

ステレオカメラによる 交通環境認識と歩行者の検出

2012年11月7日

東京工業大学
実吉 敬二

内容

1. ステレオカメラの利点
2. ステレオカメラの仕組み
3. 交通環境認識
4. 処理の高速化
5. 90年代における開発(ビデオ)
6. 歩行者の検出

内容

1. ステレオカメラの利点
2. ステレオカメラの仕組み
3. 交通環境認識
4. 処理の高速化
5. 90年代における開発(ビデオ)
6. 歩行者の検出

様々な周囲環境認識に使われる 様々なセンサ



レーザーレーダー



ミリ波レーダー



単眼カメラ



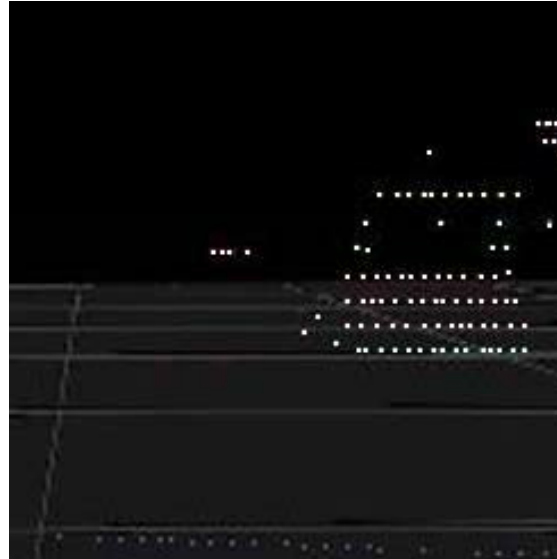
ステレオカメラ

ステレオカメラの利点

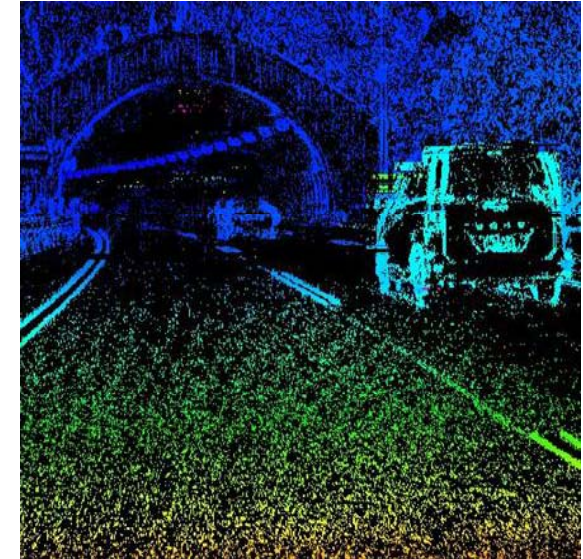
1. 情報量の多さ



単眼カメラ



LRFによる計測

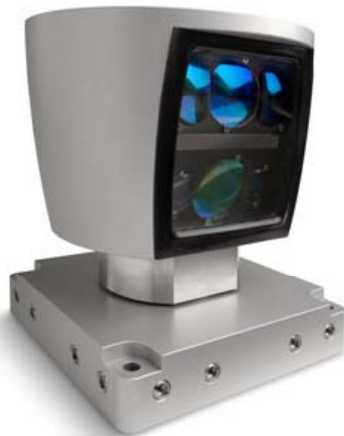
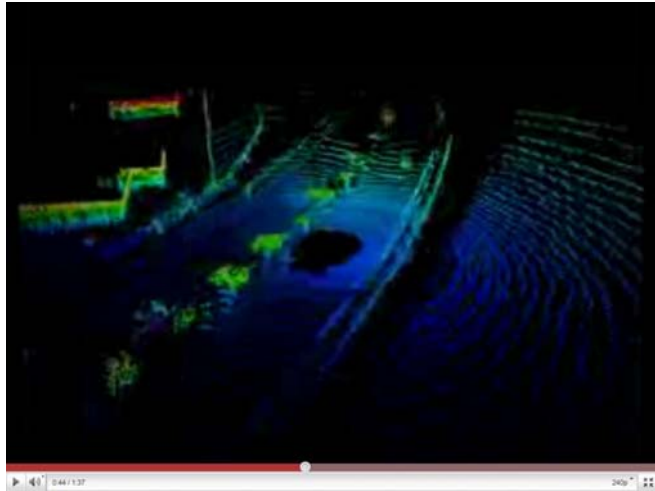


ステレオによる計測

単眼カメラ、レーザーレンジファインダー（LRF）とステレオカメラによる計測における情報量の違い

ステレオカメラの利点

2. 視野の広さ



360度
10万画素相当
1千万円
10-15fps

レーザーレンジ
ファインダー



360度
150万画素
100万円
30fps

全方位カメラ
ステレオ化した場合の予測

ステレオカメラの利点

3. 処理速度の速さ

ステレオ画像処理

FPGA使用: 275fps (VGA)

160fps (1312 × 688pix.)

Intel Pentium4: 30fps (VGA)

レーザーレンジファインダー

I社: 25fps (縦方向4本)

V社: 15fps (縦方向64本)

H社: 40fps (縦方向1本)

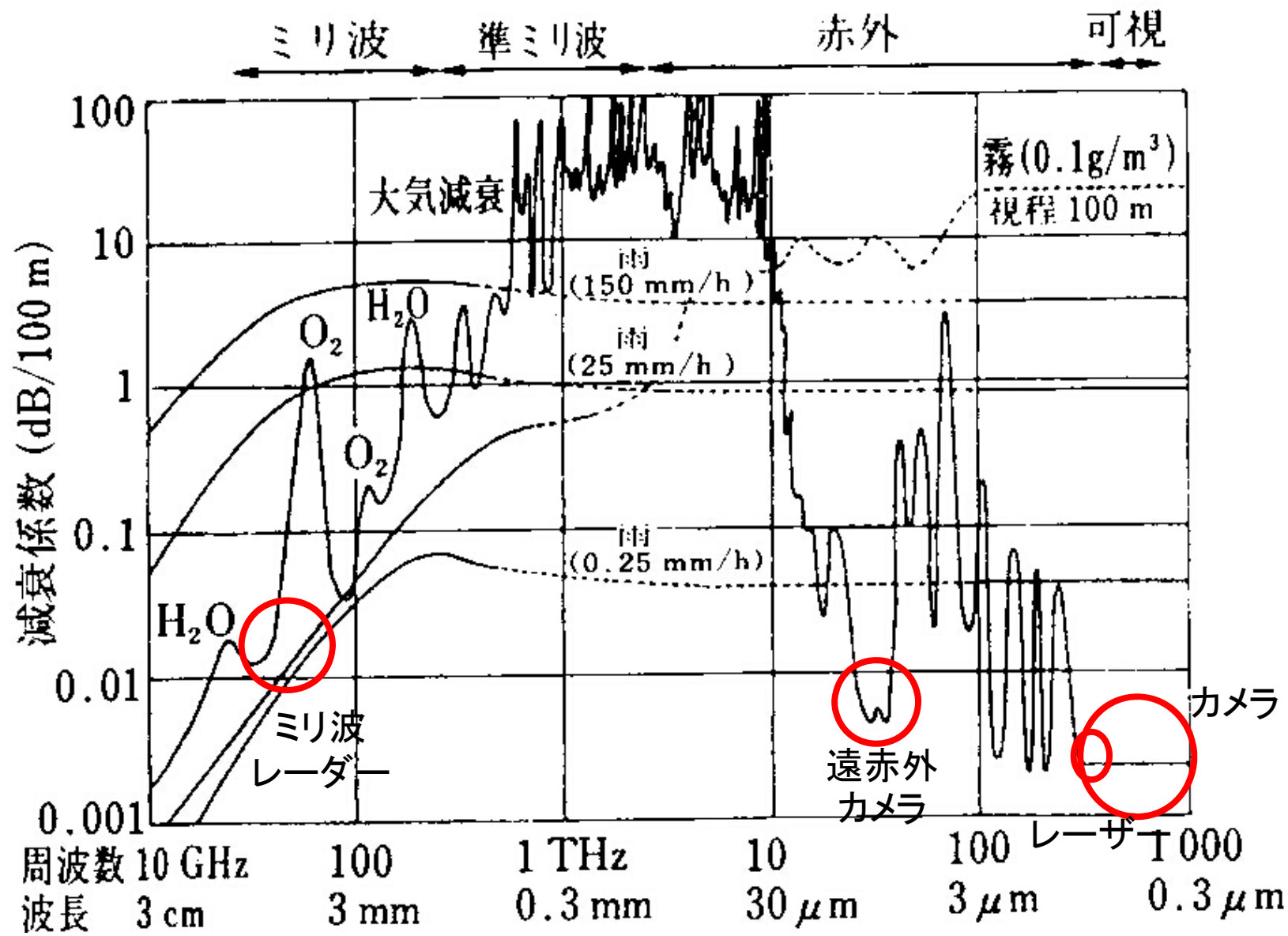


図1-7 電磁波の減衰

実用化されているセンサの比較

| | ステレオ | 単眼 | レーザー | ミリ波 |
|---------|------|----|------|-----|
| 100m先検出 | ○ | × | ◎ | ◎ |
| 視野角 | ◎ | ◎ | △ | △ |
| 距離精度 | ○ | × | ◎ | ◎ |
| 横方向精度 | ◎ | ○ | △ | △ |
| 白線検出 | ◎ | ○ | × | × |
| 雨・雪 | ○ | ○ | ○ | ◎ |
| 霧 | △ | △ | △ | ◎ |
| 夜間 | ○ | ○ | ◎ | ◎ |
| 物体依存性 | ○ | ○ | △ | △ |
| 干渉 | ◎ | ◎ | △ | △ |
| 安全性 | ◎ | ◎ | △ | ○ |
| コスト | △ | ◎ | ○ | △ |

