

# ポートフォリオ

おう ぶん かく  
王文鶴 / Wenhe Wang

---

東京大学大学院 学際情報学府  
学際情報学専攻 - 先端表現情報学コース  
修士課程

東京大学生産技術研究所 - 山川研究室(高速柔軟ロボティクス研究室)

# 目次

---

- ①東京大学制作展2024作品 - 「心の味わい」
- ②東京大学制作展2024作品 - 「月々輪廻」
- ③まとめ & 展望

\*各作品の完成において、私はエンジニアとして発案者の提案に基づいてハードウェアと組み込み系システムの開発を行ってきましたので、そちらの方に集中して紹介させていただきます。

# ①東京大学制作展2024作品 - 「心の味わい」

---

## ①東京大学制作展2024作品 - 「心の味わい」

作品のコンセプト:

もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があつたら…

発案者が考案したこのコンセプトに基づき、私はこの発想を現実のものとするために、

「ラックに保存された匂いを取り出し、それをユーザーに届ける装置」を作ることを提案しました。

# ①東京大学制作展2024作品 - 「心の味わい」

作品のコンセプト:  
もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があつたら...

「ラックに保存された匂いを取り出し、それをユーザーに届ける装置」



続きまして、機械の様子を想像し、

「回転するプレートに多くの試験管を装着し、  
ユーザの選んだ匂いをスポットで取り出して、  
レシートに染み込ませてユーザーに渡す」

という機械を作ることにしました。

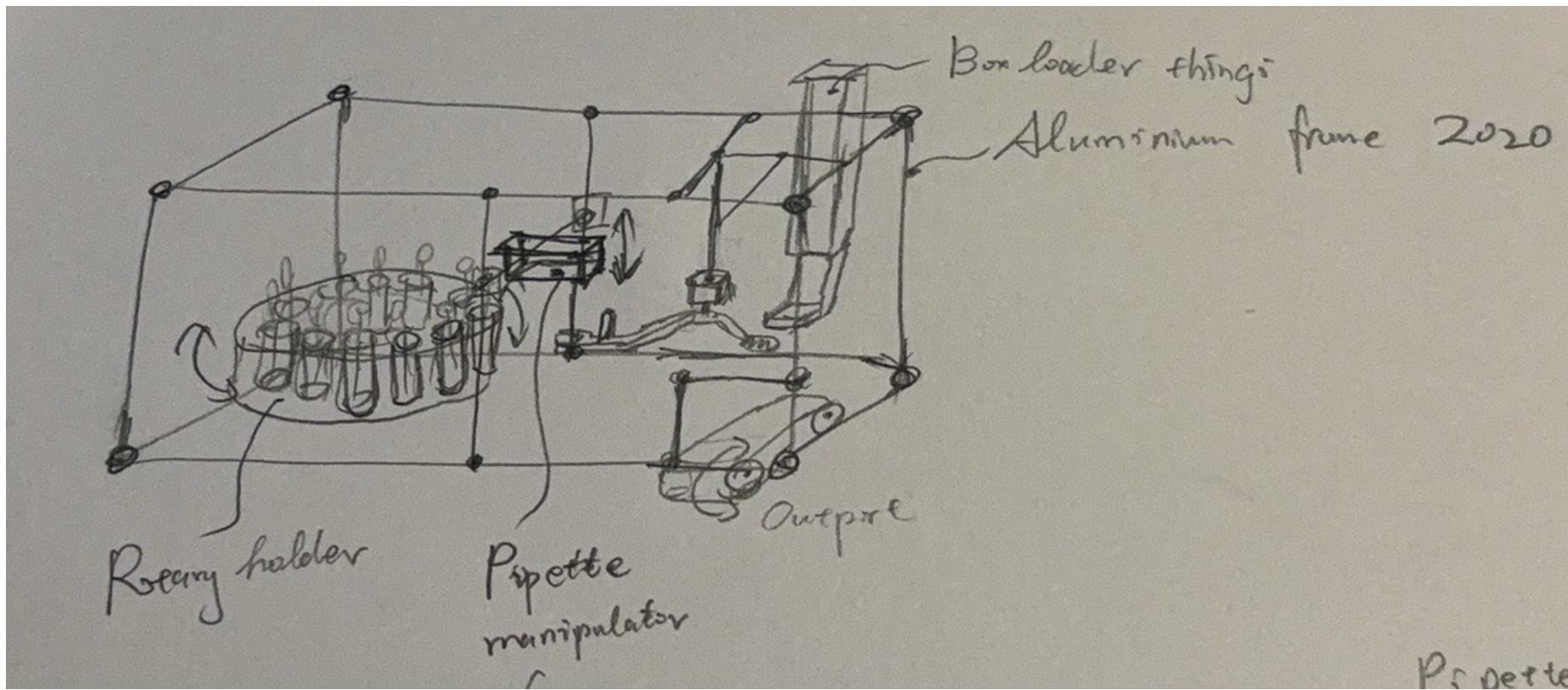
# ①東京大学制作展2024作品 - 「心の味わい」

作品のコンセプト:  
もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があつたら...

## 構想について

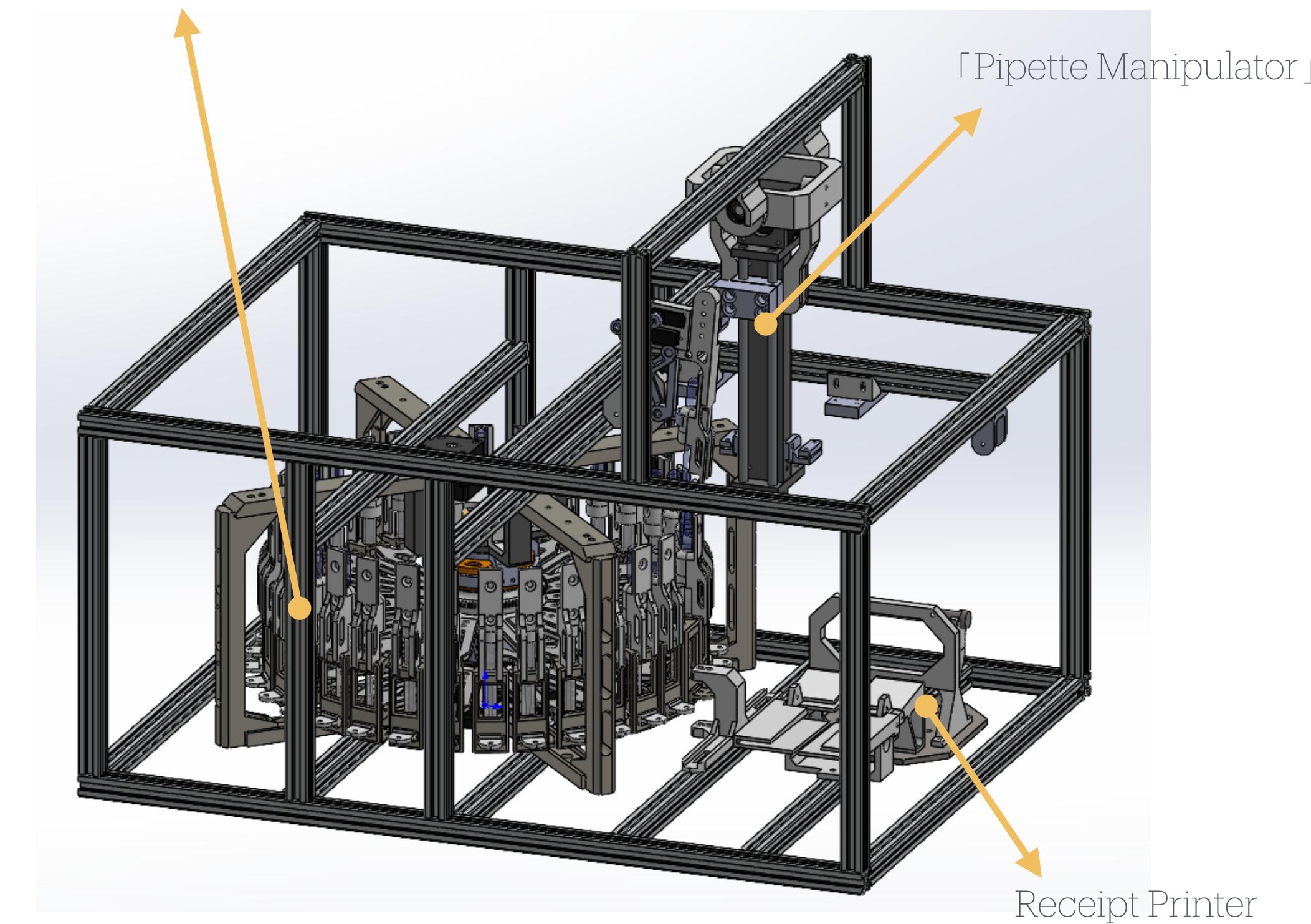
デザインを繰り返し改善する中で、  
以下の3つのサブシステムを完成させました。

