自然現象のプロダクトデザインへの応用について アンビエントライトの制作

ABOUT THE APPLICATION OF THE PRODUCT DESIGN USING A NATURAL PHENOMENON
CREATION OF THE AMBIENT LIGHT

那須涼介
Ryosuke NASU
主査　佐藤康三 教授　　副査　田中豊 教授

法政大学大学院デザイン工学研究科システムデザイン専攻修士課程

In an artifact designing, the new value has been created with surveying a rule and mechanism from a number of shape and phenomenon seen in our nature. The water, for instance, a number of people created their works expressing its beauty. Especially, the ripples reflect a shine is one of the most beautiful phenomenon and many works expressing that were made so far. This research aims to control and express the same phenomenon in a room as a limited space technically by applying the beauty of shine made by water ripples in an artifact designing, and make up the ambient light expressing that phenomenon.

Key Words *: Ambient light,Natural Phenomenon,Light Pattern*

１．緒論

（１）研究背景

人はかつてから、自然が持つ美に魅了されてきた。空、海、山、川、森、植物、生物など、この地球上にはありとあらゆる自然が存在し、それらが時間や環境と共に刻々と変化している。人はそれらの自然と共生していく中で、多くの恩恵を受けるだけでなく、自然の神秘について深く感動し、魅了され、研究してきた。人工物設計においても、人は自然界に見られる数々の造形や現象から法則性やメカニズムを研究することや、自然界の美しさを表現することにより、新たな価値を生み出している[1)]。

自然界における現象の中で、“水”を例にとっても、数多くの人が水の美しさを表現した作品を創造している。水は、風などの自然界からの外的要因を受け、様々な表情を見せる。揺らぎや波紋、さざ波など、様々な側面を見せるため、人は水に魅了されてきた。中でも、水の揺らぎにより光が反射した紋様は特に美しく、その様子を表現した作品が多数ある。例えば、レアンドロ・エルリッヒの作品であるスイミング・プールでは、ガラスに 10 センチほどの水が張られているプールの中に入ることが出来、あたかも深く水で満たされているような感覚を味わうことが出来る。また、波立つプールは光の紋様を豊かに表現する。

（２）研究目的

本研究では、光による水面反射の現象を応用し、人工物設計に用いることで、自然界で起こる現象の美しさを表現することを目的としている。設計対象は室内で使用するアンビエントライトとする。さらに、人との対応関係によって光の紋様が変化し、恣意的に光の紋様の変化を創ることが出来るアンビエントライトを設計・制作することを目的とする。

２．制作概要

（１）制作コンセプト

本研究では、人との対応関係によりリアルタイムで変化するものを制作することをコンセプトとする。図 1 のように人と機器との距離が近くなれば波紋が大きくなり、逆に遠くなると、波紋が小さくなるように制御する。

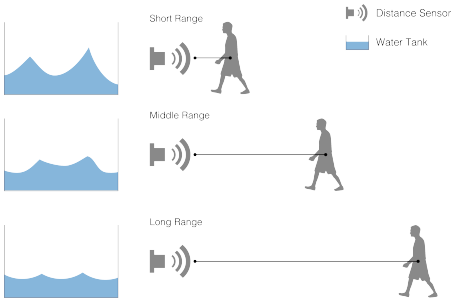


図１　制作コンセプト

（２）制作目標

1. 自然界で見るような水の波紋による光の紋様(図 2)を表現するアンビエントの制作。
2. 距離センサを用い、人と機器の間でインタラクティブに光の紋様が変化する。

図２ 目標とする自然界で起きる光の紋様

（３）制作指針

審美性

1. 円を基調とした構成主義造形とし、作品本体から操作パネル、LED まで統一感のある外観意匠とする。

使用性

1. 接触センサによるスイッチ３つで全ての操作を行えるものとする。
2. 光の波紋照度変化は、本体上部取り外し式 LED 光源の個数によるものとする。
3. 人と本体との距離の違いを距離センサにより計測し、創出する光の波紋形状を自動的に変化させるものとする。

機能性

1. 寸法
   W500×H500×D500(mm)以内を目標とし、設計する。
2. 重量
   本体：5kg 以内を目標とし、設計する。
   本体使用時(水含む)：15kg 以内を目標とし、設計する。
3. 照度
   天井高 2400mm、灯部 LED 位置 1300mm の場合、天井面の照度を 501x 以上とする。
4. 電源
   DC9V 供給とする。
5. 駆動部
   駆動部は､振動モーターまたは DC モーターを用いる。

