

# LED 信号機の点滅を利用した視覚障がい者用 信号機情報提示スマートフォンアプリの開発

的場 やすし<sup>†1</sup> 文 光石<sup>†2</sup> 西島 愛<sup>†2</sup>

**概要:** 光源に LED を使用した信号機をカメラにより認識し、音声で信号機情報を提示するスマートフォンアプリを開発した。信号機の検出手法に、LED 光源が商業交流電源の 2 倍の周波数で点滅していることを利用する点が、本アプリのポイントである。信号機の表示している色、形状、点滅パターンを基に検出することで、精度の高い信号機検出が可能となる。利用者に対して音声を使って信号機の色、信号機のある方向、信号機までの距離、赤信号から青信号への切り替わりのタイミングを提示する。本アプリは、視覚障がい者が横断歩道をまっすぐに渡ることを支援する。軽量でコストパフォーマンスに優れたスマートフォン用のアプリ開発により、多くの視覚障がい者の支援が可能となることを期待する。

## Development of Smartphone Application that Presents Traffic Signal Information for Visually Impaired People using LED Signal Flicker

YASUSHI MATOBA<sup>†1</sup> GUANGSHI WEN<sup>†2</sup>  
AI NISHIJIMA<sup>†2</sup>

**Abstract.** We have developed a smartphone application that recognizes traffic lights using LEDs as light sources with cameras and presents traffic signal information by voice. The point of this application is to use the fact that the LED light source flickers at a frequency twice the frequency of the commercial AC power supply as a signal detection method. Detection based on the color, shape, blinking pattern displayed by the traffic signal enables highly accurate signal detection. Using the voice to the user, the color of the traffic light, the direction of the traffic light, the distance to the traffic light, and the timing of switching from the red light signal to the green light are presented. This application will help the visually impaired to cross the pedestrian crossing straight. We anticipate that many applications for visually impaired people will be able to be supported by application development for lightweight and cost-effective smartphones.

### 1. はじめに

全盲の視覚障がい者にとって、歩行者用信号機のある車道を横断する際には、信号機の色に代わり聴覚情報が判断する手掛かりとなる。音響式信号機は「カッコー」、「ピヨピヨ」などの音声で信号の状態を知らせることができるが、設置コストの問題があり、すべての信号機を音響式信号機に置き換えることは難しい。また近隣住民への配慮から夜間は音声を停止している音響式信号機も多い。音響式信号機が設置されていない場合には、主に自動車の走行音やエンジンのアイドリング音などの聴覚情報が手掛かりとなるが、周囲の騒音が大きい場合や渋滞によって車が動かない場合、通行する車がない場合など、信号機の状態を判断することが困難な場合も多い。また車道内には、点字ブロックや歩道と車道の段差、ガードレールなどの触覚の手掛かりが無い場合、進む方向を間違っても気づきにくいという問題点もある。

これらの問題を解決するために、現在では歩行者等支援情報通信システム PICS（携帯型装置に無線で信号機の情

報を送るタイプや、対応する白杖を検出してスピーカーから音声案内を流すタイプなど）が開発されている。また、横断歩道内での誘導の目的で、横断歩道中央部に点字ブロック状の凸部を並べたエスコートゾーンを設置する例もある。しかし、これらのインフラ整備型の支援装置は設置に大きな費用がかかるため、普及に長い時間を要すると考えられる。それに対し、常に携帯可能なスマートフォンを使用して、信号機の状態や、車道内の進むべき方向を音声で案内してくれるスタンドアロンで動作する機器を開発できれば、視覚障がい者の車道横断時の危険や困難は軽減されることが考えられる。

### 2. 先行研究

前章で述べた目的のために行われた先行研究として、高速度カメラ、パソコン、ヘッドホンの3つで構成される信号機情報提示装置の開発例がある [1]。この研究では LED 信号機の表示色を認識し、表示部分の LED の点滅（東日本 100Hz、西日本 120Hz）をカメラにより検出することで

†1 お茶の水女子大学  
Ochanomizu University  
†2 (株)メタテクノ  
Metatechno Inc.

