

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：82111

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560051

研究課題名(和文) デジタルカメラ画像を用いた簡易的な食品品質分析法の開発

研究課題名(英文) Development of a food quality analysis technique using digital images

研究代表者

和田 有史 (WADA, Yuji)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門 食品健康機能研究領域・上級研究員

研究者番号：30366546

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では撮影条件による誤差を低減するために、同一の経過時間の個体について、多くの照明条件で生鮮食品(トマト)を撮影し、その画像から人間が鮮度知覚に利用していると考えられる画像統計量を算出した。その画像統計量から鮮度を予測するために個体と照明の区別をつけずに、入力信号として、輝度分布の標準偏差や歪度などの画像統計量を入力、経過時間を出力として、実際の経過時間を教師信号としたパーセプトロン型ニューラルネットに学習させた。その結果、照明条件が多いほど予測精度が向上した。さらに、画像統計量と視覚的な感性的質感の関連を見出すためにクラウドソーシングを利用した調査を行った。

研究成果の概要(英文)：In order to reduce errors due to optical environments, we took digital images of food (tomato) with varying freshness under many illumination conditions. We extracted image statistics such as the standard deviation and the skewness of the luminance distribution, which may provide cues for how fresh the food in such images is perceived to be. We used the image statistics as input signals and the elapsed time as supervisory signal for a neural network model in order to predict freshness based on the image statistics. Results reveal that prediction accuracy improved as illumination conditions increased. Furthermore, we conducted a survey using crowdsourcing to identify the relationship between image statistics and visual subjective evaluation.

研究分野：実験心理学

キーワード：鮮度 生鮮食品 機械学習 画像統計量

1. 研究開始当初の背景

食生活が豊かになり、高品質な農林水産物・食品の安定供給が課題となっている現在、生産現場から加工・流通、消費に至る一連の過程の中で、その「質」を評価するための確かな技術が望まれている。その中でも食料生産の成果である食品の「鮮度」は、(1)収穫後の日数、製造後の日数という経過時間による鮮度、(2)見かけ、味、食感による主観的、感覚的鮮度、(3)食べて安全かどうかを保証する鮮度の3つの評価基準がある。しかし、食品の流過程において、収穫日等の経過時間以外の鮮度に関わる情報は提供・入手困難なのが現状である。このため最終的に消費者の満足に直結する人間の感覚による鮮度評価の数値化はきわめて困難である。しかし、近年、申請者のグループが、人間の視知覚による鮮度評価を画像に含まれる統計量を分析することで定量化が可能であることを示唆する研究を発表した。その研究では、キャベツの劣化過程に伴い、画像に含まれる輝度分布の変数が劣化時間の関数として変化し、それが鮮度の視知覚判断の規定要因となることが示された (Wada, et al., 2010. Appetite)。また、評価対象が複数の個体を含んでいても、個体差を超えて画像統計変数が鮮度の判断に影響する (Murakoshi, Wada, et al., 2013. PLOS ONE)。このような画像統計量と鮮度知覚の関係を示した研究は過去になかったため、新たな鮮度指標として非常に大きな反響を呼んでいる。その一方で、われわれの知見を流過程の検査に適用しようとすると、輝度分布が持つ情報が、食品の個体差があるなかでも抽出できるのか、照明や撮影機材との距離や角度などの撮影条件による差をどのように克服するのか、など数多くの問題が残されている。

2. 研究の目的

上記の画像統計量を実際の流過程の鮮度指標に昇華するためのミッシングピースをうめることを目的とする。

具体的には、輝度分布から安定的な鮮度評価指標を抽出する技術を開発するために以下の研究を行う。

- ・鮮度劣化に伴う輝度分布変数の変化と個体差が鮮度視知覚に与える影響を解明
- ・撮影条件によるアーチファクトを最小化するための照明方法の開発とその効果の検証

さらに、食品の画像統計量から食品の感性的な評価の予測を行う技術の予備的な研究として、クラウドソーシングを用いた弁当画像の評価の収集とその画像統計量に基づく分析を行った。

