

6.5. インフラの負担を軽減するための位置特定システムの改良

6.5.1. 道路状況の走行画像による位置特定ロジックの追加

(1) アルゴリズム検討

○道路状況の走行画像による位置特定の基本的な考え方を検討した上で、以下に示す項目のアルゴリズムの検討を行った。

道路状況の走行画像取得ロジック

○画像テンプレートによるマップマッチングロジック

○道路状況の走行画像による位置特定同期（GPS や自律センサとの連動）ロジック

a) 位置特定の基本的な考え方の整理

道路状況の走行画像による位置特定を実現する上で、アルゴリズム検討の必要な項目を明らかにするために、発注者より借用した画像処理ソフト（以後、「HALCON」という）の特性画像処理による位置特定方式について整理した。

整理結果を踏まえ、本業務における位置特定の基本的な考え方として位置特定方式へのHALCON の適用範囲等を整理し、以後の検討で用いる画像処理アルゴリズムの概略的なフローを整理した。

■ 画像処理による位置特定方式の整理

道路状況の走行画像による位置特定の基本的な考え方を整理し、その上でHALCON の適用を踏まえた位置特定の基本的なフローを整理した。

位置特定の基本的な考え方については、以下のような視点から表 6-21 に示すように3つの案を整理した。

<基本方針>

- ・画像処理による位置特定は、インフラの負担軽減を主目的としていることを踏まえ、新たにインフラ整備が必要な方式は極力用いない。
- ・画像処理アルゴリズムが複雑になりすぎないように単純かつ汎用性のある方式に配慮する。
- ・画像処理において、研究事例の多い対象物（道路標識、白線）を用いる。

表 6-21 位置特定の基本的な考え方

方式	位置特定の基本的な考え方	処理対象
案1: 走行前方画像処理方式 (対象物: 単一)	車両前方画像を用い、道路標識を認識対象とした処理方式。車両から道路標識までの直線距離、進行方向直線から道路標識までの距離（横断方向）等を画像上から抽出する考え方であり、画像単独で距離計測を行い、自車位置を特定する。但し、画像単独でかつ、道路標識のみで特定する考え方であり、シンプルであるが高い距離計測精度が必要。位置特定のイメージは図 6-59 参照。	道路標識
案2: 走行前方画像処理方式 (対象物: 複数)	車両前方画像を用い、道路標識、及び白線を認識対象とした処理方式。道路標識から延長方向の位置を計測し、白線から横断方向（車線）の位置を特定する考え方。道路標識と白線により複合的に位置特定を行うため、案1程の画像処理精度が必要。	道路標識 白線
案3: 走行側方画像処理方式	車両側方画像を用い、道路標識を認識対象とした処理方式。側方からの画像の場合、道路標識の板面は撮影できないため、標識柱に認識用のマーク等を取付け、標識位置を特定する考え方。 柱にマーク等の取付けを行うため、若干のインフラ整備が伴う。 また、基本的に認識対象が通過後の位置特定となる。	道路標識

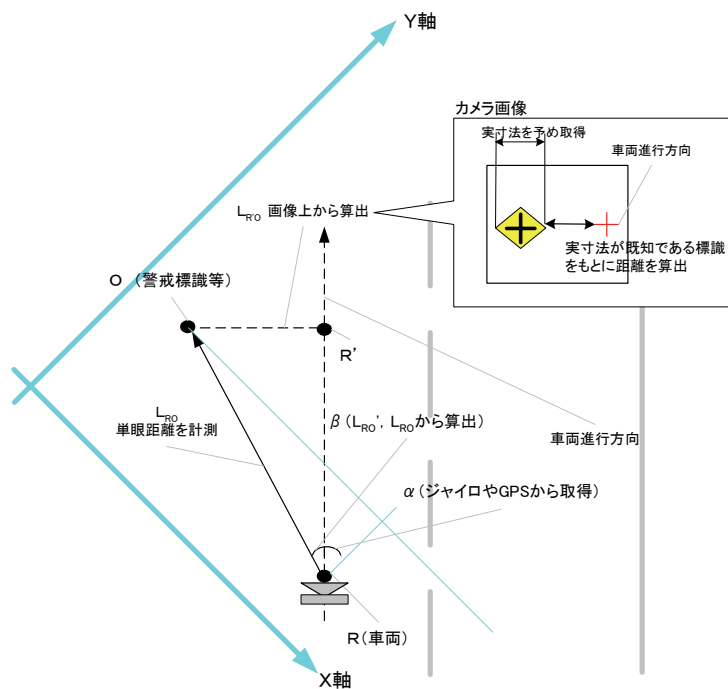


図 6-59 走行前方画像処理方式（対象物：単一）の位置特定イメージ

表 6-21 に整理した考え方を踏まえ、以後のアルゴリズム検討、及び位置特定ロジックの実証試験に向けて、現時点での精度画像処理精度が得られるか不明であることから、高い精度が見込めない場合を想定し、検討を進めることとする。

- 現時点での精度画像処理精度が得られるか不明であることから、高い精度が見込めない場合を想定した。
- 案 2 の位置特定方式を採用する。但し、検討を進める中で画像処理精度の向上が期待できる場合は、案 1 の位置特定方式についても検討を行う。
- 案 2 の方式でも、位置特定精度が悪く実現困難なことが明らかになった場合には、案 3 の方式に変更する。

⇒HALCON の適用範囲の整理

道路標識、及び白線を処理対象と捉えることから、走行画像による位置特定にあたっては、以下の要素が必須になる。

ここでは、各要素について HALCON の適用範囲を整理する。

- 走行画像の取得..... 画像補正等
- 走行画像上の道路標識の検出..... パターンマッチング
- 走行画像上の白線の検出..... パターンマッチング
- 延長方向の位置特定..... 距離計測
- 横断方向の位置特定..... 走行車線位置の検出

HALCON の機能（「エラー! 参照元が見つかりません。」参照）を踏まえ、走行画像の取得

に関して主な処理項目と HALCON の適用について整理した。

整理の結果、走行画像の取得については、概ね HALCON が適用できることが分かった。

整理結果を表 6-22 に示す。

表 6-22 走行画像の取得に関する HALCON の適用

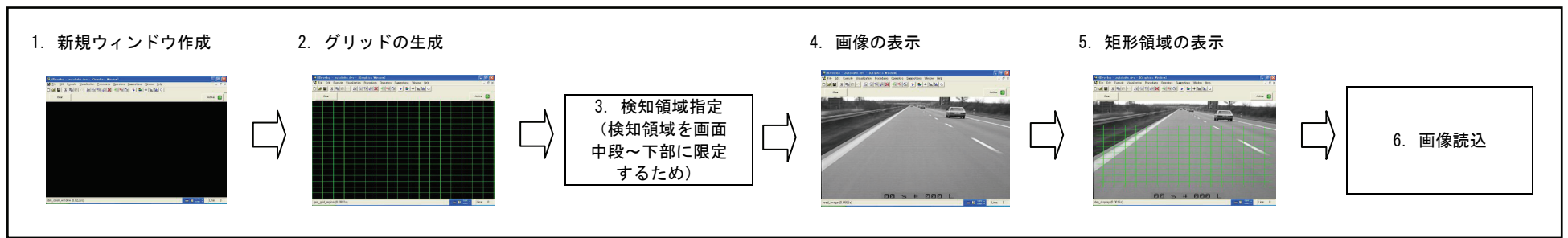
基本処理	対応する HALCON の機能
画像取込み	ビデオカメラからのフレーム単位画像取込み (画像ボードとの IF 処理)
画像補正	歪み補正、グレースケール化などの補正処理
画像強調	エッジ強調
画像切出し	処理領域の絞込み処理

○道路標識の検出

道路標識の検出について、HALCON の機能が適用可能か整理した。

整理にあたっては、HALCON を用い標識検知のロジックを構築し、その適用可否を確認した。この結果、標識検知が可能であることが分かった。図 6-60 に HALCON を用いた標識検知フローを示す。

<前処理>



サンプル1

サンプル2

7. 画像検知領域 (ドメイン) の絞り込み		
8. エッジ (振幅) の検出	エッジ部で 170~255 の範囲のグレイ領域を検出した場合	エッジ部で 110~140 の範囲のグレイ領域を検出した場合
9. 指定グレイ領域の検出		
10. 領域の膨張		
11. 指定グレイ領域の検出	 180~210	 120~130
12. 領域内ホールの塗りつぶし		
13. 検出画像表示		

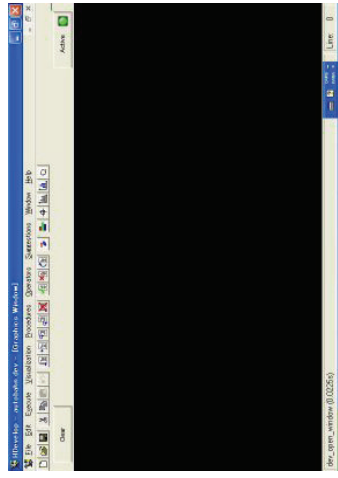
図 6-60 HALCON を用いた標識検知フロー

○白線の検出

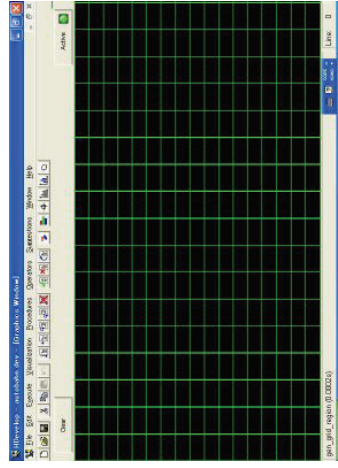
白線の検出について、HALCON の機能が適用可能か整理した。

整理にあたっては、HALCON を用い白線検知のロジックを構築し、その適用可否を確認した。この結果、白線検知が可能であることが分かった。図 6-61 に HALCON を用いた白線検知フローを示す。