ステレオカメラが優位

実用化されている各種距離センサの比較

要するにステレオカメラは

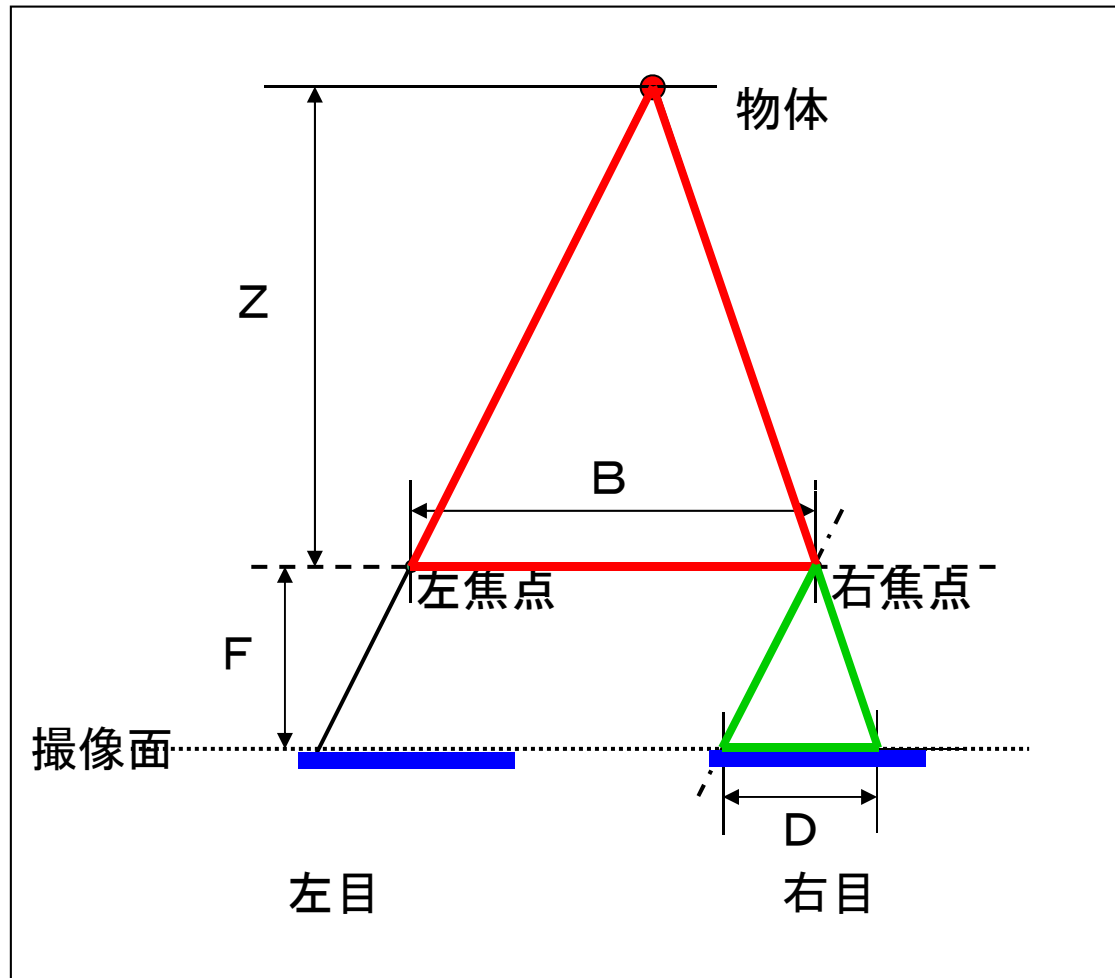
複数の立体物の大きさ、位置、速度を瞬時に検出し、しかも走行領域の境界となる側壁や路肩、白線や黄線などの路面上のマークまでの的確に検出することのできる唯一のセンサー