持続性

1. メンテナンス面を考慮して、分解設計に配慮したものにする。

３． 基礎実験

直径 50mm のアクリルパイプを用意し、その中に水を入れる(図 3)。下から三発の高輝度青色 LED を点灯させ、光の紋様を調べる。

実験の結果、天井にはスポットで照らされた光が出来、水の表面を揺らしてみても、模様はほとんど出来なかった。この結果から、アクリルパイプの径が小さかったこと、照明部は上部から点灯させた方が良いことが導かれた。また、水量（水の高さ）は光の紋様には影響をしないことも導かれた。この結果より、後述の製作を行う際に用いる水槽は直径 500mm のアクリル水槽とする。

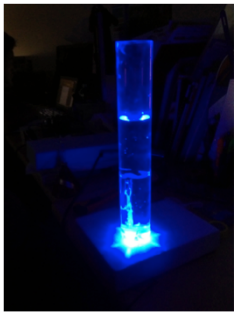


図３ 基礎実験用の実験装置

４． 波動創出装置の制作

自然界において、水面が揺らぎ綺麗な光の紋様が出来る環境は、主要な外的要因として風が挙げられる。この風が生み出す水面の揺らぎを実現するために、波動創出装置の制作を行う。波動創出装置の制作には、振動・押し出し・回転の３つの方法を用いて検証実験を行う。

（１）振動モーターを用いた波動創出装置

水の波動創出を行うために、振動モーターを用いて水槽下部から振動を加えることで、水の表面が揺らぐようにする。そこで、振動モーター（図 4）を８つ基板に半田付けしたものを水槽下部に取り付け、光の紋様を調べる。尚、この実験で用いた照明部は後述の実験用照明である。

実験の結果、光の紋様はほとんど出来ず、水の表面は細かい波の振動が出来ているだけであった。さらに、振動モーターによる音が気になった。この結果より、水の表面を揺らぐためには直接的な影響を与えるものである必要がある。加えて、音が気にならないものである必要があることが導かれた。

図４ 円筒形振動モーター　LA3R5-480DE

（２）クランク機構を用いた波動創出装置

水に直接影響を与える波動創出装置として、クランク機構を用いたものを制作する(図 5)。これは、水槽下部からモーターを回転させ、ユニバーサルギヤボックスにより回転方向が変換された後、この回転運動をクランク機

構により左右の運動に変換する。この左右の運動により板が動き、水が押し出される仕組みである。

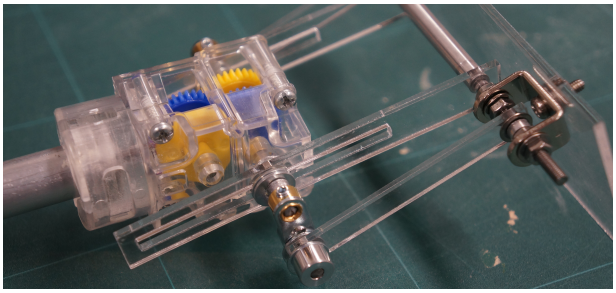


図５ クランク機構を用いた波動創出装置

この波動創出装置は、DC モーター（RE-280RA-2865）とユニバーサルギヤボックス（TAMIYA 70103 UNIVERSAL GEARBOX）とクランクアーム(TAMIYA AO-7003 クランクアーム)を用いて制作する(図 6)。

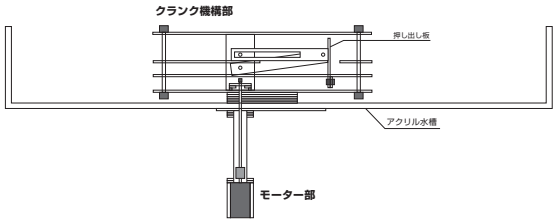


図６ クランク機構正面概念図

この装置で実験を行った結果、光の紋様は映し出された（図 7）。しかし、この波動創出装置はモーターを水槽下部に置くため、回転軸が水槽を突き抜けている。その結果、軸の穴から多少の水漏れが起こった。またギヤを数枚噛ませているため、大きなトルクが必要になり、モーターの回転音も大きくなってしまうという問題点もある。

図７ 光の紋様表現実験風景

（３）回転機構を用いた波動創出装置

回転機構を用いて、水の波動創出を行う装置を制作する。Arduino を用いて、DC モーターの回転数をモータードライバにより制御を行う。モータードライバの使用に伴い、外部電源 9V を用意し、駆動させる(図 8, 9)。これにより、プログラムを随時変更するだけで、適切なモーターの回転を行う。

