

研究課題名

牛乳・乳製品や牛乳を使った料理の栄養素及び機能性成分を
3Dデジタル技術により表示するシステムの開発

代表研究者

宇都宮大学 カバリエロ 優子

共同研究者

宇都宮大学 赤塚 朋子

宇都宮大学 森 清悟

宇都宮大学 石川 雅大

上三川町上三川中学校 尾崎 歩美

東京国際大学 田中 千晶

宇都宮大学 宮代 こずゑ

北里大学 牛渡 愛

【本文】

研究成果の概要

本研究は食品や料理の栄養学的特徴を、三次元デジタル表示技術を使って表現するシステムの開発を行うことを目的とした。牛乳や乳製品、牛乳を使用した料理や複合料理は栄養のバランスがよいといわれているが、食品群に含めることが難しい。したがって、それらの食品・料理の栄養学的特徴を視覚的に表現することができれば、学校教育や社会人向けの栄養教育や食事管理に活用できるのではないかと考えた。

2023年1月から10月にかけて、三次元上で食品や料理の栄養学的特徴を表す表示方法（3Dデジタル栄養表示）に関するアンケート調査を実施した。アンケート協力者は、栃木県内町立中学校の生徒166名と日本人を含む国内・海外在住の18歳以上63名であった。調査結果をもとに3Dデジタル栄養表示方法の改良を行った。

ユーザーが食品や料理を選択して、それらに含まれている栄養素を確認できるような出力手段としてホームページを試作し、その出力部分に改良した3Dデジタル栄養表示を埋め込んだ。ホームページ上には主な食品・料理の写真を載せ、ユーザーがそれらの料理を選択することで、牛乳と組み合わせた一食分の栄養学的特徴がグラフ上に表示されるようにした。表示された絵は、ドラッグしながら360度回転させることができるようにして、エネルギー・産生栄養素の量を3軸上から確認できるようにした。またホームページの最下部には、一食で摂取することが理想とされる栄養素の理想値を100%とした場合の過不足をパーセントで表示した。

2024年4月～5月に、栃木県内の小・中学生合計581名にホームページに関するアンケート調査を実施した。小・中学生の約8割が、3D栄養表示システムを使って学ぶことに対して肯定的に捉え、興味・関心を示し、理解しやすいと回答した。しかし、理解度を確認するテストの正答率は、小学生で15.3%（58名）、中学生で25.1%（51名）と低い値を示した。このことから、学習教材として使用するためには、それぞれの栄養素が3D栄養表示としてどのように表現されるかをていねいな説明したり、このホームページを繰り返し活用したりするなどの工夫が必要であることが示唆された。3つの食品グループまたは6つの基礎食品群と比べて、3D栄養表示システムは分かりやすいかという質問に対しては、3D栄養表示の方が分かりやすいと答えた小学生が約70%（262名）だったのに対して、中学生は55%（112名）であった。

今後はアンケート集計結果を詳細に分析し、より理解しやすい栄養表示を目指して改善していきたいと考えている。

1. 研究開始当初の背景

食品や料理の栄養学的特徴は、食品群や食事バランスガイド等で示されるのが一般的である。日本では、食品の分類が小・中・高等学校と、校種別に異なっており、栄養学的知識の定着を困難にしていることが課題となっている¹⁾。この傾向は世界的にも同様であり、ワールドスタンダードな栄養表示システムは存在していない²⁾。さらに、乳製品は加工によって、炭水化物、たんぱく質、脂質、カルシウム量が異なるために、実際は分類が困難であり、食品群により分類されることによって、それ以外の栄養素があたかも含まれていないという誤解を招きかねないことが課題であった³⁾。

