

料理写真撮影におけるおいしそうな構図決定および 撮影支援モバイルアプリ

柿森 隆生[†] 岡部 誠[†] 柳井 啓司[†] 尾内理紀夫[†]

[†] 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 総合情報学専攻

E-mail: †kakimori@onailab.com, ††m.o@acm.org, †††yanai@cs.uec.ac.jp, ††††rikioonai@gmail.com

あらまし 昨今、スマートフォンなどの普及により、皆が自由に写真撮影できる環境が整っている。また、撮影した写真を Twitter や Facebook に代表される SNS に投稿しコミュニケーションをとることが一般的になっている。しかし、素人が魅力的な写真を撮影することは難しい。魅力的な写真を撮影するためには、写真に関する道具と知識が必要になる。我々はスマートフォンが普及していることを考慮し、スマートフォンで、おいしそうに見える料理写真を撮影できるよう支援する。我々は写真の中でも、多くの人が撮影する機会の多いが、インタラクティブな撮影支援システムが存在しない料理写真に着目し、おいしそうな料理写真の撮影を支援するシステムを提案する。しかし、素人にとっては料理から適した構図を考え、その構図に合うように料理を並び替えて撮影することは難しい。我々は素人でも料理がおいしそうに見える構図で撮影できるように、撮影前に構図を提示し、料理を並び替えさせ、おいしそうに見える構図で撮影できるように支援する。

キーワード 撮影支援, インタフェース, モバイルアプリ

A mobile system to support to decide a composition for taking a delicious-looking picture of foods

Takao KAKIMORI[†], Makoto OKABE[†], Keiji YANAI[†], and Rikio ONAI[†]

[†] Department of Informatics, The University of Electro-Communications, Tokyo

E-mail: †kakimori@onailab.com, ††m.o@acm.org, †††yanai@cs.uec.ac.jp, ††††rikioonai@gmail.com

1. 背景

昨今、スマートフォンなどが普及しており、誰でも気軽に写真を撮影し、Twitter や Facebook に代表される SNS を用いて友人と共有することも増えてきている。写真撮影の素人であっても人に見てもらった写真を撮影する機会は増えてきている。写真撮影の素人が道具を揃えて、料理写真撮影の勉強をすることは難しい。よって、身近に存在するスマートフォンを用いて、手軽に、できるだけ良い写真を撮影する方法が望ましい。人物や風景写真について良い写真を撮影する方法には多くの研究がある [1]。一方、Twitter では多くの料理写真が投稿されており、料理写真に対する撮影支援も必要とされている。また、汎用的な構図支援も行われているが、ユーザが構図を決定しなければならず、知識の無い素人には扱いにくいシステムが多い。さらに、図示される構図は構図の概念を表して物 (本論文では基礎構図と呼ぶ) であり、具体的ではないので理解しにくい。

このように、素人向けの料理写真撮影支援は望まれており、撮

影支援システムを多くの人々が持っているスマートフォンで実装することには大きな意味がある。

2. 目的

本研究の目的は、料理写真撮影の素人でも短時間でおいしそうな料理写真を撮影する支援を行うことである。システムの実装は多くの人々が持っており、素人でも扱いやすいスマートフォンで実装する。

料理写真の構図は「料理の数」、「皿の形」、「皿と料理の大きさ」によって決定される [2]。本システムはユーザからの入力またはシステムの自動認識機能により、これらの情報を取得し、システムに登録されている構図データから適切なものを選択し、組み合わせ、ユーザに提示する。また、本システムでは直線や曲線などで構図の概念を表す基礎構図ではなく、具体的に料理を置く位置やカメラの角度を指示する構図を提示し、素人にも理解しやすい構図を提示する。また、システムが提示する構図とは別にユーザが独自に構図を作成し、システムに登録できるイ

ンタフェースも有する。本システムを使い、料理写真撮影に慣れてきたユーザが独自の構図を保存し管理しやすく、本システムを用いるユーザ間で保存した構図を共有しやすいような工夫も施した。

このように素人が短時間でおいしそうな料理写真を撮影する支援を行うのみならず、ユーザ独自の構図の作成支援と、ユーザ間でそれを共有しやすい手法を提案する。

3. 関連研究

3.1 一般物体認識の研究

画像の中に写っている物体の名称を特定する一般物体認識は昔から研究が盛んに行われてきている。代表的な汎用特徴量として SIFT 特徴量 [3] や SURF 特徴量 [4], ORB 特徴量 [5] が用いられてきた。これらの特徴量は物体の回転や照明変化に頑強であったが、見た目が似ているものを区別しにくい弱点があった。