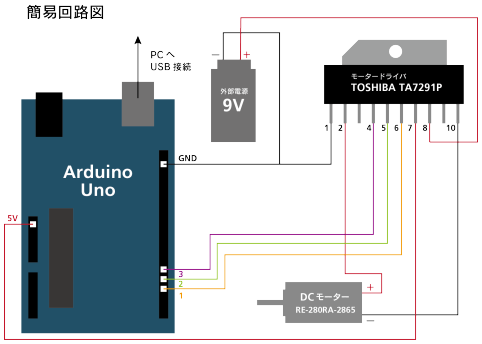


図８ モーター回路概念図

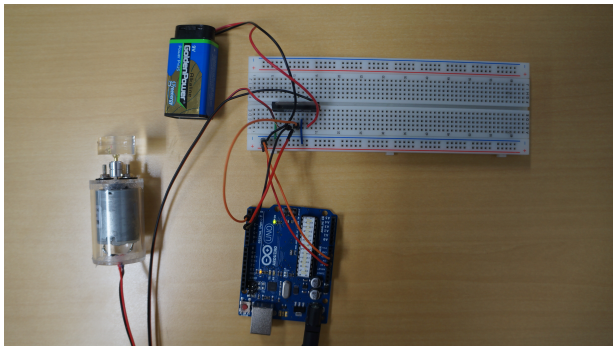


図９ 回転機構用プロトタイプ

a）回転部の検討

回転部材(図 10)を４つ用意して光の紋様の観察を行った結果、回転部材によって多少の光の紋様の差が見られた(図 11)。用意した回転部材では、波が細かくなる傾向があったため回転部材の制作を行う。

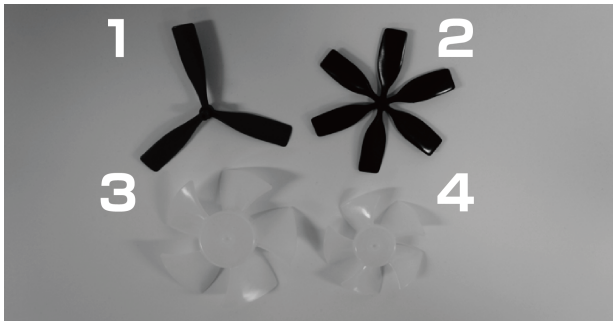


図１０ 検討を行った回転部

図１１ 映し出された光の文様

b）回転部の制作

回転部材の制作を行うため、水に強い樹脂粘度を用いて 12 個の検証用モックを制作する(図 12)。

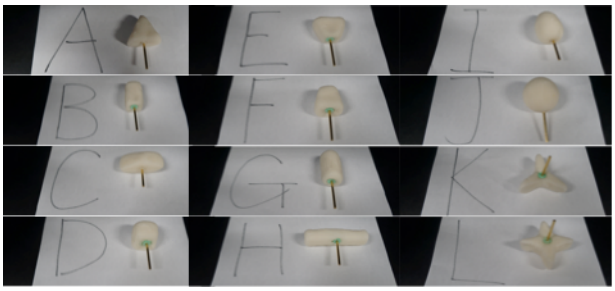


図１２　樹脂粘度により制作した回転部

これらを付け替え光の紋様を調べていったところ、C・E・H・K の４個が比較的、はっきりと光の紋様が観測された。C の形状を少し変更したものを追加した５つをアクリル(図 13)により成形し、光の紋様を記録して被験者に選ばせ、波紋の方向性決定を行う。

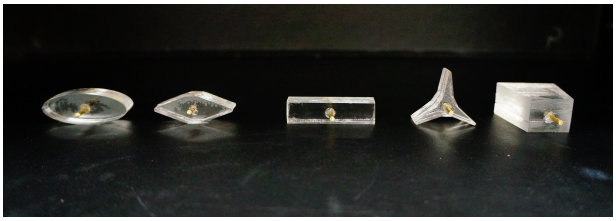


図１３　制作したアクリル回転部

この５つのアクリルを水につけて出来る水の紋様を動画として撮影した。この撮影した動画を同時に映し、男女１３人の被験者を募り、５つのアクリルを紋様の美しい順番に並び替えてもらう。すると、楕円形が最も美しく、続いて直方体が美しいという結果が得られた。この結果より導かれた楕円形の径を４段階に変化させて、再度被験者に順番をつけてもらう実験をした。この実験では、横 30mm 縦 7mm、横 35mm 縦 10mm、横 40mm 縦 15mm、横 50mm 縦 15mm の４段階のサイズを使用した。すると、横 40mm 縦 15mm のサイズの楕円形が最も美しいという結果が得られた。この実験より、モーターに使用する回転部は横 40mm 縦 15mm の楕円形とする(図 14)。

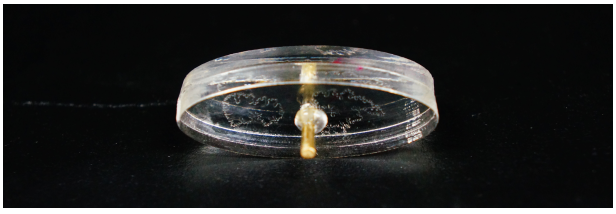


図１４　最終決定した回転部　楕円形 40×15(mm)