1. 新規ウィンドウ作成



2. グリッドの生成



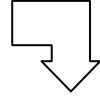
3. 検知領域指定
(検知領域を画面中段~下部
に限定するため)



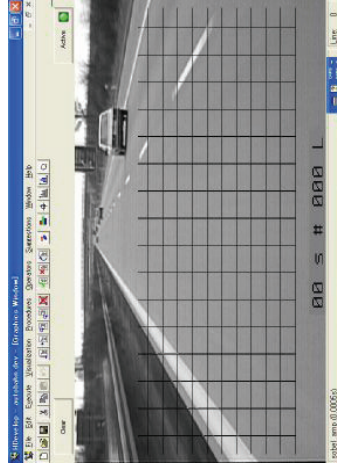
4. 画像の表示



5. 矩形領域の表示



7. 画像検知領域 (ドメイン) の絞り込み



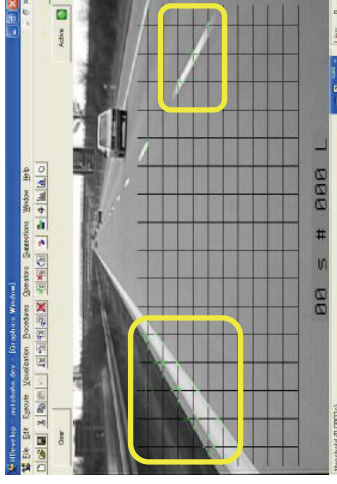
6. 画像読み込



8. エッジ (振幅) の検出



9. 指定グレイ領域の検出



(エッジ部で 40~255 の範囲のグレイ
領域を検出した場合)

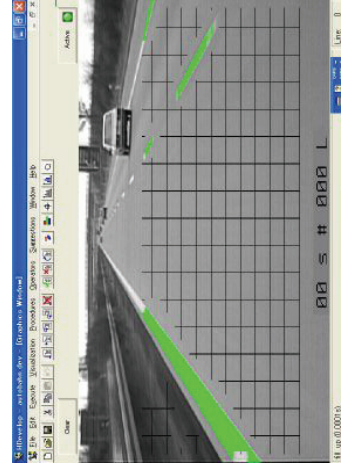
10. 領域の膨張



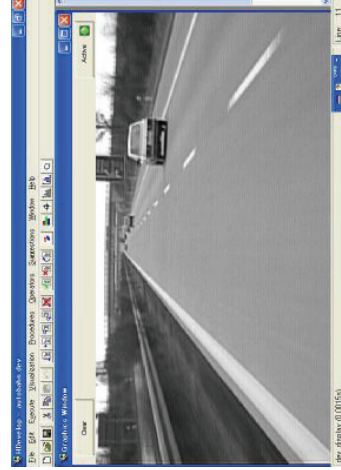
11. 指定グレイ領域の検出



12. 領域内ホールの塗りつぶし



13. 元画像表示



14. 検出画像表示



図 6-61 HALCON を用いた白線検知フロー

画像のフレーム毎に
繰返す



○延長方向の位置特定

延長方向の位置特定における車両ー標識間の距離計測の考え方について、図 6-62 のように整理し、HALCON の適用範囲について整理した。

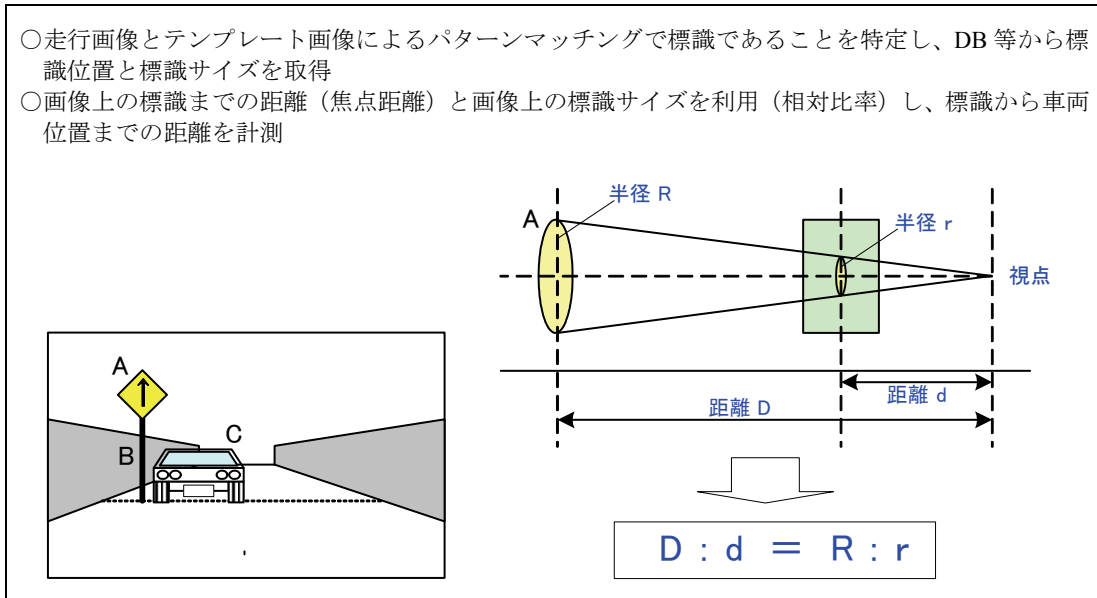


図 6-62 車両ー標識間の距離計測の考え方

図 6-62 に示す考え方に対して HALCON の機能では、標識位置と標識サイズの算出が対応可能である。従って、以下の処理については、別ロジックで実現することとした。

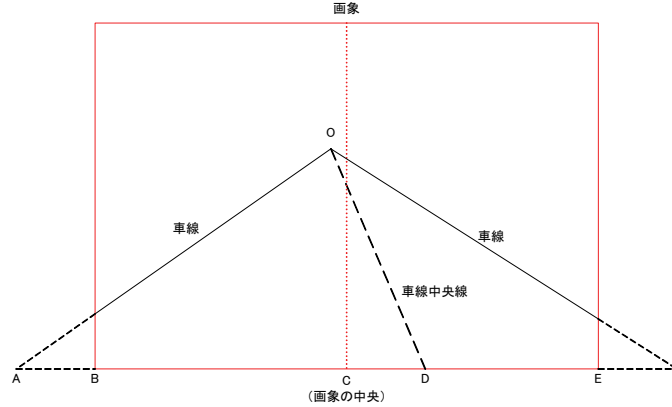
- ・ CCD カメラの焦点距離の算出
- ・ 画像上の軽減サイズとの相対比率を利用した車両ー標識間の距離計測

○横断方向の位置特定

横断方向の位置特定における走行車線位置の検出の考え方について、図 6-63 のように整理し、HALCON の適用範囲について整理した。

- 走行画像上の白線検知対象領域に対して、エッジ抽出処理、閾値設定処理等を実施し、白線領域を抽出する。
- 抽出した白線領域より、車両の走行車線を判別する。

< 走行車線の判別方法（案） >



- ①画像上の各車線（車線中央線も含める）の近似曲線（OA、OD、OF）を求める。
- ②近似曲線と画像の下端との交点（A、D、F）を求める
- ③画像の下端 中央点（C）を求める。
- ④画像の下端 中央点（C）と近似曲線との交点（A、D、F）との位置関係を把握する。
- ⑤走行車線を判別する。

図 6-63 走行車線位置の検出の考え方

図 6-63 の考え方に対して HALCON の機能では、白線検知、及び画像上の線形変換は対応可能である。従って、図中の②～⑤までの処理については別ロジックで実現することとした。

■ 走行画像による位置特定の基本フローの整理

前項で整理した位置特定の考え方、及び HALCON の適用範囲を踏まえ、以後の検討の基本とする位置特定ロジックについて整理した。

整理結果を表 6-23、図 6-64 に示す。

表 6-23 走行画像による位置特定ロジックの概要

処理項目		処理概要
画像取得ロジック	走行画像の取得	車両の前方に設置したカメラからカラー画像を取得する。画像処理時間を短縮するため、取得したカラー画像をモノクロ画像に変換する。
	走行画像の前処理	撮影した走行画像は撮影条件（天候・撮影時刻等）により画像の濃淡が異なるため、濃度補正、画像強調等の前処理を行い、撮影条件による画像処理精度への影響を低減する。
白線検知処理ロジック		走行画像に対してエッジ抽出処理、閾値処理等を行い、走行画像上の白線領域を抽出する。さらに、抽出した白線領域に対して線形回帰（ハフ関数への変換）を行う。
道路標識検知処理ロジック	道路標識情報の収集	走行車両の位置情報を基に、検知対象となる道路標識情報（道路標識の種類、緯度・経度情報、道路標識の大きさ、テンプレート画像）を道路 GIS より収集する。