3. 研究の方法

(1) 画像統計量に基づく鮮度弁別

本研究では、まず照明や撮影機材との距離や角度などの撮影条件による差を克服するための手段として、同一の経過時間の個体について、多くの照明条件で撮影すれば、それらの画像のどれかが最適の撮影環境になる可能性があると考えた。そのために、食品(例としてはトマト)の鮮度劣化過程を、複数の位置のそれぞれの照明の下で撮影し、人間が鮮度知覚に利用していると考えられる、画像統計変量の抽出を試みた。

さらに上記の方法で、複数の個体の劣化過程を撮影した画像を機械学習に用いた。個体と照明の区別をつけずに、入力信号として、輝度分布の標準偏差や歪度などの画像統計量を入力、経過時間を出力として、実際の経過時間を教師信号としたパーセプトロン型ニューラルネットに学習させた。このパーセプトロンの出力層で最も活性値が高いセル(例えば経過日数)を予測される経過時間とした。複数の照明がある場合には、それぞれの照明条件での画像統計量を入力し、両方の出力層での活性値で最も正解率が高いセルが示す経過時間を予測される経過時間とする。

(2) 画像統計量と弁当画像の感性的評価

クラウドソーシングを利用して、2,120名の参加者に弁当画像についてのアンケート調査を行った。使用端末はPCに限定し

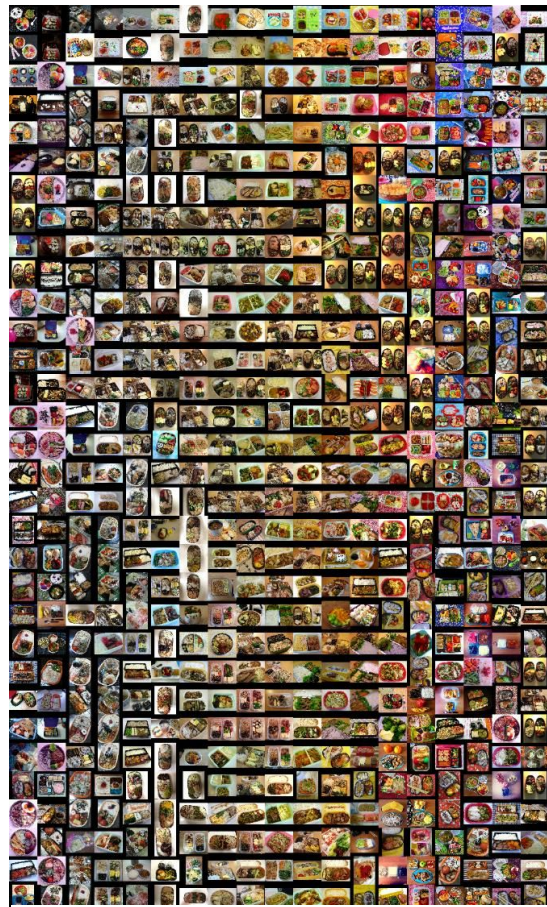


図1 実験に用いた弁当画像一覧

た。弁当画はインターネットで公開されている画を収集し、1900枚の弁当画を選定した(図1)。これらの画について画統計量を計算し、 L^* 、 a^* 、 b^* 、彩度(a^2+b^2)、それぞれの平均、標準偏差、歪度、尖度、さらに平均色相と色相の一致度($4 \times 4 + 2$ 変数)について、第一、第二主成分をもとに19カテゴリに分類した。各カテゴリから40枚ずつを実験に用い、一人の参加者は各カテゴリからランダムに選択した2枚と、全参加者に共通で3枚の画を評価させた。

4. 研究成果

(1) 画統計量に基づく鮮度弁別

トマトをサンプルとして、上記撮影技法および分析方法でデジタルカメラ画から経過時間が判断できるかどうかを検証した。

撮影方法

下記の条件下でデジタルカメラ画を撮影した。

照明：LED 証明×4機のいずれか(図2)

