

LED テープを用いたフットライトシステムの開発

著者 藤戸 貴大

指導教員 小松 貴大

1. 研究背景

電子情報工学科棟東側の非常階段は、電子情報工学科棟及び、専攻科棟の各階へ通じており、多くの学生、教員が利用している。夜間に利用する人のためにも照明が設置されているが、照明は専攻科棟と電子情報工学科棟との連絡通路を照らすだけにとどまっている。そのため、階段の踊り場には、昇降が安全にできるほどの十分な光量が届いていない。

先行研究では、上記の問題点を解決するためにフットライトが製作された。光源には消費電力の少ない LED を利用し、白色 LED とフルカラー LED の 2 種類使用された。フットライトの要となる照明部は、基板に LED をはんだ付けすることで製作された。しかし、この方法では基板が曲がったときのクラックに弱い。また、フルカラー LED によるイルミネーション用の制御線だけでも 24 本と多く、そこに白色 LED や電源などの配線も含めると配線が複雑である。その後、LED が故障し点灯しなくなったが、配線の複雑さゆえメンテナンス性が悪く、修理されることもなく放置され、再び夜間の階段利用者が危険に晒された。

本研究では、夜間の階段利用者の安全を確保する新たな照明装置を開発する。また、先行研究の問題点を解決するため、高い耐久性、配線が少なく簡単な回路構成の照明装置を製作する。また、先行研究以上のイルミネーション機能を持たせることを目的として製作を行う。

2. 開発したシステムについて

2.1 システムの概要

図 1 のように、階段にセンサと LED が設置されており、それぞれマイコンと接続されている。センサが反応すると、反応した階の LED が点灯する。電源は屋内に設置し、DC5[V] をケーブルで外まで配線している。

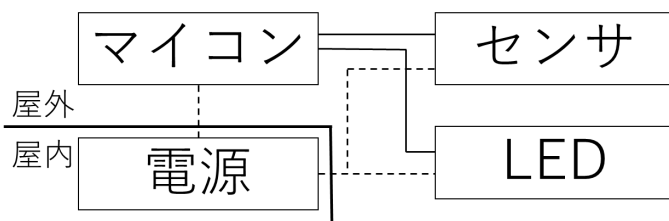


図 1 システム概要図

2.2 LED について

LED として WS2812B を採用する [1]。WS2812B は、シリアル通信で RGB 値が制御できる LED である。厳密には、LED 1 つ 1 つにマイコンが内蔵されており、アドレスを指定することで個々に LED を制御できる。また、LED を追加する際にはハンダ等で連結させるだけで良い。具体的には GND、Din、Dout、+5V の 4 つのピンがあり、図 2 のように LED の GND 同士、+5V 同士、Din と Dout をそれぞれ繋ぐだけで LED を連結することができる。このように連結されたものが LED テープとして販売されている。LED テープは、基板がむき出しのものと、シリコンチューブに基板が収められているものがある (IP67 相当の防水)。本研究では、LED に高い耐久性を持たせるため、シリコンチューブに基板が収められているものを採用する。

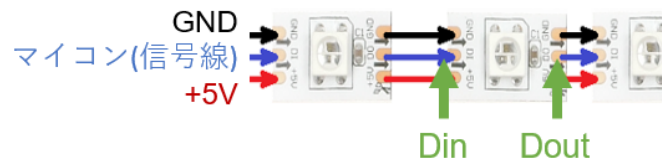


図 2 LED の連結例

LED の点灯実験として、消費電力が最大となる RGB (255, 255, 255) の白で、明るさを 4 段階 (32, 64, 128, 256) に変化させた場合の消費電力を測定した。測定結果を表 1 に示す。表 1 に、4[m] の長さの LED テープを 4 段階の明るさで点灯させた時の電流値 [A] と、その値を 8 倍した実際に設置した時の LED テープの長さになるであろう 32[m] の場合の電流の概算値 [A] を示す。

明るさ (0-255)	32	64	128	255
4m (LED 240個)のときの電流[A]	1	2.5	5	10
32m (LED 1920個)のときの電流[A]	8	20	40	80

図 3 に、実際に 4 段階の明るさで光らせた場合の様子を示す。図 3 より明るさ 255 の場合、先端のほうで色が黄色くなってしまうことが確認できた。明るさ 128 の場合でも、画像ではわかりにくいですが、やはり先端のほうで黄色になっていた。明るさ 64 以下ではすべての LED が同じ色に見えた。また、フットライトとしての明るさという面では、

