

器の類似検索を用いた料理画像参照 による器活用支援に関する研究

総合情報学研究科
知識情報学専攻

インタラクションデザインの理論と実践

24M7112

高橋 りさ

論文要旨

食品を盛り付ける器や盛り付け方は、料理・食卓の印象を大きく左右する。本研究では、来客に提供する食事や SNS への投稿を想定した料理など“他者の審美的な評価に関わる”料理を対象とし、器選択・盛り付け方により料理を様々に演出する調理体験の拡張を目指す。そのためには、料理提供者は料理と器の多様な組み合わせ方、盛り付け方を把握し実践する必要があるが、それらは一般的に調理経験の蓄積や盛り付けの試行錯誤を通じて獲得されるものであり、属人的な側面が強い。そこで、ユーザが所有する器や店頭で販売されている器を対象に、外観特徴が類似した器を用いた料理画像を参照させるシステムを提案する。これにより、その器に料理を盛り付けるイメージ形成・知識獲得を促すことを目指す。

提案システムでユーザに参照させる料理画像はレシピサイトより収集し、それらのうち器領域のみ切り抜いた画像を作成することで、料理画像と対応づけられた合計 9,636 件の「器画像データセット」を用意した。システムの処理として、ユーザはまず盛り付けを参照したい器をスマートフォンで撮影し、その器が画像として入力される。次に Oneformer を用いたセグメンテーションが行われ、器領域の切り抜き処理が行われる。このとき、データセットの画像は食品領域により器中央の領域が遮蔽されているのに対し、撮影された器画像は遮蔽されていないという構造であり、この非対称性がのちの類似検索に影響を与える恐れがある。そこで、クエリの器画像に対し、器領域中央に円形のマスクを施す処理を追加した。この画像を検索クエリとし、器画像データセットの中から類似したものを検索する。検索には、色や模様などの外観特徴を抽出可能な自己教師あり学習モデルである Augnet に基づく類似度算出ライブラリを使用した。その結果類似度が上位であった器が“クエリと類似した器”として採用され、対応する料理画像がユーザに提示される。このシステムを使用することで、ユーザは自身の所有する器や店頭で興味を持った器について、その活用法についての着想を得ることが期待できる。

提案手法における類似検索の妥当性を測るため、実験参加者 31 名に、自宅で所有する器を提案システムで撮影し類似性を評価してもらう実験を行った。合計で 138 件の器画像が撮影された。実験に使用したシステムでは、器が撮影されると、その器をクエリとし器画像データセットの各画像との距離が算出される。器画像が距離の小さい順に順位づけられ、4つの群（上位、上中位、下中位、下位）に割り振られた上で、各群から 3 件ずつサンプリングされる。サンプリングされた器画像に対応する料理画像計 12 件を実験参加者に提示し、撮影された器との類似性をそれぞれ 5 段階で評価してもらった（1. 似ている—5. 似ていない）。結果、評価の平均は上位群 3.469、下位群 4.068 であり、4つの階層で相関関係を示した。また、クエリの器画像について、マスクあり条件とマスクなし条件で比較したところ、全ての群で効果量が負であり、マスクあり条件で検索された器の方が比較的高い類似性があると評価された傾向を示した。以上の結果から、マスク処理を含む本類似検索手法は一定の妥当性を示した。次に、器の購入場面を想定したユーザ実験を行った。実験では、同一の実験参加者に、システムを用いない器選択と、システムを用いた器選択を行ってもらい、その際器への盛り付けイメージが形成された程度を 4 段階で回答してもらった。結果、7 名中 5 名において、システムあり条件で 1~2 ポイント上昇し、システムにより盛り付けイメージ形成が促進される可能性を示した。今後は、機能面が一致した器の検索や、料理や印象など多様な起点での盛り付け参照の実現により、より包括的なシステムへと発展させる。

目次

1	序論	1
1.1	器の選択と盛り付け方が料理の見栄えに与える影響	1
1.2	料理の盛り付けが行われる場面	2
1.2.1	本研究で対象とする場面	3
1.3	盛り付けの参照による知識獲得とその課題	4
1.4	課題解決のアプローチ	5
1.5	本論文の構成	6
2	関連研究	7
2.1	食と人間のインタラクション	7
2.2	料理における器の審美的な影響と選択支援	8
2.3	類似画像を用いた商品使用例の参照	10
2.4	本研究の立ち位置	12
3	デザイン指針	13
3.1	盛り付け参照の活用方法と貢献	13
3.2	類似した器による参照	14
3.3	要件1：器の撮影・入力	15
3.4	要件2：器領域の識別と器の類似検索	15
3.4.1	類似画像検索における課題	15
3.4.2	オクルージョン問題の性質と一般的な対処法	16
3.4.3	本研究での対処法	17
3.4.4	マスク処理が画像類似検索に与える影響についての検証	19
3.5	要件3：器が類似している料理画像の出力	21
3.6	本稿での検証事項	22
4	実装	23
4.1	データセット用意・器領域切り抜き	23
4.2	器画像の入力・器領域切り抜き	25
4.3	画像中央へのマスク処理	26
4.4	類似度算出	26
4.5	器の深さについての絞り込み	27
4.6	処理フロー	27
4.7	インターフェース	28
5	計算機と人の類似性評価の適合度についての検証	30
5.1	本実験の立ち位置と実験設計	30
5.2	実験に使用したシステム	31
5.3	実験結果	31

5.3.1	評価対象の具体例	31
5.3.2	分析 1：人と計算機の類似評価の適合度	33
5.3.3	分析 2：マスクの有無による適合度の違い	34
5.4	総括	35
6	料理画像参照による盛り付けのイメージ形成促進についての検証	36
6.1	本実験の立ち位置と実験設計	36
6.2	実験手順	36
6.3	実験結果	37
6.3.1	料理の盛り付けイメージ形成の促進について	37
6.3.2	器の選択における盛り付け参照の影響について	38
6.3.3	お気に入り登録された器について	38
6.3.4	システムについての意見	39
6.4	総括	40
7	考察	42
7.1	提案手法の成果と限界	42
7.2	展望	42
8	結論	45

1 序論

1.1 器の選択と盛り付け方が料理の見栄えに与える影響

食事は、栄養摂取を目的とする行為であると同時に、人の日常生活を豊かにする重要な活動の一つである。特に日本では、日本料理だけでなく西洋料理や中華料理、エスニック料理といった世界各国の多様な食事を嗜むことができる環境にある¹。食事の楽しさを構成する要因は、料理の味だけではない。料理の味がいかに優れていたとしても、外観が好ましくない場合、人がその料理を口にする可能性は低い [9]。料理の視覚的な魅力を高めることが、その料理へのポジティブな評価 [26] や、味を底上げすることにつながる。また、食品そのものだけでなく、食事を構成する要素が複合的に影響して、料理や食事全体の見た目の魅力が生まれる。例えば、「ハンバーグ、サラダ、スープ」という食品を提供する場面を想定する。これらの料理を紙の深皿に個別に盛り付け、装飾を施さずにテーブル上に配置して提供した場合、その食卓は素朴な印象を与えると考えられる。一方で、花の意匠が施された平皿にハンバーグとサラダを盛り合わせ、スープを陶器のスープカップに盛り付け、さらにテーブルクロスやキャンドルを用いて演出した場合、その食卓はおしゃれな印象を与えることが想定される。このように、ある料理があったとき、それらを盛り付ける器の選択、器への盛り付け方、カトラリー、インテリアや照明効果といった演出の仕方によって見た目の印象を大きく変化させることができる。本研究では、“食事の提供者”の観点から、料理の印象を特に左右する「器の選択」と「器への盛り付け方」に着目した。器の選択とは、作成した料理をどのような色 [27] や形、材質の器に盛り付けるかどうかである。盛り付け方は、選んだ器に料理を単品で盛り付けるのか付け合わせを添えるのか [24] や、どの程度の量 [30] でどの程度の高さを出すのか、料理をどのように配置するのかなどを指す。

飲食店や一般家庭においては、器の選択や盛り付け方の工夫によって料理を演出し、ひいては食事体験全体の質を高める取り組みが行われている場合がある。飲食店では、店内のスタイルと料理に使われている器のスタイルが一貫している傾向があり、その店の特色を演出するのに器が大きな役割を果たしている。ここで言うスタイルは、先ほど例示した和風・洋風といった様式だけではなく、様々な審美的な印象を含む。例えば、シックな内装の高級レストランではシックな器が使用されていたり、カジュアルなカフェではカジュアルなデザインの器が使われている傾向がある [37]。このように、店のコンセプトとそこで使う器の印象を統一することで、料理の魅力が引き立てられている飲食店は多くある。一般家庭では、見栄えにこだわって料理を作り、気に入った器に美しく盛り付けることが楽しめる場合がある。このとき、食事のコンテキスト [14] や料理提供者の意図に合わせた盛り付け方により料理の見栄えを引き立てることができると考えられる。例えば、恋人に誕生日祝いの手料理を振る舞う時は、高級感のある器に料理を上品に盛り付けることで、大人びた自分をアピールしつつ特別な雰囲気演出することができる。夏の暑い日には、ガラスの器に料理を盛り付けることで、食事をする人に冷涼感を感じてもらうことが期待できる。子供連れの友人が遊びに来たときには、カラフルなイラストが施された器 [15] や、星形や花形など遊び心のある器を使用することで、子供も一緒に視覚的に楽しめる食卓を演

¹<https://www.statista.com/statistics/1358528/cities-with-most-michelin-starred-restaurants-worldwide/>(2026/1/11 確認)。

出すことができる。このように家庭で料理を提供する場面では、料理の提供者は食事のコンテキストに合わせた器の選択・料理の盛り付けにより食卓を演出することで、自己表現したり [18]、相手がより心地よいと感じてもらえるような食事空間にすることができる。このように、器の選択や盛り付け方を工夫することは、食事のコンテキストに沿った印象や、料理の提供者が意図する雰囲気や料理に反映させ、食事をより多様で心地よい体験にすることを可能にすると考えられる。

1.2 料理の盛り付けが行われる場面

料理が盛り付けられる場面は、前節で述べたような飲食店、一般家庭のみならず、その前後の文脈や、評価・共有・制約といった観点の違いによりさまざまなものが挙げられる。本節では、料理が検討・提供される場面と、その際盛り付けに要求される役割について整理する。

第三者の目線・評価が深く関わる場面で提供される料理の盛り付けは、味だけでなく外見についての審美的な評価が行われることを前提としている場合が多い。例として、料理コンテストや SNS への投稿、接待・来客時に人にもてなす料理などが挙げられる。これらの場面、特に SNS への投稿の際は、実際に食べる人ではなくその写真を「見る人」からの評価がされるため、盛り付けの美しさ・独創性といった料理の審美面が重要視される。

制約条件が多く自由な盛り付けができない状況下では、盛り付けを工夫する余地は限定的である。例えば、給食や食堂で提供する料理として大量調理を行った場合、同一の量・器での盛り付けを大量に、効率的に行う必要がある。病院食や介護食では、嚥下のしやすさや栄養バランスが前提条件となっており、使用できる食材や調理方法が限られている。弁当やテイクアウトの料理を盛り付けるときは、運搬中に崩れないような配置や高さにする配慮が求められる。このように、作る料理や盛り付け方が、料理を食べる人の属性や調理・食事の状況によって制限される場面がしばしばある。そのような場面では、料理を美味しく見せるための盛り付けにおいて、丁寧さや個性を表現することは比較的困難となる。

料理に関する学習や設計・検討を行う場面では、盛り付けを一つの情報・知識として扱うことが求められる。例えば、調理実習や専門学校、料理教室で料理を学ぶとき、盛り付け方など審美面の知識についても指導される場合がある。しかし、これらの場面では調理する料理を講師が事前に決定していたり、調理に使用可能な器が限定的であるため、制約が多いと言える。レストラン開業時やメニュー開発時は、店の世界観や開発者のコンセプトがしばしば器や盛り付けに反映される。同時に、価格帯やターゲットとする客層との整合性、洗いやすさなどの運用面も考慮する必要があるため、使用する器、その使用方法における制約が多いケースであるといえる。他にも、一般家庭の人が、所有しているものの使用していない器を活用したいときや、新規購入を検討している器を前にしたときは、「どのような料理を盛り付けられるか」「どのように盛り付ければ美しいか」などが分からない状況であり、盛り付けの具体的なイメージを持つことがその器の活用や選択において必要になる。

食事を通して何かしらの感情や体験を作り上げることを目的とする場面では、その意図を器や盛り付け方に反映させることが有効である。前節で述べたように、記念日や季節行

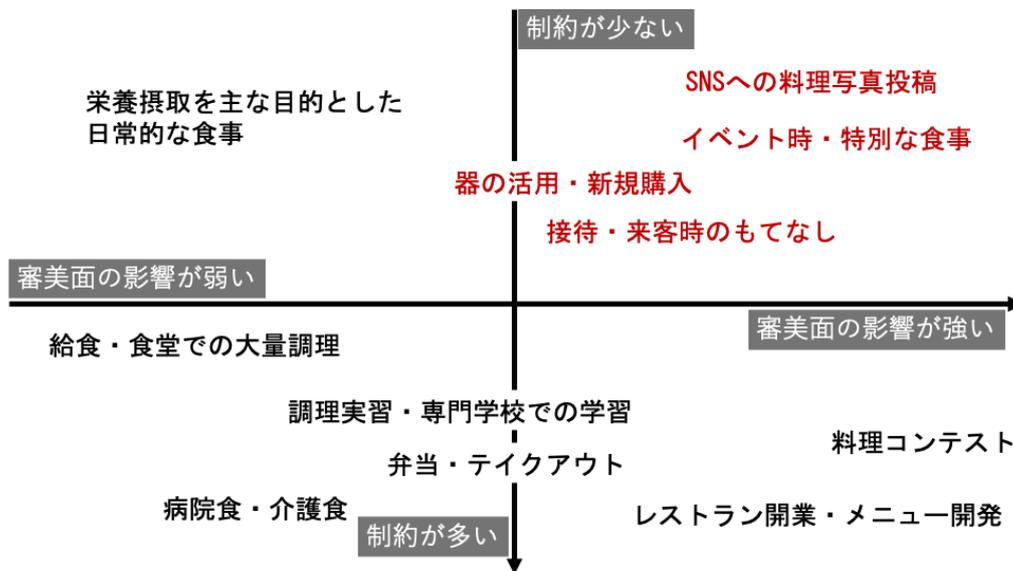


図 1.1: 料理が検討・提供される場面の一例。使用可能な料理・器や盛り付け方についての制約の多さと、盛り付けにおける審美面の影響の強さに基づき分類した。

事では盛り付けにより特別感を演出したり、子供への料理では器の色・形や盛り付けの配置を工夫することで食べやすさ・楽しさをもたらすことができる。これらの場面では一般的に、使用する料理やその提供場面、器の種類についての制約が比較的少なく、器の選択・盛り付け次第で幅広く料理を演出することが可能である。

1.2.1 本研究で対象とする場面

前項で取り上げた料理の盛り付けに関わる場面を、「審美面考慮の必要性」と「制約の多さ」という2軸に基づき整理した(図 1.1 参照)。中でも、第1象限に位置するケースでは、盛り付けにおける審美的な側面・他者評価の考慮が求められる状況でありながらも、制約となる条件が比較的少ない。そのため、作成する料理、盛り付ける器、盛り付け方など、食事を構成するそれぞれの要素について多数の選択肢がある状況である。そのような状況下で、企図した印象や演出を、料理と器の組み合わせ方や盛り付け方に反映させるためには、盛り付けのセンスや器の選択に関する知識と、それを実際の盛り付けに反映させる応用力が求められる。しかし、現状では、これらの知識や応用力は、調理経験の積み重ねや盛り付けの試行錯誤を通じて獲得されるものであり、属人的な側面が強い。そこで本研究では、「審美面の考慮が必要」かつ「料理提供における制約が比較的少ない」という条件を満たす場面(図 1.1 第1象限)を対象とし、料理提供者の盛り付けの知識獲得、器活用を支援する。これらの場面を見ると、食事の提供者が基本的に自宅で作成する料理であるという点が共通しており、その状況下での制約・容易に変更できない要素は「所有している器」と考えられる。また、所有している器をどのように活用するかという問題は、その器を入手・購入する段階での器選択においても同様に生じうると考える。購入の段階で、器に対して盛り付ける具体的な料理や使用イメージを明確にしておくことは、購入後、用途が分から

ず使用されていないという、しばしば見られる問題を防ぐことにつながると考える。保管スペースに制約のある器において、この問題を防ぐことは、器を多様な料理の盛り付けに活用することを目指す本研究において、重要な課題である。以上のことから、これらの場面のうち「器の活用・新規購入」を支援することが、図 1.1 の第一象限に位置する他の場面を支援することにもつながると考えた。したがって本研究では、所有している器の活用と、器の新規購入を支援する..