内容

1. ステレオカメラの利点
2. ステレオカメラの仕組み
3. 交通環境認識
4. 処理の高速化
5. 90年代における開発(ビデオ)
6. 歩行者の検出

距離情報の取得

- 視差と物体までの距離の関係



赤三角形と
緑三角形の
相似関係から

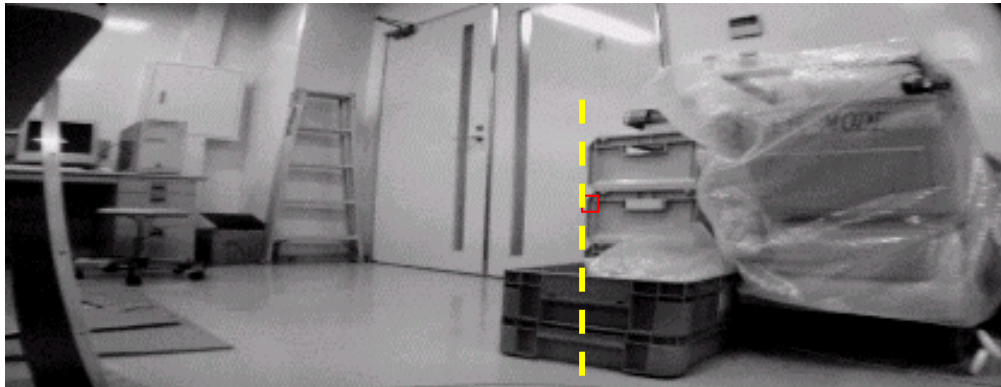
$$Z = \frac{B \times F}{D}$$

Z : 距離
B : カメラ間距離
F : 焦点距離
D : 視差

距離情報の取得

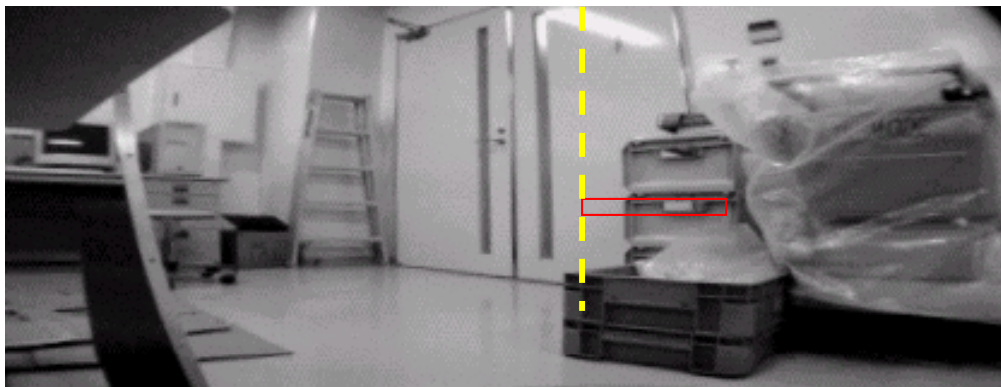
- 二つのカメラで取り込んだ画像

右画像



右画像の赤枠内
と同じパターン
を左画像の赤枠
内から探す。

左画像



距離情報の取得

- 赤枠内の画像を拡大表示

右画像



左画像



同じパターンはどこにあるのか？

距離情報の取得

- マッチング評価関数

右画像

| | | |
|----|----|----|
| 25 | 28 | 34 |
| 33 | 47 | 39 |
| 60 | 77 | 61 |

左画像

| | | |
|----|----|----|
| 17 | 19 | 23 |
| 22 | 38 | 44 |
| 56 | 80 | 75 |

輝度は数値 (Br_i, Bl_i)
で表されている

同じ位置*i*にある輝度の差の
絶対値を求め、それを領域全
体にわたって足し合わせる。

$$SAD = \sum_i |Br_i - Bl_i|$$

実際には4×8画素の領域

距離情報の取得

- 右画像を1画素ずつ右へ動かしてSADを計算

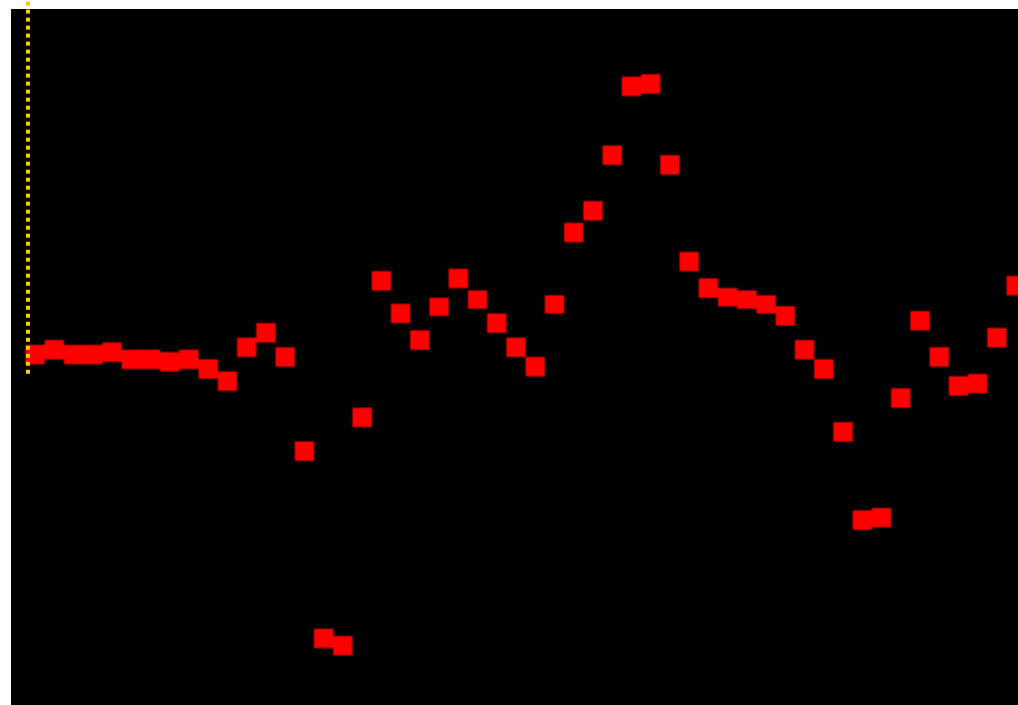
右画像



左画像



SAD



動かした画素数

距離情報の取得

- 一番小さいSADのとき，最も類似している。

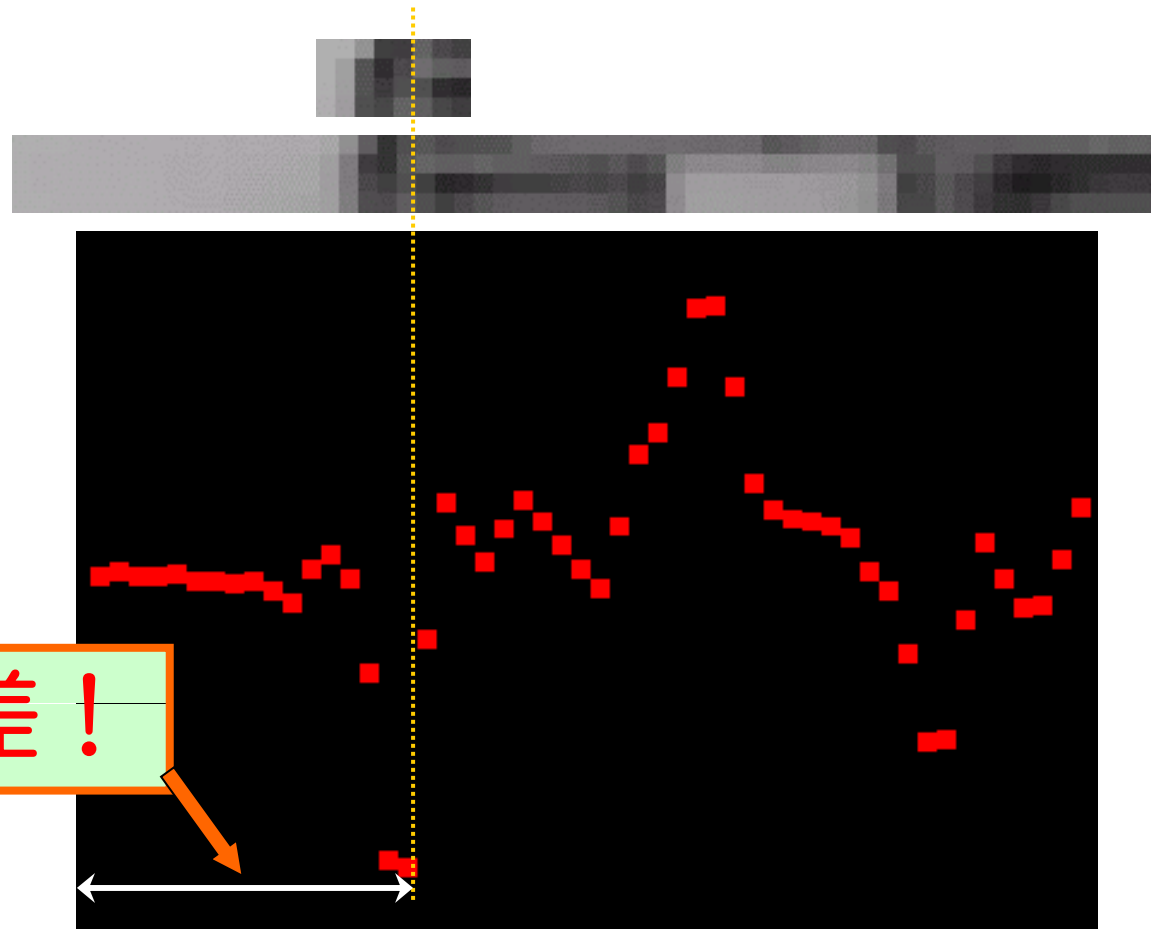
右画像

左画像

SAD

これが視差！

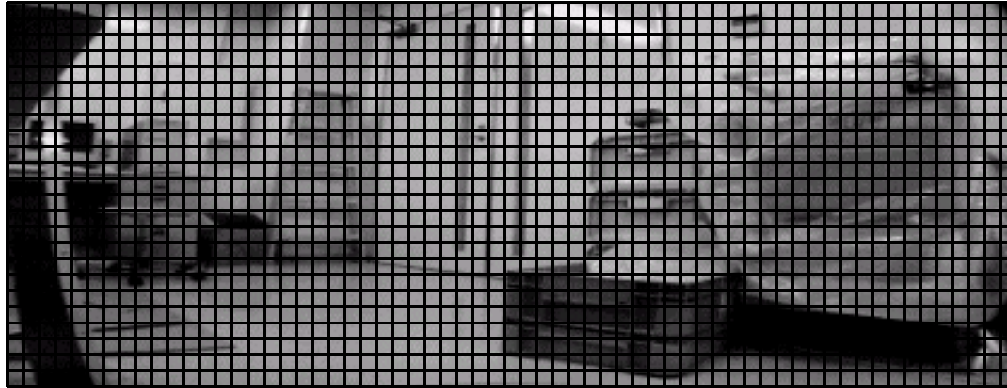
動かした画素数



距離(視差)画像

- 右画像を小領域(8×4 画素)に分割する.

右画像



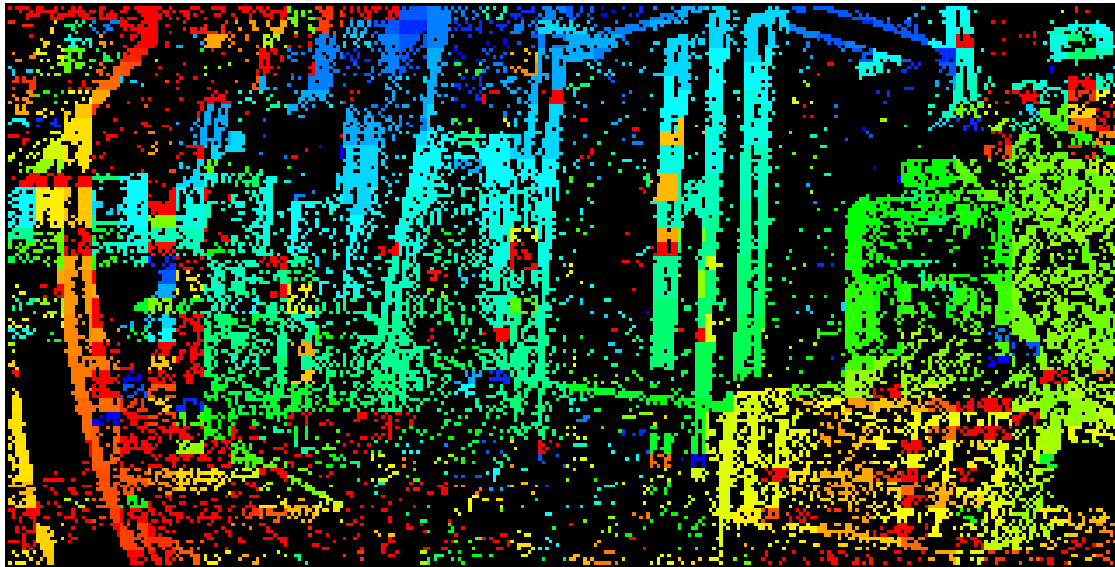
左画像



小領域ごとに左画像を探索して視差を求める。

距離(視差)画像

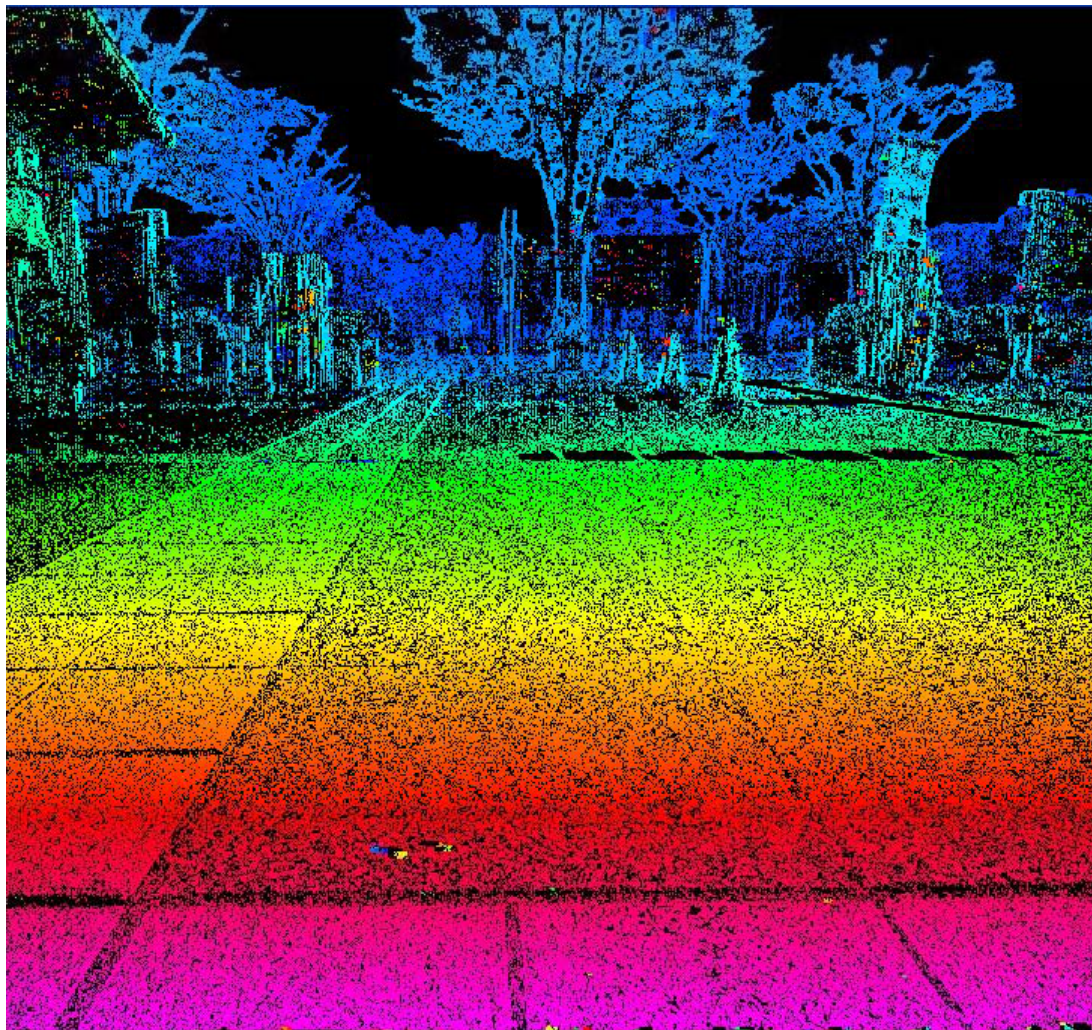
- 出来上がった距離(視差)画像.