信号機であることを認識し、信号の状態を判定する。LED 信号機の点滅の周波数を検出条件に加えることで、たとえ信号機と同じ色であっても 100Hz または 120Hz で点滅していない物体が検出されることはない。本研究では、この機能をスマートフォン単体で実現する。小型軽量でコストパフォーマンスに優れたスマートフォン用のアプリ開発により、携帯しやすさ、導入しやすさが一段と向上し、多くの視覚障がい者の支援が可能となると考えられる。また、信号機の点滅周波数と色だけでなく、発光部分の形状も検出条件に加えることで、検出精度の向上を実現した。さらに、カメラにより撮影された信号機の画像中の大きさを手掛かりとして、信号機までの距離を算出し、距離に応じた音声案内を行う機能も追加する。これらにより、更なる使いやすさの向上も目指す。

なお、本研究は LED 信号機を対象としたもので、従来型の白熱電球信号機には対応していない。日本における LED 信号機の普及率は 2016 年 3 月の時点で車両用 51.8%、歩行者用 45.1% となっている [2] が、地球温暖化対策のために世界的に白熱電球が撤廃される傾向にあり、今後急速に LED 信号機の普及が進むと思われる。

### 3. システム構成

本システムは、スマートフォン単体で構成される。対象 OS は Android 5.0 以降と iOS 10.1 以降である。使用方法は、手に持つ、首から下げる、胸ポケットに入れるなど、背面カメラを前方に向けることさえできれば、利用者の使いやすいスタイルで使用することができる。

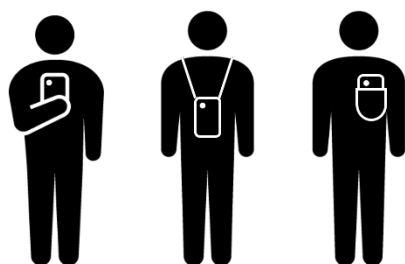


図 1 使用例

(左から、手に持つ、首から下げる、胸ポケットに入れる)

Figure 1 Example of use.

(From the left, holding in hand, lowering from neck, put in breast pocket.)

### 4. 信号機の検出手法

信号機の LED は、家庭用の 100V 電源と同じ商業交流電源を全波整流した脈動電流で発光させているため、LED は商業交流電流 (東日本 50Hz, 西日本 60Hz) の 2 倍の周

波数で図 2 のように点滅を繰り返している。本研究では信号機の表示している色、形状、点滅パターンを基に検出を行う。

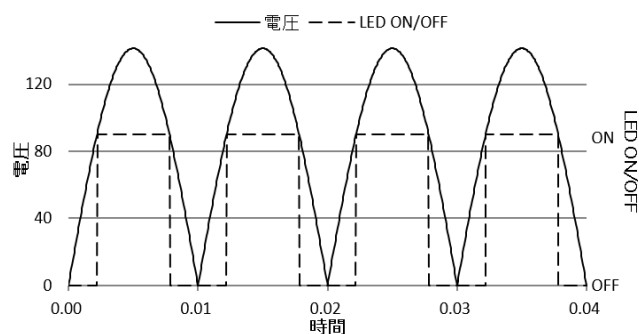


図 2 LED 信号機の点滅

Figure 2 Blinking LED traffic light.

LED 信号機の検出手法を具体的に示す。東日本の場合、100Hz で点滅する LED をフレームレート 30fps で撮影すると約 3 フレームごとに明度の変化する点滅を検出できる。本アプリでは、スマートフォンのカメラを、フレームレート 30fps、シャッタースピード 1/1000s と制御して連続撮影を行う。スマートフォンは Android OS では LG 社製 Nexus 5 を使用し、iOS では iPhone 6 を使用した。撮影する画像の解析には、オープンソースライブラリである OpenCV を利用する。撮影する画像に対し 1 フレームごとに行う処理を順に以下に示す。また、図 3 は撮影する画像の例である。この図に対し、1 フレームごとに行う処理結果の図もそれぞれ以下に示す。

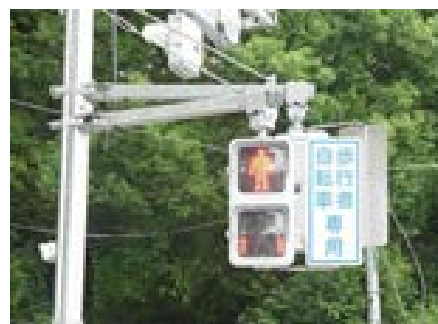


図 3 撮影する画像

Figure 3 Image to shoot.