この「器の活用・新規購入」については、具体的に大きく以下の目的・要求が生じる場面が想定される。

- 自宅において、ユーザが所有している器を活用するため、その器に盛り付ける料理を決める。
- 食器屋など店において、ユーザが気になる器を見つけたとき、その器に料理を盛り付けるイメージを具体的にし、購入の判断材料にする。

第1の場面として、食器店やネットショッピングで気に入って購入したものの、実際には使用していない器や、盛り付ける料理が限定されている器がある場合が挙げられる。このような場合に、その器をより多様な料理の盛り付けに活用したいと考える状況が想定される。器が活用できない状態になる原因として、その器に盛り付けるのに適した料理がわからない、どのような料理をどのように盛り付けることができるかというイメージが、ユーザの中で明確になっていないことが考えられる。例えば、デザインが気に入って小鉢を購入したユーザがいたとする。しかし、ユーザの普段の料理レパートリーとして、丼ものやカレーライスといった大きな器に盛り付けられる料理が中心であった場合、一般的に小鉢に盛り付けられる料理 (e.g., ほうれん草の和物, きんぴらごぼう) のレパートリーが少ないため、結果的にその小鉢を活用する機会が少ない、または同じ料理ばかり盛り付けてしまうという状況が生まれる可能性がある。栄養摂取を目的とした日常的な食事においては、そのような器活用の仕方は問題ない。しかし、食事の提供者が意図する見栄えや印象をもたらすような器選択・盛り付けをにより食事を演出することを目的とした場合、料理や器の多様な組み合わせを把握しておく必要がある。したがって、ユーザが所有している器をより多様な料理の盛り付けに活用できるよう支援することを目指す。

2つ目の場面は、ユーザが器を入手する前の段階という点に着目し、「器の購入における判断材料」として器と料理の組み合わせを把握してもらうことに重点を置く。上記のようにすでに購入した器の活用に対してのアプローチだけでなく、購入する前に「どのような料理が盛り付けられるか」「自分が普段作る料理との相性はいいか」など、器のみを見ただけでは判断しにくい「購入後の使用イメージ」という観点からの支援を行う。これにより、ユーザの想定以上に多様な料理、想定していなかった料理への活用可能性が認識されたり、盛り付けたい具体的な料理が明確化されることにより、購入判断を支援する効果が期待される。

1.3 盛り付けの参照による知識獲得とその課題

器の選択・盛り付けにより企図する見栄え・印象を食事にもたらしするためには、食事の提供者は料理や器の多様な組み合わせを把握しておく必要がある。しかし、特定の器に盛り

付けられる料理を新たに発見することや、作った料理を普段と異なる器に盛り付けることは、器や盛り付けの知識がない人にとって容易ではない。料理と器の組み合わせについての知識を獲得する手法の一つとして、既存の盛り付け事例・器活用例を参照することが挙げられる。このときの参照方法は、料理提供者が普段作る料理を起点としその盛り付けに使用する器・盛り付け方を参照するというアプローチと、料理提供者が所有する器を起点とし盛り付けられる料理・盛り付け方を参照するアプローチの2つに大きく分けられる。料理を起点とする場合、Web上で料理名を検索すればその料理の画像が検索結果として表示され、どのような器にどのように盛り付けられているのかを参考にすることができる。しかし、その料理写真で使用されている器は必ずしもユーザが所有するものではないため、検索により得られた知識をユーザが自身の器やその利用状況に応用するという高度な技術が求められる。一方で、器を起点とする場合、所有している器を画像検索のクエリにする手法が考えられ、その結果として、ECサイトなどにある類似した器の商品画像などが出力される。このときECサイト上には、対象の器に料理を盛り付けられた画像は必ずしも多く掲載されていないため、盛り付けの参考源としては活用しにくい。より直感的かつ実用的な手法として、料理提供者が所有している器や、店頭で検討している器といった、「料理提供者がアクセス可能な器」を用いた盛り付け事例を参照することが考えられる。しかし、現状ではそのような参照を行う機会は限られている。また、世の中には多種多様な器があり、全ての器についての情報をインターネットや書籍上で参照することは現実的ではない。

このように、料理提供者が盛り付けの知識を獲得する方法は限られている。その上、料理提供者は獲得した知識を自身の料理や器のケースに応用するという高度な技術が求められる。盛り付けに関する専門的な知識を持たない人にも多様な盛り付けを実現してもらうことを目的とした場合、この現状は、盛り付けに関する知識の獲得および応用の難易度が高いという点で課題である。

1.4 課題解決のアプローチ

ここまで述べたように、他者評価が行われる料理提供場面では、特定の印象やコンセプトに応じた器や盛り付け方により料理を演出することで、食事の多様な楽しみ方を実現できると考えられる。しかし、その際利用可能な器は料理提供者ごとに異なり、各自の器に応じた盛り付けの知識、料理の組み合わせ方を拡張させることは、現状困難である。本研究では、この課題解決のアプローチとして、料理提供者のアクセス可能な器について、そこに料理が盛り付けられた画像を参照させることで、料理提供者に器使用イメージの形成を促す。審美性が考慮された既存の料理画像に基づき、対象の器にどのような料理をどのように盛り付けられうるかについての知識を獲得させることで、ユーザの器活用がより拡張されると考えられる。このとき、ある器について盛り付け方法の参照・知識獲得を行うためには、その器と完全に同一の器を用いたケースを使用する必要は必ずしもないとする。先行研究では、ある器があった時に、そのサイズ・材質・大きさ・深さといった属性が類似した器には、同様の料理を同様に盛り付けられるという、器の「可換性」を定義した [52]。本研究ではこの発想を器の審美面にも転用し、“ある器と、その器に色や模様、形状といった外観特徴が類似した器は、同様の料理を同様に盛り付けた際の印象が類似している”とい

う仮説を立てた。その仮説の下、所有している器や店頭で販売されている器など「料理提供者のアクセス可能な器」について、類似した器が使用された料理画像を機械的に提示することにより、あらゆる器についての盛り付け事例を擬似的に参照させることを目指す。

1.5 本論文の構成

本論文の構成は、以下の章からなる。本章では、食事における器や盛り付けの重要性と問題点、活用される場面と研究目的について整理した。2章では、器選択支援に向けたこれまでの取り組みや、類似アイテムの参照に関する既存研究を紹介し、本研究の立ち位置を明確にする。3章では、類似した器を用いた料理画像により盛り付け方法を擬似的に参照するというアイデアとそれに基づくデザイン指針を述べる。4章では、デザイン指針に基づいた、料理画像参照システムの実装について述べる。5章では、システムで使用した画像類似検索技術の妥当性について調査を行う。6章では、実際にシステムを使用した器選択をしてもらうユーザ実験の結果と、そこからわかる有効性・課題について議論する。7章では、考察を述べ、8章では結論を述べる。

2 関連研究

本章では、本研究の関連研究として、まず、料理分野における意思決定の複雑さ・既存の支援について述べる。その中でも特に器の活用に関する研究を調査し、これまで行われてきたアプローチと課題点について整理する。また、「類似画像を用いた参照」というアプローチが分野を超えてどのように活用されてきたかについて述べる。最後に、その参照の実現に必要な、画像類似検索技術の動向について述べる。

2.1 食と人間のインタラクション

コンピュータ技術の発展に伴い、インタラクティブ技術と食品の融合についての関心が高まっており、ヒューマン・フード・インタラクション (HFI) という新興分野として注目されつつある [8]。HFI 研究では、調理・食事といった行為にインタラクティブ技術を融合させ、味覚・嗅覚を含むマルチモーダルな食体験・ソーシャルな食の楽しみを高めることを目指す。例えば、プロジェクションマッピングで食卓に映像を投影して食事の雰囲気演出したり¹、食品の 3D プリンティングによって新しい食感を創出したり、咀嚼音や香りを増幅・シェアするデバイスによって遠隔の人と食体験を共有する試みが報告されている。食事は人間の生命維持に欠かせない重要かつ身近な行為であり、誰もが当事者となりうるという点で幅広いシーン・ターゲットが想定される。そのため、食に関して、健康、調理・献立計画、飲食店の選択、UX といった多様な観点から複雑な意思決定が求められる機会が多くあり、それらをコンピュータを用いて機械的に支援する研究が行われている。レシピ推薦システムは、ユーザの嗜好や目的に応じた料理レシピを提案する技術であり、従来から活発な研究が行われている。これらの研究では、ユーザの求める健康状態やこれまでの嗜好、食事の文脈に応じてパーソナライズされた提案を行うことが重要であるとされている。Shilpa ら [6] は、ユーザの血液データに基づき栄養不足を定量化し、ユーザ個人の好みも踏まえパーソナライズされたレシピ提案を生成する手法を開発した。Tian ら [39] は、ユーザ・レシピ・食材の関係性を表すグラフを構築し、グラフニューラルネットワークで嗜好パターンを学習することで、推薦精度を向上している。レシピ同士の組み合わせである献立の推薦については、上記で述べたような栄養バランス・ユーザ嗜好の観点に加え、食事プランの最適化や食材在庫を考慮した提案を行う研究が増加している傾向にある。Amiri ら [3] は、既存の食事プランニングシステムの課題としてプランの遵守率が低いことに着目し、その原因をユーザのライフスタイルや嗜好との乖離であると捉えている。強化学習と協調フィルタリングを融合させた独自のアルゴリズムにより、ユーザの食事の選好履歴から導出された食の傾向に適応することで、提案された食事に対するユーザの受容と遵守率の向上を図った。Wijaya ら [41] は、「冷蔵庫で期限切れ・未使用となった食品」により食品ロスが多く生じている点に着目し、食品在庫を管理して廃棄を減らすスマート冷蔵庫システムの分析・設計を行った。

これらの動向から、食は日常生活において身近で接触機会が多い一方、個人ごとに置かれた状況や嗜好、必要とされる支援内容が大きく異なる領域であることが読み取れる。し

¹<https://theworldlovesmelbourne.com/food-wine/1787-le-petit-chef-3d-mapping-dining-sensation-in-melbourne.html>(2026/2/3 確認)

たがって、食に関する支援を提供する際には、一律的なアプローチではなく、利用者の目的や現状に応じてパーソナライズされた支援をすることが求められる。また、食に関する行動は、単に食事を摂取する瞬間的な行為にとどまらず、事前の食事計画、食後の満足感や健康への影響の認識、さらには過去の嗜好や行動履歴の振り返りなど、複数の時系列的なシーンにまたがって発生することが明らかとなっている。このことから、食は個別の行為ではなく、一連の体験として捉えられるべき対象であるといえる。以上を踏まえると、器の活用に関する支援においても、ユーザ個々の状況や嗜好、使用環境を考慮する必要性が高いと考えられる。さらに、食事時点における器の利用に限定するのではなく、必要要件に基づく選択・購入、および継続的な運用といった長期的視点から、器がどのように食生活全体へ組み込まれるかを検討することが重要である。

2.2 料理における器の審美的な影響と選択支援

日常生活において、食べ物は単品で提供されるのではなく、器に盛り付けられた状態である。そして、それらを盛り付ける器の見た目によって、料理の美味しさや満足感は大きく変化する。食とインタラクションの分野では、色・形・模様 [45]・材質といった器の属性や、料理の盛り付け方が味覚や視覚的な印象に与える影響について注目されてきた。Gubermanら [13] は、複合現実 (Mixed Reality) を用いて食品 (乾燥リンゴ) と器の色・形を操作し、味覚や知覚への影響を調査した。検証では、器に盛り付けられた食品について、食品や器の色そのものを変化させることによる味覚への影響に有意差は見られなかった。一方で、食品と器の色や形状を統一させた条件では、味覚に変化が生まれた。例えば、緑色かつ角ばった器に盛り付けられた緑色の乾燥リンゴは、他の条件よりも「酸っぱい」と知覚されたように、視覚情報の感覚的な一貫性が味覚の評価を左右することが示唆された。実験参加者のアンケートからは、赤やピンクが甘味 (70%)、緑や黄色が酸味 (68%) と関連づけられた。また、参加者の 90% 以上が、丸い形状を甘味、角ばった形状を酸味と関連づけた。器のサイズが料理のボリューム感を左右するということが注目されている。Gluchowskiら [12] は、写真を用いたオンライン調査の回答から、器の直径 (24cm・27cm・31cm) がデザートの見え方に与える影響を分析した。その結果、器のサイズが有意に料理の印象を変化させることが明らかにされた。例えば、器が大きいほど盛り付けたデザートの見た目の量が少なく感じられ、ボリュームやカロリーの見積もりも減少する傾向があった。同一のデザートでも、31cm の大皿に盛りつけると「小皿に盛りつけたときより少ない」と捉えられ、腹八分目に感じにくい、もっと食べられそうと判断される可能性がある。このように器のサイズは満腹感や摂食量の予測にも影響しうることが示唆されている。

器そのものの属性だけでなく、盛り付け方や食品の配置のデザインも、食事の美しさや満足感に影響を与える要因であり、近年、盛り付けに関する一般的な原則が発見されている。Carlosら [40] は、バランスの取れた (対称性のある) 配置の料理はアンバランスな (非対称な) 配置の料理よりも好まれやすいという実験結果を示した (図 2.1 参照)。同一の食材であっても、円形の配置よりも直線的な配置が高く評価されることが示されている [19]。さらに、この研究の実験参加者は、最も魅力的に見えるように料理を配置するよう指示された際、直線的な料理を傾け、主要な要素が右上がりの斜線になるように配置した。この

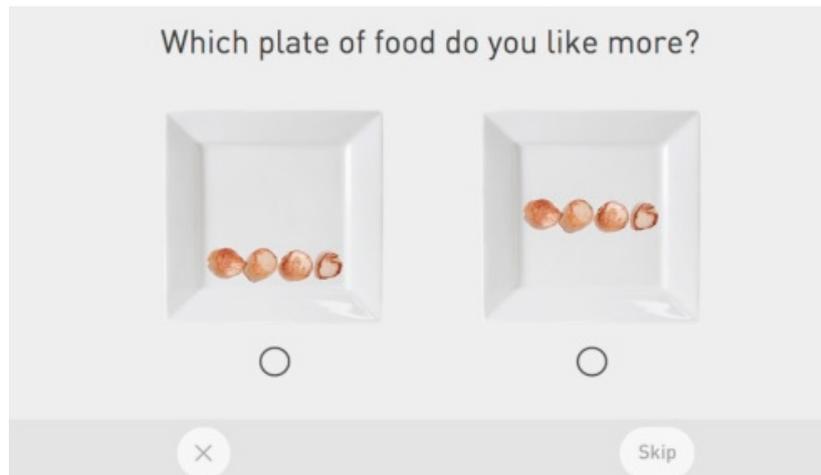


図 2.1: Carlos ら [40] の実験で評価された料理画像の一例。アンバランス（非対称）な配置の料理（左）よりもバランスの取れた（対称性のある）配置の料理（右）がより好ましいと評価された

ように器は、食品を盛り付けるという機能的な役割だけでなく、料理の視覚的な印象を変化させ、結果的に味覚にも強い影響を与える要因である。特に、料理の見栄えの良さを向上したい場合、使用する器や、料理との組み合わせ方、配置の仕方次第で料理の印象をさまざまに変化させようという点を考慮するべきである。

調理された食品を盛り付ける際にどのような特徴を持つ器を選択しどのような盛り付けを行うかという課題は、それらを食べる人の属性やコンテキスト、目的に応じて要求が異なる複雑な意思決定である。これまで、器や盛り付けの知識を持たないユーザーに対して器の選択を支援する研究が多く行われてきた。福元ら [51] は、器選択支援の研究の基盤として、器のさまざまな属性を大きく機能的側面と美的側面に分類した。機能的側面は、料理をのせ、提供するという器の元来の役割を果たす上で影響する属性であり、食品の状態や提供場面に応じて考慮することが必要となる特徴である。これは、器の深さ、直径、重量 (e.g., 軽量, 重厚), 材質 (e.g., 陶器, 磁気, 漆, ガラス), 耐性 (e.g., 耐熱性, 耐冷性, 割れにくさ) などが挙げられる。例えば、直径が 15cm あるホットケーキを器に盛り付ける際は、器のうち食品を盛り付け可能なエリアの直径が 15cm 以上あることが求められる。乳幼児に提供する食事の盛り付けには、プラスチックなどでできた軽量の器が適しており、割れやすく重い陶器やガラスの器は、落とす可能性や怪我につながるリスクを踏まえると適切ではない。また、電子レンジにより料理を再加熱することが想定される状況では、電子レンジ対応不可な漆の器に料理を盛り付けることはできない。このように、食事を提供・摂取・片付け・保存するという長期的な目線においては、それらを問題なく遂行するために、機能的側面の属性を考慮して器を選択することが求められる。美的側面は、料理の外見の印象に特に影響を与える属性である。これは、器の色、模様、形 (e.g., 曲線的・直線的, 星形・ハート形), 質感 (e.g., つややか, マット, ざらざら), 文化的・象徴的意味 (和風, 洋風, 中華風, 季節感, 地域性) などが挙げられる。感性工学, 心理学などの観点でこれらの器属性が料理の審美性に与える影響が研究されており、美的側面は視覚的な印象・味覚への影響を少なからずもたらす重要な属性である。これらの分類を踏まえ、一部の器属性

について、料理との関係性究明や器選択支援の試みがされている。東ら [49] は、料理カテゴリごとに、その料理の盛り付けに使用される器の典型的な特徴を定量化し、その料理の素材や調理法に基づいて機械的に器の推薦を行う手法を提案している。この研究では、楽天レシピ²のレシピ文を形態素解析し、特定の料理名と器特徴 (e.g., 深さ, 材質) を紐づけたデータセットを作成することで推定モデルとした。例えば、グラタンのレシピ文には“オーブン”というワードが含まれており、耐熱素材である“陶器”という材質特徴が“グラタン”という料理に使われる器の典型的な特徴として紐付けられる。この研究では、器特徴のうち見栄えについては器のテイスト (e.g., 和風, 洋風) のみ推定することが可能であったものの、器のうねりや角丸, 形といった美的側面については推定が困難であることが明らかになった。Takahashi ら [36] は、料理と器の組み合わせを、ユーザ自身の嗜好に基づいて探索的に決定するシステムを提案している。この手法では特定の器に盛り付けるのに適した料理を、楽天市場³の器の商品説明にある“この器はカレーやパスタに最適”などの記述を用いて紐付けた。このようにして、料理を起点とした器の検索と器を起点とした料理の検索の2つを渡りながら行えるようにすることで、探索的かつ、ユーザの好みを反映しながら器を探す“双対的な器選択”の実現を試みている。この手法では、“その料理を盛り付けるのに適した大きさ・形状・材質の器か”という、器の機能的面についての特徴に基づき器の候補を増やす処理を行っており、見栄えに関する判断についてはユーザに委ねられている。

2.3 類似画像を用いた商品使用例の参照

本研究では、ユーザのアクセス可能な器の実際の使用例を参照することで、その器の盛り付けの知識獲得、応用につなげることを目指している。このとき、ユーザの器についての情報が必ずしも Web や書籍上といった既存媒体で見つからないという課題から、その器に類似した器を用いた盛り付け例を参照させる。このように、特定のアイテムに類似したアイテムを使用した画像を活用し、使用例、組み合わせ方、購入支援を行う研究は、多様な分野にわたって行われてきた。Shiau ら [31] は、EC サイト上でユーザが閲覧している商品 (主に衣類やアクセサリ・インテリア) の画像の中から物体を検出し、そのアイテムと視覚的に類似した商品をデータベースの中から検索・推薦するシステムを開発した。例えば、部屋のインテリアの写真をもとに、その画像中にあるアイテムを検出し、それを起点とした類似商品の提案や購入支援を実現している (図 2.2 参照)。これにより、ユーザエンゲージメントが 80% 以上向上するという成果を挙げ、実際の製品にデプロイされている。これは、ユーザが購入する商品の検討段階で意思決定支援を行うという点で、器の購入・有効活用を支援する本研究の発想と類似している。一方で、類似検索を行うデータベースはすべて商品の画像として構成されており、検索された先でそのまま商品を購入することを可能にしている。これは、購入可能性があるのは検索クエリにしたアイテムのみであり、ユーザには商品の新たな提案をせず「参照」を行わせる本研究と異なる構造を含んでいる。また、このシステムの利用は EC サイト上という範囲に止まっており、実世界の店舗などで発見した商品に基づいて検索・推薦を行うことは不可能である。本研究は、購入前、購入後を問わず、ユーザが実世界でアクセス可能な商品を起点として類似商品を紐づける点

²[https://recipe.rakuten.co.jp/\(2026/1/5](https://recipe.rakuten.co.jp/(2026/1/5) 確認)

³[https://www.rakuten.co.jp/\(2026/1/5](https://www.rakuten.co.jp/(2026/1/5) 確認)

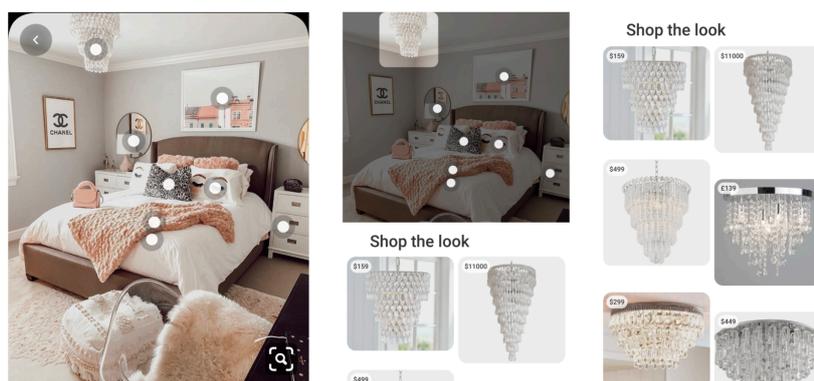


図 2.2: Shiau ら [31] の提案システムが反映されたサイトの画面の例. シーン内で検出されたオブジェクトが点として表示され (左), タップするとバウンディングボックスで強調され, 商品結果が表示される (中央). 上にスワイプすると商品フィード全体が表示される (右).

