

葦の髄から天井を覗く－局所的情報取得に基づき広域情報知覚を提供する視覚・触覚ディスプレイ開発のための脳内機構の検討 (072102005)

You can 't see the forest for the trees, but what about if your attention moves? – Visual and haptic sampling via moving attention and their relationship between sensory accumulation and integration.

研究代表者

葦田 貴子 東京大学大学院情報学環*

Takako YOSHIDA Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo*
(※現所属 Department of Experimental Psychology, University of Oxford, United Kingdom)

研究分担者

なし

研究期間 平成 19 年度～平成 21 年度

概要

提示視野範囲が時空間的に制限されていたり、一部分を除いて画質が劣化しているディスプレイを用いても、観察者にとってあたかも高解像度かつ広範囲に広がる連続したディスプレイを観察しているかのような錯覚をもたらすことは、画像提示に必要な情報転送量とディスプレイの大きさの節約という点で重要な技術である。本研究では視覚と触覚に焦点を当て、人が局所的情報提示から広域的情報を知覚するための脳内情報処理特性を検討した。

Abstract

To present subjectively detailed, wide-spread images for a human with spatio-temporally minimal or degraded image is an essential way for technology to minimize the display size and information transfer to generate it. In daily life, humans perceive holistic, wide-spread images quite easily, but our image accumulation is normally based on local sampling via hands, the central retina, etc. How do our brains achieve this process? To apply this process to new technology to present illusory larger, holistic images, we investigated the brain mechanisms underlying the process.

1. まえがき

本研究では視覚と触覚に関して、観察者が環境内で注意ないし関心を向けている空間ないし中心視の近傍にのみ局所的に高解像度の像を提示し、さらに観察者が環境内で関心を移動させるのに同期して像の提示位置と像内容を変化させるという手法を数種類検討することによって、実際の局所的なディスプレイ領域よりも広域的な情報を知覚させるための基本的な脳内情報処理特性を検討した。これらを通し、局所的な感覚情報提示にも関わらず観察者の周辺視まで没入感あふれる主観的経験を提供するディスプレイを開発するための脳内原理を究明した。同時に、局所的な情報処理により外界の知覚を達成する脳のモデルの比較対象として、黄斑変性や緑内障といった網膜上の疾患により視野制限のある患者の認知世界を検討し、彼らに適切な情報提示機器設計の指標を示した。

総務省総務省情報通信審議会答申戦略プログラムでは、臨場感向上コミュニケーション技術開発の例として高精細度の超大型 3 次元ディスプレイが挙げられている。一方、心理学的な見地からこれについていうと、例えば、我々が日常知覚している視界はその隅々まで高い空間解像度を保っている上、色はその最周辺部まで感じられる。ところが、一般に人間の網膜は中心と周辺で異なる構造をしており、詳細な形態の認識や色に基づく判断は網膜中心窩から周辺に向かい低下する(図 1)。中心窩といえ、2 度視野という驚く程狭いトンネル視のはずである。この計算では我々は超大型ディスプレイどころか LED ディスプレイですらそのごく一部しか正確には知覚できないことになる。また、触覚でも高い空間解像能に基づき詳細な形態の知覚が達成可能な部位は指先の限られた部分に過ぎないこと

が知られている。しかし我々は条件が揃えば、自分の手指の範囲よりも大きな対象を高速で正確に認識できる。

このように視覚と触覚では、我々の感覚器はあたかも葦の髄から天井を覗くように空間的に局所的な部分からのみ高解像度の情報を得られる構造になっているが、これは我々の日常の主観的知覚経験と大きく乖離している。従って、我々の脳がこの乖離を解消する過程を知り、これを逆手に取る事ができれば、総務省が掲げるように情報提示装置全体が「高品質化」「大画面化」していなくても、観察

