

注視点解析とその画像評価への応用

Gazing Area Analysis and its Application to Image Evaluation

遠藤千珠子，津村徳道，羽石秀昭，三宅洋一

Chizuko ENDO, Norimichi TSUMURA, Hideaki HANEISHI, and Yoichi MIYAKE

千葉大学工学部情報工学科

〒263 千葉市稲毛区弥生町1-33

Department of Information and Computer Sciences, Chiba University,

1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263, Japan

現在まで、画質評価のための様々な客観的評価基準が提案され用いられている。しかし、主観評価において画質はシーンの内容に大きく依存している。そのため、シーンの内容を考慮した評価基準が必要がある。視点移動に関する情報は、画質の主観評価においてシーンの内容を考慮した有用な情報であると思われる。本論文では、まず実際に視点移動を計測し解析する。解析結果より、画像には被験者に依存しない注視領域を定義することが出来る。また、注視領域と画質の関係を解析する。その結果に基づき、注視領域の画像圧縮や画像通信への応用についてのべる。

キーワード：画質評価・視点移動・注視領域・画像圧縮・画像通信

Many quality criteria have been proposed and used for image evaluation. Image quality, however, is dependent on the scene content in subjective evaluation. Eye movements provide useful information in the analysis of subjective evaluation. In this paper, eye movement is measured and analyzed, and it is shown that the images have particular gazing area which is not dependent on observers. Relationship between gazing area and image quality are analyzed. It is also described that the applications of gazing area to image compression and transmission.

1. はじめに

画質は鮮鋭性，階調再現，色再現や粒状性などに依存する．これまでに多くの画像評価法が提案され，使用されている¹⁾．しかし画質は，特に主観評価において画像の内容にも大きく依存する．主観評価において観察者が注目する部分，すなわち注視点は，観察者にとって興味のある情報，重要な情報が多く含まれていると考えられる．それ故，注視点情報は画像解析，評価を行う上で有用な手がかりになると思われる．また，これらの結果は画像設計，伝送，圧縮などにも応用できると考えられる．本研究では画像観察時の視線の動きを測定した結果を示し，注視領域と画質との関係を考察する²⁾と共に，画像データの圧縮や通信への応用³⁾についても簡単に述べる．

2. 眼球運動の測定と画像の注視領域

画像観察時の眼球運動をアイカメラを用いて測定した．使用したアイカメラは竹井機器(株)製のもので，角膜-強膜反射法を用いたものである．観察に用いた画像はSCID (Standard Color Image Data)の中からfruits, woman, orchidsの3枚，日本機械工業連合会と日本印刷産業連合会が作成したテストチャートの一部，富士スキャナテクニカルキット標準画像，KODAK Photo CD Photo SamplerよりGirl with painted face，ポートレート計7枚である．それらの画像はCRTに表示した．観察者は6人(男性3人，女性3人)で，すべて20代の学生である．画像観察の際，とくに課題は与えず自由に観察するよう指示した．観察条件を以下に示す．

<観察条件>

使用モニタ： SONY TRINITRON COLOR VIDEO MONITOR

PVM-1442Q(14 inch)

観察距離： 30cm (左右20度の視野)

観察時間： 約1分間

照明： 昼光色蛍光灯照明下

観察者が画像のどの部分を注視しているかを知るために、注視点分布を次のように測定した。まず画像を $10 \times 10 = 100$ の小領域に分割し、各領域に含まれる注視点の数を数える。注視点の数が最大の領域を1として正規化し、0～1の注視頻度として表す。このようにして得られたWomanについての注視頻度分布の例をFigure 1に示す。こうして計算された注視頻度分布の中で0.5以上の値を持つ領域を注視点として定義した。同一画像に対する注視点の個人差は少なく100個の小領域中での変動は実験に用いた7種の画像で平均4%以下であった。計測された7種の画像の注視領域をFigure 2に示す。Fruitsでは果物、特にリンゴ、orchidsでは中央の花、人物を含む画像では、顔、特に目や口が注視点であることが分かった。

