

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：82111

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24658221

研究課題名(和文)感性指標と分光分析法を融合した食品の鮮度評価法の開発

研究課題名(英文)An estimation method for food freshness by visual perception and spectroscopic analysis

研究代表者

池羽田 晶文(Ikehata, Akifumi)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所・食品分析研究領域・主任研究員

研究者番号：40342745

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：食品の鮮度をデジカメ画像解析と近赤外ハイパースペクトルイメージ(HSI)技術によって数値化した。前者では視覚に基づく感性的鮮度を、後者では成分量による化学的鮮度を評価できる。同一のキャベツ切片が乾燥する過程を重量とともに上記の方法で測定した。デジカメ画像の解析からは、輝度分布の尖度や歪度が水分の変化と相関を持つことが明らかとなった。一方、近赤外HSI法で得られたスペクトルと水分含量のPLS回帰により、キャベツに含まれる水分と画像の輝度分布との相関も示された。以上により視覚的鮮度と化学的鮮度の相関が確認され、イメージング技術によって新しい鮮度指標の数値化の可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：Digitization for freshness of food has been defined from two different approaches, digital image and near-infrared hyperspectral image (HSI). Taking images of cut cabbage leaves in a drying process were done by a digital camera and an HSI camera together with a balance to know water contents. The skewness and kurtosis of the luminance distribution of the visual images had a linear relation to the freshness determined by human visual perception as well as to water content. The near-infrared spectra given by the HSI also had a correlation to the water content. Consequently, the feasibility of a new digitization for freshness of food by imaging techniques was established.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業情報工学

キーワード：鮮度 画像統計 感性評価 ハイパースペクトルイメージング 近赤外

1. 研究開始当初の背景

人間の感性による評価の定量化について可能性が示唆された。NTT コミュニケーション基礎科学研究所の本吉らは、人間の脳は画像の輝度ヒストグラムの歪みから物体表面の光沢や明るさを知覚していることを解明した (Nature, 447 (2007))。また、(独)農研機構・食総研の和田らは、こうした脳の反応が食品の見た目による鮮度評価にも関わることを示し、その数値化に成功した (Appetite, 54, (2010))。一方で食べて安全かどうかを保証する鮮度を知るためには化学成分を分析する必要がある。近赤外スペクトルの多変量解析によってあらかじめ検量モデルを作っておけば、以降はハイパースペクトルイメージング (HSI) などの光による非破壊測定によって評価可能である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ごく最近明らかになった「視覚に基づく感性的な食品の鮮度評価 (視覚的鮮度)」および、従来から存在する「分析化学的に得られる化学成分の量 (化学的鮮度)」をハイパースペクトルイメージ (HSI) 技術を用いて同時に数値化することである。HSI 技術とは分光器を有するカメラを用いて、波長ごとの画像を次々に取得する方法で、近年様々な波長に対応した製品が普及しつつある。視覚的鮮度は、デジタル画像の統計的処理によって数値化可能なことが心理学的手法によって判明している。一方、化学的鮮度を知るには化学分析が必要だが、近赤外分光法などの分光学的手法でも分析が可能である。HSI の画像としての特徴と、分光分析法としての特徴を利用し、上記の2つの鮮度指標を同時に決定することで主観性と安全性を的確に表現できる鮮度指標を目指した。具体的な検討課題は以下のとおりとした。

- (1) 人間が視覚イメージから鮮度を判断できる条件の探索
- (2) 視覚的鮮度と有効な相関を持つ画像統計学的パラメータの探索
- (3) 鮮度を決める成分と分光スペクトルの相関の探索と HSI への応用
- (4) 視覚的鮮度と化学的鮮度の同時測定技術の構築

3. 研究の方法

上記の具体的な検討課題に沿って実験を行った。分担研究者の和田はイチゴ、キャベツ、魚などの食品の劣化過程を既存のデジタルカメラで撮影し、画像から輝度分布や空間周波数特性の変化を調べた。さらに人間の視覚による鮮度判断を解明するために、複数の被験者による心理実験を行った。また、代表研究者の池羽田は食品の劣化に伴う成分の化学分析を行ない、その値と HSI 測定によって求めた近赤外、スペクトルとの相関を多変量解析法によって求めた。最後にこれらを総合し、視覚的鮮度と化学的鮮度を数値化し、