そこで筆者らは、食品や料理の栄養学的特徴を文字情報に頼らず、デジタル画面上に色、形、大きさなどを用いて3次元の絵で表現する栄養表示方法を開発し、2022年11月に特許を申請した⁴⁾。具体的には、食品100gあたりの炭水化物、たんぱく質、脂質の重量をX、Y、Z軸上でプロットし、栄養素の色をそれぞれ黄、赤、青の色の濃さの混合色で表し、食品のエネルギーの大きさを丸い円の大きさで表した。さらに、ビタミンやミネラル類は、一食あたりの栄養素等摂取量の目標値を100%とした場合の、当該食品に含まれる含有量を%で換算し、球上に葉っぱの形で示すように表すようにすることで、これまで表示することが困難であったバランスのよい食品や料理の概念を視覚的に表すことが可能になった。図1に三次元上で食品や料理の栄養学的特徴を表すイメージと試作したの栄養表示を示す(以降3Dデジタル栄養表示と表記する)。この表示方法は、牛乳や乳製品、複合料理といった炭水化物、脂質、たんぱく質を理想的な比率で含む食品では緑で表され、さらにビタミン、ミネラル、機能性成分を多く含む食品や料理の表示は、葉などの表示が大きく出る。したがって、

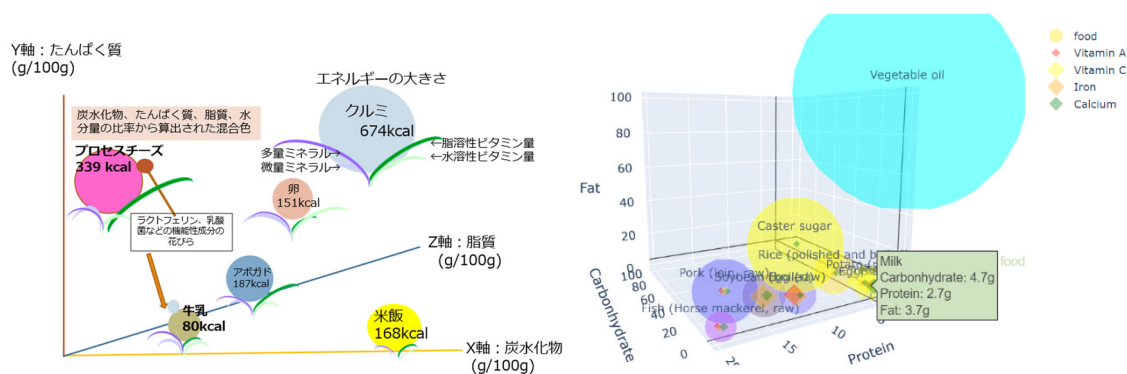


図1 3Dデジタル栄養表示のイメージ(左)と試作中の栄養表示(右)

本栄養表示を用いれば、栄養バランスがよいという概念を視覚的に理解することができ、乳製品や栄養価の高い食品・料理を積極的に摂ることの意義が消費者や子どもには理解しやすいのではないかと考えた。

しかし本栄養表示は、イメージを表したデザインのみであったため、実用可能なものにするためには、利用者が操作しながら視覚的に食品や料理の栄養学的特徴を知ることができるツールを開発する必要があると考えた。

2. 研究の目的

本研究は、食品や料理の栄養学的特徴を、デジタル表示技術を使ってコンピュータ上で三次元の絵により表示するためシステムを開発することを目的とした。ここでのシステムとは、食品や料理のデータベース入力、アプリケーションによる情報処理、ユーザーが利用できるプラットフォームとしての出力の一連の仕組みと定義する。

現在教育現場では、ギガスクール構想や新型コロナウイルス感染症等の影響により、ICT教育が全国的に展開されつつある。それらの背景を鑑みても、3Dデジタル栄養表示は食品群中心の栄養教育を超えた、なおかつ国や食文化の違いによらない汎用性の高いデジタル栄養教育教材としての利用できると考えている。

