

高精細画像近距離視聴における頭部運動と眼球運動の解析 Analysis of head movement and eye movement while gazing image from short distance

望月 信哉[†] 田中 葵[†] 山田 光穂[†]
Shinya Mochiduki Aoi Tanaka Mitsuho Yamada

1. はじめに

高精細映像の普及により映像を近距離で楽しむ機会が増えてきた。フルハイビジョンよりも高画質な 4K、8K の規格について ITU-R BT.2020 で定められている[1,2]。4K はフルハイビジョンの画素数である 1920×1080 の 2 倍の 3840×2160 の画素数で、8K 映像はさらに 2 倍の 7680×4320 である。画素数が増えることにより、標準観視距離の定義である視力 1.0 の人に画素構造が見えなくなる距離 [3]もフルハイビジョンの画面の高さの 3 倍から 4K では画面の高さの 1.5 倍、8K では画面の高さの 0.75 倍と近距離での視聴が出来るようになった。

このように観視距離が近づくと、視聴者から見える画角もフルハイビジョンでは水平約 30 度、4K では水平約 60 度、8K では水平約 100 度と広い画角で視聴することになる[4]。ここで人の視覚特性について言及すると、眼球運動だけで画面全体の情報を取得できる人の有効視野の範囲は水平約 30 度と言われている[5]。有効視野の範囲を大きく超える 4K(水平約 60 度)や 8K(水平約 100 度)においては眼球運動だけでなく頭部運動も用いて画面全体を視聴していると考えることが自然である。

そこで本研究室では 4K 解像度の映像を観視距離(0.75H, 1.5H, 3H)と視聴位置(画面中央、画面左 1/4、画面右 1/4)で視聴させる実験を行った[6]。結果、注視点は映像、観視距離、視聴位置によらず画面全体に広がり、平均注視位置は画面中央に集まることが示唆された。また、視聴距離 1.5H と 0.75H では映像、観視距離、視聴位置についてそれぞれの条件間で画面中央でもそれぞれの平均注視位置に有意な差が見られた。しかし、この結果は数分間の映像視聴時の注視位置を測定したため、画質評価の際に行われている短時間の画像提示とは結果が異なる可能性がある。そこで本実験では観視距離(0.75H, 1.5H, 3H)と視聴位置(画面中央、画面左 1/4、画面右 1/4)で種類の異なる画像を短時間提示した際の人の眼球運動と頭部運動を解析した。

2. 実験内容

本実験では短時間画像提示時の視線分析が目的であるが、被験者が実験の目的を知ることにより意図的に画像を見るのを避けるために、被験者に対して実験の目的としてダミーの教示を行った。教示内容は実際に画質評価を行うように「提示する画像が見やすいかどうかを 5 段階で評価し、口頭で実験者に伝える」という内容で行った。被験者は 20 代大学生 7 名で実験を行ったが、データが正しく取得できた被験者は 5 名(男性 3 名、女性 2 名)であった。視力は 1.0 以上 4 名、0.7-1.0 1 名(矯正視力を含む)である。測定には被験者の利き目を採用した。今回は 5 名のデータを解析した結果を述べる。

2.1 実験画像

実験には本研究室で撮影した 4K 画質の画像を用いた。図 1 に実験画像提示のフローチャートを示す。初めに固視点画像 5 秒提示し、風景画像と人物が写っている画像(以下実験画像)をランダムで 8 秒提示、その後グレー画像を 3 秒提示し再び実験画像を提示した。実験画像を 6 枚提示で 1 セットとして、観視距離と視聴位置を変更しながら合計 15 セットの計測を行った。



図 1 画像提示の流れ

2.2 実験装置

測定には本研究室で開発した眼球運動と頭部運動を同時に測定できる装置を用いた[7]。眼球運動の測定にはナックイメージテクノロジー社の EMR8-b、頭部運動の測定には三次元磁気センサの Polhemus 社製 PATRIOT を用いた。被験者に眼球運動測定装置の帽子を装着させ、磁気センサを頭頂部に取り付けた。磁界を発生するソースコイルは被験者右側に設置し、測定中は磁気の妨げにならないように被験者周囲に鉄製品を配置しないようにして実験を行った。

