

IVRC2022

適法！日本酒醸造シミュレータ

目次・付録

目次・付録	2
企画概要	3
目的	3
手段	3
システム構成・原理	4
システム構成	4
流体をかき混ぜる際の抵抗と知覚	4
力覚呈示装置	5
嗅覚呈示装置	6
使用機材	6
体験の流れ	7
制作スケジュール	8
その他必要と思われる項目	9
安全面への配慮	9

～付録：もろみ造りと三段仕込み～

もろみ造りとは酒母に蒸米、麹、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る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、櫂と呼ばれる棒でもろみを攪拌する「櫂入れ」が重要である。この櫂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。

1. 企画概要

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。その独特的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、伝統的酒造りを登録無形文化財に登録しようと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. 手段

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作品では視聴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。ジャイロモーメントは回転する物体の回転軸を動かしたときに発生する力のことであり、身近な例ではハンドスピナーを傾けた時の抵抗感や、芝刈り機を動かすときの抵抗感などが挙げられる。本体験ではこのジャイロモーメント発生装置をコンテンツと結びつけて制御することで、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。

以上のように、「もろみ造り」を視聴覚だけでなく、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。計器類がない時代の造り手も五感と経験に頼って日本酒を醸造していた事を考えると、本体験はある種の先祖返りとも言えるだろう。