3. 研究の方法

(1) 3Dデジタル栄養表示の改善

先行研究で開発した3Dデジタル栄養表示の改善と出力手段としてのプラットフォーム検討のために、以下2群を対象にアンケート調査を実施した。

1群目は2023年1月に栃木県内の1校の町立中学生を対象に、Googleフォームによるアンケート調査を家庭科の授業時間中に実施した。アンケート協力者は166名であった。アンケートではご飯などの主要な食品や料理10種類の栄養価を模式図化した平面的なデザインの2D栄養表示と図1(右)の3D栄養表示で表示した食品類との二種類を提示して、二つのデザインそれぞれについて回答してもらった。質問内容は、①この絵を使って学ぶことに興味・関心が持てそうか(興味・関心)、②この絵は教科書の6群よりも分かりやすいか(分かりやすさ)、③この絵を使って栄養を学ぶことは楽しいと思うか(楽しさ)、④この絵を使って栄養を学んでみたいと思うか(学習意欲)、⑤試作品についてのもよい点、改善点、要望等の自由記述回答の5項目であった。自由記述以外は5件法であった。

2群目は2023年8月～10月にかけて18歳以上の日本人および外国人を対象に、3D栄養表示のみを提示して紙面もしくはGoogleフォームによりアンケートを実

施した。これは将来的に大人や海外の人にも利用してもらうことを想定していたためである。調査協力者は、マレーシアの国際学会参加者、国内での大学見本市参加者、パラグアイ共和国の研究協力者の知人であり、調査地はそれぞれ、クアラルンプール（マレーシア）、東京、アスンシオン（パラグアイ）であった。合計63名の回答を得た。調査内容は、中学生と同様の質問項目に加えて、ユーザーが使用する際のデザインに関する質問も含めた。具体的には、炭水化物、たんぱく質、脂質比率を表すのに三角形と逆三角形のどちらが理解しやすいかについてであった。調査内容の言語は、日本語、英語、スペイン語の三か国語表記とした。

上記2群の調査で得た結果のうち、情報処理技術で改善可能なものを抽出して3D栄養表示に反映させた。

（2）ホームページの試作

ユーザーが食品や料理を選択して、それらに含まれている栄養素を確認できるような出力手段として、改良した3D栄養表示を組み込んだホームページを試作した。ホームページのデザインや仕様については、（1）で得られたアンケートの回答結果を参照しつつ共同研究者複数名とディスカッションを重ねて考案した。Webフレームワークはフリーソフトを使用した⁵⁾。

（3）ホームページに関するアンケートの実施

試作したホームページの評価のために、2024年4～5月に栃木県内の国立の附属小・中学校1校、町立の小・中学校それぞれ1校ずつの児童・生徒にアンケートを実施した。アンケート協力者は、小学5、6年生378名、中学1～3年生203名、合計581名であった。また、学校の家庭科で栄養について既習済みであった割合は、小学生では55.6%（208名）、中学生では3名を除いて全員であった。各対象校でのアンケートは、家庭科の授業内に一斉に実施した。

アンケート実施前に3分間の動画を一斉に視聴してもらった。内容は、小中学校で同一とし、食品や料理に含まれる栄養素の違いが、3D栄養表示の絵によってどのように表現されるかをホームページ上の写真と絵を提示しながら説明した。その後、ホームページの操作方法を説明した。動画視聴後に約3分間、各自ホームページを操作してもらった後にアンケートを実施した。質問内容は、①ウェブサイトの視覚的な見やすさ、操作のしやすさ、②3D栄養システムを使った学びに関する興味・関心、分かりやすさ、理解度、満足度、③試作品についての自由記述から構成されており、全部で15問であった。自由記述以外は、4件法または5件法の選択とした。質問内容は小学生向けには「3つの食品グループ」、中学生向けには「3つの食品群」や「6つの基礎食品群」と表記し、それ以外は小中学校で同じであった。回答時間は3分程度であった。

本研究は、宇都宮大学「ヒトを対象とする研究倫理審査委員会」の承認を得

て実施した（H23-0052）。

4. 研究成果

（1）3Dデジタル栄養表示システムの改善

アンケートで得られた回答のうち、以下の内容を改善した。

① 食品や料理の表示単位量を変更

これまで食品や料理に含まれる栄養素等の量を100gあたりで表示していたが、一食あたりの量で表現したほうが分かりやすいとの意見があった。そこで表示単位を一食あたりの食品や料理の表示に変更した。