パターンのぼけているところ (隣り合う画素の輝度差が小さい) の視差は求めない (黒い部分) .

赤い点がポチポチあるのは, ミスマッチング.

屋外での視差画像の例

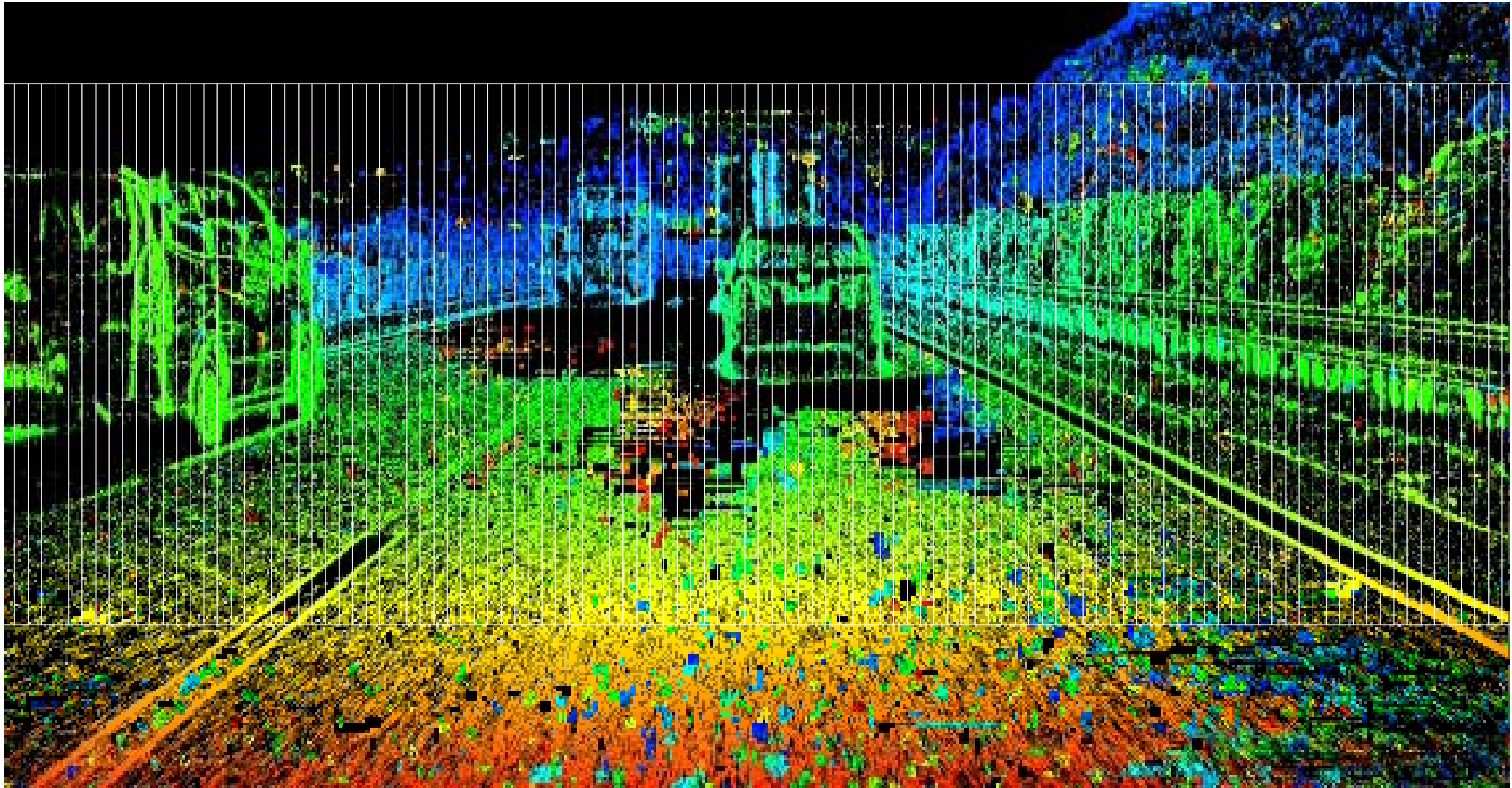


2048 × 2048画素

内容

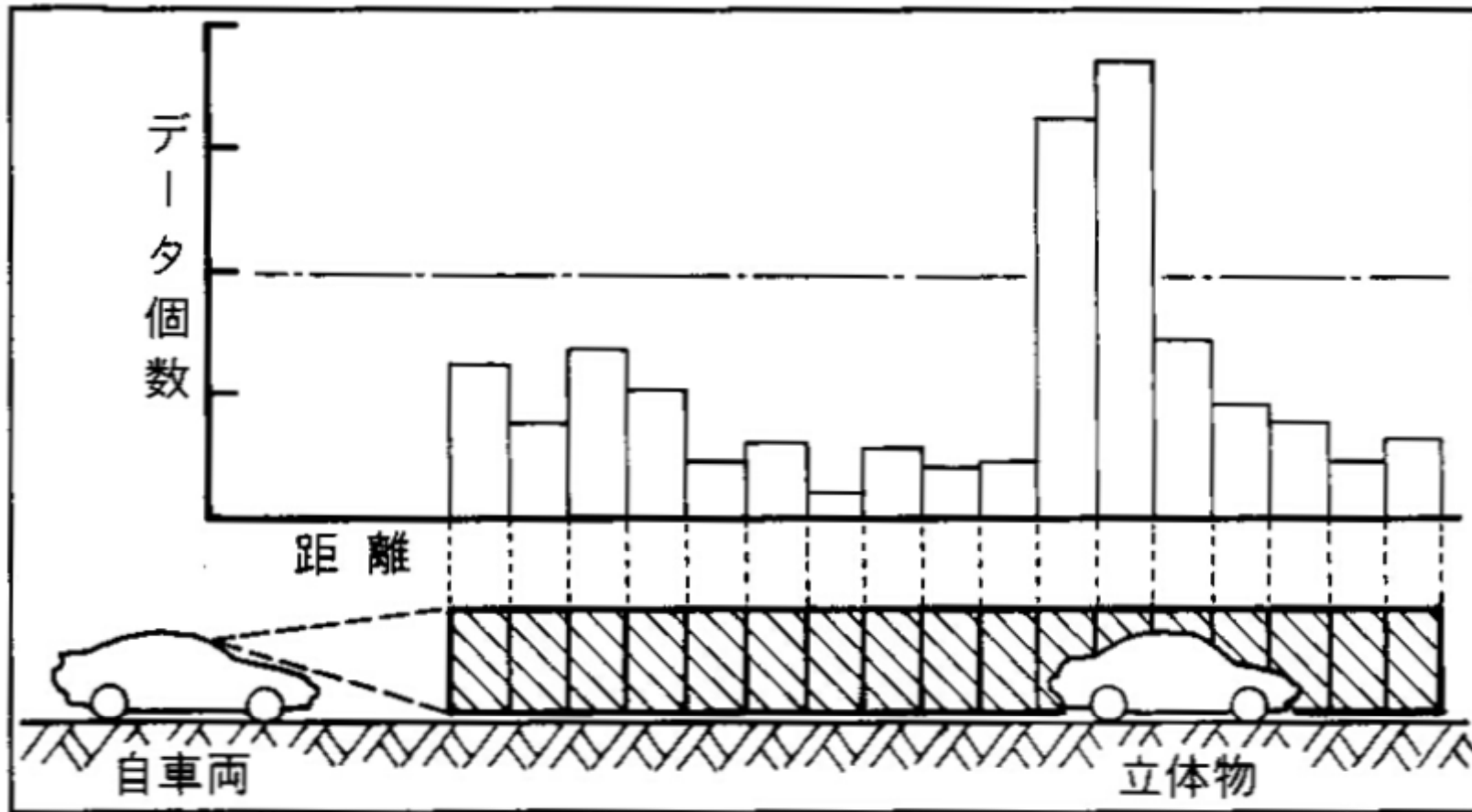
1. ステレオカメラの利点
2. ステレオカメラの仕組み
- 3. 交通環境認識**
4. 処理の高速化
5. 90年代における開発(ビデオ)
6. 歩行者の検出