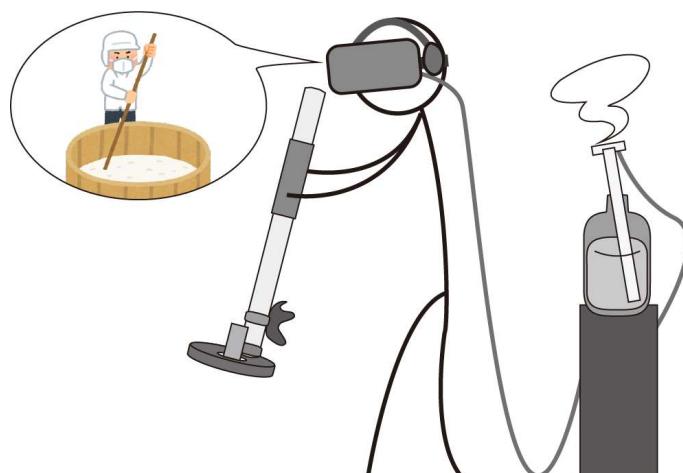


図1: 体験概略図

2. システム構成・原理

2.1. 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。それぞれの感覚呈示装置の詳細は後述する。

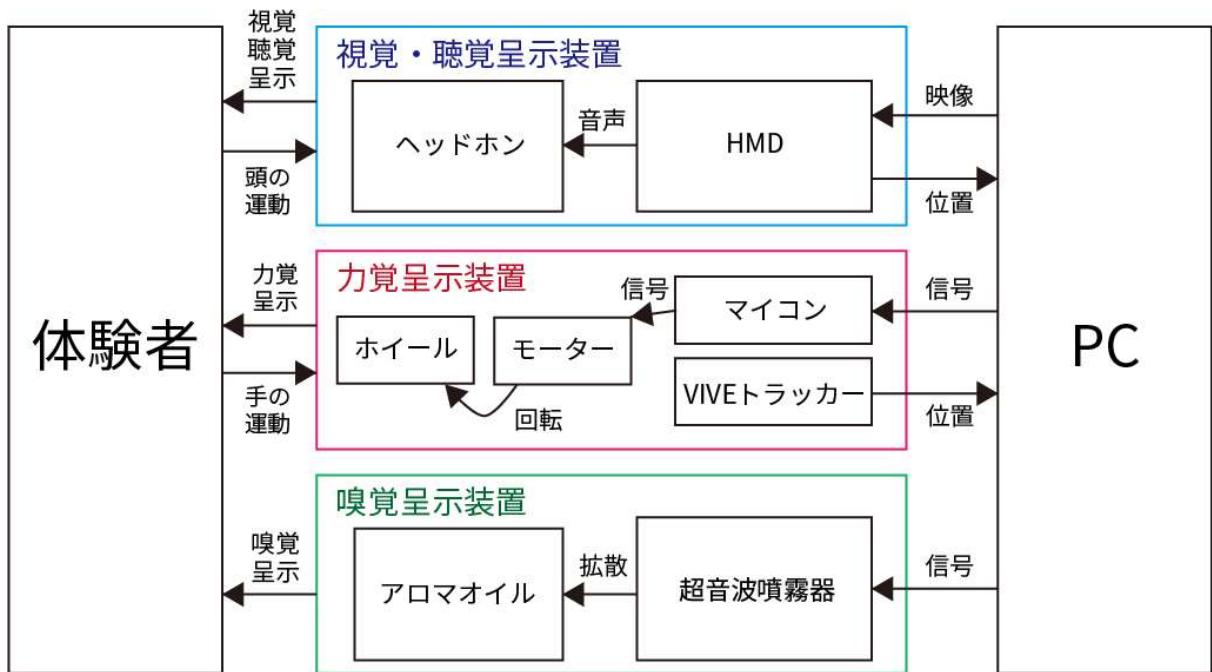


図2: システム構成図

2.2. 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。

$$D \approx 12\nu/L \rho U A \propto U \quad (1)$$

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。

2.3. 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。

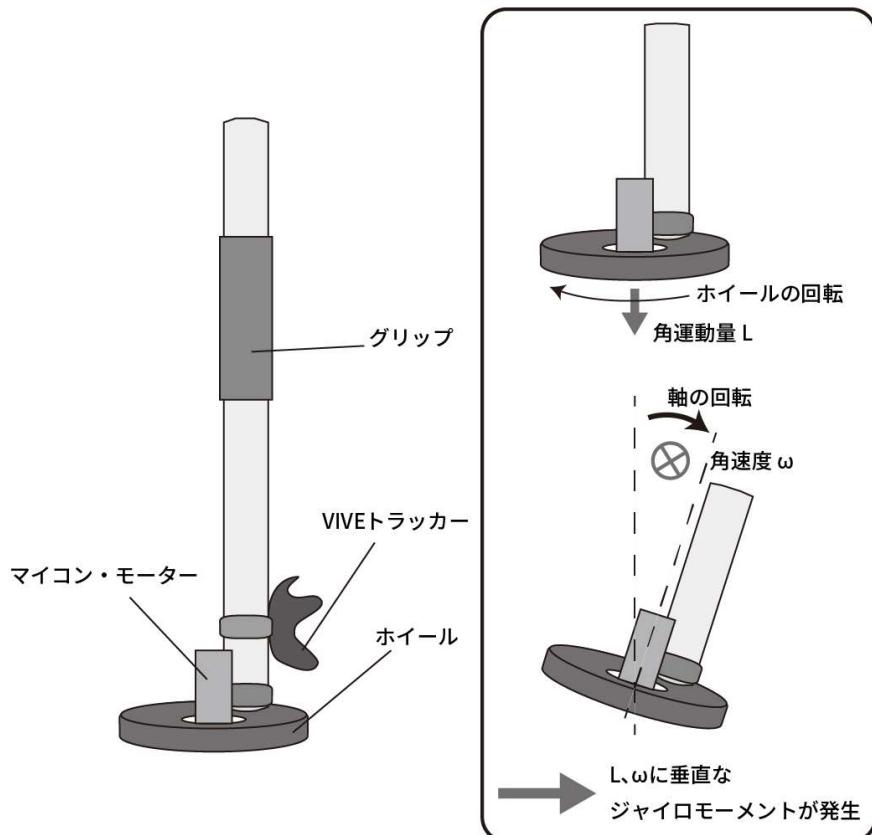


図3: 力覚呈示装置

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。

$$T = L \times \omega \quad (2)$$

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を描くと考えられるから、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。

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

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（櫂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。

2.4. 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。

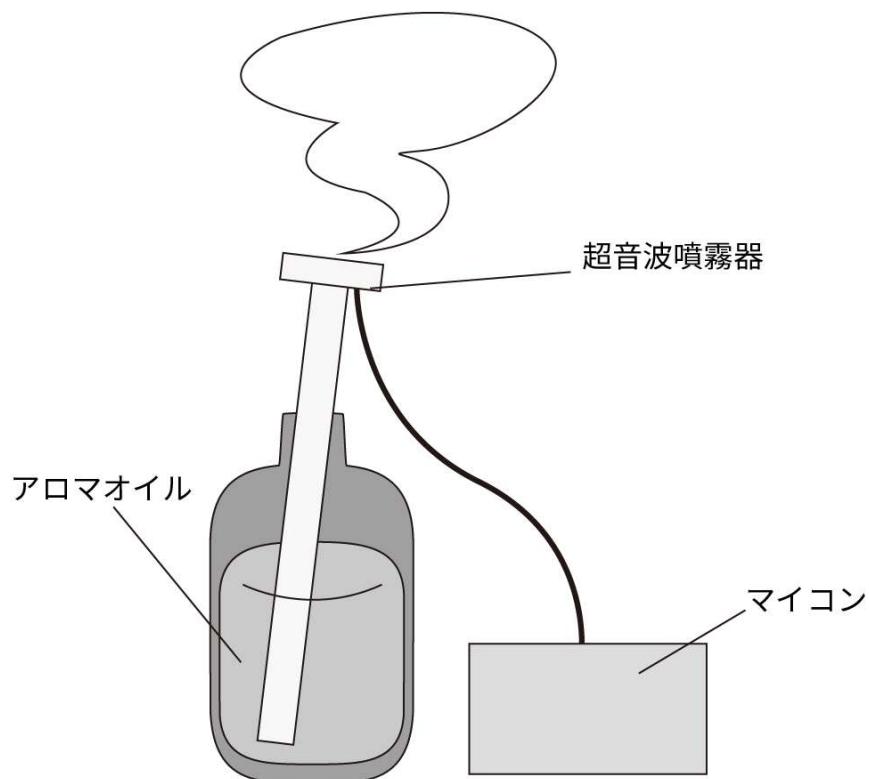


図4: 嗅覚呈示装置

3. 使用機材

- PC
- Meta Quest2
- ヘッドホン
- VIVEトラッカー・ベースステーション
- マイコン
- モータ
- ホイール
- 丸棒材
- 超音波噴霧器
- アロマオイル

