

RolBo - 巻ける電光掲示板の開発

鎌田峻輔^{†1} 湯村翼^{†1}

概要：電光掲示板は、視認性に優れた情報掲示機器であり、様々な場面で活用される。壁などに固定して掲示するのが一般的な使い方であるが、気軽に持ち運んで使用することができれば、電光掲示板の活用は広がる。そこで本研究では、巻き取ることができる電光掲示板 RolBo の開発を行う。RolBo は、メジャーの仕組みを参考にして設計した。非使用時には筐体にコンパクトに格納され、必要な時に引き出して使用する。8本のLEDテープを用いてRolBoのプロトタイプ実装を行った。筐体は3Dモデリングソフトで設計し、3Dプリンタで出力した。LEDテープに任意の文字列を表示する制御プログラムをArduino Unoに実装した。RolBoの有用性を検証するために、被験者に使用感をたずねる評価実験を行い、サイズ感や携帯性に関しておおむね良い評価を得た。より小型でバッテリーを持つマイコンを使用すれば、RolBoの携帯性をさらに高めることができるだろう。

1. はじめに

電光掲示板の形状は、駅や空港内で見られる板状の製品が主流である。また、東京証券取引所などで採用されている円筒状の製品が存在する。電光掲示板の利点として、以下の3点が挙げられる。第一に遠隔操作で情報が更新できる点。第二に文字に色や動きを付けられるため注目を集めやすい点。第三に文字が発光するため、暗所であっても視認性が高い点である。欠点として、以下の2点が挙げられる。主に固定して使うため、持ち運びできない点。コンパクトに収納できない点である。

本研究では、既存の電光掲示板の特性を生かし、持ち運びしやすくコンパクトに収納できる機能を持った電光掲示板 RolBo を開発する。RolBo は巻き取って収納することが可能である。そのため、携帯性が備わっている。

3Dプリンタで出力した筐体とLEDテープ、焼き入れリボン鋼を組み合わせてRolBoを製作した。巻取り機構の設計と実装を行った後に、評価実験を行った。

2. 関連研究

RolBo に類似する既存の製品として、株式会社シロ産業のフレキシブルLED電光掲示板 [1]が存在する。この製品は、布素材にLEDを埋め込んでいるため、自由な形に変形させて使用することが可能である。対象に巻きつけることで、その物体をディスプレイ化させることができるCoiLED Display [2]も提案される。また、Fujikakeらの、フレキシブルディスプレイ [3]も提案される。一般的な液晶パネルは、液晶をガラス基板で挟み込む設計がなされている。この研究では、ガラス基板を曲げ耐性をもつプラスチック基板に置き換えることで、フレキシブルディスプレイを実現した。これらの製品および研究では、自動で巻き取る仕組みは搭載していない。RolBoは、巻取り機構を搭載



図1 文字を表示した RolBo

しているため、携帯性に優れている。株式会社シロ産業のフレキシブルLED電光掲示板を使ってRolBoを設計することも可能である。ユーザが自由に行数と列数を選択できるようにするため、RolBoではLEDテープを用いた。

3. RolBo

3.1 概要

RolBoにはコンパクトに収納する手段として、半自動でディスプレイを巻き取ることができる機能を搭載する。この機能の実現には、メジャーの構造を参考にした。そのため、RolBoはメジャーと同じく使用できる。この仕組みを、本稿では「巻取り機構」と呼ぶ。

LEDテープライト(LEDテープ)を用いてディスプレイを実装する。RolBoの構成には、LEDテープと、それを格納する筐体を用いて実装する。図1は文字を表示したRolBoの画像である。ディスプレイに表示する文字は、LEDテープと接続されるマイクロコントローラ(マイコン)が制御する。

RolBoの筐体を、3DモデリングソフトウェアBlenderで設計した。そして、設計した3Dモデルを、3Dプリンタで出力した。RolBoの実装には、マイコン、LEDテープ、焼

