

# 産地の異なるカカオの味の違いを 定量化し純物質で再現する手法

彭 雪児<sup>†1</sup> 深池 美玖<sup>1</sup> 笠原 暢仁<sup>1</sup> 村上 崇斗<sup>1</sup> 吉本 健義<sup>1</sup>  
湊 祥輝<sup>1</sup> 富張 瑠斗<sup>†1</sup> 宮下 藏太<sup>2</sup> 川田 健晴<sup>2</sup> 宮下 芳明<sup>1</sup>

**概要：**本稿では、チョコレートの味を異なる産地の味に変化させる手法について述べる。味センサで 2 種類の味の差を測定し、それに基づき味溶液を混合する手法で味を変化させる。また、1 つの味に対して複数の溶液を用いて風味を近づけ、味の加算とともに、マスキング効果による味の減算を行うことで、精細な表現を行えるようになった。本稿では安価なコートジボワール産カカオドリンクの味を、高価で希少なペルー産カカオによる味に変化させることに成功し、専門家からも高い評価を得た。

## 1. はじめに

カカオ飲料は、原料としたカカオ豆により異なる風味を持つため、同じカカオ豆でも、品種や産地による異なる価値が付与されている。例えば、「幻のカカオ」と呼ばれた希少品種であるクリオロ種は、病害に弱く、絶滅の危機に瀕しているため、収穫量が極めて少ない。クリオロ種をそのまま溶かしてドリンクにすると原料費が高額になってしまうため、主にフレーバーとして少量利用されることが多い。[1]。

一方、味覚技術の発展とともに、近年では食材に依存しない味再現技術が開発され、より身近なものになりつつある。味溶液噴霧を混合することで料理の味を再現する技術 [2] や、飲食物の味や見た目を変える調味家電 [3][4] などは、ある食材の味を別の味に変えることができる。これらの技術は、「存在しない食材」や、「絶滅した食材」の味を味わうことを可能にする。こういった味再現技術を利用することで実現された「存在しない食材」による食体験は、食材自体が消滅してもその食材を味わうことができ、文化として新たな価値を付与される。

本稿では、チョコレートドリンクの味を変化させ、高価なチョコレートドリンクの味を再現する手法を提案する。このようなさらに提案手法を用いて、2 種類のカカオ飲料の味の違いを表す定量化データに基づき、カカオ飲料の味

再現レシピの構築を行った。具体的に、比較的安価で容易に入手可能なコートジボワール産カカオ（100 %カカオマス・CeMoi 社 [5]）と、高価で希少なペルー産クリオロ種カカオ（100 %カカオマス・Shattell 社 [6]）を用いて、この 2 種類のカカオで作製したチョコレート飲料における味覚成分の差を味覚センサにより測定した [7]。

測定結果に基づき、味覚物質間での相互作用を活かし、味の加算とマスキング効果による不要な味の減算を行い、コートジボワール産のカカオを使用しながら、ペルー産カカオの味を再現するレシピを開発した。再現度の評価には、味再現品と本物の食材の味それぞれに対して、味センサにより定量的評価を実施した上で、専門家による定性的評価を行った。その結果、非常に高い再現性が得られた。

## 2. 味覚の定量的評価

池崎らは、従来の味覚センサによる化学分析では検知不可能な味の違いを検出できる味覚認識装置 TS-5000Z [8] を用いて、味覚成分の可視化による定量的評価を実現した [9]。この評価方法を用いて、客観的な分析値を得ることが可能である。さらに、特定の味が抑制または増強される味の相互作用による味の変化も測定結果に反映され、人間による官能評価に非常に近い結果が得られると考えられる。

## 3. 検体の味成分測定

本章では、カカオ豆の産地や加工方法による違いがカカオ原料飲料の味覚の違いに与える影響を定量的に評価するため、一般的なカカオ豆と市場においてプレミアム製品となっているカカオ豆とを飲料化したときの味覚成分の定

<sup>1</sup> 明治大学

Meiji University

<sup>2</sup> 三井物産株式会社

MITSUI & CO., LTD.