2012 年に Alex ら [6] が Deep Convolutional neural networks(DCNN) を提案し、今まで研究者が設計した特徴量に代わって、DCNN が学習によって獲得した認識対象に適した特徴量を自動で抽出できるようになった。本研究でも DCNN の 1 種である Network in Network を用いた料理に特化した一般物体認識 [7] を実装している。この認識モジュールによって料理 1 皿につき 0.5 秒以下で上位 1 位では 74% の精度で、上位 5 位では 93.5% の精度で認識することが可能である。

3.2 写真撮影支援

ユーザへ撮影の支援を行う特許は多く存在している。ユーザの撮影に先立ってアドバイスを行うカメラにオリンパス光学工業株式会社の特許 [8] が存在する。適した構図にユーザを導く点で同じであるが、人物を対象にしていること、カメラ姿勢の指示のみである点で異なる。

キャノン株式会社の特許 [1] ではターゲットマークを用いて被写体を適切な位置に合わせて撮影できるよう支援を行っている。しかし、人物や風景写真のみに特化している。本研究では料理を対象としており、人物や風景では不可能な、被写体の配置指示を行うことに差異がある。

3.3 画像編集

画像内の被写体の再配置や、構図の変更を行う研究としてリターゲットングがある。Lingang Liu ら [9] は写真の良さを 3 分割法、対角構図、写真のバランス、サイズから数値化し、リターゲットングを行った。3 分割法、対角構図とは写真における有名な構図である。しかし、この手法は既存の画像から一部を切り抜くので、2 つの被写体の位置を入れ替えるなどの操作は行えない。我々の研究では撮影前に指示を行うのでユーザの手で料理を並び替えることができる。

画像の光源を変更させる研究としてリライトングがある。Peiran Ren ら [10] はニューラルネットを用いて画像の光源を撮影後に編集する手法を提案した。料理写真においても光を当てる方向や強さはおいしく見せるために重要な要素であるが、この手法では数 100 枚の写真を撮影しなければならず、素人には扱えない。我々は素人を対象としているところ、構図に着目している点で異なる。

画像内の被写体の遠近感を推定することで、撮影後にボケを付けることができる。Fayao Liu ら [11] は一枚の画像から画像の奥行き推定を行った。画像の奥行きが推定できれば、その奥行きにしたがって画像にボケを付けることができる。料理写真に限らず写真を魅力的にする方法の一つにボケが存在する。スマートフォンによる撮影では、ボケをつけることができないので有用であるが、我々は写真の構図に着目した。

4. 手 法

本システムは料理がおいしく見える構図をユーザに提示する。決定手法と提示手法を説明する。

本論文では構図という言葉がたびたび登場する。ここで、本論文における構図の定義を行う。構図とは料理写真内における「料理の数」と、それぞれの「位置」、「回転角」、「占有面積」、そして「撮影時のカメラの角度」のことを意味している。構図を構成するこれらの要素が一意に決まることを構図が決定されると定義した。よって、本システムではユーザに対してこれらの要素を指示することで、撮影支援を行う。また、本論文では基礎構図という言葉を用いる。よって、基礎構図の定義も行う。基礎構図とは構図を決定するための指針である。この基礎構図は風景写真や人物写真などでも適用されるものである。代表的なものとして、「日の丸構図」「対角構図」「フィボナッチ螺旋」「三分割法」などが存在しており、本システムでもこれらを採用している。また、本論文において料理をメイン料理とサブ料理の 2 種類に分類している。メイン料理とはユーザが一番メインにして撮影したいと考える料理であり、通常は主菜である。サブ料理はメイン料理ではない料理を指す。

我々はこれらの基礎構図を料理写真にも適用できると考え、多くの料理写真を観察し、料理写真について調査 [2] をした結果、プロが撮影した料理写真の多くは以下の条件の下で基礎構図が適用されていることを発見した。

