

修士論文要旨  
自律車椅子のための点字ブロック認識に関する研究

(知能情報システム学) 武原 夕雪

## 1. 序言

現在、国内の視覚障害者は約 30.5 万人いる。その中で視覚を用いて歩行することに無理がある 1 級の視覚障害者は約 10 万人おり、その 8 割以上が中途失明者である。白杖を使って単独歩行できる人は 3 万~4 万人と言われており、残りは介助者がいないと歩行できない人か、まったく歩行しない人である。高齢社会の進展により中途失明者が増加し、歩行支援システムの必要性は今後ますます大きくなると思われる。

そのため、様々な歩行支援システムについて研究が行われているが、その中に自律車椅子に関する研究も含まれており、高齢者や視覚障害者が単独で移動できるために自律車椅子は様々な環境で走行できる機能が求められる。そこで、屋外での複雑な環境で、特徴がある対象物を認識しながら走行する自律車椅子の研究が多く取り組まれてきた。本研究では、目の不自由な人のために歩道に敷設された点字ブロックを対象物として、離散コサイン変換による点字ブロックの認識に関する研究を行った。

## 2. 点字ブロックについて

点字ブロックは視覚障害者を誘導するための標識で、歩道などの路面に広く設置されている。本研究で対象とする点字ブロックを図 1 に示す。点字ブロックには小さな円形の凸部が格子状に並んだ警告ブロックと細長い長方形状の凸部が平行に並んだ誘導ブロックの 2 種類があり、どちらも標準色が黄色であるので、周囲とのコントラストにより弱視の人でも容易に認識できる。ただし、色については周囲の景観と整合性を配慮して、標準色以外の色のブロックが使われていることが多い。点字ブロックは世界各地で利用されているが、サイズと形状は様々なものがある。本研究で対象としている点字ブロックは、日本で考案され国内に広く普及しているものである。

一般に、誘導ブロックは連続して設置され、移動できる経路を表す。警告ブロックは誘導ブロック列の分岐点や終端、建物の入り口などに設置され、注意を要する場所であることを表す。この情報により、点字ブロックだけを頼りに歩道を移動することができる。

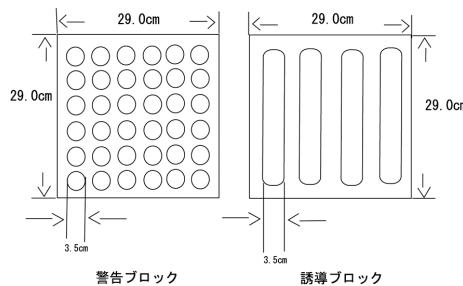


図 1 点字ブロック

## 3. 点字ブロックの検出と認識の前処理

警告ブロックでは小さな円形の凸部が格子状に並んでおり、誘導ブロックでは細長い長方形の

凸部が平行に並んでいることから、点字ブロックは一定の周期性のある模様としてとらえることができる。そのため、点字ブロックの検出と認識に、画像の濃淡情報を周波数成分に分解する 2 次元離散コサイン変換を用いる手法を提案する。

### 3.1 離散コサイン変換 (DCT)

$M \times N$  画素の画像  $f(x, y)$  の 2 次元 DCT とその逆変換は、次のように与えられる。

$$F(u, v) = \alpha(u)\alpha(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right)$$

$$\alpha(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & u = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} \alpha(u)\alpha(v) F(u, v) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right)$$

$$\alpha(v) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & v = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & v = 1, \dots, N-1 \end{cases}$$

$f(x, y)$  が入力画像、 $F(u, v)$  が周波数成分 (DCT 係数) を表す。また、 $u=0, v=0$  は直流成分を表し、 $u, v$  が大きくなるほど高い周波数を表す。一般的な画像では、隣接する画素間に強い相関があり、比較的低い周波数成分の絶対値は大きく、高い周波数成分の絶対値は小さくなる。また、高い周波数成分は画像の微細な変化を表し、ノイズの影響を受けやすい。