^{†1} 北海道情報大学

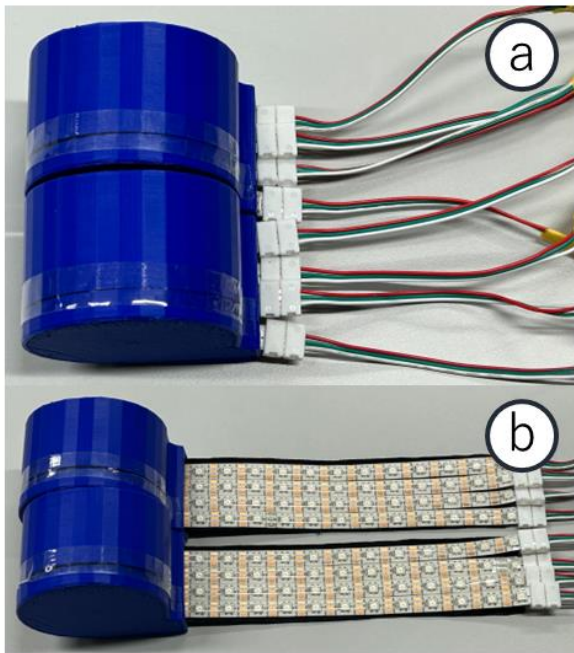


図 2 RolBo の使用イメージ. (a) 収納時の RolBo, (b)は LED テープを引き伸ばした状態の RolBo

き入れリボン鋼, 筐体を使用した.

RolBo を使用する際は, LED テープの先端を引っ張り出し, ストッパーで固定する. 収納する際は, ストッパーを緩めて LED テープを巻き取る. RolBo に表示させる文字は, マイコンのファームウェアに書き込む. LED テープの電源もマイコンが担う.

本研究で制作した RolBo は 1 つにつき, 4 行の LED テープを格納した. 図 2 に RolBo の使用イメージを示す. なお, 2 個の RolBo を組み合わせて使用している. ディスプレイとして機能させるために, RolBo を複数組み合わせる使用. ディスプレイに表示する文字は, LED テープと接続されるマイコンが制御する. LED テープの行数と列数は変更可能である.

3.2 ソフトウェア

LED テープの制御プログラムを, マイコンのファームウェアとして実装した. 制御プログラムでは, 表示させる文字列の形状を, LED に対応する 2 次元配列として保持する. この 2 次元配列の値に応じて, 個々の LED の点灯を制御する. LED テープの行数と列数の変更も, 制御プログラムを書き換えることで対応できる.

3.3 ハードウェア

メジャーの仕組みを参考に RolBo の筐体設計を行った. RolBo の筐体は, 内殻と外殻に分けて設計した. 図 3 の内殻は, 外殻中央にある突起にはまる. 内殻は LED テープを巻きつけ, LED テープを引っ張った際回転する役割を持つ. 外殻は, 内殻を固定し LED テープが筐体から飛び出さないようにする役割を持つ. 設計した筐体の画像を図 3 に示す.

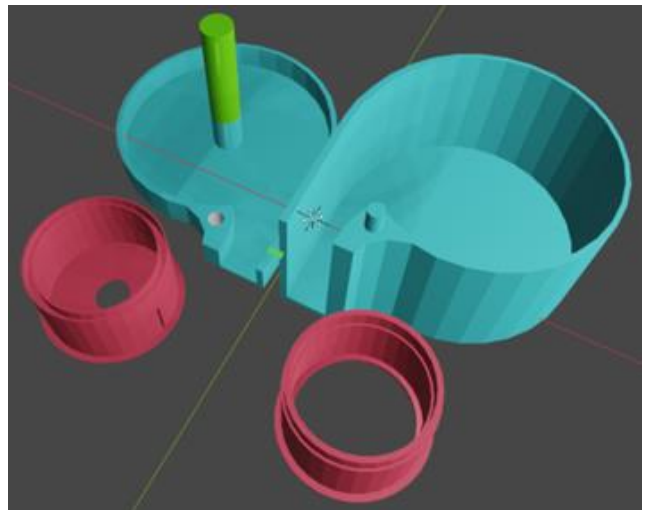


図 3 設計した筐体

この筐体を 3D プリンタで出力する. 出力した筐体に, 焼き入れリボン鋼と LED テープを格納して巻取り機構を実現した. 焼き入れリボン鋼とは, メジャー内殻の内部で使用されている部品である. 鋼帯の一種であり, 強度, 靱性, 弾性に優れている. メジャーに格納されたテープを引っ張ることで, 内殻内部に格納された焼き入れリボン鋼が収縮する. 収縮した焼き入れリボン鋼が元に戻ろうとする力によって, 巻取り機構が実現できる.

