

# 車載カメラ画像による位置・方位・速度の測定

## Place·direction·speed measurement based on car camera images

木口浩之  
Hiroyuki Kiguchi

益田泰孝  
Yasutaka Masuda

渡部広一  
Hirokazu Watabe

河岡司  
Tsukasa Kawaoka

### 同志社大学 大学院工学研究科

Department of Knowledge Engineering and Computer Sciences, Graduate School of Engineering, Doshisha University

In this research, the overhead views that change while moving are paid attention, and it proposes the method to measure present place, direction and speed of the car based on the changes of the overhead views. The overhead view is made from image of camera on car.

## 1. はじめに

本研究では、人に道案内等ができるロボットの実現を目指している。そのためには、現在地や目的地を把握し、自律移動できる能力が必要である。そこで本稿では、道路認識によるロボットの自律移動システムの実現を念頭に置き、車載カメラからの実画像から得た道路俯瞰図を元に車載カメラの位置、方位、速度の測定を行う手法を提案する。

## 2. 研究概要

本研究ではカメラを台車の上に乗せ自律移動を想定して、システムを作成している。システムの流れは図 1 のようになっている。

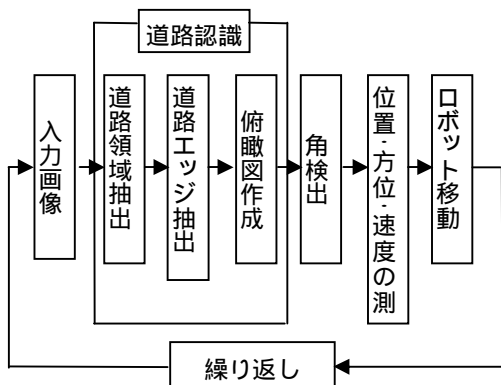


図 1 ロボット自律移動システムの流れ

入力画像に対して画像処理を施して俯瞰図を作成する。ロボットの位置等を測定するためには、現時点の俯瞰図と前フレームの俯瞰図との差異を求めるために角を用いる。角を検出し、目印の角の座標の推移からロボット(車載カメラ)の位置等を測定する。最後に測定結果を元にロボットの移動制御を行う。

## 3. 道路認識<sup>[樋口 2003]</sup>

図 2 と図 3 のような入力画像から道路領域を抽出し、エッジ抽出をして、図 4 と図 5 のような出力結果になる。

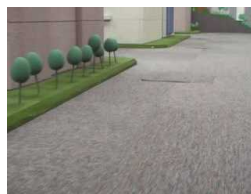


図 2 入力画像(L)



図 3 入力画像(R)

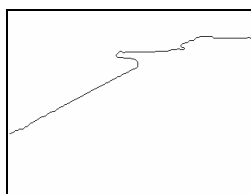


図 4 道路エッジ(L)

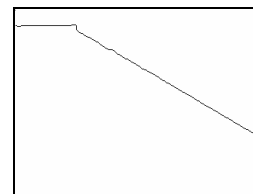


図 5 道路エッジ(R)

### 3.1 俯瞰図の作成<sup>[田中 2003]</sup>

#### (1) 俯瞰図とは

道路エッジをもとに空中から地上を見おろしたように描いた図である。カメラパラメータを用いて、エッジ画像から実寸に基づいた上から見た図に直すことが出来る。その画像の点の奥行き、水平距離が計算によって求められるため、相対的に現在地がわかる。

#### (2) 俯瞰図の変換

図 4 と図 5 のエッジ画像から俯瞰図に変換するのだが、カメラ情報は以下の 4 つのパラメータで構成される。

- ・カメラの俯角
- ・水平視野角
- ・カメラが位置する高さ
- ・垂直視野角

俯瞰図変換の結果が図 6 である。

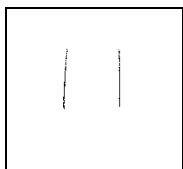


図 6 俯瞰図

#### 4. フリーマンチェーンによる角の抽出

ロボットの位置等を測定するためには、現時点の俯瞰図と前フレームの俯瞰図との差異を求める必要がある。俯瞰図の差異を求めるために俯瞰図上の特徴点である道路の角を用い、角を目印とする。

角の抽出にフリーマンチェーンのアルゴリズムを用いる。求められた俯瞰図にラベリングを行い、それぞれの画像について走査を行う。走査の結果、フリーマンチェーンの始点と終点を決定する。そして、始点を注目画素とし、図 7 のように注目画素を中心に近傍の 8 画素に番号を付ける。その上で、その番号の順番に近傍画素を調べ、黒い画素を発見したところでその番号へ注目画素を移動する。その際に配列に移行した方向の近傍画素番号を順に格納していく。これを繰り返すことで線を辿り、終点に辿り着いたら終了とする。図 8 のような数列(チェーンコード)が出力され、チェーンコードの連続した 5 つの値の平均値の差が 0.6 以上になった時、角を検出するよう設定する。

3	2	1
4	注	0
5	6	7

図 7 注目画素の近傍

1	2	2	...	3	3	4
---	---	---	-----	---	---	---

図 8 チェーンコード

#### 5. 車載カメラの位置・方位・速度の測定

##### 5.1 直進運動での位置、速度の測定

車載カメラが交差点を直進した場合、目印の角の位置座標の推移から、車載カメラの位置と速度を求めていく。

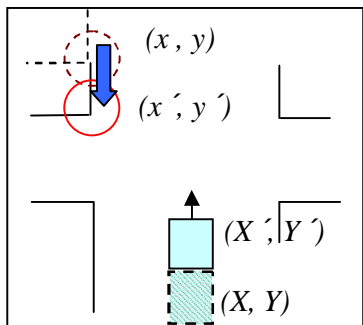


図 9 目印の角と車載カメラの座標

図 9 のように各座標を仮定し、次式によって車載カメラの位置と速度を求める。

$$(X', Y') = (X + (x - x'), Y + (y - y')) \quad (1)$$

$$v = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2} \times 1.6 / 0.5 \text{ (cm/s)} \quad (2)$$

