

液体噴霧混合式の味ディスプレイの試作

宮下芳明*

概要. 本稿では、液体を噴霧混合する味ディスプレイを試作した。塩化ナトリウムやスクロースなど、味を提示する液体が入ったタンク及びスプレーを 10 基搭載しており、透明なフィルム上に噴霧する。フィルムは手前に巻き取られ、その下には液晶画面で料理コンテンツが再生されている。これにより、画面を直接舐めることで味を体験できる「味ディスプレイ」を、電気味覚的な技術を一切利用せずに実現できた。使用する液体は電解質である必要がなくなったため、渋味、辛味、アルコール味、脂肪味など、これまで電気味覚技術で再現できなかった味の再現の可能性を秘めており、舐めたときのみならず、飲み込むまで味が継続される。混合液と再現したい料理の味の差を、味センサ自体で再測定することで、味の再現がうまくいったかどうかを評価できるメリットもある。

1 はじめに

筆者は、味を再現するイオン泳動式の味ディスプレイ Norimaki Synthesizer[1]を開発し、それを味センサと連動させ[2]、画面を舐めることで視聴覚のみならず味も追体験できる味ディスプレイとして提案した[3]。これは 5 本のゲル中に基本五味を呈する電解質が溶かされ、電極が刺さったもので、身体に電極を接触させながらゲルを舌に当てると、舌に触れるそれぞれの電解質の量を変えることができ、基本五味のバランスを調整して味を作り出すことができる。味センサで取得した値に基づいて制御することで、飲食物の味を、味蓄にある五種の受容体によって知覚される狭義の味覚の範囲で再現して味わうことができるようになった。(狭義と書いたのは、痛覚である辛味や、収斂作用である渋味、ときには、嗅覚である香りすらも一般社会において「味覚」とよばれることがあるからである)。

本稿は、それと同じく味センサと連動する味ディスプレイに関する研究である。しかし、電気味覚どころかイオン泳動も用いず、単に液体を噴霧混合して再現する仕組みとして提案するものである。類似のコンセプトとしては Edible bits[13]や SUSHI TELEPORTATION[14]がある。本稿は UIST2021 でポスター発表予定の原稿[15]に、説明や議論をより加えたものである。

2 提案システム

2.1 機構

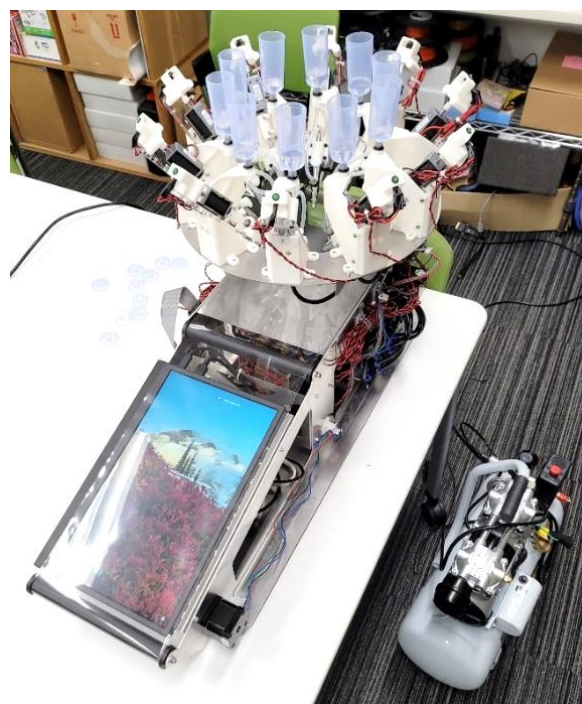


図 1. 提案する味ディスプレイ及びエアコンプレッサ

図 1 のように、提案する味ディスプレイは、横幅 420mm、高さ 500mm、奥行き 800mm のサイズで重量は約 20Kg である。システム上部には 10 個の噴霧装置がついており、透明 OPP シートに液体を噴霧・混合する。このシートはロール状になっており、手前に巻き取られていく。シートの下には液晶画面があり、映像が透けて見える。画面を舐めると、