今回使用した LED テープは, 前面全体が弾力のある樹脂の膜で覆われている. この膜は, 摩擦係数が大きいため, 内殻に LED テープを巻きつけて収納すると滑らかに取り出すことができなくなる. 布に LED テープを張り付けて, 布ごと筐体に収納することで摩擦係数を小さくすることに成功した. 1 つの RolBo に複数本の LED テープを格納すると, それぞれが散らばるためデジタルサイネージとして使いにくくなる. 布に張り付けて固定することで, LED テープを散らばりにくくできる. この結果, 布を用いる前と比べて, 滑らかに LED テープを取り出すことができた.

4. プロトタイプ

4.1 概要

巻取り機構の実現可否を確認するためにプロトタイプを実装した. マイコンには Arduino Uno R3 を使用し, LED テープはフルカラーシリアル LED WS2812B が搭載されたものを使用した. プロトタイプでは, LED テープコネクタとジャンパワイヤを用い, ブレッドボードを介してマイコンと接続した. 筐体と焼き入れリボン鋼, LED テープを組み立てた画像を図 4 に示す.

4.2 設計

合計 8 回筐体を設計した. 3D プリンタで出力した筐体と焼き入れリボン鋼, LED テープを組み合わせて巻取り機構が実装できているのかを確かめた. 第 1 版から第 8 版で制作した筐体の画像は図 5 に示す.

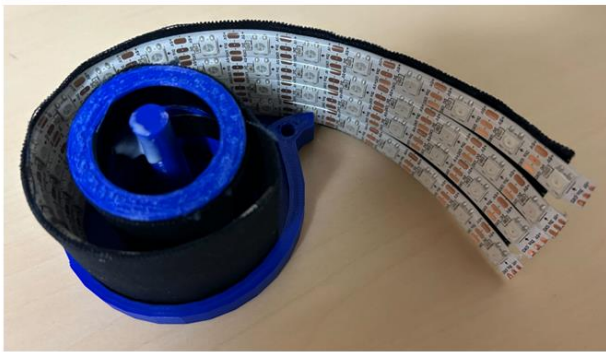


図 4 組み立てた RolBo の内部写真

第1版では、メジャーの内部部品を筐体に組み込む手法をとった。内部部品に LED テープを巻きつけ、筐体に格納した。LED テープの先端を筐体から出した。LED テープを引っ張ってみたが、焼き入れリボン鋼が収縮しなかった。収縮しなかった原因として、焼き入れリボン鋼の端を固定できる構造ではなかったことが挙げられる。焼き入れリボン鋼を固定し、反対側の焼き入れリボン鋼を引っ張ることで弾性変形が実現できる。しかし、焼き入れリボン鋼を固定できる構造を有していなかったため、巻取り機構が実装できなかった。

第2版では、筐体の外側にハンドルを取り付け、手で LED テープを巻き取る手法をとった。ハンドルの耐久性に難があり、巻取り機構を動作させる実験を数回行った結果、根元からハンドルが折れた。ハンドルを数倍大きくすることで耐久性は担保されると考えた。しかし、コンパクトに収納できるというコンセプトから反するため、筐体設計の変更を決断した。第1版と第2版の設計を経て、次の問題点が判明した。LED テープを引き出す際、直方体状の筐体に開けた穴に引っかかり滑らかに取り出せなかった。筐体内部の壁を曲面状にし、LED テープを壁に沿うように格納することで滑らかに取り出せるようになると考えた。

第3, 4版の設計では、焼き入れリボン鋼の端を固定できる構造にした。LED テープを格納する空間が足りなかったため、第5版以降の設計ではこの点を改善できる設計が必要だとわかった。焼き入れリボン鋼を収縮できると思われる構造にしたが、うまく収縮できなかった。