決定した回転部を回転式の波動創出装置に装着し、モーターの回転スピードを変化させていくと、非常にゆっくり回した時(Arduino におけるモータードライバによる PWM 制御で１０から２０の出力の時)、目標とする光の紋様に近いものが映し出された。さらに、回転スピードが遅いため、モーターの回転音の問題も解決することが出来た。この結果を踏まえて、波動創出装置には回転機構を用いた波動創出装置を用いることにする。

c）距離センサによる回転制御

超音波距離センサを用いて回転制御を行う。まず、距離センサが放つ超音波によって、物体に反射し戻ってくるまでの時間を求め、距離を計測する。その距離に応じて、インタラクティブにモーターの回転数が変動するようにする。以上の動作をArduinoにより制作する(図15)。

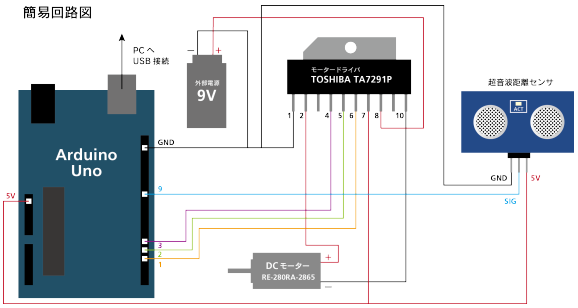


図１５　距離センサによる回転制御　簡易回路図

５．照明部の制作

（１）実験用照明の制作

実験には、照明位置の高さや角度を変更することが必要になるため、自由に高さや角度を変えることが出来る機構が必要である。三脚を用い、光源位置を自在に変化させることの出来る実験用照明を制作する。また、照明部には輝度を三段階に変化させることが出来るヘッドライトを三脚に取り付ける(図 16)。この実験用照明を３つ制作し、３方向から光を当てることで実験を行う。

図１６　実験用照明

（２）自由配置型照明部の制作

実験に用いた照明は、１段階の状態で輝度が 33000 ミリカンデラあり、実験を行うための輝度として十分にある。最低限必要な輝度を念頭に置いた上で、拡散する光を前方に集光し、効果的に照らす必要もある。

本制作では、LED の個数を自由に変えることが出来、光の色や位置の自由が効く自由配置型照明部の検証を行う。輝度を増やしていくことが出来るため、使用空間に応じて適切な光を創出可能である。

a）自由配置型照明部の検証

今回の検証では、超高輝度5mm白色LEDの足を曲げ、通電している導電糸に乗せることで複数のLEDを照らすものである。検証結果は、通電が確認されLEDが点灯した(図17)。

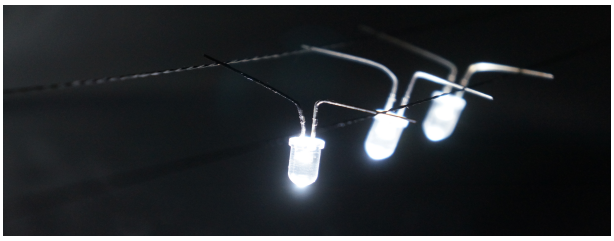


図１７　自由配置型照明の検証風景

しかし、この超高輝度5mm白色LEDは１灯当たりの輝度が30000ミリカンデラである。本制作のアンビエントライトでは、１灯当たりの輝度が非常に高く、小さめの機構のものが好ましいため、別のLEDで代替することにする。

そこで新たなLEDとして、OPTOSUPPLY社製のパワーLED OSW4XME3C1S(図18)を使用することにする。このパワーLEDの１灯当たりの輝度は90000ミリカンデラもあり、１灯だけでも照明として実用的に使える明るさである。

図１８　パワーLED　OSW4XME3C1S

b）フェードプログラムの制作

自由配置型照明には Arduino の PWM ピン(Pulse Width Modulation)を使用し、通常の点灯の出力以外にフェードイン・フェードアウトする点滅機能を付加するため、フェード用のプログラムを制作する。PWM11 番ピンから出力された線が、LED のプラス側に入り、マイナス側から GND に抜ける(図 19)。

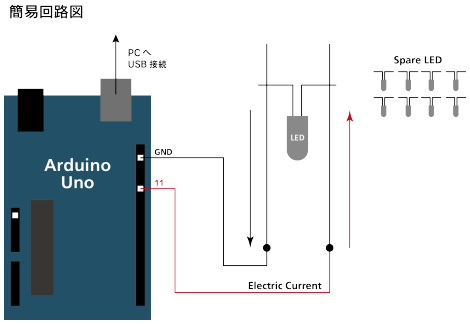


図１９　フェード機能有り自由配置型 LED 簡易回路図

６．接触センサのプログラム制作

静電容量式接触センサは、ArduinoのPWMピン、デジタルピン、抵抗1メガオーム、金属部材を使って制作する。指先などが入力用端子に近づくと静電容量が変化し、その変化量を読み取ることで判断する仕組みである。今回の制作では、無垢のアルミを使用する。無垢のアルミに触れると、LEDが順番に点灯して最後に２つのLED光る(図20)。

