

高解像度画像による視覚疲労の軽減

名手 久貴

代表研究者 名手 久貴 東京工芸大学芸術学部 助手

目 的

今日、ハイビジョン放送など高精細な画像を提示・送信する技術が確立している。また、ハイビジョン規格を超える高解像度の画像を表示可能なディスプレイも開発されている。そこで、本研究ではハイビジョン規格及びそれ以上の解像度を持つ画像を観察した場合における視覚疲労の程度を検証し、提示画像の解像度が視覚疲労に与える効果について検討し、人にとって最適な解像度について考察する。

方 法

視覚疲労を伴うと眼のピント調節機能が敏感に反応することが知られているため¹⁾、視覚疲労の測定にアコモドポリレコーダーを用いて視標にピントを合わせるまでの時間であるピント調節時間を測定した。

視覚疲労は、アコモドポリレコーダー（図 1、2）を用いて測定した。アコモドポリレコーダーは、5 秒間隔で内部視標の提示位置が手前と奥の位置に切り替わる。手前と奥の視標の提示位置は被験者に合わせて変更することができる。被験者は常に内部視標に眼のピント調節を合わせるよう教示されており、手前から奥もしくは奥から手前に視標の位置が変化した時のピント調節時間を測定する。

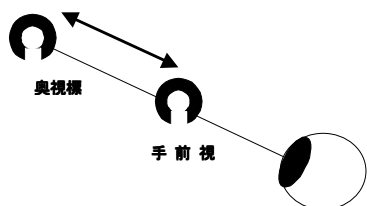


図 1 アコモドポリレコーダーの内部視標の提示方法. 手前視標と奥視標が 5 秒間隔で交互に提示される



図 2 アコモドポリレコーダー

被験者には、フィルムスキャニングした画像をディスプレイに提示した（図 3）。画像の内容は東京都内で撮影されたビルの風景写真と単行本²⁾であった。被験者に提示した画像は、35mm 1 眼レフカメラで撮影し、そのネガフィルムを 4000dot×2500dot の解像度でスキャニングすることにより作成した。風景写真の原画像を 150 枚、単行本の原画像を 74 枚用意した。

実験には 4 人の被験者が参加した（平均年齢 25.3 歳）。矯正後、全員の視力は 1.0 以上であった。被験者とディスプレイまでの距離は 50cm であった。ディスプレイの解像度について、4 つの条件を設けた（3840dot×2400dot、1920dot×1200dot、1024dot×768dot、640dot×480dot）。解像度条件に合わせるために、スキャニングした原画像から解像度条件に合わせた解像度の画像を作成した。すべての解像度の条件の画像提示サイズは、382.5cm×286.8cm であった。表 1 は、それぞれの解像度の 1 ドットの大きさを示す。なお、単行本を提示する条件では、様々な解像度でディスプレイに単行本を表示する条件に加え、実物の単行本を提示する条件も設けた。



図3 実験に用いた画像例.

解像度	1ドットの大きさ
3840dot×2400dot	0.1245mm×0.1245mm
1920dot×1200dot	0.2490mm×0.2490mm
1024dot×768dot	0.3735mm×0.3735mm
640dot×480dot	0.6225mm×0.6225mm

表1 各解像度条件の1dotの大きさ

風景画像を提示する条件では、30秒ごとにランダム順に提示画像を切り替えた。単行本を提示する条件では、被験者が見開き2ページを読み終えた後にカーソルキーを押すことによって次のページを提示した。被験者は、30分間ディスプレイに提示される画像を観察、もしくは読書した後、アコモドポリレコーダーで2分間視覚疲労度を測定された。1回の視覚疲労の測定で、手前と奥のそれぞれ各11回のピント調節時間が測定された。アコモドポリレコーダー内の視標の位置は、被験者ごとに変更した。被験者1の手前視標と奥の視標の位置は、それぞれ観察位置から13cmと500cm、被験者2の手前視標と奥の視標の位置は15cm300m、被験者3の手前視標と奥の視標の位置は15cmと500cm、被験者4の手前視標と奥の視標の位置は11cmと500cmであった。30分間の画像観察とその後のアコモドポリレコーダーによる2分間の測定を1セットし、1つの解像度につき3セット行った。その結果、被験者は1つの解像度につき90分間画像を観察した。また、画像を観察する前の眼の状態を捕捉するため、画像観察前にもアコモドポリレコーダーにより測定した。なお、被験者は1日につき1条件のみ実験を行った。