条件 1 メイン料理の皿の形が円形、正方形、長方形 or 楕円形の 3 種類うちいずれか。

条件 2 メイン料理の皿の面積が、メイン料理の料理部分の面積の 2 倍以上、または未満。これら 2 種類のうちいずれか。

条件 3 サブ料理の数が 0 皿か 1 皿以上か。

以下、本論文では条件 2 の前者を大料理、後者を小料理と呼ぶ。

これらの条件に従い、基礎構図を決定し、その基礎構図に沿ってシステムが構図を作成し、ユーザに提示する。我々のシステムではこれらの条件の全ての組み合わせを予め作成しておく方法は採用していない。もし採用したとすると、メイン料理とサブ料理をそれぞれ 5 種類ずつと想定し、テーブルの上に 4 皿ある場合の構図は 5^4 通りになる。さらに、テーブルの上に 3 皿、2 皿、1 皿の場合も考えると、全てを人手で作ることは非現実的である。よって、我々は基礎構図を用いる手法を提案する。基礎構図を用いた手法であれば、表 1、表 2 で示す分類に従った構図を作成する。構図を料理の分類ごとに部品として保存しておき、これを組み合わせることでユーザに提示する構図を作成するので、全てのパターンに対応できる。

表 1、表 2 で表される基礎構図から構図を作成した例を図 1、図 2 に示す。本システムは、基礎構図をそのままユーザに示す

表 1 メイン料理 1 皿の分類と適する基礎構図

皿の形	料理のサイズ	基礎構図の分類
円形	大料理	(a) 三分割法
	小料理	(b) 日の丸構図
長方形 or 楕円形	大料理	(c) 対角構図
	小料理	該当料理無し ^(注1)
正方形	大料理	(d) 対角構図+日の丸構図
	小料理	(e) 対角構図+日の丸構図

表 2 メイン料理 1 皿+サブ料理 1 皿以上に適する基礎構図

メイン料理の皿の形	料理のサイズ	基礎構図の分類
円形	大料理	(f) 対角構図+フィボナッチ螺旋
	小料理	(g) 対角構図+三分割法
長方形 or 楕円形	大料理	(h) 対角構図
	小料理	該当料理無し ^(注1)
正方形	大料理	(i) 対角構図+日の丸構図
	小料理	(j) 対角構図

のではなく、具体的な構図を示すことで、素人のユーザでも扱えるインタフェースを提供する。図 1、図 2 はシステムが示す構図の例である。青のエリアにメイン料理を配置し、緑のエリアにはサブ料理を配置する。ユーザは提示された構図を見ながら撮影したい料理を並び替えることで、構図に料理を合わせて撮影を行う。詳しくは次の章で説明する。

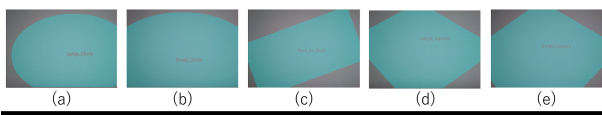


図 1 メイン料理 1 皿の場合の可視化された構図。青のエリアにメイン料理を配置する。この図は表 1 と対応している。例えば、(a) では円形の大料理の場合に示される三分割法を示している。

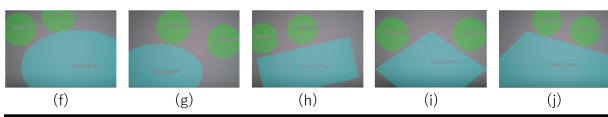


図 2 メイン料理 1 皿に加えてサブ料理 2 皿の場合の可視化された構図。サブ料理のエリアが緑で表される。メイン料理のエリアは青で表される。この図は表 2 と対応している。例えば、(f) では円形の大料理の場合のフィボナッチ螺旋によって作られる構図を示している。

構図の作成方法を説明する。メイン料理とサブ料理の分類ごとに構図が部品としてシステムに予め保存されている。基礎構図が決定された後、それらの部品を基礎構図のルールに従って組み合わせることでシステムは構図を作成し、ユーザに提示する。

例えば、フィボナッチ螺旋の基礎構図を元に構図を作成する場合、図 2-(f) のように、螺旋の終点上にメイン料理を配置する。サブ料理はフィボナッチ螺旋の螺旋上に接する角度で置く。図 2-(f) では、サブ料理が丸皿だが、図 3 のように、サブ料理が長方形の皿の場合、同じサブ料理でも 3-(a) と図 3-(b) のように表示される位置によって傾きが異なる。このように皿の形状によって異なる構図が作成される。