シートに噴霧された混合液の味を感じることができ、映っているコンテンツに応じて違う味を感じることができる。これにより、画面に映っている食べ物の味を、画面を直接なめることで感じられるような体験を提供できる。図右下にあるのは空気圧を送るためのエアコンプレッサ (EARTH MAN ACP-13SLA) である。圧力がたまっていけば、味ディスプレイ動作時に作動させる必要はない。

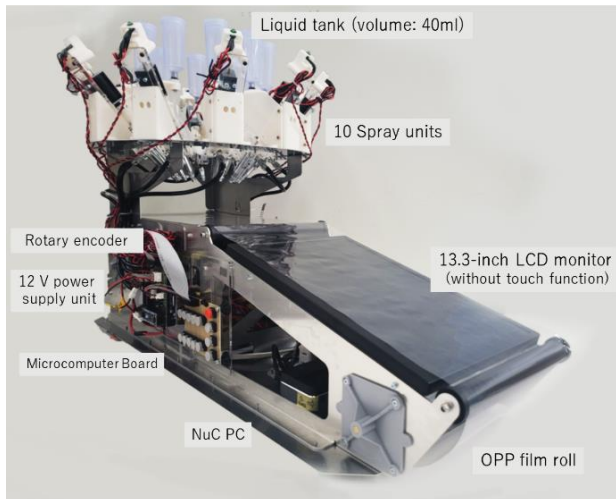


図 2. 味ディスプレイ側面図

図 2 はシステムを横から見たときの側面図である。カセットテープのように、送り出しと巻き戻し用のモータがあり、また、ロータリーエンコーダも搭載することでその送り・戻し量を得ることができる。側面にはスタンドアロンでも動作・調整できるボタンがついており、シートの送り・戻し、各噴霧ユニットからの出力に加え、全噴霧ユニットからの出力ボタンなどがある。(これは特に、メンテナンスに有用であり、ぬるま湯を入れて出しっぱなしにすることで噴霧ユニット内を洗浄するときに用いる。)

図 3 は噴霧ユニットである。エアブラシとソレノイドを接合させた構造となっている。タンク容量は 1 種類につき 40ml である。エア圧を固定し、ソレノイドで噴霧時間を制御することによって吐出量を調節している (最小吐出量は 0.01ml 以下である)。10 種類のポンプを少量ずつスプレーすることにより、攪拌のプロセスを行わずとも意図した比率で混合することができる。各ソレノイドの尾部には LED がついており、駆動と同時に点灯する。



図 3. 噴霧ユニット

図 4 は OPP シートの巻取装置である。シートには厚さ 0.04mm, 30m 巻 OPP ロールを使っており、使用済みのロールは使い捨てる。噴霧装置および巻取装置は、Arduino Mega 2560 と本体内の小型 Windows PC のシリアル通信 (UART 115200bps) で制御している。PC には 13.3 インチの液晶モニター (タッチ機能なし) を HDMI 接続し、シートの下に設置している。OPP シートの横幅は手作業で切って調整しているため、右側のシートが乱れているが、液晶画面の表示部よりも外側であるため特に影響はない。

液体を吹き付けた様子は図 5 のようになっている。用いる液体はすべて無色透明であるため、映像は透過し見えているが、吹き付けられた箇所においては水滴によって解像感が下がっている。また、水滴で光が屈折し虹色を生じさせてしまっているのがわかる。とはいえ、この図のように濡れている飲食物の写真であれば、違和感は少ない。



図 4. OPP シート及び巻取装置



図 5. 液体が噴霧されたシート下に映像を映したところ
(輝度など無加工の写真)

噴霧を行うスペースには、皿を置ける余地を設けた(図 6). シートを巻き取らずに動作させることで、混合噴霧のテストや試食デモに活用している. OPP ロールが巻き取られて廃棄されるとはいえ、コロナ禍において複数の人に画面を舐めてもらうのは心理抵抗が大きい、紙皿に噴霧し配るというやり方であれば、比較的受け入れられやすいと考えている.

また、クラッカーや可食紙などを置くことで、噴霧されたものをそのまま食べてしまうこともできる. ごはんやパンに、ふりかけやピザソースなどの味を吹き付けることもできる.



図 6. (上) ステージ上に皿を置いたところ
(下) クラッカーへのトッピング

2.2 味センサとの連携

タンクに充填する味提示溶液は、以下の表 1 にある 7 種類の溶液+精製水の合計 8 種類である. 現時点でタンクが 2 つ余っているが、その拡張については展望で述べる.

