

[5]

氏名(本籍)	元吉 治雄 (東京都)
学位	博士(学術)
学位記号番号	博乙第28号
学位授与年月日	平成13年9月30日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
論文題目	皮革の理化学特性と官能特性に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 岡村 浩
	教授 大沢 眞澄
	教授 中島 利誠
	教授 小ノ澤 治子
	東京農工大学 教授 上原 孝吉

論文要旨

天然皮革が素材として生き残るためには、その理化学特性及び官能特性を客観的に正しく評価し、その特徴を把握することによって品質改善及び用途開発に取り組むように努めなければならない。この目的のために、革の理化学特性に関してはこれまでも多くの研究がなされているが、何れも小規模な装置あるいは皮片を用いて行った断片的な報告が多く、工場規模での実験に基づく系統的な検討はなされていなかった。また、官能特性に関する統一的な評価方法及び機器測定などによる数値化(計測化)に関する開発はほとんどなされていない。

本研究では、革の耐久性、加工性、機能性あるいは安全性などを評価する上で重要なファクターとなる理化学特性(機械的性質及び化学組成)に関し、工場規模で製造された種々のクロム革を用いて、部位的な変化、左右対称性、要因効果検定あるいは平均値推定のための試料採取法、測定項目間の相関性及び皮を革に処理する形態の影響などについて検討を行っている。また、多くの消費者が製品を購入する際の選択基準とすることから、革の製造、加工あるいは販売現場においても最も重要視されているにもかかわらず、その評価が主として取扱者の感覚に頼っている官能特性に関し、官能検査と機器測定の関連性について基礎的検討を行った。次いで、官能特性が異なるように試作した革及びタイプの異なる靴用革を用いて、官能検査による評価と機器測定による数値的評価及び理化学特性の試験・分析結果との関連性を調べ、数値化による評価の普遍性を図ることの可能性を検討している。

1. クロム革の機械的性質の部位による変化と左右対称性

工場規模で製造されたクロム革を試料革として、クロム革の性状判定項目、すなわち引張強さ、1kg/mm²荷重時及び切断時の伸び、引裂強さ、ポール・バーストメータ及びテンソメータによる測定のための試料採取法につき検討を行った。なお、測定方向が問題となる

項目については背線に垂直及び平行の2方向とした。

(1) 引張強さ

- i) 同一試料革内における引張強さ（垂直、平行とも）の部位的な変化は、背線の右側と左側ではほぼ一致しており、左右の測定値間に対応性のあることが認められる。しかし、同一試料革の左右対称部位間の測定値そのものには差異のある場合が多く、単純に片側だけを空試験とする方法では誤差を生ずる恐れがある。
- ii) 一定区分内における測定値の変動係数は、JIS K6550に規定された区分及びその近辺で比較的小さく、試料片及び試験片の採取に適していることが認められている。また、試験片の数は、JIS 区分を中心としてできるだけ多くした方が、測定値のふれの結果に対する影響が少なくなる。

(2) 1 kg/mm² 荷重時及び切断時の伸び

- i) 同一試料革の背線の右側と左側では、伸びの部位的な変化はほぼ一致しており、左右の対称部位の伸びの間には対応性がある。
- ii) 1 kg/mm²荷重時の伸びの場合、部位間の測定値の変動が大きく、また左右対称部位間の測定値の差異も大きいため、対称性を利用することは難しく、よほど大きな伸びに対する要因効果でなければ直接検出することは困難である。
- iii) 切断時の伸びの場合、背線に近い部位を試料採取に用いることによって左右対称部位間の測定値の差異の影響を小さくすることができ、また部位間の測定値の変動の影響も少なくできる。

(3) 引裂強さ

引裂いて切断するまでの最大荷重/厚さ（最大値）と、引裂初めの荷重/厚さ（開始値）とでは部位による変化の傾向が類似しており、また両者とも部位的な変化は背線の右側と左側とで対称性がある。従って、対称的に試料を採取する方法は組織学的な面と併せて有効な方法である。しかし、最大値及び開始値のいずれをとっても左右対称部位の測定値間にはかなりの差異があるため、結果の解析を単純に対の試験片間の変化率などで行なう場合はこの点を考慮する必要がある。測定値の変動係数は開始値より最大値の方が小さく、引裂強さとしては後者の値を用いるのがよい。また、垂直方向の引裂強さに対する要因効果を検出するための試料は、腹部を中心として採取するのが望ましい。平行方向の場合は、背線に直角な方向に試料を隣接させて採取していくのがよい。