2.3 視聴条件

4K 解像度表示が可能な 55 インチの液晶ディスプレイ (REGZA55X3 : TOSHIBA Corp., Tokyo) を用い、ディスプレイの輝度は最小 : 0.25cd/m²、最大 : 277cd/m²、室内照度 15.5Lux の条件で行った。図 2 に各観視条件をまとめたものを示す。観視距離 : 0.75H(51cm)、1.5H(102cm)、3H(204cm)、視聴位置 : 左 (ディスプレイ中心からディスプレイ幅 4 分の 1、左に移動した位置) 中 (ディスプレイ中心位置) 右 (ディスプレイ中心からディスプレイ幅 4 分の 1、右に移動した位置) として、観視距離 3 条件×視聴位置 3 条件の計 9 条件の視聴場所で実験を行った。ただし右位置と左位置は被験者の正面を見た状態で画像を見始める場合と画面中央を見た状態で画像を見る場合で結果が異

[†] 東海大学, Tokai University

なる可能性があるため、被験者正面でオフセットをする正面条件とディスプレイの真ん中の固視点でオフセットをする中央条件で実験を行い、合計 15 条件で実験を行った。

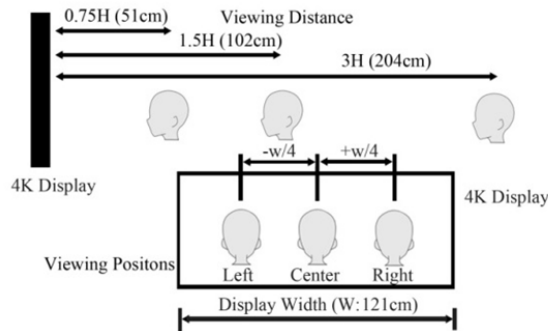


図 2 観視距離と視聴位置の例

3. 実験結果

注視点定義として静止画像に対する閾値の 5 度/秒を採用した[8]。実験画像を提示する直前に固視点の画像を提示しているため、固視点画像から実験画像の切り替え直後は固視点を注視する視線が残ってしまうと考え、解析には画像提示 8 秒のうち画像提示直後 1.5 秒を除いた 5 秒を用いた。結果の例として人物画像に対する結果と、風景画像に対する結果を述べる。

注視点の散布図は中央条件のものは、ディスプレイの中心を(0,0)として縦と横の幅をディスプレイのサイズに合わせたものである。被験者正面条件は各被験者の正面を(0,0)として縦と横の幅をディスプレイのサイズに合わせたものである。

3.1 人物画像の結果

図 3 に人物画像に対する結果の一例を示す。どの被験者でも画面中央にいる人の付近に視線が集まりやすく、特に顔の周りに視線が集中する傾向が見られた。

3.2 風景画像の結果

図 4 に風景画像に対する結果の一例を示す。どの被験者も鳥居を中心に画像全体に注視点分布する傾向が見られた。

3.3 注視点分布の結果

各視距離の結果を重ね、風景画を見た際の注視点分布を図 5-9 に示す。青が 3H、赤が 1.5H、緑が 0.75H を表し、被験者正面条件は被験者の正面を(0,0)、中央条件はディスプレイの中心を(0,0)としている。

図 5 の視聴位置中の注視点分布では、被験者の正面に注視点分布が広がり 0.75H の広がりが一番大きく、3H になるほど広がりが小さくなった。図 6, 7 の視聴位置右は、正面条件では被験者の正面方向より左方向に注視点分布が広がる傾向が見られた。図 8, 9 の視聴位置左は、正面条件では被験者の正面方向より右方向に注視点分布が広がる傾向が見られた。

