

## II. 2-1. D 考察

### II. 2-1. D. 1 ランドマーク画像認識

今回の研究開発を通じて、ランドマーク画像認識は、周辺環境の影響を受けることを確認できた。直射日光が当たる看板では、役に立たなかった例がその一つである。しかし、今回のシーンカメラは自動露出が用意されていないことが、検出率低下の原因であることは容易に想像がつく。また、シーン用カメラの解像度が低いため、高機能のデジタルカメラで撮影した画像にボケを加えることで検出率を上げることが出来た。今後は「シーン用カメラのAFが必要である。

### II. 2-1. D. 2 高速化

今回シーンカメラの画像ファイルの大きさ（横1024）のままSURF特徴量の抽出等を実施したが、解像度は高くない。一方ランドマーク認識は8秒に一回程度の実施であり、処理すれば、検出出来たシーン画像の多くに対して処理を実施していない。画像を縮小するなどシーン画像に対して実施することで処理の高速化が期待できる。

### II. 2-1. D. 3 ランドマーク作成

今回の実験では、ランドマークに多くの属性を用意したが、実際には、20個程度の属性で検出可能であった。ランドマークのマスクは複雑形状を利用しているが、単なる矩形でも認識が可能であることを確認している。

### II. 2-1. D. 4 既存製品例の調査

#### II. 2-1. D. 4. 1 方針

商品化のためには、既存の商品を活用することは、一つの解決策である。そこで、携帯電話とiPhoneをシーンまたはランドマークの撮影に使用できるかを検討した。

#### II. 2-1. D. 4. 2 事例

携帯電話 p704i  $\mu$  (パナソニック、DOCOMO)  
携帯電話 N06A (NEC DOCOMO)  
iPhone についてその画像を調べた



図 II. 2-1. 34 352X288 駐車場看板 携帯電話 p704i  $\mu$  (パナソニック、DOCOMO)



図 II. 2-1. 35 352X288 サンクス 携帯電話 p704i  $\mu$  (パナソニック、DOCOMO)



図 II. 2-1. 36 2048X1536 iPhone



図 II. 2-1. 38 640X480 駐車場の看板  
携帯電話 N-06A(NEC DOCOMO)

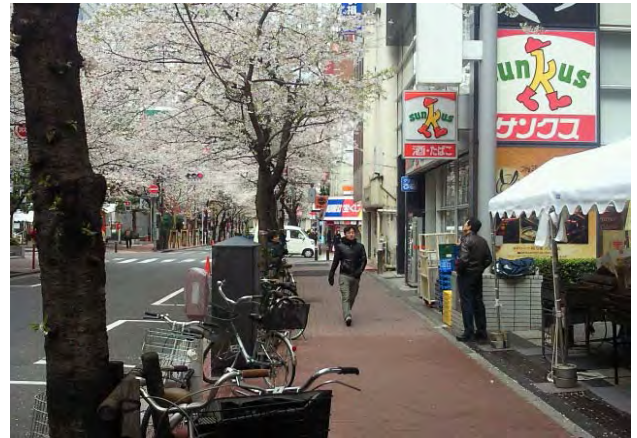


図 II. 2-1. 39 640X480 サンクスの看板 携帯電  
話 N-06A(NEC DOCOMO)



図 II. 2-1. 37 2048X1536 iPhone



図 II. 2-1. 40 640X480 NUMBERS 携帯電話  
N-06A(NEC DOCOMO)



図 II.2-1.41 1920X1080 サンクス 携帯電話  
N-06A (NEC DOCOMO)



図 II.2-1.42 1920X1080 NUMBERS 携帯電話  
N-06A (NEC DOCOMO)

#### II.2-1.D. 4.3 評価

いずれの画像を見ても十二分な性能である。しかし、撮影した画像を取り込む速さなどについては、シーン撮影においては問題になることが予想される。

### E. 結論

#### II.2-1.E.1 システムの有用性

本研究で使用したカメラとランドマークの組み合わせにおいて、通常の歩行速度において3秒間程度ランドマークを認識し、位置推定が可能である。

本研究で実現した方式を最新のスマートフォン上に実装し、専用機器として実現することにより、より柔軟に利用可能なランドマーク認識システムが実現可能である。

#### II.2-1.E.2 商品化への取り組み

ランドマーク認識を最新のスマートフォンに実装することで、実用性を高めることが出来る。この構成で実現することにより、弱視向けに概略的にわかるランドマークを確認する簡便な道

