

学位論文内容の要旨

申請者氏名 合田 元清

多種機器計測と分析データを活用した食品の分類評価に関する研究

昨今、日本においても注目されている計量化学(ケモメトリクス)は、数理科学、統計学、機械学習、パターン認識等を複合し、化学分野における様々な問題解決の一助となる手法として注目されている。食品科学の分野においても例外ではなく、膨大な物性測定結果から、品質管理手法に直結する1つの結果を見出す手法として研究が進められている。先行研究では、食肉を含めた食品の品質管理、産地情報等の安全保障を確保可能なシステムの構築に向けた計量化学的手法の適応、特に画像処理、近赤外分光法、ハイパースペクトルカメラによるスペクトルデータ解析等により、食肉製品の物理的特性を確認し、動物種類の特定に応用する技術を検討している。

一方、食肉製品に含まれ、多種多様な機器で測定される化学成分に着目した品質管理手法については研究が進められておらず、食肉製品中の無機成分、脂質測定による食肉製品の特性に関わる研究に留まっている。したがって、本研究は、その化学成分に着目した品質管理手法の確立を目指し、文部科学省が定量・データ化している食品の化学成分含有量と計量化学的手法を用いた食品の分類について、必要な化学成分の抽出を中心に評価・検討した。

本論文で検証に用いた手法は、以下の2種類である。その2種類を用いて、食肉製品(豚肉・牛肉)、水産製品に対しそれぞれの種類(「製品種類」「部位」「調理法」等)について分類可能となる化学成分の特定、手法の有用性について評価し考察を実施した。

- 1.多変量解析(分散分析・判別分析・クラスター分析等)による手法
- 2.非線形回帰分析(ニューラルネットワーク)による手法

第1章では、食品中に含まれる化学成分値を対象とした多変量解析及びニューラルネットワークによる製品種類への分類可能性を検証するプロセスについて記載を行なった。文部科学省が定量・データ化している食肉製品及び水産製品に対するデータにアクセスし、それぞれの化学成分含有量を変数とし、多変量解析、ニューラルネットワークによる検証を実施した。

第2章では本論文で使用した多変量解析手法、ニューラルネットワークの原理について確認した。

第3章は、食肉製品の品質管理手法として、画像処理技術、ラマン分光法によるデータ解析と物理的特性をもとに計量化学的手法を用い評価、並びに化学成分値に着目した品質管理手法を検討した先行研究を整理した。

第4章は、食肉製品である豚肉製品及び牛肉製品に対し多変量解析による分類を検討した結果を整理・考察している。本章では、豚肉製品、牛肉製品それぞれの化学成分データを文部科学省のデータベースから取得し検討を実施している。豚肉製品では、88種類の食品に対し無機成分13種類、ビタミン製品12種類の含有量を取得し、「製品種類」(赤肉、脂身つき、皮下脂肪なし、ひき肉、副生物、加工品、脂身)、「部位」(かた、かたロース、そともも、ばら、ひれ、もも、ロース、肝臓、豚足、内臓、軟骨、ゼラチン、ひき肉、加工品)に分類可能となる化学成分の特定とその結果を評価した。検討は、無機成分、ビタミン成分それぞれについて行った。次に、最初に各項目の決定に影響を与えると考え、化学成分値の検定を分散分析によって実施した。各分類項目同士の群間分散と各分類項目間に

属する食品間の郡内分散の比である F 値を算定し検定、影響度合いの順位付けを行った。その後、その順位に応じて化学成分を 1 つずつ選択し、都度、判別分析を実施、各分類項目へ正しく判別されているか正判別率を算定することで確認した。これより、化学成分を加えた際の正判別率の変化を確認し、分類に必要な化学成分の選択を実施した。豚肉製品の「製品種類」に対する結果は、無機成分で 4 成分、ビタミン成分で 12 成分の定量値を用いればそれぞれ 76.1%、85.2%の正判別率を示し、高精度で分類できることが確認された。同様に「部位」に対する結果は、無機成分 13 種類全ての定量値を用いて 72.7%、ビタミン成分は 10 成分を用いた 65.9%が最も高い正判別率となり、「製品種類」と比較して分類が難しいことを確認した。牛肉製品への検討は無機成分、ビタミン成分を分けずに検討し、「製品種類」「部位」「牛の種類」について分散分析後、判別分析による分類を行い、クラスター分析による分類傾向を確認している。加えて、豚肉製品では実施していない、測定誤差等を考慮したダミーデータを用いた検証を行った。結果は、「製品種類」では 12 成分で 75.0%、「部位」は 12 成分で 66.4%、「牛の種類」は 15 成分で 69.2%との正判別率であった。豚肉製品と比較し、正判別率は低く、無機成分、ビタミン成分の定量値による分類は難しいことを確認した。その中で、「副生物」等の特定の製品には正確に分類可能との考察を整理している。

第 5 章は、豚肉製品及び牛肉製品の化学成分値を用いた分類の可能性について、非線形回帰分析であるニューラルネットワークにて検討した。豚肉製品では、ICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析)により定量される 11 無機成分を対象に「製品種類」「部位」「調理法」への分類可能か検討した。また、第 4 章の牛肉製品に行った測定誤差を考慮したダミーデータを用い、ニューラルネットワークを実施した。計算条件は、中間層 5、学習率 0.01 と固定し、学習回数 0~90,000 回と変化させ実施した。結果、学習回数が増加するに従い、正判別率が向上した。学習回数 55,000 回の場合、「製品種類」の最高正判別率は 89.4%であった。これより、学習回数を増加したとしても正判別率は変化せず定常状態であった。同様に、学習回数が多いほど、「部位」と「調理法」についても正判別率が向上することが確認された。学習回数が 75,000 回の時、部位の最大正判別率は 86.7%、調理法は 55,000 回の際に 92.8%であった。牛肉製品は、第 4 章の判別分析により絞り込んだ化学成分を用いて「製品種類」「部位」「牛の種類」について検討した。計算条件は、隠れ層 13、学習回数 100,000 回、学習率 0.01 と固定した。その結果、「製品種類」は正判別率：84.6%、「部位」：91.2%、「牛の種類」：93.9%となった。以上の結果より、非線形回帰分析の 1 つであるニューラルネットワークによる処理を行えば、豚肉製品、牛肉製品ともに化学成分による分類が高精度で可能となることを示した。

第 6 章は、第 4 章、5 章で検討対象とした食肉製品と異なる食品を対象に化学成分値と多変量解析、ニューラルネットワークを用いた分類の検討を目的に水産食品をターゲットにした検討を行った。検討は無機成分を用い、「製品種類」(魚類、貝類、いか・たこ類、えび・かに類、水産練り製品、水性生物類)への分類可能性を確認した。手法は、13 種類の無機成分を分散分析により順位付けし、その後、順位に応じ判別分析によって正判別率を算定した。同様にニューラルネットワークにおいても順位に応じ無機成分を追加、計算条件である学習回数、中間層を変化させ、正判別率を算定した。これより、判別分析では、「製品種類」の特定に 6 成分の含有量を把握すれば 7 割程度の精度で特定できることを確認した。ニューラルネットワークは、無機成分 8 種類、中間層 9、学習回数 5,000 回で正判別率 80.4%という結果を示した。以上より、食肉製品以外においても判別分析とニューラルネットワーク、化学成分値を用いた分類は可能であることを確認できた。

第 7 章では、以上結果を基に化学成分値を用いた食品分類の可能性と化学センサを中心とした応用による品質管理研究の方針、今後の研究への展望を記載した。