<sup>†1</sup> 現在、明治大学大学院

Presently with Meiji University Graduate School

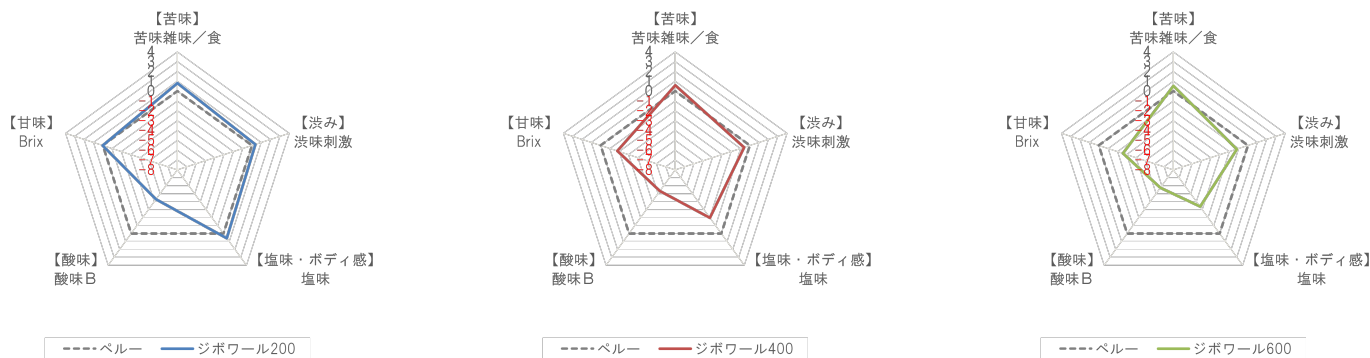


図 1: 濃度の異なるベース飲料とゴール飲料との味覚定量比較

量化を行った。ベース、ゴールと再現品の計 3 種類の検体溶液の味成分における測定作業およびその結果分析は、株式会社味香り戦略研究所 [10] により行われ、定量化データを提供した。なお、甘味以外の味成分の測定には、インテリジェントセンサーテクノロジー社製の味覚認識装置 TS-5000Z を用いた。味センサによる甘味の測定は困難であるため、甘味の定量評価は、液体の屈折率を糖液濃度に換算した目盛 Brix[11] による結果であった。

### 3.1 調製に使用したチョコレート

味センサによる測定を行う際に、検体溶液に含まれている成分を把握する必要があると考え、食品添加剤や調味料を含まない純粋なカカオマスを使用した。カカオマスとは、カカオ豆を砕いて種皮を除いた胚乳部（カカオニブ）をすりつぶしたペーストである [1]。市販の食用チョコレートは、カカオマスに砂糖や乳製品、カカオ豆由来の油脂（ココアバター）等を加え、微粒化してから固化させたものである [12]。

#### 3.1.1 ベースに使用したチョコレート

調味対象であるベースには、コートジボワール産カカオ（100%カカオマス・CeMoi 社）を選択した。一般的にベースとして使用され、比較的安価で安定的に供給されるものである。CeMoi 社によるコートジボワール（アイヴォリーコースト）の契約農園で栽培され、単価約 2920 円 /Kg（2023 年時点）である。

#### 3.1.2 味再現のゴールに使用したチョコレート

味再現のゴールには、希少で高価なペルー産クリオロ種カカオ（100%カカオマス・Shattell 社）を選択した。ペルー中部チャンチャマイヨ地方産の希少種で、フルーティーな香りを持つと言われる。単価約 23400 円 /Kg（2023 年時点）である。

### 3.2 検体溶液の調製と測定

測定の際には、濃度が 3 段階に異なるコートジボワール産カカオ製チョコレート飲料を用意し測定した。また、味再現のベースに最適な溶液濃度を確認するために、濃度が

異なる 3 種類のベース飲料を検体として調製し測定した。具体的に、ベースのチョコレート 35g に対し、水を 200g・400g・600g 加えて、それぞれ調製した。便宜上、これらの検体をコートジボワール 200・400・600 とする。また、ゴールとしたペルー産チョコレート 35g に、水を 200g を加えて調製した。