具としての実用性もます。また、WEB 上から取



図 II.2-1.43 歩行場所

集可能な汎用看板を使用して、ランドマークデータを整備することにより、安価に日本中で利用可能なランドマーク認識システムが構成可能であり、これらが今後の課題となる。

#### II.2-1.E.3.

#### F. 研究発表

- ・電子情報通信学会画像工学研究会などに発表予定

## 第二部 障害物検知

### II. 2-2. A. 研究開発目的

#### 障害物検知の目的

携帯可能なハードウェアにおいて、人の歩行時に使用可能な画像に基づく障害物検知システムを実現する。

開発目的を詳細化すると、軽量・安価なハードウェアにおいて画像による障害物検知を実現することが目的となる。研究開始時点（2009年8月頃）では、安価なカメラ付き携帯端末で高機能のものは iPhone くらいしかなく、この目的を直接本研究期間において、実現することは困難であった。そこで、本研究では、近未来において販売されるであろうスマートフォンなどの携帯情報処理機器ハードウェアにおいて、なるべく付加的なハードウェアなしに動作することを目標とした

### II. 2-2. B. 研究開発方法

#### II. 2-2. B. 1. ハードウェア構成の選択

研究開発目的で述べたように、極めて近い将来において、各種スマートフォンとして販売されるであろう安価なハードウェア構成において動作することを目的としている。そのとき利用可能なハードウェア資源は、プロセッサ、メモリ、補助記憶装置、及びカメラとなる。極めて近い将来において、スマートフォンに複数のカメラがステレオ画像処理可能な形態で搭載されることは期待できない。

上記の考察から、本研究では単一のカメラを利用するハードウェア構成を行うことを早期に決定した。ステレオ画像処理方式を利用すれば、NEC の開発した LSI などを利用して極めて高性能の障害物検知が可能となる。しかし、車載用に開発されたシステムは、大電力を使用し、専用の処理装置とカメラシステムを利用するもので本研究の目的では利用不能である。また、ハードウェアの進歩により実現可能となっても、専用のハードウェアを準備するシステムは、高価となり、利用者に安価に提供できる可能性は小さく、本研究の目的にそぐわない。

#### 歩行環境観測装置

画像による障害物検知システムの性能を評価するためには、画像取得と同時に障害物の有無を判定する情報を取得する必要がある。

そのために、10Kg 程度の重量で、カメラ、測域センサ、GSP、磁気センサなどを備えた歩行環境計測システムを開発した。この機器は、観測を行うのみであり、観測情報はそのまま処理することなく記録する。記録された情報は、本研究の画像による障害物検知サブシステムの試験用画像となるとともに、障害物の有無を判定する資料となる。開発した、観測システムのシステム構成図を下記に示す。

#### II. 2-2. B. 2. 画像による障害物検知アルゴリズム

単一のカメラによる障害物検知方式として、路面の移動を推定し路面移動量と一致しないものを障害物として検知する自動車用に開発された方式がある<sup>1</sup>。本研究では、研究期間の短さも考慮して、上記自動車用に開発された障害物検知方式を改良した方式を選択した。

路面上の障害物の検知は、自動車用に開発された方式をほぼそのまま踏襲して実装した。

<sup>1</sup> 楊 長輝, 本郷 仁志, 谷本 伸一, “単眼車載カメラを用いた路面動き補正による障害物検知”, 精密工学会誌, Vol.75, No.2, pp278-283, 2009

本研究のシステムにおいては、カメラ位置



図 II.2-2.1 原画像



図 II.2-2.2 鳥瞰画像



図 II.2-2.3 上方鳥瞰画像

は、人の目の位置よりもはるかに低い位置となるので、カメラよりも上方の障害物を検知することが必要となる。本研究では、頭上に仮想的に路面が存在し、実路面と仮想路面の間に存在する物体を障害物として検知することとした。

上方の仮想路面は、実路面とは異なり、その仮想路面よりも遠方まで見え、遠方のオブジェクトが障害物として検知される。そこで、仮想路面移動量の平行移動成分がより小さいものはすべて仮想路面よりも遠方に存在するとみなして除去することとした。

システムのインターフェースの部分などは、外注して歩行支援システムの一部として完成させた。

### II.2-2.B.3 障害物検知システム開発の詳細

#### II.2-2.B.3-1 路面の動き推定

原画像の特徴点抽出および特徴点のオプティカルフローを精度よく計算し、鳥瞰画像の画像情報に基づく路面運動解析によって、路面の特徴点を抽出し、路面の動きを推定する。路面の動き推定の過程は以下ようになる。

1. 原画像における特徴点の抽出
2. オプティカルフローの計算
3. 鳥瞰画像の生成
4. 特徴点およびオプティカルフロー情報の鳥瞰画像へのマッピング
5. 鳥瞰画像中の路面特徴点の抽出と路面移動量の推定