立体物の検出



視差画像を幅がマッチング領域の幅と同じ幅の短冊形に分割する

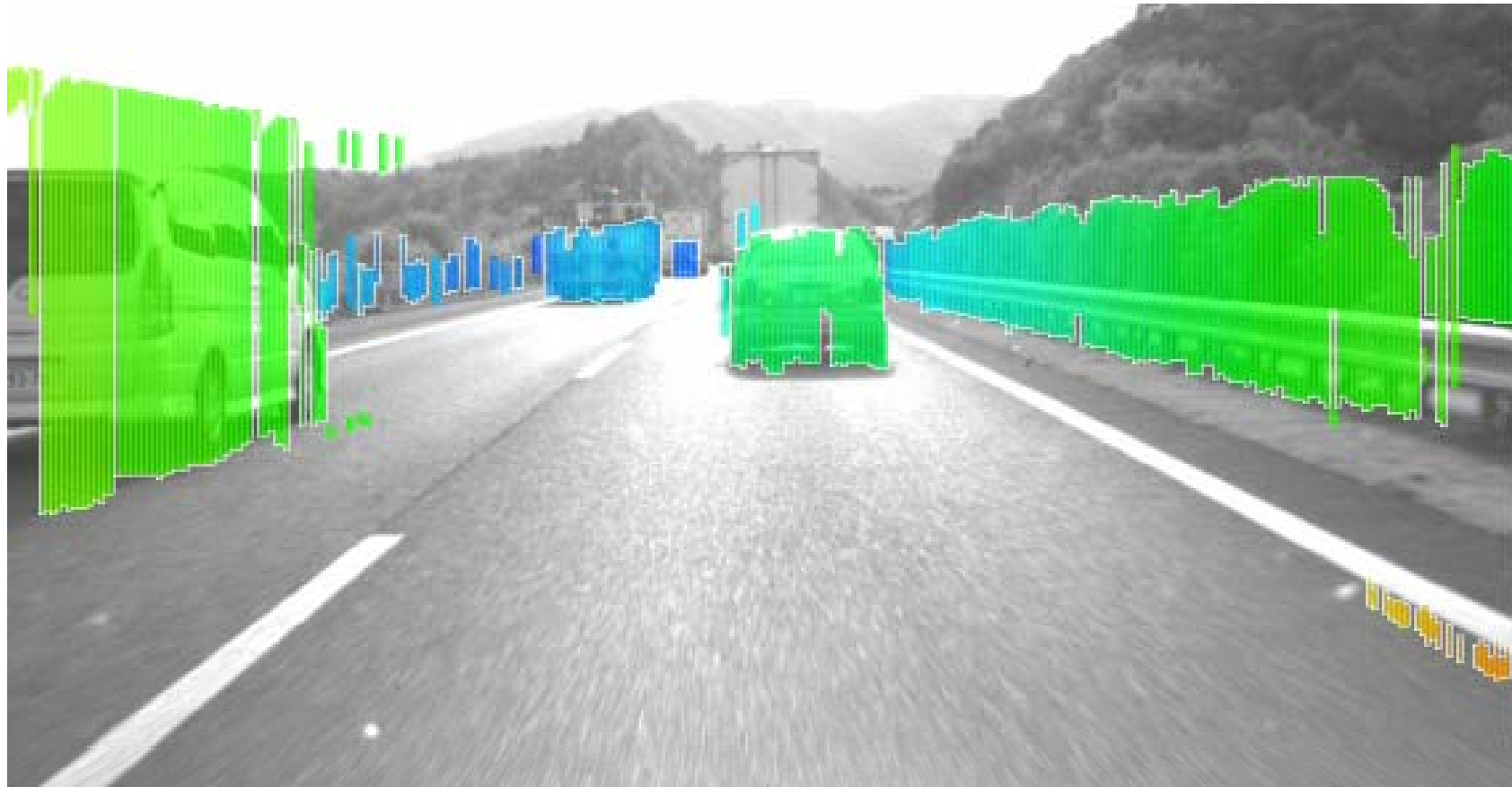
立体物の検出



それぞれの短冊内で視差の頻度分布を求める。

→ 立体物を同じ視差の塊として検出

立体物の検出



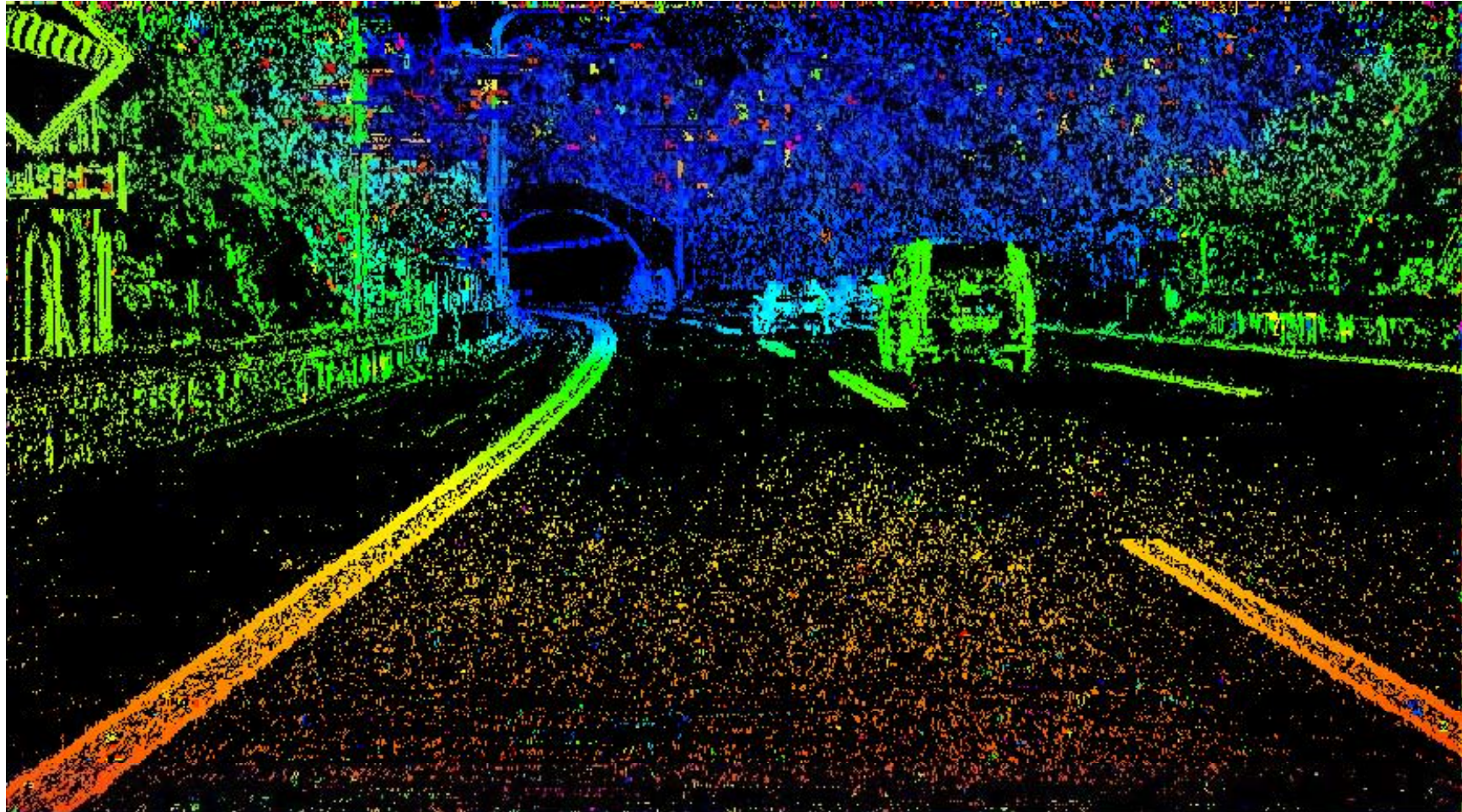
得られた短冊の視差を実際の距離に直し、短冊が地面から突き出ている高さ2mの棒として描いた。これだけの処理でも障害物センサーとして使える。

