

電子・情報工学専攻		紹介教官氏名	臼井支朗
申請者氏名	竹部啓輔		

論文要旨 (博士)

論文題目	色恒常性の計算論モデルとその工学的応用に関する研究
------	---------------------------

(要旨 1,200 字程度)

我々の色覚には、照明光が時空間的に変化する状況においても、同じ物体ならば同じ色として知覚する色恒常性という性質が備わっている。この性質は、異なる物理的特徴を持つ物体を間違いなく識別するために我々の視覚系に備わった優れた機能の一つである。こうした機能を作り出している視覚情報処理神経機構の解明は、長い歴史を持つ色覚研究の中心的課題である。

色恒常性の問題は、計算論的観点からみれば、センサに入力される光から照明光に依存しない物質固有の表面反射率を推定する問題として定式化できる。このとき、照明光が物体表面で反射された光がセンサへの入力となるため、照明光が既知でない限り表面反射率を一意に求めることができないことから、色恒常性の問題は不良設定問題となる。こうした問題を解くには何らかの制約条件が必要となり、これまで提案されてきたモデルでは、照明光の空間強度変化が滑らかであるという仮定が用いられていた。

しかしながら、我々の視覚世界には影のように照明光の空間強度が急激に変化する場面はしばしば存在する。こうした状況においても、心理物理実験によりある程度の色恒常性が現れることが確かめられていることから、影を含めた照明光の空間分布の推定は、色恒常性を実現する上で重要な問題であると考えられる。しかし、これまで提案されたモデルには、空間強度も含めた照明光の情報を推定するものではなく、影の下における色恒常性を説明できなかった。

本論文では、まず、表面反射率の推定に加え、照明光空間情報の推定を行うことによって、色恒常性を説明する計算論モデルを提案した。本モデルは、標準正則化の枠組から、表面反射率、照明光の推定を行う2つの視覚モジュールを持ち、その相互作用によって表面反射率、照明光情報の両者を推定するものである。画像の一部に影が覆った画像に対するシミュレーションを行った結果、本モデルが入力画像から影を正しく検出でき、さらに影をある程度取り除いた画像を推定できることを示した。このことから、色恒常性を実現するには表面反射率を推定するだけでなく、照明光の空間情報を推定するモジュールとの相互作用の必要性が示唆された。

次に、色恒常性の計算論的定式化に基づき、色恒常性を有する画像処理システムを構築した。具体的には、フラッシュを補助光源に用いた、フラッシュあり・なしの2画像、また、偏光フィルタを用いた9枚の画像から、それぞれ光源色を推定し被写体の表面反射率を求めることによって、任意の光源下におけるカラー画像に変換する方法を提案した。さらに、デジタルカメラにより撮影した画像を用いて提案法の性能評価を行い、撮影時の光源推定並びに被写体の表面反射率を正しく推定できることを示した。また、この結果を用いて、任意の光源下における画像の再現が可能であることを示した。

本論文に述べた色恒常性の計算論モデルの研究は、色覚研究において色恒常性のメカニズムの解明に役立つばかりでなく、これまで困難とされてきた色彩を扱う作業の自動化など、次世代の画像認識システムの開発に貢献するものであると考える。