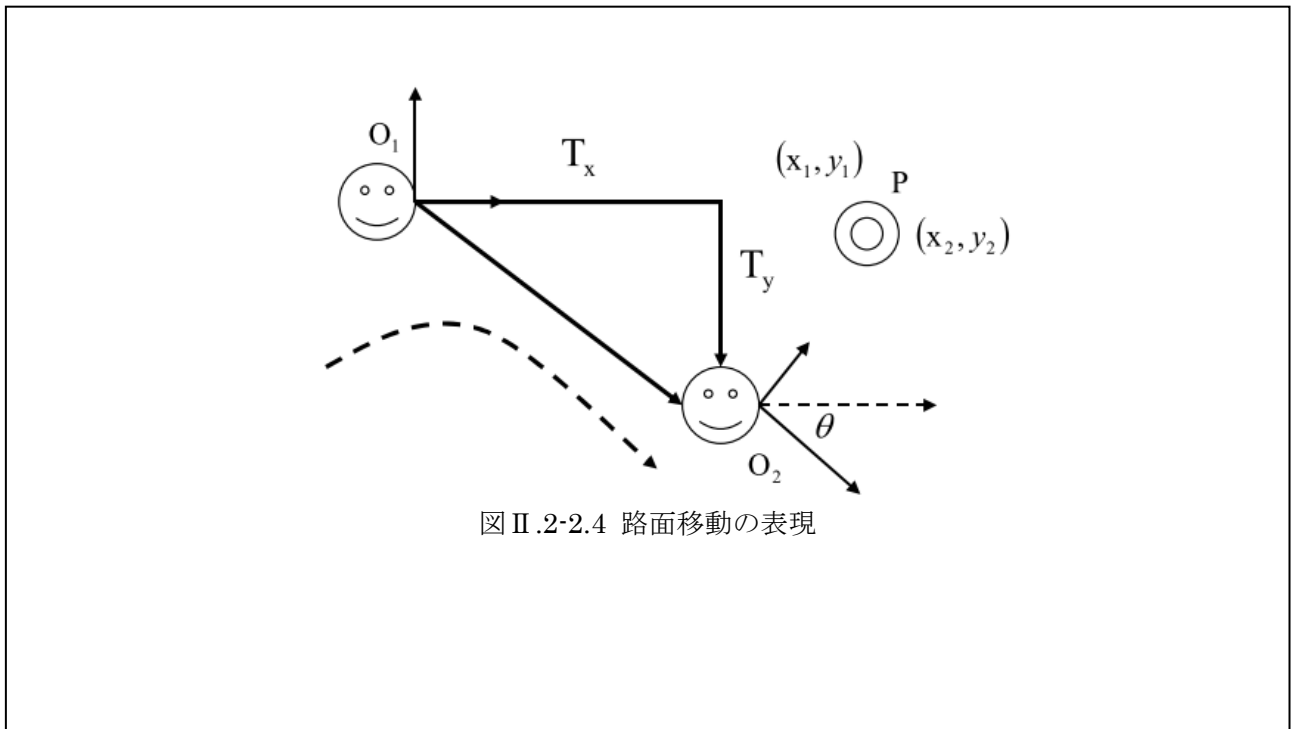


図 II.2-2.4 路面移動の表現

以下に各項目について詳細に述べる。

存在するが、今回は Lucas & Kanade アルゴリズムを用いた。

### II.2-2.B.3.1.1 特徴点の抽出

本研究においては、特徴点は画像において角のことを示す。特徴点の抽出は、コーナーを検出することである。本研究では、処理能力と勘案して、特徴点の個数を 100 個に限定した。

### II.2-2.B.3.1.3 鳥瞰画像の生成

鳥瞰画像は原画像からホモグラフィ行列を用いて、透視変換を行うことによって生成する。鳥瞰変換はカメラからの入力画像をあたかも真上の仮想カメラによって撮影された画像に変換する。

### II.2-2.B.3.1.2 オプティカルフローの計算

オプティカルフローとは、時間連続な画像列を利用して、画像の速度場（物体の速度+カメラの速度）を求め、それをベクトル集合で表現したものである。オプティカルフローを得る方式としては、大別して、勾配法、ブロックマッチング法が存在する。

本研究では、鳥瞰画像の生成において上下ともに原画像の光軸近傍の部分を除いている。鳥瞰画像生成の例を図 II.2-2.1、図 II.2-2.2、図 II.2-2.3 に示す。

本研究では、勾配法を用いオプティカルフローを求めることとした。

### II.2-2.B.3.1.4 特徴点およびオプティカルフロー情報を鳥瞰画像へのマッピング

勾配法では、「オプティカルフロー拘束方程式」と呼ばれる、輝度の時間/空間的微分(輝度勾配)の拘束方程式を用いて、これに制約条件を付加することでフローを求める。比較的高速に全画素についての速度場を計算できるが、前提条件に合わない箇所(急激な輝度変化、ノイズ)では、著しい誤差が発生することがある。