白線の検出



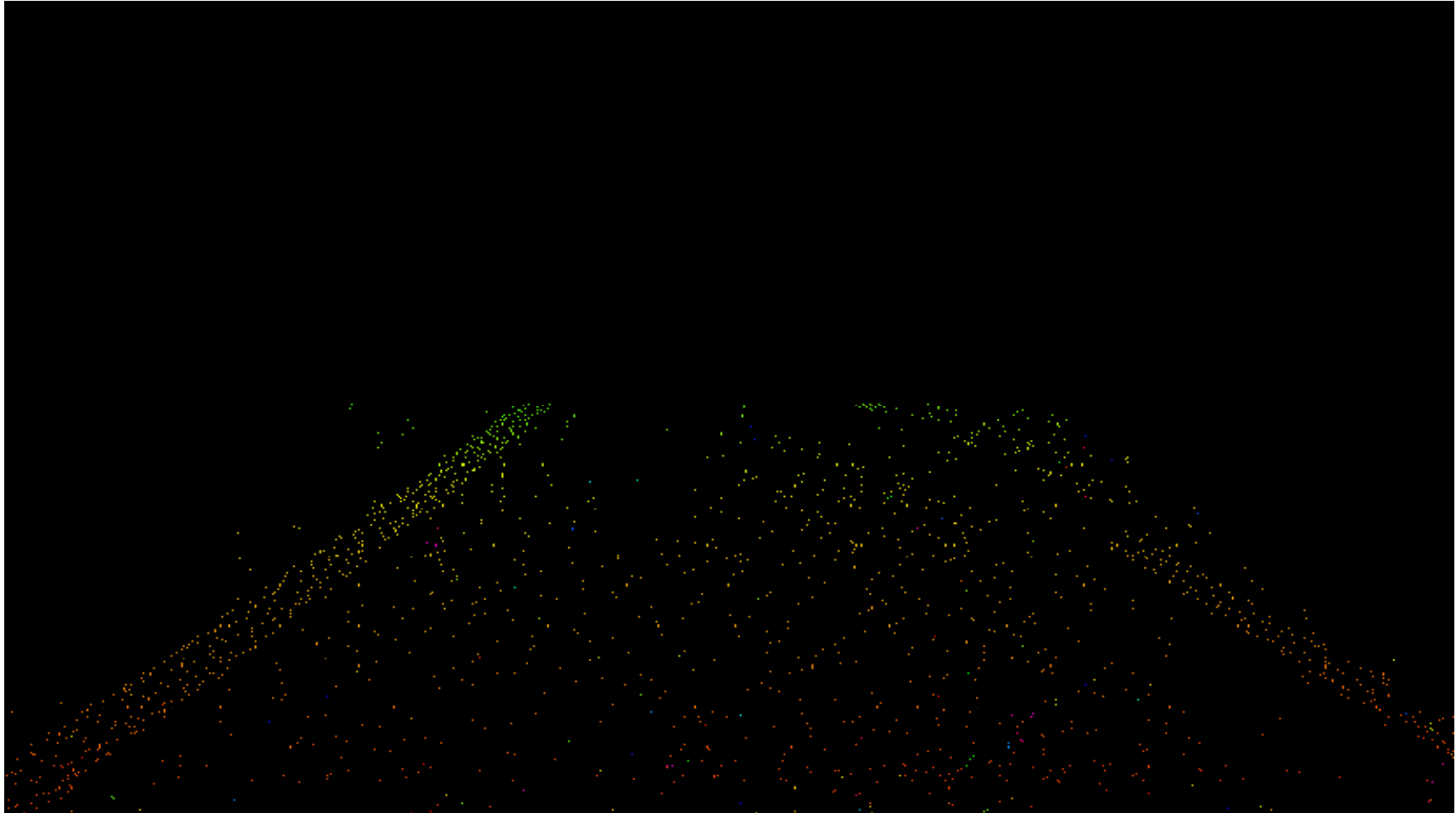
元画像

白線の検出



視差画像

白線の検出



画面下半分の視差データから道路面決定

白線の検出



道路面上の方向別エッジの検出

白線の検出



視差データと組み合わせ、
白線幅や車線幅を求める

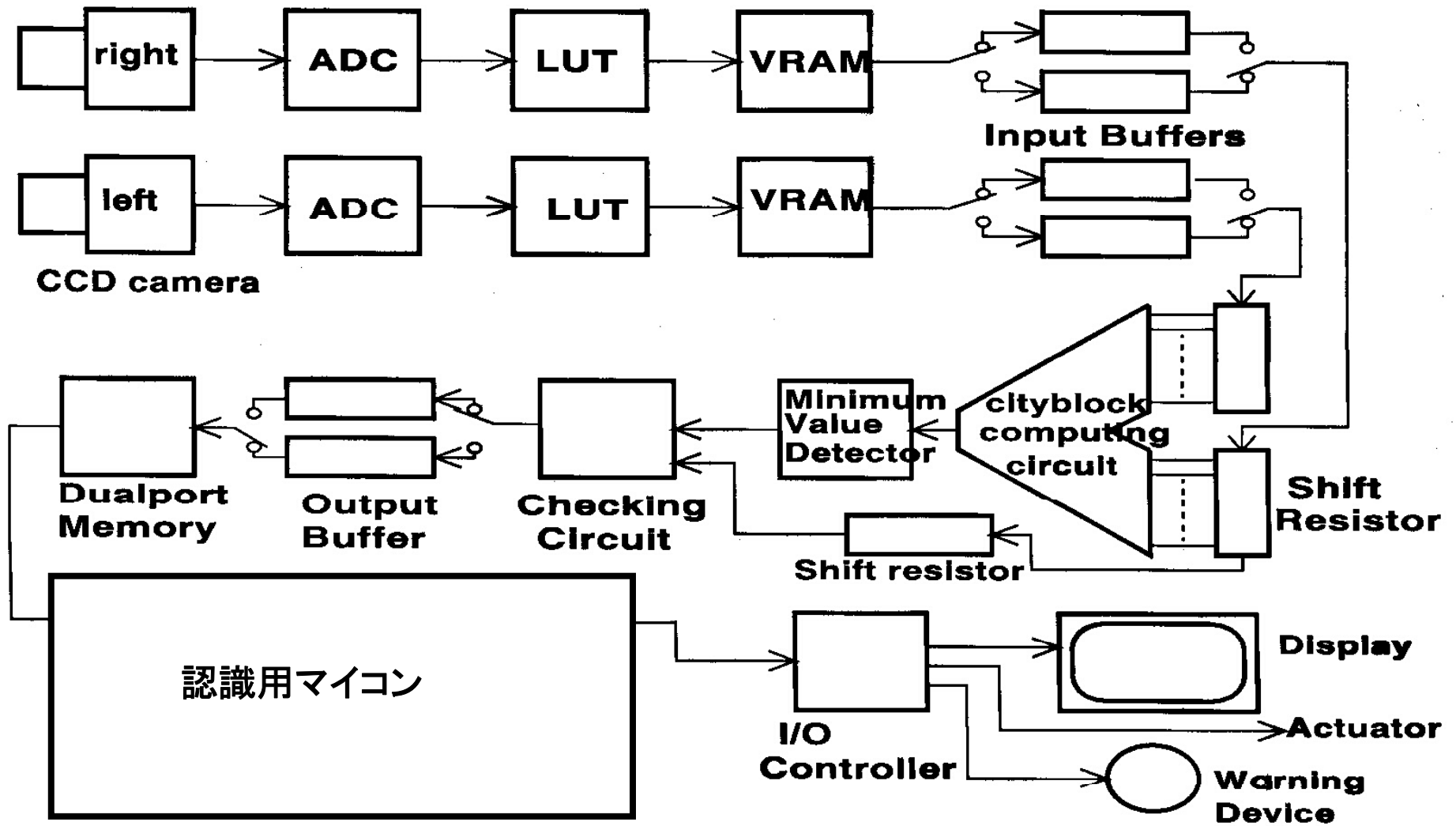
白線の検出



線幅や車線幅が規格内にある白い線を選択し、
連続性も加味して白線を検出

内容

1. ステレオカメラの利点
2. ステレオカメラの仕組み
3. 交通環境認識
- 4. 処理の高速化**
5. 90年代における開発(ビデオ)
6. 歩行者の検出



Schematic Diagram of Stereoscopic Image Recognition System

基本ブロック図

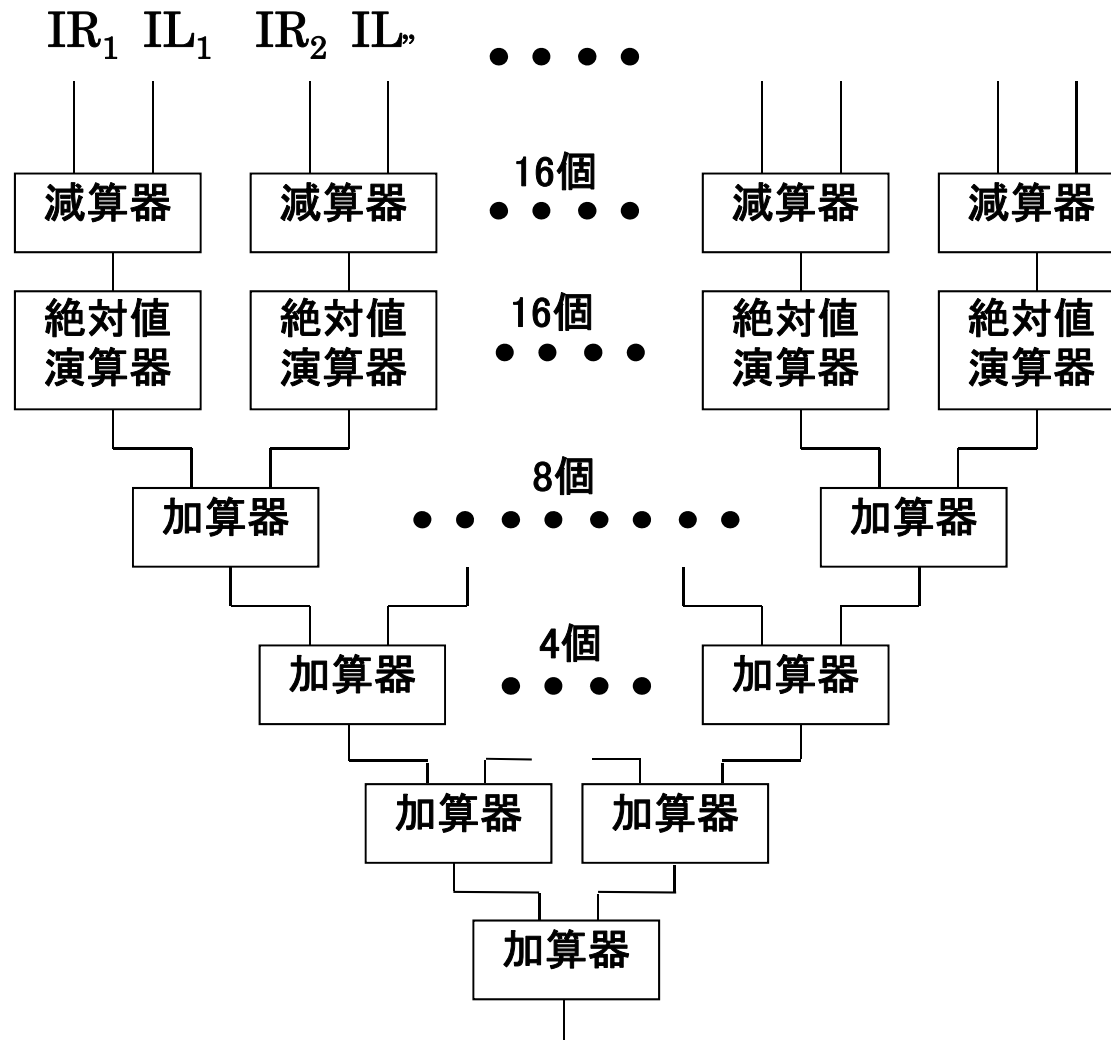
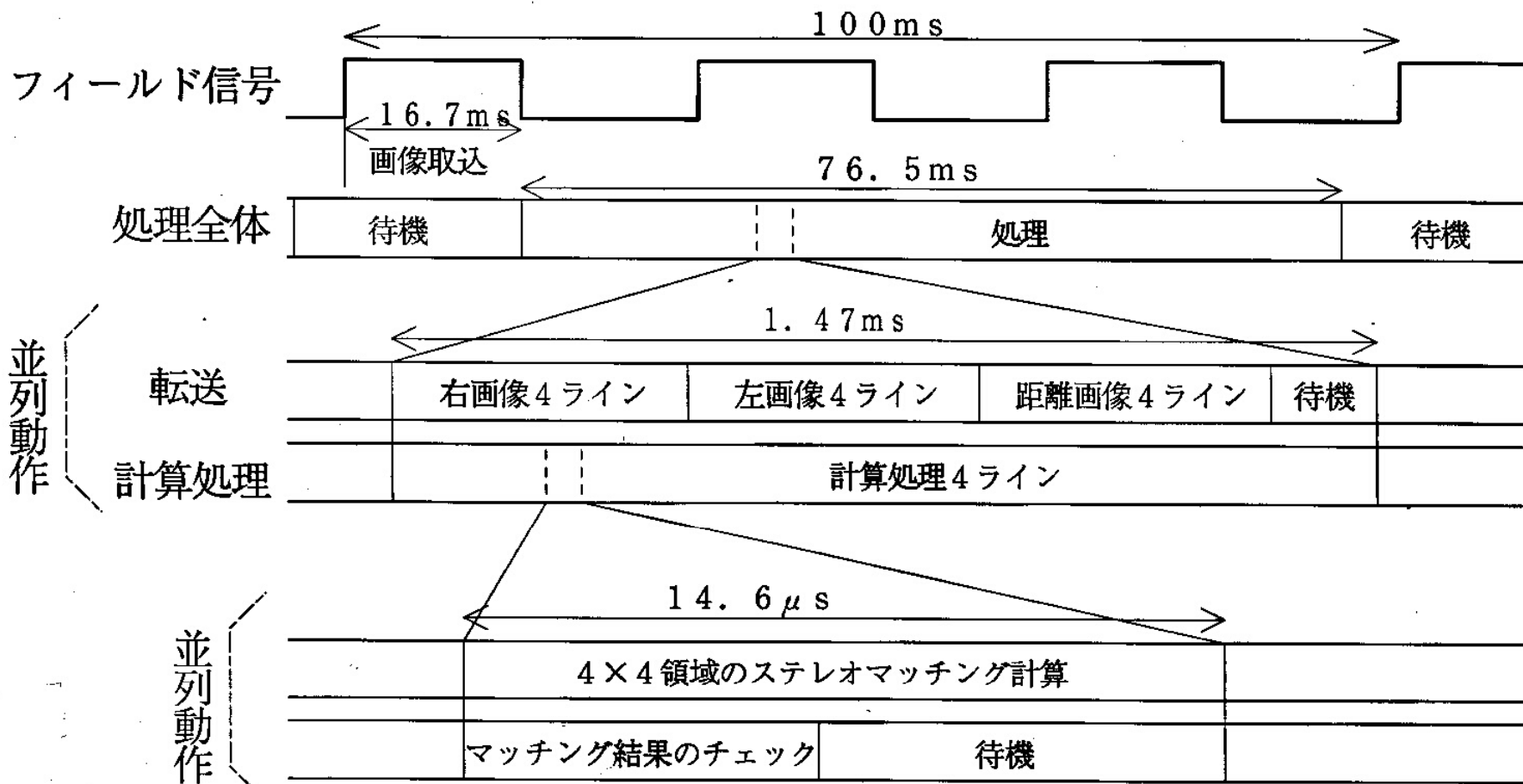