結果

風景画の場合

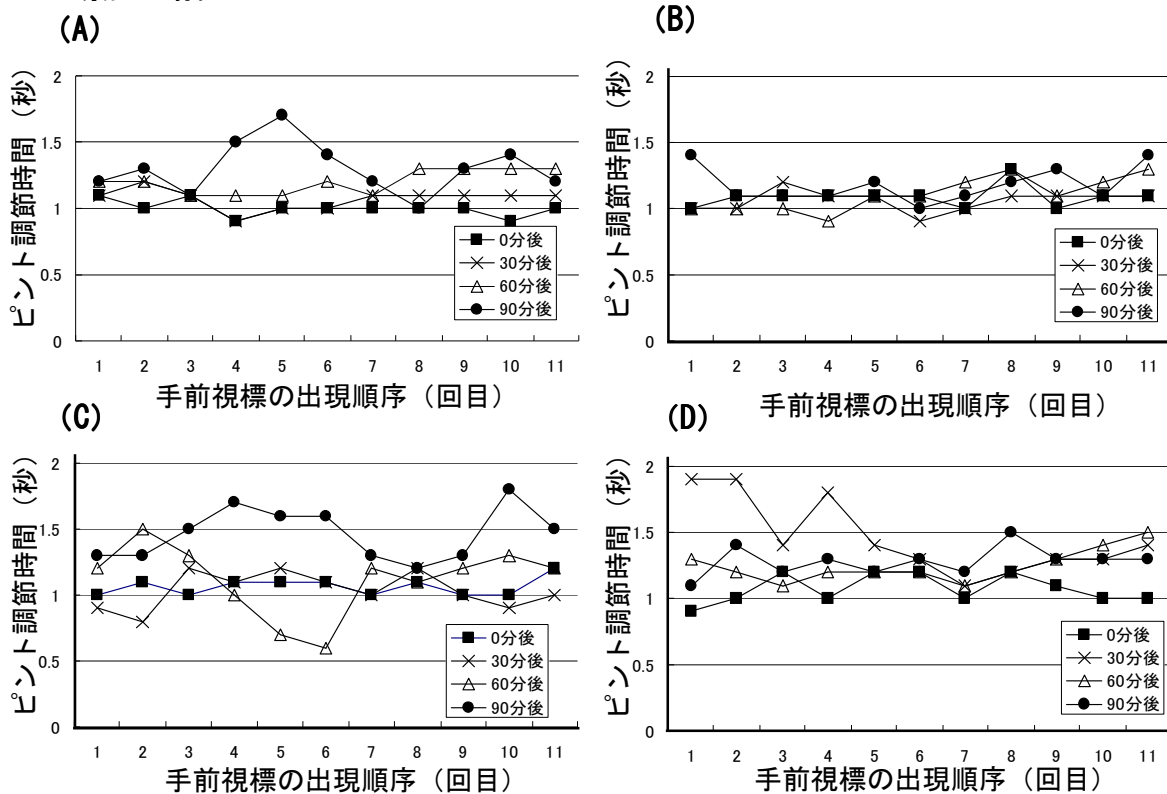


図4 視標が提示された場合のピント調節時間の例. (A)、(B)、(C)、(D)のグラフはそれぞれ、3840dot×2400dot、1920dot×1200dot、1024dot×768dot、640dot×480dot条件の結果を示す。