(4) ボール・バーストメータ及びテンソメータによる測定値

ボール・バーストメータでは7mm高時の荷重、銀面割れ時の荷重と高さ、テンソメータについては銀面割れ時の荷重と伸び、5 kg/cm²荷重時の伸びとその残留伸びについて測定し、検討した。ボール・バーストメータによる各測定項目とも、引張強さや伸びのごとく連続性のある波状の変化は認められない。テンソメータによる Stress-Strain 曲線は部位によってその特徴が変化している。銀面割れ時の荷重はいずれの測定方法においても部位による変動、左右及び試料間での傾向の違いが大であった。銀面割れ時の高さ、5 kg/cm²荷重時の伸びとその残留伸びは、部位による測定値の変動が少ないことが認められた。ボール・バ

ーストメータ及びテンソメータによる測定のための試料採取についての検討は、1ロットとして同一条件で製造された多数の試料革を用いて、各部位における測定値の個体間のバラツキの程度を調べ、さらに考察しなければならない。また、テンソメータによる残留伸びの測定を5 kg/cm²荷重の場合において行ったが、この条件では残留伸びが小さく、また測定値の範囲も狭く、個体差及び部位差などを詳細に検討するには不適と思われる。

(5) 製造ロット、製造工場及び革の大きさが異なるクロム革の機械的性質

引張強さ、伸び及び引裂強さは、部位的な変化に左右の対称性が認められるも、左右対称部位間の測定値の比率から検討すると、試料採取及び結果の解析に対称性を利用できる区分は革の履歴や大きさによって異なり、共通な限定区分は小さく、単純に対称性を利用した試料採取には問題がある。特に引裂強さは、対称部位間の測定値の差異及び一定区分内における変動係数も大きく、いずれのクロム革においても要因効果を検討するのに適する試料採取部位を指摘することは不可能であった。革が大きくなると対称性を利用した試料採取方法に適した区分が全体的に広くなる傾向がある。

(6) 使用原料皮の形状がクロム革の機械的性質に及ぼす影響

塩蔵皮にて半裁とした小牛皮の工程による形状の変化、及びこれらの半裁皮より得られたクロム革の機械的性質について検討した。この結果、半裁皮にして処理した場合と丸皮のまま処理して最後に半裁とした場合とでは形状が異なり、前者では背線が著しく湾曲し、また後者に比較し背線に沿った方向に細長くなっていることが認められた。この差異は、主として準備工程における機械的な力及びドラム処理における物理的作用によって生ずるものと考えられた。このために、機械的性質の部位的な変化も引裂強さを除き、丸皮のまま処理した場合はかなり異なっている。さらに、対の半裁皮の対称部位間の測定値の関係について調べた結果、対の半裁皮に対して異なる処理を施した後、対称部位における測定値の差異より結果の判定を行う方法を用いるには、処理間の差が少なくとも20%はなければ難しいと推定された。

2. ロム革の機械的性質評価のための試料数及び測定項目間の相関性

工場規模で製造された同一ロットのクロム革50枚を試料革として、クロム革の品質評価項目である機械的性質について、ロット内における測定値のバラツキを試料革の17部位ごとに調べ、ロットの平均値の推定及び要因効果を検定するために必要な試料数の検討を行った。さらに、クロム革に対する要因効果を解析する場合に、相関性を利用して、ある測定項目の結果より他の測定項目の傾向を推定することの可能性を検討した。得られた結果を要約すると下記のごとくである。

(1) 引張試験及び引裂試験による測定項目

ロット内における測定値のバラツキは測定項目及び革の部位によって差異のあることが認められ、試料数はこれらの各々に対して定めなければならないと考えられた。また、引張試験及び引裂試験における測定値の処理は、試験片の採取方向によって層別する必要のあることが認められた。1 kg/cm²荷重時の伸びでは同一の精度で推定あるいは検定を行なうために、他の測定項目に比べかなり試料数を多くしなければならない。しかし、同一の要

因によって革が受ける影響の程度はその部位により差異があると考えられ、単に試料数が小さくてすむ部位を試験片に用いるのはなお問題がある。すなわち、要因の革の各部位に対する効果の差異を比較検討する必要がある。