表 1. 味提示溶液

提示される味	噴霧する溶液
塩味	300mM 塩化カリウム水溶液
酸味	0.3mM 酒石酸水溶液
旨味	10mM グルタミン酸ナトリウム水溶液
苦味 (医薬品)	0.1mM キニーネ水溶液
苦味 (食品)	0.01vol% イソ α 酸水溶液
渋味	0.05wt%タンニン酸水溶液
甘味	スクロース水溶液
(アルコール味)	(エタノール水溶液)
(辛味)	(カプサイシンポリピレングリコール溶液)
無味	精製水

これらの液体は、味センサ TS-5000Z[4][5][6]の各センサのキャリブレーションで用いられている基本味サンプル溶液と同一である. それぞれの味覚において人の知覚閾値のおよそ 10 倍の濃度となっており、人が口にするほとんどの料理や飲み物の味は、この味の濃さを超えることがない(調味料を直接なめる場合をのぞく). したがって、これらの溶液を最大値とした組み合わせを行えば、原理上ほとんどの飲食物の味を再現できると言うことができる. 味の基本味は 5 つだが、味センサ TS-5000Z はこれに含まれない「渋味」も測定できるうえ、さらに医薬品の苦味と食品の苦味の 2 種類を測定でき、合計 7 味のデータを出力する. 提案システムは、そのデータの再現を 7 種の溶質の混合で担っている.

味センサとの連携は[2][3]と同様のやり方をとっている. 味センサは比較対象の液体と比べたときの相対値を出力する. 提案システム用のデータを得るためには、7 つの溶質を全て溶かした水溶液を比較対象として、飲食物の味を測定すればよい. 各 7 味の強度として測定された値から逆算すると、それぞれ上記の基準液に換算した濃度が出せる. 提案システムは、この値に基づいた噴霧混合を行って味を再現することができる.

なお、佐藤らの研究[7]では原材料をブレンドする比率で遺伝的アルゴリズムを使う仕組みを提案しているが、本システムでは、それぞれのパラメータの値を再現するための濃度のみを出している.

2.3 コンテンツおよび提示方法

提案システムにおいては、混合比を噴霧時間で制御している. もしタンク 1~10 の混合比率を 1:2:3:...:9:10 として噴霧したいなら、10ms, 20ms,

30ms, ..., 90ms, 100ms ずつ噴霧すればよい. このように記述・制御が簡単なのと, 図 6 の皿によって簡単に出力と味見を行えることから, 料理における調味のように, 味センサに頼らず人力で味を作り出すことも可能である. 塩味と酸味は塩分計と pH メータの値を参考に決めつつ, あとは少しずつ噴霧量を増減させながら, 再現したい飲食物と交互に味見することでそれなりに近い味にまでもっていくことができる. こうした「レシピ」まで取り込むことができると, かなり多くの飲食物の再現データがそろえることになる.

提案システムでは, 中に USB マイクも取り付けすることで, これらの味覚データを, スマートスピーカーのように音声入力呼び出せるようにした. ソフトウェアの実装は Processing で行っており, 音声認識には Windows の System.Speech 機能を用いた. 登録されている飲食物の名前のみの文法ファイルを用意することで, 誤認識を大幅に減らすことができる. 味わいたい飲食物の名前を声に出すと, その飲食物に対応するフォルダ内の動画ファイルが再生され, 同一名で保存されたテキストファイル内のデータ (10 個の値, ミリ秒) に基づいて噴霧が行われる. 飲食物データの追加や修正が容易であるうえ, dropbox 等のサービスでフォルダを同期すればデータの共同編集もできる.

さらに, 「濃いめで」「薄めで」といった修飾語によって全体の味の濃さを指示したり, 「酸味を弱めで」といった指示によって味イコライザ[2][3]として機能させたりできるようにした.



図 7. 外装をつけた状態

さらに, 外装(図 7)を施し, 多くのアプリケーションを試作している. 味見できるメニュー, ソムリエ訓練アプリ (ワインの識別), 調理過程を途中で味見できる料理アプリ, 味覚クイズ (お菓子の味がどちらかを当てる), 味覚相性診断 (どちらの味が好みかをきくことによってその類似度を判定), 味覚ゲーム (同じ味のアイテムをキャッチする), 味覚スロットマシン (そろった絵柄の味が楽しめる), 味覚ガチャ (図 8. 各溶液の出力量を乱数で混合), 味覚ピアノ

(図 9. 鍵盤で味を混ぜるもの), 食べているものが市販品の場合の味覚ビデオチャットなどである.