原画像においては、路面特徴点の動きベクトルは、カメラ近傍とカメラ遠方で異なり、カメラ近傍では大きくなる。一方、鳥瞰画像における路面特徴点の動きベクトルは、路面特徴点の位置に関係なく同一の動きベクトルが得られる。原画像の特徴点と特徴点で得られる動きベクトルを鳥瞰画像にマッピングすることにより、鳥瞰画像において路面特徴点の動きベクトルは、すべて同一となる。鳥瞰画像における最多特徴

勾配法のアルゴリズムは、Horn & Schunck アルゴリズムと Lucas & Kanade アルゴリズムが

点動きベクトルから路面移動量の推定が可能となる。

原画像の特徴点と動きベクトル情報を鳥瞰画像にマッピングする方法は、鳥瞰画像を生成したときと同様だが、画像ではなく、座標点に対してホモグラフィ行列を用いて透視変換をおこなうこととなる。

### II. 2-2. B. 3. 1. 5 鳥瞰画像中の路面特徴点の抽出と路面移動量の推定

鳥瞰画像を用いて、路面移動量を推定するために鳥瞰画像の路面特徴点を抽出することが必要である。鳥瞰画像における路面特徴点の抽出方法および路面移動量の推定方法について述べる。異なる位置 $0_1$ と $0_2$ で撮影したカメラ入力画像から得た鳥瞰画像で、対応路面特徴点 P の座標をそれぞれ $(x_1, y_1)^T$ 、 $(x_2, y_2)^T$ と表すと(図 II. 2-2. 4)、特徴点フローは式(1)となる。

$$\begin{pmatrix} f_x \\ f_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} \quad (\text{II. 2-2. 1})$$

フレーム間の路面移動量を図 II. 2-2. 4 の仮に真上に設置する仮想カメラによる鳥瞰画像座標で表現すると、フレーム間の路面对応点 P の関係として、式(II. 2-2. 2)が得られる。

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} \quad (\text{II. 2-2. 2})$$

ここで、 $\theta$  は車両回転角、 $(T_x, T_y)^T$  は並進移動量である。ここで、 $\theta$  が微小(歩行速度が十分小さい場合、または画像の撮影間隔が小さい場合)のとき、 $\cos \theta = 1$ 、 $\sin \theta = \theta$  と近似できるため、式(II. 2-2. 2)から式(II. 2-2. 3)が得られる。

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -\theta \\ \theta & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} \quad (\text{II. 2-2. 3})$$

式(II. 2-2. 1)を式(II. 2-2. 3)に代入して、整理すると式(II. 2-2. 4)になる。

$$\theta \begin{pmatrix} y_1 \\ -x_1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f_x \\ f_y \end{pmatrix} = \mathbf{0} \quad (\text{II. 2-2. 4})$$

ここで、 $(f_x, f_y)^T$  と $(y_1, -x_1)^T$ が特徴点の動きベクトルより得られる。 $(T_x, T_y)^T$ と $\theta$ は未知数である。

式(II. 2-2. 4)から、路面特徴点の位置情報 $(x_1, y_1)^T$ と動きベクトル情報 $(f_x, f_y)^T$ が得られれば、未知数の計算が可能となる。

そこで、カメラ位置 $0_1$ における鳥瞰画像の任意の2個の特徴点画像座標を $(x_{12}, y_{12})^T$ と $(x_{11}, y_{11})^T$ とし、対応する動きベクトル情報を $(f_{x2}, f_{y2})^T$ とすると、式(II. 2-2. 4)から、

$$\theta \begin{pmatrix} y_{11} \\ -x_{11} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f_{x1} \\ f_{y1} \end{pmatrix} = \mathbf{0} \quad (\text{II. 2-2. 5})$$

$$\theta \begin{pmatrix} y_{12} \\ -x_{12} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f_{x2} \\ f_{y2} \end{pmatrix} = \mathbf{0} \quad (\text{II. 2-2. 6})$$

が得られ、上記の2式の差をとると、

$$\theta \begin{pmatrix} y_{11} - y_{12} \\ x_{12} - x_{11} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f_{x1} - f_{x2} \\ f_{y1} - f_{y2} \end{pmatrix} = \mathbf{0}$$

が得られる。そこで $\theta$ の計算式

$$\theta = (f_{x2} - f_{x1}) / (y_{11} - y_{12}) \quad (\text{II. 2-2. 7})$$

$$\theta = (f_{y2} - f_{y1}) / (x_{12} - x_{11}) \quad (\text{II. 2-2. 8})$$

の2式が得られる。

以上のように、路面特徴点の位置と動きベクトル情報から路面移動量を推定することが可能となる。しかし、一般的には、画像中の特徴点は、路面およびその他のオブジェクトの特徴点よりなるため、画像から抽出されたすべての特徴点を用いて、上記路面移動量の推定を行うことはできない。