図 3 フィボナッチ螺旋の基礎構図に長方形のサブ料理を配置した構図。同じサブ料理でも置く位置によって長方形の傾きが変わる。(a) サブ料理 1 皿目に長方形の皿を配置した場合。(b) サブ料理 2 皿目に長方形の皿を配置した場合。

5. インタフェース

この章では本システムが提供するインタフェースについて説明する。ユーザは料理の情報をシステムに入力し、システムが構図を提示する。提示された構図に合わせてユーザは料理を並び替えて撮影を行う。料理の情報を入力する方法 2 種類と、提示された構図に合わせて方法について順番に説明する。

5.1 マニュアル入力

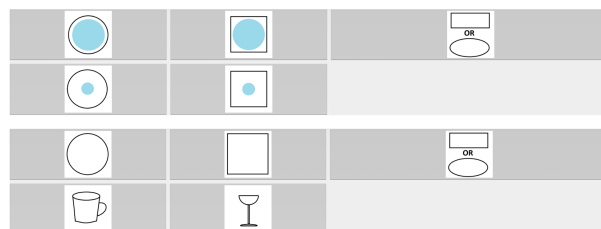


図 4 料理を入力するアイコン。上部 5 個がメイン料理を選択するアイコンで下部 5 個がサブ料理を選択するアイコン。

料理の情報を入力する方法 1 つである。図 4 をユーザが選択することにより、メイン料理とサブ料理をシステムに入力する。ここでは、アイコンの意味を説明する。

アイコンの黒い円や矩形は皿の形を表している。例えば図 4 の左上のアイコンは黒い円が描かれているので、丸皿を意味している。右上のアイコンは長方形と楕円が描かれているので、長方形または楕円の皿がメイン料理の場合にユーザが選択する。アイコンの青い円は皿に対する料理の大きさを表している。つまり大料理か小料理のどちらかを表している。図 4 の左上のア

(注 1): そのような料理は一般的でない

アイコンは青の円が大きく表されている。これは大料理を表す。一方、青の円が左上のものに比べて小さいアイコンもある。こちらは小料理を表している。

メイン料理を選択した後、サブ料理を選択する。サブ料理を選択するアイコンは図4の下部5つである。サブ料理を選択する場合、メイン料理を選択する場合と異なり、アイコンに青の円が無い。サブ料理では大料理と小料理の区別が無いためである。また、カップとグラスのアイコンが追加されている。カップとグラスは料理では無いが、メイン料理と同時に撮影する機会が多いと考えたので、例外的にサブ料理に加えた。メイン料理が「円形小料理」の場合はサブ料理は2皿、それ以外の場合はサブ料理は3皿まで選択できる。また、サブ料理を1皿も選択しないこともできる。

撮影時のインターフェースでは、図4とで選択されたアイコンから表1、表2のルールに従い構図が決定され、ユーザに提示される。

5.2 料理認識による入力

本システムでは図4やでアイコンから皿の形と料理の大きさをシステムに入力する方法とは別に、料理に特化した一般物体認識 [7] の認識モジュールを実装している。認識できる料理は100種類である。アイコンで選択する手法では料理名が得られなかったが、認識を行う方法では料理名を知ることができるので、撮影時のインターフェースの時に、より親しい構図を提示することができる。認識は料理1皿につき一回行う。認識を行うときは画面内に写る料理は1皿のみであることが望ましい。また、撮影する角度は料理が十分に見える角度を保つ必要がある。

認識によって、システムは写っている料理の料理名を得る。システムは料理名を得ると、予め保持している100種類の料理と、対応する皿の形データベースから検索し、皿の形を推定する。このデータベースは料理に対して一般的に使用される皿を想定したデータベースであるので、もし料理が想定外の皿に入れていると、正しく料理名を認識できても、正しい構図を提示できない場合がある(正方形の容器のラーメンなど)。ただし、一般的な皿に盛られていない料理は、おいしそうに見える構図で撮影してもおいしく撮影することは難しく、構図以外の支援を必要とするので、今回は対象外とした。認識を用いることで、ユーザが選択する手間を省くことができる。素人のユーザの場合、大料理と小料理の判断が難しい場合もある、また料理名が撮影時のインターフェースで表示されるので親しい構図提示が行える。一方、アイコンを選択する時間に比べて認識には時間がかかってしまう(1回につき0.5秒程度)。また、100種類以外の料理にはこの入力方法は使えないといったデメリットもある。