で, より実用範囲が広く, ユーザごとの状況に即した推薦が行える点で差別化されると考える. Baltescu ら [5] は, 単体の商品画像と多様なユーザ投稿画像 (コーディネート写真やインテリア写真) を結びつけ, 商品と使用例画像との双方向の推薦を実現するシステムを開発した. このシステムでは, ユーザが入力した商品の画像に対し, それと同一または視覚的に類似した商品が写り込んだ画像を検索・提示する. これにより, その商品の使い方の提案やスタイリングのヒントを提供することを目指している. さらに, その画像内に写り込んだ他の商品の情報も取得し, 元の商品に調和する補完的なアイテムのレコメンドも行う. 単一モダリティが主流であった従来研究とは異なり, このシステムではテキストと画像の両モダリティからの情報を統合するトランスフォーマーベースのアーキテクチャを導入し, 単一モダリティのベースラインを大幅に上回る性能を示した. 商品の使用イメージを提示し購入の促進に繋げるという構造を, 本研究では食の分野に応用し, 器・盛り付けという観点で活用することを試みる. また, 商品を他のアイテムと組み合わせた画像を検索し, さらに画像の中から別の商品の情報にアクセスすることが可能な点は, 前節で紹介した双対的な器選択 [36] と近い発想である. これは, 器と料理の組み合わせ方や調和の提案を発展的に探索していくというインタラクションの実用性を裏付けていると言える.

アイテムの組み合わせ選択の支援においては, それらを使用するシーン・コンテキストや, ユーザがその組み合わせを見た時に自然かどうかも考慮した提案が重要だと考えられている. ファッション分野においては, 上記の他にも, コーディネートや購入の意思決定を支援する様々なアプローチがある [10, 23]. 従来, 類似画像提示は単純な視覚近傍の取得に留まっていたが, Mix-and-Match 系の研究では, “どのアイテムと組み合わせると自然か” という文脈依存の例示 (usage-based reference) が重視されている [22]. これは, 本研究が目指す「アイテムの使用例を参照することによる創作/選択支援」と近い思想を持つ. インテリア・生活シーンについては, 内装画像で“似たスタイルの例”を探するという, 本研究と類似した問題が扱われている. MMIS データセットは, 室内画像に対して, スタイル記述やオブジェクト位置などの詳細なテキスト情報を付与したマルチモーダル室内シーンデータセットである [21]. 本研究では, 単なる外観類似ではなく, 配置意図や文脈に基づく参照

例提示という観点において、MMIS に代表されるマルチモーダル参照データセットの設計思想を参考にする。

これらの先行研究から、ファッションやインテリア領域を中心に、ユーザが関心をもつアイテム画像を起点として、視覚的に類似したアイテムを参照・推薦する手法が急速に発展していることが分かる。特に、商品単体と使用例画像（コーディネート写真、室内画像など）との対応づけにより、アイテムの使い方や組み合わせ提案を実現するアプローチは、実用性とインスピレーションの両面において有効性が高く、ユーザ体験の向上に寄与している。一方で、こうした研究の対象領域の多くは衣類や家具が中心であり、食器や料理といった“食体験”にかかわる文脈での展開は少ない。また、これらのアイテム推薦アルゴリズムの多くは、EC サイトや通販アプリなどオンライン環境における利用を前提として設計されている。そのため、ユーザが所有していたり店頭で検討しているアイテムを起点に、実世界における具体的な利用文脈（いつ・どのような場面で使われるか）を踏まえたインタラクションは十分に考慮されていない。以上を踏まえると、「ユーザが実際に所有・検討している器」と料理との組み合わせや使い方を視覚的に参照可能とする仕組みは、既存研究とは異なる応用領域に位置づけられ、かつユーザの実生活に即した実用性の高い提案を可能にするという点で、新たな貢献が期待できる。

2.4 本研究の立ち位置

ここまで述べたように、料理の外観は食事の楽しさや味覚に影響を与える要因であり、特に器の選択や盛り付け方は、料理の外観を形作る要因として重要な役割を果たす。食事という行為に関し本研究でアプローチを行う範囲として、日常的な栄養摂取・習慣としての意味合いが強い食事ではなく、特に他者からの評価が想定される場面での調理・食事を対象とする。例えば、SNS への投稿や来客・親しい人への食事提供、イベント時や記念日の食事といった場面が挙げられる。これらの場面を対象に、料理を食べる・見る人の属性や食事を撮るコンテキスト、料理提供者の意図に応じたさまざまな料理の演出を、器や盛り付け方の使い分けにより実現する、という新しい調理体験を提案する。これまでも器の選択を支援する研究は行われてきたが、対象とする器は試作的あるいは概念的のものとどまっており、実正解においてユーザが所有・使用している器に対応した推薦を行うことは困難であった。また、これらの研究では主に器の機能性と料理との関係性に基づいた推薦が行われており、定量的な評価が困難な審美性については、一部の属性のみが考慮されるにとどまっている。本研究は、“外観特徴が類似した器” 同士を対応づけるというアプローチによりそれらの課題の解決を図るものであり、先行研究で蓄積されてきた知見や、コンピュータ上に存在するの器データを、実世界の器利用と結びつける役割を果たすことが期待できる。これは、食と人間のインタラクションという分野において、“器” という観点から日常生活における実運用を視野に入れた研究展開を促す一つの足がかりとなりうると考える。

3 デザイン指針

本章では、ユーザがアクセス可能な器についての使用イメージ形成・知識獲得をどのように支援するのかについて述べる。本研究では、ユーザの所有する器や食器屋にある器といった“ユーザがアクセス可能な器”を対象に、その器に盛り付ける料理・その盛り付け方の実例を参照してもらうことで、料理と器の多様な組み合わせを把握し、食事をさまざまに演出できるよう支援することを目指す。

3.1 盛り付け参照の活用方法と貢献

本研究では、1.2.1項で述べた各シーンで多様な表現方法・盛り付けができるような知識獲得を促す。本節では、各シーンにおいてそれがどのように行われ、どのような貢献をもたらすかについて述べる。

自宅でユーザが所有している器を活用するため、その器に盛り付ける料理を決める、というシーンでは、その器に盛り付けられうる料理を複数参照させることで、ユーザ自身の発想では至らなかった料理の発見が期待できる。このシーンで本提案が有効に機能する点は、料理と器の組み合わせ方に関するアイデア拡張にとどまらず、ユーザがこれまで作ったことのない料理や通常であれば発想に至らなかった料理、さらには存在自体知らなかった料理に挑戦する契機を提供できる点である。初めて作る料理に関しては、盛り付けや見栄えについての知識が不足しがちである。したがって、審美面のクオリティを意識して料理を作り、盛り付けるためには、すでに作った経験のある料理に比べて多くの参照事例やアイデアが必要となり、結果的に調理そのもののハードルが高く感じられる場合がある。本提案により提示される料理画像の中に、ユーザがこれまで作ったことのない料理が含まれていた場合、その料理を実際に作る機会の創出や、盛り付けに関する心理的ハードルの低減に貢献できる可能性がある。これは、ユーザが選択・実践可能な料理のレパートリーを無視なく拡張するという形で、器についての活用知識の獲得を支援すると考えた。

食器屋など店頭において、ユーザが気になる器を見つけたときには、その器に料理を盛り付けるイメージを本手法での参照により具体的にし、購入の判断材料にすることが期待できる。ユーザが食器屋や雑貨屋に足を運び器に出会う背景はさまざまである。「一人暮らし開始に向けて、シンプルで汎用的な器がほしい」「この料理を盛り付けるための器がほしい」といったように明確な目的を持っている場合もあれば、ウィンドウショッピングの延長として来店し、偶然気に入った商品と出会った際に購入に至る場合もある。本提案手法では主に後者のような、偶発的に出会い、器の利用文脈や用途よりも「外見」や「直感」がきっかけで購入を検討した器の購入判断を支援する。これらの器については、ユーザの中に明確な使用目的がない状態であるため、その使用イメージがわからないという理由で購入まで至らない可能性がある。そういった時に、本提案により「その器への料理の盛り付け方」を視覚的に提示することで、その器についての具体的な盛り付けのイメージ形成が促進される。また、仮にデザイン面において特筆すべき点がなく目に留まらなかった器も、そこに盛り付ける料理の選び方や盛り付け方を参照することで、器の魅力や、さまざまな料理に組み合わせられるという可能性に気づくことも期待される。このように店頭での器購入においては、その器を見ただけではわからなかった盛り付け方法や料理の見栄えについ



図 3.1: Yue ら [11] が提案した，類似商品を用いたコーディネート参照・推薦システム

でのイメージが，盛り付け例という情報が与えられることで具体化される．それにより購入の意思決定，満足度の高い器購入を促し，購入後の使用頻度の向上につながるものが考えられる．家庭で使用する器を，「どのような料理に用いるか」という使用機会・使用方法を考慮して調達することは，購入にとどまらず日常的な実使用まで至る流れを確保する上で有効である．これは，器の購入という体験を，将来的な活用までを視野に入れて設計・支援するという点において，新たな貢献を有するものである．以上のようにして，ユーザの所有する器・店頭で検討している器についての知識獲得・活用支援を行うことで，「実世界のユーザの状況に即した」器の楽しみ方・器を起点とした料理の選び方という，これまでの調理体験を提案する．

3.2 類似した器による参照

上記で述べたように，ユーザに器の盛り付け例を参照させたい場合，その器を用いた料理の画像を使用することが考えられる．しかし，1.3節で述べたように，世の中には多種多様な器があり，ユーザのあらゆる器と完全に同一の器を用いた料理画像を発見・引用することは現実的ではない．器研究の領域では，機機能が類似した器同士には同様の料理を盛り付けることができる，という「器の可換性」が検討されている [52]．また，特定のアイテムがあったときに，類似したものを例として提示・推薦するというアプローチが，これまで行われている．Yue ら [11] は，ユーザが興味を持つアイテム A に対し，その商品と視覚的に類似したアイテム B が使われたコンポジット画像（室内写真やコーディネート例）を検索・提示するシステムを開発した (図 3.1 参照)．これにより，どのような文脈で使用されるのか，どのようなアイテムと組み合わせられるのかといった，そのアイテムの活用に関するアイデアを提案し，購入の意思決定を支援している．本研究では，参照によるアイデア獲得という発想や，2.3 節の関連研究に基づき，“ある器と，その器に色や模様，形状といった外観特徴が類似した器は，同様の料理を同様に盛り付けた際の見栄えが類似している”という仮説を立てた．この仮説に基づき，ユーザが所有している器や興味を持つ器があった時に，その器に類似した器を用いた料理画像を参照させるシステムにより，その器へどのような料理を盛り付けるか，どのように盛り付けるかといったアイデアの獲得を支援することを提案する．

3.3 要件1：器の撮影・入力

以下に、提案システムに求められるデザイン要件について述べる。実世界でユーザがアクセス可能な器についての参照を網羅的・自動的に行うためには、各器の情報を機械が処理・理解できる表現形式へと変換する必要がある。本研究では、ユーザ自身が器を撮影し、その画像から抽出される画像特徴量を、その器の情報として扱うようにする。このとき、ユーザ自身のスマートフォンのカメラを利用してもらうことで、ユーザが食器屋・自宅など場所を問わず、手軽に器の情報を入力できると考えた。ただし、器を撮影する際によって読み取られる情報に差が出る（斜めから撮影すれば器の側面が見える場合があるが、真上からだ側面は見えない。など）こと、撮影環境の照明次第では器の明るさが異なったり、影が生まれる場合があること、撮影時に他の器が映り込んでしまうことなど、撮影の仕方・撮影状況によって器画像に影響が出ることを考慮する必要がある。

3.4 要件2：器領域の識別と器の類似検索

提案システムでは、ユーザの器に外観特徴が類似した器を使用した料理画像を参照源として提示することで、擬似的にユーザの器の盛り付け例として活用する。したがって、参照対象となりうる料理写真の候補の中から、外観特徴が器が類似したものを検索することが必要である。具体的には、撮影されたユーザの器と、参照対象の料理画像について、“器”の類似度を算出し、類似したものを検索することを要件とする。このとき、撮影されたユーザの器の画像には、背景（机やテーブルクロスなど）が写り込んでいる。参照対象の料理写真についても、背景と、盛り付けられた食品が映り込んでいる。こういった器以外の物体が写り込んでいるため、類似検索の際には、これらを除去し、器のみの情報について画像類似検索をすることが求められる。したがって、ユーザの器、参照対象の器いずれについても、画像中の「器領域」と「器以外の領域」を識別・除去することが求められる。それに基づき、参照対象の料理写真は、「料理画像データセット」と、それに対応する「器画像データセット」を紐づけて用意することが必要となる。画像類似検索は、「器画像データセット」に対してユーザの器との距離を測るという形で行われる。

3.4.1 類似画像検索における課題

要件2では、器同士の類似性を測るために、画像中の器以外の領域を除去をすることの必要性を述べた。その結果残る器領域の形状・情報量が、ユーザの撮影した器画像と、参照対象である料理画像で非対称である点は、画像類似検索を正確に行う上で課題であると考えられる。前者は、料理が盛り付けられていない状態の器として入力されるため、除去対象は背景のみである。一方後者は、料理画像、すなわち器に食品が盛り付けられた状態であるため、器の中央が必然的に食品により遮蔽されている。これは、ユーザの器画像、すなわち検索クエリに存在する「器中央の情報」が、料理画像中の器にはない、という非対称性をもたらしており、類似検索に影響を与えることが危惧される。例えば、“赤い色の淵で中央に花の模様がある”という特徴を持つ器（図3.2-(a)参照）をクエリとして類似検索したとする。類似した特徴を持つ器を用いた料理画像から切り抜かれた器画像（図3.2-(b)参照）がデータセット中に含まれていたとしても、その器は食品が盛り付けられていた領域



(a) クエリの器

(b) データセットの器

図 3.2: クエリの器とデータセットの器における構造の非対称性. 花柄を含む (a) と (b) は類似した視覚特徴を持つ器であるが, (b) は花柄が遮蔽されているため, (a) との高い類似性が算出されない可能性がある.

が遮蔽されている. すなわち, 中央の花の模様が画像特徴量として含まれないため, 本来は類似した特徴を持つ器同士であるにもかかわらず, 検索されない可能性がある. このように, クエリの器画像と器画像データセットの間で類似度算出を行う場合, 器中央の情報量の非対称性が課題となる.

3.4.2 オクルージョン問題の性質と一般的な対処法

前項で述べた課題は, 物体の一部が他の物体に隠れるというオクルージョン (遮蔽) により, 画像特徴抽出・画像検索の精度低下を招くという, 画像類似検索において発生しうる問題の一つである. 例えば, マスクやサングラスにより顔が隠れた状態で行う顔認識は, 同一人物の画像間でのぼらつきをもたらし, 識別が困難になる. 他にも, オンラインのファッションアイテム検索では, 遮蔽により検索精度が低下することが課題として取り上げられている [34]. この問題は, 遮蔽される部分がどこでどのように現れるかが事前にわからない上に, あらゆる遮蔽パターンを網羅した大規模な学習データを用意することは現実的に困難であるという点で複雑なものになっている. オクルージョン問題への対策として提案されてきた従来のアプローチについて, 以下に述べる.

データ拡張 (Data Augmentation) では, トレーニング段階で人工的に遮蔽を加えることでモデルの頑健性を高める [47, 33]. 学習に用いる画像は, 一部の黒塗りや中心部のクロップ処理を施したものが用いられる. これにより, 情報が一部欠損している状況にも対応し, オクルージョンによる性能低下の緩和を図っている. しかし, データ拡張を行ったとしても, 強い遮蔽下では精度が低下する傾向があり, オクルージョンの影響を排除する効果には限界があると言える.

部分特徴抽出のアプローチは, 人物画像などを複数の部位に分割し, 各部位から特徴量抽出・対応づけを行うことで, 実質的にオクルージョンの影響を減らす試みである [35]. この手法は, 人体のように決まったパーツ構成がある場合など, 対象の構造がある程度仮定できる際に有効である.

