

群馬大学大学院理工学府

# 知能機械創製部門 メカトロニクス第3研究室

■研究テーマ

- 眼の焦点調節機構の数理的モデル化と画像解析・人間工学への応用
- ヒトの身体動作機構のモデル化と医療介護支援システム開発

■キーワード

人間工学、生体制御、視覚、腕運動制御、視覚と腕運動の協調制御システム

■産業界の相談に対応できる技術分野

人間工学 見え方解析 視覚 焦点調節 生体運動制御 身体動作解析

■主な設備

赤外線オプトメータを用いた焦点調節応答実測システム 身体動作解析システム



松井利一 准教授

連絡先  
知能機械創製部門 松井利一 TEL 0276-50-2243 FAX 0276-50-2235 e-mail matsui@gunma-u.ac.jp

研究概要

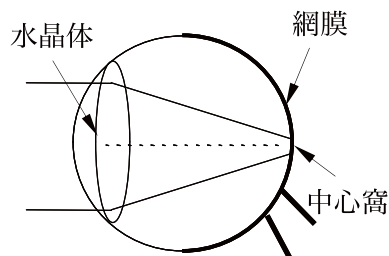
## ヒトがものを見る仕組みを利用した視覚インターフェース

私たちの研究室では、ヒトの視覚システムがどのような仕組みでものを見ているのか、ヒトの腕や体がどのような仕組みで動いているのかなどの生体機能を調べ、ヒトの主観的判断を考慮した視覚インターフェースや福祉機器の開発に応用する研究を行っています。ここでは、ヒトの視覚システムがどのような仕組みでものを見ており、どのような応用が可能なのかを解説します。

私たちは、新聞、雑誌、書籍などを中心とするハードコピーやインターネット、電子メールなどを中心とするソフトコピーを通して多くの文書を毎日読んでいます。今後は、電子図書なども普及する状況下にあります。これらの文書では、文書の文字間隔や行間隔は多種多様であり、読みやすいと感じる文書だったり、場合によっては読みにくいと感じる文書もあります。では、人間工学的に考えた場合、文字間隔や行間隔はどのように設定すれば読みやすいと感じるのでしょうか？この疑問が解決できれば、健康者はもちろん、近視、遠視、老眼の方や視覚機能に障害がある方に

も役に立つ文書表示システムが開発できると考えられます。この疑問の解決には、ヒトの視覚システムがものを見る仕組みを調べる必要があります。

ヒトの視覚システムは、眼球と脳に大別することができます。眼球は、角膜や水晶体などからなる光学系と網膜以後の神経系（電気系）からなっています。眼はオートフォーカス機能を持っていますので、水晶体の屈折率を変化させて網膜上に外の物体の像（網膜像）を投影させます。ヒトの場合、網膜像は完全にピントの合った像（合焦点像）とはなりません。今見ている画像や物体の特徴に依存してピントの状態が適応的に変化します。たとえば、小さな文字を



眼球の構造  
「網膜に投影される像（網膜像）はボケており、ボケの程度は見る物に依存して変化します」

見る場合には合焦点像に近い状態までピントを合わせますが、壁などの模様についてはかなり大きな平面領域を見る場合にはかなりピントが外れてぼけた網膜像になります。これが、カメラのオートフォーカス機構とは異なる点です。一方、網膜内には、網膜像の光信号を生体電気信号に変換する視細胞が不均一に並んでいます。光軸中心部（中心窩）では非常に多くの視細胞が並んでいますので小さな文字も見えますが、周辺に行くほど視細胞の数は急激に減少しますので小さな文字はぼけて見えなくなります。従いまして、小さな文字を見る場合には、網膜像のピント状態は合焦点状態に近くなりますが明確に見える範囲（視野）はかなり狭くなり、模様のない大きめの平面領域を見る場合には、網膜像はピンボケ状態ですがこのピンボケ画像の見える範囲は広がります。これは、網膜像のピント状態を改善すればはっきり見える範囲（視野）が狭くなり、ピント状態を悪化させれば見える範囲（視野）が広がるという、ピント状態と視野の間の一種の不確定性の関係（トレードオフの関係）を意味します。したがって、はっきりとした小さな文字を広範囲にわたって見ることはできません。この特性は、脳の情報処理能力に限界があるためと考えられます。



「小さな文字を見ますと、ピントは合っていますが見える範囲は狭まります。逆に、大きな領域を見ますと、ピントは外れていますが見える範囲は広がります」

特徴と強み

ヒトが読みやすい文書構造（最適行間隔、最適文字間隔）を視覚システムから理論的導出

以上説明しましたように、ヒトの視覚系では、文字の大きさや文字間隔や行間隔に依存して網膜像のピント状態と視野の大きさが適応的に変化しますので、このような見え方が再現できるモデルがあれば、人間工学的に最適な文字と文字間隔、行と行間隔の関係が理論的に導出可能と予想されます。実験でも、文字間隔や行間隔の最適値の存在が示され、実測されています。

私たちの研究室では、以上のヒトの視覚システムがものを見る仕組みを数理的にモデル化し、ヒトが文書画像を見る場合に網膜像のピント状態と視野の関係をどのように変化させて見ているのかを理論的に計算する計算機構（ソフトウェア）を開発しました。そして、このソフトウェアを用いて、人間工学的に最適な文字と文字間隔、行と行間隔の関係を理論的に導出する手法を開発しています。その結果、文字と文字間隔、行と行間隔の最適関係が理論的に導出でき、実測結果と同様の特性であることが示されました。

今後の展開

最適文書構造の導出からヒトにわかりやすい情報表示方法の開発へ

以上で説明しました最適文書構造の理論的導出に関しましては、現在は健康者を対象としていますが、将来的には、高齢者や障害がある方にも読みやすい文書を表示するシステムを開発することを検討しています。また、私たちの周りは様々な表示で溢れています。例えば、家電製品の各種液晶表示、自動車内部の各種液晶表示、交通標識、誘導表示などが挙げられます。しかし、残念ながら、これらの表示はヒトにとって必ずしも見やすく、わかりやすい表示になっているとは言えません。私たちの研究室で開発しました視覚システムの数理モデルは、これらの情報表示をわかり易くすることにも応用可能と考えられ、具体的な方法論の構築を検討しています。