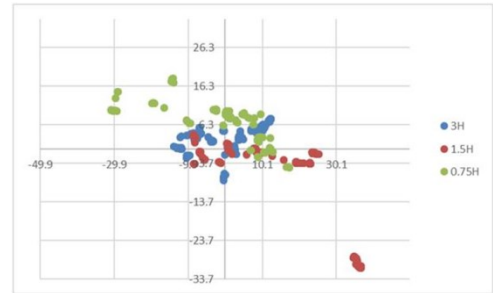


図 5 視聴位置中の注視点分布

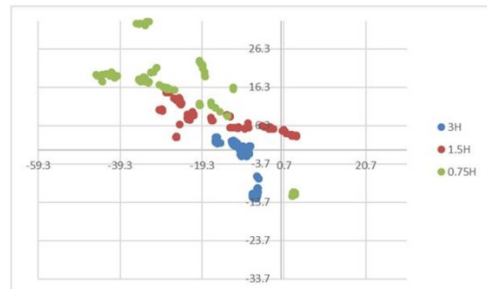


図 6 視聴位置右(正面条件)の注視点分布

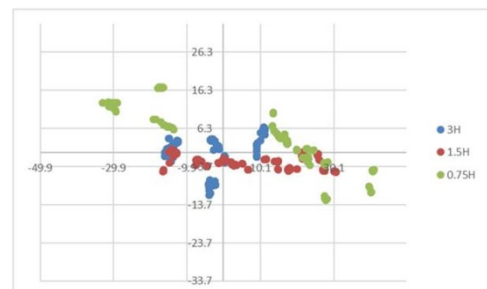


図 7 視聴位置右(中央条件)の注視点分布

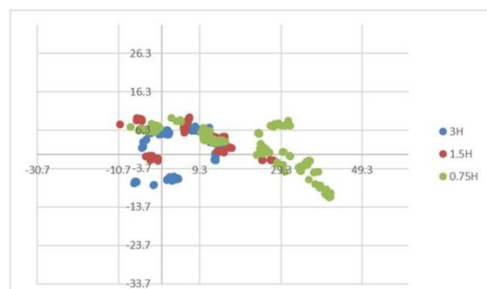


図 8 視聴位置左(正面条件)の注視点分布

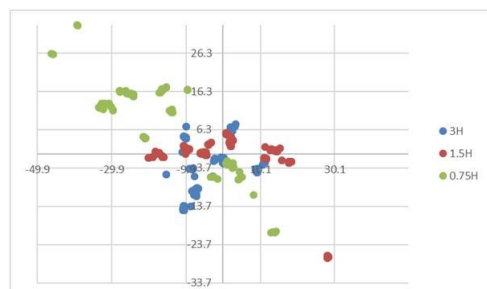


図 9 視聴位置左(中央条件)の注視点分布

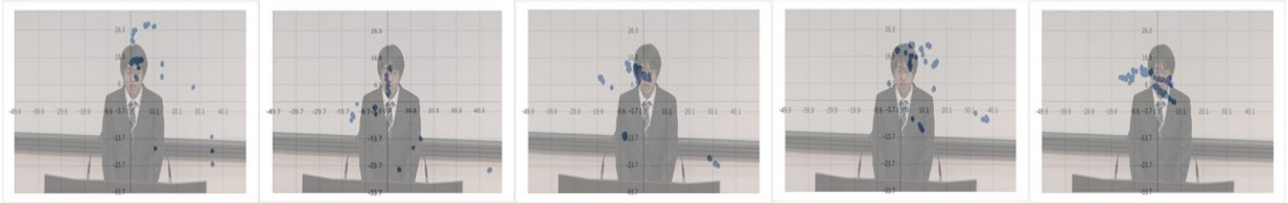


図3 人物画像実験例 (左から被験者 A,B,C,D,E)



図4 風景画像実験例 (左から被験者 A,B,C,D,E)

4. 考察

誌面の都合上すべての図を掲載することができないので、ここで図示した以外を表1の上3行に人物画像の結果、下3行に風景画像の結果としてまとめる。1行目と4行目に元画像、2行目と5行目に結果の一例、3行目と6行目に画像に対する考察を示す。人物画像に対しては、観視距離、視聴位置、視聴条件によらず人の顔の付近に注視点が集まる傾向が見られた。しかし、人物以外に目立つ色や明かりが映っている画像や中央に大きく視線を引くものがある場合は、画像内の人物だけでなくそれらの物に注視点が集まる傾向が見られた。

風景画像に対しては観視距離、視聴位置、視聴条件よりも提示する画像への依存性が高い傾向が見られた。特に風景画像の中で片側だけに建物がある画像や、輝度の高い箇所にも視線が集まる傾向が見られた。

人物画像、風景画像共通の特徴として、画像内に文字が書いてある場合はその文字にも視線が集まりやすい傾向も見られた。

次に注視点分布に着目する。視聴位置左と右の正面条件では被験者の正面を(0,0)としたため、視聴位置左では右方向に、視聴位置右では左方向に注視点が分布しているように見えるが、両条件共に画面中央付近に注視点が分布していた。視聴位置中、視聴位置左の中央条件、視聴位置右中央条件でも画面中央付近に注視点が分布する傾向が見られた。しかし、左右の視聴位置においては、正面条件と中央条件によって注視点のばらつき方がことなる傾向が見られた。この傾向は観視距離に影響していることが判明した。この点については今後先行研究の様に統計的な検討が必要だと考える。

5. まとめ

本研究では、短時間の画像提示に対する人の視聴特性が先行研究の映像に対する実験結果と同様なものかを確かめるため、先行研究と同じ観視距離と視聴位置で頭部運動と眼球運動を測定した。

