿, 2013.12.9受理——