撮影間隔：30分ごとに各照明下で4画ずつ。

カメラの設定：色空間 sRGB・焦点距離

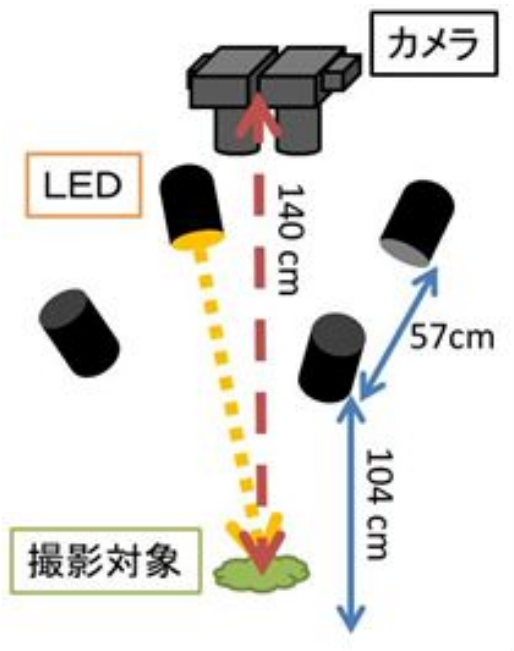


図2 撮影環境のイメージ

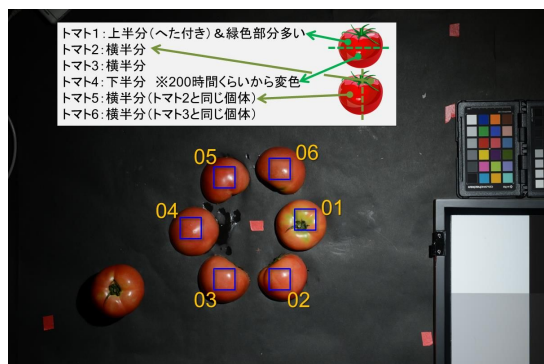


図3 撮影した画の例

70mm

撮影ブース環境：平均温度 27.4℃

撮影・分析対象：トマト(半月切り)×6個(図3)

分析対象のデジタル画パッチ

図3の青線で示した箇所のパッチを各画から自動抽出した(図4)。

輝度ヒストグラムの統計量の算出

各分析対象のパッチ画について、以下の手順で輝度ヒストグラムの標準偏差、尖度、歪度を算出した。

経過日数を弁別する機械学習

入力を輝度ヒストグラムの標準偏差・歪度・尖度、出力を1日目~7日目とするパーセプトロンをつくり、データセットの半数を用いて弁別学習を行った。その際、照明光、固体の情報は入力、出力ともに組み込まず、機械にとっては誤差として処理された。

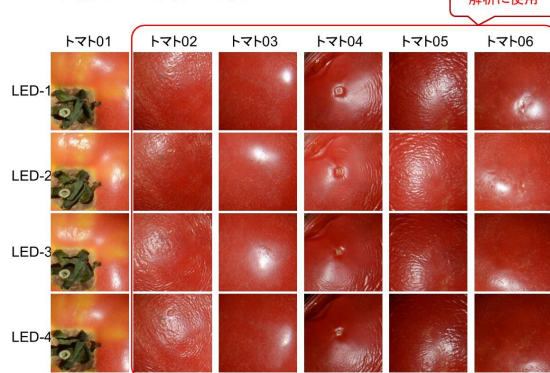
機械の弁別精度の検証

機械学習に用いなかったデータを入力し、パーセプトロンがどの程度の精度で経過時間を予測できるのかを検証した。

単独のLEDのみによって弁別する場合には、7つの出力のセルで最も活性値が高いセルが示す日数を採択した。

異なるLEDの画が複数の場合には、同じ時点のそれぞれのLED下の画の標準

パッチ画(168時間(7日)後)



パッチ画(開始時)