この2つを比較検討した。

4. 研究成果

(1) H24 年度の成果

デジタルカメラ画像から抽出できる画像統計学的変化には輝度分布だけでなく、空間周波数成分もある。これらの変数と主観的な鮮度評価の関係を解析した。サンプルはイチゴとキャベツとした。イチゴは 169 時間、キャベツは 32 時間にわたって撮影した。撮影した画像の一部を視覚刺激提示装置によって実験参加者に提示し、その鮮度や魅力などの評価を評定尺度、もしくは二肢強制選択課題を行なわせて統計的分析に供した。参加者の画像の鮮度評価と、画像統計学的変化の関係を解析したところイチゴでは輝度分布の影響が強く、空間周波数の影響は弱かったが、キャベツでは空間周波数の効果も大きいことが明らかになった。また、魚の眼を画像サンプルとして複数個体の食材画像を用い、画像の輝度分布変数が鮮度判断に効果を持つかを検討した。3 個体 3 時点の画像から眼の部分を取りミングした画像 9 枚を刺激として用い、一対比較法にて鮮度判断を行った。実験参加者はどちらがより新鮮に見えるかを二肢強制選択により判断した。この結果、異なる個体間の鮮度評価においても画像に含まれる輝度分布の変数が鮮度判断に効果を持つ可能性が示された。

(2) H25 年度の成果

視覚に基づく感性的な食品の鮮度評価 (視覚的鮮度) および、従来から存在する分析化学的に得られる化学成分の量 (化学的鮮度) をハイパースペクトルイメージング技術を用いて同時に数値化することを目的として研究を遂行した。複数個体から安定的に画像統計変数を得る撮影法として、4 方向それぞれの照明下で撮影する方法を確立した。この方法から画像統計変数を抽出、分析する方法を開発し、トマトの鮮度評価への適用を試みた。

一方、化学的鮮度について検討するため、近赤外 HSI 装置を用いてキャベツの鮮度劣化過程を調べた。HSI 法は分光スペクトル情報を与えるため、成分の定性、定量分析が可能であることは周知であるが、まずその最適な装置構成を決定する必要があるため、光源と HSI カメラ、被写体である食品の配置を検討した。デジタルカメラ画像測定および重量測定と同時に同一のキャベツを測定し、近赤外スペクトルデータとキャベツの水分の時間変化について回帰分析を行った。デジカメ画像の解析からは、図 1 に示すように輝度分布の尖度 (kurtosis) や歪度 (skewness) と経過時間に相関があることが確認された。また、電子天秤でモニターした水分量とこれらの画像統計変数とも 1 次の相関があることが確認された。一方、近赤外 HSI 法で得られたスペクトルをキャベツ切片ごとと水分含量比較し、PLS 回帰によって検量モデルを作成した。

計算された検量モデルによってキャベツに含まれる水分を推定した結果が図2である。また、各ピクセルのスペクトルから水分量を推定しマッピングしたのが図3である。結果として輝度分布（視覚的鮮度）と水分（化学的鮮度）が明らかな正の相関を持つことが確認され、イメージング技術によって鮮度の数値化が可能であることが示唆できた。

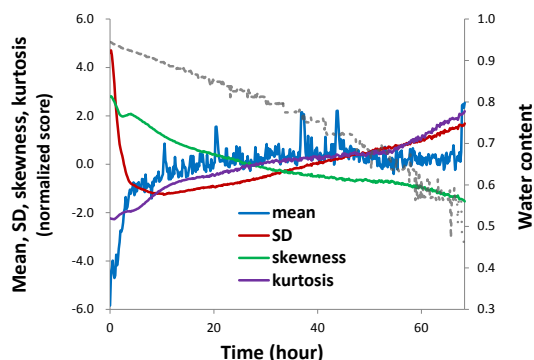


図1：キャベツ切片のデジカメ画像の統計変数の乾燥仮定（時間経過）における変化。

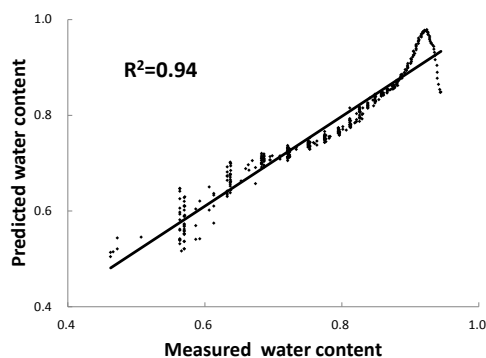


図2：近赤外 HSI から計算したキャベツ切片の水分含量の推定値と実測値との相関。

現時点ではデジカメと HSI と、別々の装置による鮮度評価を行ったが、今後マシンビジョンの発展により HSI や分光イメージングが高解像度となり、広く普及すれば、一台の装置で一度の測定によって化学的鮮度と視覚的鮮度の両方が評価できることになる。前者は安全の指標となり、後者は高付加価値化などに有効である。本研究課題ではこれら2つを指標によって食品の鮮度を定義する方法論を作ること成功したといえる。