第5, 6版の設計では、第3, 4版の設計に加えてアルキメデスの螺旋構造を採用した。LED テープを収納する空間を拡張するためである。しかし、巻取り機構の実現には至らなかった。第1版から第6版と設計を繰り返してきたが、いずれも構想している巻取り機構の実現には至らなかった。制作した筐体の問題点を見つけ、その問題点を解決する方法で設計を行った。しかし、この手法だと巻取り機構の実現が困難であることが判明した。そのため、改めてメジャーの内部構造を分析した。その結果、筐体単体で巻取り機構を実現することは困難であると結論付けた。

アルキメデスの螺旋構造では、LED テープを滑らかに引き出すことはできなかった。アルキメデスの螺旋構造を用いた筐体では、螺旋状の壁に沿って焼き入れリボン鋼と LED テープが格納される。LED テープの先端を引っ張った際に、LED テープから螺旋状の壁に対して垂直方向の力が加わる。それが大きな摩擦力を発生させ、滑らかに引き出すことを妨げた。

メジャーに搭載されている巻取り機構は、内殻と外殻に筐体を分けることで実現されている。内殻に巻きつけて接続させたテープを引っ張ることで内殻が回転する。回転することで、内殻内部に格納されている焼き入れリボン鋼が収縮する。テープを離すと、焼き入れリボン鋼が弾性変形によって元の形に戻ろうとする。この力によって、テープの巻取りが行われている。

第7, 8版の設計では、筐体を内殻と外殻に分ける手法をとった。2.3 節に記載した筐体は第8版の設計である。外殻に内殻を固定する突起をつけた。この突起は焼き入れリボン鋼を固定する役割も担っている。内殻に LED テープを巻きつけて組み立てたところ、おおむね巻取り機構を実装することができた。

4.3 課題

本研究で制作した筐体では、基本となる巻取り機構が実装できた。4点の課題が判明した。そのうち、以下に示す最初の2点は、重要度の高い課題である。

1つ目は、過度に LED テープを引っ張り、必要以上に内殻を回転させると LED テープを再び巻き取ることができなくなる点である。巻取り機構を駆動させると、焼き入れリボン鋼が収縮する。収縮した焼き入れリボン鋼が内殻から飛び出さないように、内殻の側壁にくぼみをつけている。今回制作した筐体では、このくぼみが浅いため、収縮するにくぼみから外れてしまう。そのため、LED テープの巻取り時に引っかかることがある。

2つ目は、LED テープを収納している際、内殻が偏ってしまう点である。直線状に真っすぐ伸びている状態が焼き入れリボン鋼の標準形状である。この形状のまま、筐体に組み込んで巻取り機構を実装した。そのため、LED テープが収納されているかどうかにかかわらず、常時元に戻ろうとする力が内殻の外側に向けて働いている。この作用によって内殻が偏っている。内殻を回転させている間は偏りが多少収まる。焼き入れリボン鋼が収縮し、元に戻ろうとする力が押しえつけられているからである。偏りがあるため LED テープを引っ張った際、きしむような音が発生する。また、巻取り機構が滑らかに動かない原因の一つだと考えられる。

3つ目は、巻取り機構の駆動に時間差が生じてしまう点である。巻取り機構は内殻を回転させることで、内殻に格納した焼き入れリボン鋼を収縮させて動かしている。今回制作した筐体では、LED テープを格納する空間が余分に広