② エネルギー産生栄養素の色の割合を絵で表示

エネルギー産生栄養素の割合が色から判断できるように、指標となるグラデーション状の三角形を、フリーソフトウェアを用いて作成した⁶⁾。

③ グラフ上の軸の表示

軸のタイトルと単位を表示し、表現された図の位置情報が一目でわかるようにした。

（2）ホームページの試作

方法（1）で収集したアンケート結果から、写真もしくは絵で料理を表示したほうが分かりやすいという意見があった。そのため、ホームページでは国内外でも日常的によく食される、もしくは海外でも知名度の高い食品、料理、乳製品や牛乳を使った料理16品目を表示することとした。ポーションサイズと栄養価は、食品成分データベース⁷⁾、久留米市のオープンデータカタログサイト⁸⁾、針谷・足立の著書⁹⁾、複数のホームページを参考にした。料理の写真は、レシピデータを参考に調理し撮影して使用した。アプリケーション構築技術の制約のために、ホームページ上では牛乳を初めから画面上に表示しておき、選択した食品や料理と牛乳を組み合わせることで、栄養バランスがどのように変化するかを、栄養値の合計として表現できるようにした。3軸上のボールはドラッグして360度回転させることができようにした。さらに組み合わせた料理が、一食で摂取することが理想とされる栄養素量の何パーセントにあたるかをホームページの下部に「いっしょくのめやす」として数値で表示した。レシピデータが一般の大人向けであったことから、「いっしょくのめやす」は「日本人の食事摂取基準」（2020年版）の1日の推奨量（18～64歳の男女平均値）を3で除した値とした。ビタミン、ミネラルの値をグラフ中に表示することが技術的な制約のためにできなかったため、それらの値を「ごうけい」の数値部分にのみ表示した。図2に食パンと牛乳を組み合わせた場合のホームページ上での出力表示画面を示した。

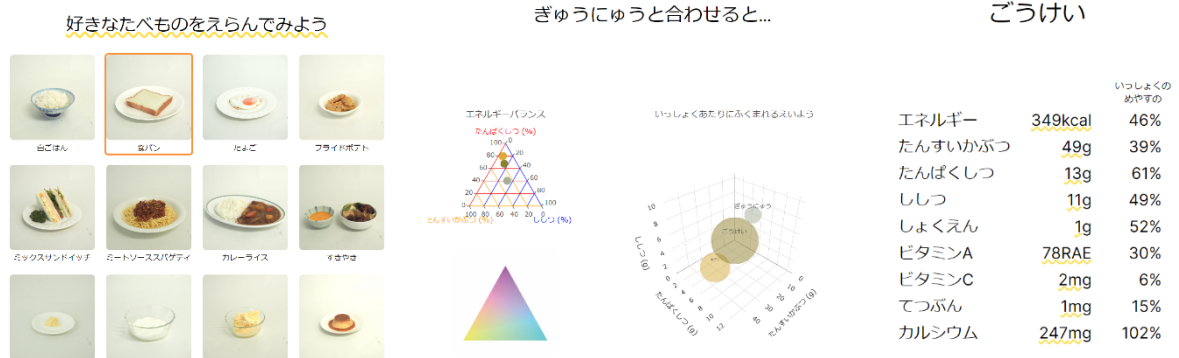


図2 ホームページ上でパンと牛乳を組み合わせた場合の出力表示画面

(3) ホームページに関するアンケート調査の集計結果

図3にアンケート集計結果の一部を示した。「このサイトを使って栄養を学ぶことは楽しそうですか?」という質問に対し、中学生、小学生ともに約50%が「とてもそう思う」と答えた。「ややそう思う」も含めると中学生では87.7%、小学生では84.4%となった。「この絵を使って学ぶことに興味・関心が持てそうですか?」の問いに対しても、「とてもそう思う」と「ややそう思う」を合わせて中学生で85.3%、小学生で82.0%となった。これらの結果から、小学生、中学生の8割以上が、3D栄養表示に対して肯定的な印象を持ち、学習に対する興味・関心を持ったことが示された。

