

TTTV3 を用いたワインの味表現

金珉志^{†1} 村上崇斗^{†1} 宮下芳明^{†1}

本稿では、TTTV3 を用いて、ベースとなるワインに味溶液を混合し、ターゲットとなるワインの味を表現する手法について述べる。白ワインをベースとし、タンニン酸で渋味を加えることで赤ワインの味も表現可能である。また、ターゲットよりベースの酸味が強く、酸味のみを薄める必要がある場合でも、アルカリ性である炭酸水素ナトリウムによる中和や、スクロースによる甘味添加に伴うマスキングを利用することで味再現ができることを実例で示した。

1. はじめに

同じ食品であっても、製造元や生産地、原料の違いによってその味は異なることが多い。例えば、ワインやチーズ、コーヒー、チョコレート、お茶などの食品は、原料の種類や原料の生産方法、製造会社、製造方法、加工方法によりその味は異なる。特にワインは、気候の影響で生産量に変化したり、味が変わったりすることで、製造年により価値が異なることもある。例えば、1945年のロマネ・コンテは、1本約6200万円で落札された[1]。これらの希少性の高い食品は、二度と同じものを作ることができず、入手も困難である。

一方、味覚技術の発展に伴って味再現技術が開発されている。味溶液の噴霧混合を行うことで食材や料理の味を再現する技術[2]や、見た目も同時に変えることができる調味家電など[3][4]がある。これらの技術により、食材に頼らず味を再現できるため、入手困難な食材や絶滅した食材の「味」データとして保存したり、再現したりすることができる可能性がある。

本研究の目的は、ワインに味溶液を混合することで、原料の違いや製造方法が異なる別のワインの味を再現することである。これにより、希少性の高いワインの味を再現することができるようになると考えている。そこで、TTTV3[5]を用いて、ベースとなるワイン（以下「ベース」という）に味溶液を混合し、ターゲットとなるワイン（以下「ターゲット」という）の味を表現する手法について述べる。味の表現では液体の混合を用いた味覚再現の仕組み[5]を参考にし、ワインの味を表現した。人間による官能評価と、味センサによる定量評価を行ったところ、ベースとなる白ワインから、ターゲットとなるワインに味変化させるには、酸味や苦味を減少させる必要があることが分かった。そこで、甘味成分であるスクロースによって、酸味と苦味をマスキングして減算できるかどうかを検証し、その有効性が示された。

2. 関連研究

2.1 味覚提示手法

宮下は、透明なフィルム上に液体を噴霧混合することで味を表現する TTTV[2]を提案した。さらに、食品に液体を噴霧混合することで味を表現する TTTV2[3]、そしてそれらの機能を持ちながらも単純化・小型化・軽量化・低価格化された Open-TTTV[6]を提案している。さらに、0.02ml単位で溶液が混合でき、産地や品種の違いまでも再現することが可能であり、LLM と対話しながらの味表現も可能なポンプ混合式調味家電 TTTV3[7]も提案している。

2.2 味のマスキング

Noordeloos は、砂糖と酸の間でのマスキング相互作用を活用して、ワインに対するマスキングの影響を調べた[8]。その結果、砂糖を添加することでワインの酸味が減少することを明らかにした。

彭らは、マスキングを用いて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[9]。味センサにより定量的評価を実施したうえで、専門家による定性的評価を行った結果、非常に高い再現性が得られた。

3. 味再現方法

今回使用したベースのワインとターゲットのワインを図1に示す。ベースは酸味が比較的穏やかであるといわれる、ピノ・グリージョ 100%で作られた「フェウド・アランチョ ピノ・グリージョ」を用いた。FELICITY のオンラインサイトでは商品説明に「穏やかな酸と心地よいミネラル感、そしてフレッシュな果実味が素晴らしい白ワイン」[10]と記載されている。味溶液の原材料の分量は、著者が飲み比べることで作成したものである。