3. 注視点に基づいた劣化画像の主観評価

画像中の注視領域は、観察者にとって興味のある情報、重要な情報が含まれていると考えられる。従って、注視領域の情報が減少した場合、その画像の画質評価は低くなると予想され、逆に注視領域の画質を保つことで画像全体の印象をより良く伝えることができると思われる。そこで注視領域をもとに劣化画像を作成し画質評価を行った。

劣化画像はFigure 3 に示すように注視領域のみ劣化させたもの、注視領域外を劣化させたもの、全体を劣化させたものの3種類について、劣化方法、劣化度合いを変えて作成した。この時、注視領域の周囲には段階的に劣化させるために境界領域を設けた。ここでは5x5平均値フィルターを用いてぼかし処理を行った劣化画像と正規乱数を用いて加法ノイズを加えた劣化画像を作成した。原画像とぼかし処理を行った劣化画像の例をFigure 4 に示す。

作成された画像について主観評価実験を行なった。被験者は眼球運動の被験者と同一で、20代の学生6人(男性3人、女性3人)である。評価時間を5秒程度と短くし、画像の劣化ではなく印象について評価するよう指示した。被験者は、原画像を初めに見てその印象を記憶し、その後、1枚ずつランダムにモニタに表示された劣化画像の印象を、

- [5] 印象が全く変わらない
- [4] 印象がほとんど変わらない
- [3] 印象があまり変わらない
- [2] 印象が変わった
- [1] 印象が非常に変わった

の5段階の範疇から選ぶ。

ぼかし処理画像に対する主観評価結果をFigure 5 に示す。Fruits, chartを除いて、注視領域外を劣化させた画像、すなわち注視領域の情報がそのまま残っている画像の評価が高くなっている。このことから注視領域の画質は画像全体の与える印象に影響を及ぼしていると考えられる。顔画像については常に注視領域外を劣化させた画像の評価が高くなっているが、fruitsと chartについては他とは逆の結果となった。また、ノイズ

画像については orchidsを除いて同様な傾向を示した．人の顔を含む画像ではその領域に注視点が集中し，また，背景のように一様な画像領域は注視されない．しかし，一般に注視領域は時間とともに変化していると考えられる．そこで，自由観察の注視点データを最初の5秒間だけ取り出し，1分間の注視領域と比較した結果，fruitsに関しては短時間に広範囲を見ており，chartについては5秒間の注視領域が非常に狭く注視点が画像全体に広がっており，特別頻繁に注目される部分が少ないことが明らかとなった．また，Orchidsについては注視領域外が一様なため，ノイズに気づきやすかったと思われる．これらが，主観評価実験の結果に影響したと考えられる．

4．注視情報を用いた画像圧縮と画像検索

これまでの結果より，注視領域外の情報を劣化させても画像全体の画質には大きな影響を与えないことが分かった．すなわち，注視領域外の情報量を落としても画像全体の画質は保たれると考えられる．本節では，注視情報を用いて効率的な画像圧縮や画像通信が行えることを示す．

4．1 画像圧縮

注視情報を用いて注視領域を圧縮した画像，注視領域外を圧縮した画像，全体を圧縮した画像の3種類の画像を作成した．また，注視領域の周囲には境界領域を設けた．圧縮には国際標準規格となっているJPEGを用いた．JPEGには画像を部分的に圧縮するモードがない．そのため，あらかじめ画像全体を圧縮した画像を用意し，それらを注視情報を基に原画像と合成することで部分的に圧縮した画像を作成した．JPEGでは許容される画質を保つには圧縮率が1/20程度までが限界であるとされているが，ここでは

圧縮領域は $1/100 \sim 1/50$ 倍に、境界領域は $7/200 \sim 3/200$ 倍 に圧縮した．ここで、圧縮率は原画像のファイルサイズと圧縮画像のファイルサイズの比である．