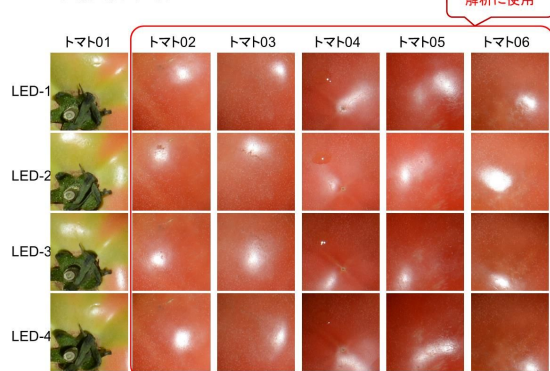


図4 分析対象の画パッチ

偏差・歪度・尖度を入力として予測する。その中でも、もっとも活性値が高いセルが示す日数を採択した。例えば、4つのライトを用いる場合に、

LED01 の予測：1 日目（活性値 0.9）

LED02 の予測：1 日目（活性値 0.7）

LED03 の予測：5 日目（活性値 0.6）

LED04 の予測：5 日目（活性値 0.5）

であれば、LED 1 の予測を 4 照明条件での予測として採択する。

LED 数が 3 個以下の場合には予測に用いる LED はランダムであった。

この結果、照明が 1 つの場合、正解率は約 85% であった。照明が 2 個であった場合には、それぞれの照明条件での画像統計変数を入力し、両方の出力層での活性値で最も正解率が高いセルが示す経過日数を予測される経過日とした。その場合には正解率は約 93% であった。また、照明が 3 個、4 個の場合の正答率はそれぞれ、約 95%、約 97% であった（図 5）。また、正答しなかった場合でも、その誤差はほとんどの場合は 1 日程度であった（図 6）。

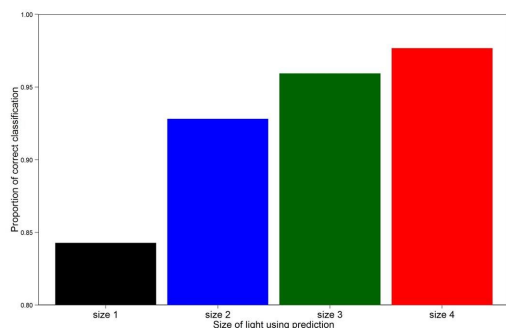


図 5 LED の数と機械の正答率

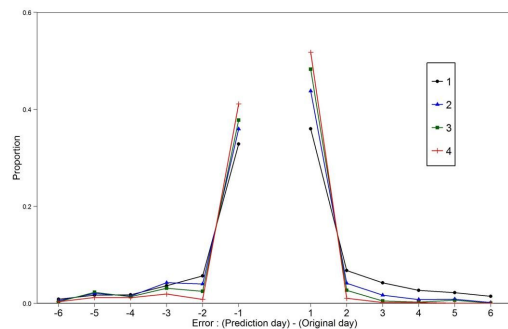


図 6 各 LED 数における不正解の場合

(2) 画像統計量と弁当画像の感性的評価

画像統計量と評価の間の相関を分析した結果、 $L^*a^*b^*$ 表色系における a^* 、 b^* の標準偏差と「女性向け」、「若者向け」という評価との相関が高いなどの傾向が見出された。この傾向は色合いが多彩であるほど「女性向け」、「若者向け」という評価が高まることを示しており、画像統計量と弁当画像の評価の間に関連がある可能性を示している。その一方で単純に「おいしそう」という評価につながる画像統計変数は見当たらない

った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 7 件)

Matsubara, K., Kasai, S., Masuda, T., Shoji, T., Hayakawa, F., Kazami, Y., Ikehata, A., Yoshimura, M., Kusakabe, Y., Wada, Y., Estimation of subjective internal browning severity ratings for scanned images of Fuji Apples, Food Science and Technology Research, 査読有, 23(4)巻印刷中, (2017)

和田有史, “食の認識”を探る 第 1 回 味覚と嗅覚、臨床栄養、査読無、129(1) 巻 4-8, (2016)

和田有史, “食の認識”を探る 第 2 回 視覚と食感、臨床栄養、査読無、129(3) 巻 276-280, (2016)