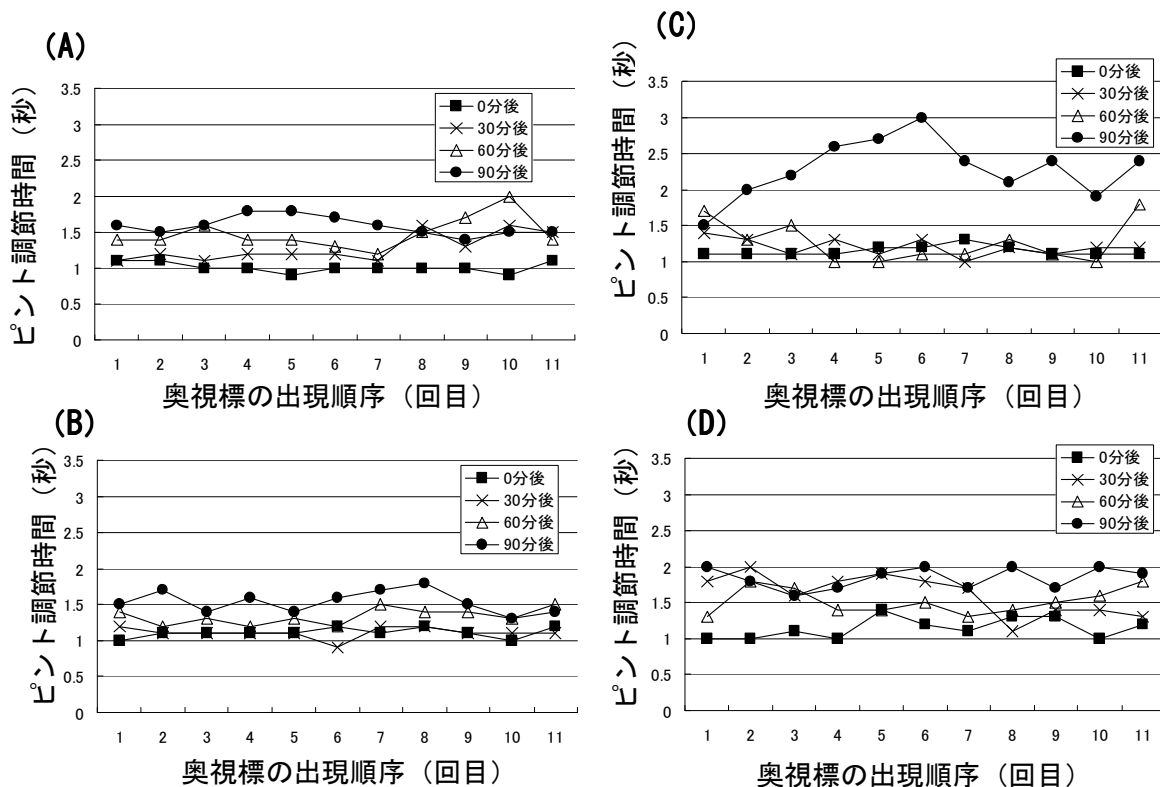


図5 視標が提示された場合のピント調節時間の例。(A)、(B)、(C)、(D)のグラフはそれぞれ、3840dot×2400dot、1920dot×1200dot、1024dot×768dot、640dot×480dot条件の結果を示す

図4、図5に被験者1の風景画像観察条件の結果を示す。図4、図5のグラフは、縦軸に被験者が視標にピントを合わせるのに要した時間、横軸は何回目の測定かを示している。

すべての解像度において、画像観察前である0分後の値は視標にピントを合わせるまでの時間が1秒前後で一定していた。これは、すべての条件においてほぼ同一の基準で判断していたことと同一の疲労状態であったことを示唆していた。0分後のデータと90分後のデータを比較すると、視標が手前に提示された場合、1920dot×1200dot条件、640dot×480dot条件、3840dot×2400dotの条件、1024dot×768dot条件の順に0分後のピント調節時間との差が小さくなる傾向が見られた。また、指標が奥に表示された場合も、1920dot×1200dot条件、640dot×480dot条件、3840dot×2400dotの条件、1024dot×768dot条件の順に0分後のピント調節時間との差が小さくなる傾向が見られた。

これらの結果は、ディスプレイの解像度が1920dot×1200dotの時、最も視覚疲労が少ないことと、解像度が1024dot×768dot条件の時、最も視覚疲労が発生していることも示唆していた。反対に考えるとこれらの結果は、解像度を1920dot×1200dotよりも高い3840dot×2400dotの条件の視覚疲労が最少ではないことを示し、解像度が最も低い640dot×480dot条件の視覚疲労が最大ではないことを示している。これは、予想外の結果であった。このような結果の傾向は、個人差が大きいものの他の被験者についても概ね当てはまっていた。

なぜ、このような結果が得られたのであろうか。今回の実験だけでは、確実な原因を特定することはできないが被験者の報告からいくつかの原因が考えられた。

3840dot×2400dot条件の高解像度画像観察時にあまり視覚疲労が減少しなかった原因として他の解像度の条件よりも提示画像の細部まで注意を払って観察したことが考えられる。今回、静止画を30秒間ずつ提示したため、被験者には1枚の画像の細部まで観察するための時間が存在した。このため、最も高解像度の高い条件では、提示画像中の小さな看板の文字など細かな部分まで十分判別することができた。その結果、他の条件よりも注意深く