#### 路面特徴点推定法

画像中で得られる特徴点には、路面特徴点とそれ以外のオブジェクトに属する特徴点がある。ある程度路面が見えていることを前提とすれば、路面特徴点は、鳥瞰画像ではすべて同一の動きを示すので多数の同一の動きを示す特徴点集合として路面特徴点を定義することが可能となる。この仮定のもとに下記の手順に従って、抽出した画像特徴点を路面に属する特徴点とそれ以外の特徴点に分け、路面特徴点を抽出する。

##### 路面特徴点推定法

1. 抽出された特徴点集合から特徴点の鳥瞰画像座標上の距離が予め設定されていた閾値以上離れている任意の 2 つの特徴点を無作為に抽出する。
2. 両特徴点の動きベクトルの差がある閾値以上であれば、1. に戻る。
3. 特徴点の位置とフロー情報を式(Ⅱ. 2-2. 7)と式(Ⅱ. 2-2. 8) に代入し結果を  $\theta_1$  と  $\theta_2$  とする。  
$$\Delta\theta = |\theta_1 - \theta_2|$$
 が予め設定された閾値より大きい場合、1. に戻る。
4. 3. で計算した  $\theta_1$  と  $\theta_2$  をそれぞれ式(Ⅱ. 2-2. 5)と(Ⅱ. 2-2. 6)に代入し、結果を  $(T_{x1}, T_{y1})^T$  と  $(T_{x2}, T_{y2})^T$  とする。  
 $(T_{x1}-T_{x2})^2+(T_{y1}-T_{y2})^2$  が予め設定された閾値より大きい場合、1. に戻る。
5. 抽出された 2 つの特徴点を路面特徴点とし、各特徴点の情報で計算した回転角と並進移動量の平均値は路面移動量とする。

6. 1. ~5. の処理を n 回繰り返す、その n 組の路面移動量候補が得る。
7. 路面特徴点抽出エラーによる路面移動量の誤推定をなくすため、n 組の路面移動量候補の中間値を取り出し、最終的な路面移動量とする。

以上の手順に従って路面移動量推定を行う。

#### Ⅱ. 2-2. B. 3. 2 路面の動き量を用いた画像補正と障害物検出

ここでは、路面の動き量を用いた画像補正と、その補正画像を用いた差分による障害物検出について述べる。

本研究の画像補正は、回転補正と並進補正を前述の推定し路面移動量( $\theta$ ,  $T_x$ ,  $T_y$ )を用いてカメラから取得した 1 枚目の画像に関して行う。補正を行うことによって、路面領域においては、2 画像において同一の画像位置に同一の路面位置が対応する。これにより路面においては 2 画像間の差が小さくなる。一方、路面に属さない位置では 2 画像間で同一の位置のオブジェクトが対応しないため、2 画像間の差が大きくなることを期待される。これにより、鳥瞰画像での路面領域と障害物領域の分離が可能である。ちなみに、画像補正を行わずに直接、取得した 2 枚の画像のフレーム間差分をとると、路面移動量が補正されないために路面のテクスチャが検出される。その結果、路面領域と障害物領域の分離が困難となる。補正した画像を用いて差分を行い、補正画像を 2 値化することで、路面以外の領域を検出する。

##### Ⅱ. 2-2. B. 3. 2-2 画像補正

画像の回転(並進)補正は、補正後の画像の各画素値を元画像のどの位置からサンプリングして決めるかという問題に帰着するので、ピクセルサンプリングをし、路面の動きを補正する。



路面に対するカメラ光軸下方鳥瞰画像では路面という可視限界がある。一方、路面より上の空間における鳥瞰画像では仮想路面は存在するが実路面という可視限界が存在しないので、無限遠のところまで見えてしまうという問題がある。

仮想路面よりも遠距離にある物体は、仮想路面とは異なる動きを示すので、2 画像間で同一オブジェクトが同一位置に対応しないため、2 画像間の差により障害物を検知すると、検知体対象となる。

### II. 2-2. B. 3. 2-2. 1 回転補正

指定した回転行列を用いて元画像を回転させる。非整数値座標のピクセル値は、バイリニア補間により得る。また画像境界の外側に存在するピクセルの値を得るために、複製境界モード（画像の最も外側のピクセル値が外側無限遠まで伸びていると仮定）を使う。

回転補正においては、路面に対する鳥瞰画像では上記のようにそのまま指定した回転行列を用いて補正する。路面より上の空間における鳥瞰画像では前記の仮想路面よりも遠距離に存在するオブジェクトまで見えているという問題があるが、近くの障害物でも、遠くの障害物でも回転に関する変化は同一なので路面に対する鳥瞰画像と同様に補正する。

### II. 2-2. B. 3. 2-2. 2 並進補正

指定した座標が画像中心になるように元画像を並進させる。非整数値座標のピクセル値は、バイリニア補間により得る。また画像境界の外側に存在するピクセルの値を得るために、複製境界モード（画像の最も外側のピクセル値が外側無限遠まで伸びていると仮定）を使用する。