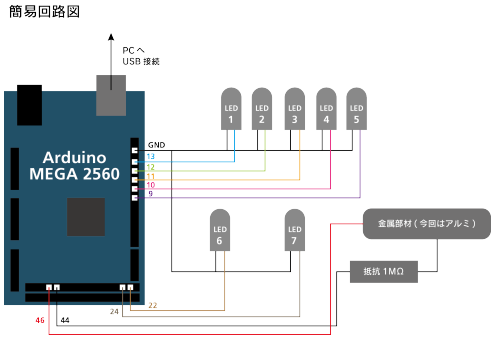


図２０　静電容量式接触センサ簡易回路図

７．アンビエントライト制作

（１）実装回路検討

距離センサによるモーターの回転、PWM制御によるLEDのフェード、それらを操作するためのスイッチの役割を果たす接触センサ、以上を組み合わせた実装回路を検討する[2)]。

電源供給はAC・DCコンバータにより、Arduinoとモータードライバに9Vを供給する。３つのアルミ柱が接触センサの役割を担っており、それぞれON/OFF、INTRUCTION、FADEの機能を果たす。電源ボタンが押されるとLED１から５がフェードしながら点灯し、消灯ののち緑、青、赤のLEDが点灯する。そして、距離センサがONの状態になり、モーターの回転数がリアルタイムで変動するようになる。自由配置型LEDに関しては、初期値はMAXで出力するようになっており、FADEのスイッチによってFADE機能をオンに出来る。電源ボタンにもう一度触れると、全てのLEDが消灯し、LED１から５が電源をオンにした時とは逆向きにフェードしながら点灯する。そして、全てのLEDが消灯する(図21,22)。

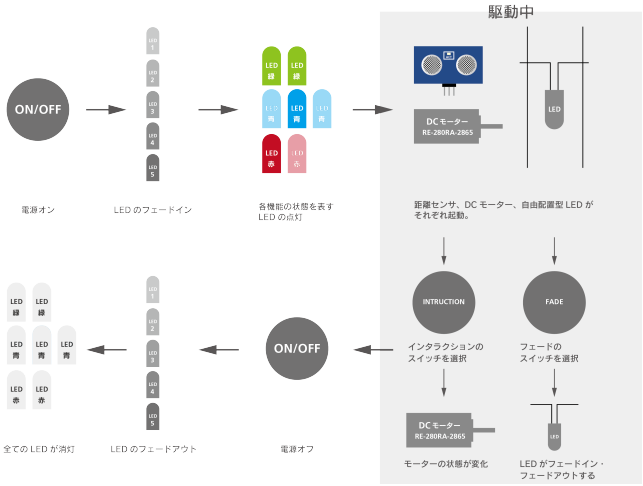


図２１　プログラム処理フロー図

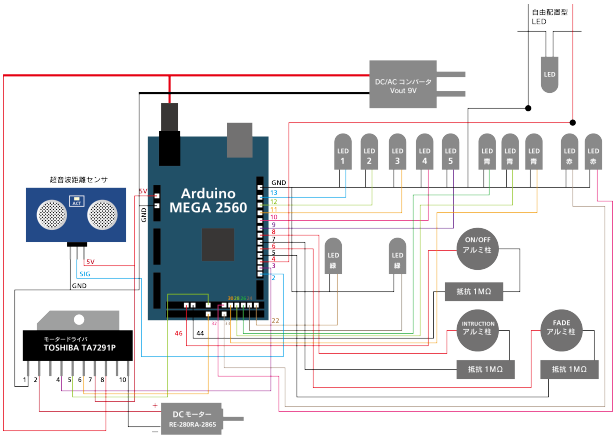
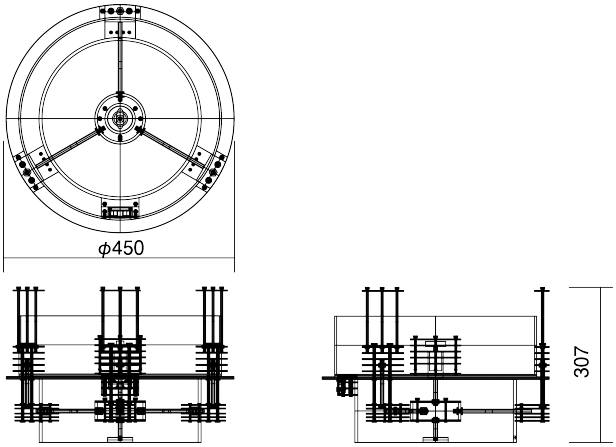