味再現の基本方針として、調味のために用いる味覚成分の差を補う呈味物質は水に溶かし、水溶液に調製してからベースに加える。ベースとゴールに濃度差が生じる場合、特定の味覚の感度が下がり [13]、官能評価に支障をきたす。よってベースにはコートジボワール 200 を使用した。味測定の結果は図 1 に示す。左から順にコートジボワール産（200・400・600）とペルー産（200）を比較し、2 種類間の苦味・渋味・塩味・酸味・甘味の差をレーダーチャートで表した。

## 4. 提案手法を用いた味再現レシピ構築

### 4.1 味再現手法

第 3 章で示した 2 種類間の味の差を測定した結果に基づいて、味覚物質間での相互作用 [13] を活かし、味の加算とマスキング効果による不要な味の減算を行った。

具体的に、2 種類間の味覚の差の定量比較（図 1）によって、コートジボワール産 200 の苦味がペルー産より若干上回ると予想された。その理由として、コートジボワール産カカオの大半を占めるフォラステロ種が元々持っている苦味の影響と、安定供給のためのロースト温度の高さが影響している可能性が考えられた。そこで、ゴールであるペルー産カカオの苦味に近づくため、うま味物質を足すことで苦味を軽減する官能マスキング手法を試みた [14]。苦味を呈する塩化キニーネ水溶液 0.125~4 mM に対し、うま味を呈するグルタミン酸ナトリウム水溶液 350~500 mM を加えて検証した結果、苦味がほとんど感じられなかった。

定量化の結果により、味の差が最も大きくみられるのは酸味であった。その再現には、酸味として呈味する複数種類の調味物質を、実際の調製による検証で得られた最適な割合で混合し加える手法を用いて実現した。

表 1: 味再現レシピ：ベースに調味物質を加えてゴールの味へ

ゴール	ペルー産カカオマス (35 g) スクロース (15 g) ・ 水 (200 g)
ベース	コートジボワール産カカオマス (35 g) スクロース (15 g) ・ 水 (200 g)
味再現用調味物質	酢酸 1 % (0.6 g) 乳酸 1 % (7.5 g) プロピオン酸 1 % (13.5 g) 塩化ナトリウム 0.5 % (0.6 g) グルタミン酸 1 % (0.4 g) テオブロミン (0.3 g)

## 4.2 呈味物質の選定

味覚認識装置による測定結果を参考に、提案手法による味再現レシピを構築した。構築作業にあたり、特に酸味については、チョコレートにおける風味再現を重視し、実際の製造過程に生じる酢酸・乳酸・プロピオン酸の三種類を採用した。これらの組み合わせにより、可能な範囲内で最も実物に近い酸味を再現できると考えた。

また、その他考えられる酸性成分として、酪酸、ピバリン酸、クエン酸も検討した。しかし、酪酸は強烈な臭気と量の調整が難しく、構成と風味が類似している乳酸で代替することとした。ピバリン酸はチーズに近い特異な風味の制御が難しく、使用を見送った。また、クエン酸はレモン風味が強く、発酵過程から推測すると、レモンではなくぶどうなどの果物風味が付与されると推定された。そのため、クエン酸の代わりにプロピオン酸を使用した。

同様に、塩味、旨味、苦味についてもチョコレートの製造過程で生じる可能性が高い物質、すなわち塩化ナトリウム、グルタミン酸、テオブロミンを用いて、それぞれの味を再現した。

## 4.3 味再現レシピの構築方法

味再現レシピの構築方法について述べる。はじめに、味再現レシピの経験が豊富な2名が戦略策定を行った。カカオ豆の発酵過程で生じる化学反応から最終的に生成される物質の中から、カカオマスの味に最も類似している化学物質を採択した。

次に基本となる味と目標となる味を定め、基本味に味溶液を混合し、目標となる味に近づける基礎を作成した。その後、別の日に基礎の確認と細部の調整を行い、さらに他のメンバー(5名)に味の比較をしてもらった。彼らからのフィードバックを元に微調整を行い、レシピを完成させた。