並進補正においては、路面に対する鳥瞰画像では上記のように指定した座標が画像中心になるよう補正するが、光軸よりも上の空間における鳥瞰画像では前記の仮想路面より遠方の物体も見えているという問題がある。このとき、近くの物体では変化が大きく、遠くの物体では変化が小さいという特性がある。仮想路面よりも遠方の物体を検出しないように並進移動距離を 0 から仮想路面

移動量まで複数の区間に分けて補正し、すべての区間で検出される物体のみを仮想路面よりも近距離に存在する物体とみなして、障害物として検出する。

### II. 2-2. B. 3. 2. 2 障害物検出

カメラから取得した 1 枚目の画像（画像 1）を前項で記したように路面の動き量で補正し、その補正した画像と 1 枚目の画像から少し後に取得した 2 枚目の画像（画像 2）を用いてフレーム間差分を行い、差分画像を 2 値化することにより得られる差分画像の変動の大きい領域を障害物として検出する。

カメラ光軸より上の空間に対する障害物検出では前項で記したように、無限遠のところまで見え、遠方にある物体も障害物と検出してしまう問題がある。そのことを解決するため、回転補正した後の画像（画像 3）において、並進移動距離 ( $T_x$ ,  $T_y$ ) を  $m+1$  個（移動距離 0、移動距離  $1/m$ 、移動距離  $2/m$ 、移動距離  $3/m$  … 移動距離 1）に分割し補正を行い、それぞれについて差分を行い、それぞれの差分画像を 2 値化した画像より得られる白領域の共通領域を最終的な障害物として検出した。それぞれに対する障害物検出の流れを図 II. 2-2.5 と図 II. 2-2.6 に示す。

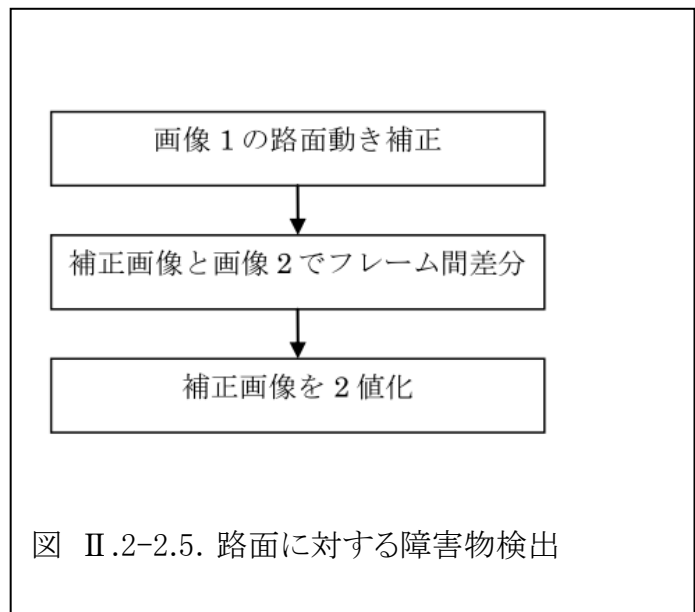
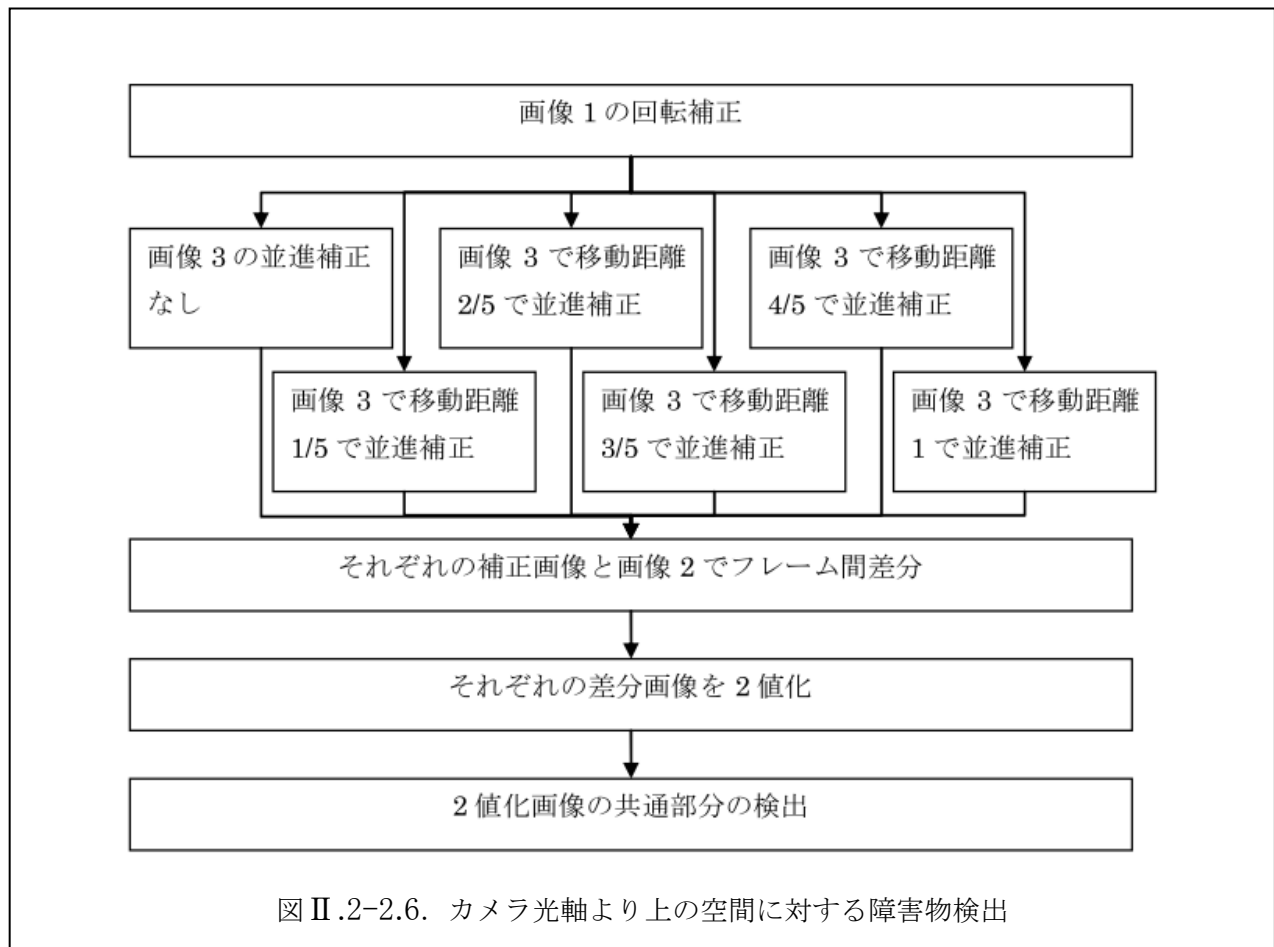


