



適法！日本酒醸造シミュレータ

SAKE Brewing Simulator (Legal!!)

香山楷¹⁾, 角田大司郎²⁾, 松本紘周¹⁾

Kai KOHYAMA, Daijiro KAKUTA, and Hirochika MATSUMOTO

- 1) 慶應義塾大学 電気情報工学科 (〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, kaikohyama@keio.jp, h.matsumoto@keio.jp)
- 2) 慶應義塾大学 物理情報工学科 (〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, kakutadaijiro@keio.jp)

概要: 日本固有の酒であり、世界からも高く評価されている日本酒。その馴染み深さに反して、日本人でも製法を詳しく把握している者はごく少数に留まっている。本体験では日本酒醸造の伝統的な工程である「もろみ造り」を、HMDによる視覚・聴覚呈示、ジャイロモーメントによる力覚呈示、超音波噴霧器による嗅覚呈示を通して合法的に再現する。体験者はホイールを装着した櫛入れ棒でバーチャル原料をかき混ぜる中で、五感を通して日本酒の発酵を知覚できる。

キーワード: 日本酒、力覚、嗅覚、ジャイロ

1. はじめに

1.1 目的

私たちは日本酒が大好きである。日本酒は古来より日本で造られている固有の酒であり、世界中のどの酒とも異なる独特な方法で造られている。その独特な製造方法によって生み出される奥深い味わいによって、日本酒は国内だけでなく海外においても高い人気を誇っており、伝統的造りを登録無形文化財に登録する動きまで出ている。

このように多くの人々を魅了する日本酒であるが、その製造方法についてはあまり知られておらず、日本人であっても明確に理解している者は少ない。日本酒の製造過程には、「もろみ造り」という重要かつユニークな、五感を活用する工程があるのだが、一般家庭でその「もろみ造り」を再現しようとするとう酒税法に違反してしまうため、実際に体験することは非常に難しい。そこで、私たちはVRを駆使して普段経験できない「もろみ造り」を再現し、日本酒への理解と愛を深められるコンテンツを制作する。

1.2 手法

近年は技術の発達と普及により「VR」という言葉が社会に浸透し、それに付随してVR作品の数も飛躍的に増えている。しかしその一方で、感覚呈示装置の作成難度の面から殆どのVR作品では視覚ばかりに重きが置かれ、VR上での動作が深部感覚にフィードバックされることはごく少ない。そこで、私たちが注目したのが非接地で力覚を提示できるジャイロモーメントである。作品内の空間と

ジャイロモーメント発生装置を結びつけ制御することで、もろみをかき混ぜるときに生まれる流体の抵抗感の再現を試みる。また、日本酒風味のアロマオイルを超音波噴霧器で拡散することでアルコール発酵の匂いも再現する。

以上の方法により、図1のように「もろみ造り」を視覚だけでなく、力覚、嗅覚の面からも再現するVRコンテンツの提案、試作を行う。

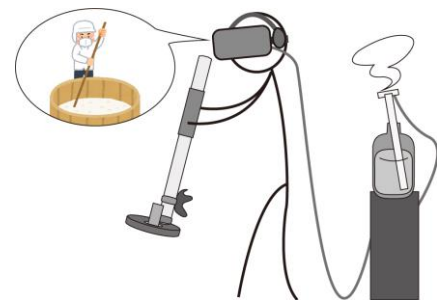


図 1: 体験概略図

2. システム構成

本体験のシステム構成を図2に示す。体験者はHMDからのゲーム映像および音声を受けて行動をコントローラ(力覚呈示装置)に入力する。VIVEトラッカーを通して入力を受け取ったPCは、入力に応じた信号を力覚呈示装置と嗅覚呈示装置へ渡す。力覚呈示装置は受け取った信号に対応するホイールの回転トルクを計算して実際に制御し、体験者へ力覚の提示を行う。嗅覚呈示装置は信号に対応する頻度で日本酒風味のアロマオイルを拡散する。