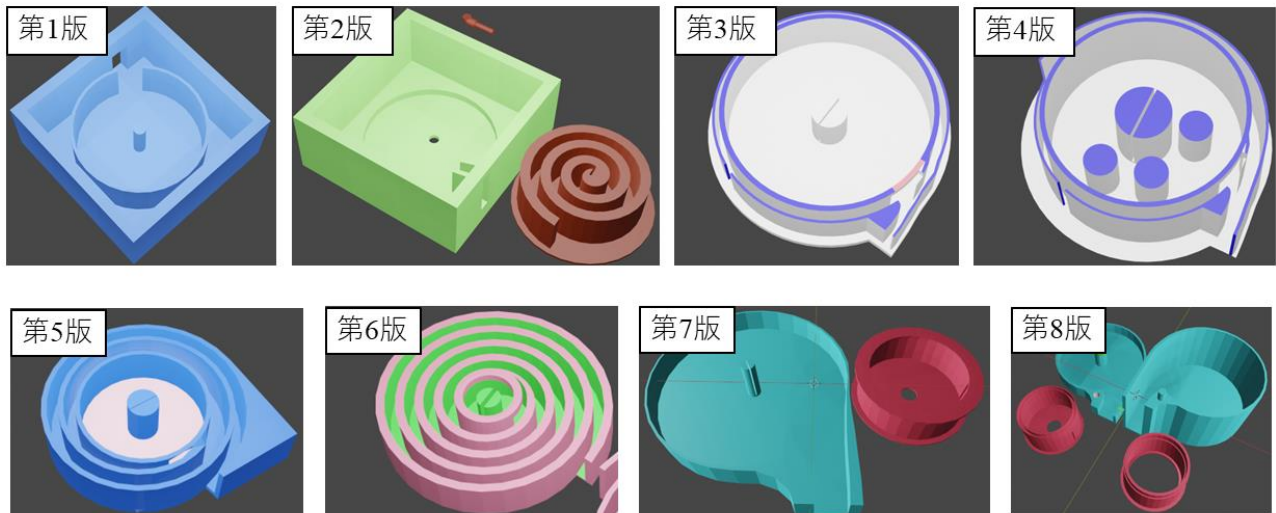


図 5 第 1 版から第 8 版で設計した筐体

い、LED テープを収納すると、空間いっぱいに広がる。LED テープを引っ張ると、広がってしまった分の LED テープが出るためこの問題が発生した。

4 つ目は、筐体にストッパーを内蔵させることができなかった点である。構想段階では、筐体にストッパーを搭載させる予定であった。したがって、ストッパー無しで評価実験を行った。

1 つ目の修正案は、内殻につけたくぼみを深くすることが挙げられる。深くすることで、焼き入れリボン鋼が外れにくくなると思われる。2 つ目の修正案は、焼き入れリボン鋼を円形に変形させてから内殻に格納することである。円形に変形させることで、LED テープが収納されている状態であっても、筐体が偏ることがなくなると推測される。3 つ目の課題は、外殻となる筐体のサイズを縮小させることで解決できる。縮小させることで、内殻と外殻の間にある無駄な空間が小さくなるため、LED テープが常時きつく巻かれる。LED テープを取り出すと同時に、巻取り機構が駆動することが推測される。以上の課題が残されるものの、RolBo のもっとも重要な機能である巻取り機構の実装はほぼ達成された。

5. 評価実験

5.1 概要

北海道情報大学の学部生、教職員計 24 名を対象に RolBo の評価実験を行った。実験手順は以下のとおりである。

1. RolBo の LED テープに文字を流し、被験者に観察してもらおう。
2. RolBo に搭載した LED テープを引っ張ってもらい、巻取り機構を体験してもらおう

評価実験を行った際の RolBo の画像を図 1 に示す。評価実験では RolBo を 2 つ組み合わせた。この際の LED テープ

の大きさは、横幅 26cm、縦幅 9cm である。

アンケートは、Google フォームを利用した。回答者数は 24 名であった。アンケートの項目は、選択式と自由記述の 2 種類を採用した。アンケートの項目を表 1 に示す。選択式の質問の回答結果を図 6 に示す。選択式の質問はすべて必須回答とした。使いやすいかなど、5 段階リッカート尺度を用いて評価を行った。自由記述はすべて任意回答とした。今回の評価実験では、RolBo の有用性について検証するものである。

5.2 文字の見やすさ

Q1 「RolBo に表示されている文字は見やすいと感じましたか。」(1.見づらい ~ 5.見やすい)の 5 段階評価の回答は、平均値 3.375(標準偏差 0.77)だった。3, 4 に回答が集中していることから、見やすくも見づらくもないという中間的な評価を得ることができた。しかし、自由記述の回答では、以下のようなネガティブなコメントがみられた。