(2) ボール・バーストメータ及びテンソメータによる測定項目

規定の精度で推定あるいは検定を行うために必要な試料数は、測定方法の異なる項目間だけでなく、同一試験片より測定値の得られる項目間においても差異があり、ボール・バーストメータによる銀面割れ時の荷重、テンソメータによる残留伸び及び銀面割れ時の荷重では、 1 kg/mm^2 荷重時の伸びと同程度の試料数を必要とすることが認められた。ボール・バーストメータによる銀面割れ時の高さはロット内における測定値のバラツキが全体的に小さく、他の測定項目よりも少ない試料数で同一精度の得られることが認められた。また、同一測定項目であっても革の部位により必要とする試料数に差異があり、推定あるいは検定に際しては試料の採取部位の選択も重要であると考えられた。なお、設定された条件に適しないために欠測値を生ずる項目については、その解析方法や条件の設定などにさら検討する必要があると思われる。

(3) 機械的性質間の相関性

測定項目間の相関係数は革の部位によって差異があり、相関の有意性の検定は部位ごとに行わなければならない。その結果、垂直方向の引張強さと平行方向の引張強さ、垂直方向の引裂強さと平行方向の引裂強さ、引張強さと切断時の伸び、切断時の伸びと 1 kg/mm^2 荷重時の伸び、ボール・バーストメータによる銀面割れ時の荷重と 7 mm 高時の荷重及び銀面割れ時の荷重と銀面割れ時の高さ、テンソメータによる銀面割れ時の荷重と伸び、ボール・バーストメータとテンソメータの銀面割れ時の荷重間及び高さ伸び、 7 mm 高時の荷重と垂直方向及び平行方向の 1 kg/mm^2 荷重時の伸び、以上の測定項目間では多数の部位で相関が有意であることが認められた。しかしながら、相関が有意である部位の回帰直線が同一直線上あるいは平行関係に位置することは少なく、一方の測定値の変化に対する他方の測定値の変化の程度は、部位間で差異のあることが認められた。さらに、引張強さと切断時の伸びの関係のごとく、正の相関の部位と負の相関の部位とが存在し、部位によっては逆の傾向を示す場合のあることも指摘された。

3. クロム革の化学分析値に関する考察

工場規模で同一ロットにて製造されたアニリン仕上げクロム革30枚を試料革として、クロム革の化学分析値に対する要因効果の検定及びロットにおける平均値を推定するための試料数について検討し、また化学分析値の部位による変化について考察した。さらに、大きさの異なる3種のアニリン仕上げクロム革を試料革として、背線に対称な部位間の化学分析値の差異について検討を行った。その結果、以下の知見が得られた。

(1) pH は部位間及び革間における差異がほとんど認められない。

(2) 小さな要因効果を検出したい場合、あるいは許容差を小さく定めて推定を行う場合、試料の採取部位により必要とする試料数にかなりの差異があり、実験に先立って試料の採取部位を選択することが重要であると考えられた。

(3) 部位による分析値の変化の傾向は分析項目によって異なり、皮質分は頭部より尾部に向かって値が増加し、脂肪分ではこれと逆の傾向を示すことが認められた。また、クロム含有量と全灰分は部位による変化が小であることが認められた。

(4) 水分、全灰分、クロム含有量、皮質分及び pH は革の大きさによらず、左右対称部位間の分析値の差異は小さく、対称性を要因効果の検出に利用する場合の問題は少ないと考えられた。しかし、脂肪分は機械的性質と同様に対称部位間の分析値の差異が大である部位が多数あり、単純に対称性を利用できないと考えられた。

4. クロム革の官能特性に関する基礎的検討

同一成牛皮の左右の半裁に対して互いに異なる処理を施して製造された、2種類の野球用グローブ革を試料革として使用し、革の官能特性の一つである柔軟性に関して、官能検査による要因効果の検定方法及び試料片の大きさが判定に及ぼす影響について検討を行った。また、厚さ及び総脂肪分の異なる4種類のアニリン仕上げクロム革を用いて、革の官能特性の一つである柔軟性に関し、官能検査による判定と機器による測定との関連性について検討した。

(1) 要因効果の検定に背線に対する対称性を利用することが可能であると考えられるが、これに供する革片の大きさは半裁革が望ましく、小さくともショルダー、バット、ベリーの3部位分割による程度とし、これ以上の分割は革片間の差異が不明確となるため適切でないと考えられた。

(2) 分割による検出力の低下はベリーで著しく、3部位分割で革片間の差異が不明確となる。バットでは検出力の低下が小さい。また、対称な半裁革の比較判定における識別能力により選定した検査員の判定は、3部位分割ではほぼ一致するが、6部位分割では差異の生じることが認められた。