処理項目		処理概要
	道路標識領域の検知	収集した道路標識情報を基に、道路標識検知に必要なテンプレート画像を読み込む。テンプレート画像上の道路標識領域の形状を認識し、「道路標識情報の収集」において収集した走行画像の中から、認識した形状と相似関係にある領域を道路標識領域として抽出する。
	道路標識サイズの計測	抽出した道路標識領域の大きさ（ピクセル数）を計測する。
車両位置特定処理ロジック	走行車線の判別	「白線検知処理ロジック」の白線領域に対する線形回帰の結果を基に、画像取得時の車両走行車線を判別する。
	標識-カメラ間の距離計測	道路標識サイズの計測結果及び走行車線の判別結果を基に、道路標識-カメラ間の距離を計測する。
	車両位置の特定	道路標識-カメラ間の距離計測結果と道路GISの路線情報を基に、車両の位置情報を特定する。

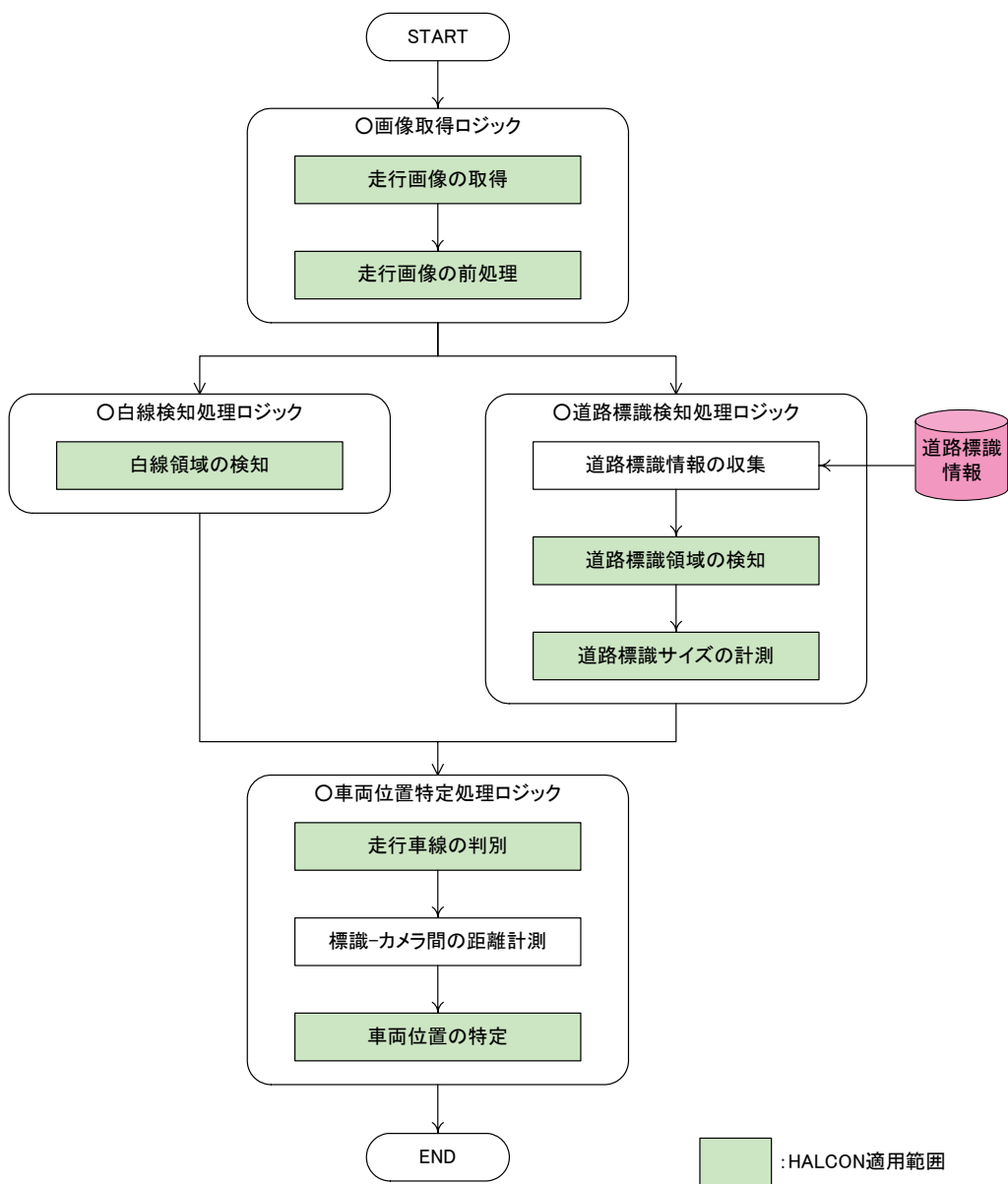


図 6-64 走行画像による位置特定ロジック

b) 道路状況の走行画像取得ロジック検討

位置特定の基本的な考え方に基づいて、CCD カメラを用いた道路状況を取得するための画像検出ロジックのアルゴリズムを検討した。

検討にあたっては、画像を取得するまでの走行画像の取込み、画像補正、画像強調などの各フェーズにおいて、採用する手法や適用する画像処理ソフトの関数の選定・組み合わせ・手順といった視点から行う。なお、対象とする地物については、警戒標識、案内標識、車線などを想定する。

なお、アルゴリズム検討にあたり、対象とする画像については、晴天時の昼間に撮影した画像とする。

■ 走行画像を取得する上での前提条件の整理

○カメラの設置条件について

カメラの設置位置については、車両前方の道路状況をより広角に撮影することができる位置に設置することとする。

<カメラの設置条件>

- ・場所 (※)：車両 屋内の天井 (フロントガラス付近)
- ・方向：車両進行方向、水平方向に対して並行
- ・向き：車両進行方向
- ・焦点距離 (※)
- ・絞り (※)

※カメラ設置条件 (特に、カメラの設置位置、焦点距離、絞り) については、実際に車両走行時の走行画像を様々な設置条件で取得し、取得した画像の中から、最も車両前方の道路状況をより広角に撮影できる条件を設定することとした。

さらに、設置後、車両位置を特定する上で必要となる以下の情報についてデータを取得しておく必要がある。

- ・カメラの設置高さ
- ・GPS アンテナとの位置関係 (水平方向)

○走行画像の種類について

カメラから取得できる走行画像の種類については、カラーとモノクロ、2つの種類がある。カラー画像を用いてパターンマッチングを行う場合、以下の点が懸念されるため、本アルゴリズムにおいては、モノクロ画像を用いて車両位置の特定を行うこととする。

- ・情報量が膨大となり、画像処理を行うために必要となる作業量と時間が膨大になることが懸念される。
- ・カラー画像は、撮影条件 (天候、撮影時刻等) の影響を受けやすく、これらの影響を低減させることはモノクロ画像に比べて困難である。

○画像処理する走行画像の大きさについて

本業務で利用するカメラは、1024×768 の大きさの画像を所得することが可能であるが、以下の理由から取得した画像上の必要な部分のみを切り出し、画像処理を行うこととする。

- ・画像中央から離れるに従い、焦点距離が合わず、画像がぼやける可能性がある。
- ・必要最低限の大きさと画像を取得することにより、画像処理時間を短縮することができる。

※：上記については、カメラの設置条件が決定し、その条件下で取得した走行画像から、切り出し位置及び大きさ等を決定することとした。

○画像取得時の撮影条件について

- ・悪天候時（雨、霧等）は、車両フロントガラス上の水滴や前方視覚不良により、対象物の特定が困難なため対象外とする。
- ・天候条件は、晴天時または曇りで、日中（日没前を除く）を対象とする。
- ・走行箇所によって建物の日影部分、背景等の状況の変化が生じるが、天候条件が良好であれば画像の取得対象とする。（様々な状況下での画像処理の特性把握のため）

■ 走行画像取得ロジック処理フローの整理

前項で整理した画像取得における前提条件を踏まえ、走行画像取得ロジックにおける基本的な処理フローについて整理した。

処理概要処理フローを表 6-24、図 6-65 に示す。

表 6-24 走行取得ロジックの処理概要

処理項目		処理概要
走行画像の取得	画像の取得	車内に設置したカメラから画像処理を行う対象となる画像を取得する。 HALCON は 30 フレーム/秒の画像取得が可能。
	モノクロ画像への変換	カメラからの画像取得時の RGB 画像をモノクロ画像に変換する。
走行画像の前処理	画像検知領域の絞り込み	取得した画像に対して、処理が必要な領域（検知領域）を絞り込む。
	濃度補正	取得画像に対して、以後の画像処理ができる限り同一条件で適用できるように画像濃度を補正する。
	画像強調	取得画像上の検知対象物の明確化のため、強調処理を施す。