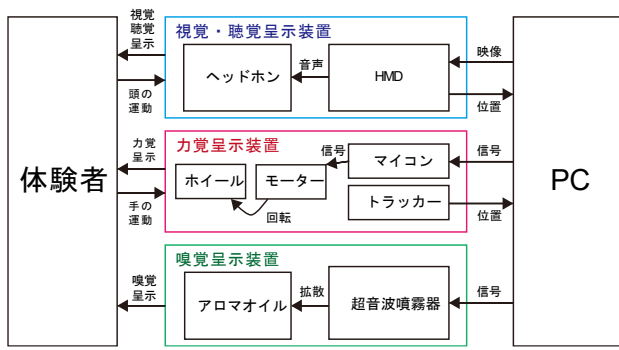


図 2: システム構成

3. 動作原理

3.1 流体をかき混ぜる際の抵抗と知覚

人が流体を攪拌する際には、自分が加えた力に対してかかる抵抗力を知覚することによって流体の粘度や量を認識している。ここで、もろみの攪拌のようなゆっくりとした運動において抵抗 D は速度 U 、動粘性係数 ν 、断面積 A を含んだ式(1)で記述できる。

$$D \approx \frac{12\nu}{L} \rho U A \propto U \tag{1}$$

したがって体験者が力を加えた時にコントローラの速度に比例して大きくなるような抵抗を再現できれば、その比例係数に応じた流体の粘度や量を知覚させることができると考えられる。本体験では、速度に比例した抵抗をジャイロモーメントにより発生させる。

3.2 力覚呈示装置

本体験で使用する、ジャイロモーメントを用いた力覚呈示装置の概略を図3に示す。

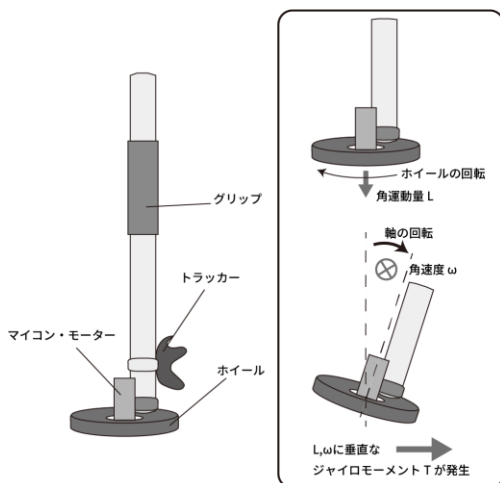


図 3: 力覚呈示装置

角運動量 L で回転するホイールの回転軸を角速度 ω で動かしたとき、生じるジャイロモーメント T は次の式(2)のように表される。

$$T = L \times \omega \tag{2}$$

ここで、本体験のようなもろみの攪拌においてコントローラは円運動するから、円運動の半径を r とすると次の式(3)のように T を書き改められる。

$$T = L \times \left| \frac{U}{r} \right| \frac{\omega}{|\omega|} \tag{3}$$

したがってジャイロモーメントにより速度 U の大きさに比例した大きさをもつ疑似抵抗を加えることができる。また、ホイールの角速度をモーターで制御し、角運動量 L を調整することにより、流体の粘度や量の知覚をコントロールすることも可能である。本体験では力覚呈示装置の位置が低いほど（榎入れ棒がもろみに漬かっているほど）、また発酵が進むほど感じられる抵抗が大きくなるようにホイールの角速度をコントロールすることを考えている。

3.3 嗅覚呈示装置

もろみ造りの再現を目的とする本体験においては、力覚呈示に加えて発酵の進行をアルコール臭によって感じ取れるような嗅覚呈示も重要である。嗅覚呈示装置の概略を図4に示す。

安全面への配慮から本物のアルコールを用いることはできないため、市販されている日本酒風味のアロマオイルを超音波噴霧器により拡散することで嗅覚呈示を行う。信号間隔をアプリケーションから制御することで嗅覚呈示の強さもコントロール可能である。なお、アルコール臭が苦手な体験者に配慮し、嗅覚呈示を行うかどうかはオプションで選ぶ仕様とする。

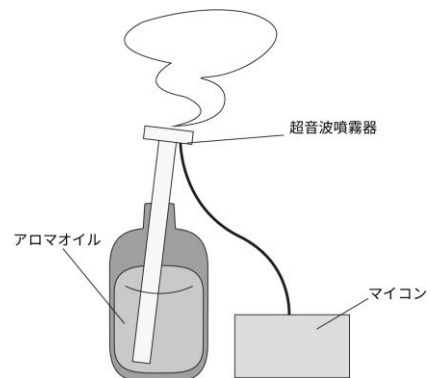


図 4: 嗅覚呈示装置

4. コンテンツ概要

体験者は伝統的なもろみ造りの製法に倣い、初添→仲添→留添の3つの段階に沿ってもろみ造り体験を行う。また、コンテンツ終了後にはもろみ造りの出来に応じたスコアを表示する。