#### 4.1 二値化

スマートフォンのカメラから取得した RGB 色空間または BGR 色空間の画像を、HSV 色空間へ変換する。変換後の画像から、赤 (HSV 色空間  $H = 160 \sim 20, S = 100 \sim 255, 70 \sim 255$ ) または青 (HSV 色空間  $H = 80 \sim 100, S = 100 \sim 255, 70 \sim 255$ ) の領域を抽出し二値化する。図 4 は図 3 に対する二値化の結果である。

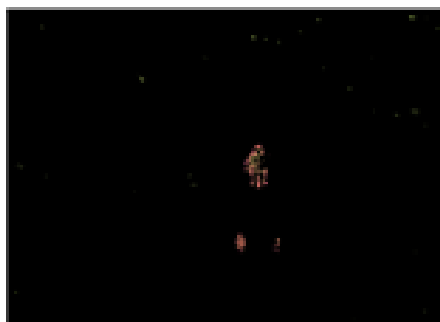


図 4 二値化  
Figure 4 Binarization.

#### 4.2 輪郭抽出

二値化した画像から水平, 垂直, 斜めの線分を圧縮し(近似手法), それらの端点のみを残した最も外側の輪郭のみを抽出する. 図 5 は図 4 に対する輪郭抽出の結果である.



図 5 輪郭抽出  
Figure 5 Contour extraction.

#### 4.3 矩形作成

各輪郭に外接する傾きの無い最小矩形を求める. これが縦長矩形でない場合, 歩行者用信号機ではないと判断する. 図 6 は図 5 に対する矩形作成の結果である.



図 6 矩形作成  
Figure 6 Create a rectangle.

以上の処理を各フレームに対し実施した後, 連続する複

数のフレームから点滅を判定する. 図 7 に示すように, 連続するフレームに対し, それぞれ 3 フレーム後の画像と一致し, 点灯と消灯の画像が共に含まれている場合, LED 信号機と判定する.

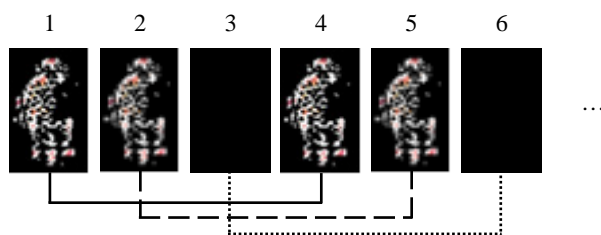


図 7 点滅判定  
Figure 7 Flashing judgment.

また信号機までの距離  $L$  は数式 1 により算出する. ここで,  $s_1$  は実際の信号の対角線サイズ (単位 mm),  $s_2$  は撮影する画像上の信号の対角線サイズ (単位 pixel),  $f$  はカメラの焦点距離,  $k$  はカメラのセンサーサイズの違いを吸収するための係数を示す,

数式 1 信号機までの距離計算

Equation 1 Calculate the distance to traffic lights.

$$L = (s_1 \times f) \times k / s_2$$

撮影する画像上に複数の信号を捉えた場合, 最も近くにある信号機情報を提示する.

### 5. ユーザインタフェース

本システムが検出した, 信号機の色, 信号機のある方向, 信号機までの距離は, 音声により利用者に提示される. 信号機の色が赤の場合は女性の声, 青の場合は男性の声で案内する. 方向は, カメラにより撮影する画像を図 8 のように 9 分割し, 中央のブロックを除く 8 ブロックに信号を捉えた場合に, 信号機が存在するブロック (方向) の情報を音声で案内する. 距離は, 信号を中央ブロックに捉えた場合のみ案内する. 具体的には, 赤信号を A ブロックに捉えた場合, 女性の声で「赤, 左上」, 5m 先の青信号を E ブロックに捉えた場合, 男性の声で「青, 5m」と案内する. また, 赤信号から青信号への切り替わりの際は, 男性の声で「青に変わりました」という案内とともに, 「ブブツ」というパイプレーションによる通知を 0.4 秒間加える. これにより, 利用者に横断が可能になったことを知らせる. これらの音声は繰り返され, リアルタイムに現在の信号機情報を提示する.

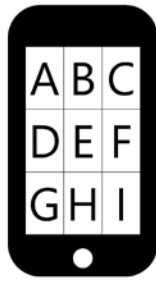


図 8 カメラにより撮影する画像のブロック分割  
Figure 8 Block division of images taken by camera.