図２２　実装回路図

（２）外観意匠決定

a）本体外観意匠

外観意匠を決定する上で、水槽部・導電糸部・モーター回転部・距離センサ部・脚部・操作パネルは最低限必要である。それらを踏まえて、最終モデルとなる外観意匠を Rhinoceros 上にて幅、奥行き、高さを 500mm 以内でプロポーション検討を行い、幅 450mm・奥行き 450mm・高さ 307mm に決定する(図 23, 24)。設計コンセプトとして、脚の高いサイドテーブルの上に置くことを想定し、作品



自体の高さはあまりなく安定感のある形状を目指す。

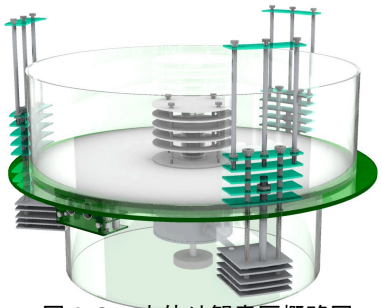


図２３　本体外観意匠概略図

図２４　本体完成見取り図

b）操作パネル外観意匠

操作パネルの外観意匠を決定する。必要な機能として、スピン加工を行ったアルミ部材による電源用の静電容量式接触スイッチ、モーターの動作切り替え用の接触スイッチ、自由配置型LEDのフェード切り替え用の接触スイッチの３つがある。加えて、操作に対するパイロットランプの役割を果たすLEDが７つ、起動表示用のフェードLEDが５つ必要である。それらを操作しやすいように、分かりやすく配置したインタフェースの設計を目指す(図25)。

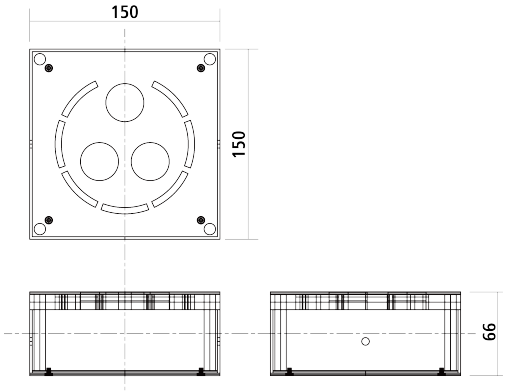


図２５　操作パネル外観意匠概略図

c）自由配置型 LED 外観意匠

自由配置型 LED における LED 部分の外観意匠を決定する。この LED は、導電糸に引っ掛けて使用するため、引っ掛けるための構造が必要である(図 26)。つり下げ式によるリフトのようなものも考慮したが、安定面から溝を用いた引っかけ式を採用することにする。

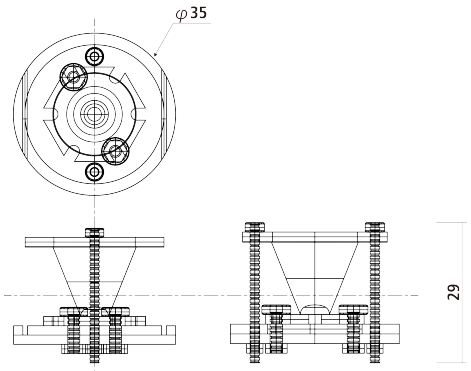


図２６　自由配置型 LED 外観意匠概略図

（３）配線計画

決定した外観意匠から実際に配線を通すことを考え、全体の配線計画を行う。基本的な配線としては、AC アダプターから配線が通り、操作パネルに入る。その後、操作パネルの反対側から配線が伸び、本体下部の脚部に入る(図 27)。そこから、上部と側面３方向に配線が分岐する。上部には、距離センサとモーターへの配線が伸び、側面３方向には導電糸用の配線が伸びる(図 28)。

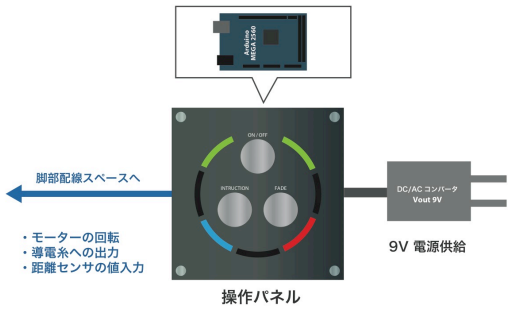


図２７　AC アダプターから操作パネルへの配線概念図

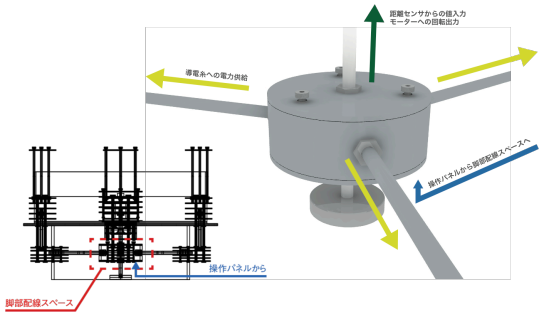


図２８　本体脚部から上部、側面への配線概念図

（４）アッセンブル

a）水槽部制作

今回の作品で一番重要なパーツである水槽部はアクリルで成形する。光を上から照射した際、水の表面で反射せず、アクリル底面まで届く光があることも考慮し、アクリル水槽の底面部はミラーを用いることにする。これにより、効率よく光を上面に反射することが出来る。加えて、モーター回転部を中心に設置することを考え、配線用の小さい穴を空ける。

