

外95-53

早稲田大学大学院理工学研究科

# 博 士 論 文 概 要

## 論 文 題 目

材料表面の物理的特性とそれを刺激入力  
とする視知覚的応答との質的・量的対応関係

申 請 者  
田 畑 洋  
Hiroshi Tabata

1995年 12月

材質感とは、対象物の形状やそれを構成する材料の表面形態による反射光（輝度）および反射波長（色）などの物理的属性を刺激入力として生ずる、感覚・知覚と言った心理的事象の総称と言える。例えば、塗装膜表面に対して誘発される重要かつ基本的な事象には、「鮮映感」と呼ばれているカテゴリーが存在する。この過程の概要は、まず表面の滑らかさを表す「うねり」が刺激入力として選択され、その「うねり」が網膜内の「輝度チャンネル」により明暗情報として伝達され、表面の滑らかさの程度として処理されると同時に、「色チャンネル」を通して伝達される色彩の濃淡情報との統合により、映り込みの鮮やかさに関係する材質感が誘発される、と考えられている。また、輝度やコントラスト分布の程度により、「光沢感」と呼ばれている別のカテゴリーの誘発にも繋がる。このように、個々の物理的属性の伝達・処理と、その過程での統合の強弱によって、様々な材質感が誘発され、最終的には価値的材質感や嗜好的材質感と呼ばれる、感情レベルの高次材質感形成に繋がるものと考えられる。

近年、このような視覚心理的事象に対し、それらの言葉（例えば「鮮映感」）を、明るさ・鮮やかさ・鋭さなどの程度に注目して数値化を試みる「意味微分法」や、標準サンプル・試験サンプルの置き方によって知覚的応答がどのように変化するかを調べる「一対比較法」などの導入により、各材質感とそれに関係する物理的属性との間の質的・量的対応関係の検討が可能となって来た。しかし、このような材質感に対する理工学的研究は、1960年代に始まった「布地の風合い」に関する研究を除き、ほとんど停滞していると言っても過言ではない。

一方、社会構造の変遷を省みると、それは工業社会から情報社会へ移り、更に現在は感性社会に突入したと言われている。工業製品に対しても、仕上りがりの正確さと言った画一的品質や機能的品質の向上だけでなく、多様化する消費者志向への転換が強く要求され始めている。材質感の例で言えば、「高級感」・「本物感」・「重厚感」など、人間の感性に訴える極めて質の高い価値的材質感への期待が顕在化して来ている。このことを材料技術の分野で考えれば、心理的満足度を向上させ得る材料技術の開発、即ち「材質感工学」とも言うべきものの育成が要請されている、と受け止められる。しかし、材質感に対する心理的事象の具体的分析のみならず、材料表面の最も基本的属性である形態因子との質的・量的対応関係、更に材料の見え方を意識した測色方法などの問題も、依然として不明のままに残されている。

そこで、本論文では、塗装膜を試料として用い、個人差が少なく比較的普遍性が高い心理的事象に着目し、材質感に対する心理的階層構造を明確にし、各材質感と材料表面の物理的属性（特に「うねり」）との質的・量的対応関係を、主に心理物理的手法により求める。また、心理生理学的手法を併用し、

「材質感」と「色の濃淡」との関係性を定性的に調べる。更に、それらの応用として、重要な物性と感性とをインテグレートした物造り方法や、価値的材質感を持つ新材料の探索法および新しい計測法・測色法など、「材質感工学」へのアプローチの仕方を提示する。

本論文の構成は、次の通りである。第1章「序論」では、まず§1-1において、社会構造および技術の変遷に伴い、本研究分野の育成が切望されていることを述べた。次に§1-2では、健常者の標準的感覚を前提にして、比較的普遍性が高いと考えられる、感覚・知覚から認知レベルまでの心理的事象を工学的材質感と定義し、その重要性を考察して本研究の基本的枠組みについて述べた。§1-3では、材料の物理的属性と工学的材質感との対応関係を解明しようとする本研究の意義と目的について述べた。