- 1) 試験管を載せる「Rotary Holder」
- 2) スポイトを操作と移動する「Pipette Manipulator」
- 3) レシートを印刷するプリンター



オリジナルドラフト(2024年8月下旬)

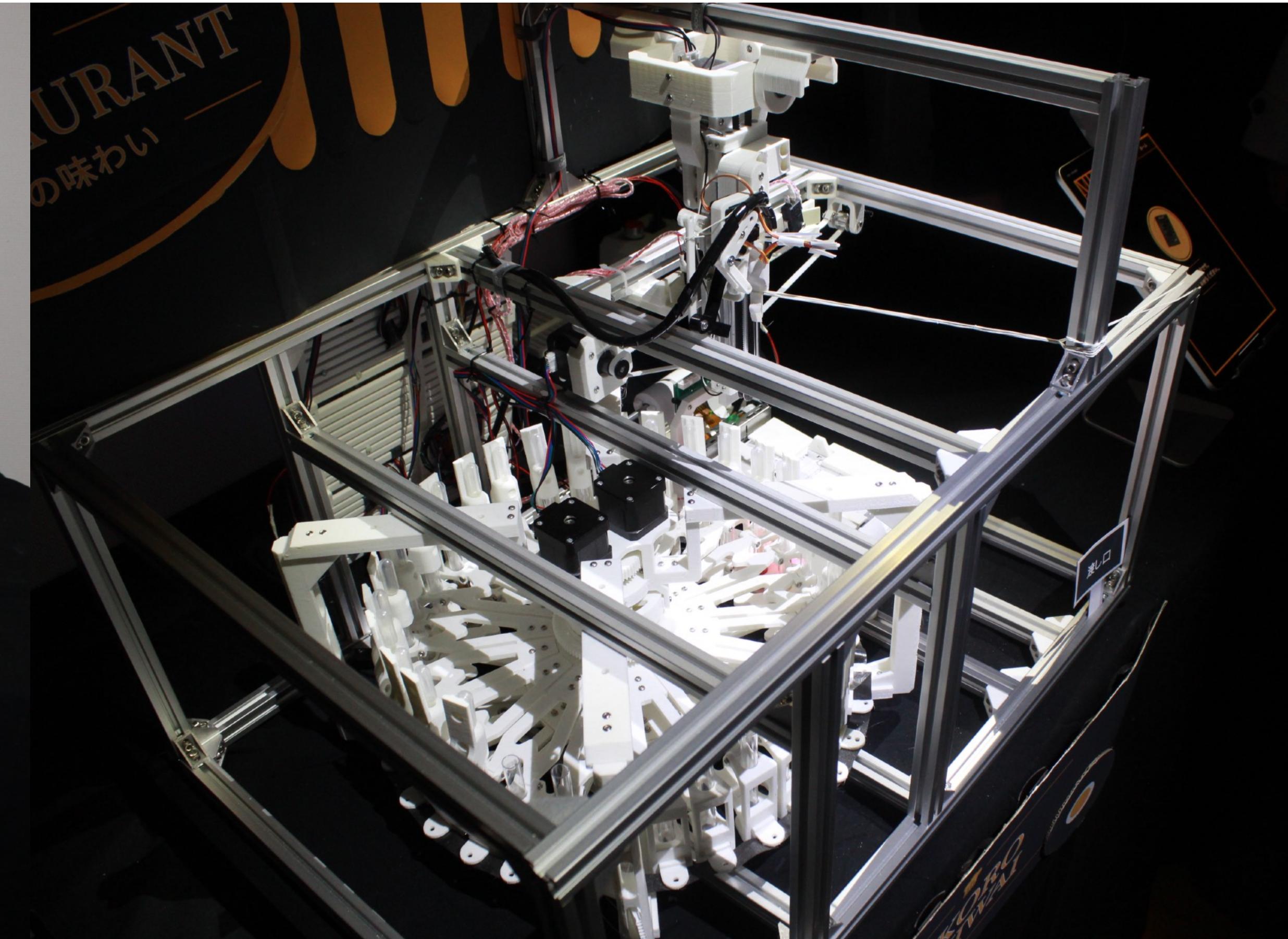
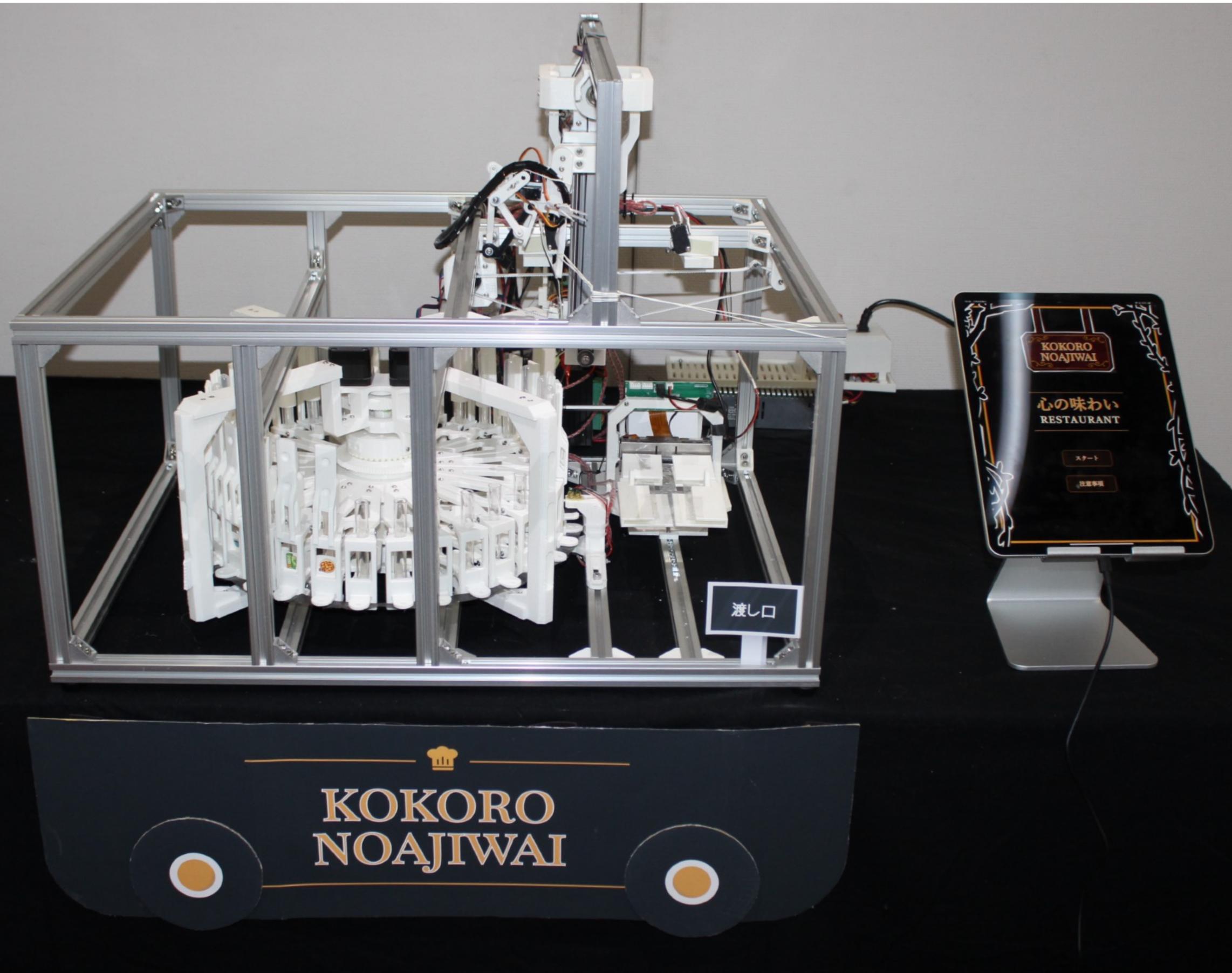
「Rotary Holder」



最終バージョン(2024年10月上旬)

## ①東京大学制作展2024作品 - 「心の味わい」

作品のコンセプト:  
もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があつたら...