「このホームページと「3つの食品グループまたは6つの基礎食品群」のどちらの方が分かりやすいですか?」という質問に対しては、小学生、中学生ともに25.1%が「このホームページの方がとても分かりやすい」と答えた。「このホームページの方がやや分かりやすい」と答えた割合は、小学生の方が多く、44.2%であり、中学生は30.0%であった。一方で、「3つの食品グループまたは6つの基礎食品群」の方がとても分かりやすい」と「3つの食品グループまたは6つの基礎食品群」の方がやや分かりやすい」を選択した割合は、小学生で30.7%、中学生で44.8%となった。以上のことから、小学生の約7割は3D栄養表示の方が「3つの食品グループ」より分かりやすいと感じていたが、中学生に関しては、3D栄養表示と食品群のどちらが分かりやすいかは、人それぞれで意見が異なることが示された。

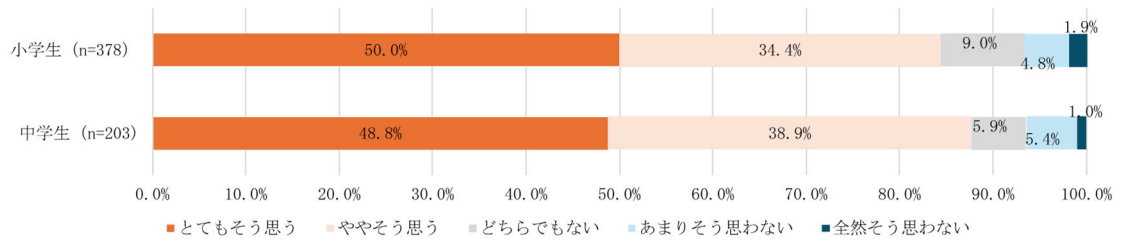
理解度に関する質問に関しては、「ウェブサイトで出力された絵の「色」と「絵のデザイン」から食品の栄養学的特徴を理解しましたか?」という質問に対して小学生と中学生で「とても理解できた」と答えた割合はそれぞれ29.6%、

34.4%であり、「まあまあ理解できた」を含めるとそれぞれ79.9%、77.8%であった。しかし、アンケートの最後に理解度を測る選択式のテストを実施したところ、正解の「油、ししつの多い食品は青くなる」を回答したのは小学生で25.1%、中学生で15.3%となり低い正答率となった(表1)。これは、質問内容が抽象的であったことと、他の選択肢に正解とも考えられる内容が含まれていたためであったと考える。また、児童・生徒にとっては、初めて見る栄養表示であり、短い時間で説明、ホームページ操作、アンケートへの回答を求めたためであったことも考えられる。そのために、食品や料理の栄養学的特徴を絵の表示から理解し、栄養教材として活用してもらえるようになるためには、学習を定着させるための一般教材と同様に、それぞれの栄養素が3D栄養表示としてどのように表現されるかをていねいな説明したり、このホームページを繰り返し活用したりするなどの工夫が必要であることが示唆された。

