

専攻	システム情報	学籍番号	863424	指導教官氏名	白井 支朗	
申請者氏名					中内 茂樹	吉田 辰夫

## 論文要旨

論文題目	色覚の計算論とその神経回路網モデルに関する研究
------	-------------------------

(要旨 1,200字以内)

本論文は、計算論的神経科学の観点から、神経回路網モデルが獲得する色情報表現の解析を通じて、視覚神経系における色覚の計算課題、原理と従来の心理物理実験、神経生理実験により得られている様々な知見を対応づけ議論したものである。こうした神経回路網モデルによるアプローチは、計算・問題の複雑さや表現方法の適切さなどといった表現・アルゴリズムの水準と、計算論や神経系のハードウェアにおける制約等を包含した形で視覚神経系における色情報表現を理解する有効な視点を与えるものであり、新しい色覚研究アプローチとして位置付けることができる。

本論文ではまず、誤差逆伝搬学習法に着目し、神経生理実験により明らかにされている、錐体のブロードな三原色表現と視覚中枢V4野における狭帯域な色情報表現との変換過程を実現する神経回路網モデルを構築するとともに、その色情報内部表現を解析した。その結果、外側膝状体における反対色表現が、神経回路網モデルの内部表現として獲得されることを明らかにし、反対色表現が錐体の三原色表現に比べ冗長性が低く、視覚神経系における色情報表現の最適性を反映したものであることを示した。また、5層砂時計型神経回路網モデルにより、マンセル色票分光反射率に対する最適色情報表現を調べ、色相、彩度、明度という心理的な色属性が、分光反射率という色の物理的属性から抽出され

ることを明らかにした。さらに、二色型色覚異常における色  
情報表現について、錐体欠損というハードウェア上の制約  
と結び付けて考察し、学習によって得られた縮退した色情報  
表現から、波長弁別特性などの心理物理学的知見が説明で  
5 きることを示した。

本論文ではまた、神経系というハードウェアの制約下で  
実現可能なヘブ型の学習則に着目し、生物学的にも合理的  
と考えられる表現基準について考察するとともに、ヘブ学  
習により獲得される色情報表現とその機能的意義につい  
10 て論じた。まず、三原色表現における冗長性を除去する反ヘ  
ブ学習に着目した色恒常性の神経回路網モデルを提案し、  
こうした色情報表現の最適性を保つ機構によって、色の恒常  
性が達成されることを示した。また、こうした反対色表現の  
機能的意義が冗長度最小化にあることを明らかにした。さ  
15 らに、情報量最大保持を実現する拡張ヘブ学習により自己  
組織的に形成される最適色受容野の色・空間特性について  
論じ、視覚中枢に存在する二重対立型受容野が、情報量最大  
保持原理に対する一つの解として得られることを示した。

本論文で示した色情報表現とその機能的意義に関する  
20 知見は、色覚研究に一つの新しい方向を指し示すとともに、  
従来、科学や工学の分野でその扱いが困難とされてきた感  
覚情報に対して、より柔軟で人間に近い情報処理技術を確  
立するための基礎を与えるものと考えられる。