「心の味わい」、東京大学制作展にて(2024年11月7日)

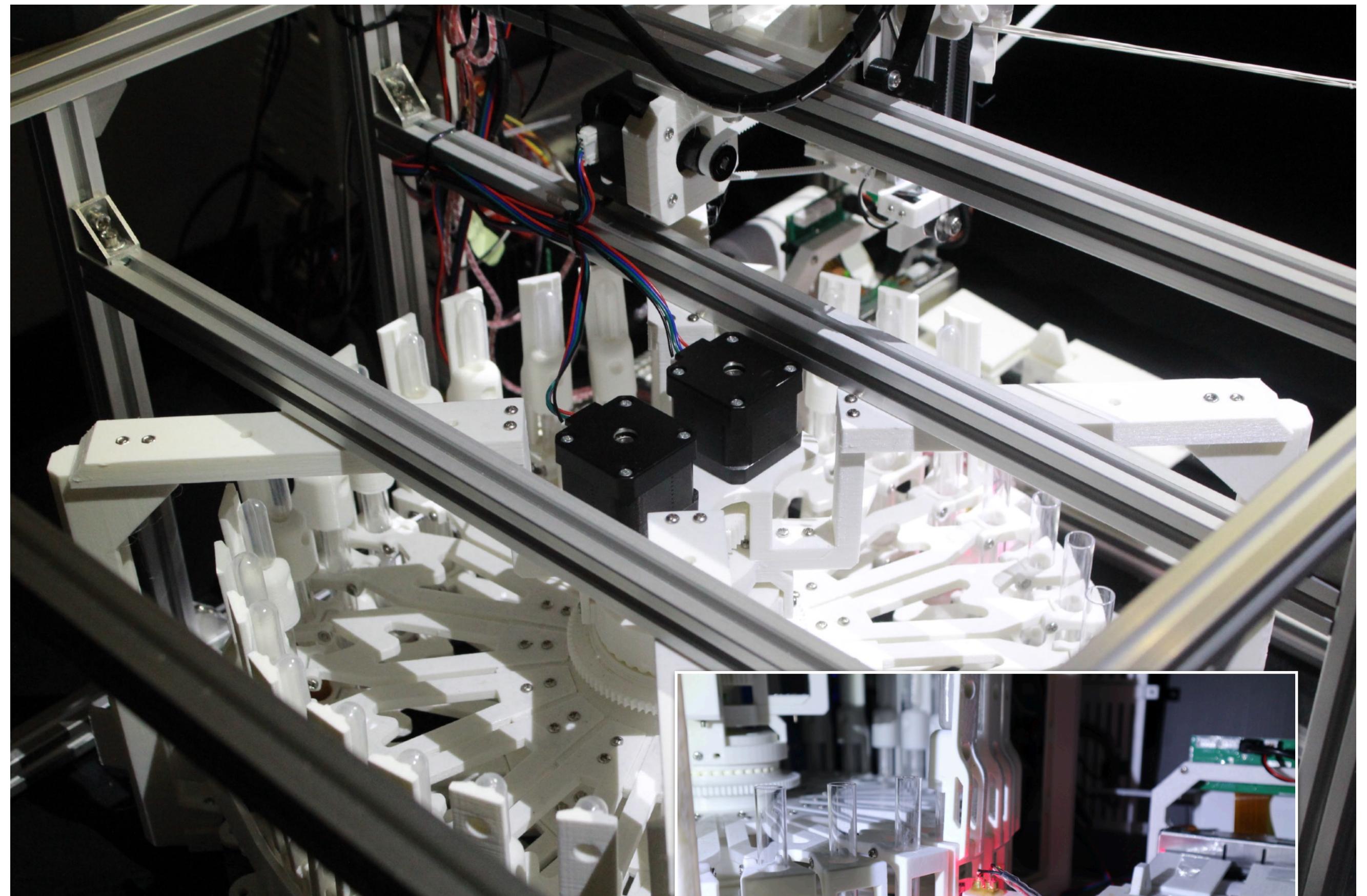
# ①東京大学制作展2024作品 - 「心の味わい」

作品のコンセプト:  
もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があつたら...

## Rotatory Plateについて

2つのステッピングモータで駆動されるRotatory Plateには、24本の試験管が装着されています。それぞれの試験管には匂いのエッセンスとスポットが入っています。

各試験管にはプログラム上で番号が振られており、光可変抵抗器とレーザダイオードを用いた位置センサーで初期位置を検出し、試験管番号を確定します。



「Rotatory Plate」

レーザセンサ

## ①東京大学制作展2024作品 - 「心の味わい」

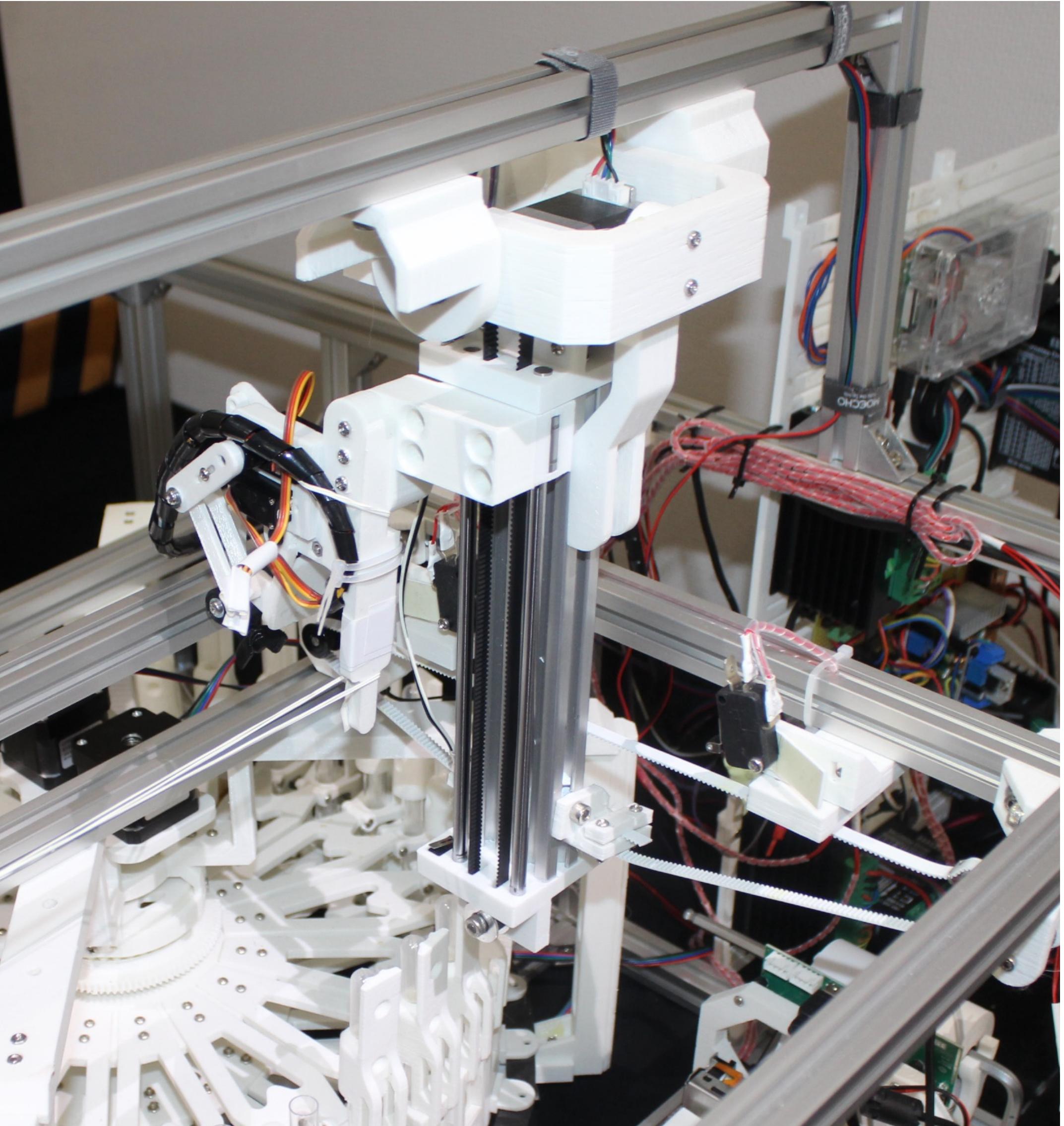
作品のコンセプト:  
もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があったら…

### Pipette Manipulatorについて

スポットを操作する動作を模倣するために、回転可能なアームと上下に移動できるエンドエフェクターを作成しました。この仕組みにより、人の操作を再現することを目指しました。

エンドエフェクターには2つの金属製ギヤサーボモーターを装着しています。1つ目はスポット全体を握る動作を行い、2つ目はスポットを押して液体を吸い上げる動作ができるように設計されています。