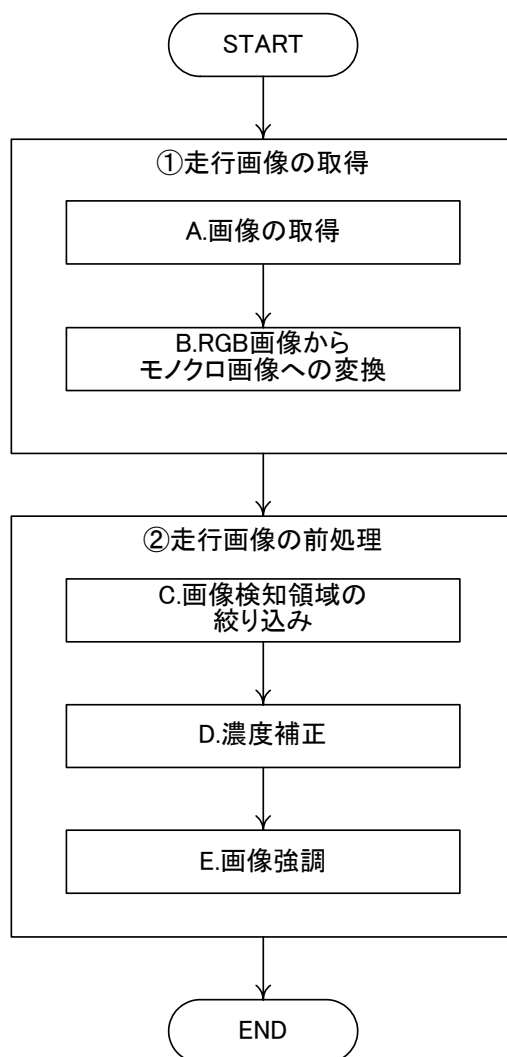


図 6-65 走行画像の取得の処理フロー

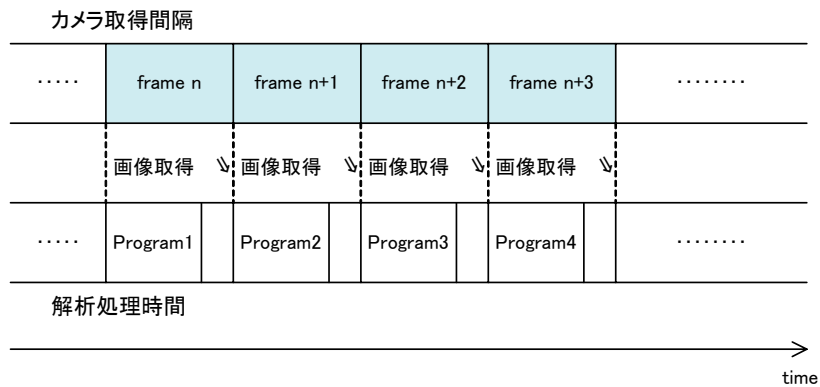
■ 処理内容の検討

前項で整理した走行画像取得ロジックの処理フローを踏まえ、具体的な処理内容について検討した。検討結果を以下に示す。

○画像の取得に関する処理内容

本アルゴリズムにおいては、カメラからの走行画像の取得と解析処理を並列に実行する。解析処理においては、最新の走行画像を利用できるようにするため、収集済の走行画像に対する画像処理が終了した時点で、現在車両屋内に設置したカメラにおいて撮影中の走行画像（カラー画像）を非同期処理にて収集する。走行画像の取得イメージを図 6-66 に示す。さらに、走行画像の収集時刻についても収集する。

- ・画像取得間隔が解析処理時間より長い場合



- ・画像取得間隔が解析処理時間より短い場合

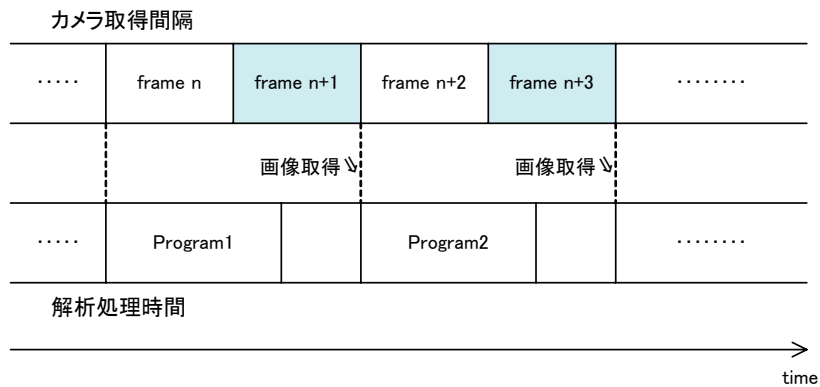


図 6-66 画像の取得イメージ

⇒HALCON の適用

- HALCON を用いて、カメラから画像を取得することは可能。
- カメラの設置条件については、実際に取得した走行画像から判断することとした。

■ RGB 画像からモノクロ画像への変換に関する処理内容

本アルゴリズムにおいては、以下の理由から、画像処理解析にはモノクロ画像を利用する。

- ・画像処理に多大な作業量と時間が必要となることが懸念される。
- ・撮影条件（天候、撮影時刻等）の影響を受けやすい。

⇒HALCON の適用

- HALCON を用いて、取得したカラー画像をモノクロ画像に変換することが可能。

■ 画像検知領域の絞り込みに関する処理内容

本アルゴリズムにおいては、以下の理由から、画像検知領域の絞り込みを行う。

- ・画像処理解析時間を短縮する。
- ・画像中央から離れるに従い、焦点距離が合わず、画像がぼやける可能性がある。

<画像検知領域の絞り込み方法>

モノクロ画像（大きさ：1024×768）の中央点を中心とした領域（○○×○○）を切り出し、画像検知対象領域とする。

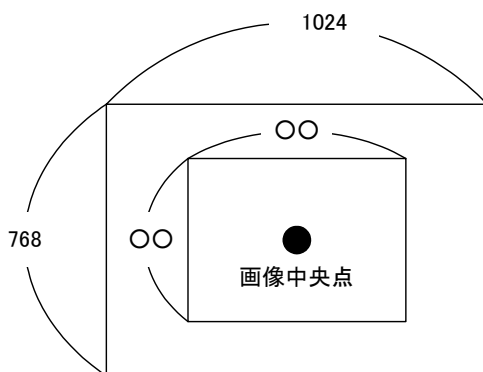


図 6-67 画像検知領域の絞り込みイメージ

⇒HALCON の適用

○HALCON を用いて、走行画像から必要な部分のみを切り出すことは可能。

○画像処理する走行画像の大きさについては、実際に取得した走行画像から判断する。

→カメラの画角調査の結果、カメラから取得した画像上に道路標識検知処理及び白線検知処理を行う際、不要となる領域が無い場合、現時点においては画像検知対象領域の絞り込みは行わないこととした。

■ 濃度補正に関する処理内容

撮影条件（天候、撮影時間等）による走行画像の濃淡の差異を低減するために、収集した走行画像に対し濃度補正処理を行う。

一般的な濃度補正方法として 3 つの方法が挙げられる。各濃度補正方法の特徴を表 6-25 に示す。

表 6-25 一般的な濃度補正方法

濃度補正方法	処理内容	概念図
線形変換	<p>画像階調値がある狭い範囲にしか分布していない場合に、階調の範囲を最小値 (=0) から最大値 (=255) までに線形的に拡張する処理。</p> <p>→取得した全ての画像を一様に階調拡張処理することが可能。</p>	
ヒストグラム平滑化	<p>ある特定の階調値を持つ画素が多数存在している場合に、濃度ヒストグラムを平坦にして画素の階調値を分散させることにより、画像の細部を明瞭にする処理。</p> <p>→画像上における検知対象物(白線、道路標識)の表れ方が変化する(矢印、文字、絵等の道路標識に記載されている模様に変化する)可能性がある。</p>	
その他の変換	<p>階調の範囲を決められた法則に従い、非線形的に拡張する処理。</p> <p><例：非線形変換(ガンマ補正)></p> $g(x,y) = 255 \cdot (f(x,y)/255)^\gamma$ <p>$g(x,y)$ … 濃度補正後の階調値 $f(x,y)$ … 濃度補正前の階調値 γ … 定数</p> <p>→パラメータを設定する必要がある。</p>	

本アルゴリズムにおいては、カメラの撮影位置、撮影時刻等の撮影条件に関わらず、全ての画像を同様に処理することができる「線形変換」を適用することとした。但し、アルゴリズム検証試験において補正状況が良くない場合は、撮影場所等を考慮した方法等について改めて検討することとした。

⇒HALCON の適用

- HALCON を用いて、走行画像を線形濃度変換することは可能。
- モノクロ画像上の画素値の最大値 (Gmax) と最小値 (Gmin) を計測する。計測した画素値を基に、走行画像の階調の範囲を最小値 (=0) から最大値 (=255) までに線形的に拡張する。