図 II. 2-2.5. 路面に対する障害物検出

## II.2-2.B.4 基礎実験と評価

本章では、複数の環境において障害物検出実験を行い、結果およびその評価を示す。



#### II. 2-2. B. 4. 1 実験方法

実験は、路面が移動している動画からフレームとして取り出した画像を用いた。1台のカメラで移動しつつ撮影した画像から、1枚目の画像と、その画像から1枚後の画像の2枚1組を用いる。

#### II. 2-2. B. 4. 2 実験対象

実験を行うにあたり対象とする状況を3種選んだ。状況1は一般道路(図 II. 2-2. 7)、状況2は地下街などの天井がある通路(図 II. 2-2. 8)、状況3はグラウンド(図 II. 2-2. 8)である。



図 II. 2-2. 9. グラウンド

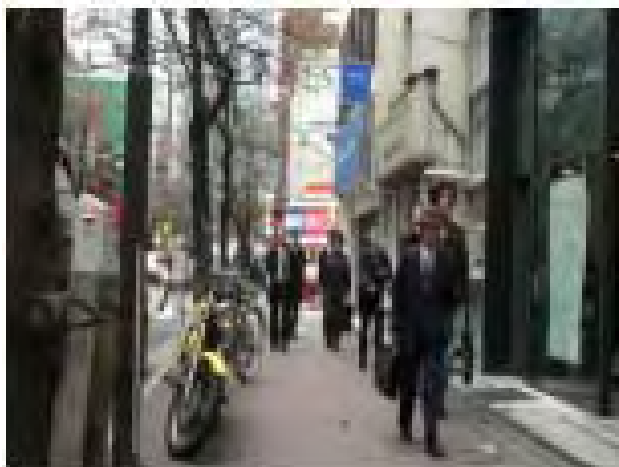


図 II. 2-2. 7. 一般道路



図 II. 2-2. 8. 天井のある通路

#### II. 2-2. B. 2. 4. 3 実験結果

実験結果として、前項で示した3つの状況における障害物検知結果を示す。

それぞれの状況から各100枚ずつの画像を抽出し、障害物検出が正しく行われているかどうか目視で判断した。障害物検出の結果の一例を図 II. 2-2. 10～図 II. 2-2. 15 に示し、検出結果を表 II. 2-2. 1

～表 II. 2-2. 3 に示す。



図 II. 2-2. 10. 状況1の障害物検出(下)