その上で、三井物産開発センター・仲村和浩氏<sup>\*1</sup>[15]の協力のもと、再現レシピを最適化する調製を行った。最終

\*1 三井物産株式会社食料本部開発センターに所属するパティシエ

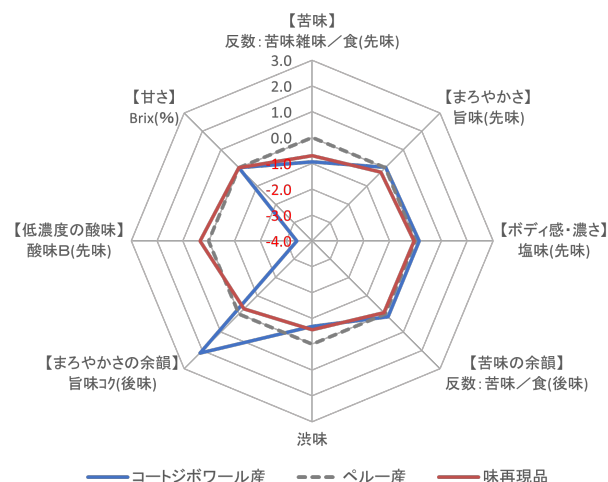


図 2: 味センサ等による味再現品の再現度評価

的なレシピで使用する成分の費用を考慮すると、追加物質のコストは約 109 円となることが示された。

## 5. 再現品の評価

### 5.1 定量評価

本章では、味香り戦略研究所 [10] に依頼し、最終レシピを用いて調製した味再現品と、目標としたゴールの味に対して、総合的に味覚測定及び評価を実施した。

味覚認識装置および Brix により、図 2 に示された項目に対し、味再現品の再現度に定量的に評価を行った。測定結果により、苦味・渋味に微差が見られた以外、すべての項目において高い再現度が見られた。

一方、ゴールの味を再現するために、味再現品には複数種類の呈味物質が加えられているが、ベースのほうが濃かったはずのうま味が、味センサによる測定結果では減少していると示された。これは、味の相互作用によるマスキング効果、すなわち酸味を足すことによってうま味が抑制される効果と考えられる。なお、この結果は定量評価だけではなく、官能評価においても同じ結果が示された。

### 5.2 定性評価

ベース、ゴール及び味再現品を、スイーツ批評家・真壁刀義氏 [16] が試飲を行った結果、味再現品の味は目標とした味とほぼ一致しているとの評価であった [17]。

また、味香り戦略研究所による官能評価の観点から、苦味が若干不足していると指摘された。改善策として、カカオの苦味成分であるポリフェノール、またはその類似物質を加えることを検討している。

## 6. 考察・展望

本研究では、カカオ豆の産地や加工方法がカカオ原料飲料の味覚に与える影響を味覚成分を用いて定量化した。定量化結果に基づき、目標となる味覚を特定し、その味覚を

基にカカオ原料飲料における味再現手法の提案を行った。

再現度の実証実験では、事前に味覚認識装置での測定値を取得し、その情報を基に研究室でレシピを作成した。その後、専門家による調整を行った再現レシピを再度味覚認識装置で測定し、加えて官能評価も行った。その結果、非常に高い再現性が確認された。特に注目すべきは、再現レシピにより酸味が接近しただけでなく、ベースと比べて旨味が再現レシピでは低下していたことである。これは酸味のマスキング効果によるものと推測され、この効果も味覚認識装置で測定可能であった。

これらの実験から、味覚再現には単に基本味を追加するだけではなく、特定の基本味についても複数の味覚物質を用いて調整する必要がある、味の相互作用によるマスキング効果を活用すべきという知見が得られた。本稿で提案された味再現手法は、ポンプ混合式調味家電 TTTV3[18][19]のような調味機構と組み合わせることで、より効率的で精度の高い調味効果が得られると考えられる。さらにチョコレート 3D プリンタを組み合わせることで、チョコレートの味を自在に変えられるようになる。実際に Open-TTTV[20] では、調合した味覚溶液をチョコレート 3D プリンタに入れることで、チョコレートの味を変化させた例がある。