遮蔽部分検出・マスキングのアプローチでは、画像中の隠れている領域そのものを検出し、その領域を無視（マスク）することで頑健性を高める [46, 42]. 典型的なアプローチは、セグメンテーションモデルを用いて人物と背景・障害物を分離するマスクを作成し、人物以外の画素や特徴を除去または黒塗りするという比較的単純な処理に基づく手法である。これにより、特徴抽出において遮蔽物の情報が混入することを防ぐことが期待できる。このとき、マスクの精度が低下すると重要な部分を誤って除去してしまう可能性があるという点をリスクとして考慮するべきである。また、この手法を用いる場合、事前のマスク処理と、どの領域が除去すべき・残すべき対象かという意味的な注釈情報が必要な点が課題である。

インペイント技術による遮蔽部分の復元・補完は、画像や動画において隠れた部分を予測・生成することで画像の欠損を補完し、そのようにして復元された画像で認識を行う手法である [28, 32]. たとえば、GAN（敵対的生成ネットワーク）を用いて顔下半分をマスクから復元したり、見えない物体部分を推測して描き起こす試みがされている。この手法のメリットとして、復元が成功すれば通常の認識アルゴリズムをそのまま適用できる点が挙げられる。一方、完全で高精度な復元を行うことは困難であり、誤った復元が認識を悪化させるリスクを孕んでいる。それだけでなく、復元モデル自体の学習にも多様な遮蔽データを用いる必要がある。

以上のように、オクルージョン対策としては、「データ面での対策（拡張・生成）」と「モデル・アルゴリズム面（特徴抽出法）での対策」の双方からアプローチがなされている。これらはそれぞれ利用条件や制約が異なるため、タスクや状況に応じて適したアプローチを選択することが求められる。

3.4.3 本研究での対処法

クエリとデータセット間において、器中央の有無の相違、それに伴う類似検索への影響を防ぐためには、オクルージョンの問題を解消することが求められる。前節で述べた対処法の本研究への適用可能性について、以下に述べる。データ拡張は、本研究には適さないと考える。本研究におけるオクルージョン問題は、遮蔽がランダムに発生する状況への対処とは異なり、クエリとデータセット間の恒常的な可視構造の不一致が原因である。データ拡張は部分欠損への耐性を高める手法であるが、この構造的不一致を解消するものではない。部分特徴抽出も、本研究では適さないと考えられる。器の画像類似検索においては、データセットに含まれる料理画像の基本構造が、食品の大きさや撮影角度の違いによって大きく異なる場合がある。例えば、料理が中央に少量盛り付けられた状態を上方から撮影した画像では、器の可視部は余白やリム部分が広く、ドーナツ状の構造を呈する。一方、高さのある料理を斜め上方向から撮影した画像では、器の可視部の外周の一部が食品によって遮蔽され、U字状の構造として観測される。このように、器の隠れ方に大きなばらつきが存在する本研究の設定においては、画像中の器を単一の秩序に基づいてパーツ分割し、対応付けを行うことは困難であると考えられる。本研究では、類似検索におけるオクルージョン問題の対策として、「インペイント」と「遮蔽部分検出・マスキング」の手法を候補に選定した。具体的には、器の画像類似検索について、以下の2つのアプローチを適用することが有効であると考えた。

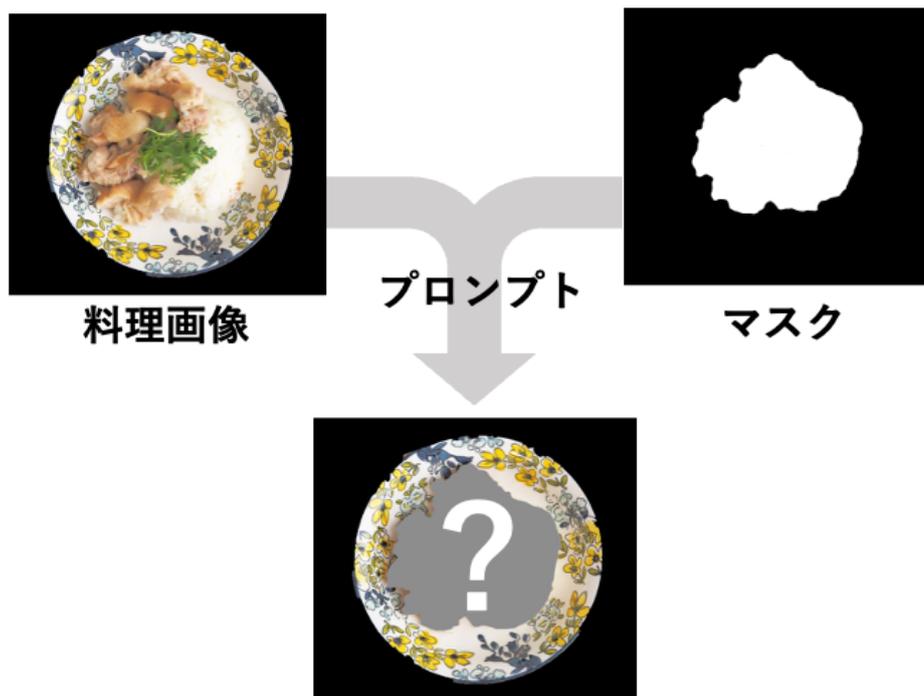


図 3.3: 本検証でのインペイント処理の概要

- (1) データセットの器画像の中央 (料理により隠れていた領域) を生成・補完する。
- (2) クエリ画像の中央にマスクを施し、実質的にデータセットと同一条件になるようにする。

まず(1)は、データセットの料理画像のうち器領域の情報（色や模様など）に基づいて、器のうち料理で隠れている領域を画像生成により補完する手法である。これにより、データセットの器は遮蔽部が存在しない状態となり、器中央の情報の非対称性が解消されると考えた。本手法の適用可能性を検証するため、インペイント技術を器画像に試験的に適用した。画像生成分野においては、拡散モデル (Diffusion Models) に基づく手法が高い品質を示しており、その代表例として Stable Diffusion[29] が挙げられる。Stable Diffusion に対して条件情報を付与する拡張手法として ControlNet[43] が提案されており、本研究ではその一機能である Inpainting 技術を用いて検証を行った。この inpainting では、クエリ画像と、その画像において復元対象となる範囲を示すマスク画像、テキストプロンプトの3つを入力とし、マスクに基づく対象範囲を復元する (図 3.3 参照)。検証では、料理画像を複数用意し、インペイント処理を行った。この時のプロンプトとしては、“Remove the object” や “fill” など複数パターンを入力した。器の可視領域と整合した視覚情報が食品領域に生成された場合、本研究のインペイント処理におけるオクルージョン問題への対処手法としての有用性が示される。結果の一部を図 3.4 に示す。

大半の料理画像では、食品領域における器の生成が失敗する結果となった (図 3.4-(a),(b) 参照)。一方、一部の料理画像では、複数試したプロンプトの結果の中に、器領域の色特徴・模様特徴に基づき比較的自然的にインペイントすることができたものが含まれた (図 3.4-(c),(d) 参照)。図 3.4-(c) は “inpaint fill” というプロンプトでの出力結果であるが、このプロンプト

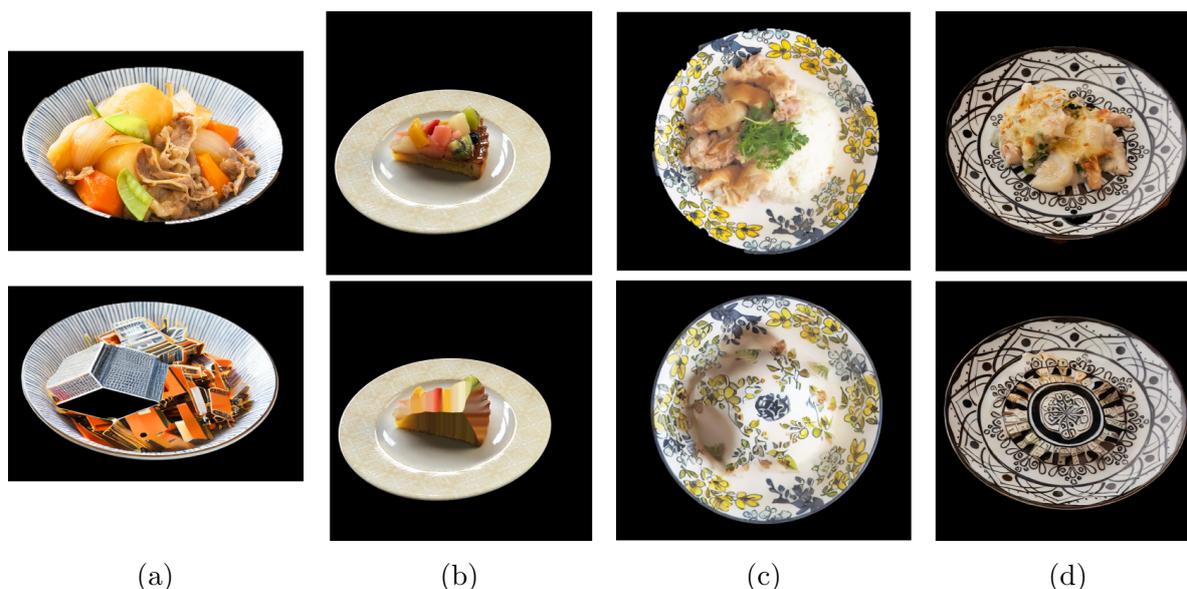


図 3.4: 料理画像（上段）とそのインペイント結果（下）の一例

を他の料理画像に入力した場合このような自然な生成は行われなかった。このように、料理を除去し器領域を生成するための確実なプロンプトを特定することは、今回の検証では不可能であった。また、生成された器領域には、元の料理画像に含まれていた食品の色やその影が残存している場合がある。これは不要な画像特徴として抽出される可能性があり、当該生成画像を類似検索に用いると精度低下を引き起こすおそれがある。これらの結果から、器の可視部と整合した視覚情報を食品領域に自然に生成する処理を、汎用的に実現することは、現在のインペイント技術では困難である可能性が示唆された。加えて、生成される器の視覚情報は、器の可視部の情報に基づいているため、図 3.2 で例示したような、器中央にある特有の視覚特徴は再現できないと考えられる。したがって、手法 (1) は本研究でのオクルージョン問題の対処法としては適切ではないと考えた。

(2) の手法は、“データセットの器画像は中央に料理というマスクが施されている” と捉え、クエリの器画像に対しても同様のマスクをすることで、“中央が遮蔽された器” という構造に両者を統一する手法である。前節において、遮蔽部分検出・マスクングは、意味ラベルが付与されたマスクの用意が課題であると述べた。本研究では、データセット作成の段階でセマンティックセグメンテーションに基づく注釈付きセグメント画像がすでに料理画像ごとに作られており、これを遮蔽部分のマスクとして流用可能であるため、本手法は適用可能性が高いと考えた。

3.4.4 マスク処理が画像類似検索に与える影響についての検証

先ほど述べた理由により、本稿では (1) ではなく (2) の手法により類似検索を行うというアプローチを採用する。本節では、このアプローチの有用性を測るため、マスクの有無が類似度算出に影響を与える可能性についての検証を行った。マスク処理を施す目的は、類似

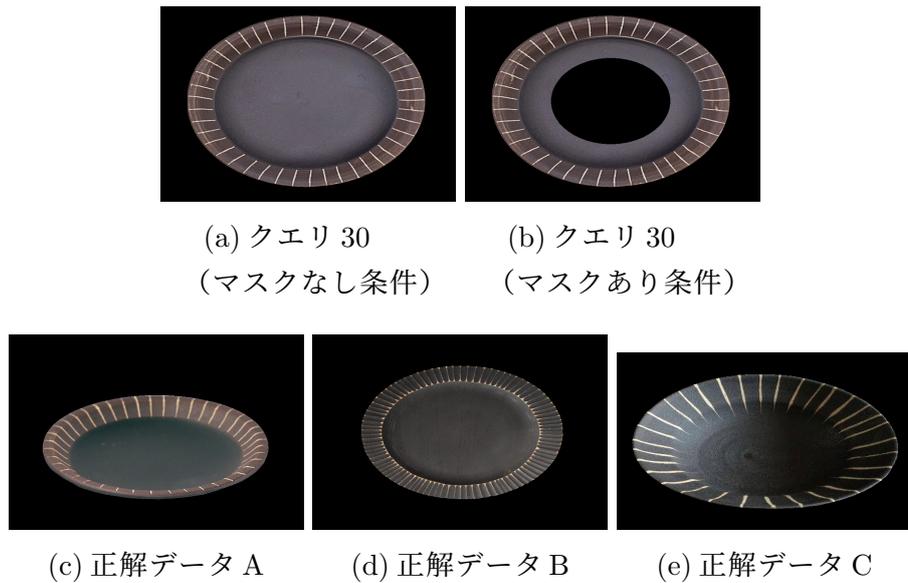


図 3.5: マスク処理の検証に使用したクエリとその正解データの一例

検索における情報の非対称性を解消することによる検索精度向上，すなわち，類似した器がより上位に検索されるようにすることである．そこで我々は，クエリにマスク処理を施す前後で算出される類似度を比較し，その際に生じる類似性の上昇幅（すなわち距離の縮小幅）に着目した．具体的には，クエリに類似した器と類似していない器から構成されるデータセットを対象とし，マスク処理前後における距離の縮小幅を比較した．その際，類似した器の方が類似していない器よりも大きな縮小幅を示す場合，マスク処理の有用性が示されると考えた．

検証は以下のように行った．はじめに，クエリとなる器画像を 30 件，EC サイトより収集し，背景を切り抜いた上で，中央にマスク処理を施したものと施していないものを用意した（図 3.5-(a),(b) 参照）．このとき，欠損の半径は器領域のバウンディングボックスの 0.50 倍に設定した．次に，各器に類似している器の画像を Google 画像検索¹により収集し，クエリごとに各 3 件，A,B,C と識別して収集した（図 3.5-(c),(d),(e) 参照）．これらの画像を，料理画像をもとに用意された 9,636 件の器画像データセットに追加し，評価においてクエリとの類似性が特に高いとみなす“正解データ”として定義した．一方，元の器画像データセットの画像は，“非正解データ”として扱った．正解データについては，非正解データの可視構造と同様になるよう，食品によって遮蔽されている形状を模した不規則な形状で中央をマスクする処理を行った．このようにして用意されたクエリ画像（マスクあり条件・マスクなし条件）に対し，正解データ・非正解データ全との画像間の距離として，類似度を算出した．類似度算出のライブラリとしては `imgsim`²を使用した．なお，当該ライブラリと器画像データセットについての詳細は，4 章で述べる．

算出された類似度は，以下のようにして分析に使用される．まず，あるクエリの器とデー

¹[https://images.google.com/?hl=ja\(2025/2/9 確認\)](https://images.google.com/?hl=ja(2025/2/9%20確認))．

²[https://github.com/chenmingxiang110/AugNet \(2025/1/12 確認\)](https://github.com/chenmingxiang110/AugNet(2025/1/12%20確認))．

表 3.1: クエリと正解データの距離

クエリ ID	1	2	3	4	5	6	7	...	30
$\text{median}\left(\text{Slog}_{\text{pos}}^{(q)}\right)$	0.217	0.149	0.501	0.467	0.211	0.211	0.128	...	0.207
$\text{median}\left(\text{Slog}_{\text{neg}}^{(q)}\right)$	-0.004	0.113	0.090	0.158	0.108	0.197	0.175	...	0.082
$\Delta\text{Slog}^{(q)}$	0.221	0.036	0.411	0.309	0.103	0.014	-0.047	...	0.125

タセット中の器の組について、クエリにマスク処理を加えたことによる距離の縮小幅を定量的に表す。本検証では、距離の数値そのもののスケールに影響されない指標である対数比を採用した。対数比 Slog を式 (3.1) で定義する。このとき、マスクなし条件で算出された距離を d_{before} 、マスクあり条件で算出された距離を d_{after} とする。Slog>0 であれば、マスク処理により距離が近づいたことを意味し、Slog<0 であれば、マスク処理により距離が遠くなったことを意味する。

$$\text{Slog} = \log \frac{d_{\text{before}}}{d_{\text{after}}} \quad (3.1)$$

次に、この距離の縮小幅について、正解データと非正解データのどちらが大きいかを定量的に表す。正解データと非正解データの対数比の差を、効果量として求める。このとき、クエリごとに、各データとの距離から算出される Slog の中央値を、正解群、非正解群ごとに求め、その差を、 $\Delta\text{Slog}^{(q)}$ として式 (3.2) で定義した。 $\Delta\text{Slog}>0$ であれば、非正解データよりも正解データの方が、マスク処理による距離の縮小幅が大きいことを意味する。

$$\Delta\text{Slog}^{(q)} = \text{median}\left(\text{Slog}_{\text{pos}}^{(q)}\right) - \text{median}\left(\text{Slog}_{\text{neg}}^{(q)}\right) \quad (3.2)$$

実験結果の一部を表 3.1 に示す。まず、Slog の中央値に基づき、マスク処理による距離の拡大・縮小幅を確認する。正解データの Slog の中央値は、最小値が-0.068、最大値が 0.501 であり、倍率 $R = \exp(\text{Slog})$ に換算すると、0.934-1.651 の範囲に収まる。このときの縮小率は $1 - \frac{1}{R}$ で与えられるため、マスク処理によりクエリとの距離は最悪 7.1% 拡大、最高 39.5% 縮小したことを意味する。一方、非正解データの Slog は、最小値が-0.004、最大値が 0.2096 であり、倍率は 0.996-1.233 の範囲であった。同様に、距離は最悪 0.4% 拡大、最高 18.9% 縮小したことがわかる。また、 $\Delta\text{Slog}>0$ であったクエリは 30 件中 25 件であった。クエリ 30 件の結果全体に対し Wilcoxon 符号付き片側順位検定を行った結果、p 値は 3.75e-05 を示し、有意差を示した。以上の結果から、クエリにマスク処理を施すことは、非正解データよりも正解データとの距離を有意に大きく縮小する傾向があることが示された。したがって、ユーザの入力として使用される器画像中央にマスク処理を加えることを要件とする。

3.5 要件 3：器が類似している料理画像の出力

入力された器について、器画像データセットの中から類似したものが検索されると、その器に対応した元の料理画像が、「入力された器に関する盛り付け例」として、ユーザに提示される。この時、類似性の高い順に器画像データセットの器がソートされ、上位のものから

順に出力結果として採用される。この時の採用数は、データセットの数やインターフェースによって、最適な数が異なると想定される。ただし、ユーザが参考になる類似した器が類似度1位になるとは必ずしも限らないため、検索結果は複数件提示することが望ましいと考える。ユーザはそれらの料理画像に基づき、入力した器に対する盛り付け事例・アイデアを参照することができる。

3.6 本稿での検証事項

本研究では、3.2節で立てた仮説に基づき、“ある人がアクセス可能な器があったときに、その器に外観特徴が類似した器を用いた料理画像を参照させることで、その器に料理を盛り付けるイメージの形成・知識の獲得を促すことが可能か”という問いを立てた。本稿では、上記のデザイン指針に基づく提案システムにより、このリサーチクエスションの検証を行う。

4 実装

前章のデザイン要件を踏まえ、以下のようにして提案システムの実装を行った。

4.1 データセット用意・器領域切り抜き

実装にあたり、ユーザが実際に盛り付け方法を参照する対象となる料理の画像をあらかじめ収集しておき、料理画像データセットとしてシステムに組み込んでおく必要がある。このときのデータセットに必要な要件は以下の通りである。