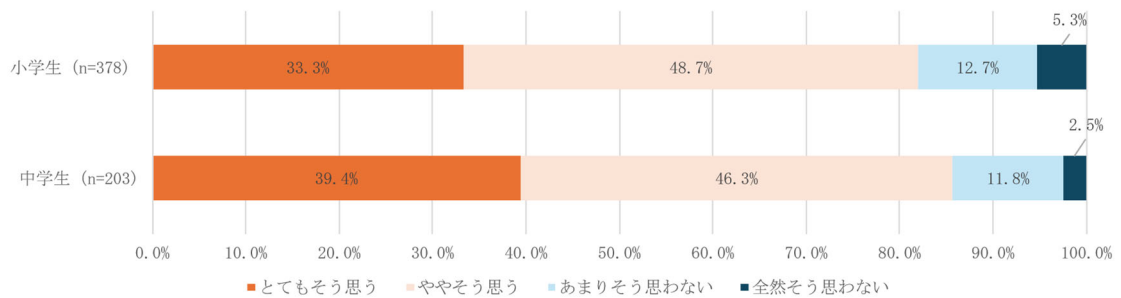
図4は、小学生、中学生の自由記述の感想全文を、AIテキストマイニングにより10行に要約した結果を示した⁸⁾。要約の内容から、食品や料理の栄養学的特徴を色や図で表現することが、楽しさと分かりやすさにつながっていることが示唆された。

今後は、詳細な質的分析を行うことで改善点を明らかにしていきたいと考えている。

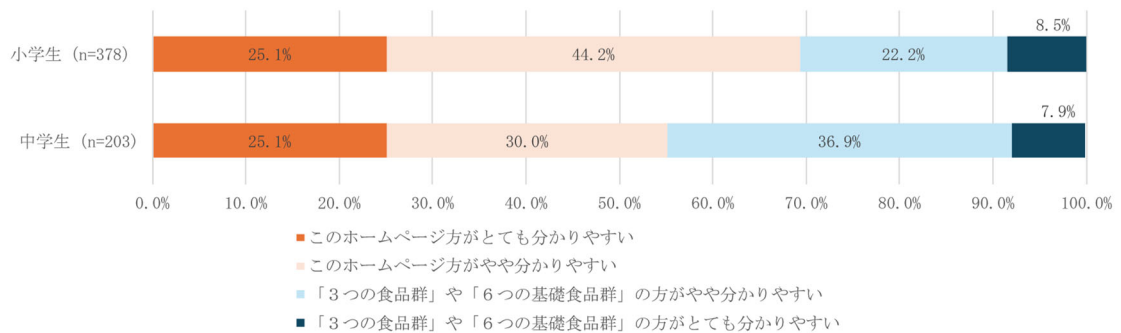
1. このサイトを使って栄養を学ぶことは楽しそうですか？



2. この絵を使って学ぶことに興味・関心が持てそうですか？



3. このホームページと「3つの食品グループまたは6つの基礎食品群」のどちらの方が分かりやすいですか？



4. ウェブサイトで出力された絵の「色」と「絵のデザイン」から食品の栄養学的特徴を理解しましたか？

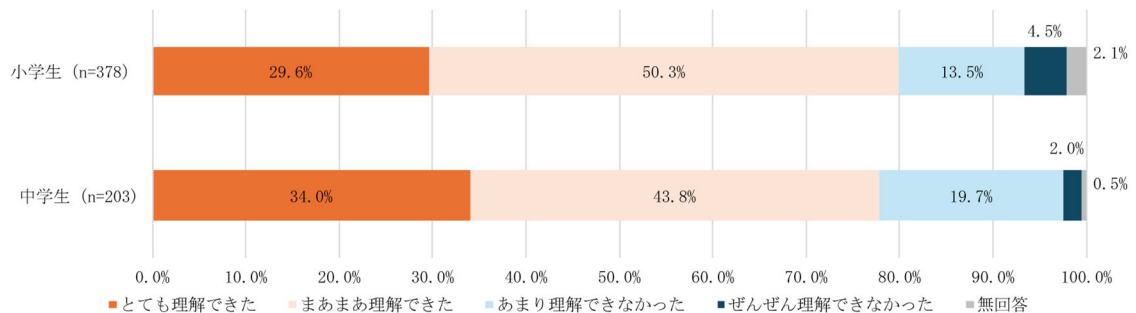


図3 ホームページに関するアンケート集計結果 (抜粋)

