ヒトの眼に学ぶ光学設計
―生体光学系からの気づきと視覚の質を高めることの価値―

北里大学　医療衛生学部 視覚機能療法学
川守田拓志

1．はじめに

光学設計では,「像をどれだけ鮮明に結ぶか」が中心課題となることが多い。レンズの収差を低減し，変調伝達関数（modulation transfer function：MTF）を高め，迷光を抑えることは，もちろん重要である。しかし，ヒトの眼を一つの光学系として捉えると，その性能の目的関数は単純ではない。

眼は高性能な単レンズではなく，涙液，角膜，房水，瞳孔，水晶体，硝子体，網膜からなる眼球光学系と神経系とが一体となって機能する，光学・神経統合型の視覚システムである(図 1)。しかも，この系は，昼夜，遠方・近方，静止・移動，若年・高齢，健常・疾患といった環境条件や個体条件のもとで，複数の性能の間に動的な折り合いをつけている。

例えば，光学的な鮮明さを高めることが，必ずしも主観的な見やすさや快適性の向上につながるとは限らない。過度に輪郭が強調された像や，微細な情報まで強く知覚される状態が，疲労感や不快感につながる場合もあり，利用者によっては，あえて像の鋭さを抑えた見え方が好まれることもある。すなわち，視覚系における最適性能は，単一の光学指標の最大化ではなく，像質，快適性，安定性，適応性のバランスとして決まる。したがって，ヒトの眼に学ぶ光学設計とは，眼の形態をそのまま模倣することではない。むしろ，生体がどの制約を受け入れ，どの性能を優先し，どの段階で情報を補償しているのかを読み解くことである。

本稿では，眼球光学系を構成する各要素を，「見やすさを実装する設計要素」として捉えてみる。そのうえで，各媒質や構造が担う機能的役割と，そこから得られる光学設計上の示唆を整理し，視覚の質を高めることの意義について考察する。

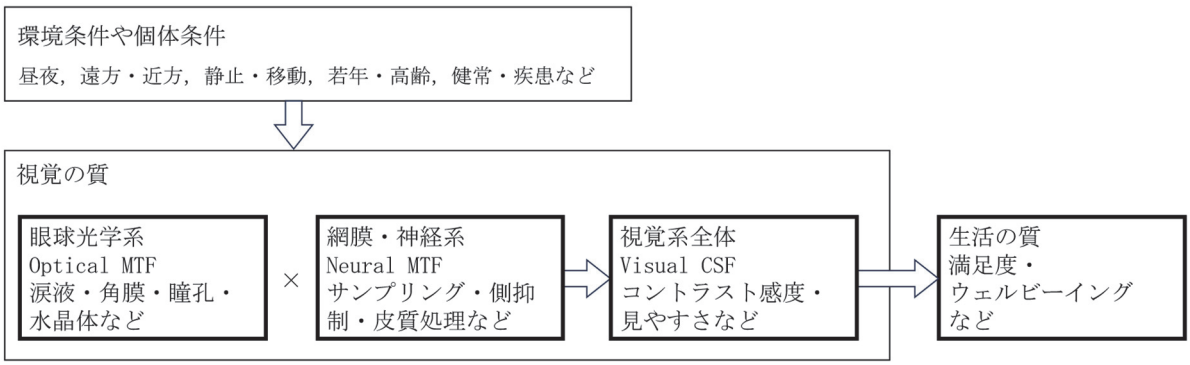

図 1　環境条件・個体条件から生活の質に至る視覚情報処理の概念図

2．見るを俯瞰する：光学系と神経系の合成としての視覚

眼の結像性能を評価する代表的な尺度に MTF がある。MTF は空間周波数ごとのコントラスト伝達を示し，光学系の鮮鋭性を表すうえで有用である。一方，ヒトが実際に知覚するコントラスト感度は，