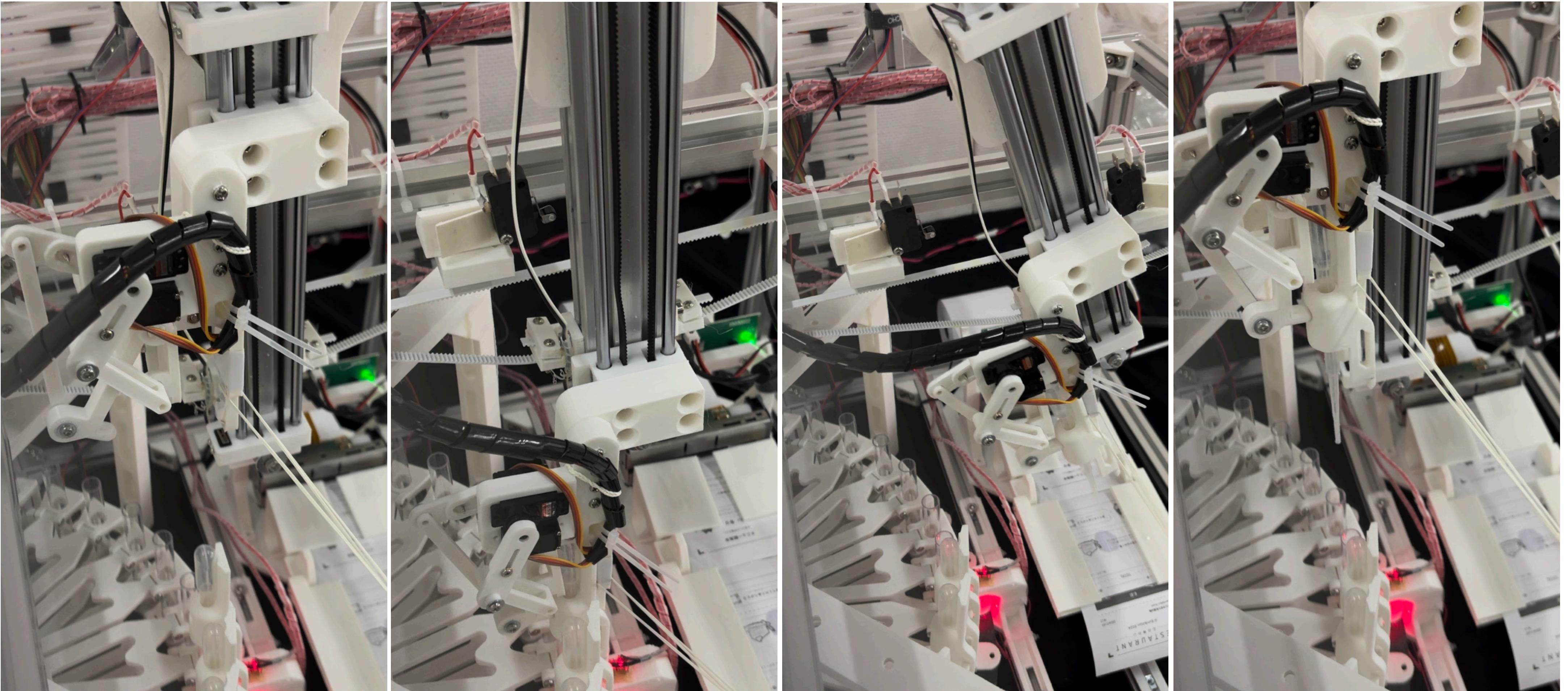
「Pipette Manipulator」



# ①東京大学制作展2024作品 - 「心の味わい」

作品のコンセプト:  
もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があつたら…

「Pipette Manipulator」、動作の流れ



スポットとエンゲージする

スポットをとり、  
液体を吸い上げる

レシートの上に移動し、  
液体を滴下する

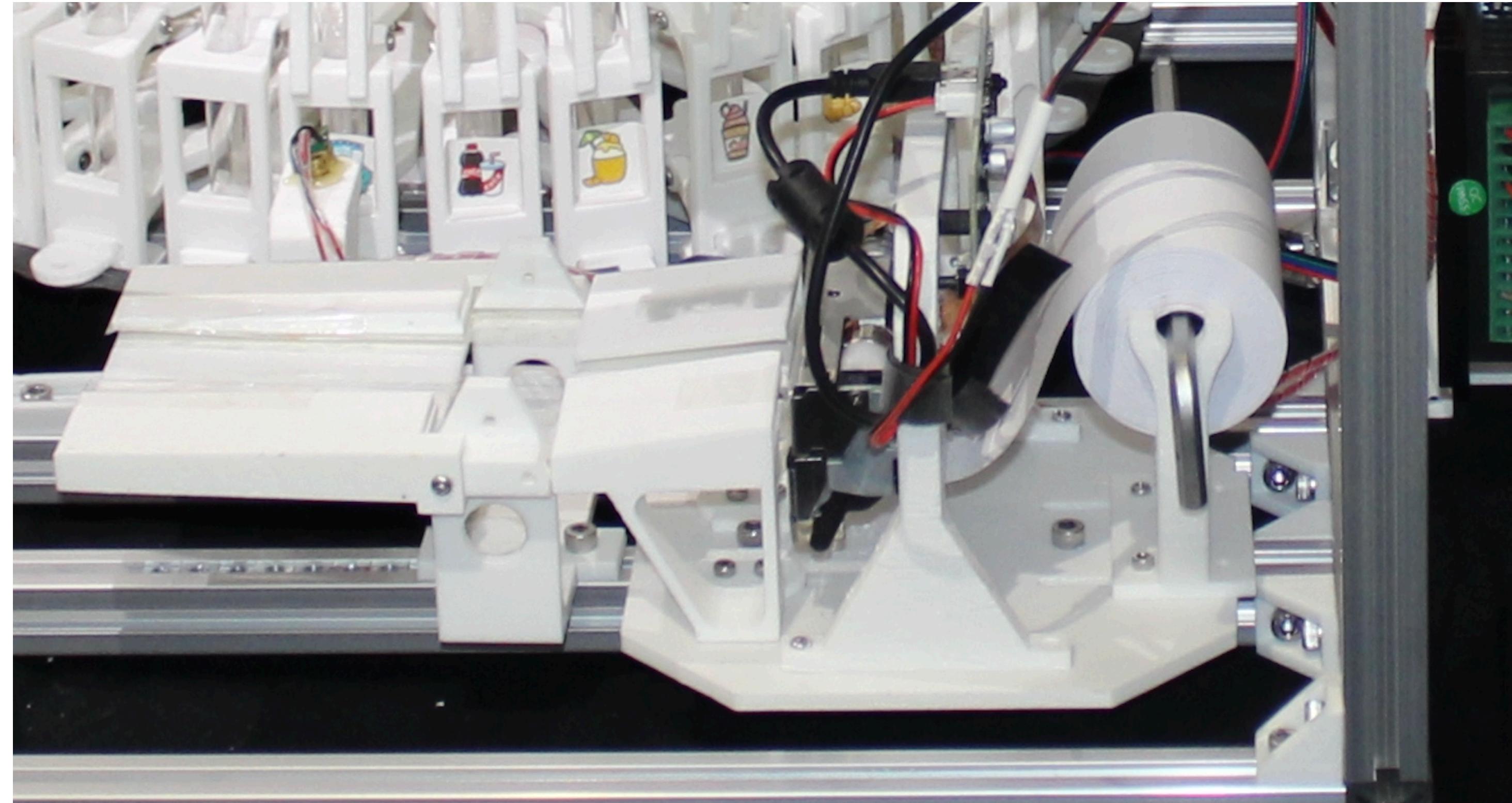
スポットを試験管に戻す

作品のコンセプト:  
もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があつたら...

## レシートのプリンタについて

プリンタには市販のモジュールを使用しました。このモジュールに付属していた企業提供のソースコードを改造し、使いやすくするためにPythonでラッパーを作成しました\*。

さらに、実行に必要なクローズドソースのライブラリがx86向けであったため、ArmアーキテクチャのRaspberry Pi 4b上で実行できるようにエミュレータを構築しました。