本研究では、 $640 \times 480$  画素の画像を  $160 \times 160$  画素からなる 12 個のブロック (以下単位ブロックと呼ぶ) に分割する。そして、各単位ブロックに対して DCT を施し、点字ブロックの特徴を示す周波数成分を求める。

### 3.2 特徴マスク

点字ブロックの特徴を示す周波数成分を決定するために、まず、警告ブロックと誘導ブロックの写った画像をそれぞれ学習画像として用意し、DCT を施す。次に、各単位ブロックで直流成分を除いた DCT 係数の絶対値の大きい上位 10% のデータについて、すべての単位ブロックに共通に含まれている DCT 係数を抽出して、それぞれの平均値と標準偏差を求める。そして、点字ブロックであるかどうかを判定する閾値を「平均値 - 標準偏差」より大きい値とし、閾値と周波数を特徴量とする。

さらに、警告ブロック、誘導ブロックの画像濃淡の周期性を顕著に表す周波数領域は  $10 \times 10$  の低周波領域を除く、 $40 \times 40$  の周波数領域であるので、この周波数領域での警告ブロック、誘導ブロックの特徴量を以下のように求め、特徴マスクとする。

#### ■ 警告ブロック特徴マスク

警告ブロックでは絶対値の大きな DCT 係数が一定間隔の周波数領域に分布している。誘導ブロックと区別できるように、 $u=0$  の周波数領域および  $v=0$  の周波数領域の部分をはずして特徴マスクを作成する。画像に写った警告ブロックの傾き角度の変化により DCT 係数も変わるので、10 度ごとに警告ブロックの特徴マスクを求める。

#### ■ 誘導ブロック特徴マスク

誘導ブロックでは、絶対値の大きな DCT 係数が画像に写った誘導ブロックの方向により違う。そのため、5 度ごとに誘導ブロックの特徴マスクを求める。

### 3.3 射影変換による画像の正規化

電動車椅子にビデオカメラを一定の高さと角度で設置し、撮影した画像を垂直な角度で撮影した画像に射影変換する。

射影変換 (perspective transformation) とは、図 2 で示すようにある平面 L 上の点 P (x, y) が投影中心 O に関して、ほかの平面 L' 上の点 P'(x', y') として投影される変換を言う。つまり、xy 平面上の直線は x'y' 平面上の直線に変換され、xy 平面で撮影されたものが x'y' 平面上へ変換される。図 3,4 で示すように、斜めの角度で撮影された点字ブロック画像は垂直な角度で撮影された画像に変換される。

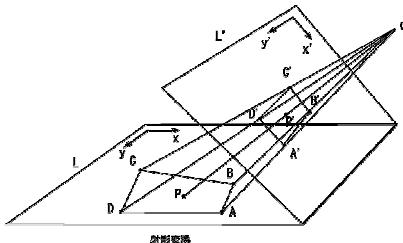


図 2 射影変換



図 3 原画像



図 4 射影変換した画像

#### 4. 点字ブロックの検出

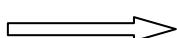
##### 4.1 単位ブロックごとによる点字ブロックの抽出

ビデオキャプチャーから取り込んだ画像を射影変換し、各単位ブロックで特徴マスクに対応した DCT 係数を取り出し、閾値と比較する。その結果より、閾値により識別された係数の数を記録する。そして、特徴マスクに含まれた特徴点の総数を用いて、閾値により識別された係数の割合を求める。係数の割合が 50%以上であれば、その単位ブロックは点字ブロックであるとし、割合が 50%未満であれば単位ブロックは点字ブロックではないとして点字ブロックを抽出する。

ここで、点字ブロックとして識別された単位ブロックを「○」とし、点字ブロックでないと識別された単位ブロックを「×」とすると、一枚の画像中にある 12 個の単位ブロックの識別結果から「○」と「×」を含む点字ブロック識別図を作成する(図 5)。