先行研究では平均注視位置は映像・観視距離・視聴位置によらず画面中央付近に広がる傾向が見られたが今回の実験では、中央位置の注視点の分布だと観視距離が遠いと画面中央に視線が集まり、観視距離が近づくとも視線が画面中

央付近に少し広がった。右位置と左位置は視聴条件として正面条件と中央条件の2条件で測定を行ったが正面条件、中央条件共に被験者正面からディスプレイ中心の間に注視点が集まりやすかった。しかし、正面条件においては観視距離が近くなるほど被験者正面よりもディスプレイ中心付近に注視点が集まる傾向が見られた。

また、短時間の画像提示の場合は、風景画像では目立つ対象物に視線が集まりやすく、人物画像では人に視線が集まりやすい傾向が見られた。人物画像、風景画像ともに色の濃いものや輝度の高い場所、文字の書いてあるものに視線が集まるような傾向も見られた。

以上の結果から、被験者が横に並んで画像を見る評価実験を想定すると、視聴位置より画像の内容に対する依存度が大きく人物画像では人の顔に、風景画像では建物や対象物に視線が集まりやすく、その中でも暖色系の赤や輝度の高い空の色などにより視線が集まりやすい傾向が見られた。

参考文献

- [1] 総務省, “4K・8Kの推進に関する現状について”, http://www.soumu.go.jp/main_content/000276941.pdf, (2017年6月26日).
- [2] 西田 幸博, “スーパーハイビジョンの映像パラメーターと国際標準化”, NHK 技研 R&D, no.137, pp10-19. (2013).
- [3] 窪田 悟, 岸本 和之, 合志 清一, 今井 繁規, 五十嵐 陽一, 松本 達彦, 芳賀 秀一, 中枝 武弘, 馬野 由美, 小林 雄二, “液晶テレビの好ましい観視距離”, 映像情報メディア学会誌, Vol. 65, No. 8, pp. 1215-1220. (2011).
- [4] 鹿喰 善明, “スーパーハイビジョンの研究開発”, NHK 技研 R&D, no.137, pp.4-9, (2013).
- [5] 畑田 豊彦, “生理光学(16) 自然視画像と視覚特性”, Optics・Electronics, no.74, pp.121-130 (1986).
- [6] 高比良 英朗, 望月 信哉, 山田 光穂, “観視距離と視聴位置を変化させたときの視線分析”, 信学論 (D), vol. J99-D, no.3, pp.293-306. (2016).
- [7] H. Takahira, K. Kikuchi and M. Yamada, “A System for Measuring Gaze Movement and Hand Movement Simultaneously for Hand-Held Devices”, IEICE Trans. Commun, E98-B, 1, pp.51-61 (2015).
- [8] 山田 光穂, 福田 忠彦, “画像における注視点の定義と画像分析への応用”, 信学会誌, J69-D, no. 9, pp.1335-1342. (1986).

表 1 人物画像と風景画像の結果の一例

		
		
<p>右側に立っている人に対しても少し視線が集まっていたが、中央に大きなディスプレイがあったため、そこに多く視線が集まる結果となった。</p>	<p>人物が複数人映っているが、人物以外に目立つ色の鞆や蛍光灯の明かりが映っている画像ではこれらにも視線が集まる傾向が見られた。この画像では人物の来ている服装と背景の壁の色が同系色だったために、上図の例ではより明るい色の鞆、他の被験者の結果では緑色に光っている非常灯の明かりに対して視線が向けられていた。</p>	<p>大きく写っている人物に視線が集まる傾向が見られた。しかし、どちらの画像も被験者の座っている正面に大きく映っている人物がいた画像の為、大きく映っている人物に視線が集まったのではなく、正面方向に視線が集まった可能性も考えられる。この点については今後検討していく必要がある。</p>
		
		
<p>空しか映っていない右側よりも建物が建っている左側に視線が集まる傾向が見られた。</p>	<p>中央に映っている東京タワーだけでなく、周囲の空の方にも視線が集まっていた。この画像の空は太陽の影響で東京タワーより左側の部分が明るくなっていたために、東京タワーだけでなく空にも視線が引き付けられたと考えられる。</p>	<p>オレンジ色のシールが貼られている商品がある右上の方に視線が集まっていた。この商品の近くには商品の名前が書いてある紙が置いてあり、オレンジ色に引きつけられた後に文字を読んだことでそこに注視点が集中した可能性が考えられる。文字の書いてある札は右上以外にもあったが、右上の札の文字が一番大きく見やすかったために、そこを見る人が多かったと考えられる。</p>