要件 1： 器に料理が美しく盛り付けられ、器のうち食品が接する面が鮮明に撮影された画像である。

本システムは、料理の「見栄え」を意識した盛り付けの参照を目的とするため、参照源の料理画像は審美性が考慮されており、かつユーザが器や盛り付けの状態を視認できることが求められる。ただし、器の側面が写り込んでいる画像とそうでない画像とでは、画像類似検索における器の特徴抽出の対象領域が異なる点を考慮すべきである。例えば、平皿を用いた料理の写真では、食品が接する内面が主に写るのに対し、茶碗など深さのある器を用いた料理写真では、側面が広く写り込む傾向がある。このように、器として認識される領域の異なる画像がデータセット内に混在している場合、一律に特徴抽出を行うと、公平な類似検索が困難となると考えられる。そこで本研究では、ユーザの器画像およびデータセット中のすべての器画像において、器の「内面」を特徴抽出の対象として統一する。この指針に基づき、本データセットは一般に器の側面が写り込むことの少ない「平皿」を中心に構成し、内面が主たる器領域として写された料理画像を採用する。内面に基づく類似検索の妥当性が確認された場合には、将来的に側面も含めた特徴抽出手法の確立を目指し、深さのある器を検索クエリとして扱うことを検討する。

要件 2： さまざまな外観特徴を持つ器で構成されている。

盛り付け方例を参照し知識の獲得を行うためには、特定の器に偏っておらず、多様な色や模様、材質、形状特徴をもつ器が使われた料理画像が必要である。

要件 3： 料理画像と、その画像中の器部分のみ切り抜いた画像をセットで用意する。

これは、ユーザの持つ器に似た器を使った料理写真をデータセットの中から検索する際、画像中の器の部分のみを対象に類似検索する必要があるためである。

以上の要件に基づき、データセットを以下のようにして用意した。まず、料理画像のソースとして、食品企業が展開するレシピサイトを対象にした。このようなサイトは、一般ユーザがレシピを投稿できるタイプのレシピサイト(クックパッド¹など)に比べ、料理の盛り付け方が洗練されている傾向、料理画像のうち器の内面が鮮明に撮影された[20]ものが多く含まれているなど、要件1を満たしている。また、多様な色や模様・材質の平皿が使用されており、要件2を満たしている。本研究では、調味料メーカーのキッコーマン・味の素

¹<https://cookpad.com/jp> (2026/2/12 確認)。

が展開する「キッコーマンホームクッキング²」(以下, キッコーマン), 「味の素 PARK レシピ大百科³」(以下, 味の素)を対象とした. これらのサイトでは, レシピを様々な条件で絞り込み検索することができる. 今回は, 「平皿」を用いた料理が多く含まれる料理カテゴリとして, キッコーマンからは「主菜」で絞り込まれる料理を, カテゴリの複数選択が可能であった味の素からは「主菜 副菜 主食」で絞り込まれる料理を収集した. これらの検索結果のページに対し, Web スクレイピングを用いて合計 13,510 件の画像を収集した. 食品の盛り付けに使用される器の中には, 調理に使用した器具がそのまま器として提供されたり, 特定の料理を盛り付けるのに特化したものが含まれる. 本システムで支援対象とする器は, 所有できる器の数が限られる一般家庭において汎用的に使用されることを想定したものであり, 料理の盛り付け・提供が本来の用途ではない, または用途が限定的なものについての活用支援は優先的に行わない. したがって, 集めた画像の中から, 以下の条件に該当する器を用いた料理の画像を, 人手で判別・除外した.

- フライパン
- 鍋
- カuttingボード
- ボウル
- 保存容器
- グラタン器
- 茶器
- その他の特殊な器

また, データセットの画像の中には, 異なる器を用いた複数の料理が映り込んだものが含まれる. 本研究で使用するセグメンテーション技術では, その画像の中でメインの料理に対してのみ特徴抽出を行うことは不可能である. しがたって, 複数の器が映り込んだ料理画像についても, 人手で判別・除外した. これらの選定の結果, 合計 9,780 件が「参照元として利用可能な料理画像」として残った. このとき, 料理画像の右下に含まれる企業ロゴが, 器領域にも重なっている. これは画像特徴抽出に影響を与える可能性があるため, 選定した全ての画像に対し, 該当する領域を長方形に切りとる処理を行った.

前章の要件 2 に基づき, 料理データセットとは別に, それに対応する器画像データセットを用意する必要がある. これは, 料理画像から器領域のみを切り抜くことで, 料理画像と器画像が対応づいた形で用意される. その切り抜き手法を以下に示す. まず, 画像の中で器に該当する部分とそうでない部分に分けるセグメンテーションを行う [1][4]. 本研究では, Oneformer[17] を使用したセマンティックセグメンテーションを行った. Oneformer において, セグメンテーションによる色分けは, シーン理解用に開発された大規模画像データセットである ADE20k データセット [48] を用いて行われている. これにより, 入力画像内のすべてのピクセルが物体クラス (e.g., plate, table) ごとに対応する色で表される. この

²<https://www.kikkoman.co.jp/homecook/>(2026/2/12 確認).

³<https://park.ajinomoto.co.jp/recipe/>(2026/2/12 確認).

ときのセグメント画像は、不透明度を 100, ラベルを非表示にして作成された。クラス対応色表は、ControlNet のセマンティックセグメンテーションで用いられる色ラベルに関する GitHub ディスカッション⁴を参照した。作成したデータセットの料理画像全てにこのセグメント処理を行ったところ、器にあたる領域は主に、皿を意味する “plate”(カラーコード: #00FFB8) や容器を意味する “tray”(カラーコード: #29FF00) クラスとして認識された。したがって、セグメント画像のうちこれらの色に該当する領域を、料理画像におけるクロップ対象領域として定義した。つづいて、セグメント画像に基づき、料理画像のうち器領域を切り抜く処理を行う。セグメント画像内のピクセルのうち上記のカラーコードに該当する色で表された領域を白色(カラーコード: #FFFFFF), それ以外の領域を黒色(カラーコード: #000000)に変換した「マスク画像」を作成した。料理画像について、マスク画像において白色に該当するピクセル情報のみ保持しそれ以外を黒色で表した。このようにして、器以外の領域を黒塗りした器画像が作成された。器領域が “plate”, “tray” 以外のクラスでセグメントされた画像については、器領域の色を手動で抽出した上で切り抜き処理を行った。セグメント画像内で器領域が背景のテーブルや食品と同化している、すなわちセグメントに失敗したケースは 144 件あった。これらの料理画像はデータセットから除外した。本研究で用いる特徴抽出器では、検索クエリとデータセット間で画像のサイズ・比率が同一である必要があり、また、透過情報を扱うことができない。まず、すべての料理画像のサイズを統一した。これは、収集された料理画像の件数が多い味の素の提供する料理画像のサイズ(800×533-ピクセル)に、キックマンの提供する料理画像をリサイズする形で実行した。また、切り抜きが行われた全ての器画像は、透過情報のない 3 チャンネルで保存した。このようにして、料理画像と、そのうち器領域が切り抜かれた画像が対応づけられた、合計 9636 組 [25] のデータセットを作成した。

4.2 器画像の入力・器領域切り抜き

前章の要件 1 に基づき、ユーザがアクセス可能な器を撮影し、画像として扱うための機能を実装する。このとき、スマートフォンのカメラで撮影を行うため、システムはスマートフォンの web ブラウザ上で扱う形で実装した。システムの URL にアクセスすると、デバイスにカメラの使用許可が要求される。許可すると、外カメラが起動し、シャッターを押すことで画像を撮影可能な状態となる。このときのカメラ枠は 3:2 の比率で表示し、撮影角度として、主に器の内面が映るよう真上または斜め上から撮影を行う。撮影された画像はデータセットの器画像と同様のサイズ(800×533px)で保存されるようにした。このようにして撮影された器画像を入力画像とする。次に、入力画像から、背景などを除いた器領域の切り抜きを行う。前節でデータセット作成に使用したセグメンテーション技術 Oneformer を用い、入力画像に対しセグメンテーションが行われる。そのセグメント画像に基づき器領域の指定を行うが、このとき、セグメント画像の中央にあるピクセルの領域が器の領域であると考えた。したがって、セグメント画像において、画像サイズの半分である(400,266)の座標に位置するピクセルの色を“器領域”として抽出し、その色に該当する領域でマスク画像を作成した。マスク画像を用い、器領域のみ保持されるよう、入力画像の切り抜きを行っ

⁴<https://github.com/Mikubill/sd-webui-controlnet/discussions/445> (2026/2/11 確認).

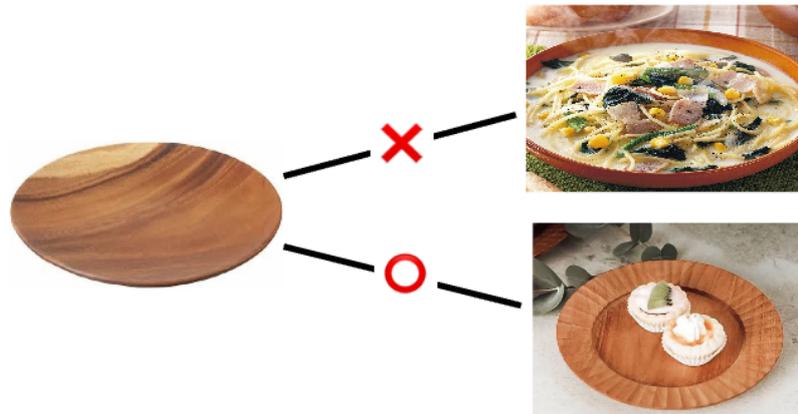


図 4.1: 器の深さによる盛り付けの制約

た. このようにして, 入力画像における器領域以外を黒色に変換した画像が作成された.

4.3 画像中央へのマスク処理

前章の要件3に基づき, 切り抜き処理が行われた器画像の中央に, 円形のマスクを施す処理を実装した. 前章で使用したマスク画像における器領域から, バウンディングボックスを作成し, その中心点をマスクの中心点とした. この中心点に基づき, 半径65%の領域が黒色の円形でマスクした. この時, 円の半径による検索精度への影響が考えられたため, 複数パターン(20%,40%,65%,80%)で検索精度を検証したものの, これらに大きな差は見られなかった. マスクの大きさや形状については, 今後より詳細に条件を分けて検証する必要があると考える.

4.4 類似度算出

提案するシステムでは, 類似度算出のライブラリとして `imgsim`⁵ を使用する. `imgsim` には `AugNet`[7] と呼ばれる事前学習済みモデルが用いられている. このモデルでは, 従来のようなラベルが不要な自己教師あり学習を行う. 画像の角度や明度, 位置を変化させた拡張版を作成し, それらが同一画像として識別される特徴表現 [2] を事前学習している. 推論段階では, その特徴抽出器を用いて画像を 192 次元のベクトル空間 [16] に埋め込む. 3.3 項で述べたように, 器画像はその撮影環境により照明や角度からの影響を受ける場合がある. このモデルを使用することにより, 料理撮影時の照明条件や角度条件が異なる状況下でも, 視覚的特徴が類似した画像を識別することができると考えた. 以上の理由から, 本システムでは `imgsim` ライブラリを用い, データセット中の器画像とクエリの器画像についての類似度を算出する.

⁵<https://github.com/chenmingxiang110/AugNet> (2025/1/12 確認).

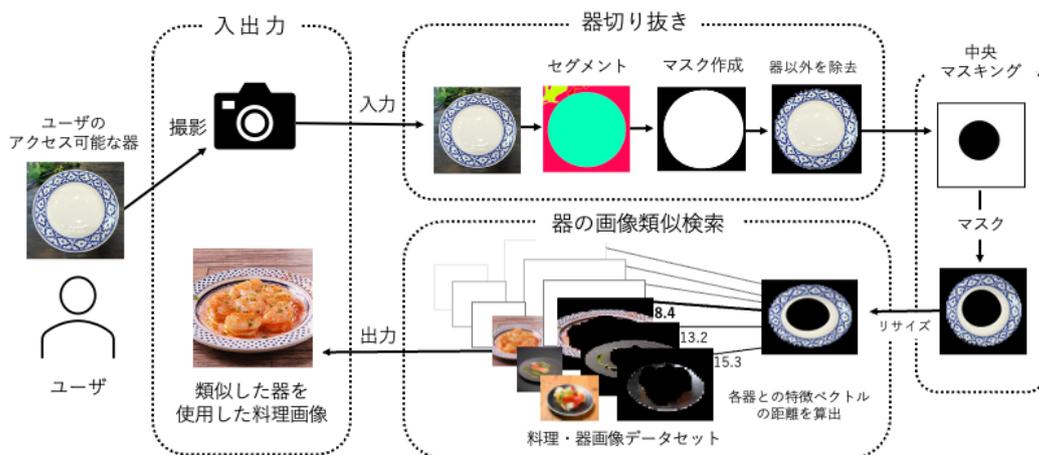


図 4.2: 提案手法の概要

4.5 器の深さについての絞り込み

前節で述べた類似検索における課題として残るのが、一部の料理では“機能的側面として要求される器の属性”が満たされていないことである。特に、料理ごとに必要な器の深さや直径、耐熱性がクリアされていないものが含まれている。例えば、平皿をクエリとして撮影した場合、検索結果の中には平皿を用いた料理の写真が含まれることが望ましく、深皿に盛り付けられた液状の料理 (e.g., スープ, リゾット) の写真をその器の盛り付け例として参照することは困難である (図 4.1 参照)。また、“小皿”が撮影された場合、大きな皿に大盛りのサラダが盛り付けられた料理写真は盛り付けの参考にはできない。現状の画像類似検索では、器の色や模様、形状の情報を主に用いており、器の大きさや深さの条件が一致するものを選出することは困難である。そこで、試験的なアプローチとして、深さの一致する器の絞り込みを可能にすることで、機能的側面の課題の一部を暫定的に解消することを試みる。料理データセット中の各画像に対し、その器の深さの情報 (“deep”, “shallow”) を手動でアノテーションした。このメタ情報に基づき、検索結果の中から任意の深さで絞り込むことで、より実用的な料理の盛り付け参照ができると考えた。

4.6 処理フロー

提案システムの処理フローの概要を図 4.2 に示す。システムは大きく、入出力、器切り抜き、中央マスキング、器の類似検索の機能で構成されている。まず、ユーザは盛り付けを参照したい器をカメラで撮影し、その器が画像として入力される。次に、入力画像内の背景を除去するためのセグメンテーションが行われる。セグメント画像内で器に該当する領域をマスクとし、切り抜き処理が行われる。次に、器の中央に円形のマスクが追加される。以上で、入力画像の前処理が完了する。

次に、前処理を行った入力画像をクエリとし、器画像データセットの中から類似したものを検索する。このとき、クエリと、データセット中の各器画像との類似度 (特徴ベクトル間の距離) がそれぞれ算出される。距離の小ささが上位 (データセットの上位約 1% である 1 位~100 位の範囲) の画像が“クエリと類似した器”として採用される。出力として、その器

画像に対応する料理画像がユーザに提示される。

4.7 インターフェース

システムのインターフェースを図 4.3 に示す。まず、盛り付け事例を知りたい器の写真を、提示されたフレームに収まるよう撮影する (図 4.3-(a))。すると、撮影された器に類似した器を使った料理写真が複数提示される (図 4.3-(b))。このときの補助機能として、器の深さに基づいて検索結果を絞り込むことができる (図 4.3-(c))。

将来的にはこのときの検索クエリとして、器の写真だけでなく、料理のカテゴリや、演出したい食卓の雰囲気なども選択可能にする予定である。これにより、ユーザが特定の料理やシチュエーションを想定している場合に、要件に沿った料理の例示ができると考える。



(a) 器の撮影

(b) 画像検索中

(c) 検索結果



(d) 浅皿への絞り込み結果 (e) 深皿への絞り込み結果

図 4.3: 盛り付け参照システムのインターフェース

5 計算機と人の類似性評価の適合度についての検証

5.1 本実験の立ち位置と実験設計

本実験は、提案する盛り付け参照システムに用いられる要素技術の一つである「器の画像類似検索」の妥当性を検証することを目的として行う。ユーザがアクセス可能な器に類似した器を用いた料理画像を提示することで、対象となる器の盛り付けイメージ形成や知識の獲得を促すためには、器同士の類似性について、人が知覚する類似性と、計算機によって算出される類似性が整合している必要がある。しかし、現時点では、これら二つの類似性判断の基準は明らかになっておらず、計算機によって類似と判定された器が、人の知覚においても類似しているかどうかは十分に検証されていない。この点を明らかにすることは、類似画像を使った参照という本システムの新規性・コンセプトの妥当性を検証し、その有効性を支える基盤を示す上で欠かせないと考え。そこで本章では、本提案システムが目指す盛り付けイメージ形成促進への貢献を検証するための前段階として、人の知覚的類似性と計算機による類似性との関係を調査する実験について述べる。具体的には、以下の観点を明らかにする。

- (A) 提案システムにより提示される料理写真中の器が、人から見てもクエリに類似しているか
- (B) マスク処理を経て検索される器は、マスク処理なしの場合よりもクエリに類似しているか

観点(A)は、本実験の中核的な目的として位置付けられ、以下の理由と実験設計のもと行う。3.2節で述べたように、本研究ではユーザのアクセス可能な器についての盛り付け方法を、“その器に類似した器”を用いて擬似的に参照することを提案している。そのためには、システムを用いて提示される料理写真に使用されている器が人の類似性評価においても類似しており、その料理写真が盛り付けの参照源として成立している必要がある。そこで、提案手法の類似検索により出力された器がどの程度人の知覚的類似性と一致しているかを測る実験を行った。実験では、“クエリの器”と“器の類似度の順位が上位、上中位、下中位、下位の料理画像”を実験参加者に提示し、その器についての類似度を5段階評価してもらう。このとき、順位が高いものほど類似性評価も高いという相関が見られれば、この画像類似検索技術の妥当性が示されるとした[44]。

観点(B)は、観点(A)の補助的な立ち位置にあり、類似検索の要素技術として組み込んだマスク処理について、実用面での効果の検証を行う。3.4.4項の実験では、クエリ画像との距離の縮小幅を確認したが、実用面での有用性を示すためには“クエリにマスクがある場合、より似た器が検索される”という効果が人の評価においても表れている必要がある。したがって、類似検索精度向上におけるマスク処理の影響について明らかにする。実験では、観点(A)を検証する実験において、マスク処理の有無が異なる群を比較することで検証し、マスクあり群の方が類似性評価が高ければ、当該処理の有用性が示されるとする。