画像を観察したために、視覚疲労が最小にならなかったことが考えられる。

また、640dot×480dot 条件の低解像度画像観察時にあまり視覚疲労が発生しなかった原因として他の解像度よりも極端に注意を払われなかったことが考えられる。640dot×480dot という低解像度では、細かなところを注視しようとしても細部がつぶれてしまっているため、あまり注意を払わずに観察したため、視覚疲労が最大にならなかったと考えられる。

このようなことから、1920dot×1200dot 条件の視覚疲労が最も低くなったと考えられる。この結果は、最も解像度の高い3840dot×2400dot の条件の視覚疲労が最も低くならなかったものの、解像度の高さが視覚疲労の低減に効果をもたらすことを示唆している。また、視覚疲労に及ぼす要因が単に提示する画像の条件だけではなく、観察者の注意の向け方についても考慮する必要がある可能性が示唆された

単行本の場合

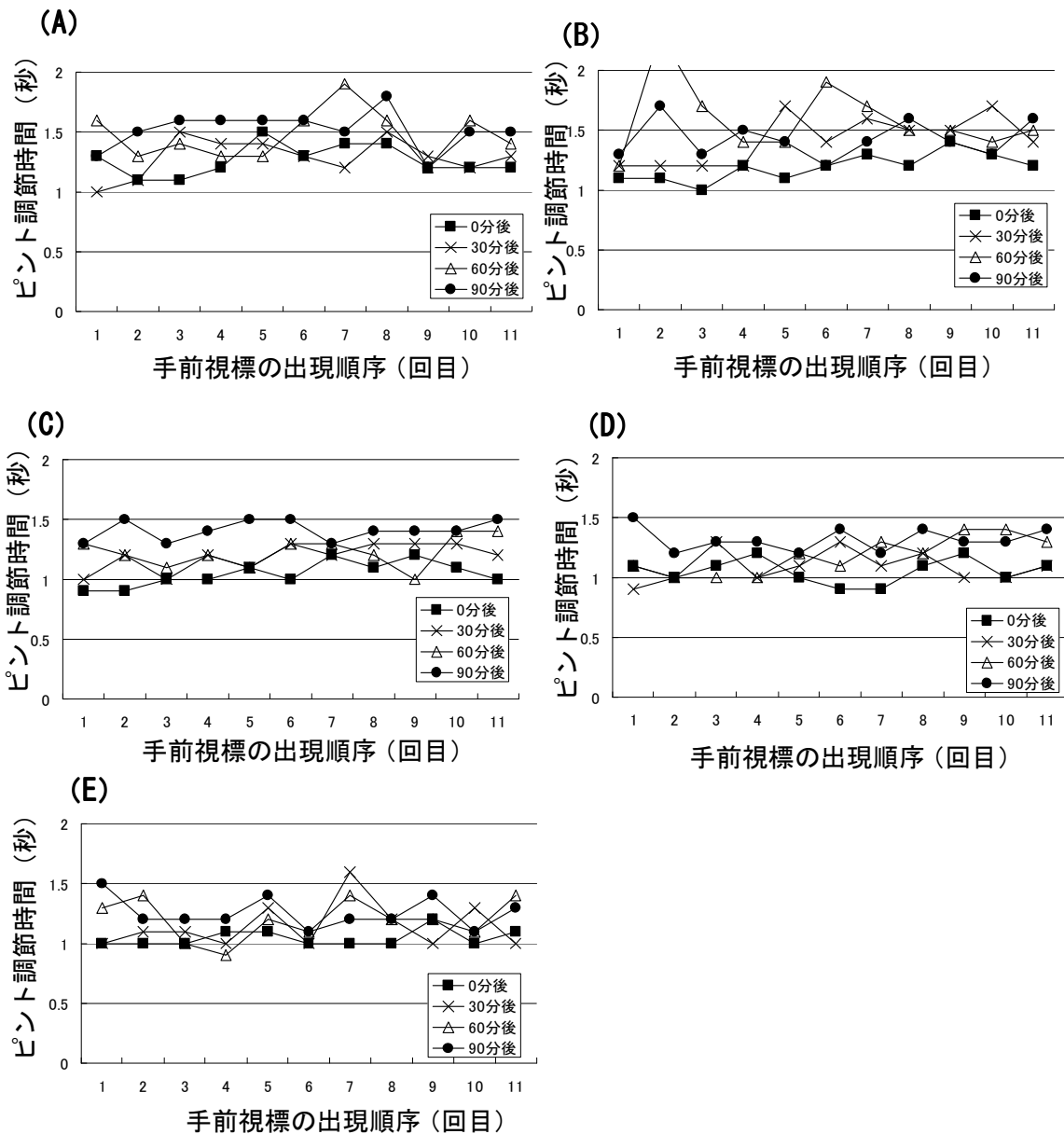


図6 視標が提示された場合のピント調節時間の例。(A)、(B)、(C)、(D)、(E)のグラフはそれぞれ、3840dot×2400dot、1920dot×1200dot、1024dot×768dot、640dot×480dot、実物条件の結果を示す。