##### 5.2 角を曲がる運動での方位、位置、速度の測定

車載カメラが角を曲がる場合には、直進の時とは違い回転運動が加わり、角の推移にも回転移動が加わる。そこで目印の角の座標の推移を求めるために、まず回転移動について考える必要がある。そこで角を成す 2 直線に着目する。

###### (1) 角を成す 2 直線のチェーンコード

角を成す 2 直線の特徴をコンピュータが認識するためには、数値として 2 直線を捉えなくてはならない。そこで角を成す 2 直線のチェーンコードについて着目する。角が検出された所から前後 15 個のチェーンコードの平均値を求めることによって、角を成す直線の特徴を捉えらる。角の位置よりも前のチェーンコードの平均値を  $C_a$ 、後の平均値を  $C_b$  とする。図 10 では  $C_a$  は 0.33、 $C_b$  は 1.53 である。目印にした角の  $C_a$ 、 $C_b$  の時間的変化量をそれぞれ求めていけば、どちらの方向にどれだけカメラが回転したかを測定できる。

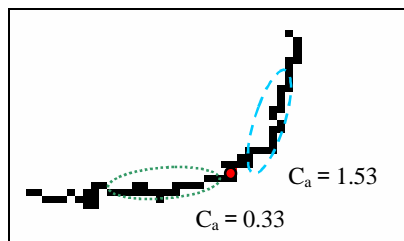


図 10  $C_a, C_b$  を示す図

###### (2) 車載カメラの位置、速度の測定

5.2 節(1)で求めた方位を元に回転移動の 1 次変換を用いて角の位置を求める。そして直進の場合と同様の方法で車載カメラの位置と速度を求める。

#### 6. 実験の結果と考察

##### 6.1 直進の場合の測定結果

車載カメラが交差点を秒速 32cm で直進するという設定で実験する。実験動画から実画像を 0.5 秒間隔で切り出し、俯瞰図の作成と角検出を行う。検出した角を目印にして車載カメラの位置、速度を測定した。結果を図 11 に示す。なお目印になる角が検出できた時点を便宜上 0.0 秒とし、初期の位置座標を (160, 0) とする。

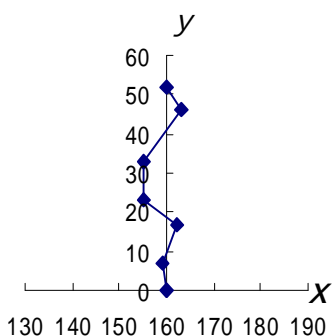


図 11 車載カメラの位置座標(直進)

この実験を 9 回繰返し, 9 回分の測定結果を平均した速度は 34.5cm/s であり, 実際の速度 32.0cm/s と比べて誤差は 2.5cm/s であった。

## 6.2 直進の場合の考察

直進の場合, 車載カメラの位置の測定は, 実際よりも X 座標の動きが大きかった。これは移動の際に車載カメラが揺れて, それによってカメラがぶれてしまい, カメラがぶれた分だけ角が映っている画素が移動したものだと思われる。速度の測定においては, 平均誤差が 2.5cm/s とほぼ実際の速度に近い値となった。

## 6.3 角を曲がる場合の測定結果

車載カメラが秒速 25cm で角を曲がるという設定で実験する。他の条件は直進の時と同様である。車載カメラの位置の測定結果を図 12 に示す。なお図 12 の理想値とは実際の車載カメラの軌跡である。

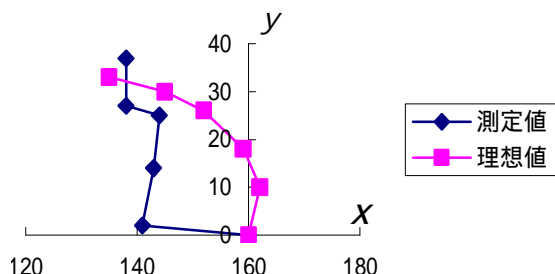


図 12 車載カメラの位置座標(角を曲がる)

## 6.4 角を曲がる場合の考察

角を曲がる場合, 位置の測定に大きな誤差が出てしまった。原因として車載カメラの回転運動に対しての補正処理によって誤差が拡大したものと考えられる。目印の角と車載カメラとの距離が遠い時, 誤差が大きくなりやすい。

## 7. おわりに

ロボットの自律制御においては, 角を曲がる時の制御が最も課題になるため, 位置や方位等の正確な情報は重要であるとされる。しかしこれを実現するには実画像のノイズや角検出におけるエラーや誤差等の問題が多い。

誤差の問題はあるが, 目標とする「カメラ画像による位置, 方位, 速度測定」の実現のための足がかりになった。

新しい課題として実画像の信頼度がある。これからはカメラからの距離によって信頼度を算出し, その信頼度を処理に反映させる手法が有効であると考えられる。

本研究は文部科学省からの補助を受けた同志社大学の学術フロンティアにおける研究の一環として行った。

## 参考文献

- [樋口 2003] 樋口 雄一, 林 清鎮, 渡部 広一, 河岡 司: 知能ロボットの自律移動のための実画像からの物体認識, 第 17 回人工知能学会全国大会論文集, 2C3-05, 2003
- [田中 2003] 田中 薫, 渡部 広一, 河岡 司: 知能ロボットの自律移動における経路地図作成, 第 17 回人工知能学会全国大会論文集, 2C3-06, 2003