図 8. 味覚ガチャ

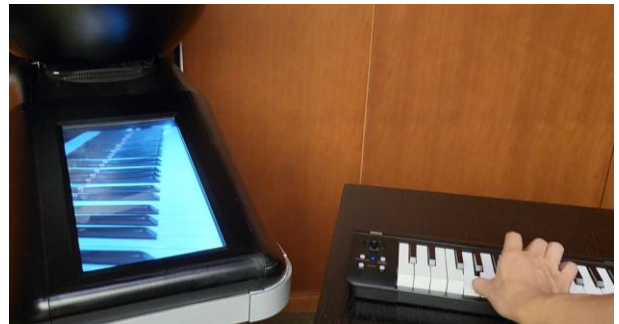


図 9. 味覚ピアノ

3 議論

本稿での提案システムは, Norimaki Synthesizer[1]を味センサと連動させたシステム[2][3] (以下, イオン泳動式味ディスプレイ) と比較して, 多くの違いがあり長所も多い. 以下, それぞれの観点において議論を行う.

3.1 表現できる味の強度範囲

まず, 表現できる味の強度範囲が異なる. イオン泳動式味ディスプレイは, ゲル内に溶けている電解質を電気で動かすことによって味の濃さを表現する. 電気をかけていないときにはそのゲルの味の濃さを感じ, 電気をかけるほど無味に近づいていく. しかし, ゲルの味を濃くしていくと, どれほど電流をかけてもある程度はイオンが舌に触れてしまうため, 無味にもっていくことができず, 味が残って感じられる. このため, イオン泳動式味ディスプレイは, ゲルの味の濃さに制限がある. 実際[1][2]では塩味のゲルは 1%の NaCl を用いており, 一般的な飲食物の塩味を再現するには物足りない塩味であるが, かといって, 上記制約のためこれ以上濃くするのが難しいという現状がある.

これに対し, 本稿で提案する噴霧混合式の場合, 噴霧しなければ「無味」が表現でき, 一方で濃い味についてもほとんど上限がない. 表 1 に記した濃度

がとりあえずの上限にはなるが、これも暫定で決めた値に過ぎず、もっと表現域を上げたいのならタンク内の溶液を濃くするだけでよい。飽和水溶液であっても問題ない。(ただし、結晶等ができないよう、使用後の洗浄は不可欠となる)。

また、噴霧混合式は原理上、味覚電気刺激が一切ないので、その違和感がない。電気味覚研究の分野ではノイズ除去やフェードインなどで刺激を軽減する研究がなされている[10]が、それでも原理上刺激を生じさせない本手法のほうが有利であろう。

3.2 表現できる味の種類の範囲

イオン泳動式では基本五味にとどまっていた味を、噴霧混合式では、渋味を含む7味に拡張することに成功している。イオン泳動式では「電解質を用いなくてはならない」という制約があり、たとえば甘味を表現するにはグリシンを用いるなどの工夫が必要であった。しかし噴霧混合式ではこうしたことが不要で、たとえば甘味の表現ではシンプルにスクロースを用いることができる。グリシンとスクロースの風味の違いを考えても、実際に飲食物によく使われるスクロースが有利であるし、甘味の強度の点でも格段の差がある。

3.3 食体験としての違い

イオン泳動式では、ゲルを舌にあてたときの接触面でしか味の制御ができなかったが、噴霧混合式では、実際に舐めたあと、「飲み込むところまで」その味がする。イオン泳動式でも首の近辺に電極を貼ることで嚥下時の味を多少制御できるが、それでも全ての味が混ざった状態であり、個別に制御することはできない。提示された味がそのまま飲み込めるのは、味覚の体験を超え、飲食体験に近づいている。