^{†1} 明治大学
Meiji University



図1 左：酸味が穏やかなベースで用いた白ワイン
真ん中：酸味が強いターゲットで用いた白ワイン
右：ターゲットで用いた赤ワイン

3.1 酸味が強い白ワインの再現方法

今回、酸味が強い白ワインを再現する際に用いたターゲットは、ソーヴィニヨン 100%で作られた「オイスターベイ マールボロ ソーヴィニヨン・ブラン」である。Amazonでは商品説明に「フレッシュでみずみずしい白ワイン。もぎたてのレモンやグレープフルーツ、フレッシュハーブの香りに、キリッとした酸とみずみずしさが加わり、乾杯用から料理と合わせても幅広く楽しめる。」[11]と記載されている。ターゲットの味を再現した味溶液の原材料を表1に示す。ターゲットの方がベースよりも酸味を強く感じたことから、白ワインには多く含まれており赤ワインにはほとんど含まれていないリンゴ酸を加えた。また、ベースの方がターゲットよりも渋味を強く感じたことから、スクロースを加えることでマスキングを試みた。

表1 酸味が強い白ワインを再現する味溶液原材料

原材料	分量 (g/ベース 30ml)
リンゴ酸	0.09
スクロース	0.19

3.2 赤ワインの再現方法

今回、赤ワインを再現する際に用いたターゲットは、ピノ・ノワール 100%で作られた「オイスターベイ マールボロ ピノ・ノワール」である。Amazonでは商品説明に「熟したチェリーのアロマがもたらす豊かな風味と、魅力的で心地よい滑らかなタンニンが特徴の上品な口当たりのワインです。」[12]と記載されている。ターゲットの味を再現した味溶液の原材料を表2に示す。

表2 赤ワインを再現する味溶液原材料

原材料	分量 (g/ベース 30ml)
タンニン酸	0.05
塩酸キニーネ	0.0015
スクロース	0.01
炭酸水素ナトリウム	0.01

ターゲットの方がベースよりも渋味や苦味を強く感じたことから、タンニン酸や塩酸キニーネを加えた。また、ベースの方がターゲットよりも酸味を強く感じたことから、スクロースを加えることでマスキングを行った。しかし、スクロースを大量に加えてしまうと甘味が強くなってしまいうため、アルカリ性である炭酸水素ナトリウムを加え、中和反応も利用した。

4. 味覚センサによる測定

白ワイン・赤ワインについて、ベース・ターゲット・再現したもの味の違いを、味香り戦略研究所に依頼して味覚センサ TS-5000Z[13]で測定（甘味については Brix[14]による測定）してもらった。

白ワインの再現についての測定結果を図2に示す。青色線はベースの白ワイン、緑色線がターゲットの白ワイン、そして水色点線が再現したものである。水色点線が緑色線と近いほど、測定値として味が近づいたといえる。

まず、青色線のベースと緑色線のターゲットの違いがどれだけ測定できているかを確認すると、大きな違いは酸味と苦味で、渋味はベースの方が強い、というところすべて内観と一致している。

そして、緑色線のターゲットと、水色点線の再現について比較すると、意図通り、酸味がターゲットに近づいている。また、スクロースを加えることによる渋味マスキングは味覚センサで測定できていないと考えられる。スクロースを加えたことによる影響で、甘味は上がっている。

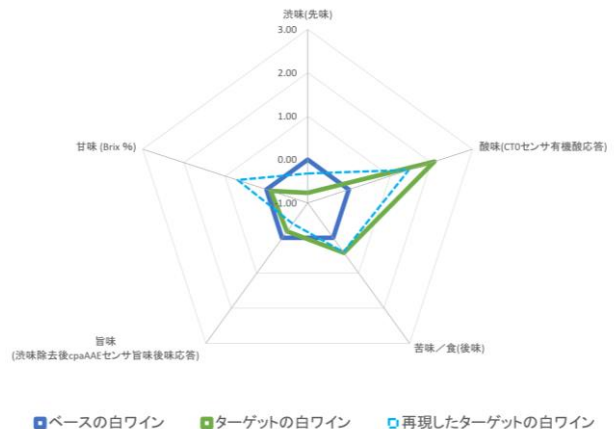


図2 白ワインの味についての測定

次に、赤ワインの再現についての測定結果を図3に示す。青色線はベースの白ワイン、紫色線がターゲットの赤ワイン、そして水色点線が再現したものである。赤色点線が紫線と近いほど、測定値として味が近づいたといえる。

まず、青色線のベースと紫色線のターゲットの違いがどれだけ測定できているかを確認すると、ターゲットのほうが渋味と苦味で強いところは内観と一致する。一方で、酸味については、ターゲットの方が強いという結果になっており、内観と異なる。なお、pHを測定するとベースの白ワインは3.28、ターゲットの赤ワインは3.39であり、ベースの方が酸性ではある。