5.2 実験に使用したシステム

1.2.1 項では、提案システムを使用するシチュエーションとして“自宅において、ユーザが所有している器を活用するため、その器に盛り付ける料理を決める。”という場面を挙げた。実際に所有している器は、盛り付けられる料理の種類や量といった、その器の機能的側面に関する知識がユーザ自身に備わっている場合が比較的多く、よりシビアに類似性が評価されると考える。したがって本実験では、ユーザが個人的に所有している器を、実験に使用するクエリの器とする。

4章で開発したシステムを基盤として、実験に使用するシステムを別途用意した。システムでは、ユーザが所有する器を撮影したあと、その器画像とデータセット中の器画像との類似度が算出される。類似度の高い順に並べられた9,636件の器画像を、対数スケールで4階層 ($10^0, 10^1, 10^2, 10^3$) に分割することで上位層、上中位層、下中位層、下位層とし、各階層内で均等に3分割した代表順位“d” ($d = 2, 5, 8$) を基準とした。これを、式(5.1)で定義する。この順位r位に該当する計12個の器が、評価対象の器としてサンプリングされる。

$$r = d \times 10n (n = 0, 1, 2, 3) \quad (5.1)$$

実験に使用するシステムは以下のように用意した。まず、提案システムと同様、ユーザが器を撮影するエリアが設けられている(図5.1-(a)参照)。実験では、器全体が大きく映るよう、真上または斜め上方向から撮影するよう指示した。これは、4.1節で述べたように、器のうち食品が接する内面を特徴抽出対象として使用可能にするためである。4章で開発したシステムにおいて検索結果を表示していたエリアに、本システムでは“撮影した器画像”と“評価対象の器が用いられた料理画像”の組が表示される(図5.1-(b)参照)。各組の下には5段階の評価ボタンが設けられており、実験参加者は、2つの器の類似度を(1. 似ている - 5. 似ていない)の5段階で評価する。12組全ての評価が終わり“送信”を押すと、撮影した器画像と評価した料理画像、評価スコアのデータが実験実施者に送信される(図5.1-(c)参照)。

実験は主に大学生を中心とした20代~60代の男女31名に行ってもらった。このとき、料理の経験や器の知識については問わず、撮影する器画像の数は実験参加者の任意とした。また、観点(B)を検証するため、実験参加者は、類似検索の際にマスク処理をする群とマスク処理をしない群に分けられた。

5.3 実験結果

撮影された器とその評価の有効なデータは、セグメントに失敗したものなどを除き、マスクあり群・なし群でそれぞれ69件、合計138件集められた。

5.3.1 評価対象の具体例

撮影された器の画像と評価対象の器の画像の組の一部を取り上げ、その評価スコアについて分析を行う。まず、計算機が算出した類似度、人の類似性評価がいずれも高い結果となった組の例を図5.2に示す。図5.2-(a), (b)の組を中心に、色が類似している器が類似度上位に入りやすく、人の評価も高い傾向であった。また、図5.2-(c)の組では、特徴抽出が



図 5.1: 類似評価実験に使用したシステムのインターフェース

困難なガラスの器について，類似検索が成功している．図 5.2-(d), (e), (i), (j) の組は，色に加え模様 (e.g., 花柄, 放射模様) がより強い特徴量として抽出され，類似性の判断基準として働いたと考えられる．図 5.2-(f) の組は，計算機は白色という属性を特徴量として抽出しているが，「丸くて深さがある」という形状特徴も一致していたため，クエリの器の深さを認識可能な人にとっての類似性評価が高かったと考えられる．図 5.2-(g), (h) の組は，模様自体の類似性は見られないが，計算機も人も「外周に模様がある，「四角や丸で形状が類似している」という構造上の類似性に着目されたと考えられる．「模様の有無」が共通しているだけで類似性とするか「模様の種類や色」まで似ていて初めて類似性とするかはユーザによって異なると考えられる．

次に，計算機が算出した類似度と，人の類似評価に乖離があった組の例を図 5.3 に示す．上段は，計算機の算出した順位が低く，人の類似評価が高かった組である．図 5.3-(a), (b) の組は，模様の有無や色が大きく異なるため順位が低い一方で，人の評価においては楕円であるという点や深さの特徴が類似性として評価されたと考えられる．これらの組の評価者は，類似性評価において，色や模様といった美的側面よりも形状や大きさ・深さといった機能的側面を重要視していたと推測される．色が白い器は，データセット中に比較的多く含まれていたため，類似性評価が人と計算機で一致しないものも多く見受けられた．図 5.3-(c) の組は，深さのある椀の形状をしているが，計算機は深さの情報を読み取れていないため順位が低いと考えられる．また，図 5.3-(d) の組は，放射上に窪みがあるという構造が類似しているが，クエリ画像の方が照明効果の影響もありより暖色で色合いが異なるため，順位が低く推定されたと考えられる．

一方下段は，計算機の算出した順位が高く，人の類似評価が低かった組である．図 5.3-(e) の組は，評価対象の器がガラスの器であるため，背景の机の色が透けてしまったことが類似検索に影響を与えたと考えられる．図 5.3-(f) の組は，色が似ているため順位が高いが，直径・深さといったサイズが異なるため人の評価は低かったと考えられる．図 5.3-(g) の組



図 5.2: 人と計算機いずれの類似性評価も高かった器の組の例

表 5.1: 群ごとの類似評価スコアの平均

	上位群 (2,5,8 位)	上中位群 (20,50,80 位)	下中位群 (200,500,800 位)	下位群 (2000,5000,8000 位)
mask	3.469	3.483	3.715	4.068
no mask	3.560	3.671	3.908	4.150
効果量 δ	-0.038	-0.084	-0.096	-0.047

は、撮影時の照明の影響を受けている。撮影した器自体は白に近い色だが、室内の照明や自然光が器の見え方に影響を与え、青色の器として認識されたと考えられる。図 5.3-(h) の組は、白色や赤い模様がある点が似ているものの、模様のテイストが洋風と中華風で異なるという点が、人の類似評価が低い原因であると考えられる。

5.3.2 分析 1：人と計算機の類似評価の適合度

まず、観点 (A) について分析を行った。撮影された器と出力された料理画像中の器についての群ごとの類似性評価スコアの平均を、表 5.1 に示す。マスクあり、マスクなしのいずれの条件においても、スコアの平均は上位群から下位群に向けて大きくなっていることがわかる。これは、計算機により算出された類似度が低いものの方が、人の類似性評価においても低くなるという正の相関を示唆している。このことから、階層間での相対評価という観点では、比較的類似した器が検索されることが示された。一方で、群ごとの平均値そ



図 5.3: 人と計算機で類似性評価が異なった器の組の例

のものを見ると、上位群でも3を上回っていることがわかる。このことから、検索上位の器だとしても絶対的に“似ている”と評価されるものは少ないことが読み取れる。大きな原因の一つとして、器の大きさがクエリと異なるものが含まれることが考えられる。実際に実験参加者からは“サイズ感が違う器は似ていないと思った”という声が挙がった。このことから、色や模様、形が似ていたとしても、それはサイズ感が一致してはじめて判断材料となる場合があると考えられる。したがって、今後は大きさがクエリと一致した器を検索することで、より類似した器を参照可能にすることが課題である。

5.3.3 分析2：マスクの有無による適合度の違い

次に、観点 (B) について分析を行った、マスクあり条件とマスクなし条件の差を測るため、効果量 δ を式 (5.2) で定義する。

$$\delta = P(\text{mask} > \text{no mask}) - P(\text{mask} < \text{no mask}) \quad (5.2)$$

$P(\text{条件 X} > \text{条件 Y})$ は、条件 X の中からランダムに1つ、条件 Y の中からランダムに1つ値をとった時に、条件 X の方が大きい確率を表す。すなわち、 $\delta < 0$ であれば、マスクあり条件の方がマスクなし条件よりも値が小さい（類似性評価が高い）確率が、そうでない確率を上回ったと言える。表5.1を見ると、全ての群で $\delta < 0$ であり、マスクあり条件の方が類似評価が高いという傾向はあったものの、効果量は上位群でも3.8%と低く、有意性は見

られなかった。この結果から、人の評価において、マスク処理を経て検索される器は、マスク処理なしの場合よりもクエリに類似している可能性が示された。

5.4 総括

本章では、器の類似性について、提案システムでの類似度と人の類似性評価の適合度について検証した。本実験の結果、本システムで使用した画像類似検索は、人の感性における器の類似性評価と相関関係があることを示し、相対的に類似した器の検索が可能なが示唆された。一方、上位群における類似性評価の平均値は“どちらとも言えない”～“あまり類似していない”を意味する3.4にとどまり、相対的ではなく客観的に類似した器の検索は限定的であった。また、類似検索においてクエリ画像にマスクを施すことで、検索精度をわずかに向上させる可能性が示唆された。類似検索の精度向上に向けては、大きさなど機能的側面の属性が類似した器を検索可能にすることを主軸に行う必要がある。また、マスクの形状や大きさの違いも検索精度に影響を与えると考えられるため、今後検討を行う。

6 料理画像参照による盛り付けのイメージ形成促進についての検証

6.1 本実験の立ち位置と実験設計

前章では、計算機によって出力された器が、人の評価の下でどの程度類似しているかという観点から、類似検索の精度について検証を行い、一定程度類似した器が検索される傾向を示した。しかし現段階では、それらの類似した器が、実際に盛り付けの参照源として役立ち、ユーザの盛り付けイメージに寄与するかどうかは明らかではない。そこで本章では、「ある人がアクセス可能な器があったときに、その器に外観特徴が類似した器を用いた料理画像を参照させることで、その器に料理を盛り付けるイメージの形成・知識獲得を促すことが可能か」という、本研究で提起した問いに対する回答を得ることを目的とし、提案システムの貢献の有無を検証する。具体的には、開発した提案システムを実際にユーザに使用してもらい、システムによる料理画像参照が、ユーザの盛り付けに関するアイデアにどの程度影響を与えるかを明らかにする。

1.2.1項では、提案システムを使用するシチュエーションとして“食器屋など店において、ユーザが気になる器を見つけたとき、その器に料理を盛り付けるイメージを具体的にし、購入の判断材料にする。”という場面を挙げた。実験ではこのシチュエーションを再現し、購入する器を実験参加者に選んでもらう。実験参加者には器を選択してもらい、“器に料理を盛り付けるイメージができたか”を振り返ってもらう。これをシステムを使わない場合と使う場合で行い、システムを使う場合の方が料理の盛り付けがよりイメージできた傾向があれば、システムの有用性が可能性として示されたとする。

6.2 実験手順

実験に用いる器として、器を8つ用意し、A群とB群に各4つずつに分けた。このとき、大きさや色・形のばらつきが2つの群でなるべく均一になるようにした。この器を用いて行ったユーザ実験の手順を以下に述べる。

実験参加者は、自身が食器屋にいるという想定の下、選択肢として4つの器が提示され、購入したいと思う器を一つ選ぶ。購入する器は、実験参加者自身が使うだけでなく、親しい人や家族へ贈るためなど、自由に用途を想定してもらった。その後、アンケートに回答してもらう。アンケートの項目は以下の2つである。

設問1：「なぜその器を選びましたか？」

- (a) 器の色や模様，形，和風洋風などデザインで選んだ
- (b) 大きさや重さ，材質，手入れのしやすさなど機能性で選んだ
- (c) その器に盛り付けたい料理や使用イメージで選んだ
- (d) 家にある器との相性で選んだ
- (e) なんとなく直感で選んだ

設問2：「検討している中で、器に料理を盛り付けるイメージができましたか？」

1. 全くイメージできなかった
2. あまりイメージできなかった
3. 少しイメージできた
4. とてもイメージできた

以上の手順を、1人の実験参加者あたり2回、システムを用いない場合と用いる場合で行った。システムを使用する際は、使用手順を説明し試用してもらった後、システム（クエリへのマスク処理あり）を用いて参照を行いながら器を選択してもらった。このとき参加者には、提示された料理画像のうち、特に参考になったものや気に入ったものを記録してもらうため、検索結果の各器画像の右下に設置したお気に入りボタンを利用してもらった。このとき、お気に入り登録の有無・登録の数は問わないものとした。システムを使用した場合のみ、アンケート回答後にインタビューを行い、システムについての改善点や意見を求めた。また、このときの2回は、異なる器の群になるようにし、A群とB群の提示順、システムを使う回と使わない回の順番はランダムになるようにし、順序による実験結果への影響が出ないようにした。実験は、情報学部の大学生7名を対象に、対面で行った。

6.3 実験結果

6.3.1 料理の盛り付けイメージ形成の促進について

設問2に対する回答を表6.1に示す。器の選択において料理の盛り付けイメージができた程度は、システムを使わない場合だと、中程度を表す2~3が多くを占めていたのに対し、システムを使った場合だと、全ての参加者で3以上となった。また、システムあり条件のスコアからシステムなし条件のスコアを引いた差を算出した。7名全ての実験参加者において差は0~+2であり、うち5名の実験参加者において、システムを使うことが盛り付けイメージ形成の促進につながったことが示された。

表 6.1: 設問2「検討している中で、器に料理を盛り付けるイメージができましたか？」に対する回答。1.「全くイメージできなかった」-4.「とてもイメージできた」の4段階評価

参加者ID	システムなし	システムあり	差
1	4	4	0
2	3	4	+1
3	2	4	+2
4	3	3	0
5	3	4	+1
6	2	3	+1
7	3	4	+1

表 6.2: 設問1「なぜその器を選びましたか？」に対する回答. (c)が「その器に盛り付けたい料理や使用イメージで選んだ」という回答

参加者 ID	システムなし	システムあり
1	(b), (c)	(a), (c)
2	(a), (c), (d)	(a), (c), (d)
3	(a), (b)	(a), (b), (c)
4	(a), (b)	(a), (c)
5	(b), (c)	(a), (b), (c)
6	(a), (b), (e)	(a), (b), (c)
7	(a), (b), (c)	(a), (c)

6.3.2 器の選択における盛り付け参照の影響について

設問1に対する回答を表6.2に示す. この設問は, システムが提示した料理画像が, 器の選択において判断材料となったのかどうかを測るために設けた. 回答を見ると, システムなし条件においては, 7名中4名が(c)「その器に盛り付けたい料理や使用イメージで選んだ」を回答している. このことから, システムを使わない場合でも, その器に盛り付ける料理の具体的な例を, 実験参加者が想像しながら選択していることがわかる. システムあり条件では, 7名全員が(c)を解答している. 中でも, ID2, 5, 7の回答者はいずれの条件でも(c)を回答しているが, 設問2において, 盛り付けイメージができた程度がシステムあり条件で増加している. このことから, もともと盛り付けを考慮して選ぶ性質の人に対しても, システムを用いてもらうことで盛り付けのアイデアをより広げてもらうことができたと考えられる.

6.3.3 お気に入り登録された器について

器選択において, 実験参加者がシステムを用いて実際に撮影した器と, その検索結果30件のうちお気に入り登録を行った料理画像の組を, 図6.1に示す. 実験参加者によって器の撮影は計25回行われ, 平均で3.16個の器がお気に入り登録された.

まず特筆すべき点として, 器の大きさや深さが近い器が参照源として注目される傾向が見られたことが挙げられる. 図6.1-(a)の組は, 器の縁の形状や模様の有無などが類似していないにもかかわらず, お気に入り登録されている. これは, 両者の深さやサイズ感が類似しているという点で, 盛り付けられる料理をイメージしやすかったためだと考えられる.

一方で, 色や模様は, 厳密に類似していなかったとしても雰囲気や近ければ参照源として成立する可能性がある. 例えば, 図6.1-(b)の組は, いずれも器のリムに色があるが, 撮影された器が青色であるのに対し, お気に入り登録された器はエメラルドグリーンであり, 異なる色である. しかし, いずれも寒色であるという点で似た印象を与えるため参考にすることができたと考えられる. 図6.1-(c)の組は, 赤い色でリムに模様が施されている点が共通している. 一方模様は, 撮影された器が写実的な花柄であるのに対し, 登録された器はシンプルなテキストのようなものであり, 印象が異なる. 器の類似性を評価する5章の

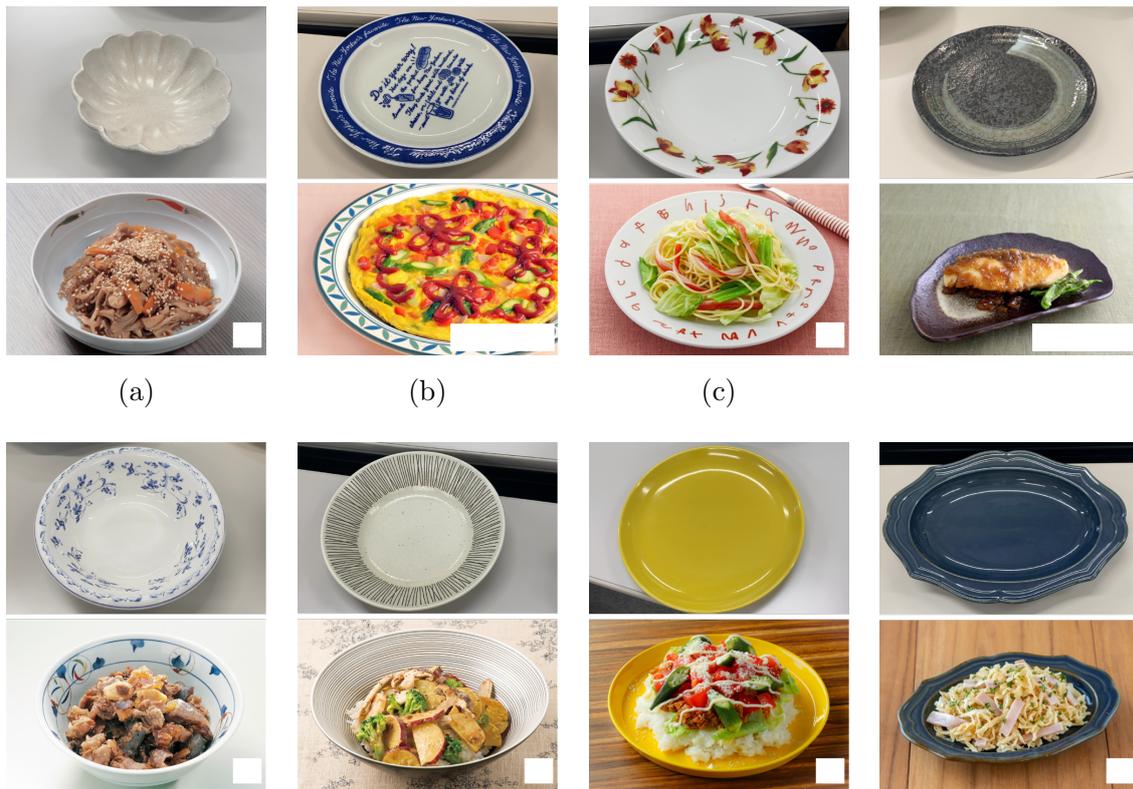


図 6.1: 実験参加者が撮影した器（上）と、お気に入り登録がされた料理写真（下）

実験結果（図 5.3-(h)）では、器同士のテイストが異なることが類似性評価の低下をもたらした、と分析した。一方で、盛り付けの参考にするという目的においては、色合いが似ていれば、模様が多少異なることは問題にならない傾向があると考えられる。