本研究で得られた知見から、提案手法を用いた白ワインによる赤ワインの味再現に試みた [21]。異なる素材で特定の味を再現する手法の実現とともに、原材料のコスト削減やアレルギー物質を含まない、味だけを楽しむことが可能となり、それまで味わうことができなかった人々に新たな食体験をもたらす、食材に依存しない味覚表現が期待できる。

## 参考文献

- [1] 株式会社明治 Meiji: チョコレート検定 2022 (2022).
- [2] Miyashita, H.: TTTV (taste the TV): Taste presentation display for “licking the screen” using a rolling transparent sheet and a mixture of liquid sprays, *Adjunct Proceedings of the 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 37–40 (2021).
- [3] Miyashita, H.: TTTV2 (Transform the Taste and Visual Appearance): Tele-eat virtually with a seasoning home appliance that changes the taste and appearance of food or beverages, *Proceedings of the 28th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, pp. 1–2 (2022).
- [4] 宮下芳明: TTTV2 (Transform The Taste and Visual appearance): 飲食物の味と見た目を変える調味家電によるテレイト, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2022 論文集, Vol. 2022, pp. 143–150 (2022).
- [5] Cemoi: Sun-Eight Trading Co., Ltd., [https://www.sun-eight.com/en\\_top/](https://www.sun-eight.com/en_top/). (Accessed on 07/02/2023).
- [6] Shattell: Shattell Chocolates, <https://www.shattell.com/>. (Accessed on 07/02/2023).

- [7] Toko, K.: 味と匂いの可視化, 化学と教育 Chemistry & education, Vol. 71, No. 3, pp. 94–97 (2023).
- [8] インテリジェントセンサーテクノロジー: 味認識装置「TS-5000Z」, [https://www.insent.co.jp/products/ts5000z\\_index.html](https://www.insent.co.jp/products/ts5000z_index.html). (Accessed on 07/03/2023).
- [9] 池崎秀和: 味覚センサーによる味の物差し創りと味の見える化, 日本バーチャルリアリティ学会誌, Vol. 18, pp. 93–97 (2013).
- [10] 株式会社味香り戦略研究所: <https://www.mikaku.jp/index.html>. (Accessed on 07/03/2023).
- [11] Temma, T., Hanamatsu, K. and Shinoki, F.: Development of a portable near infrared sugar-measuring instrument, *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, Vol. 10, No. 1, pp. 77–83 (2002).
- [12] 古谷野哲夫: チョコレートの結晶学, 日本結晶学会誌, Vol. 56, No. 5, pp. 319–322 (2014).
- [13] Toko, K.: 食品・医薬品の味覚修飾技術, シーエムシー出版 (2013).
- [14] 河合崇行, 日下部裕子: 苦味マスキング効果の定量的解析, 食品総合研究所研究報告, Vol. 1.76, pp. 9–16 (2012).
- [15] Kazuhiro, N.: 株式会社 INTUITIONS, <http://intuitions.co.jp/>. (Accessed on 07/05/2023).
- [16] 真壁刀義: スイーツ真壁チャンネル, <https://www.youtube.com/channel/UC6cVsJwZmj0i9vG1J5rDTmQ>. (Accessed on 07/13/2023).
- [17] TBS テレビ: TBS「理系応援バラエティ 実験ジャパン」, 2023年5月27日(土), <https://www.tbs.co.jp/>. (Accessed on 07/05/2023).
- [18] 村上崇斗, 宮下芳明: ポンプ混合式調味家電 TTTV3 (Transform The Taste and reproduce Varieties) の設計と実装, 第 28 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 1–2 (2023).
- [19] 宮下芳明, 村上崇斗, 大友千宙, 深池美玖: TTTV3 (Transform The Taste and reproduce Varieties): 産地や品種の違いも再現する調味機構と LLM による味覚表現, エンタテインメントコンピューティング 2023 (2023).
- [20] 宮下芳明, 村上崇斗: Open-TTTV: 調理家電に調味機構を付加するオープンソースハードウェア, 第 30 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2022) 予稿集, pp. 1–3 (2022).
- [21] 金 珉志, 村上崇斗, 宮下芳明: TTTV3 を用いたワインの味表現, エンタテインメントコンピューティング 2023 (2023).