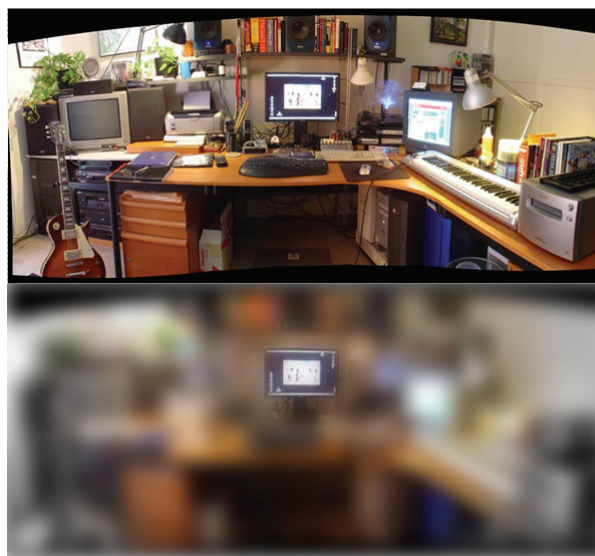


図 1. 下図は上図を使って人間の網膜中心部と周辺部の感度の違いを模式的に示したもの。視野の中心部以外では観察対象がぼやけるほか、視野の端の方では視覚対象の色彩も失われる。

者にとってそれと同等の脳内仮想現実を達成できる可能性が開けるのではないかというのが本研究の趣旨である。

2. 研究内容及び成果

上記のような主観的経験と感覚器の構造の乖離を解決する方法の一つに、頭部や眼球運動、手指といった感覚器の運動過程による補償と感覚情報の統合過程が挙げられる。例えば視覚であれば、我々の脳は眼球運動しながら視野の局所情報をスナップショットを撮るように何らかの記憶機構に集積しており、眼球ないし頭部を環境内でどのように動かしたかという情報をもとにそれらを張り合わせて我々の視野を生成しているという考え方である(trans-saccadic fusion 仮説)。近年の視覚研究ではこの考え方はここで想定される記憶(作動記憶)が我々の視野全体をカバーするには容量が少ないという理由により、否定する声が高い。本研究でも同様の知見を確認した。

一方、触覚でも2次元の比較的大きな対象を知覚する際には、手指を動かしながら触対象の部分情報を何らかの記憶機構に蓄積し、それらをどのように手指を動かしたかという運動情報をもとに統合することで、手指の面積より大きな対象知覚が達成されるという考え方がある(能動触、active touch)。我々は触覚においても視覚研究と同様に、このような処理過程で想定される記憶の容量を調べることで、このモデルが否定される可能性を検討した(図2下図)。その結果、触覚では視覚よりも能動触中の記憶保持項目数が少ないことから、従来の記憶を介した触覚-運動情報統合モデルに対する見直しの必要性が示唆された。

さらに、網膜上で周辺視野の欠損が進む緑内障の患者が観察する視覚世界を構造方程式モデリング(SEM)により推定した。結果、彼らにとって残存視野内に見える視覚対象の断片について、目を動かしながら統合することで残存視野より大きな視覚対象と認識するという処理過程は冗長な可能性が示された。即ち、ここでも感覚器の運動を通して部分情報を統合するという考え方が否定されている。

他に想定される脳の問題解決方法の一つは、脳が恐らく中心視の情報や過去経験をもとに、周辺視にその場の文脈に尤もらしい映像を我々に錯覚させている、あるいは我々が周辺視に対して想像以上に不注意であるというもので

ある。例えば、視覚研究においては、図2に示す眼球運動連動型移動窓(gaze-contingent moving window)を用いて観察者が視線を向ける近傍のみに文章を提示し、周りの領域に疑似文字を提示しても、観察者は画面全体に正しい文章が連続して続いているかのような印象を受けつつ文を読み続ける。我々はこの実験パラダイムを改良し、図1下に示したような映像を観察させるシステムを構築し、周辺視野の情報がどの程度ぼけていたり、色彩を失っていたりしても観察者がそれに気付かずにいるかを検討した。色彩に関してこれは世界初の試みである。結果、文字列とは異なり、自然画像や絵画をこのシステムで観察した場合は、観察者は周辺視領域の視覚情報の劣化に気づくようである。この原因は本研究実施期間内には解明できていない。