これらの事例を踏まえると、参照源として料理画像を活用するには、色や模様などが完全に類似していなくても、大きさ・深さといった機能面が類似していることが必要条件となることが推測される。お気に入り登録された器を全体的に見ても、色や模様は必ずしも撮影された器に類似していなかったのに対し、大きさ・深さは撮影された器に類似していたケースが多くを占めていた。器の機能的側面の類似性を担保することが、色や模様など美的側面の類似性を追求することよりも優先すべきだという可能性が示唆された。

6.3.4 システムについての意見

実験後に行ったインタビューにて得られたシステムの改善点を、以下に示す。

- 質感が似ていない器があった
- 知らない料理が出てきた時はイメージがつかない。どう作ったらいいかわからない
- 自分で指定した料理で盛り付けが見たい
- UI上の改善点（カメラの枠を大きくして欲しい、読み込み時間が長いなど）

まず、質感・材質がクエリと似ていない器があったことが指摘された。本システムで用いている類似検索手法では、器の材質（磁気陶器、ガラス、木など）を識別することができない。特にガラスは、背景に移るテーブルなどの色を透過するため、類似検索の精度が落ちやすい傾向がある。器の審美面での参照をより厳密に行うためには、この材質が一致した器を検索することができるようにすることが求められる。具体的には、類似度算出に使用しているモデルである Augnet に対し、器画像と材質の情報を紐づけるファインチューニングを行うことを検討している。

また、検索結果の中に知らない料理の画像が含まれており、イメージがつかないという指摘があった。4章で述べたように、データセットの画像はレシピサイトより収集しており、主婦などが日常使いできる一般的な料理の画像が多くを占めている。それでも画像を見ただけではどのような料理かを判断するのは難しいものも含まれるのが現状である。しかし、料理の情報がどの程度あれば盛り付け参照源として成立するかはユーザによって異なると考えられる。たとえば、器選択において審美面を重要視するユーザは、厳密な料理の種類よりも、「その器に料理が組み合わせるとどんな見栄えになるか」を見るのが重要であると考えられる。一方で、器選択において実用性を重要視するユーザは、上記の意見のように、具体的に盛り付ける料理についても考慮すると考えられる。現状のシステムでは、料理の画像を提示するにとどまっているため、主に器の審美面についての情報提供しかできない。必要に応じて、料理名を含むレシピ情報を紐づけることなどが解決策であると考えられる。

最後に、実験参加者自身が任意の料理を指定し、対象の器にその料理が盛り付けられた画像が見たいという意見があった。高橋 [36] らは、器を起点とした料理の決定と、料理を起点とした器の決定、双方向で探索することが、より満足度の高い器選択・器活用につながるという考え方を提案している。この発想やインタビューで得た意見をシステムに反映するための手法として、ユーザが料理名を指定し、その料理画像のうち「ユーザの所持する器に類似した器を使用したもの」を提示するという機能の実装を検討している。これにより、器を起点とした料理の決定だけでなく、任意の料理が決まっている場合での盛り付け参照が可能になれば、システムにより料理の魅力を上げる機会が現在より多くなると考えられる。これは、先ほど述べた「実用性」を実現する上で第一に必要な要素であるため、今後のシステム改善の上で重要な位置付けにある。

6.4 総括

本章では、「ある人がアクセス可能な器があったときに、その器に外観特徴が類似した器を用いた料理画像を参照させることで、その器に料理を盛り付けるイメージ・知識の獲得を促すことが可能か」という本研究の問いを検証した。器を新規購入するという場面を想定したユーザ実験を行った結果、7名中5名の実験参加者において、システムを用いることで対象の器への料理の盛り付けをより具体的にイメージする傾向を示した。また、類似した器を盛り付けの参考として活用するにあたり、大きさや深さといった器の機能面の類似性を満たすことは、審美的な特徴の類似性を満たすことよりも優先される傾向が明らかになった。このことから、早急に取り掛かるべきシステムの改善点として、参照源としての

器に要求される機能面の属性を明らかにし、必要条件としてそれらの類似性を担保した器を検索する仕組みの検討が必要だと考えられる。

7 考察

7.1 提案手法の成果と限界

本研究では“ある人がアクセス可能な器があったときに、その器に外観特徴が類似した器を用いた料理画像を参照させることで、その器に料理を盛り付けるイメージの形成・知識の獲得を促すことが可能か”という問いを立て、提案システムを用いて検証した。本章では、目的である器活用支援における提案システムの成果と課題について、実験結果に基づき考察する。

まず、計算機と人の類似性評価の一致度について検証した5章の実験について考察する。実験の結果、器の類似性評価には相関関係が見られ、相対的に類似した器の検索が可能なことが示唆された。これは、類似した器を用いて盛り付けを参照するという体験において、まず“類似している器を提示可能かどうか”という課題を解決するうえでの端緒となると考える。一方で、検索上位の器に着目すると、その器に対する類似性評価は必ずしも高くなかった。本提案システムを実運用する場合、相対的類似性ではなく絶対的類似性に基づく器検索が求められるが、現状ではその精度は限定的であることが示された。

次に、提案システムによる実際の盛り付けイメージ形成への影響を測った6章の実験について考察する。実験の結果、提案システムを用いることは、対象の器の具体的な使用イメージの形成を促進する可能性が示唆された。ただし、本実験は“食器屋”においてシステムを使用するという場面のみを対象として実施した。したがって、今回検証した器活用支援への貢献は、限定的な状況下で確認されたものである点に留意する必要がある。ユーザが自宅で所有する器を撮影するといった異なる場面では、システムの有用性や求められる機能も異なることが考えられる。

また、本実験の参加者は、“盛り付けや器活用についての知識や経験が比較的少ない”人が多くを占めている。これは、6章の実験で行ったアンケートのうち普段料理を作る頻度を尋ねた項目において、7名中2名が“1年に数回”、3名が“1ヶ月に数回”と回答したことから伺える。このように器の知識が少ないと考えられる実験参加者に対して器活用イメージの形成を促進する効果が確認されたことは、本研究における“盛り付けの知識獲得を促進する”という貢献を確認する上での基盤になると考えられる。一方で、調理を行う頻度が少ないことは、料理や盛り付けの審美面についての興味や着眼点が少ない可能性も高い。本システムでの支援対象場面を、来客に振る舞う料理やSNSに写真を投稿する料理とする場合、料理提供者は調理経験や審美面への興味を少なからず有していることが想定される。このことから、調理経験を問わず、料理の見栄えや器、盛り付けに関心があるユーザに対してのシステムの効果を確認する必要があると考えられる。

7.2 展望

本研究の発展に向けて今後アプローチしたい点として、以下の3つを挙げる。

1つ目は、器の盛り付け参照においてどの程度器の類似性が担保されている必要があるかを明らかにする点である。本実験では、人と計算機の間で器の類似性評価の一致傾向がどの程度あるかについて検証した。しかし、類似した器を用いた料理画像を盛り付けのイ

イメージ形成促進に使用する際、どの程度厳密に似ていることが必要か、という閾値については明らかになっていない。これは、単純な「似ている」「似ていない」の1次元の連続値ではなく、器の観点ごとに多次元の類似性が複雑に影響してくると考えられる。まず、器の審美面を重視するか機能面を重視するかで、求められる類似性の種類が変わってくる。例えば、たとえ形状が自分の器と異なっていたとしても、色さえ似ていれば見た目のおおまかな雰囲気や掴めるため参照源として役立つ場合もある。一方で、色や模様、材質が全く異なっていたとしても、直径と深さが同様であれば盛り付けられる料理が明確に一致するため参照源として成立する場合もある。また、審美面の中でも色より模様を重要視する人がいたり、機能面で大きさに重きを置く人がいたりすることも考えられ、器特徴のそれぞれの側面も様々な観点到に細分化される。このように類似性の判断基準が人によって多種多様である [37] ため、一概に「類似している程度」を測ることも、その必要最低基準をこちらで定めることも困難である。現段階ではこのような類似性評価の複雑さを十分に考慮しないまま類似検索の妥当性検証を行った。将来的には、ユーザごとに重視する器特徴に重み付けを行うような類似検索の実現が求められると考える。

2つ目は、類似検索の精度向上である。特に5.3節でも言及したように、直径や深さに代表される「器のサイズ」の類似性が保たれていないことは、早急に対処すべき課題である。具体的には、「データセット中の器のサイズ」と「ユーザの器のサイズ」についての情報を明らかにし、照合することで、直径や深さが一致した器を検索することが考えられる。データセット中の器のサイズを明らかにするための手法として、高橋ら [36, 50] の研究で用いられた料理-器画像データセットを使用することを検討している。2.2節で述べたように、このデータセットでは、器の画像に対し「料理名」が紐づいているが、その他にも、商品説明のテキストからその器の「サイズ」の情報（直径、高さ）を取得している（図7.1参照）。このデータセットに基づき、「料理名」と、その料理を盛り付けられうる器の「サイズ」の情報を間接的に紐づけることが可能である。本研究のデータセット中の料理画像にはレシピ情報が紐づけられているため、レシピタイトルから料理名を取得し、その料理に必要なサイズを推定することで、実質的にその料理画像中の器の直径・深さが推定可能であると考える。

ユーザの器については、料理情報が紐づいていないため、上記の手法で機能面を明らかにすることは不可能である。そこで、計算機に器の大きさ・深さを推定する手法を学習させ、撮影された器画像からそれらを機械的に求める方法を検討している。具体的には、まず、複数の大きさ・深さの器を用意し、それぞれに同一の物体（例：みかん）を乗せ、真上・斜め上・横など複数の角度から撮影した画像を多数、計算機に読み込ませる。このみかんをスケールの基準とし、相対的に器のサイズが推定される。このとき、どのサイズだどのような特徴が器に現れるか、という情報を学習させることで、未知の器についてもその特徴からサイズを推定することができるのではないかと考える。この手法が確立されれば、上記の「データセット中の料理画像」についてもサイズが推定できる可能性が生まれる。また、これらの手法を糸口に、サイズについても類似した器を検索することで、より実用性の高い盛り付け参照につながると考える。

類似検索の精度向上としては他にも、現在使っている Augnet の特徴抽出モデルをファインチューニングすることが考えられる。現状のモデルでは、車や生物といった一般的な物

商品詳細

商品説明 テーブルの上に花が咲いたようなデザイン、さりげない可愛らしさで食卓を華やかに彩ります。趣のある釉薬使いで、雰囲気あるおしゃれな印象の輪花皿。丸皿や丸鉢が多い中、楕円形はテーブルのアクセントにもなります。場所を取らず使いやすいので、食器棚の一つあると便利です。赤土で成形し釉薬をかけて焼成した、ポテリエシリーズ こちらはポテリエ オーバルプレートL ブラックです。大きさは24.5cmで、大きめ&深めのパスタ皿としてメイン料理に。サラダボウル、煮物皿としてもおすすめです。華やかさもあるので、クッキーやチョコレートなどのお菓子や、オードブルなどをのせるプレートとして、お客様のおもてなしの器としてもぴったり、ホームパーティでも活躍します。商品詳細 サイズ/約24.6×16.2×高さ3.6cm 素材/陶器 生産地/日本 電子レンジ、食洗機不可 ※サイズは全て外寸になります。ご注意 ※お客様のお使いのモニター設定、お部屋の照明等により実際の商品と色味が異なって見える場合がございます。※画像に含まれる小物は使用イメージのために使用しています。※ヒビを装飾に用いた「貫入」という技法の商品です。ご使用前には米のとぎ汁で煮て頂くか、水にしばらく浸して頂くと、油などが染み込みにくくなります。※商品の色味・柄・濃淡に個体差がございます。※商品により釉薬のムラがみられる場合があります。

テーブルウェアアイストのお皿 テーブルウェアアイストで販売中の洋食器のお皿は、陶磁器の生産シェア日本一を誇る、岐阜県土岐市をはじめとする「美濃焼」が中心です。全国各地に陶器の産地がありますが、美濃焼きはバリエーション豊かな作風が特徴で、伝統的な織部や志野を始め、今人気の波佐見焼や北欧食器に負けないモダンなもので製作しており、それらを卸問屋を通さず産地直送で格安で販売しています。 当店で「洋食器」と括っている食器は「外国産の食器」ということではなく、ホテルや洋食レストランの業務用としてや、洋風のメニューや用途を想定して製作された器を指します。その為、形状は和食器で北欧風など洋風の柄を施したものや、フラットな洋食器の形状で和の釉薬を使ったものなどがあり、それらは和食洋食問わず使えるものが多いです。 素材は磁器が中心ですが陶器製やガラス製も。 【30cm前後の大皿】 ラウンドプレートとも呼ばれる、パーティー食器やディナープレートとして使用されるお皿。 オードブル皿やピュウフェスタイルでも使えるので、ご家庭でも大きなお皿が一つあると重宝します。 【23~27cm位のお皿】 メインディッシュ用のプレート。 メインディッシュの魚や肉料理と一緒に付け合せの温野菜などを一緒に盛り付けます。 サラダやパンをひとまとめに盛って、ランチプレート・モーニングプレートとしてワンプレートでも使える用途の広いサイズ。 テーブルセッティングのときの位置皿として使います。 家庭ではパスタ皿としても使えます。 【20cm前後の中皿】 ケーキ皿・デザート皿と呼ばれるサイズのお皿。 食後のデザート、ケーキやフルーツを盛り付ける為のものですがパン皿や、サラダ皿などにも使えます。 【12~17cmのお皿】 パン皿やケーキ皿、フルーツ皿やサラダ皿として使える小皿・中皿サイズのお皿。パーティーの取り皿として揃えておくともよいサイズです。 テーブルウェアアイストでは、シンプルなホワイト・シックなブラック、カラフルなブルーやグリーン・イエローやブラウンなど豊富に取り揃えております。 デザインもホテル食器のようなスタイリッシュなものから北欧風のカフェ食器のようなおしゃれなお皿、カジュアルな絵柄の入ったものなど数多くあり、お好みに合わせてお選びください。 ※注文完了時に自動付与されます

店舗情報

図 7.1: 高橋ら [50] が行った、器の商品説明からの情報取得

体の画像が学習使用されており、器に限定されているわけではない。そこで、特に器の画像を多数用い、人の類似性評価の高い器の組を用いてファインチューニングを行う。これにより、類似性の判断基準が「器」「人の評価」に特化されたモデルになれば、より提案システムに適した、精度の高い類似検索を行うことができると考える。

3つ目は、検索条件の追加である。現状の検索では、器が類似しているという条件のみで料理画像を絞り込んでいる。一方で、6.3.4項で言及したように、料理をクエリとした検索を行うことで、器起点だけでなく、料理起点で盛り付けの参照を行うことが可能になり、器と料理の組み合わせのアイデアをより多方面から獲得することができると考える。また、料理以外にも器のテイスト (e.g., 和, 洋, 中) や印象 (e.g., カジュアルな, シックな) を条件に絞り込むことができれば、料理と器というマイクロな関係性だけでなく、テーブルや部屋の雰囲気の統一を図るためのマクロな関係性を組み込んだ支援を行うことができ、ユーザの企図する演出を実現するための一助になることが期待される。特に印象については、先行研究 [38] で提案した印象推定手法を中心に、器に付与・検索への活用を検討している。これらの展望を中心に、システムの果たすべき目的や今後必要になるアプローチを今一度明瞭にし、ユーザの調理体験の拡張を目指す。

8 結論

本研究では、ユーザの所有する器や店頭で購入を検討する器に対し、類似した器を用いた料理の画像を提示することにより、その器の盛り付け方法を参照するシステムを開発した。これにより、ユーザは料理と器の多様な組み合わせ方・盛り付け方をインプットすることができ、ユーザの意図に沿った食事の演出ができるようになることを考える。提案システムには、料理画像データセットがあらかじめ組み込まれており、その中からユーザの器に類似した器を検索する。このときの類似検索の課題として、データセットの画像は料理により器の中央が欠損しているのに対し、ユーザの器の画像にはそのような欠損はないという情報量の差が挙げられる。この課題を解消するため、ユーザの器の画像の中央にマスクを施すことで、データセットの器との形状・情報量の実質的な統一を図った。この類似検索技術と人の類似性評価の適合度を測る実験を行ったところ、計算機の算出した類似度の順位と人の類似性評価のスコアに相関関係が見られた。この結果から、計算機の算出する類似度は、人の類似性評価と一定程度一致する傾向が示された。次に、マスクありの場合とマスクなしの場合を比較したところ、上位群～下位群すべてにおいて、マスクあり条件の方が人の類似性評価スコアの平均が高く、効果量は3.8%～9.6%であった。このことから、マスク処理をすることで、人の類似性評価の高い器が上位群に検索される傾向が低度だが示唆された。一方で、下中位群～下位群においても類似性評価が上がっていることから、相関関係についてはマスクなし条件と大きく変化していないと考えられる。類似検索の精度向上を目指す場合、今後はユーザごとの類似性評価観点の違いを考慮し、よりパーソナライズされた類似検索の実現が求められる。

また、器の新規購入を想定場面とし、実験参加者にシステムを使用して器を選択してもらいユーザ評価実験を行った。実験の結果、7名中5名の参加者において、システムを使用した器選択の方が使用しない場合よりも「器に料理を盛り付けるイメージができた」と回答した。また、器を選択した理由について、7名中3名の参加者において、システムありの場合でのみ「その器に盛り付けたい料理や使用イメージで選んだ」を回答した。これらの結果から、ユーザがアクセス可能な器に類似した器を用いた料理画像を参照させることが、その器に対する盛り付け方法のイメージ形成・知識の獲得を促す効果をもたらす可能性が示された。