そして、紫色線のターゲットと、赤色点線の再現について比較すると、苦味はや微増にとどまり、渋味については大幅に増加しているようにみえる。また、酸味を抑制すべく中和剤とスクロースを足したにもかかわらず、酸味はむしろ増加し、甘味のBrixは下がっている。今回は酸味センサとしてCT0センサの有機酸応答を利用しているが、有機酸の強さは乖離プロトンでなかなか測定しにくい現状があるとのことだった。なおpHを測定すると3.41となっており、中和剤の効果によってベースの3.28をターゲットの3.39に近づけることに成功してはいることがわかる。次に渋味の測定については、センサが過剰応答していることがわかる。当研究室で3年前から使用しているタンニン酸試薬と渋味センサAE1の何らかの相性の可能性がある。

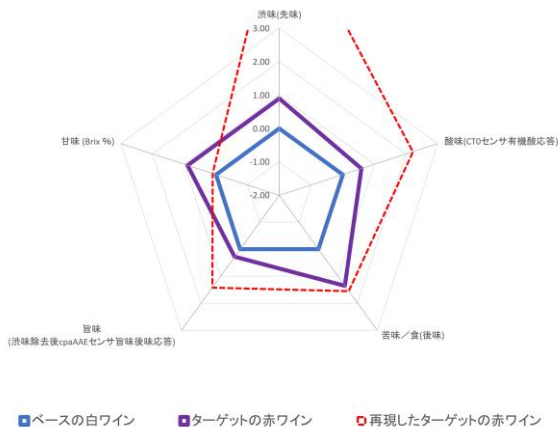


図3 赤ワインの味についての測定

もともとワイン自体が複雑な混合液であるのに加え、様々な味物質が溶かし、人間の生理学的特性のマスクングなど味センサで測れないテクニックを用いて味を似せている戦略のため、味の類似性を味センサで定量的に示すのが非常に難しいことがわかった。そこで次章では、味の類似性を人に評価してもらう実験を実施した。

5. 実験

提案した再現方法によって、ターゲットを再現できているかを確認するための定性的な実験を行った。実験参加者は白ワインと赤ワインの味の特徴を説明できる21~23歳の4名、(男性3名、女性1名)であった。参加者は再現したワインとターゲットのワインを飲み比べ、その後アンケートへの回答を行った。

5.1 評価手法

以下の評価指標について5段階のリッカート尺度で回答してもらった。

- ターゲットの味と全く同じ・似ていない
- ターゲットよりも渋味が強い・弱い
- ターゲットよりも酸味が強い・弱い
- ターゲットよりも甘味が強い・弱い
- ターゲットよりも苦味が強い・弱い

また、その他の味の違いで感じたことがあれば、自由記述で回答してもらった。今回は基本五味の中でもワインの味に深く関わっており、液体の混合で変化を与えた渋味、酸味、甘味、苦味に注目した。

5.2 結果

5段階リッカート尺度で回答を得たアンケートの結果を図4、図5に示す。類似度の項目では全く同じ場合を「2」、全く似ていない場合を「-2」とする。そのほかの項目は味が強く感じる場合「2」、弱く感じる場合を「-2」とする。