3. むすび

ここに挙げた以外にも複数の実験装置を開発し実験しているのでその代表的なものを列挙する。ピエゾ素子触覚刺激提示装置を手の動きに同期させ移動させつつ刺激提示するシステム、触力覚提示装置 Phantom を利用した能動触中の記憶過程を検討する実験装置、自己受容感覚と視覚的捕捉のどちらが主観的な手の位置を規定するか記録するためのモーションキャプチャシステム、等である。

だが、残された課題は多い。例えば、我々が感覚器を動かしながら感覚情報を統合していないとして、それに対する代替案がデータと併せて必要であろう。眼球運動連動型移動窓の研究も、部分的に劣化した情報や局所的な情報提示方法でも我々の脳に気づかれなくて超大型・超高精細であるかのように錯覚させる技術に繋げるためには、さらなる実験データの蓄積とモデルの構築が必要である。

なお、触覚に関しては、本研究課題申請当時は小型携帯音楽再生装置 iPod に新種のタッチパネルが実装されると噂されており、本研究提案では触覚インターフェースに対する蓄積の重要性を説いた。それが今では同様のマルチ・タッチ対応タッチパネルを大型にした iPad が発売される時代である。iPad は緑内障等の眼疾患の患者には読書機件キーボード、即ち感覚代行機器としても優れた点が認められる。研究代表者は現在居住するイギリスの都市部と比べ、日本では触覚インターフェースの一般家庭への普及が遅れていると感じている。今後日本でもこれらが普及し、高齢者や眼疾患患者が家電製品や情報通信機器に接する際のユーザビリティが向上することを願ってやまない。

【誌上発表リスト】

- [1] Yoshida T, Miyazaki Y, Yokoi K, Wake H, Wake T, "A narrow field of view can affect memory storage and search behaviour during a visual change detection task: Comparison between vision and haptics" The 30th European Conference on Visual Perception (Arezzo, Italia) Perception 36 ECVPAbstract Supplement, pp.24. (2007年8月27日-30日)
- [2] Yoshida T, Kashiwada T, Kajiwaru N., Kitahara K., & Wake T. "Two categories of glaucoma patients tell us the contribution of peripheral vision on visual search". VSS '08 (Florida, USA), Journal of Vision, 8(6):327, (2008年5月9-14日)
- [3] Yoshida T, Miyaaki, Y. & Wake, T. "Spatial limit of the visual capture of the felt hand location in a mirror" Abstracts of the annual meeting of psychonomic society 50th anniversary (Boston, USA), pp. 161 (2009年11月19日-22日)

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.sensory-substitution.gr.jp/cgi-bin/abst.cgi?vol=033&num=002>
<http://www.sensory-substitution.gr.jp/cgi-bin/abst.cgi?vol=034&num=006>
<http://journalofvision.org/8/6/327/>

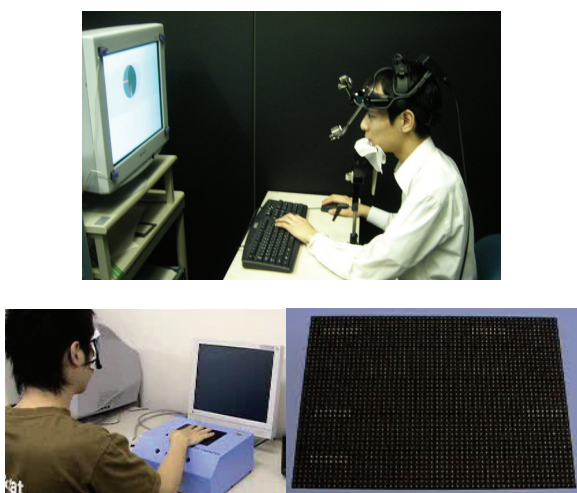


図2. (上図)視覚実験のうち眼球運動連動型移動窓実験の実施風景。画面内で観察者が視線を向けている部分をリアルタイムにセンサーで検出し、視線の近傍にのみ円形に映像を提示しているところ。(下図左)触覚変化盲実験の実施風景。(下図右)下図左の実験中被検者が触ったピエゾ素子タブレットの提示刺激例。針のむしろ状に並んだピンの中で、振動しているものが白っぽく見える。