(3) 対称な半裁革の比較判定における識別能力により選定した検査員は、順位付けにおいても一致した判定基準を有することが認められ、全員が要因効果を検出した。すなわち、対称性を利用せず、処理の異なる半裁革を互いに順位付けすることにより要因効果を検出することが可能であると考えられた。

(4) 本報告に用いたガーレ式試験機、カンチレバ形試験機及びスライド形試験機による測定値は、ベリーにおける少数の例外を除き、いずれも官能検査による順位付けの結果と傾向が一致することが認められた。すなわち、官能検査でより柔らかいと判定される革ほど測定値が小さく、より硬いとされる革ほど測定値が大である。しかし、処理の違いによる柔軟性の差に対する検出力は官能検査ほど鋭敏でなく、測定方法あるいは試験片の形状などについてさらに検討を要するものと考えられた。なお、官能検査による判定結果から、革は厚さが等しい場合には総脂肪分の多いほど柔軟であり、総脂肪分の差が小さい場合には薄い革ほど柔軟であることが認められた。

5. 試作革及び靴用革の官能特性評価

革の機械的あるいは化学的特性の計測については種々の手段があるが、官能的な要素(柔軟性、弾力性など)は人の感覚に頼っているところが多く、特性値の表示がなされていない

い。革素材の感覚的な要素として重要な柔軟性や弾力性を計測するために、BLCが開発したソフトネステスターを利用し、試作革と靴用革の柔軟性評価を行い、その適応性を検討した。さらに、これらの値と官能検査による柔軟性と弾力性、機械的な測定による低荷重時の伸び、カンチレバ剛軟度及び脂肪分との関連性について検討した。その結果を要約すると以下のごとくである。

(1) ソフトネステスターで計測したソフト値は官能検査で得た柔軟性の値と良く一致し、革の柔軟性評価手段として十分に適応できるものと考えられる。また、計測方法が比較的簡単なカンチレバ剛軟度も柔軟性との関連性が高く、一つの方法として有効な手段である。しかし、ソフト値は革の厚さにも影響されるので、できるだけ厚さが一定の革に適応していくべきものと考えられる。また、ソフト値と低荷重時の伸びやカンチレバ剛軟度の間にも相関性があることから、比較的簡単な方法であるこれらの計測方法でも革の柔軟性を計測することが可能であると考えられる。しかし、これらの方法についても革の厚さが大きく影響するため、できるだけ革の厚さが一定のものに適応していくべきと考えられる。

(2) 靴用革素材、大別するとスムーズ革、オイル革、型押し革の3グループ、23種類について、その特性を評価するとともに官能特性の計量化について検討した。

革は一般的に「柔らかいものは弾力性がない」と評価される場合が多い。しかし、感覚的に望まれる革は「柔らかくて弾力性のある革」である。一方、日本タンナーズ協会が行ったアンケート結果では、紳士用靴素材としては弾力性が最も重要とされており、次いで銀面の状態、柔軟さ、ふくらみの順となっている。そして今回研究に供した革の中から、日本タンナーズ協会の素材開発委員会が良い革として選出したのは以下のとおりである。

スムーズ革6点からは、弾力性及び銀面の状態はやや劣ると評価されたが、柔軟性の評価が他の革に比べて特に高く評価されたものが選ばれた。これは、最近の傾向として、革素材のソフト化傾向が強くなっているため、銀面の状態が多少劣っていても柔軟さの要素が取り上げられた結果であろう。しかし、この要素は流行により変化するものである。

オイル革7点からは、「柔軟性にやや不満足な点があるが」という意見付きで、弾力性、ふくらみがあり、銀面のしまりの良好な革が選ばれた。オイル革という性質上、柔軟性よりも弾力性とふくらみの要素が重視されたといえる。今後、この素材に如何にして柔軟性を付与するかを検討する必要がある。

型押し革10点からは、柔軟性、弾力性及びふくらみの3要素ともに他の革よりもすぐれているものが選ばれた。

すなわち、各タイプとも選ばれた革は柔軟性に対して弾力性の占める比率が高いものであり、「柔軟であり、弾力性のある革」が選出されたといえる。これらの革の化学組成を検討したが、特異的な特徴は見られなかった。しかし、官能特性とクロム含有量、結合タンニン分との関連性が高く、鞣し、再鞣、加脂処方が革の官能特性に及ぼす影響が大きいと判断されるので、これらの鞣製工程の要因が革の特性にどのように作用するかを十分に把握することによって「官能的に望まれる革」の作成処方の検討が容易になろう。また、機械的特性からはその特性を判断することができなかった。しかし、引張強さ、引裂強さ、