■ 画像強調に関する処理内容

取得した画像上における検知対象物(道路標識、白線)を明確にするために、濃度補正を行った画像に対し画像強調処理を行う。

⇒HALCON の適用

○HALCON を用いて、走行画像を画像強調することは可能。

○HALCON における画像強調処理では、最初にローパス特性をもつフィルタ処理を行い、それによって得られたグレイ値(mean)とオリジナルのグレイ値(orig) から次式にしたがって結果のグレイ値(res) を計算する。

$$\text{res} := \text{round}((\text{orig} - \text{mean}) * \text{Factor}) + \text{orig} \quad \text{Factor : 画像強調度}$$

c) 画像テンプレートによるマップマッチングロジック検討

画像テンプレートを用いて、道路標識と車両位置との相対位置関係を計測するためのマップマッチングロジックについて検討を行った。本検討においては、道路標識と車両位置との相対位置関係を計測する上で主たる処理となる。以下の3つのフェーズに分けて、処理ロジックの検討を行った。

- 白線検知処理
- 道路標識検知処理

■ 白線検知処理方法の検討

- 白線検知を行う上での前提条件の整理

水平面に対して並行な道路においては、走行車両に設置したカメラ目線より下に白線は設置されているため、本アルゴリズムにおいては、画像の中央より下の領域を白線検知対象領域として設定する。

- 白線検知処理フローの整理

前項で整理した前提条件を踏まえ、白線検知ロジックにおける処理フローについて整理した。整理結果を図 6-68 に示す。

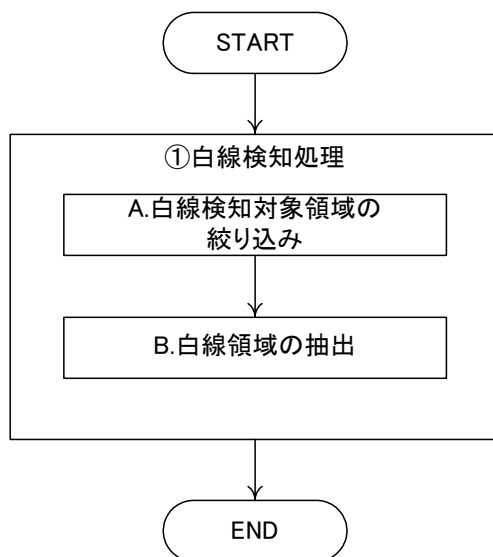


図 6-68 白線検知処理フロー

○白線検知処理内容の検討

- ・白線検知対象領域の絞り込み

画像処理時間の短縮化を図るために、画像検知対象領域の中央点から下の領域に対し、以下の処理を施し、白線領域の抽出対象候補となる領域を設定する。設定した領域に対して「白線領域の抽出」処理を行う。

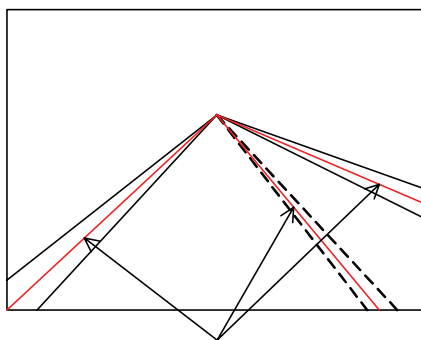
- －エッジ処理
- －閾値処理
- －領域膨張処理

⇒HALCON の適用

○HALCON を用いて、白線検知対象領域を絞り込むことは可能。

○白線領域の抽出

- ・エッジ抽出処理、閾値設定処理等を施した白線検知対象領域に対して白線領域を抽出する。
- ・抽出した各白線領域に対して細線化処理、ハフ変換を施し、白線領域を線形変換する。線形変換した白線領域毎のハフ関数パラメータ (ρ 、 θ) を車両位置特定処理に提供する。



各白線領域を線形変換し、以下の式を求める。

$$\rho = x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta$$

ρ 、 θ : ハフ関数パラメータ

x 、 y : 走行画像上の座標 (原点: 左上)

- ・ HALCON を用いて、白線領域を抽出することは可能。
- ・ 閾値処理等を行う際に必要となるパラメータについては、実際に取得した走行画像の処理解析結果を基に、再度、設定値を見直すこととする。
- ・ HALCON 関数から取得できる情報

$\rho [i]$ $\theta [i]$ \cdots 線形変換結果ごとの ρ と θ の値 ($i=0,1,2,\cdots$)

※車両位置特定処理に提供する前に、 ρ と θ の値がほぼ同一の情報については平均値を計算し、計算した値を提供することとする。

■ 道路標識検知処理方法の検討

○道路標識検知を行う上での前提条件の整理

・検知対象とする道路標識について

一般道路に設置されている道路標識の種類、設置機関等について整理を行った。整理結果を表 6-26 に示す。

本業務においては、以下の視点から検知対象とする道路標識を選定した。

－基本寸法が規定されており、さらに、形状が標識記載内容（文字の大きさ等）に関わらず一定の標識を検知対象とする。

－形状が多角形もしくは形状不定の四角形の道路標識については、走行画像上の道路標識領域を抽出する上で形状を指定することが困難であるため、検知対象外とする。

上記視点に基づき、検知対象標識を選定した結果、図 6-69 において緑色の枠で囲った道路標識を検知対象標識として選定した。

表 6-26 道路標識に関する整理結果

道路標識の種類	設置機関	大きさ及び設置高さ	形状
案内標識	道路管理者	○一般道路に用いられる案内標識は、ほとんどが地名を案内対象にしており、その文字数により基本寸法が異なる。 ○設置高さ 180cm 以上	四角 多角形
警戒標識	道路管理者	○表示板の基本寸法（45cm）が定められている。 ○道路の形状または交通の状況により特別な必要がある場合に、拡大可能（1, 1.3, 1.6, 2 倍） ○設置高さ 100cm 以上	四角
規制標識	公安委員会	○表示板の基本寸法（60cm）が定められている。 ○以下の場合、拡大可能（1.5～2 倍） ・本線車道に設置する場合 ・法令で定める最高速度を越える最高速度を指定した道路に設置する場合 ・片側 4 車線以上の道路に設置する場合 ・オーバヘッド方式もしくはオーバーハング方式により又は他の工作物を利用して設置する場合 ・その他特に必要がある場合 ○設置高さ 100cm 以上	丸 四角 三角
指示標識	公安委員会	○表示板の基本寸法（60cm）が定められている。 ○道路の形状または交通の状況により特別な必要がある場合に、縮小可能（2/3 倍） ○設置高さ 100cm 以上	四角 多角形

道路標識のいろいろ。

案内標識

100 目的地
101 温泉町
102 静岡県
103 静岡県
104 静岡県
105 静岡県
106 静岡県
107 静岡県
108 静岡県
109 静岡県
110 静岡県
111 静岡県
112 静岡県
113 静岡県
114 静岡県
115 静岡県
116 静岡県
117 静岡県
118 静岡県
119 静岡県
120 静岡県
121 静岡県
122 静岡県
123 静岡県
124 静岡県
125 静岡県
126 静岡県
127 静岡県
128 静岡県
129 静岡県
130 静岡県
131 静岡県
132 静岡県
133 静岡県
134 静岡県
135 静岡県
136 静岡県
137 静岡県
138 静岡県
139 静岡県
140 静岡県
141 静岡県
142 静岡県
143 静岡県
144 静岡県
145 静岡県
146 静岡県
147 静岡県
148 静岡県
149 静岡県
150 静岡県
151 静岡県
152 静岡県
153 静岡県
154 静岡県
155 静岡県
156 静岡県
157 静岡県
158 静岡県
159 静岡県
160 静岡県
161 静岡県
162 静岡県
163 静岡県
164 静岡県
165 静岡県
166 静岡県
167 静岡県
168 静岡県
169 静岡県
170 静岡県
171 静岡県
172 静岡県
173 静岡県
174 静岡県
175 静岡県
176 静岡県
177 静岡県
178 静岡県
179 静岡県
180 静岡県
181 静岡県
182 静岡県
183 静岡県
184 静岡県
185 静岡県
186 静岡県
187 静岡県
188 静岡県
189 静岡県
190 静岡県
191 静岡県
192 静岡県
193 静岡県
194 静岡県
195 静岡県
196 静岡県
197 静岡県
198 静岡県
199 静岡県
200 静岡県

規制標識

指示標識

補助標識

201 禁止
202 禁止
203 禁止
204 禁止
205 禁止
206 禁止
207 禁止
208 禁止
209 禁止
210 禁止
211 禁止
212 禁止
213 禁止
214 禁止
215 禁止
216 禁止
217 禁止
218 禁止
219 禁止
220 禁止
221 禁止
222 禁止
223 禁止
224 禁止
225 禁止
226 禁止
227 禁止
228 禁止
229 禁止
230 禁止
231 禁止
232 禁止
233 禁止
234 禁止
235 禁止
236 禁止
237 禁止
238 禁止
239 禁止
240 禁止
241 禁止
242 禁止
243 禁止
244 禁止
245 禁止
246 禁止
247 禁止
248 禁止
249 禁止
250 禁止
251 禁止
252 禁止
253 禁止
254 禁止
255 禁止
256 禁止
257 禁止
258 禁止
259 禁止
260 禁止
261 禁止
262 禁止
263 禁止
264 禁止
265 禁止
266 禁止
267 禁止
268 禁止
269 禁止
270 禁止
271 禁止
272 禁止
273 禁止
274 禁止
275 禁止
276 禁止
277 禁止
278 禁止
279 禁止
280 禁止
281 禁止
282 禁止
283 禁止
284 禁止
285 禁止
286 禁止
287 禁止
288 禁止
289 禁止
290 禁止
291 禁止
292 禁止
293 禁止
294 禁止
295 禁止
296 禁止
297 禁止
298 禁止
299 禁止
300 禁止

