

2021年2月22日

豊橋技術科学大学長 殿

情報・知能工学専攻  
学位審査委員会  
委員長 南 哲人

## 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	Bui Minh Vu		学籍番号	第 121848 号
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 情報・知能工学 専攻	
博士学位 論文名	Food product quality measurement and visualization using fluorescence fingerprint (蛍光指紋による食品品質の計測と可視化)			
論文審査の 期間	2021年 1月 14日 ～ 2021年 2月 18日			
公開審査会 の日	2021年 2月 18日	最終試験の 実施日	2021年 2月 18日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	南 哲人			
委員	福村 直博		中内 茂樹	
		印		印
		印		印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

本論文は含有成分の量や種類に関する情報を有する蛍光指紋（励起蛍光マトリックス）に着目し、その空間分布を可視化することで食品品質を非破壊で計測する手法を提案するとともに、その優位性を論じたものである。第2章では、光学的な成分分析手法のうち分光学的手法、蛍光イメージングについて概説し、本論文で扱う蛍光指紋イメージングの位置付けを明らかにしている。第3章では、食品品質のなかでも冷凍魚の鮮度の空間分布を可視化する鮮度イメージングの手法とその効果を論じている。冷凍魚の鮮度は、魚の死後、冷凍されるまでの時間に応じて低下するが、冷凍の状態での鮮度を目視により判断することは困難であり、非破壊で冷凍魚の鮮度を計測する手法が求められていた。さらに、魚の鮮度は部位によって異なることが経験的に知られており、一部ではなく、鮮度の空間分布を計測することが重要となる。本論文では、鮮度研究でモデル魚としてしばしば用いられるサバを対象とし、冷凍までの時間をコントロールすることで様々な鮮度のサンプルを作成・計測した。蛍光指紋に基づいて推定した鮮度の空間分布と鮮度の従来指標として知られるK値と比較することで、提案手法により高精度で冷凍魚の鮮度を計測できることを明らかにしている。また同様の手法で旨味成分であるイノシン酸（IMP値）の空間分布も高精度で計測可能であることを示している。さらに第4章では、食品一般に含まれる蛍光物質を蛍光指紋に基づいて検出・識別するための最適な励起蛍光フィルタについて求めている。特定の蛍光物質だけでなく、食品一般の含有成分の検出・定量に幅広く適用可能な励起蛍光波長帯域が存在することを見出し、蛍光指紋に基づく食品品質計測の大幅な効率化、汎用化の可能性について言及している。第5章では得られた結果を総合的に考察し、本論文を総括している。

## 審査結果の要旨

食品品質は美味しさという食品価値に直結するのみならず、安心・安全という観点からも重要である。海に囲まれた日本において、海産物輸出は主要産業の一つであり、鮮度を客観的かつ簡便に計測する技術は必須とされている。本論文は食品品質の鮮度と旨味成分を対象に、励起蛍光マトリックス、いわゆる蛍光指紋に基づいて光学的な手法により非破壊で計測する手法について論じたものである。

食品品質のなかでも鮮度を表す指標としてK値が知られている。この値によって生食が可能、調理により食べることができる、調理をしても食べられない、といった重要な判断がなされる。しかしながら、K値の計測には対象からサンプルを切り出し、理化学分析によって成分量を調べる必要があるため、市場に流通する商品を対象にすることはできない。また、鮮度は部位によって異なる場合が多く、この方法では正確に鮮度を計測することができず、これまでは色や形、匂いなど、目視等の感覚に頼った方法で鮮度が判断されていた。また、輸出の場合は冷凍されることが多いため、冷凍魚ではこうした感覚に頼ることも難しい。こうした種々の問題を解決する方法として、本論文では食品品質に関連する成分が特定の蛍光特性を有することに着目し、蛍光指紋の空間分布を非破壊的に取得し、そこからK値で示される鮮度および旨味成分であるIMP値の空間分布を可視化することに成功している（第3章）。また、この方法を用いて魚が暴れることで品質が低下したやけ肉を検出できることも示しており、冷凍状態では目視による判別が不可能であることから提案手法は大きなインパクトを有するものと判断できる。

さらに、こうした蛍光イメージング技術を様々な食品を対象に適用することを目的として、食品に含まれる種々の品質関連成分を網羅的に検出・定量するための励起蛍光フィルタをコンピュータシミュレーションにより求め、およそ4-7種類の蛍光成分に基づいて、魚の鮮度だけでなく果物の産地判別などにも適用できることを明らかにしている。このことは、蛍光イメージングによる食品品質の計測と定量化の実用化に大きく寄与するものである。

以上のように、鮮度や旨味成分などの食品品質を対象として、蛍光指紋に基づく新たな非破壊計測を可能にしたことは、食品工学分野のみならず、イメージングおよび可視化技術においても極めて大きなインパクトを持つものであり、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。