6. 撮影時のインターフェース

ユーザは図5の画面で料理写真を撮影する。

撮影時のインターフェースには青の領域が1つと、緑の領域が0個以上表示される。青の領域はメイン料理に対応しており、緑の領域はサブ料理に対応している。マニュアル入力または料理認識による入力より、表1と表2から導かれた構図である。図5ではそれぞれの領域の中心に料理名が表示されている。ユーザがアイコンを選択する方法で入力した場合、ここに料理名は表



図5 料理撮影時のインターフェース。青の領域がメイン料理、緑の領域がサブ料理を表す。それぞれの領域の中央には料理名や皿の形が表示される。図はメイン料理が丸皿大料理、サブ料理は丸皿が3皿である。

示されない。認識を用いた場合、料理名が表示される。ユーザはここに表示された構図を見ながら料理を並び替える。また、並び替えながら右下の「傾」を確認する。右下の漢字「傾」は端末の傾きを表しており、端末の傾きが構図で規定された傾きの範囲内ならばピンク色に、それ以外の傾きでは黒色になる。ユーザは端末を片手に持ちながら料理を並び替えることになる。もし「傾」が無い場合、ユーザは並び替えと、端末の傾きの維持を同時に行わなければならない、操作の難易度が高くなる。しかし、「傾」によって、端末の傾きが可視化されるので、ユーザは端末の傾きの維持に気をを使う必要が無くなり、操作しやすくなる。ユーザは、「傾」を確認しながら料理を並び替えた後、図5の右中央にあるシャッターボタンを押すことで、撮影を行うことができる。ここで撮影された画像は端末に保存される。

7. 実験と考察

本システムの有用性を示すために2つの実験を行った。被験者にシステムを用いて撮影した結果が、我々が想定した構図に似ているかを確認する実験と、その結果がおいしそうに見える写真になっているかどうかを確認した。本システムはモバイルアプリとしてAndroidで実装を行った。実験もAndroid4.2.2のXperia Tablet Zを用いて行った。比較実験の際にも全て同様の端末で行っている。

7.1 操作性評価実験

本システムを用いて写真を撮影するときの操作性を評価するために、被験者の主観評価による実験を行った。被験者は20代の男性7人で、本システムの操作経験は無いが、Android端末の操作には十分に慣れている。被験者に食品サンプル(図6)と本システムを用意し、本システムの操作説明を行った後、食品サンプルを用いて撮影を行うなど、自由に操作してもらった。操作時間、写真の撮影枚数は自由とした。被験者が満足するまで本システムを使用してもらった。その撮影結果が図7である。また、撮影後にシステムを使用した感想を自由に書いてもらった。

7.2 システムの操作性の評価実験の結果

被験者が撮影した写真の一部を結果として図7にまとめた。図7を見ると、本システムに始めて触ったユーザでも図2で

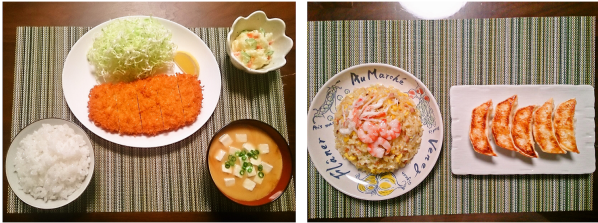


図 6 システムの操作性の評価実験において用いた食品サンプル。これらのサンプルを用いて自由に撮影してもらった。



図 7 被験者が撮影した食品サンプルを用いた写真の一部

表された構図に似ている構図で撮影できている。これは本システムの操作性が良いことを示している。被験者から頂いた感想には、素人が普通に撮影するよりおいしそうに撮影できたといった意見があった。これは本システムが目指していることなので、目的が達成されたといえる。また、得られた貴重な意見として、認識と撮影で遊ぶ娯楽アプリケーションとしての方向でも発展させても面白いという意見があった。今後の発展の方向性の一つとして考えられる。一方で、システムの改善したほうが良い部分としては、撮影結果をすぐに確認できない問題や、提示する構図をユーザ側である程度選択したいという意見が寄せられた。Android の一般的なカメラアプリでは撮影した写真は撮影後すぐに確認できる。しかし、本システムでは行えないのでこのような意見が寄せられたと考える。また、提示する構図を1つではなく、複数提示し、ユーザが選択する方法にはどうかという意見があった。今後の課題として、素人が簡単に扱えるシステムという前提を守りつつ検討していきたい。