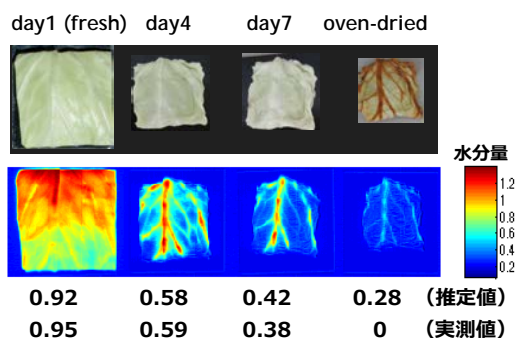


図3：(上) キャベツ切片のデジカメ画像、(下) HSI から各ピクセルの水分量を推定し、分布をマッピングした結果。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- 1) 和田有史, 視覚と食, 食品総合研究所ニュース, **31**, 9-13 (2014) [査読無]
- 2) 和田有史, 食認知への心理学的アプローチ, ソフト・ドリンク技術資料, **169**, 19-34 (2013) [査読無]
- 3) Takuma Murakoshi, Tomohiro Masuda, Ken Utsumi, Kazuo Tsubota, Yuji Wada, Glossiness and perishable food quality: visual freshness judgment of fish eyes based on luminance Distribution, *PLoS One*, **8(3)**, e58994 (2013), DOI: 10.1371/journal.pone.0058994 [査読有]
- 4) Carlos Arce-Lopera, Tomohiro Masuda, Atsushi Kimura, Yuji Wada, Katsunori Okajima, Luminance distribution as a determinant for visual freshness perception: evidence from image analysis of a cabbage leaf, *Food Quality and Preference*, **27(2)**, 202-207 (2013), DOI: 10.1093/chemse/bjs137 [査読有]
- 5) Hiroko Mochizuki-Kawai, Sanae Kishimoto, Yuji Wada, Tomohiro Masuda, Kazuo Ichimura, Petal saturation affects visible flower senescence in cut lilies, *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, **3(5)**, 350-356 (2012) [査読有]
- 6) Carlos Arce-Lopera, Tomohiro Masuda, Atsushi Kimura, Yuji Wada, Katsunori Okajima, Luminance distribution modifies the perceived freshness of strawberries, *i-Perception*, **3(5)**, 338-355 (2012), DOI 10.1068/i0471 [査読有]
- 7) 和田有史, 実験心理学で探る食の感性—多感覚知覚と社会的文脈—, *Food and Food Ingredients Journal of Japan*, **217(2)**, 177-183 (2012) [査読無]
- 8) 和田有史, 食品を感じる複合感覚の成り立ち, *日本官能評価学会誌*, **160(1)**, 25-27 (2012) [査読無]

〔学会発表〕（計5件）

- 1) 松原和也・増田知尋・本田秀仁・和田有史, 両眼立体視がキャベツの鮮度知覚に与える影響, 日本視覚学会 2014 年冬季大会, 2014 年 01 月 22 日～2014 年 01 月 24 日, 工学院大学（東京都）
- 2) 羅せん, 増田知尋, 松原和也, 和田有史, 池羽田晶文, NIR Imaging for Predicting Freshness of Cabbage, 第 29 回近赤外フォーラム, 2013 年 11 月 27 日～2013 年 11 月 29 日, 文部科学省研究交流センター（茨城県）
- 3) Yuji Wada, Takuma Murakoshi, Tomohiro Masuda, Ken Utsumi, Visual freshness judgment of fish eyes based on luminance distribution, 10th Pangborn Sensory Science Symposium, 2013 年 08 月 11 日～2013 年 08 月 15 日, Windsor Barra Hotel (Brazil)
- 4) 和田有史, 食品の質感視知覚, 第 42 回千葉視覚研究会（招待講演）2012 年 05 月 23 日, 千葉大学（千葉県）
- 5) 伊村知子, 増田知尋, 和田有史, 岡嶋克典, チンパンジーにおける食物のテクスチャ知覚, 日本動物心理学会 第 72 回大会, 2012 年 05 月 12 日, 関西学院大学（兵庫県）

〔図書〕（計1件）

- 1) 認知心理学演習 日常生活と認知行動, 和田有史, 日下部裕子, オーム社, 2012, 211

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池羽田晶文 (IKEHATA, Akifumi)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所・食品分析研究領域・主任研究員

研究者番号：4 0 3 4 2 7 4 5

(2) 研究分担者

和田有史 (WADA, Yuji)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所・食品機能研究領域・主任研究員

研究者番号：3 0 3 6 6 5 4 6

(3) 連携研究者

蔦瑞樹 (TSUTA, Mizuki)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所・食品工学研究領域・主任研究員

研究者番号：8 0 4 2 5 5 5 3