利用者はまず、信号機の方向にカメラを向け、音声案内に従って、信号機を中央に捉えるようにする。その後、赤信号から青信号への切り替わりの音声案内により横断が開始できる状態になったことを知ることができる。横断中は音声案内に従い、常に信号を中央ブロックに捉えるように歩くことで、横断歩道をまっすぐに渡ることを支援できる。

## 6. 評価

本アプリに対して視覚障がい者からは、「信号機が赤か青かを教えてくれるのは大変ありがたい」という意見を得ることができた。しかし車道横断中のアプリ使用に関して、外出に慣れた視覚障がい者からは「車道を横断中は白杖から伝わる路面の感触と、周囲からの環境音に意識を集中させているので、スマートフォンを片手に持ってその向きや音声に注意を向けながら歩くことは難しい」という意見も聞かれた。このため実際の使用場面においては、信号待ちの時に本アプリを使用して道路の対面側の信号機の位置を確認することで進むべき方向を確認し、赤信号から青信号に変わるタイミングを確認して横断を開始し、横断中はアプリを使用しない、という使われ方が多くなると思われる。ただし、中途失明者のように白杖の操作に不慣れであったり、聴覚による周囲の状況の把握が難しい場合は横断中にもアプリからの情報が有効に働くと思われる。

## 7. まとめと今後の課題

本研究の信号機検出のアルゴリズムは単純であるため、スマートフォン単体で処理することができ、付属の機器を必要としないため外出時に携帯しやすく、導入しやすいシステムを実現することができた。また、リアルタイムに信号機の検出と提示ができるので、利用者は立ち止まることなく、歩行を続けながら信号機の状態を把握し続けることができる。さらに、信号機までの距離の提示により、利用者は残りの歩行距離を把握できるため、車道横断の際の不安感も和らげることができた。

信号機の表示している色、点滅パターンに加えて、形状

を基に検出する機能を加えたことで、先行研究を上回る精度の信号機検出が可能となった。ただし、屋外には信号機以外にも信号機と同じ周波数で点滅する光源（ネオンサインなどの放電管や脈動電流で光るタイプの LED を使用する看板など）が存在する。これらが信号機と同じ色、同じ形状であった場合は誤検出が発生してしまう。このため本アプリは誤検出を完全に排除できていない。したがって歩行ルートに誤検出を発生させる物体が存在しないか事前に調査しておくか、車道を横断する前に信号の色が 1 回以上切り替わるのを待ち、確実に信号機であることを確認する必要がある。

本アプリは現時点では商業交流電源が 50Hz の東日本地域向けに開発した。60Hz の西日本地域では LED は 120Hz で点滅するため、120 の約数である 30fps のフレームレートで撮影すると、周期が同期してしまい点滅を検出することができない。したがって西日本地域では 30fps ではなく 27fps などの、120 の約数ではないフレームレートにする必要がある。今後、GPS により現在地を取得し、その地域に応じた検出方法に切り替えることで、日本全国で利用できるよう開発を進めていきたい。

また歩行者用信号機は、青信号が赤信号に切り替わる前の数秒間、2Hz 程度の点滅を行う。現在本アプリはこの情報を活用する機能を備えていないが、今後はこの点滅も検出して青信号の終わりが近いことを提示したい。この「赤信号から青信号に変化し、青信号の点灯から点滅に変化した後、赤信号に戻る」という発光パターンは歩行者用信号機特有と考えられるため、歩行者用信号機とそれ以外の物体を確実に区別する手掛かりとなることが期待できる。

本アプリの信号機検出の精度は、現段階では日射条件により撮影する画像上の信号機の色変化が生じるため低下してしまう場合があり、常に高精度で信号機の検出ができていないとは言えない。今後は本アプリを利用する環境に応じた信号の色判定条件の制御（HSV 色空間範囲の制御）を行い、検出精度を高めていきたい。

**謝辞** 本アプリが視覚障がい者にとって使いやすいものとなるよう、仕様決めや実証実験にご協力頂いた多くの皆様に、謹んで感謝の意を表する。

## 参考文献

- [1] 的場やすし, 佐藤俊樹, 小池英樹. LED 信号機の点滅を利用した携帯型信号機情報提示装置の開発. インタラクティブシステムとソフトウェアに関する ワークショップ (WISS2011) 予稿集 192-194p 2011 年.  
<http://www.wiss.org/WISS2011Proceedings/PDF/085.pdf>, (参照 2016-12-25)
- [2] “都道府県別交通信号機等ストック数” 警察庁.  
<http://www.npa.go.jp/koutsuu/kisei/institut/kazu.pdf>, (参照 2016-12-25)