改善点や問題点がいくつか明らかになったが、素人が操作しやすく、おいしそうに撮影できるという条件はクリアしていると考えられる。

7.3 クオリティ評価実験

システムで撮影した写真が本当においしそうに見えるのが調査するための評価実験を行った。被験者を三つのグループに分けて実験を行った。ここでは A,B,C 群と呼ぶ。被験者 A 群にはシステムを利用してもらい、食品サンプル(図7のどなかつ定食)を撮影してもらった。実験の効率化のために、被験者 A 群は 7.1 節の実験の被験者とし、撮影した写真は 7.1 節で被

験者の中、3人が撮影した写真を利用した。被験者 B 群には、システムを用いずに被験者 A 群と同じ食品サンプルを撮影してもらった。この時、撮影時間、撮影枚数は自由とし、撮影前にできるだけおいしそうに撮影するように伝えた。また、必ず4皿全てを含んだ写真を撮影するように伝えた。撮影端末は被験者 A 群と同じ Android 端末である。今回の実験では被験者 B は男性3人である。彼らは写真撮影の知識を持ってないが、時々料理写真を撮影して SNS にアップロードすることはある。また、Android 端末の扱いには慣れている。最後に被験者 C 群に被験者 A,B 群が撮影した写真を並べたものを3枚(図8)見せ、どちらがおいしそうに見えるか回答してもらい、さらに全ての中で一番おいしそうに見える写真と、一番おいしそうに見えない写真を回答してもらった。被験者 C 群は男女合わせて18人である。

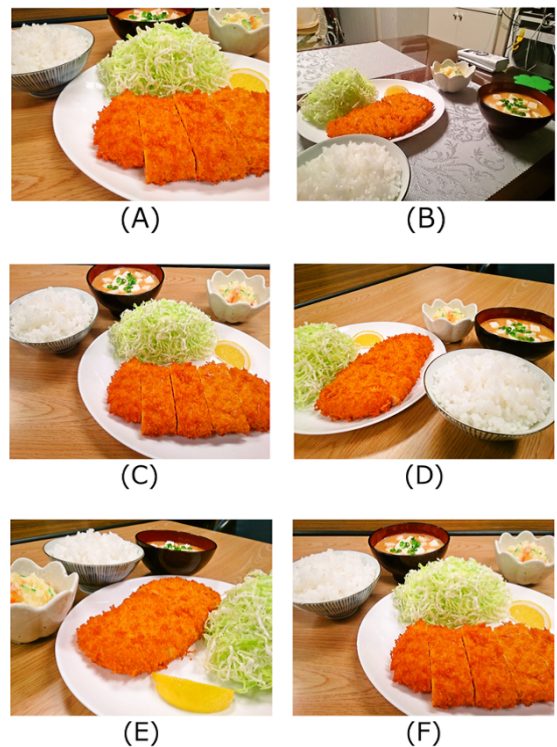


図 8 被験者 C 群に見せた写真。左が被験者 A 群がシステムを用いて撮影した写真、右が被験者 B 群がシステムを用いずに撮影した写真。

7.4 システムで撮影した写真に関する評価実験の結果

被験者 C 群にアンケートをとった結果を図9に表す。

実験の結果、全ての組み合わせにおいて、被験者 C 群の全員がシステムを用いた画像のほうがおいしそうに見えると回答した。また、全体の中の最もおいしそうに見える写真への投票は図9が表すように、システムを用いた写真3枚にばらけており、最もおいしそうに見えない写真への投票は図8-(B)と回答する人が多かった。

本システムを用いた写真と、用いなかった写真を比べた結果、図9からシステムのほうがおいしそうに撮影できていることが

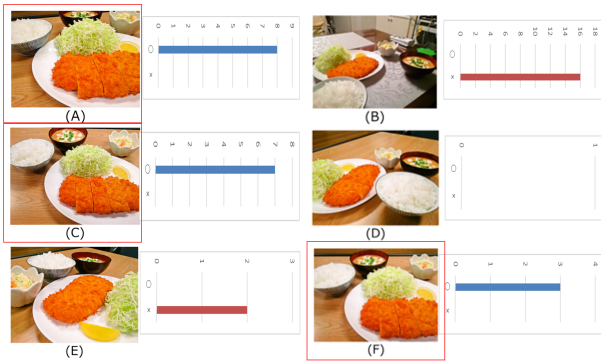


図 9 最もおいしそうに見える, 最もおいしそうに見えないと回答されたアンケート結果.