3.4 味再現の正確性

味の再現がより正確と考えられることも噴霧混合式の強みである。イオン泳動式では、人間がどのような濃さを感じるかという評価実験のデータを用いて味をそろえていた。しかもそれには個人差があり、誰がそのデバイスを用いるかによってパラメータを変更しないといけなかった。イオン泳動説を実証した青山らの論文[11]でも、データを正規化することによって線形回帰できているが、逆に言うと個人ごとの事前測定・事前設定が重要であることを示している。塩味のリアルタイムな伝送を試みた小林らの論文[12]には被験者ごとの事前キャリブレーションのデータが掲載されているが、いかに個人ごとに傾きや切片が異なることが見てとれる。

一方で、噴霧混合式の場合はそうした問題は起こらない。加えて、強力なメリットは「混合された液体の味を、再び味センサで測定できる」ことにある。

味を再現したい飲食物と、それを再現すべく噴霧混合された液体をともに味センサに入れ、その2つが同じ味になっているかどうかを客観的な数値として比較できる。これにより、さらなる再現精度の向上を実現する計算方法を考えることもできる。なお、味センサは脂質膜電極の電位差を測定するため、このようなことはイオン泳動式では行えない。

3.5 味の時間的变化

イオン泳動式と比べて、噴霧混合式のほうが劣る点もある。まず、噴霧混合式は、イオン泳動式と異なり、即時的な味変化ができない。噴霧混合式の場合は、噴霧混合およびシートの巻き取りを含めると1秒程度の遅延が避けられない。また、「味のクロスフェード」など、動的な味変化を噴霧混合で行うことがやや難しい。将来的には、制御精度を高め、きれいな「味のグラデーション」を実現することで克服できる可能性はあるものの、この点においてはイオン泳動式のほうが優れていると考えられる。

3.6 味エフェクタ・味イコライザへの対応

イオン泳動式と噴霧混合式が同等な点もある。基本五味、あるいは7味のバランスを変える味エフェクタや味イコライザ[2][3]はどちらの方式でも機能する。個人ごとの嗜好に合わせた強弱調整を行うことも、方式によらず実現可能である。

3.7 画質への影響

画質に対する影響は、両方式ともにあると考えられる。噴霧混合式は、映像が曇り、水滴がついて解像感が下がる。イオン泳動式でもゲルを画面上に載せる必要があり、これによって映像が曇ったり解像感が下がったりする。両者とも今後改良が必要と考えられる。

4 展望

現在の提案システムは、一カ所に噴霧混合を行っているが、今後、インクジェットプリンタのような仕組みでヘッドを左右に動かせるようにしたい。そうすれば、映像の中の2次元的な配置や分布に基づく味提示が行えるようになる。

さて、表1に括弧付きで示しているように、噴霧混合式の味ディスプレイには、さらに、味センサでも測定できないアルコール味や辛味を加えることができる余地が備わっている。エタノール濃度計[8]を購入・使用したところ、精度の高い測定ができたので、同じ度数になるようにエタノールを噴霧混合することは可能である。たとえば、カクテルの味の再現や、ワインの味比べといったことができるようになるはずである。

また、辛味は学術的分類としては痛覚ということ

になっているが、食体験の再現という意味では味覚のうちに加えたいと考えている。実際、食べ物の辛味を測定できる Scoville Meter[9]が市販されているので、その値に応じて、カプサイシンを噴霧混合するように改良したいと考えている。エスニックな料理などの味の再現には不可欠だと考えているので、狭義の味覚の定義にこだわらずに改良していきたい。

このほかにも、脂肪味やコク味といった概念があり、これも狭義の味覚に入っていないが食体験としては重要であると考えている。粘性の低い油などを利用することを検討していきたい。

そして、もはやこれを行う場合には 10 タンクでは足りないが、嗅覚にうったえる香料(フレーバー)を加えることも検討したい。実際、嗅覚の食体験に大きく影響を及ぼすと考えている。

この展望の章で記述されていることはどれも、電気味覚技術では非常に実現が難しい事柄であったが、噴霧混合であればそれほど難しいことではない。味ディスプレイの可能性を開拓するためにも、ぜひ挑戦したいと考えている。

謝辞

本研究は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) の独創的な人向け特別枠「異能vation」プログラムの支援を受けた。