第2章では、自動車用塗装膜の工学的材質感について、その材質感形成に関する心理的階層構造を明らかにし、最も基本的な物理的属性である表面の「うねり」と、この階層構造における準基本的材質感との質的・量的対応関係について述べた。まず§2-1では、材質感に対する心理的事象を整理するために、感覚レベルの基本的材質感から知覚・認知レベルの準基本的材質感、更に感情レベルの高次材質感に至る関係を、材質感形成の心理的階層モデルとして提示した。また、「意味微分法」に基づいた因子分析により、各材質感の相互関係についても考察した。次に§2-2では、塗装膜質感の誘発に対して最も基本的な表面の滑らかさを、「うねり」の波長分布と言う刺激入力因子に変換し、それらの値を用いた心理物理的手法により、この分布と準基本的材質感（例えば「鮮映感」・「光沢感」など）との質的・量的対応関係について述べた。なお、材質感によっては色彩学的要因（特に「色の濃淡」）の影響が認められるが、それは論旨を極めて曖昧にするので、それを可能な限り除外して述べた。§2-3では、材質感が視距離により見かけ上変化する現象について、視距離の変化と「うねり」の視知覚的变化との関連性に注目し、そのモデルを提示して、視観評価値との関係を考察した。特に、「うねり」が主因子になる材質感（例えば「平滑感」・「鮮映感」）に対しは、視距離の影響が大きくなることなどを述べた。

第3章では、工学的材質感を誘発させる光学物性（特に反射スペクトル）の影響について考察した。同時に、各材質感に対する知覚的応答がどのようなトリガーによって生じているかを調べるために、眼の焦点調節反応（以下では調節反応と略す）を用いた心理生理学的分析について述べた。まず§3-1では、工学的材質感の中でも低次材質感（例えば「平滑感」）が、表面の「うねり」の程度に基づく正反射光・拡散反射光の強度に依存することや、高次材質感（例えば「鮮映感」・「深み感」）になると「色」の影響が現われ始めること、更にこの「深み感」については視距離と関連した「奥行き感」

など、三次元情報との関係が生じること、について考察した。また、分光反射スペクトルの三次元表示により、材料の表面物性と分光反射率・「色」との関係を経系的に把握できる可能性についても述べた。次に§3-2では、調節反応を利用した材質感の心理生理学的な解析を行い、認知レベルの工学的材質感（例えば「鮮映感」）については、表面の「うねり」と「色の濃淡」が調節反応に対し、それぞれ異なる影響を与えることを示した。また、「奥行き感」・「深み感」については、調節反応量が異なること、従って刺激因子に違いがあることを示唆した。

第4章では、前章までの材質感誘発における物理的因子の妥当性を基に、価値的材質感を持つ新材料の設計例として、美しくかつ特異な材質感を持つ蝶翅を試料として用い、生物学的・材料工学的解析を加えて述べた。これまで、蝶翅の光学的特性に関しては、二三の部分的報告があるが、「材質感工学」的な観点は、全く示されていない。まず§4-1では、強い光沢感と蛍光的視感を示す構造的発色現象について、その源である蝶翅鱗粉の微細構造特性を明らかにすると共に、美しい発色を示す蝶翅背面について「うねり」モデルをたて、それが「光沢感」に寄与していることを示唆した。更に化学分析によって、蝶翅中に3種類の蛍光色素を見出したが、これらの色素は見え方に全く影響を与えていないことが判明した。次に§4-2では、鱗粉が持つ構造的発色現象に対して、多層薄膜による光学干渉モデルをたて、その発色機構がHuxleyの薄膜干渉理論に基づいていることを明らかにした。更に、この理論に基づき、光学因子を変化させた場合の光学的特性について解析を加えた。§4-3では、鱗粉の構造特性に基づく特異的光学特性（即ち反射スペクトルの異方性）や測光条件によって、異常に高い相対反射率を示すことや、またこのことが彩度に影響を与えて、測色値から得られる明度値と主観評価値との間に差を生じさせること、更にその結果が異常な「明るさ感」を誘起させていること、などについて述べた。

第5章では、以上の知見に基づいて試作された具体的応用例について述べた。まず§5-1では、目標材質感と物性とをインテグレートする試みとして、これまでの方法を開発システムの中に組み込んで実用化した新しい自動車塗装（Twilight Color：インフィニティーQ45；'88型車搭載）の開発について述べた。次に§5-2では、空間周波数でみた「平滑感」・「光沢感」と表面の「うねり」との関係に基づいて、塗装膜質感の品質管理の観点から、自動車用塗装の材質感として最も基本的かつ重要な「鮮映感」計測の設計指針について述べた。§5-3では、種々の材料に対し、その表面物性と反射特性・「色」との関係を経系的に解析し得る、新規な三次元変角分光型色彩計の設計について述べた。

最後に第6章では、以上の内容を要約し、今後の課題をまとめた。