- 「動いているため見にくい気がする」
- 「(2 つの RolBo の) 間に隙間があるから文字が見づらいと感じた。」
- 「「H」「I」のように、形の似た文字が並んでいる時は若干見づらいと感じた。文字同士の間隔がもう少し広ければより読みやすくなると思う。」
- 「ドットが荒いので読めなくはないがもう少し距離を置きたいと思った」

自由記述は全 16 件の回答が得られたが、明らかにポジティブな評価をしているコメントは存在していなかった。このような結果となった原因は、2 点考えられる。1 つ目は、文字が逆方向に表示された点である。HIU と表示する予定であったが、プログラムの問題で UIH と逆順表示された。2 つ目に、表示した文字が I の場合 1 列 6 行で、U の場合 4 列 6 行とサイズをそろえずに描画させたことである。また、

表 1 被験者へのアンケートの質問項目

番号	質問	選択肢
Q1	RolBo に表示されている文字は見やすいと感じましたか.	1. 見づらい ~ 5. 見やすい
Q2	【任意回答】その理由について、ご意見をお聞かせください.	自由記述
Q3	LED テープはスムーズに取り出すことができましたか.	1. スムーズに取り出せなかった ~ 5. スムーズに取り出せた
Q4	【任意回答】その理由について、ご意見をお聞かせください.	自由記述
Q5	今回制作した RolBo のコンセプトモデルは卓上での使用を想定しています. 使用してみて、使いやすいサイズだと感じましたか.	1. 使いにくい ~ 5. 使いやすい
Q6	【任意回答】その理由について、ご意見をお聞かせください.	自由記述
Q7	【任意回答】RolBo のユースケースとして、卓上・イーゼルでの使用を想定しています. LED テープの柔軟性を活かし、丸い構造物に巻きつけて使うことも可能です. その上で、他にユースケースとなりそうな例があれば、ご意見をお聞かせください.	自由記述
Q8	【任意回答】その例では、どの程度のサイズ感が適切だと感じるか、ご意見をお聞かせください. (記述例) 立て看板に貼り付けて使用: A4 サイズ	自由記述
Q9	【任意回答】現在 Arduino を介してコンパイルを行うことで、文字の更新が反映されます. 今後、スマートフォンのアプリなどを介して、文字の更新ができる機能を検討しています. この他に、どのように文字が更新できるとつかいやすく感じますか.	自由記述
Q10	RolBo が商品化されたら使ってみたくと思いますか.	1. 使用したくない ~ 5. 使ってみたく
Q11	【任意回答】どのような点が使ってみたく感じましたか.	自由記述
Q12	【任意回答】どのような点が使ってみたくないと感じましたか.	自由記述
Q13	【任意回答】RolBo に関するご意見・ご提案などありましたら、ご自由にお聞かせください.	自由記述

I を 1 や 1 と見分けがつかない状態が表示させた. 以上の点が、ネガティブなコメントにつながったと思われる.

5.3 LED テープはスムーズに取り出せたか

Q3 「LED テープはスムーズに取り出すことができましたか。」(1.スムーズに取り出せなかった ~ 5.スムーズに取り出せた) の 5 段階評価の回答は、平均値 3.54 (標準偏差 1.14) だった. 全体的に評価が散らばっていた. 自由回答の記述欄より、次のようなポジティブなコメントがみられた.

- 「特にストレスになるような引っ掛かる感じが無かったです。」

一方で、ネガティブなコメントも見られた.

- 「戻す時にスムーズではなかった」
- 「途中詰まったりした」

以上より、今回制作した巻取り機構では安定性に欠けていることがわかった. 3.3 課題で述べた改善を行う必要がある.

5.4 使いやすいサイズであったか

Q5 「今回制作した RolBo のコンセプトモデルは卓上で

の使用を想定しています. 使用してみて、使いやすいサイズだと感じましたか。」(1.使いにくい ~ 5.使いやすい) の 5 段階評価の回答は、平均値 4.04 (標準偏差 0.81) だった. 平均値と同じく、次のようなポジティブなコメントが多くみられた.

- 「そこまで邪魔にならないと思った。」
 - 「程よい大きさだったから」
 - 「ある程度持ち運びが可能なサイズと考えたから」
- 一方で、「サイズは問題無いが、漢字を表示しようとすると大型化してしまうと思った」というコメントがみられた.