作成された画像についての主観評価実験の結果をFigure 6 に示す．本実験は、3 節で行った実験とほぼ同様な結果を得た．すなわち、Chartと orchidsを除いて、注視領域外を圧縮した画像の評価が高くなっている．これより、注視情報は効率的な画像圧縮に適用できると考えられる．

4．2 画像通信

近年、遠隔地にある画像データベースから特定の画像を探しだすような画像検索において、通信帯域の制限より検索効率が問題となっている．検索時間を削減するため、認識に必要な情報を優先的に送信することが望まれる．画像ピラミッドなどを用いた段階的画像通信は、画像全体の印象が素早く得られることから、検索を目的とした通信に適していると考えられる．

画像ピラミッドのような従来の段階的画像通信は、記述が簡単なことからしばしば用いられている^{4 6)}．従来法による画像再現は段階的画像通信を用いない方法より効率良く検索が行えるが、最適な方法であるとはいえない．前にも述べたが注視領域は画像中で最も重要な領域であると考えられる．そこで、注視領域を優先的に伝送することにより、より効率的な検索を行えると予想される．

注視情報を利用した段階的画像通信法を提案する．Figure 7 に提案する手法による通信手順を示す．図中の数字は同じ画素値で構成されるブロックのサイズを示す．ここで再現を5 段階に限定した．提案する画像通信法では、まず注視領域の推定を行う．

の推定結果をもとに注視領域が優先的に伝送される．注視領域の推定は，画像の内容に依存するため一般に困難であるが，画像データベース内の画像の内容は限定することができる．ここでは基礎的研究として，個人識別用の人物画像データベースを考えた．人物画像の注視領域は多くの場合顔であることがわかっている．よって，肌色などの情報を用いて顔画像を検出⁸⁾することにより容易に注視領域を推定することができる．

実際に画像検索を行い提案法と従来法を比較した．画像データベースとして，16名の学生の顔画像からなるデータベースを用いた．被験者には検索対象である人物の顔を最初に示した．画像は常に決まった順序で提示した．被験者は，表示されている画像が対象と異なると分かった時点で表示を中止し，次の画像を表示することが出来る．検索する画像は6番目と14番目に表示されるものとした．被験者は提案法，従来法とも10人とした．被験者はデータベースに含まれている人物と面識のない人を選んだ．検索終了までに表示された全段階数の被験者に対する平均値をTable 1に示す．これにより提案法の方が効率よく検索できることを示している．このことから注視情報は効率的な画像通信に適用できると考えられる．

6．結論

7枚のCRT画像の注視点解析より，画像には特定の注視領域が存在し，注視領域の画質は画像全体が与える印象に大きく影響を及ぼしていることが明らかになった．また，実験により注視情報を画像の圧縮や通信に応用可能であること確認した．今後，さらに多くのシーンに対する注視点解析を行ない注視情報の圧縮，通信への適用を考える必要がある．

参考文献

- [1] Y. Miyake et al. J. Imaging Technology, 12(1), 25(1986).
- [2] C. Endo, A. Takuya, H. Haneishi, Y. Miyake. Proceeding of IS&T and SID's 2nd Color Imaging Conference: Color Science, Systems and Applications, pp.153-156(1994).
- [3] N. Tsumura, C. Endo, H. Haneishi, Y. Miyake. Proc. SPIE, Vol. 2657 (to be appeared).
- [4] K. R. Sloan and S. L. Tanimoto. IEEE Transactions on computers, Vol. c-28, No. 11, pp. 871-874(1979).
- [6] K. Knowlton. Proceedings of IEEE, Vol. 68, No. 7, pp.885-896(1980).
- [7] X. Wu and Y. Fang. Information Processing & Management, Vol. 30, No. 6, pp.839-850(1994).
- [8] D. Sanger, H. Haneishi, and Y. Miyake. Journal of Imaging Science and Technology, Vol. 39, No. 2, pp.166-175(1995).