レシートのプリンタ

\*改造したプリンタの制御スクリプト

<https://github.com/AyaShigure/thermal-printer-controller>

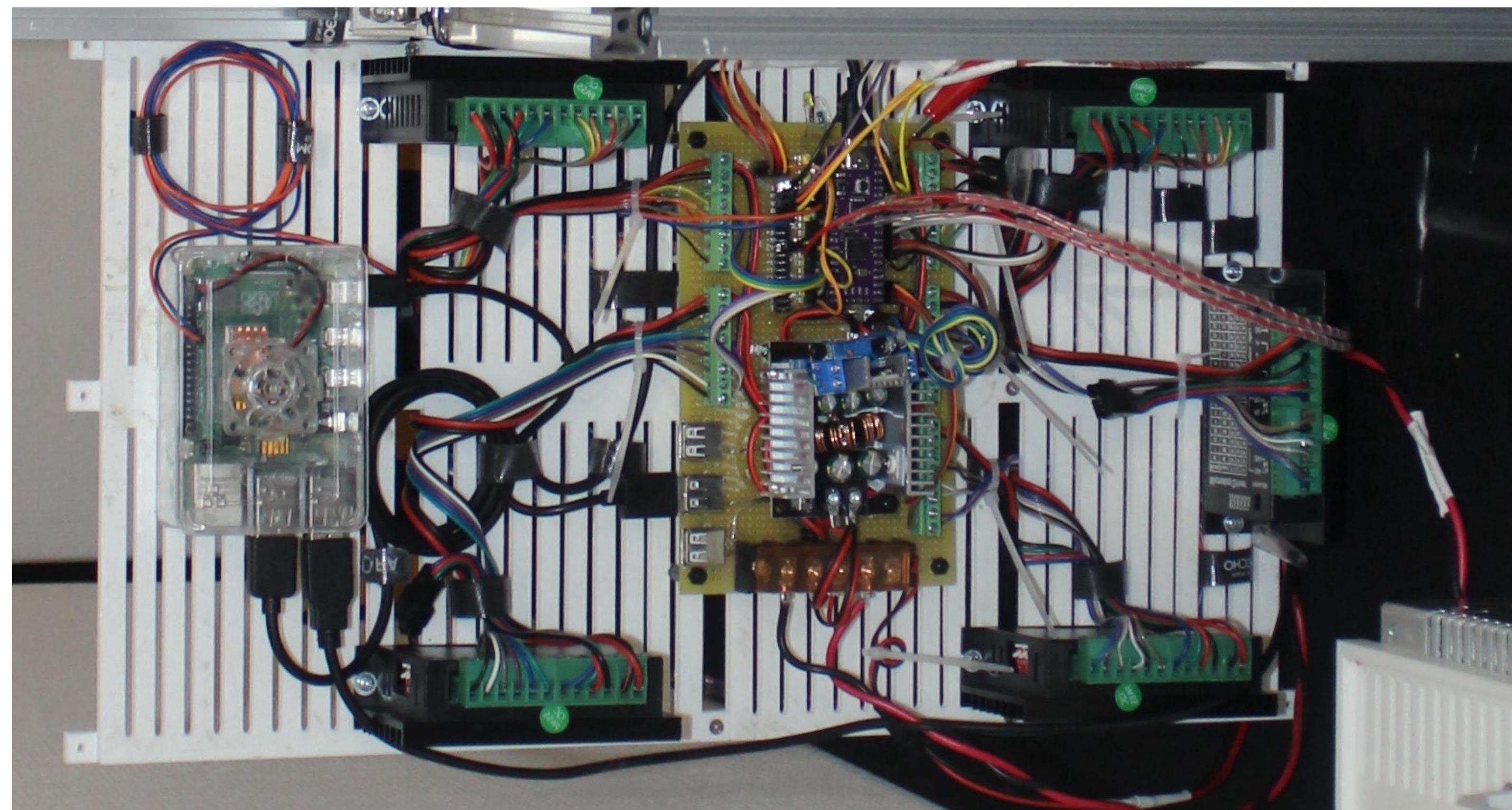
作品のコンセプト:  
もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があつたら...

## 電気システムについて

機械全体は4つのステッピングモータと2つのサーボモータで動作し、それぞれのドライバーとレーザーセンサーをRaspberry Pi Picoで制御しました。

具体的な制御指令は、Raspberry Piからシリアル通信を通じてRaspberry Pi Picoに送信する設計としました。

さらに、各モータやRaspberry Pi、Picoがそれぞれ12V、5V、3.3Vで動作するため、12V入力の制御ボードに5Vおよび3.3V用のレギュレータモジュールを組み込み、安定した電源供給を実現しました。



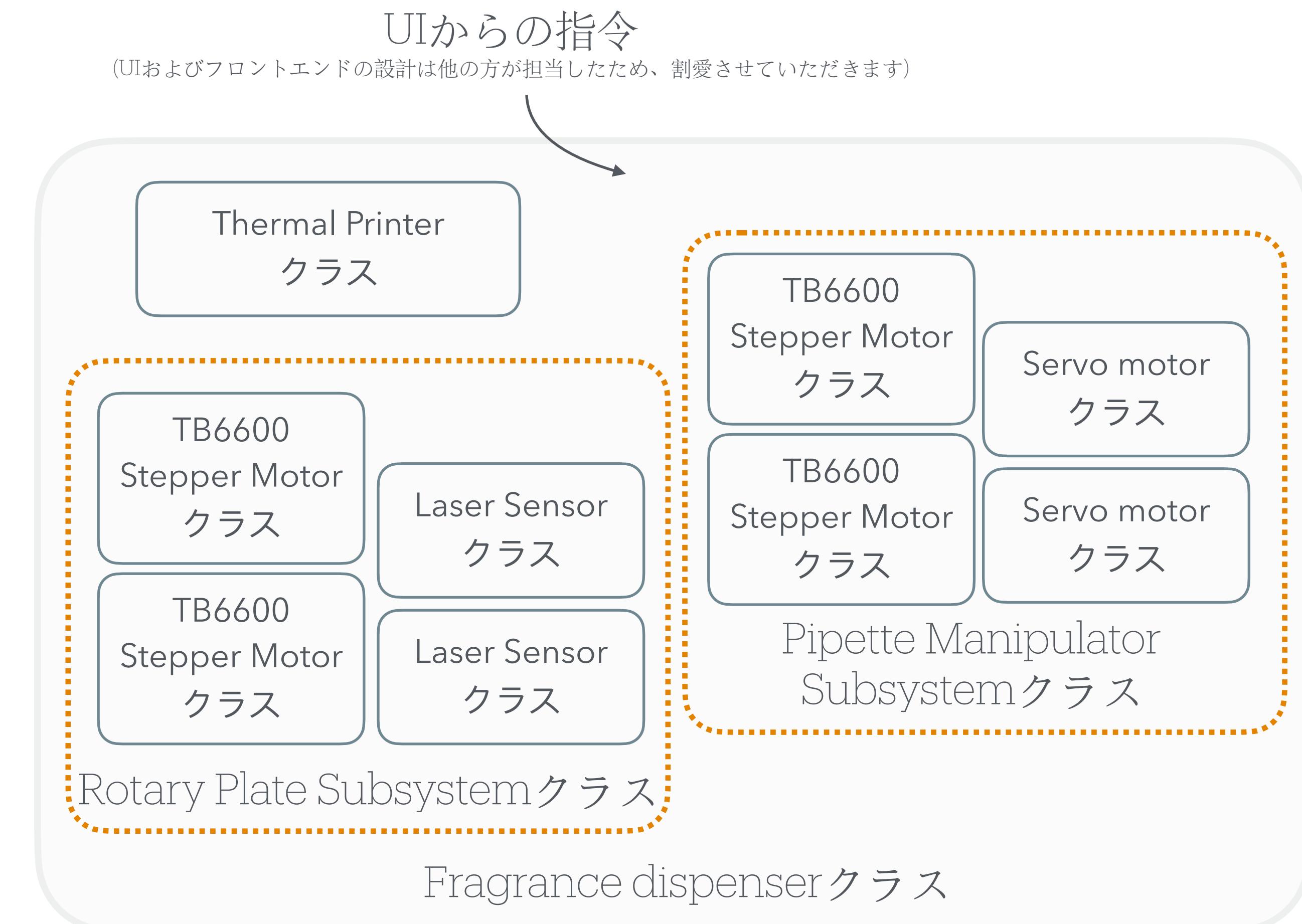
制御ボード

作品のコンセプト:  
もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があつたら...

## 組み込み系ソフトウェアについて

リアルタイム制御の必要がなかつたため、組み込み系ソフトウェアはC++ではなく、記述しやすいMicropythonを用いて開発を進めました。

ソフトウェア作成においては、私は主にオブジェクト指向プログラミングに基づいて全体のシステムを構築しました。今回の開発では、TB6600ドライバやセンサーなどをそれぞれオブジェクトとしてコード上で設計しました。このアプローチにより、現実でロボットを組み立てる感覚でソフトウェア上でもロボットを構築することが可能となり、コードの可読性や拡張性が向上しました。



\*Low Level Control

<https://github.com/AyaShigure/Fragrance-Dispenser-iiiExhibition2024-Main/tree/main/LLC>

## ①東京大学制作展2024作品 - 「心の味わい」

作品のコンセプト:  
もし今の気持ちを匂いで表現し、それをユーザーに届けることができる装置があつたら...