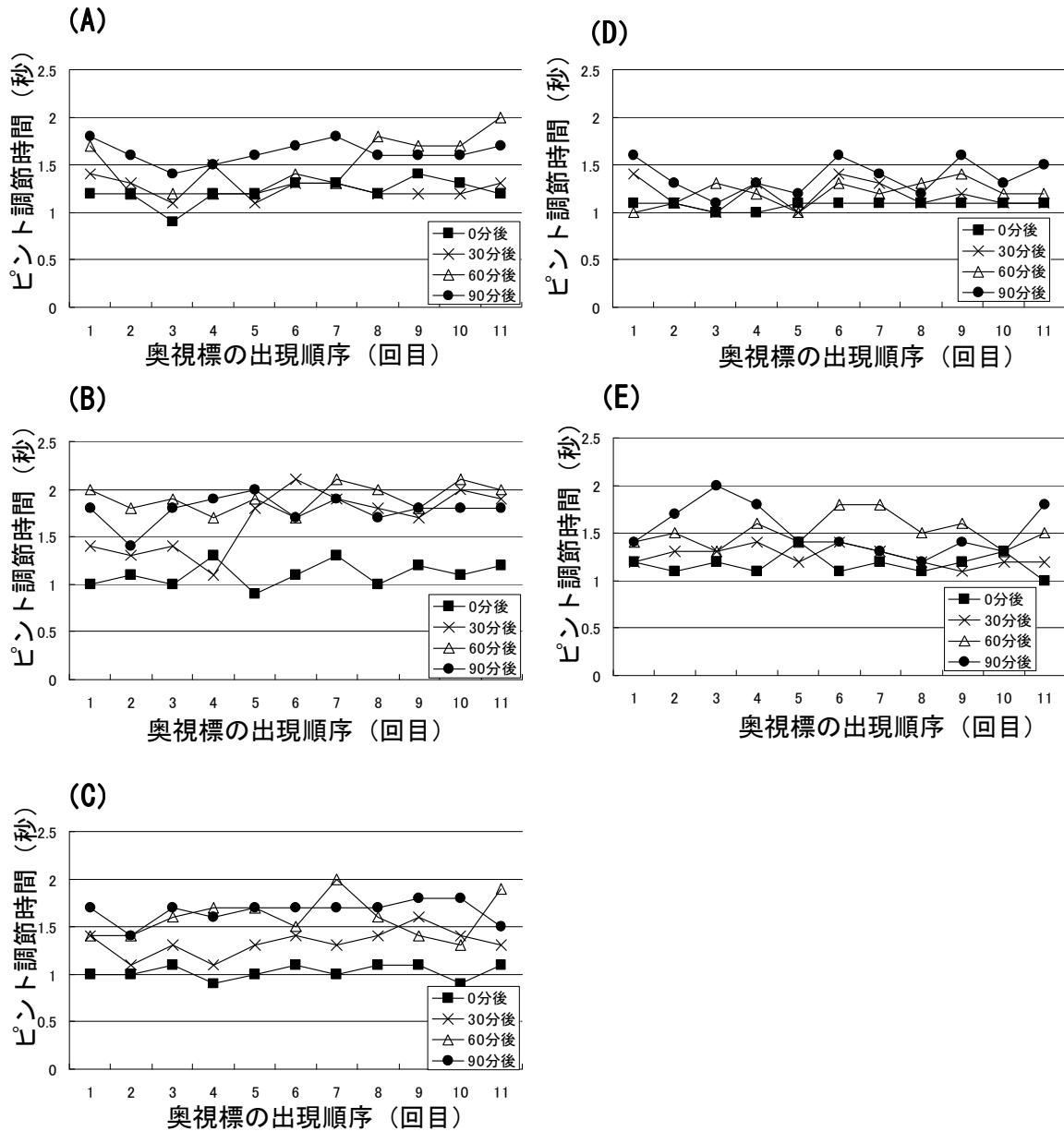


図7 視標が提示された場合のピント調節時間の例。(A)、(B)、(C)、(D)、(E)のグラフはそれぞれ、3840dot×2400dot、1920dot×1200dot、1024dot×768dot、640dot×480dot、実物条件の結果を示す。

図6、図7に被験者1の単行本条件の結果を示す。図6、図7のグラフは、縦軸に被験者のピント調節時間、横軸は何回目の測定かを示している。

0分後のデータと90分後のデータを比較すると、視標が手前に提示された場合、実物、640dot×480dot条件、3840dot×2400dot条件、1920dot×1200dot条件、1024dot×768dot条件の順に90分後と0分後のピント調節時間の差が小さくなる傾向が見られた。ただし、1920dot×1200dot条件と1024dot×768dot条件の差はほとんどなかった。また、視標が奥に表示された場合、640dot×480dot条件、実物、3840dot×2400dot条件、1920dot×1200dot条件、1024dot×768dot条件の順に90分後と0分後のピント調節時間の差が小さくなる傾向が見られた。視標が奥に提示された場合も、1920dot×1200dot条件と1024dot×768dot条件の差はほとんど見られなかった。

これらの結果は、実物、640dot×480dot条件、3840dot×2400dot条件、1920dot×1200dot

条件、1024dot×768dot 条件の順に視覚疲労が少ないことを示唆していた。ディスプレイを観察する条件の中で、640dot×480dot 条件の視覚疲労が最も少なくなった原因は、実験1と同様に注意を払わずに画像を観察したためであると考えられる。640dot×480dot 条件における文字は、判読するのに努力を要する程度につぶれていた。このため、内容をあまり理解しようとせず、漫然と読み進めていったために視覚疲労が少なくなったと考えられる。