図 6-69 検知対象とする道路標識

検知対象標識

・道路標識検知対象領域について

水平面に対して並行な道路においては、走行車両に設置したカメラ目線より上に道路標識は設置されているため、本アルゴリズムにおいては、画像の中央より上の領域を白線検知対象領域として設定することとした。

・データ整備項目について

パターンマッチングを行う場合、道路標識に関する以下のデータを予めデータ整備しておく必要がある。

- －設置位置の緯度・経度
- －形状・記載内容
- －大きさ

本業務においては、道路標識に関わるデータについては道路 GIS から抽出することを想定していたが、道路 GIS では、「設置位置の緯度・経度」と「形状・記載内容」に関するデータしか整備されていない。そのため、本業務では、新たに「大きさ」に関するデータを整備することとした。

警戒標識については設置機関が道路管理者であるため、道路管理者が保有する MICHIS システムにおいて蓄積・管理されている道路標識の「拡大率」から「大きさ」に関するデータを整備することは可能であると考えられる。

○道路標識検知処理フローの整理

前項で整理した前提条件を踏まえ、道路標識検知ロジックにおける処理フローについて整理した。整理結果を図 6-70 に示す。

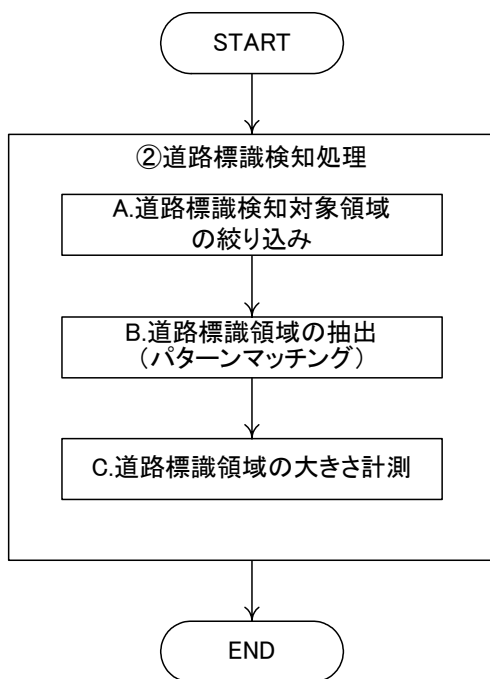


図 6-70 道路標識検知処理フロー

○道路標識検知処理内容の検討

・道路標識検知対象領域の絞り込み

本アルゴリズムにおいては、画像処理時間の短縮化を図るため、画像の中央より上の領域を道路標識検知対象領域として設定し、以後、設定した領域に対して「道路標識領域の抽出」、「道路標識領域の大きさ計測」の処理を行う。

絞り込みの際は、道路標識の位置情報、形式、大きさに関する情報を道路標識情報を記載した CSV ファイルから情報を収集することとする。CSV ファイルのフォーマットを以下に示す。

(N 行目) ID (CHAR 6 桁 英数半角), 緯度 (REAL 15.13 桁),
経度 (REAL 17.14 桁), 形状 (CHAR 5 桁 英数半角), 大きさ (REAL 4.3 桁)

⇒HALCON の適用

○HALCON を用いて、道路標識検知対象領域を絞り込むことは可能。

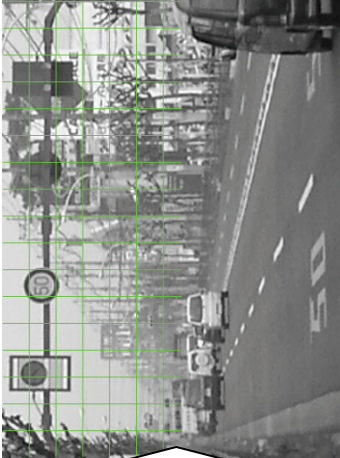
○道路標識領域の抽出

- ・ CSV ファイルから収集した道路標識の形式情報を基に、道路標識検知に必要となるテンプレート画像を読み込む。走行画像の中からテンプレート画像上の道路標識領域と形状及び大きさが相似関係にある領域を抽出する。
- ・ 道路標識領域の抽出方法としては、主に以下の 2 つの方法が挙げられる。
 - ーパターン画像との相関分析方法
道路標識検知対象領域の中から、マッチング用画像と適合する領域を道路標識領域として抽出する方法。
 - ーエッジ抽出方法
走行画像上の階調値の違いから、道路地物毎に領域を分割する。分割した領域の中から、道路標識の形状と適合する領域を道路標識領域として抽出する方法。
- ・ HALCON を用いてエッジ抽出方法の実装は可能。また、エッジ抽出法により、道路標識領域を抽出することは可能。
- ・ エッジ抽出方法 (案) と抽出結果のイメージを図 6-71、図 6-72 に示す。

1. 画像の表示



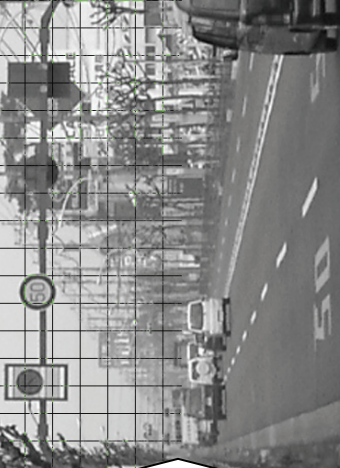
2. 道路標識検知領域の設定



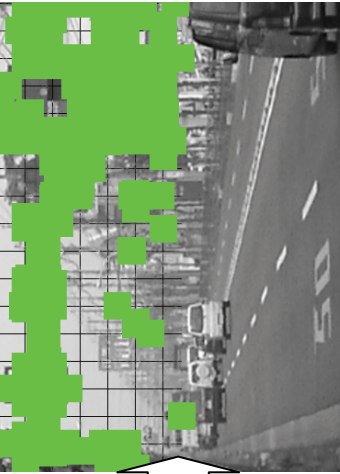
3. エッジ (振幅) の検出



4. 指定グレイ領域の絞り込み



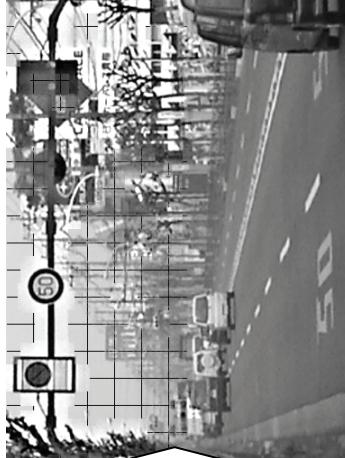
5. 絞り込み領域の表示



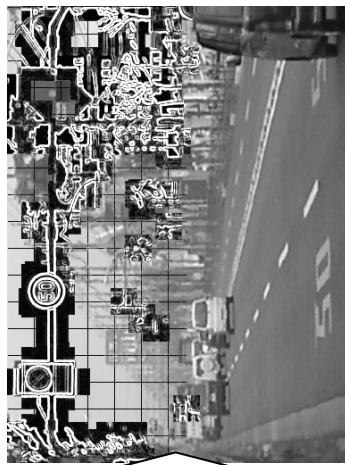
6. 画像の表示



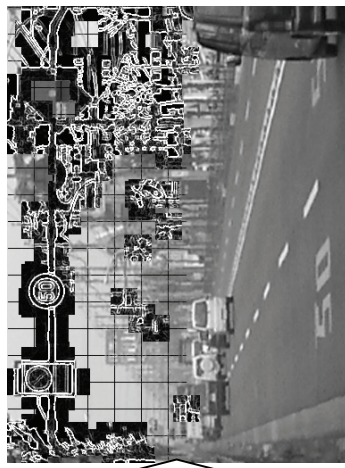
7. 画像強調



8. エッジ (振幅) の検出



9. エッジの細線化処理



10. 指定グレイ領域の絞り込み

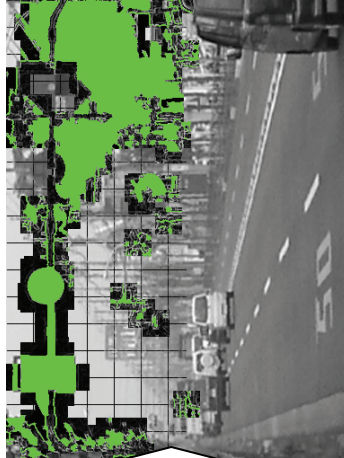


相関分析方法の場合、以降、テンプレート画像とのパターンマッチングを行う。

11. エッジの補間処理



12. 領域の膨張

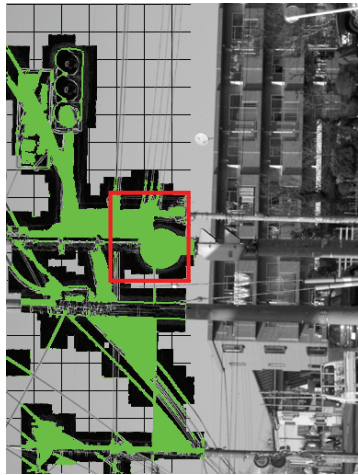
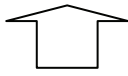
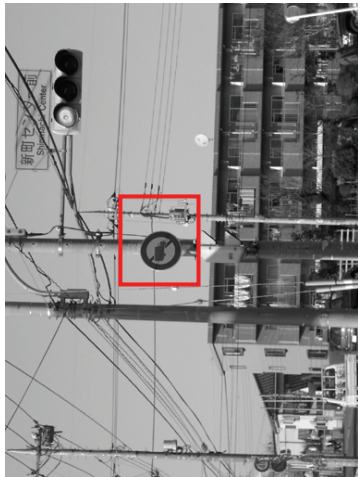