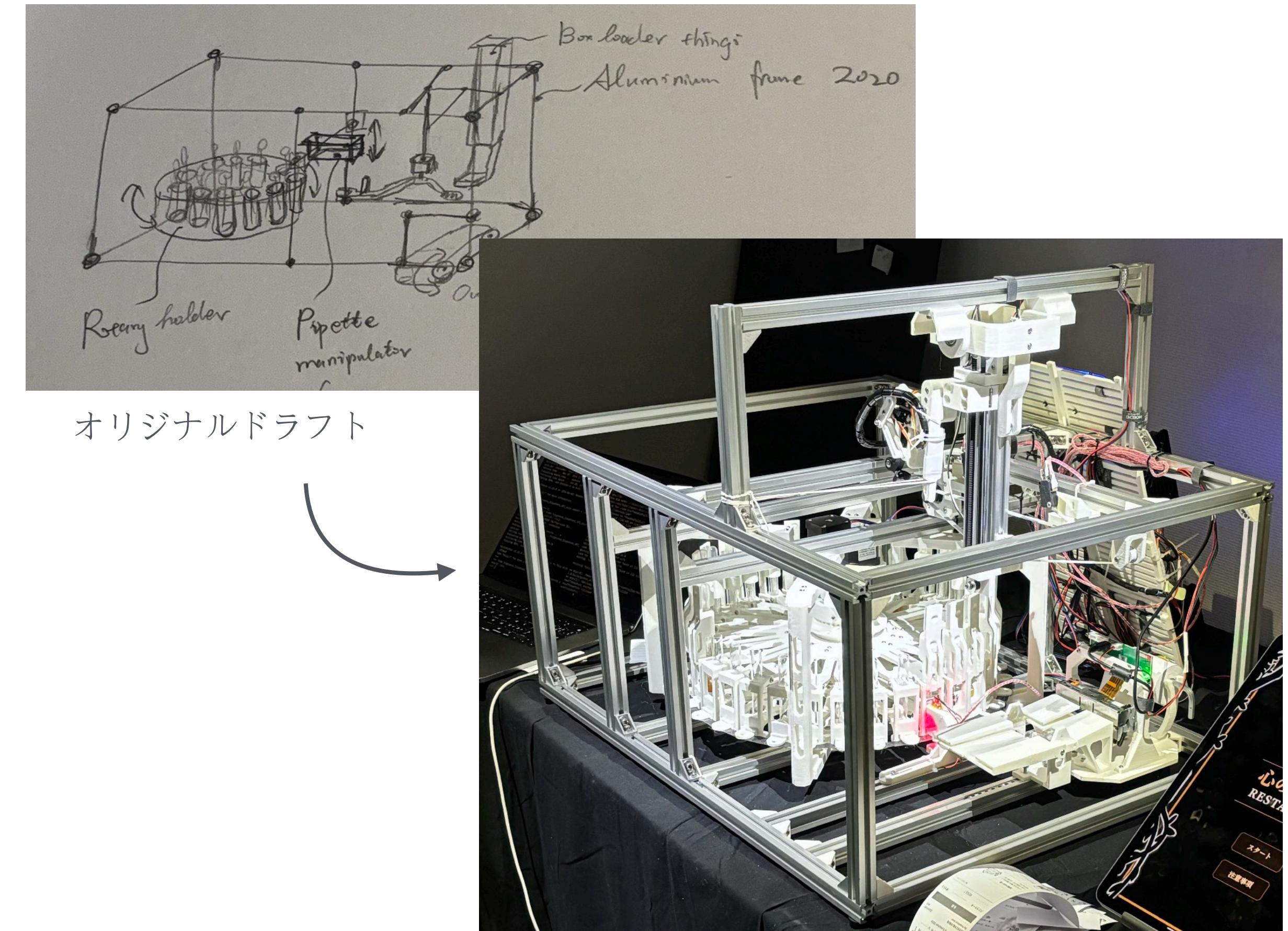
### システムインテグレーション - 「Integration Hell」

各サブシステムを統合した際、予想外の問題が多数発生しました。その中でも特に、スポットを元の位置に戻す際の成功率が極めて低いという課題が顕著でした。

原因として特定したのは以下の3点です:

- 1) レーザーセンサーの位置ずれ
- 2) Rotatory Plateの慣性モーメントが高く、主軸を回るねじれ振動が発生
- 3) Pipette Manipulatorのエンドエフェクターがステッピングモータの動作により振動

これらの課題に対して、レーザーセンサーの位置調整を行うとともに、振動問題にはMCK運動方程式の係数と解の関係に基づいた対策を実施しました。Rotatory Plateについては摩擦を導入して減衰係数を向上させ、ねじれ振動を抑制。一方、Pipette Manipulatorの振動については、エンドエフェクターとフレームの間にゴムバンドを取り付け、バネ係数を向上することで振動を軽減しました。



「心の味わい」

## ②東京大学制作展2024作品 - 「月々輪廻」

---

## ②東京大学制作展2024作品 - 「月々輪廻」

作品のコンセプト:

ユーザーの表情と服の色をもとに占いを行い、12個の月相を円形の偏光板で表現します。

この作品は、偏光板を重ね、その位置と角度を制御することで1つの月相を作成します。

システム全体は、12セットのモータと、それぞれを制御するための回路で構成されており、この構想に基づいて設計を進めました。

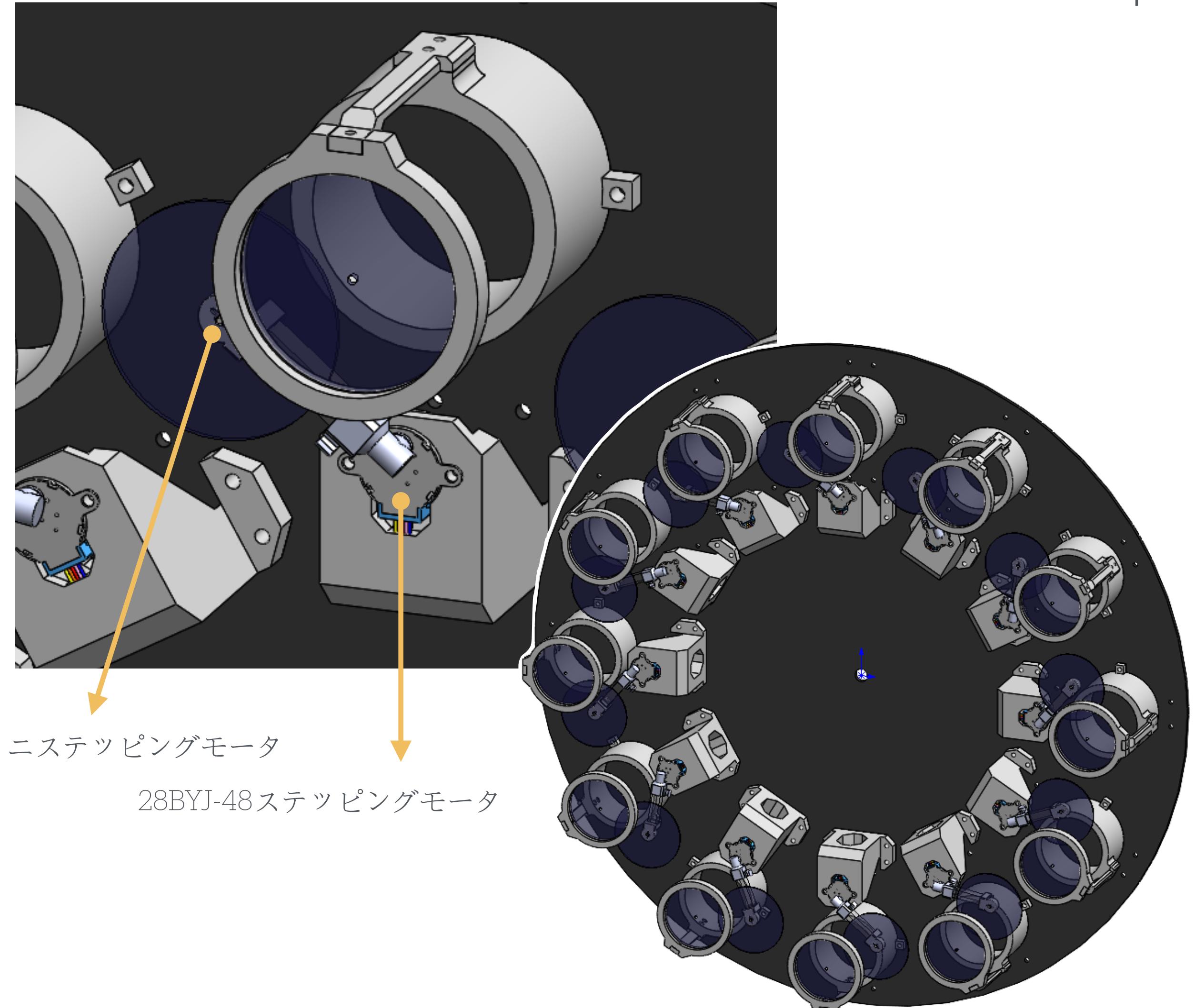
作品のコンセプト:  
ユーザーの表情と服の色をもとに占いを行い、  
12個の月相を円形の偏光板で表現します。