明るさ 32 の場合でも足元を照らすには十分な明るさが確保できることが確認できた。今回電源は片側からしか供給しなかったため反対側の先端の電圧が足りなくて黄色くなったが、両側から電源を供給することによってそれらは解消されることを確認したが、後述する電源容量や配線の面からも明るさ 32 の光量で光らすことに決定した。

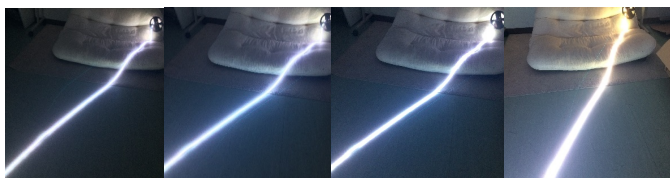


図 3 LED の明るさ比較(左から 32, 64, 128, 255)

2.3 人感センサについて

先行研究では、Panasonic 社製焦電型 MP モーションセンサ NaPi0n を用いて人感センサを製作していた。動作確認の結果、階段に設置されていた 6 つの人感センサ全てが使用できることがわかった。

人感センサは+5V、GND、信号線の 3 ピンで構成されている。よってセンサ出力は 6 つとなる。6 つのセンサ全てをマイコンに接続してもよいが、このシステムでは、階段の上りと下りで同じ動作をすればよい(LED を点灯させる)ので、2 つのセンサ出力をまとめることができる。AND ゲートに接続することで 2 つのセンサ出力を 1 つにまとめられる。本研究では、HD74LS11P という 3 入力 AND ゲートが 3 つ付いた IC を用いることにより、センサ入力に必要なマイコンのピンを 3 つに減らした。

2.4 制御部について

このシステムの主電源は直流安定化電源からの DC5[V]である。これは、LED テープの動作電圧の 4-7[V]に合わせているためだ。しかし、Arduino の推奨入力電圧は 7-12[V]のため、このままでは電圧が足りない。加えて配線ケーブルを通ることによる電圧降下を考えると Arduino の動作が不安定になる可能性がある。そのため Arduino には電源からの電圧を昇圧させて、10[V]程度にしたものを Arduino 電源として用いる。また、昇圧回路を通すため、流せる電流に限りができる。また大容量の電流が必要な LED テープと分割させることができ、Arduino 内臓のレギュレータが破損することを防ぐこともできる。

2.2 の LED 点灯実験で LED を点灯させるのに必要な電流がわかった。本研究で使用した電源は、MEAN WELL 社のスイッチング電源で 5[V]連続最大 60[A]の NES-350-5 を採用した。そのため、表 1 に示すように明るさ最大(255)で点灯させることは

電流が足りないかつ発熱の関係上からも行わない。明るさ 128、64 では電流の容量的には問題ないが図 2 のように色の違いを防ぐために両端から電圧を供給する必要があり配線が複雑になるため採用しない。そのため、明るさを 32 に設定した。電源容量的にもかなり余裕があり、かつ足元を照らすには十分な明るさである。なお、この電源は、電圧を 4.5-5.5[V]程度に調整できる。電圧降下を考慮し、5.5[V]をかけることによりもっとも長くなるであろう 1 階-2 階の LED テープへの供給する電圧を 5[V]に維持することができた。

3. まとめ

フットライトによって非常階段の夜間利用の安全性が格段に向上したことが確認できた。実際、夜に階段を利用する人からは「明るくなり、危険がなくなり助かっている」との感謝の声を多く頂いた。

次に消費電力の比較を行う。約 30[m]の階段に LED は 1440[個]設置できた。そのときの消費電流は 6[A]程度であった。よって、LED が 5[V]駆動であるため消費電力は最大 30[W]程度となる。先行研究と比較して、LED の個数が約 10 倍となっているにもかかわらず消費電力は変わらないという非常に良い結果となった。また LED の個数の増加によりイルミネーションの見た目も良くなった。

また、配線も LED 電源(3フロア×2本)とセンサ 6 本の合計 12 本となり、先行研究と比べて半分以下となった。LED もシリコン製の透明チューブに入り防水加工も高くなった。よって、先行研究より高い耐久性で、簡単な回路構成のフットライトシステムが製作できたと言える。

4. 今後の展望

まず、ハードウェアとして、制御基板の防水機能がない。現状簡易のカバーをしているが防水がしっかりしているとは言えない。防水加工をすることで、より高い耐久性のものとなる。ソフトウェアでは、Android と Bluetooth モジュールによるフットライトシステムの改良。照度センサ、RTC を用いた細かなイルミネーション制御が考えられる。これは作成途中であるため可能な限り完成させたい。

参考文献

- [1]スイッチサイエンス
フルカラーシリアル LED モジュール
<https://www.switch-science.com/catalog/1398/>