第一段階「初添」は日本酒造りにおいてはタンク 1/4 程度の少量の原料を入れてかき混ぜを行う中で、原料の発酵を促進させる行程であるが、本コンテンツではタンク

をかき混ぜることが発酵の進行や品温にどのような影響を及ぼすかを理解するためのチュートリアルとして機能する。体験者がHMDに表示される矢印のガイドに沿ってコントローラを動かすと力覚呈示装置に僅かなフィードバックが生じ、嗅覚呈示装置から仄かなアルコール臭が生じると共に、HMDに表示される品温が低下する。これによりかき混ぜ動作が発酵の進行、品温の管理に欠かせない動作であることを学ぶ。

第二段階「仲添」はタンク中の原料量を倍に増やし、かき混ぜることで更なる発酵を促進させる行程であるが、本コンテンツでは「原料のかさが倍になる点」「発酵がより促進される点」に着目し、力覚呈示装置のホイール回転数を倍にすることで第一段階の倍の抵抗を感じられるようにすると共に、嗅覚呈示装置への信号を増やすことによって強まるアルコール臭を表現する。体験者はチュートリアルでの学びを基に、発酵促進・品温管理のために休まずタンクをかき混ぜることを実践する。

第三段階「留添」はタンク中の原料量をさらに増やし、かき混ぜることでさらなる発酵を促進させる行程であり、本コンテンツでは力覚呈示装置のホイール回転数の増加、嗅覚呈示装置への信号の増加によってこれを表現する。力覚フィードバックの増大によりかき混ぜ動作の負荷・難易度が向上する中、体験者は一定のスピードでタンクをかき混ぜることが要求される。

コンテンツ終了後は、「発酵が十分促進されたか」「品温を一定に保てたか」に応じたスコアを表示する。また、造った日本酒が甘口になるか、辛口になるかの判定（これは発酵の進行や温度に依存する）も併せて行う。

5. むすび

日本酒の製造工程の一つ、「もろみ造り」の紹介から、それをマルチモーダルに再現するための技術、コンテンツの提案を行った。付録としてもろみ造りの伝統的な手法である三段仕込みについての詳細を記載したので、興味のある読者は参照されたい。最後に、このコンテンツは日本酒の自家醸造を推奨するものではなく、実際に醸造する場合

は酒税法に抵触する可能性があることを付言しておく。

付録 日本酒のもろみ造りにおける三段仕込み

もろみ造りとは酒母に蒸米、麴、水といった原料を加え、アルコール発酵の規模を大きくしていく工程のことである。一度に全ての原料を加えともろみ中の微生物濃度や酸濃度が薄まることになるため、ふつう「三段仕込み」と称して3回に分けて原料を加える。それぞれ1回目を「初添」、2回目を「仲添」、3回目を「留添」といい、蔵によって細かい割合は異なるが、それぞれの仕込みで加える原料は概ね1:2:3という具合に増えていく。仕込み後は、醗と呼ばれる棒でもろみを攪拌する「糴入れ」が重要である。この糴入れには加えた原料を均一にならすことで発酵を促進する役割があるほか、糖化とアルコール発酵に伴い温度が上昇したもろみを冷やす役割や、もろみ中の炭酸ガスを抜く役割もある。発酵の進行に伴ってもろみはより粘り気が強く、濃厚になる。

今のように測定器のない時代には、アルコール発酵の進み具合はもろみの香りや粘り気、舐めてみての甘、辛、苦、酸味のバランス、泡立ち具合など、人間の五感と経験を照らし合わせて判断した。

参考文献

- [1] 吉田元：江戸の酒 その技術・経済・文化，朝日選書，pp.54-56, 1997.
- [2] 吉田元：近代日本の酒づくり 美酒探求の技術史，岩波書店，pp.39-43, 2013.
- [3] 上原浩：いざ、純米酒 一人一芸の技と心，ダイヤモンド社，pp.120-149, 2002.
- [4] 橋本健，吉田成朗，鳴海拓志，廣瀬通孝：多様な形状知覚を提示するトルクフィードバック VR コントローラ，第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集.
- [5] 金内一浩，富川義朗：ジャイロモーメント・モータ，日本音響学会誌 57 卷 12 号，pp.749-758, 2001.