図3-8 ステレオマッチング回路



システムのタイミング

タイミング

FPGAの活用

論理ICを組み合わせて基板上に作り上げることは大変

演算器だけで50個以上必要

そこで、

FPGA (Field Programmable Gate Array)

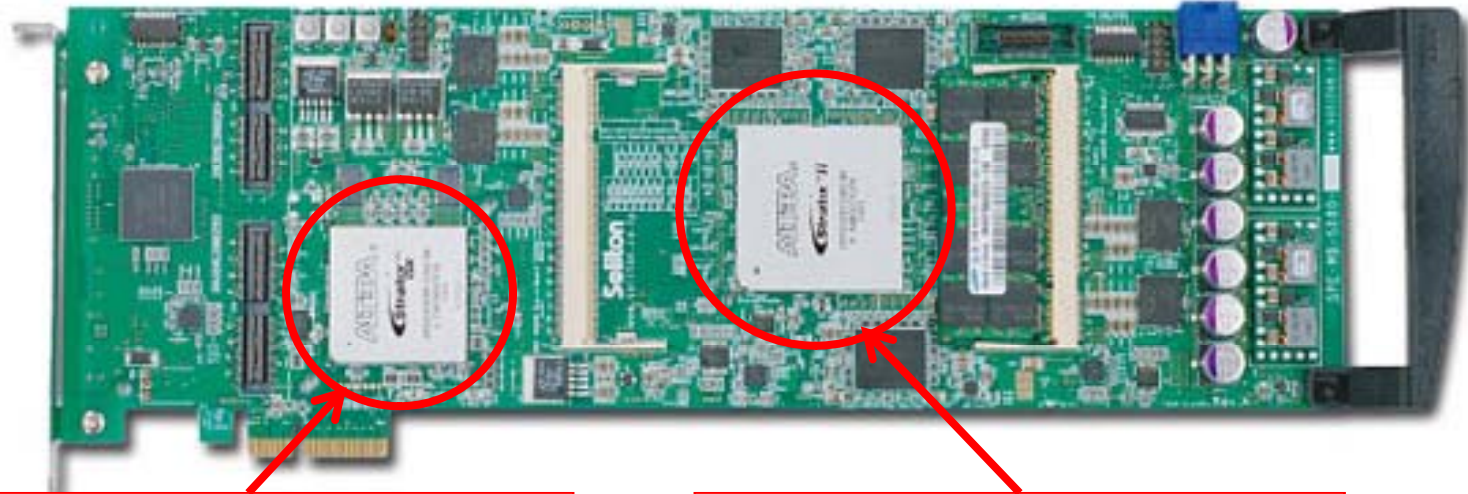
プログラムを書き込むことによって自由に論理回路を組むことの出来る

安価なものでも数十万ゲート, 100MHzのクロックで動作

演算器一つあたり100ゲート→全部で5000ゲート

処理速度: 100MHzで全画面を10msec

使用しているFPGAボード



カメラコントロール・
PCIコントロール用

ステレオ画像処理・
環境認識用

FPGA付フレームグラバ
(ソリトン社製)

ステレオカメラ



MV1-D1312-160

(Photon Focus社製)