## 機械の設計について

制作展までわずか2週間という非常に短い期間で、  
設計から完成までをやり遂げました。

12個の異なる月相を表現するために、右図に示す  
ような偏光板の位置と回転を制御する機構を設計  
しました。

2つのモータを1セットとし、このセットを12組構  
築しました。



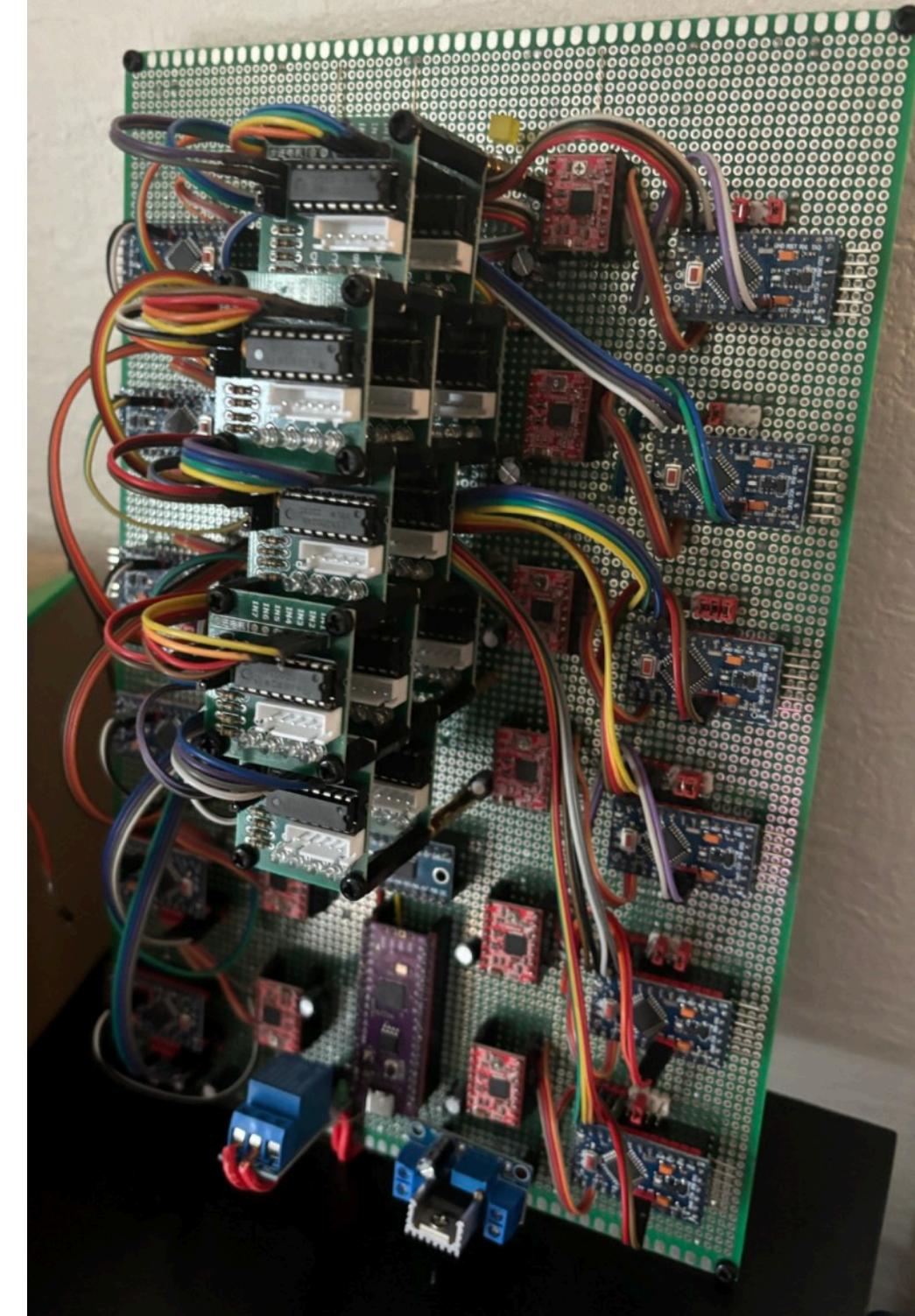
## ②東京大学制作展2024作品 - 「月々輪廻」

作品のコンセプト:  
ユーザーの表情と服の色をもとに占いを行い、  
12個の月相を円形の偏光板で表現します。

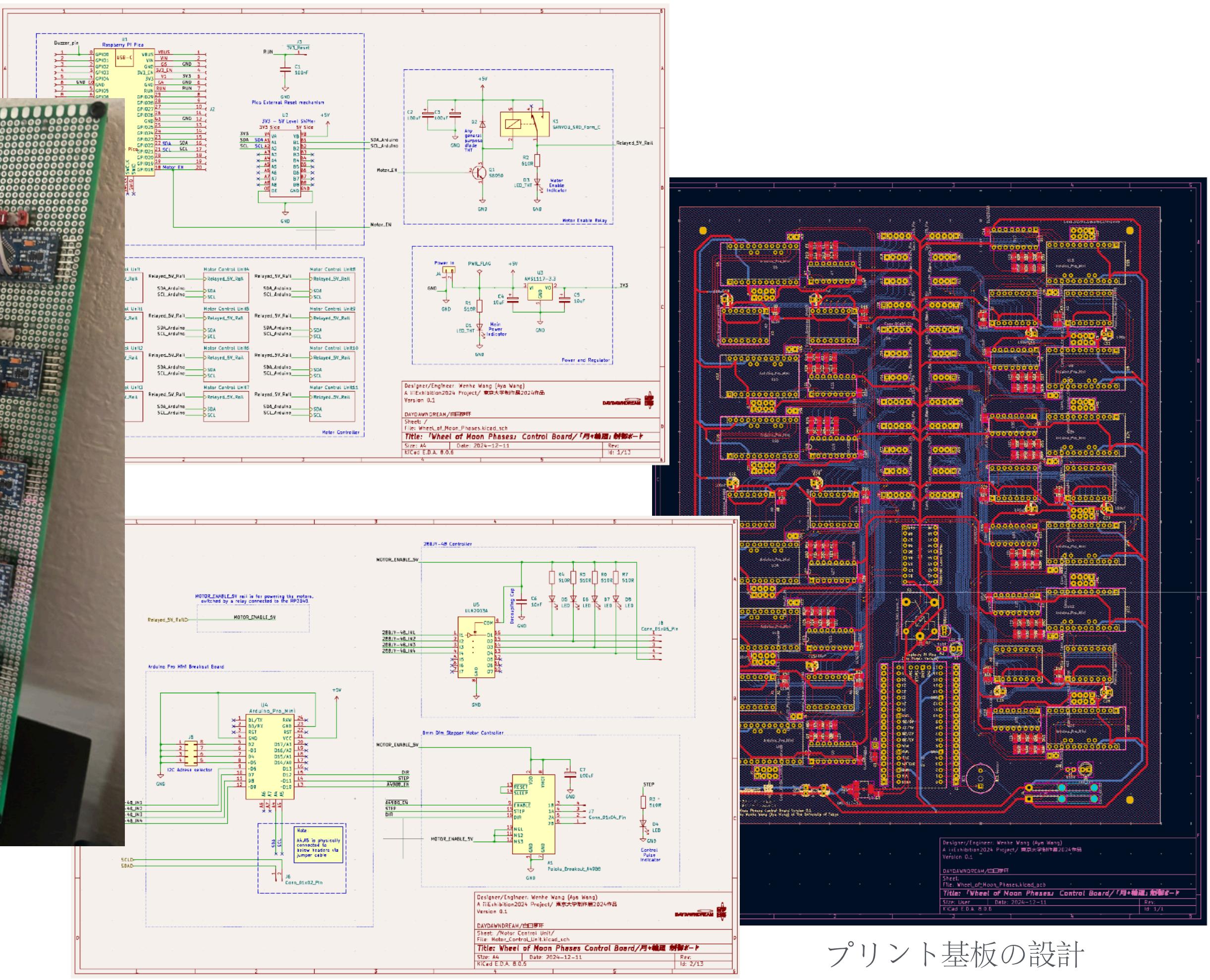
### 回路の設計について

開発時間を短縮するため、PicoとArduinoを併用しました。1つのマイコンですべてのモータを同時に制御することはソフトウェア設計上困難であると予想し、ハードウェア設計を工夫することでその課題を解消しました。