5.5 使ってみたく思うか

Q10 「RolBo が商品化されたら使ってみたくと思いますか。」(1. 使用したくない ~ 5. 使ってみたく) の 5 段階評価の回答は、平均値 3.79 (標準偏差 0.78 であった). 全体の傾向として、やや使ってみたくに落ち着く形となった. 自由記述の回答欄より、次のようなポジティブなコメントがみられた.

- 「持ち運びや設置が自由にできるため」
- 「自由に形状を変えられそうだから」

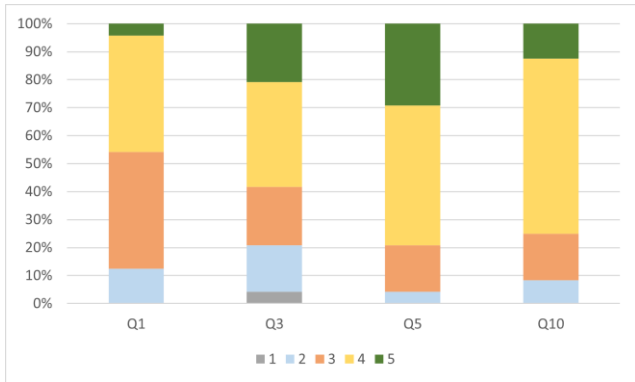


図 6 アンケートの選択式設問の回答結果

- 「持ち運びが容易な電光掲示板で、注意を引くのに便利だと思った。」

これらのコメントから、携帯性という RolBo のコンセプトが伝わったことがうかがえる。一方で、次のようなコメントも見られた。

- 「まくのをもう少しスムーズになれば更にいいなと感じます」
- 「日常的に使う場面が今のところ思い当たらないため、何か商用的な使い方が思いつけばとても良い物だと思う。」
- 「使用する場面がまだ具体的に想像できなかった。」

以上より、具体的なユースケースを想起させられなかったことがわかった。

6. おわりに

今回の実証実験では、Arduino Uno と LED テープを使用した。Arduino Uno にはバッテリーが内蔵されていない。そのため、使用する際は電源と常に接続する必要がある。バッテリーが内蔵されているマイコンを使用することで、電源と接続しなくとも使えるようになるため、利便性が向上する。LED テープコネクタとジャンパワイヤを使い、ブレッドボードを介して Arduino Uno と接続した。しかし、ジャンパワイヤが外れやすく、ジャンパワイヤの接続不良によって文字が表示されなくなる場面が多々見られた。そこで、ユニバーサル基盤を利用することで、ジャンパワイヤを固定することができる。現在の RolBo では、収納されている LED を引っ張り、マイコンと接続する必要がある。筐体の内部にマイコンを内蔵し LED テープと接続することで、この手間を省略することができる。したがって、さらなる利便性の向上が期待できる。

ターゲット層は、野外イベントなどの出店者を想定している。電飾スタンド看板は、広告デザインが描かれた電飾フィルムに光を当てて発光させるため、動きのある表現はできない。そこで、RolBo を電飾スタンド看板と合わせて使うことで、動きのある表現を部分的に導入することが可能となる。

電光掲示板は、解像度が低いため、表示できる情報が限られる。フレキシブルディスプレイ [3]を用いれば、より多くの情報を掲示できる巻き取り式のディスプレイをつくることができるだろう。

7. 参考文献

- [1] 株式会社シロ産業, “フレキシブル LED 電光掲示板 /M2539FB-2R/測定/包装/物流/専門,” [オンライン]. Available: <https://shop.webshiro.com/item/M2539FB-2R/>.
- [2] 鈴永紗也, 藤田和之, 白井僚, 伊藤雄一, “CoiLED Display: 対象に巻きつけ可能なストライプ状フレキシブルディスプレイ”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.26, No.4, pp.230-240, 2021.
- [3] Hideo Fujikake, Hiroto Sato, Takashi Murashige, “Polymer-stabilized ferroelectric liquid crystal for flexible displays,” Advanced Ferroelectric Liquid-Crystal, Volume 25, Issue 1, Pages 3-8, 4 May 2004..