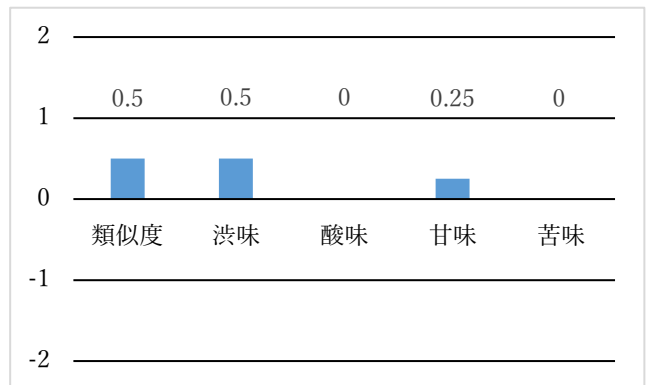


図4 酸味の強い白ワインを再現したワインを飲んだ後のアンケート結果平均

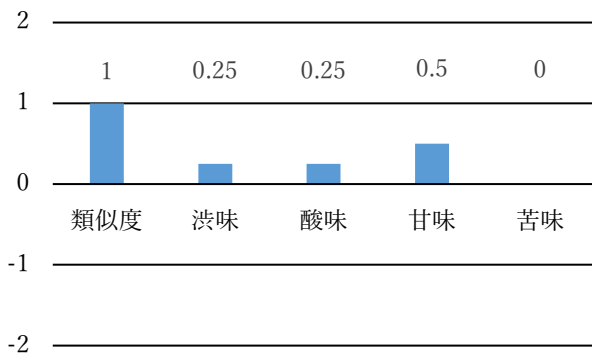


図5 赤ワインを再現したワインを飲んだ後のアンケート結果平均

実験参加者のアンケートにて、どちらの結果も「類似度」は良い評価を得られた。また、「酸味」「苦味」の項目でも特に高い評価を得られた。一方で、酸味が強い白ワインの再現では再現したワインの方が「渋味」が強いという評価であった。また、赤ワインの再現では「甘味」が強いという評価であった。

5.3 考察

味覚再現では味溶液を加えることによる味の加算だけでなく、マスキング効果による味の減算も有効であることが分かった。酸味が強い白ワインの再現結果から、マスキングによる渋味の抑制を充分に行えていなかったことが分かった。しかし、甘味もターゲットより少し強いという結果であるため、スクロースをさらに加えることは不可能であると思われる。そのため、渋味を抑制する他の手法を試みる必要がある。

赤ワインの再現結果から、スクロースを加えすぎたことが分かった。しかし、酸味、渋味ともにターゲットより少し強いという結果である。そのため、スクロース量を減らすことで、さらに酸味と渋味が強く感じてしまう可能性がある。そのため、マスキングによる味の感じ方を考慮しながら調整を行っていく必要がある。

ワインは温度が低いと酸味が強く感じ、高いと酸味が弱く感じる。また、ワインは酸化によって味が変わっていく性質を持つ。これら二つの要因により、想定よりも類似度の評価が善いものではなかった可能性がある。そのため、ワインの温度を常温という条件下で実験を行い、新鮮なワインを用いて味溶液の材料を調整する必要がある。

6. おわりに

本稿では、TTTV3 を用いて、ベースに味溶液を混合し、ターゲットの味を表現する手法について述べた。著者が飲み比べることで主観的な評価を行い、調整を行った。また、参加者を募ったアンケートによりほぼ再現されていることを示した。

今後は、定量的な評価実験を行うため、味を測れるセンサを活用することを考えている。また、アンケートの結果をもとに、味溶液の原材料を調整する。さらに、赤ワインをベースとした再現方法や、再現したワインをベースとしてさらに別のワインに再現する方法を検討する予定である。

参考文献

- 1) SWITCH NEWS: <https://switch-news.com/gourmet/post-23375/>. (2023年7月26日閲覧).
- 2) 宮下芳明: 液体噴霧混合式の味ディスプレイの試作, 第29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(WISS2021)論文集, pp.121-127 (2021).
- 3) 宮下芳明: TTTV2(Transform The Taste and Visual appearance): 飲食物と見た目を変える調味家電によるテレイト, エンター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, pp.143-150 (2022).
- 4) 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).
- 5) 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. 1-4 (2023).
- 6) 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).
- 7) 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, エンターテインメントコンピューティングシンポジウム 2023 論文集 (2023).
- 8) Noordeloos, S. and C, W, Nagel.: Effect of Sugar on Acid Perception in Wine, *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol.23, No.4, pp.139-143 (1972).
- 9) 彭雪儿, 深池美玖, 笠原暢仁, 村上崇斗, 吉本健義, 湊祥輝, 富張瑠斗, 宮下藏太, 川田健晴, 宮下芳明: 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, エンターテインメントコンピューティングシンポジウム 2023 論文集, (2023).
- 10) FELICITY: <https://www.miraido-onlineshop.com/item/1-feudo-arancio-pgg-os/>. (2023年7月25日閲覧).
- 11) オイスターベイ マールボロ ソーヴィニヨン・ブラン: <https://amzn.asia/d/cMFSHML>. (2023年7月28日閲覧)
- 12) オイスターベイ マールボロ ピノ・ノワール: <https://amzn.asia/d/avwU7Qk>. (2023年7月28日閲覧)
- 13) Yusuke Tahara and Kiyoshi Toko. Electronic tongues--A review, *IEEE Sensors Journal*, Vol.13, No.8, 99.3001-3011 (2013). DOI: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2013.2263125>
- 14) 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).