13. 道路標識 (円形) 領域の抽出



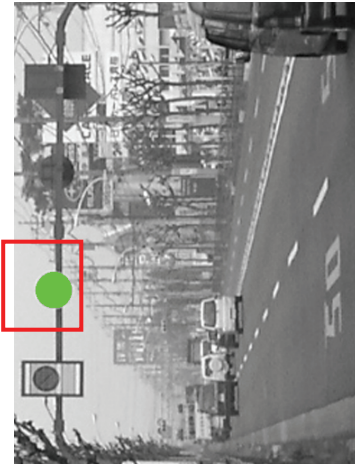
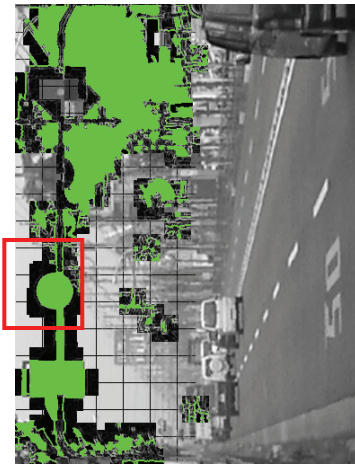
図 6-71 エッジ抽出方法 (案)

手前の道路標識を対象にした場合



背景の電柱等が明確であるため、道路標識領域のみを抽出できない。

遠方の道路標識を対象にした場合



背景がぼやけているため、道路標識領域のみを抽出することが可能

図 6-72 エッジ抽出方法による道路標識領域の抽出結果イメージ

○道路標識領域の大きさ計測

走行画像上における道路標識の垂直（水平）方向の長さ $V_{\text{CCD-ピクセル}}$ （ピクセル）を計測する。

⇒HALCON の適用

○HALCON を用いて、道路標識領域の大きさを計測することは可能。

○HALCON 関数から取得できる情報

$V_{\text{CCD-ピクセル}}[i]$ …… 道路標識領域ごとのサイズ計測結果 ($i=0,1,2,\dots$)

d) 道路状況の走行画像による位置特定同期ロジック検討

■ 車両位置特定処理を行う上での前提条件の整理

○データ整備項目について

車両位置特定処理を行う場合、道路標識に関する以下のデータを予めデータ整備しておく必要がある。

- ・設置位置の緯度・経度、水平高さ
- ・設置高さ
- ・大きさ

本業務においては、道路標識に関わるデータについては道路 GIS から抽出することを想定していたが、道路 GIS では、「設置位置の緯度・経度」に関するデータしか整備されていない。そのため、本業務では、新たに「水平高さ」、「設置高さ」、「大きさ」に関するデータを整備することとした。

警戒標識については設置機関が道路管理者であるため、道路管理者が保有する MICH システムにおいて蓄積・管理されている道路標識の「拡大率」から「大きさ」に関するデータを整備することは可能であると考えられる。

○車両の走行位置について

本アルゴリズムにおいては、車両は走行車線中央を走行していると仮定することとした。

■ 車両位置特定処理ロジックのフローの整理

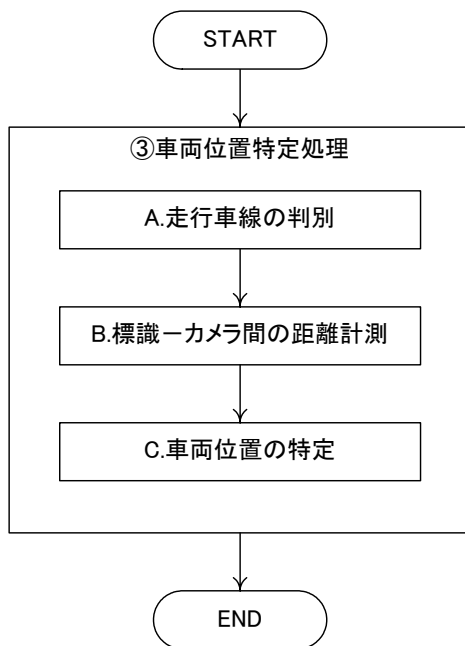
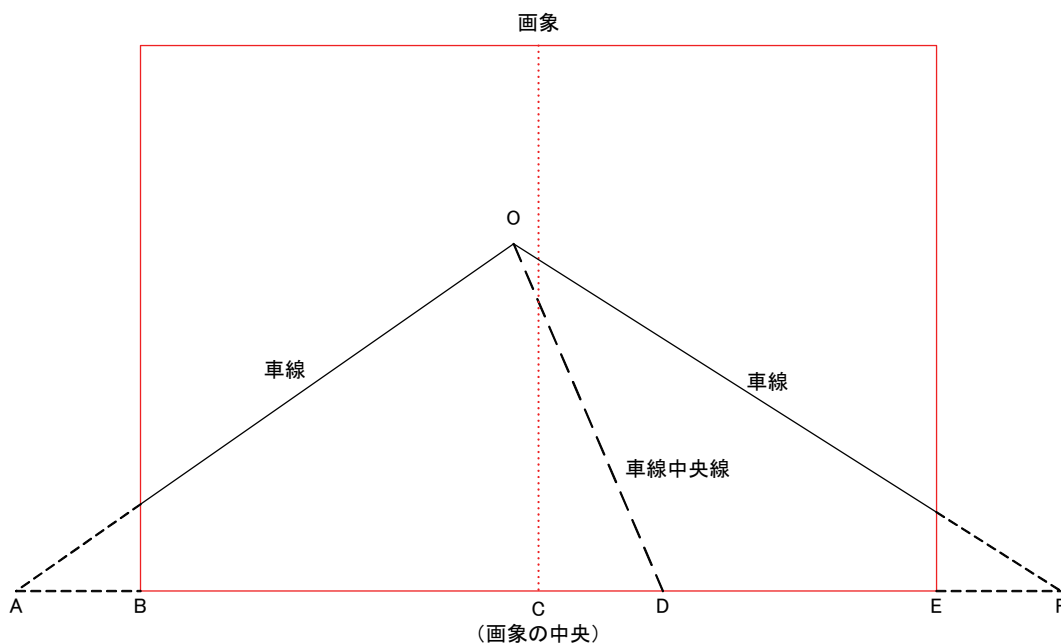


図 6-73 車両位置特定処理フロー

■ 車両位置特定同期ロジックの処理内容の検討

○ 走行車線の判別

白線検知処理において抽出した白線領域（線形領域）の延長線と画像下端の延長線との交点をもとめる。画像下端の中央点より左側にある交点の数を計測する。計測結果を基に、走行車線を判別する。（交点の数＝左側からの車線数）



- ①画像上の各車線（車線中央線も含める）の近似曲線（OA、OD、OF）を求める。
- ②近似曲線と画像の下端との交点（A、D、F）を求める
- ③画像の下端 中央点（C）を求める。
- ④画像の下端 中央点（C）と近似曲線との交点（A、D、F）との位置関係を把握する。

⑤ 走行車線を判別する。

⇒HALCON の適用 (交点の計算方法)

○ハフ関数 $\rho = x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta$ を $x = (\rho - y \cdot \sin \theta) / \cos \theta$ に変換する。

ρ, θ : 白線検知処理の計算結果、 $y=768$ (画像下端の座標) を入力する

○上式より、交点 A、D、F の x 座標を求める。

○標識—カメラ間の距離計測

・道路標識の大きさ情報を収集する

道路標識検知処理において収集した実際の道路標識の大きさ V_R (mm) を収集する。

・道路標識—カメラ間の距離を計測する

道路標識の位置情報と道路標識検知処理において収集した道路標識サイズの計測情報を基に、道路標識—カメラ間の距離を計算する。道路標識—カメラ間の距離計算方法の考え方を図 6-74 に示す。

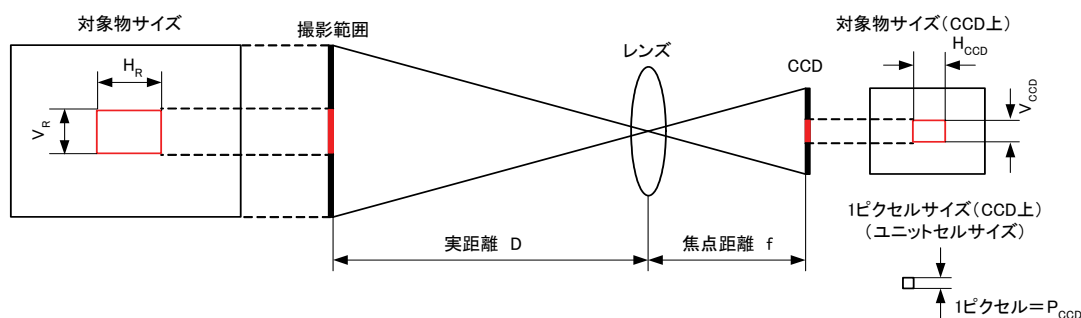


図 6-74 道路標識—カメラ間の距離計算方法の考え方

<道路標識—カメラ間の距離計算方法>

①画像上の道路標識サイズ $V_{\text{CCD-ピクセル}}$ を収集する。(道路標識検知処理における計測結果)