表1 理解度テストの結果

質問内容：一番正しいと思うものを一つ選んでください

選択内容	小学生 %(n)	中学生 %(n)
栄養バランスがとれた食品や料理は、黄色くなる	29.1(110)	21.2(43)
牛乳は、炭水化物が多いので黄色くなる	10.6(40)	11.3(23)
炭水化物が多いごはんや食パンは赤くなる	36.5(138)	37.4(76)
油、しじつが多い食品は青くなる*	15.3(58)	25.1(51)
無回答	8.5(32)	4.9(10)

* ホームページの説明と3D栄養表示の絵からは、この質問が正解となる。

とても分かりやすく楽しかったです。
 色分けされていてわかりやすい
 色が混ざっていてわかりやすい
 とてもわかりやすくやりやすい。
 3Dのグラフが分かりやすかった
 図があってとてもわかりやすいです。
 わかりやすくいいと思います
 やや見やすく良かった。
 とても説明がわかりやすいなと思った
 色がついててわかりやすかったです。

図4 テキストマイニングによる感想の要約結果¹⁰⁾

引用文献

- 1) 日本学術会議健康・生活科学委員会生活科学分科会(2008)「提言 食生活の教育」. <https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-t60-7.pdf> (閲覧日: 2023年6月)
- 2) 足立己幸, 武見ゆかり(1994)「食材料選択型栄養教育の主教材としての“食品群”の国際的動向その1: 諸外国及びアメリカ合衆国を例に」 52(3). pp. 1-109. 栄養学雑誌
- 3) 斉藤礼子, 野澤紀子, 川崎まつ子(1976)「学校給食の現状と効果: 中学生の栄養知識調査から」 3(16). pp. 67-79 東京家政大学研究紀要(2) 自然科学
- 4) 【発明の名称】食品情報表示システム及び食品情報表示方法

- 5) Vercel, Inc., The React Framework for the Web, <https://nextjs.org/> (閲覧日: 2023年6月)
- 6) Plotly Technologies Inc., Plotly JavaScript Open Source Graphing Library, <https://plotly.com/javascript/> (閲覧日: 2023年6月)
- 7) 文部科学省 (2023) 「食品成分データベース」, <https://fooddb.mext.go.jp/> (閲覧日: 2023年6月)
- 8) 公益財団法人九州先端科学技術研究所 (2016) 「久留米市オープンデータカタログサイト」
https://data.bodik.jp/dataset/402036_0009100_00005/resource/adf887ae-101b-42ee-9a37-97fcdd25a620?inner_span=True (閲覧日: 2023年6月)
- 9) 針谷順子・足立己幸 (2023) 『食事コーディネートのための主食・主菜・副菜料理成分表第5版』群羊社
- 10) ユーザーローカル, テキストマイニングツール, <https://textmining.userlocal.jp/> (アクセス日: 2024年5月)

5. 主な論文発表等

[学会、その他発表 計1件]

Yuko Caballero, Seigo Mori, Masahiro Ishikawa, Ayumi Ozaki, Kozue Miyashiro, Ai Ushiwata, Chiaki Tanaka, Risa Kobayashi, and Tomoko Akatsuka. (2023). 21st Biennial International Congress of Asian Regional Association for Home Economics, Malaysia.

Yuko Caballero, Seigo Mori, Masahiro Ishikawa, Ayumi Ozaki, Chiaki Tanaka, Kozue Miyashiro, Risa Kobayashi, Ai Ushiwata, and Tomoko Akatsuka. (2025). 22nd Biennial International Congress of Asian Regional Association for Home Economics, Philippines.

6. 研究組織

(1) 代表研究者

宇都宮大学・カバリエロ 優子

(2) 共同研究者

研究組織名・研究者名

宇都宮大学・赤塚 朋子

宇都宮大学・森 清悟

宇都宮大学・石川 雅大

上三川町立上三川中学校・尾崎 歩美

東京国際大学・田中 千晶

宇都宮大学・宮代 こずゑ

北里大学・牛渡 愛