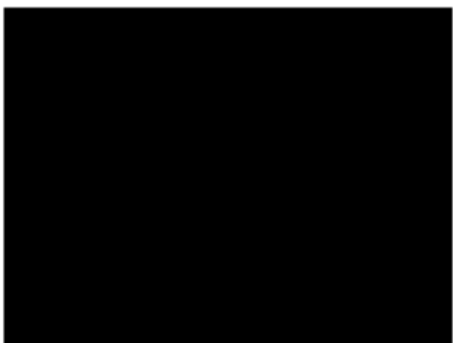
図Ⅱ.2-2.11. 状況 1 の障害物検出(上)



図Ⅱ.2-2.12. 状況 2 の障害物検出(下)



図Ⅱ.2-2.13. 状況 2 の障害物検出(上)



図Ⅱ.2-2.14. 状況 3 の障害物検出(下)



図Ⅱ.2-2.15. 状況 3 の障害物検出(上)

状況 1 においては、表Ⅱ.2-2.1 より、路面上に関する障害物検出は、ほぼ正しく実行された。また、表Ⅱ.2-2.1 より、路面より上の空間に関する障害物検出に関してもほぼ正しく実行されたが、未検出の部分が幾分かあった。

状況 2 においては、表Ⅱ.2-2.2 より、路面上に関する障害物検出では、ほぼ正しく実行された。また、表Ⅱ.2-2.2 より、路面より上の空間に関する障害物検出では、誤検出として照明が検出される場合が 50%ほどあり、未検出の部分が幾分かあった。

状況 3 においては、表Ⅱ.2-2.3 より、路面上に関する障害物検出は、誤検出なく正しく実行された。また、表Ⅱ.2-2.3 より、路面より上の空間に関する障害物検出に関してもほぼ正しく実行された。

3 つの状況における実験全体の誤検出および未検出の状況をまとめる。

誤検出に関しては、路面の様子が検出される場合があった。

未検出に関しては、カメラの進行方向と同じ向きでカメラと等速に移動する物体が未検出となった。

表Ⅱ.2-2.3 の地下街の上方を対象とする場合以外では、誤検出率は、48/2249 で 2%である。未検出率は 168/2369 で 7%である。

未検出障害物の多くは、同一方向に移動する歩行者であり、検出できないことに不都合はない。

表Ⅱ.2-2.1. 状況 1 の検出結果

	検出	誤検出	未検出
状況 1 下	735	27	12
状況 1 上	558	4	94

表Ⅱ.2-2.2. 状況 2 の検出結果

	検出	誤検出	未検出
状況 1 下	673	12	30
状況 1 上	605	65	104

表Ⅱ.2-2.3. 状況 3 の検出結果

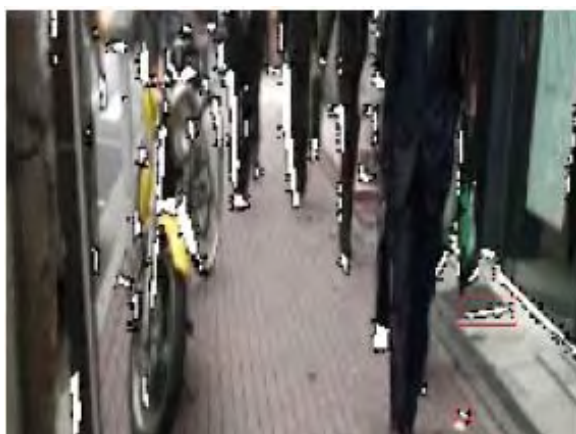
	検出	誤検出	未検出
状況 1 下	0	0	0

状況 1 上	283	5	32
--------	-----	---	----

誤検出の例を図Ⅱ.2-2.16～20 に示す  
 図Ⅱ.2-2.16～18 における赤枠で囲まれた部分は、路面の様子が検出されたものである。図Ⅱ.2-2.19 における赤枠で囲まれた部分は、照明が検出されたものである。図Ⅱ.2-2.20 における赤枠で囲まれた部分は、光の反射している部分が検出されたものである。



図Ⅱ.2-2.18. 誤検出例 3



図Ⅱ.2-2.16. 誤検出例 1



図Ⅱ.2-2.19. 誤検出例 4



図Ⅱ.2-2.17. 誤検出例 2



図Ⅱ.2-2.20. 誤検出例 5

未検出の例を図Ⅱ.2-2.21～25 に示す。  
 図Ⅱ.2-2.20、21 における赤枠で囲まれた部分は、検出されるべき領域である。図Ⅱ.2-2.22～25 における赤枠で囲まれた部分は、同一方向に移動する歩行者であり、検出できないことに不都合はない。



図 II.2-2.21. 未検出例 1



図 II.2-2.24. 未検出例 4



図 II.2-2.22. 未検出例 2



図 II.2-2.25. 未検出例 5



図 II.2-2.23. 未検出例 3