640dot×480dot 条件以外の条件では、解像度の高い順に視覚疲労が低かった。これは、VDT作業のような注意を必要とする場面では、単に画面を観察する場面よりも解像度の視覚疲労を低減させる効果が発揮されることを示唆していた。この原因として、本を読むような課題を与えられた場合、被験者が単に画像を観察する場合に比べより提示画像に注意を向けるため、解像度の効果がより発揮されたものと考えられる。他の被験者についても個人差は大きいものの、解像度の高い画像を観察しているとき、視覚疲労が低減している傾向が見られた。

まとめ

提示画像の解像度を変化させた場合における視覚疲労について評価を行った。風景写真のような実写を提示した場合は、1920dot×1200dot 条件が最も視覚疲労が少なかった。より解像度の高い3840dot×240dot 条件よりも視覚疲労が少ないことから、必ずしも解像度の高いことが視覚疲労を発生しづらくさせるわけではないことを示唆していた。また、単に画像を観察するだけではなく、文字を読むように何か作業を行う場合には、解像度が高いほど視覚疲労が少なくなる傾向が見られた。これらの結果が得られた原因は、観察者の注意などの高次の要因を考える必要があった。ただ、個人差が大きく、今回得られた結果の傾向があまり見られない被験者もいた。今後は、明確に解像度の効果が現れる指標についてさらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) 鈴木昭弘:”調節検査” 眼科 眼科検査法—最新の知識、大塚任、加藤謙、松尾治亘、船橋知也、北野周作、植村恭夫 編、pp.861-871、金原出版、東京、(1977).
- 2) マークピーターセン:”日本人の英語” 岩波新書、東京、(1988)

研究発表

名手久貴、石川和夫 “高解像度画像による視覚疲労の減少” 電子情報通信学会技術報告 104、646、7-12 (2005)

連絡先

nate@img.t-kougei.ac.jp