4. 体験の流れ

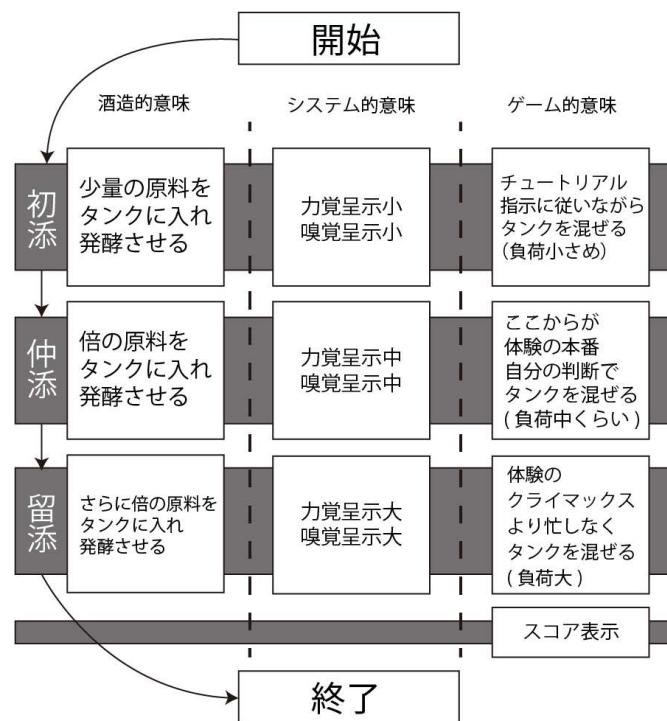
体験者は伝統的なもろみ造りの製法に倣い、初添→仲添→留添の3つの段階に沿ってもろみ造り体験を行う。また、コンテンツ終了後にはもろみ造りの出来に応じたスコアを表示する。

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。以上の流れをまとめた図5を以下に示す。



5. 制作スケジュール

制作スケジュールを以下に示す。これをガントチャートにしたものを図6に示す。

【デバイス担当】

7月	力覚呈示デバイス・嗅覚呈示デバイス試作
8月頭	力覚呈示デバイス評価
8月上旬	力覚呈示デバイス・嗅覚呈示デバイス調整
8月下旬	統合作業
9月頭	展示準備

【プログラム担当】

7月	モーター・噴霧器制御プログラム試作
8月頭	力覚呈示デバイス評価
8月上旬	プログラム調整
8月下旬	統合作業
9月頭	展示準備

【コンテンツ担当】

7月	3Dモデル制作・Unity開発
8月頭	力覚呈示デバイス評価
8月上旬	Unity調整
8月下旬	統合作業
9月頭	展示準備

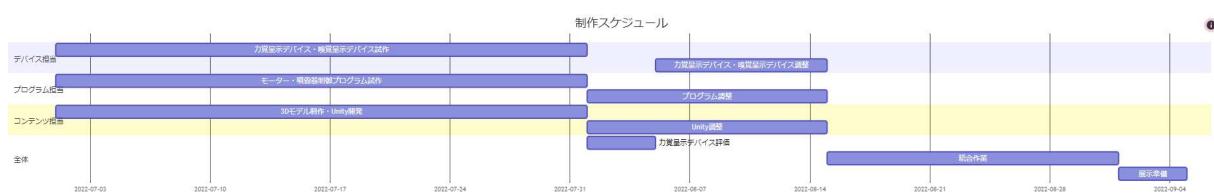


図6: 開発線表

6. その他必要と思われる項目

安全面への配慮

- 回転するホイールについて…服や皮膚の巻き込み等の危険性を考え、ホイールと体験者の間に仕切りを設ける、あるいはホイールに直接触れることができないように外殻を付けるといった対策を考えている。
- アロマオイルの噴霧について…本物の日本酒を噴霧すると肺でアルコールを吸収することになり非常に危険なので、市販されている日本酒風味のアロマオイルを噴霧する形で嗅覚呈示を行う。これはアロマディフューザーでの利用も想定されたアロマオイルであるため、噴霧に問題はないとの判断した。また、アルコール臭が苦手な体験者への配慮として、嗅覚呈示を切るオプションも別途用意することを考えている。
- 酒税法について…本体験はあくまでバーチャルでの日本酒造りの再現を目指したものであり、現実に日本酒の自家醸造を推奨するものではない。本体験で扱うもろみ造りだけで日本酒を醸造できる訳ではないが、念のためコンテンツ開始時に「実際に醸造を行った場合は酒税法に抵触する場合がある」旨の確認を行うことも考えている。