わかる. また, システムを用いない被験者 B 群の中の 1 人が撮影した画像 (図 8-(B)) を見ると, 料理を並び替えていないことがわかる. 料理写真の素人は写真をおいしそうに撮影しようとしたときに, カメラアングルは調整するが, 料理を並び替えない人もいる. また, 被験者 B 群の中, 料理を並び替えた写真 2 枚を見ると, 直感で並び替えているので, メイン料理のとんかつが大きく写らないような構図になってしまっている. 撮影中の様子を観察していたところ, 4 皿全てを写真に写さなければならぬという制限によって, カメラのアングルと料理の配置に悩んでいるようだった. また, 被験者 B 群の撮影した画像は料理写真のほかに背景が大きく写りこんでしまっているものもある. おいしそうなる料理写真を撮影するためには背景が写りこむことを防ぐ必要がある. 本システムは端末の角度と, 料理を置く位置を指定することで, 背景が写りこむことを防いでいる. また, 4 皿からなる定食を撮影するとき, メイン料理を大きく写しつつ, サブ料理もしっかりと見える構図を提案できている. 構図を良い構図にすることで写真がおいしそうに見えることを改めて示したと同時に, 本システムの有用性を示せた.

8. 結 論

本研究では, 素人でも簡単な操作でおいしそうなる構図で料理写真を撮影できるシステムを提案した.

我々は写真の中でも, 多くの人が撮影する機会の多いが, 撮影支援システムが存在しない料理写真に着目した. 従来の構図支援の問題点であった, どの構図を選ぶべきかわからない. どのように構図を適用すればよいかわからない. といった料理写真撮影の素人が抱えている問題を解決した. 被験者への実験を行った結果, 素人でも本システムで想定した構図で撮影することができることが示されたとともに, 素人が撮影した写真よりもおいしそうに見えることが示された. 本システムは [12] で公開している.

本システムを用いて撮影した結果を一覧として図 10 に示す.

9. 今後の課題

本システムの今後の課題として, UI の充実や, 構図の複数提示があげられる. 実験で得られた改善点として, 撮影後の画像の確認をできるようにしてほしいといった意見が得られた. ア



図 10 本システムを用いて撮影した日常の料理.

ンドロイドの一般的なカメラアプリでは撮影後にすぐに撮影した写真を確認することができる. 本システムでも同様のインタフェースを実装する意義があると考えられる. また, 本システムは構図を一気に決定し提示する. ユーザ実験では複数の構図を提示してもらい, その中から 1 つをユーザが選択する方法に改善する意見が得られた. 現在の構図作成アルゴリズムでは対応できないが, 今後の課題として検討していきたい. その場合, システムが提示する構図の優先度も同時に提示できるとユーザに対して親切だと考える.

文 献

- [1] 増田晋一. カメラ. 特開 2002-131824, 2000.
- [2] Nicole S Young. Food Photography From Snapshots to Great Shots, 美味しさを切り取る料理写真の撮影テクニックスナップ写真をコマースフォトに仕上げる, 第 279 巻. 株式会社ピアソン桐原, 初版, 2012.
- [3] D. Lowe. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, pp. 91–110, 2004.
- [4] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, and L. V. Gool. Surf: Speeded up robust features. In *Computer Vision and Image Understanding*, pp. 346–359, 2008.
- [5] E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige, and G. Bradski. ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF. In *Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 2564–2571, 2011.
- [6] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp. 1097–1105, 2012.
- [7] 岡元晃一, 柳井啓司. Deepfoodcam: Dcnn による 101 種類食事認識アプリ. 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU), 2015.
- [8] 渡辺洋二. アドバイス機能付きカメラ. 特開 2003-338955, 2003.
- [9] Lingang Liu, Renjie Chen, and Lior Wolf Daniel Cohen-Or. Optimizing photo composition. *Computer Graphics Forum*, Vol. 29, No. 2, pp. 469–478, 2010.
- [10] P. Ren, Y. Dong, S. Lin, X. Tong, and B. Guo. Image based relighting using neural networks. *ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH 2015*, p. 111, 2015.
- [11] F. Liu, C. Shen, and G. Lin. Deep convolutional neural fields for depth estimation from a single image. In *Proc. of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 5162–5170, 2015.
- [12] Delica. <http://foodcam.jp/Delica/>.