b）アクリル天板制作

天板制作にはガラス色のアクリルを使用する。上部に水を入れた水槽部を乗せることになるので、ある程度の加重にも耐えられるよう厚みを5mmで制作する。さらに、外周パーツ用の穴と導電糸用の配線が入るアルミパイプ用の穴も三カ所あけることにする。

c）モーター回転部制作

モーター回転部は、水槽中央部の水中下に配置される。そのため、完全防水にする必要が有る。そこで、タミヤが発売している水中モーターキットで使用されている圧着構造を参考に制作を行う。モーターをアクリルパイプ内に封入し、回転する軸の部分にゴムを取り付ける。上部からは軸を抜けるようにしたアクリル、下部には配線が抜けるようにしたアクリルに薄いゴムをドーナツ状にして張り付け、上下からアクリルパイプを圧着する。アクリル下部からアクリル水槽へと抜ける配線には、水槽裏からコーキング材を塗ることでより、防水性を向上させる(図 29)。

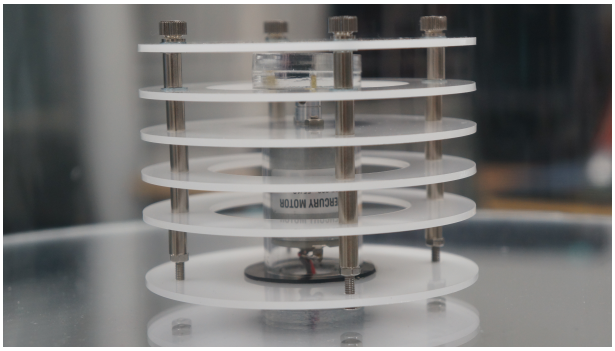


図２９　モーター回転部

d）脚部制作

脚部には、操作パネルから出た配線が本体下部アクリル円筒部の穴を抜け、中央の配線スペースに入る。そこから、上部と側面３方向に配線が抜ける(図 30)。

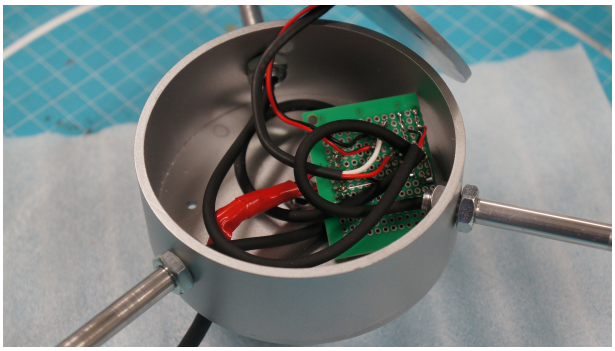


図３０　脚部配線スペース

e）LED 取り付け用柱部制作

このパーツは側面３方向に伸びた配線を上部に伸ばすための、アルミパイプを支える部材である。天板下部の部材は、アクリルを銀色に塗装したものを用いており、天板上部はガラス色のアクリルを用いて制作する。尚、側面３方向はそれぞれ同様の形状をしている(図 31)。

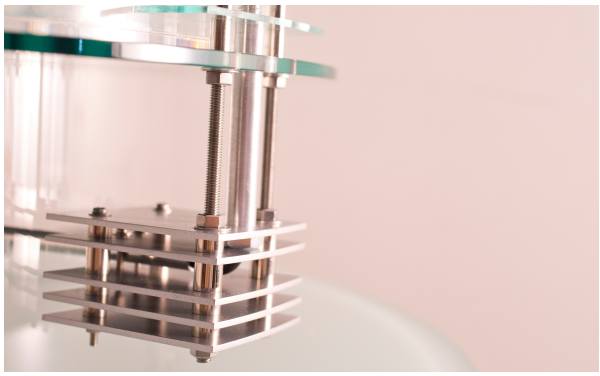


図３１　LED 取り付け用柱部

f）操作パネル制作

操作パネルには、右から AC・DC コンバータの配線が入り、左から距離センサやモーターのための配線が抜けるようになっている。中に封入している LED から光が漏れるように、表示部分を乳白色の LED を用いて制作する。また、一番上のアクリルはガラス色を用い、レーザーカ