和田有史, “食の認識”を探る 第 3 回 情報理解と個人差、臨床栄養、査読無、129(6)巻 802-806, (2016)

Imura, T., Masuda, T., Wada, Y., Tomonaga, M., Okajima, K., Chimpanzees can visually perceive differences in the freshness of foods, Scientific Reports, 査読有, 6 巻 34685, (2016)

和田有史, 人間の視覚情報処理と食、JATAFF ジャーナル、査読無、3(12)巻 24-28, (2015)

和田有史, 視覚による食品の認識—典型色と鮮度を中心に—、明日の食品産業、査読無、12月号 36-41, (2014)

〔学会発表〕(計 12 件)

松原和也、葛西智、増田知尋、庄司俊彦、風見由香利、早川文代、吉村正俊、池羽田晶文、日下部裕子、和田有史、りんご‘ふじ’の内部褐変の熟練者による評価とそのモデル化、電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会、脳情報通信融合研究センター(大阪府吹田市)、2017.03.10

松原和也、増田知尋、北澤裕明、和田有史、熟練者による青果損傷の評価と画像分析による再現、日本官能評価学会 2015 年度大会、日本獣医生命科学大学(東京都武蔵野市)、2015.11.07

和田有史、入野野宏、西崎友規子、松原和也、坂井信之、武田祐司、永井聖剛、市原茂、熊田孝恒、実学としての実験心理学 6: 応用と科学のジレンマを超えられるか、日本心理学会第 79 回大会、名古屋国際会議場(愛知県名古屋)、2015.09.23

増田知尋、松原和也、森数馬、和田有史、魚眼画像の鮮度判断に画像統計量が及ぼす影響、日本心理学会第 79 回大会、名古屋国際会議場(愛知県名古屋)

市)、2015.09.22
和田有史、食と意思決定—品質評価からリスク情報理解まで—、日本認知科学会第32回大会(招待講演)、千葉大学(千葉県千葉市)、2015.09.18

和田有史、増田知尋、松原和也、森数馬、魚眼を対象とした鮮度知覚、日本基礎心理学会2014年度第2回フォーラム、琉球大学(沖縄県中頭郡)、2015.01.24

松原和也、増田知尋、風見由香利、早川文代、葛西智、池羽田晶文、吉村正俊、和田有史、エキスパートによるりんご褐変果の評価、日本視覚学会2015年冬季大会、工学院大学(東京都新宿区)、2015.01.21

増田知尋、松原和也、森数馬、和田有史、生鮮食品画像の輝度分布情報を用いた鮮度判断モデルの検討、日本視覚学会2015年冬季大会、工学院大学(東京都新宿区)、2015.01.21

和田有史、食と心の関係を再考する、平成26年度食未来エクステンション講座エキスパートコース(招待講演)、兵庫県立大学(兵庫県神戸市)、2014.12.12

和田有史、ニコニコ学会β「研究100連発」in Science Agora、サイエンスアゴラ2014(招待講演)、日本科学未来館(東京都江東区)、2014.11.08

和田有史、知覚中心デザインのための心理学入門、クロスモーダルワークショップ(招待講演)、ソニー株式会社(東京都港区)、2014.10.28

和田有史、食(おいしさ)の視知覚と消費者行動、食品開発展2014(招待講演)、東京ビッグサイト(東京都江東区)、2014.10.09

〔図書〕(計1件)

今田純雄、和田有史、朝倉書店、食行動の科学「食べる」を読み解く、(2017)、239

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)

名称：デジタルカメラ画像データを用いた鮮度測定方法

発明者：和田有史、本田秀仁、増田知尋、松原和也、内海建、岡嶋克典

権利者：国立大学法人横浜国立大学及び農研機構

種類：特許

番号：特願2014-217908

出願年月日：平成26年10月27日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1)研究代表者

和田有史(WADA Yuji)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門 食品健康機能研究領・上級研究員
研究者番号：30366546

(2)研究分担者

本田秀仁(HONDA Hidehito)

東京大学・大学情報学環・特任助教

研究者番号：60452017