参考文献

- [1] Homei Miyashita. Taste Display that Reproduces Tastes Measured by a Taste Sensor. Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1085–1093, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1145/3379337.3415852>
- [2] Homei Miyashita. Taste Display that Reproduces Tastes Measured by a Taste Sensor. Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1085–1093, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1145/3379337.3415852>
- [3] 宮下芳明. 画面に映っている食品の味を再現して味わかる味ディスプレイの開発, 第 28 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 (WISS2020) 論文集, 2020.
- [4] Yusuke Tahara and Kiyoshi Toko. Electronic tongues--A review, IEEE Sensors Journal, 13(8), 3001–3011, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2013.2263125>
- [5] Kiyoshi Toko. Taste sensor with global selectivity, Materials Science and Engineering: C, 4(2), 69-82, 1996.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0928-4931\(96\)00134-8](https://doi.org/10.1016/0928-4931(96)00134-8)
- [6] Kiyoshi Toko. Taste sensor, sensors and actuators B: Chemical, 64(1--3), 205—215, 2000.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(99\)00508-0](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(99)00508-0)
- [7] Masako Satoh, Hideki Satoh, Hidekazu Ikezaki, Optimization of Food Ingredients and their Blend Ratios Based on Taste Sensor Output, IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines, 2015, Volume 135, Issue 2, Pages 57-64, Online ISSN 1347-5525, Print ISSN 1341-8939, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1541/ieejsmas.135.57>
- [8] ATAGO Digital Hand-held “PEN” Ethyl alcohol Refractometer PEN-Ethanol V
<https://prolab.id/product/atago-digital-hand-held-pen-ethyl-alcohol-refractometer-pen-ethanol-v/>
- [9] FoodSense, Hotness of Chillies (ChilliPot – Scoville Meter)
<https://www.tms-lab.com/product/foodsense-hotness-of-chillies-chillipot-scoville-meter/>
- [10] 鍛冶慶亘, 宮下芳明. TasteSynth : 電気味覚のための刺激波形デザインシステム, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, Vol.2021, pp.266 - 275, 2021.
- [11] Kazuma Aoyama, Kenta Sakurai, Satoru Sakurai, Makoto Mizukami, Taro Maeda, Hideyuki Ando. Galvanic Tongue Stimulation Inhibits Five Basic Tastes Induced by Aqueous Electrolyte Solution. Frontiers in Psychology. 8:2112, 2017.
- [12] 小林未侑, 宮下芳明. TeleSalty:リアルタイムで塩味を伝える通信システム, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2021 論文集, Vol.2021, pp.276-280, 2021.
- [13] Maynes-Aminzade, D. Edible Bits: Seamless Interfaces between People, Data and Food, in the Ext. Abstracts CHI '05, 2005.
- [14] OPEN MEALS, SUSHI TELEPORTATION. SXSW2018, 2018.
- [15] Homei Miyashita. TTTV (Taste the TV): Taste Presentation Display for “Licking the Screen” using a Rolling Transparent Sheet and a Mixture of Liquid Sprays. In the Adjunct Publication of the 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '21 Adjunct), Virtual Event, USA, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1145/3474349.3480223>

未来ビジョン

電気味覚研究には2つのビジョンがある。ひとつは、食事の味を濃く感じさせることで、美味しさと健康を両立するというビジョン。もうひとつは、味覚の記録再生を行う味メディアとしてのビジョンである。

筆者も10年にわたり、電気味覚研究の意義や重要性を主張するためにこれらのビジョンを強調してきた。そうした中で最近気づいたことは、これらのビジョンは多くの共感を集めるほどに正しく、それぞれのビジョンが実現するならむしろ手段は電気味覚でなくてもかまわないのではないかと、ということである。

テレビにはブラウン管や液晶など様々な方式がある。プリンタにもインクジェットやレーザーなど様々な方式がある。このように考

えたとき、味覚メディアというビジョンを実現する「電気味覚以外の方式」はないのだろうかと考えた。

「液体を透明なシートに噴霧し、ベルトコンベアしながら液晶画面の上にスクロールさせる」という提案は、極めて原始的な試みのように思える。しかしながら、本稿でイオン泳動式の味ディスプレイと比較した議論を行っていくと優れた点も多く、その対比のおかげで、イオン泳動式の味ディスプレイに何が足りないのかをより浮き彫りにできたと考えている。

味ディスプレイに求められる重要な機能は結局何なのか？イオン泳動式でもなく液体噴霧でもない他の方式はないだろうか？このような議論を、本ワークショップで行いたいと考えている。