②①で収集した道路標識サイズの単位をピクセルから mm に換算する。

※ピクセルから mm への換算方法

本業務で利用するカメラの 1 ピクセルサイズ (ユニットセルサイズ) が 4.65×10^{-3} (mm/pixel) であるため、mm 換算した道路標識サイズ V_{CCD} は、 $V_{\text{CCD-ピクセル}} \times 4.65 \times 10^{-3}$ (mm) と表すことができる。

③実際の道路標識大きさ情報 V_R (mm) を収集する。(道路標識検知処理における収集結果)

④道路標識からカメラレンズまでの実距離 D を計算する。

※実距離 D の計算方法

本業務で利用するカメラの焦点距離 f (ピントを ∞ に設定した場合の焦点距離) は 50.0×10^{-3} (m) であるため、道路標識からカメラレンズまでの実距離 D は、

$$D = 50.0 \times 10^{-3} \times V_R / (V_{\text{CCD-ピクセル}} \times 4.65 \times 10^{-3}) \text{ (m)}$$

○車両位置の特定

- ・カメラ位置を特定する

標識-カメラ間の距離計測結果を基に、カメラの位置情報を計算する。以下にカメラ位置の特定方法の概念図を図 6-75 に示す。

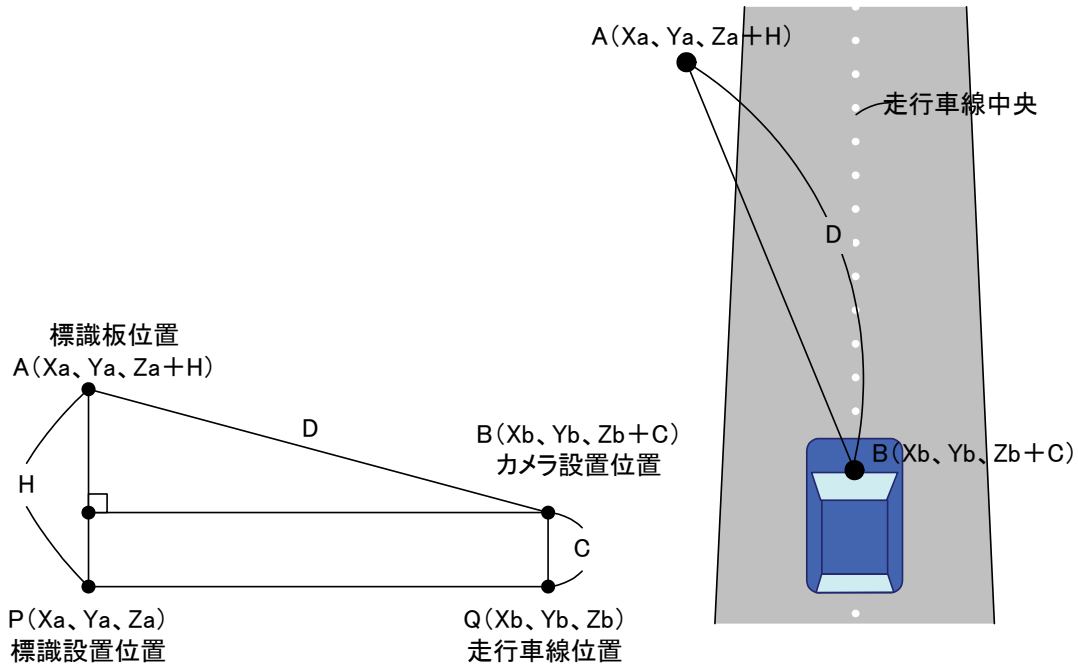


図 6-75 カメラ位置の特定方法の概念図

<カメラ位置の特定方法>

- ①走行車線の判別結果を収集する。
- ②①の結果を基に、道路 GIS より走行車線中央線の位置情報 Q を収集する。
- ③カメラ設置位置を通り、②の走行車線中央線と並行の曲線を求める。
- ④標識板位置を中心とした半径 D の球と③の曲線との交点を求める。
- ⑤前回の処理において算出した車両位置に近い交点 B を求める。

- ・GPS 位置を特定する

計算したカメラの位置情報を基に、車両に設置されている GPS の位置情報を計算する。GPS 位置情報の計算方法の概念を図 6-76 に示す。

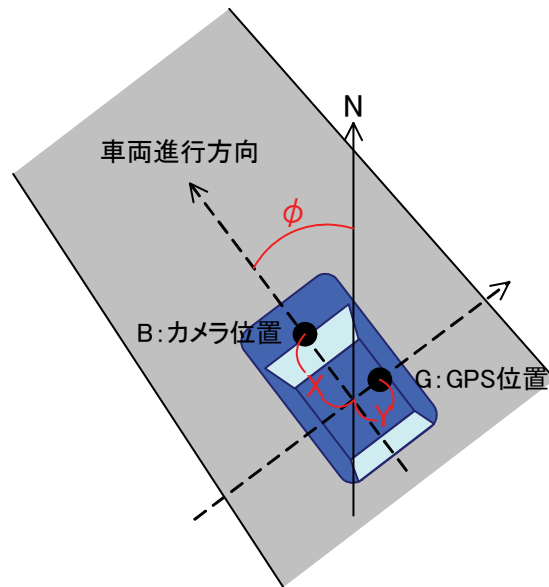


図 6-76 GPS 位置情報の計算方法の概念

<GPS 位置情報の計算方法>

- ①カメラの位置情報 B を収集する。
- ②車両進行方向と方角：北との角度を位置特定パッケージより収集する。
- ③①、②の情報を基に、GPS 位置情報を計算する。

※GPS 位置情報の計算方法

カメラ位置情報を B (Xb、Yb)、GPS 位置情報を G (Xg、Yg) とすると、GPS 位置情報は以下のように求めることができる。

$$Xg = Xb + X \cdot \cos \phi + Y \cdot \sin \phi$$

$$Yg = Yb + X \cdot \sin \phi - Y \cdot \cos \phi$$

- ・車両位置情報を提供する
- 計算した車両位置情報を位置特定パッケージに提供する。

e) CCD カメラによる画像処理の設計及びシステム作成

これまでにロジックの検討を行ってきた画像処理アルゴリズムの検証を行うため、そのアルゴリズムを踏まえた画像処理システムの設計及び製作を行った。

前項に示した実験検証項目に対して、以後ここで製作した画像処理システムを用いて実証試験を行った。

なお、本システムの画像処理エンジンには HALCON を使い、表 6-27 に示すように、各画像処理ロジックに対し HALCON 関数を適用し、それに基づきシステムの設計・製作を行った。

システムの基本設計書、詳細設計書及び実装設計書を別添資料 10 に示す。

表 6-27 画像処理ロジック別の HALCON 適用関数

処理ロジック	処理項目	適用した HALCON 関数	関数の概要
画像取得ロジック	○走行画像の取得		
	画像の取得	<ul style="list-style-type: none"> ・info_framegrabber ・open_framegrabber ・grab_image 	カメラの情報収集 カメラとの接続 画像の取得
	カラー画像からモノクロ画像への変換	<ul style="list-style-type: none"> ・rgbl_to_gray 	カラー画像からモノクロ画像への変換
	○走行画像の前処理		
	濃度補正	<ul style="list-style-type: none"> ・min_max_gray ・scale_image 	画像上の最大・最小輝度値抽出 輝度値線形変換
	画像強調	<ul style="list-style-type: none"> ・emphasize 	画像強調
白線検知処理ロジック		<ul style="list-style-type: none"> ・gen_grid_region ・clip_region ・reduce_domain ・sobel_amp ・threshold ・dilation_rectangle1 ・fill_up ・morph_skiz ・hough_lines ・connection ・gen_region_hline 	グリッドの生成 グリッドの切り抜き 検知対象領域の絞り込み ソーベル変換 閾値処理 領域の膨張 領域の塗りつぶし 領域の細線化 白線領域の線形変換 領域分割 線形領域の角度・距離算出
道路標識検知処理ロジック	○道路標識情報の収集		
	テンプレート画像の読み込み	<ul style="list-style-type: none"> ・read_image ・get_image_pointer1 ・threshold ・connection ・select_shape ・fill_up ・dilation_circle ・reduce_domain ・create_scaled_shape_model ・get_shape_model_contours 	画像の読み込み 画像データポインタの作成 閾値処理 領域分割 領域の選択 領域の塗りつぶし 領域の膨張 領域の絞り込み モデル領域の作成 モデル領域の輪郭抽出
	○道路標識領域の検知 道路標識領域の抽出	<ul style="list-style-type: none"> ・find_scaled_shape_model 	標識 (モデル領域) 検知処理