銀面割れ荷重など革の強度がJIS規格以下のものがかなり存在した。一方、革の官能特性、特に柔軟性とふくらみについて計量化の可能性を検討した結果、柔軟性は低荷重時の伸び、カーレ剛軟度、カンチレバ剛軟度及びソフトネステスター・ソフト値との関連性が強く、これらの項目を測定することによって革の柔軟性を評価することが可能であると考えられた。しかし、あらゆる革に適應できるかについては、さらに系統的に追求していくことも必要であろう。特に、ソフトネステスターは非破壊的に計測でき、工程管理や品質管理の手段として利用することができると思われる。

(3) 繊維製品の「ふくらみ」は繊維間の空気の量、すなわち空隙と密接な関係があると考えられ、ふくらみの評価法の一つとしては圧縮率がよく測定されている。そこで、本研究においても、同様な考えで革の圧縮率を測定した。その結果、圧縮率が高くなるほど官能評価のふくらみの値が低くなる傾向にあり、予想とは逆の結果であった。むしろ、ふくらみの評価は革の曲げ反発性や弾力性の因子が大きく作用すると考えられる。また、圧縮率はソフトネステスターで測定したソフト値とも関連しており、革の柔軟性が高くなると圧縮率が高くなる傾向であった。これらの結果から、繊維間の空隙と密接な関係がある布地のふくらみ評価と、革のふくらみ評価とは大幅に異なると考えられ、革のふくらみ評価については他の計測手段についてさらに検討すべきである。

以上、本研究では皮革の理化学特性に関し、部位的变化、左右対称性、試料採取方法及び項目間の相関性などについて多くの知見を示すとともに、問題点の指摘及び提案を行った。これにより、理化学特性の評価に背線に対する対称性を単純に利用する研究や、少試料数で結論付けを行う傾向が減少し、学会・業界への統計的手法の普及に貢献できた。また、官能検査と機器測定による評価の関連性を解析し、官能特性の数値化の可能性を見いだした。そして、ソフトネステスターによるソフト値は試験片を裁断せず、また繊維の方向性の影響を受けずに測定できるので実用性が高く、革の柔軟性評価の指標として製革処方の改善や取引のためのデータベース作成などに活用されるようになった。

審査報告要旨

天然皮革が代替品である人工皮革と競争して生き残るには、天然皮革の理化学特性や官能特性を客観的に評価し、品質の標準化と管理を図ることが重要である。皮の理化学特性に関しては既に多くの研究がなされているが、何れも小規模な装置あるいは皮片を用いて行なった断片的な報告が多く、工場規模での実験に基づく系統的な検討はなされていない。また官能特性に関する統一的な評価方法及び機器測定などによる数値化（計測化）に関する報告はほとんどなされていないのが、本研究を始める当時の現状であった。

本研究では、革の耐久性、機能性、安全性などの評価の重要なファクターである理化学特性（機械的性質及び化学組成）に関し、工場規模で製造されたクロム革を用いて、部位的变化、左右対称性、要因効果検定あるいは平均値推定のための試料採集法、測定項目間の相関性及び皮を革に処理する形態の影響などについて検討をおこなった。また、革の

製造、加工あるいは販売現場で最も重要視されているにもかかわらず、その評価が主として取扱者の感覚に頼って行なわれている官能特性に関し、先ず官能検査と機器測定の間連性について基礎的検討を行った。次いで、官能特性が異なるように試作した革及びタイプの異なる靴用革を用いて、官能検査による評価と機器測定による数値的評価及び理化学特性の試験・分析結果との関連性を調べ、数値化により評価の普遍性を図ることの可能性を検討している。本研究は6章207頁より構成され、その概要は以下のようである。

1. 機械的性質に関する検討の成果

工場規模で製造されたクロム革を試料革として、クロム革の性状判定項目、すなわち、引張り強さ、 $1\text{kg}/\text{mm}^2$ 荷重時および切断時の伸び、引裂強さ、ボール・バーストメーターおよびテンソメーターによる測定のための試料採集方法につき検討を行った。なお測定方向が問題となる事項については背線に垂直および平行の2方向とした。