ッターのラスター加工を用いて、ON/OFF・INTRUCTION・FADE の印字を行う(図 32)。

図３２　操作パネル

g）自由配置型 LED 制作

照明部の検証で行った結果から、OPTOSUPPLY 社製のパワーLED OSW4XME3C1S を使用する。加えて、OPTOSUPPLY 社製のパワーLED 用集光レンズを使用することで、周囲に拡散する光を全面に集めることが出来る。また、中心部分は凸レンズ構造となっていて、効率よく光を集めることができる。このパワーLED と集光レンズを用いて、自由配置型 LED を複数個制作する(図 33)。また、導電糸間の間隔を考慮し、LED 側の溝を制作する。

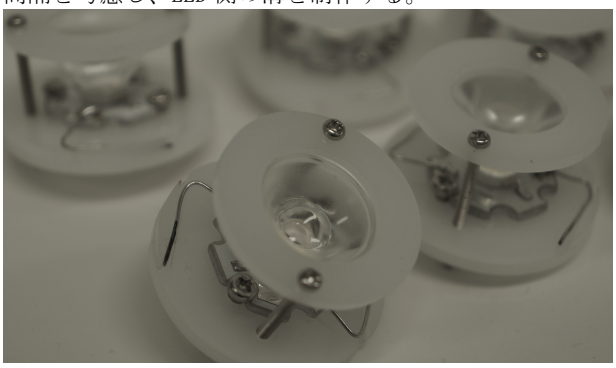


図３３　自由配置型 LED

８．作品概要

（１）外観

完成品の本体外観を下記に記載する(図 34)。

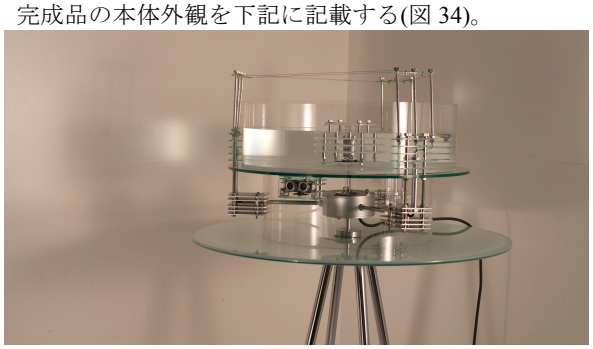


図３４　作品外観

外観寸法…(W)450mm×(H)307mm×(D)450mm
重量…本体 2.5kg
　　本体使用時(水含む)13.5kg
電源…DC9V 供給
駆動部…DC モーター
素材…アクリル（ガラス色、乳白色、透明）、アクリルパイプ、アルミ、アルミパイプ
パーツ点数…320

（２）使用イメージ

実際に使用する際のイメージ写真を記載する(図 35)。

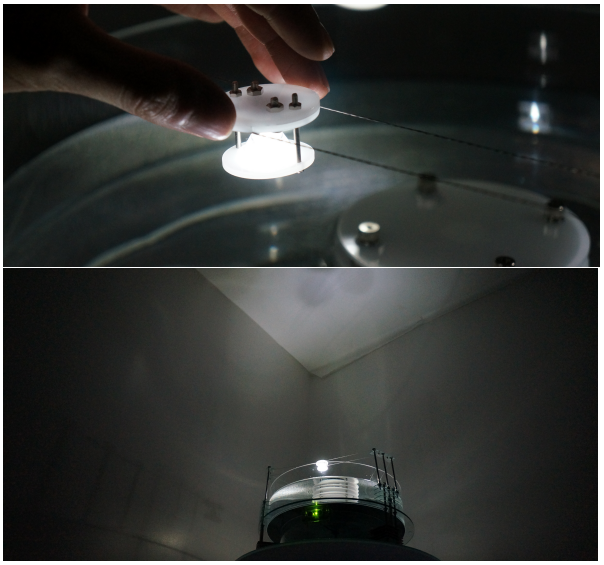


図３５　使用イメージ

９．応用・展望

リビングのような室内を前提として、制作を行ったが企業のエントランスやレストラン等の空間演出としての応用も可能だと考える。また、セラピーやリラクゼーションへの応用研究が行われることにも期待する。

本研究では、自然現象の中でも水を用いたプロダクトデザインへの応用を行ったが、様々な自然現象を応用したプロダクトデザインが行われることに期待する。

謝辞：本論文・制作物は、筆者が法政大学大学院デザイン工学研究科システムデザイン専攻、機能造形デザイン研究室において、筆者が研究・制作したものです。

終止熱心なご指導を頂いた主査の佐藤康三教授に心より感謝申し上げます。また、副査の田中豊教授に感謝の意を表します。

本研究の制作にあたり、助言やサポート、アンケートに協力して頂いた研究室の学生に心から感謝致します。

参考文献

1) 松山祥樹：自然現象解析からのプロダクトデザインへの応用について　–大気光学現象からの新しい光の表現方法の創出–,法政大学大学院デザイン工学研究科,2011
2) 高橋隆雄:Arduino で電子工作をはじめよう！,株式会社秀和システム,2011