射影変換画像



「x」	「O」	「O」	「x」
「x」	「x」	「x」	「x」
「x」	「O」	「O」	「x」

点字ブロック識別図

図 5 射影変換画像と点字ブロック識別図

##### 4.2 点字ブロック領域の抽出

点字ブロック識別図から、画像上の点字ブロック領域を抽出する。点字ブロック識別図の例として、図 6 で示したように、点字ブロックでないと識別された単位ブロックについて周囲に点字ブロックと識別された単位ブロックが連続的にある場合、その単位ブロックも点字ブロックであるとし、点字ブロックと識別された単位ブロックが存在する領域を点字ブロック領域として考える。

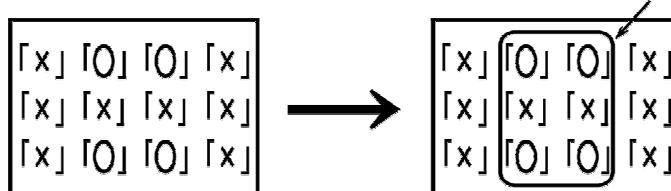


図 6 点字ブロック領域

## 5. 点字ブロックの認識

点字ブロック領域の抽出処理を行った後、点字ブロックを認識するために以下の処理を行う。

1. 警告ブロックにも誘導ブロックにも識別されてない単位ブロックは点字ブロックがない床部分として認識する。
2. 警告ブロック、または誘導ブロックのどちら一方だけ識別された単位ブロックはその特徴マスクに従って、警告ブロックであるか、誘導ブロックであるかを認識する。
3. 警告ブロックと誘導ブロックの両方に識別された単位ブロック存在する場合、周囲の認識確定した単位ブロックをもとに判断する。周囲に警告ブロックに識別された単位ブロックが多く存在する場合、その単位ブロックも警告ブロックとして認識する。誘導ブロックとして識別された単位ブロックが多く存在する場合、誘導ブロックとして認識する。

## 6. 実験と結果

### 6.1 実験条件

実験条件は以下のとおりである。

車椅子：電動車椅子（SUZUKI MC2000） ビデオカメラ：SONY 製 DCR-TRV20

車椅子の速度：低速度（1.0km/h） ビデオカメラの設置高さ：58cm

撮影場所：校内の正門の付近 カメラの下向き角度：40°

### 6.2 実験内容

校内の正門の付近の点字ブロックに沿って、電動車椅子を走行させ、設置されたビデオカメラで撮影された画像をビデオキャプチャーで取り込んで、射影変換しDCTを行った。警告ブロック特徴マスクと誘導ブロック特徴マスクにより点字ブロックであるかどうかを判断した。判断された単位ブロックを「○」「×」をつけて、点字ブロック識別図を作成し、警告ブロックの識別図と誘導ブロックの識別図を比較し、どの点字ブロックの種類であることを識別した。そして、決定した点字ブロックの識別図をもとに点字ブロックの領域を抽出し、その結果を用いて全実験画像による時系列画像から点字ブロックがある位置を判断した。

### 6.3 実験結果

ビデオカメラでキャプチャした警告ブロック画像 10 枚、誘導ブロック画像 20 枚について認識処理を行った結果、警告ブロックの平均認識率が 67.71% で、誘導ブロックの平均認識率が 76.48% で、そして床の平均認識率が 74.59% であった。

実験での認識結果により、画像を撮影されたときの画質の差により、点字ブロックの検出率や認識率も違ったことがわかった。また、点字ブロック以外の床で周期性がある模様の場合や点字ブロックに損傷や汚れがある場合にも、認識に影響することがあった。

## 7. 結言

今回の研究ではビデオカメラのレンズの歪みなどの原因で点字ブロックの認識率が上げられなかった。今後の課題として、点字ブロックの認識率をもっと上げられる方法を検討することが考えられる。