展望として、上記で述べた類似検索の精度向上の他に、料理を起点とした盛り付け参照の実現が挙げられる。これにより、器を起点とした現在のシステムに加え、作りたい・普段作る料理がユーザの中で決まっている場合においても、「ユーザの器・店頭にある器にその料理を盛り付けたらどうなるか」という観点で盛り付けのイメージ形成を支援することができる。また、和風・洋風といった料理・器のジャンルや、ユーザが演出したい食事の印象など、より詳細な条件を検索クエリとすることも検討している。このように、ユーザとシステム間のインタラクティブ性を向上させることで、より多くの利用シーン・多角的な利用目的のもとで料理と器の組み合わせをインプットすることが期待できる。本提案により、器への料理の盛り付け・それによる食卓の演出を支援することで、料理を作る・食べるという体験の拡張に寄与することを目指す。

謝辞

本研究の遂行および本論文の執筆にあたり、関西大学総合情報学部総合情報学研究科の松下光範先生には数々のご指導ご鞭撻を賜りました。心より厚く御礼申し上げます。研究でも雑談でも、先生はいつも聡明で面白いお話をしてくださり、学会先では刺激的な体験をする機会をたくさんいただきました。特に、国際会議でのスペイン訪問は、今でも鮮明に思い出せるほど楽しく特別な時間でした。分野を問わず、世の中に面白いもの、便利なものを生み出そうとする姿勢をいつも忘れない先生から、多くのことを学びました。そんな先生が私の研究を「面白い」と誉めてくださったことは、確実に今の私の自信と活力になっています。いつか、世の中の人にもっと「器」を楽しんでもらうため、先生へ恩返しをするため、これからもこの研究を続けていきたいと思えます。

関西大学総合情報学研究科知識情報学専攻松下研究室所属の同期である高橋可奈恵氏は、私が大学院生として活動する上での数少ない心の拠り所でした。こんなに気が合う人が唯一の同期でいてくれたことに、本当に感謝が尽きません。理学療法士と大学院生という二足草鞋を履いているにも関わらず研究成果を出し学会発表を重ねるかっこいい姿をみて、私も負けていられないと奮い立たせてもらいました。本稿の執筆期間は特に彼女のおかげで、しんどさよりも、それを共有し笑って乗り越えたという良い思い出にすることができました。来年度からはお互い新生活が始まりますが、これからもぜひ仲良くしてください。

器の研究者として共に歩みを進めてくれた関西大学総合情報学部総合情報学科の清水康生氏には、同分野で研究をしてきている心強さと刺激をもらいました。器研究を始めたきっかけは服のコーディネートへの興味であった中、新たに知識をつけるため器の指南書をたくさん読む努力家な姿がとても印象に残っています。また、彼の研究相談に乗ったり論文を添削したりすることは、先輩としての私を大きく成長させてくれました。本当にありがとうございました。これから2年間、大変なこともあるかもしれませんが、困ったらいつでも頼ってください。

研究生生活を送る上で仲良くしていただいた先輩・後輩の皆様は、優秀ながら個性豊かで面白く、本当に恵まれた環境にいるなど思いながら過ごす2年間でした。日々の何気ない会話だけでなく、時にはプライベートで交流する機会もあり、皆様のおかげでこの研究生生活をとても楽しく生き生きと過ごすことができました。心より感謝申し上げます。

関西大学総合情報学研究科知識情報学専攻井浦研究室所属の同期である森香南子氏には、学部生の頃から、授業やサークル、TAなど、大学生活のあらゆる場面を共に過ごしていただきました。特に修士2年次は、ものラボで雑談する時間が癒しになっていました。楽しいことの共有だけでなく、時には研究で苦勞する私を支えたりもしてくれて、本当にありがとうございました。これからも変わらずたくさん遊んでください。

最後に、6年間もの長い学生生活の中で、常に味方となり支え続けてくれた家族に心から感謝の意を記して謝辞といたします。

研究業績

- Risa Takahashi, China Takahashi, Mitsunori Matsushita : Estimation of plates impression by restaurant information on the gourmet website, *Procedia Computer Science* (Proc. 28th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems), Vol.246, pp.3868-3877 (2024)
- Risa Takahashi : Visual Plate Selection System: Photographic References for Aesthetic Food-Plate Pairing, 2025 IEEE CIS High-School Outreach Workshop on Quantum CI & AI@KansaiU (2025)
- Risa Takahashi, Mitsunori Matsushita : Food plating referencer: A Visual Plateware Selection System Based on Image Masking and Similarity Search, *The 2025 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence* (2025)
- 高橋りさ, 高橋知奈, 松下光範 : 類似画像マッチングによる器への印象付与手法の妥当性検証, 2024年度人工知能学会全国大会(第38回)論文集, No.1N3-GS-9-05 (2024)
- 高橋りさ, 高橋知奈, 松下光範 : 器画像撮影による料理との組み合わせ提示システムの開発— 画像欠損の影響を考慮した類似度検索の精度評価 —, *情報処理学会研究報告*, Vol.2025-HCI-211, No.24, pp.1-6 (2025)

参考文献

- [1] Aguilar, E., Remeseiro, B., Bolaños, M. and Radeva, P.: Grab, Pay, and Eat: Semantic Food Detection for Smart Restaurants, *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 20, No. 12, pp. 3266–3275, DOI: 10.1109/TMM.2018.2831627 (2018).
- [2] Ahmed, A. S. and Ibraheem, I. N.: Recent advances in content based image retrieval using deep learning techniques: A survey, *AIP Conference Proceedings*, DOI: 10.1063/5.0236594 (2024).
- [3] Amiri, M., Sarani Rad, F. and Li, J.: Delighting Palates with AI: Reinforcement Learning’s Triumph in Crafting Personalized Meal Plans with High User Acceptance, *Nutrients*, Vol. 16, No. 3, DOI: 10.3390/nu16030346 (2024).
- [4] Aslan, S., Ciocca, G. and Schettini, R.: Semantic Food Segmentation for Automatic Dietary Monitoring, *Proc. IEEE 8th International Conference on Consumer Electronics -Berlin*, pp. 1–6, DOI: 10.1109/ICCE-Berlin.2018.8576231 (2018).
- [5] Baltescu, P., Chen, H., Pancha, N., Zhai, A., Leskovec, J. and Rosenberg, C.: ItemSage: Learning Product Embeddings for Shopping Recommendations at Pinterest, *Proceedings of the 28th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, KDD ’22, p. 2703–2711, DOI: 10.1145/3534678.3539170 (2022).
- [6] Chaudhari, S., Rane, A. and Kumar, A. R.: Personalizing nutrition and recipe recommendation using attention mechanism with an ensemble model, *Clinical eHealth*, Vol. 8, pp. 66–77, DOI: 10.1016/j.ceh.2025.03.002 (2025).
- [7] Chen, M., Chang, Z., Lu, H., Yang, B., Li, Z., Guo, L. and Wang, Z.: AugNet: End-to-End Unsupervised Visual Representation Learning with Image Augmentation, *arXiv preprint arXiv:2106.06250*, DOI: 10.48550/arXiv.2106.06250 (2021).
- [8] Comber, R., Choi, H.-J. J., Hoonhout, J. and O’hara, K.: Editorial: Designing for human-food interaction: An introduction to the special issue on ‘food and interaction design’, *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, Vol. 72, No. 2, p. 181–184, DOI: 10.1016/j.ijhcs.2013.09.001 (2014).
- [9] Cui, R., Chen, W., Peng, D., Minamizawa, K. and Pai, Y. S.: FoodMorph: Changing Food Appearance Towards Less Unhealthy Food Intake, *SIGGRAPH Asia 2023 Posters*, DOI: 10.1145/3610542.3626149 (2023).
- [10] Deldjoo, Y., Nazary, F., Ramisa, A., McAuley, J., Pellegrini, G., Bellogin, A. and Tommaso, D. N.: A Review of Modern Fashion Recommender Systems, *ACM Computing Surveys*, Vol. 56, No. 4, DOI: 10.1145/3624733 (2023).

- [11] Du, Y. L., Alexander, B., Antonenka, M., Mahadev, R., Yu Wu, H. and Kislyuk, D.: Visual Product Graph: Bridging Visual Products And Composite Images For End-to-End Style Recommendations, <https://arxiv.org/abs/2505.21454> (2025).
- [12] Głuchowski, A., Koteluk, K. and Czarniecka-Skubina, E.: Effect of Shape, Size, and Color of the Food Plate on Consumer Perception of Energy Value, Portion Size, Attractiveness, and Expected Price of Dessert, *Foods*, Vol. 13, No. 13, DOI: 10.3390/foods13132063 (2024).
- [13] Guberman, M., Sakdavong, J.-C. and Galmarini, M. V.: Modulating taste perception through color and shape: a mixed reality study on solid foods, *Frontiers in Computer Science*, Vol. Volume 7 - 2025, DOI: 10.3389/fcomp.2025.1512931 (2025).
- [14] Ha, S. W., Nurain, N., Agapie, E. and Chung, C.-F.: Preparing and Experiencing Food During Life Events: Implications for Technology Supporting Social and Value Changes, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, DOI: 10.1145/3706598.3713183 (2025).
- [15] Han, S. Y. and Kang, E. J.: Childish: The Smart Plate and Cup for Children, *Proc. Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, DOI: 10.1145/3029798.3034946 (2017).
- [16] Hao, Z. and Yunfeng, D.: Improving Deep Hashing Performance for Image Retrieval Using Multi-Dimensional Attention, *Proc. 5th International Conference on Artificial Intelligence, Big Data and Algorithms*, pp. 700–703, DOI: 10.1109/CAIBDA65784.2025.11183133 (2025).
- [17] Jain, J., Li, J., Chiu, M. T., Hassani, A., Orlov, N. and Shi, H.: Oneformer: One Transformer to Rule Universal Image Segmentation, *Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2989–2998, DOI: 10.48550/arXiv.2211.06220 (2023).
- [18] Javed, M., Malik, F. A., Awan, T. M. and Khan, R.: Food Photo Posting on Social Media while Dining: An Evidence using Embedded Correlational Mixed Methods Approach, *Journal of Food Products Marketing*, Vol. 27, No. 1, pp. 10–26, DOI: 10.1080/10454446.2021.1881861 (2021).
- [19] Jozef, Y., Georgiana, J., Lulu, Y., Andy, W. and Charles, S.: Aesthetic plating: a preference for oblique lines ascending to the right, *Flavour*, Vol. 4, No. 27, DOI: 10.1186/s13411-015-0037-x (2015).
- [20] Kakimori, T., Okabe, M., Yanai, K. and Onai, R.: A System to Help Amateurs Take Pictures of Delicious Looking Food, *Proc. IEEE Second International Conference on Multimedia Big Data*, pp. 456–461, DOI: 10.1109/BigMM.2016.47 (2016).

- [21] Kassab, H., Mahmoud, A., Bahaa, M., Mohamed, A. and Hamdi, A.: MMIS: Multimodal Dataset for Interior Scene Visual Generation and Recognition, <https://arxiv.org/abs/2407.05980> (2024).
- [22] Liao, S., Ding, Y. and Mok, P.: Recommendation of Mix-and-Match Clothing by Modeling Indirect Personal Compatibility, *Proc. ACM International Conference on Multimedia Retrieval*, p. 560–564, DOI: 10.1145/3591106.3592224 (2023).
- [23] Liu, H., Tang, X., Chen, T., Liu, J., Indu, I., Zou, H. P., Dai, P., Galan, R. F., Porter, M. D., Jia, D., Zhang, N. and Xiong, L.: Sequential LLM Framework for Fashion Recommendation, <https://arxiv.org/abs/2410.11327> (2024).
- [24] Nishimura, T., Ishiguro, K., Higuchi, K. and Kotera, M.: Multimodal Dish Pairing: Predicting Side Dishes to Serve with a Main Dish, *Proc. 1st International Workshop on Multimedia for Cooking, Eating, and Related Applications*, p. 1–9, DOI: 10.1145/3552485.3554934 (2022).
- [25] Okamoto, K. and Yanai, K.: UEC-FoodPix Complete: A Large-Scale Food Image Segmentation Dataset, *Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges*, pp. 647–659, DOI: 10.1007/978-3-030-68821-9_51 (2021).
- [26] Peng, Y. and Jemmott, J.: Feast for the Eyes: Effects of Food Perceptions and Computer Vision Features on Food Photo Popularity, *International Journal of Communication*, Vol. 12, p. 24 (2018).
- [27] Piqueras-Fiszman, B., Giboreau, A. and Spence, C.: Assessing the influence of the color of the plate on the perception of a complex food in a restaurant setting, *Flavour*, Vol. 2, p. 24, DOI: 10.1186/2044-7248-2-24 (2013).
- [28] Quan, W., Chen, J., Liu, Y., Yan, D.-M. and Wonka, P.: Deep Learning-based Image and Video Inpainting: A Survey, <https://arxiv.org/abs/2401.03395> (2024).
- [29] Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P. and Ommer, B.: High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models, <https://arxiv.org/abs/2112.10752> (2022).
- [30] Sakurai, S., Narumi, T., Ban, Y., Tanikawa, T. and Hirose, M.: CalibraTable: tabletop system for influencing eating behavior, *SIGGRAPH Asia 2015 Emerging Technologies*, DOI: 10.1145/2818466.2818483 (2015).
- [31] Shiau, R., Wu, H.-Y., Kim, E., Du, Y. L., Guo, A., Zhang, Z., Li, E., Gu, K., Rosenberg, C. and Zhai, A.: Shop The Look: Building a Large Scale Visual Shopping System at Pinterest, *Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, p. 3203–3212, DOI: 10.1145/3394486.3403372 (2020).

- [32] Shin, C., Choi, J., Kim, H. and Yoon, S.: Large-Scale Text-to-Image Model with In-painting is a Zero-Shot Subject-Driven Image Generator, <https://arxiv.org/abs/2411.15466> (2025).
- [33] Shu, X., Li, H., Wen, W., Qiao, R., Li, N., Ruan, W., Su, H., Wang, B., Chen, S. and Zhou, J.: Precise occlusion-aware and feature-level reconstruction for occluded person re-identification, *Neurocomputing*, Vol. 616, p. 128919, DOI: 10.1016/j.neucom.2024.128919 (2025).
- [34] Sohn, J., Jung, H., Yan, Z., Masti, V., Li, X. and Raj, B.: Fashion Image Retrieval with Occlusion, *Pattern Recognition*, pp. 31–46 (2025).
- [35] Somers, V., Vleeschouwer, C. D. and Alahi, A.: Body Part-Based Representation Learning for Occluded Person Re-Identification, *2023 IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, p. 1613–1623, DOI: 10.1109/wacv56688.2023.00166 (2023).
- [36] Takahashi, C., Matsushita, M. and Yamanishi, R.: Exploration cycle finding a better dining experience: a framework of meal-plates, *Procedia Computer Science*, Vol. 225, pp. 2902–2911, DOI: 10.1016/j.procs.2023.10.283 (2023).
- [37] Takahashi, R., Takahashi, C. and Matsushita, M.: Estimation of plates impression by restaurant information on the gourmet website, *Procedia Computer Science*, Vol. 246, pp. 3868–3877, DOI: 10.1016/j.procs.2024.09.160 (2024).
- [38] Takahashi, R., Takahashi, C. and Matsushita, M.: Estimation of plates impression by restaurant information on the gourmet website, *Procedia Computer Science*, Vol. 246, pp. 3868–3877 (2024).
- [39] Tian, Y., Zhang, C., Metoyer, R. and Chawla, N. V.: Recipe Recommendation With Hierarchical Graph Attention Network, *Frontiers in Big Data*, Vol. Volume 4 - 2021, DOI: 10.3389/fdata.2021.778417 (2022).
- [40] Velasco, C., Michel, C., Woods, A. T. and Spence, C.: On the importance of balance to aesthetic plating, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, Vol. 5-6, pp. 10–16, DOI: 10.1016/j.ijgfs.2016.08.001 (2016).
- [41] Wijaya, B. S., Yohansen, I., Jeremy and Oktavia, T.: Fridge Inventory Management to reduce Household Food Wastage, *2020 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, pp. 153–158, DOI: 10.1109/ICIMTech50083.2020.9211142 (2020).
- [42] Yang, Q., Wang, P., Fang, Z. and Lu, Q.: Focus on the Visible Regions: Semantic-Guided Alignment Model for Occluded Person Re-Identification, *Sensors*, Vol. 20, No. 16, DOI: 10.3390/s20164431 (2020).

- [43] Zhang, L., Rao, A. and Agrawala, M.: Adding Conditional Control to Text-to-Image Diffusion Models, <https://arxiv.org/abs/2302.05543> (2023).
- [44] Zhang, R., Isola, P., Efros, A. A., Shechtman, E. and Wang, O.: The Unreasonable Effectiveness of Deep Features as a Perceptual Metric, *CoRR*, Vol. abs/1801.03924, DOI: 10.48550/arXiv.1801.03924 (2018).
- [45] Zhang, S., Qian, J., Wu, C., He, D., Zhang, W., Yan, J. and He, X.: Tasting More Than Just Food: Effect of Aesthetic Appeal of Plate Patterns on Food Perception, *Foods*, Vol. 11, No. 7, DOI: 10.3390/foods11070931 (2022).
- [46] Zhao, C., Qin, Y., Zhang, B., Zhao, Y. and Wu, B.: An end-to-end occluded person re-identification network with smoothing corrupted feature prediction, *Artificial Intelligence Review*, Vol. 58, No. 53, DOI: 10.1007/s10462-024-11047-z (2025).
- [47] Zhong, Z., Zheng, L., Kang, G., Li, S. and Yang, Y.: Random Erasing Data Augmentation, <https://arxiv.org/abs/1708.04896> (2017).
- [48] Zhou, B., Zhao, H., Puig, X., Fidler, S., Barriuso, A. and Torralba, A.: Scene Parsing through ADE20K Dataset, *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 633–641, DOI: 10.1109/CVPR.2017.544 (2017).
- [49] 東奈穂, 高橋知奈, 松下光範, 山西良典: レシピの手順に着目した複数の器特徴の推定, 情報処理学会研究報告, Vol. 2023-EC-67, No. 18, pp. 1–5 (2023).
- [50] 高橋知奈, 松下光範, 山西良典: AMPERE: 料理–器関係の双対性に着目した探索的な器選択の支援, 情報処理学会研究報告, Vol. 2024-HCI-206 No.36 (2024).
- [51] 福元颯, 松下光範, 山西良典: 盛り付け支援のための料理と器の関係性の分析 ～色ヒストグラムに着目した特徴分析, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2020 論文集, Vol. A-5-2 (2020).
- [52] 福元颯, 高橋知奈, 松下光範, 山西良典: 盛り付け支援を目指した料理–器関係の分析, 第13回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, Vol. C13-4 (2021).