また、今後の大会などの展示を見据え、制作展終了後にプリント基板を改めて設計しました。



制作した回路基板



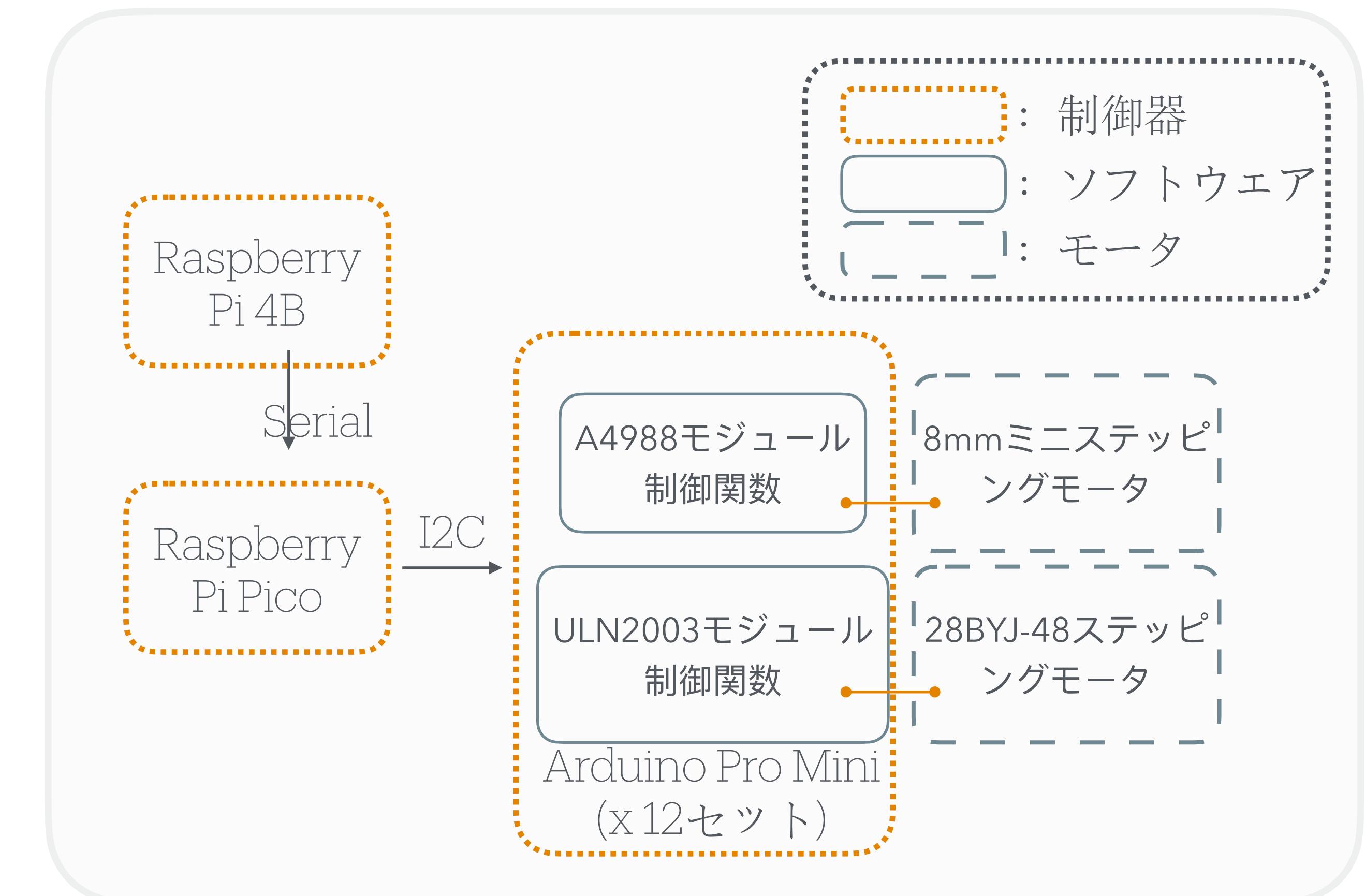
回路基板の回路図

作品のコンセプト:  
ユーザーの表情と服の色をもとに占いを行い、  
12個の月相を円形の偏光板で表現します。

### 組み込み系ソフトウェアについて

画像データを処理した後、24個のモータを回転させる角度データが生成されます。このデータはUSBシリアル通信を通じてRaspberry Pi Picoに送信され、その後、Pi PicoからI2Cを介して12台のArduinoに送信されます。

Arduinoは割り込み機能を利用し、I2Cで受信した制御指令を基にステッピングモータを制御します。



組み込み系システムの構成

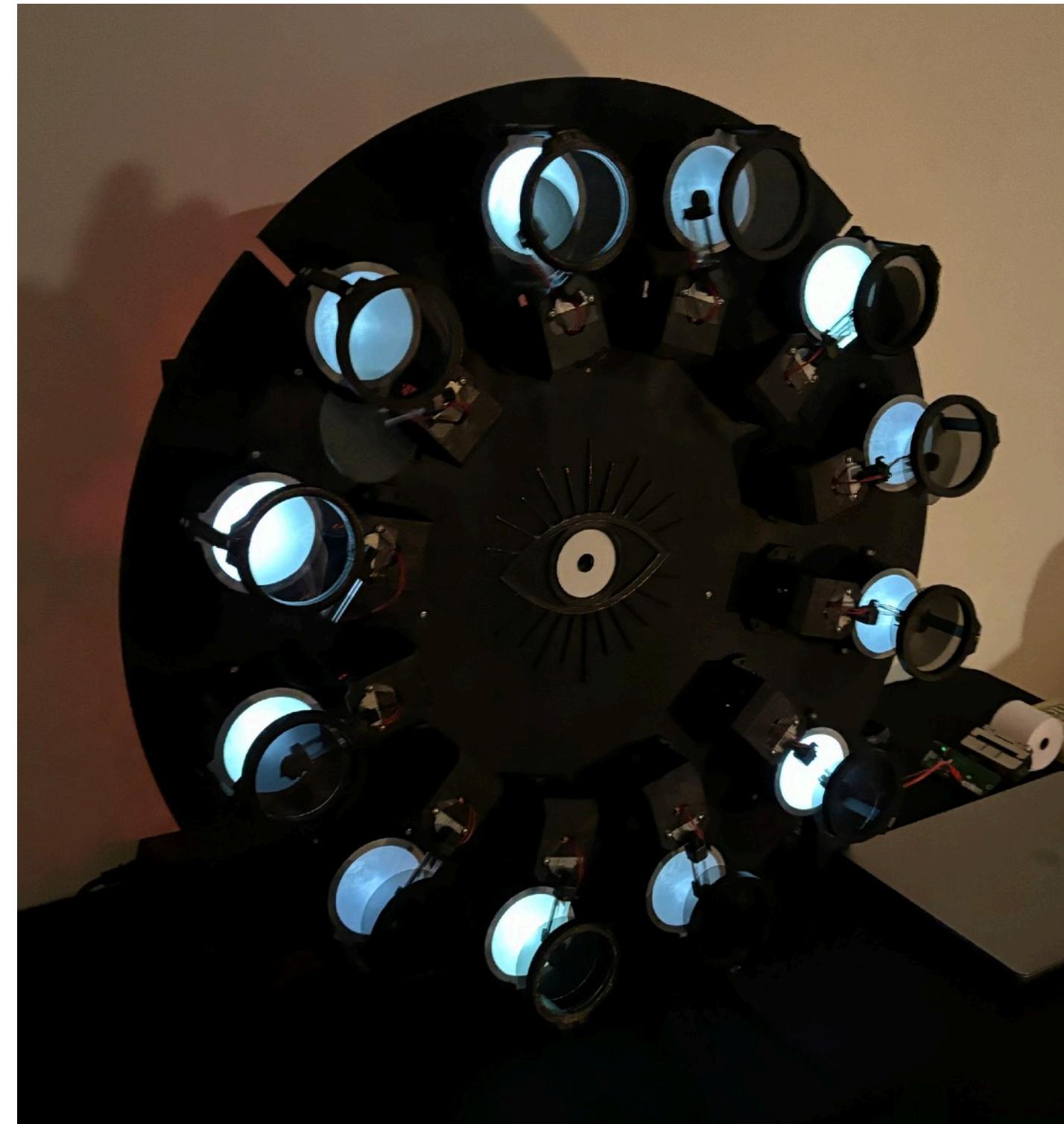
## ②東京大学制作展2024作品 - 「月々輪廻」

作品のコンセプト:  
ユーザーの表情と服の色をもとに占いを行い、  
12個の月相を円形の偏光板で表現します。

### システムインテグレーションについて

この制作では、機械システム自体が  
フィードフォワード的に動作し、互いに  
干渉しない設計となっていたため、大き  
な問題は発生しませんでした。

最も困難だったのは回路の制作です。数百個の端子を正確に接続しなければ動作  
しないため、制作過程でこまめに完成部  
分のテストを行い、問題がないことを確  
認しながら進めました。



東京大学制作展にて(2024年11月7日)

### ③まとめ&展望

---

作品の制作を通じて、機械システム、電気システム、組み込み系システムの設計・制作を存分に楽しむことができました。また、多くのことを学び、この経験を基に、さらに魅力的で面白いシステムを作りたいと考えています。

ここで積み重ねた経験を活かし、今後は職場での開発に挑戦することを楽しみにしています。