- 1) 同一革の背線の右側と左側との比較を行った結果、頭部から尾部及び背部から腹部へ向かっての変化は、左右で類似の方向を示し、部位的な変化や差異の検討に左右対称を利用できることを認めた。一方、測定値そのものは、対称部位間でかなりの差異のある場合が多く、従来から一般的に行われている対称部位から試料を採取し、片側を空試験そして反対側を処理試験として要因効果を検討する方法を安易に用いることは問題があることを指摘している。この知見は、クロム革の履歴あるいは大きさによらずほぼ共通するものであった。
- 2) 塩蔵皮を丸皮で処理した場合と、背線に沿って切断した半裁皮で処理した場合との差異を検討し、両者からの品革は単に形状だけでなく、機械的性質の部位的な変化の傾向も異なってくることを示している。すなわち、試験に供する皮の形態が、試験結果や評価結果に大きな影響を及ぼすファクターとなることが認められた。
- 3) 同一ロットで製造された革の、測定値の変化の大きさは、測定項目及び試料採取部位によって異なることを認め、要因効果の測定あるいは平均値の推定に供する試料数は、項目及び部位ごとに定める必要がある。引張試験と引裂試験の測定値は、試験片の背線に対する方向で有意差があり、JIS 規定による両方向の平均値でなく、方向別に評価することを提案している。さらに、引裂強さの値として、引裂き開始値でなく引裂き終了までにおける最大値を採用するのが適切であることを明確にしている。
- 4) 背線に対する試験方向、同一試験片による項目、強さと伸びの関連を検討し、多くの項目間に相関性を認めた。しかし、部位により回帰直線の傾きが異なるのみでなく、相関が正負逆となる場合のあることも明らかになり、少数部位の結果を他の部位に単純に適用できないことが分かった。

2. 化学分析に関する検討の成果

工場規模で同一ロットで製造されたアニリン仕上げクロム甲革30枚を試料革として、クロム革の化学分析値に対する要因効果の検討及びロットにおける平均値を推定するための試料数について検討し、また化学分析値の部位による変化について考察している。化学組成に関しては、脂肪分以外の水分、灰分、クロム含有量、皮質分及び pH は左右

対称部位間の分析値の差が小さく、要因効果の検討に対称性を利用できること、また機械的性質に比べて試料革及び部位間における分析値の変動が非常に小さく、検定及び推定に要する試料数が少ないことを認めている。

3. 官能特性に関する検討の成果

- 1) 柔軟性に差異を付与した革による予備的検討により、官能検査に背線に対する対称性を利用する場合の試料の大きさは半裁革が望ましく、小さくともショルダー、バット及びベリーの3分割とし、これ以上に分割すると検査員の判定の一致性が低くなる。また、処理の異なる革を柔軟性によって順位付けする方法でも要因効果の検定が可能であることが認められた。機器による測定値は、官能検査による順位付けの結果とほぼ傾向が一致することも確認している。
- 2) 試作革及び靴用革の官能検査と機器測定による評価結果から、ガーレ剛軟度、カンチレバ剛軟度及びソフトネステスターのソフト値は、官能検査による評価結果と相関が認められ、これらの機器測定が革の柔軟性の数値的評価手段として可能性のあることがわかった。しかし、これらの手法は革の厚さに影響されるので、比較的厚さの揃った革群に対して適用すべきであると指摘している。
- 3) 繊維素材のふくらみを評価するのに用いられている圧縮率は、革のふくらみを評価する手段としては適していなかった。従って、皮革に適用できる新たなふくらみの計測手段を引き続き検討する必要を指摘した。
- 4) 靴用のスムーズ革、オイル革及び型押し革の各革群から官能検査により良い革として選出されたものは、「柔軟であり、弾力性のある革」であった。しかし、選出された革の機械的性質及び化学組織と他の革との間に著しく異なる特徴は見いだせなかった。今後、他の項目の測定、あるいは成分の層別分析を行うなど、さらに検討する必要があることがわかった。

以上、本研究では皮革の理化学特性に関し、部位的变化、左右対称性、試料採取方法及び項目間の相関性などについて多くの知見を示すとともに、問題点の指摘及び提案を行っている。また、官能検査と機器測定による評価の関連性を解析し、官能特性の数値化（計測化）の可能性を見いだしている。さらに、官能特性と理化学特性との関連性を検討するための基礎的な指針を示している等、皮革科学の研究に対する基礎を確立したものとして、その業績は高く評価することができる。したがって、審査員一同は博士（学術）の学位を授与するに相当であると判定した。