解像度: 1312 × 688ピクセル

フルフレーム最大160fps

ダイナミックレンジ: 120dB

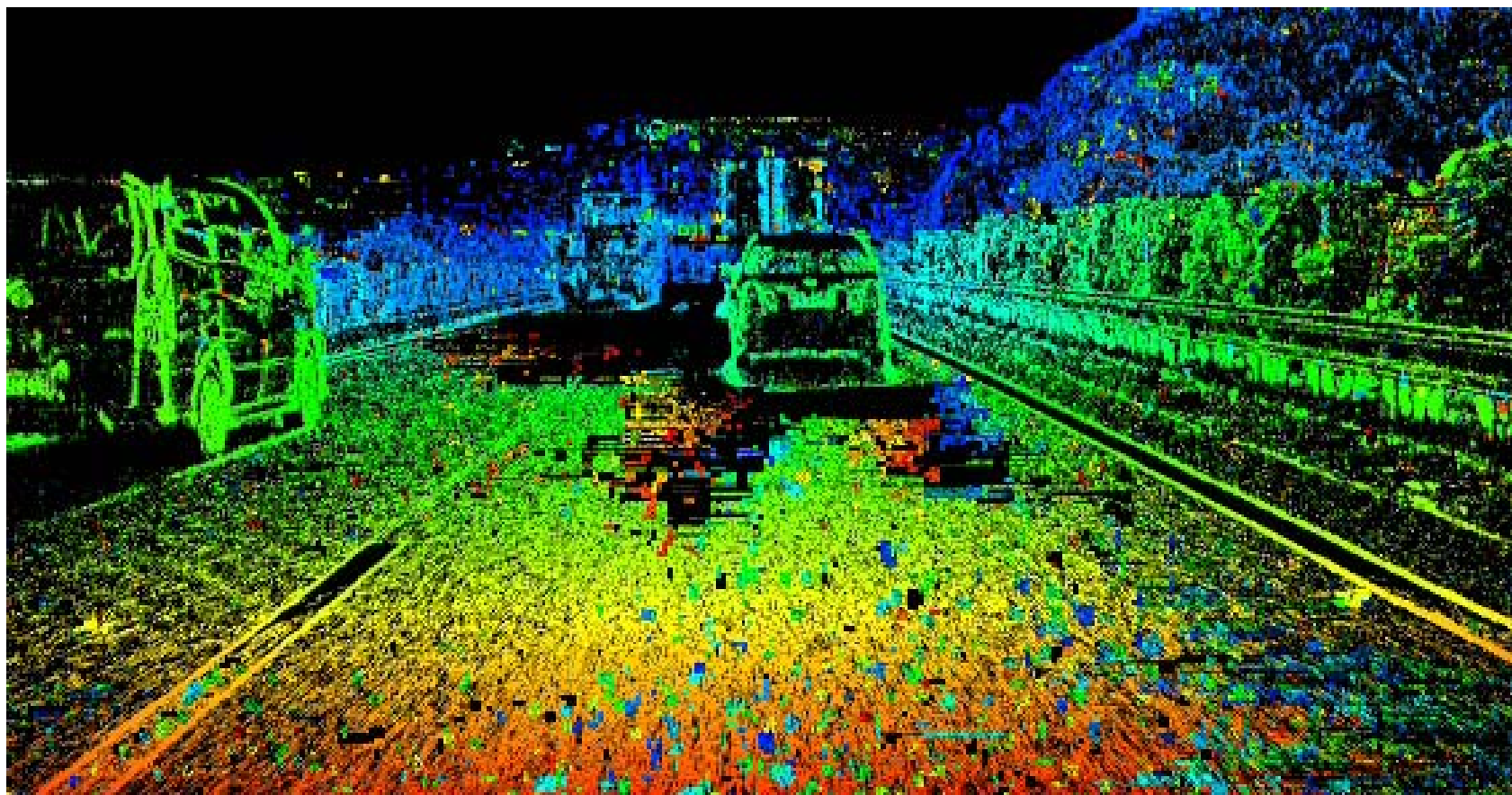
10bit出力

撮像した例



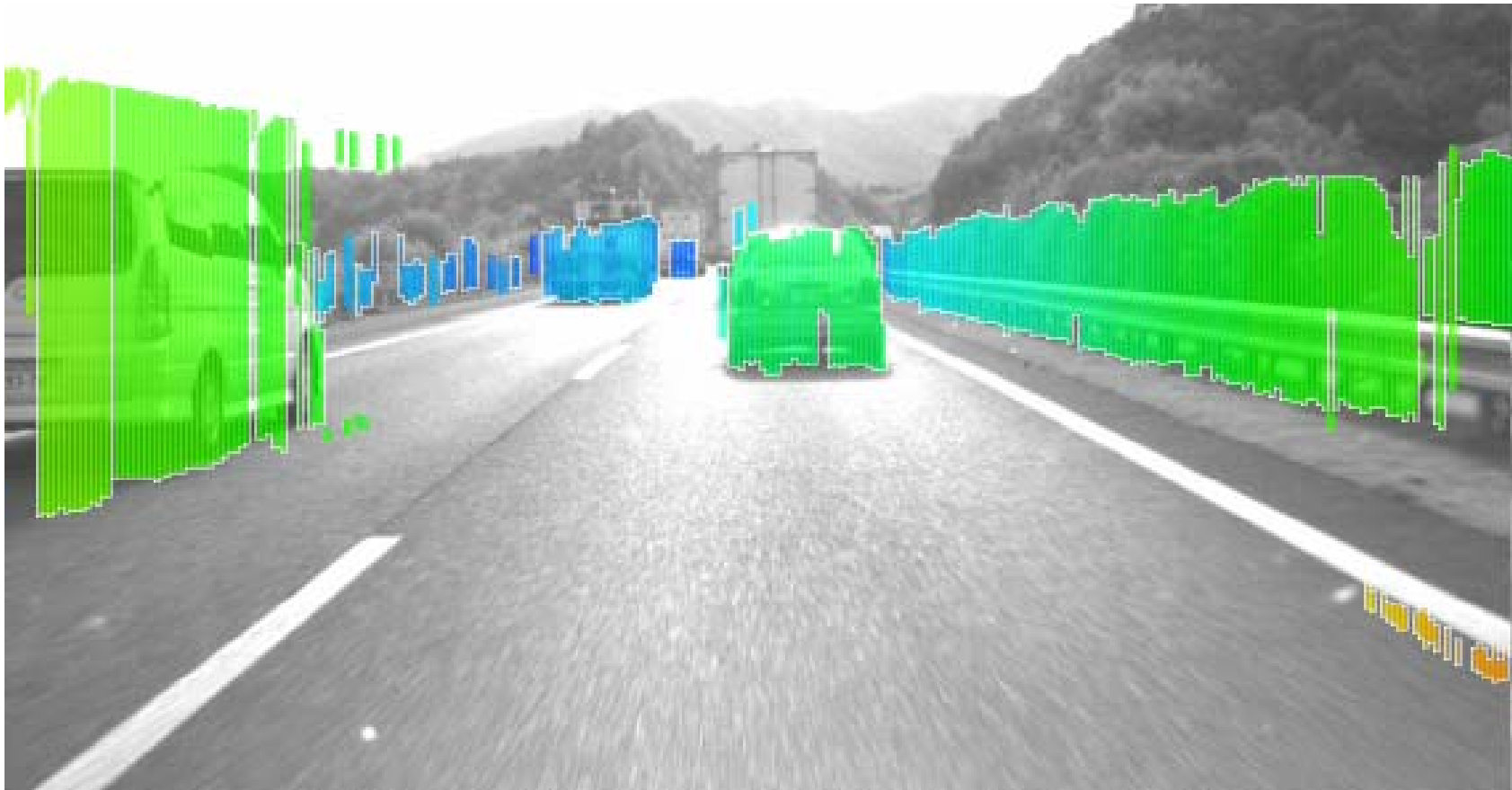
Original Image

撮像した例



Disparity Image

撮像した例

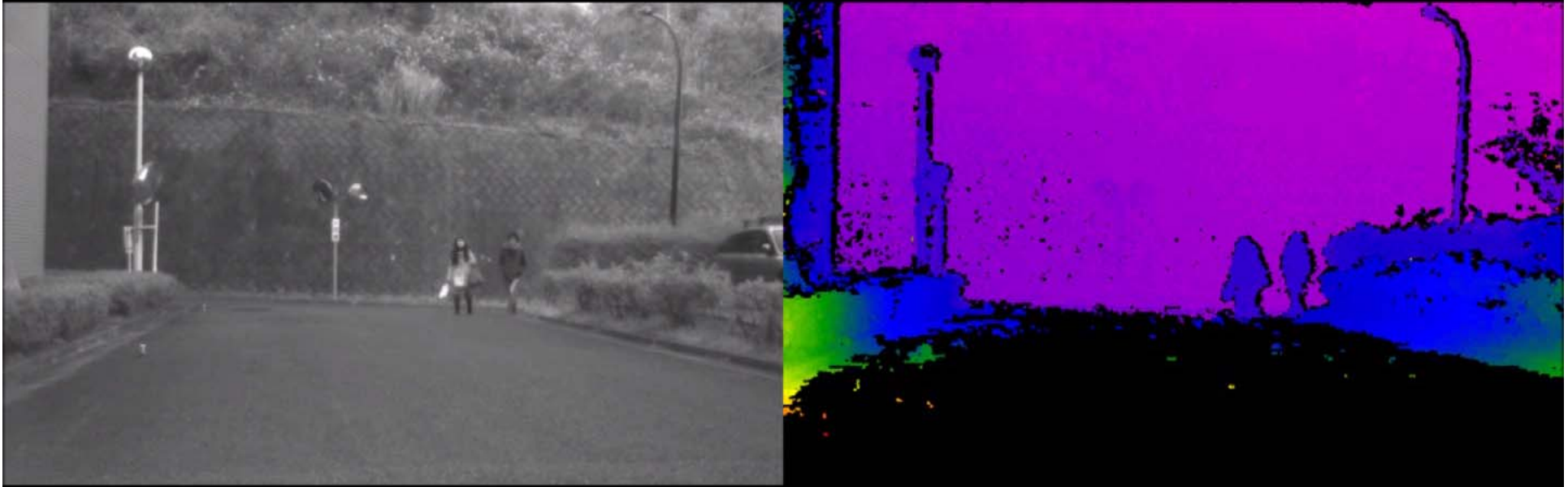


Solids Detection

内容

1. ステレオカメラの利点
2. ステレオカメラの仕組み
3. 交通環境認識
4. 処理の高速化
5. 90年代における開発(ビデオ)
6. 歩行者の検出

最近得られている視差画像

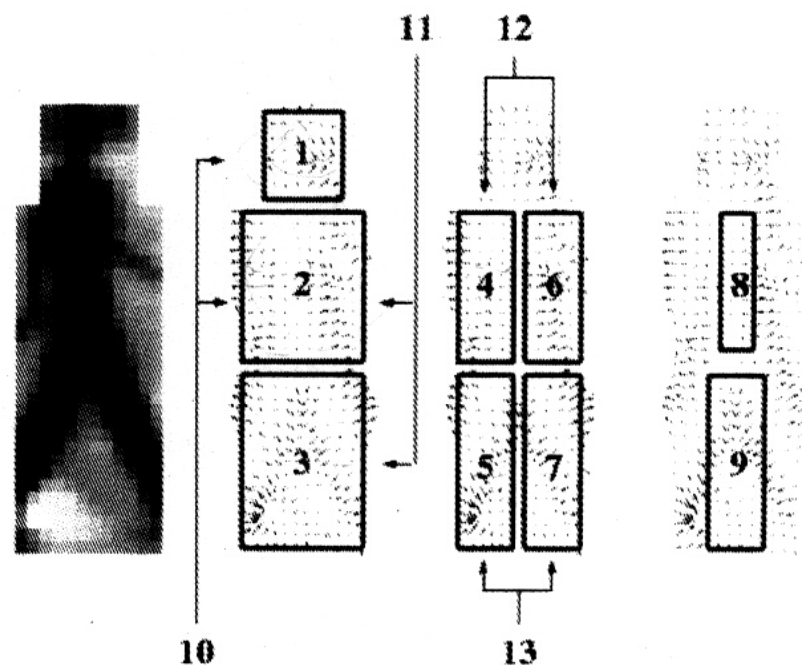


内容

1. ステレオカメラの利点
2. ステレオカメラの仕組み
3. 交通環境認識
4. 処理の高速化
5. 90年代における開発(ビデオ)
6. 歩行者の検出

歩行者の検出

単眼カメラによる代表的な方法



領域分割して、それぞれの領域での輝度勾配の方向分布 (HOG)を調べ、歩行者に特有の分布を学習させて、判断する。

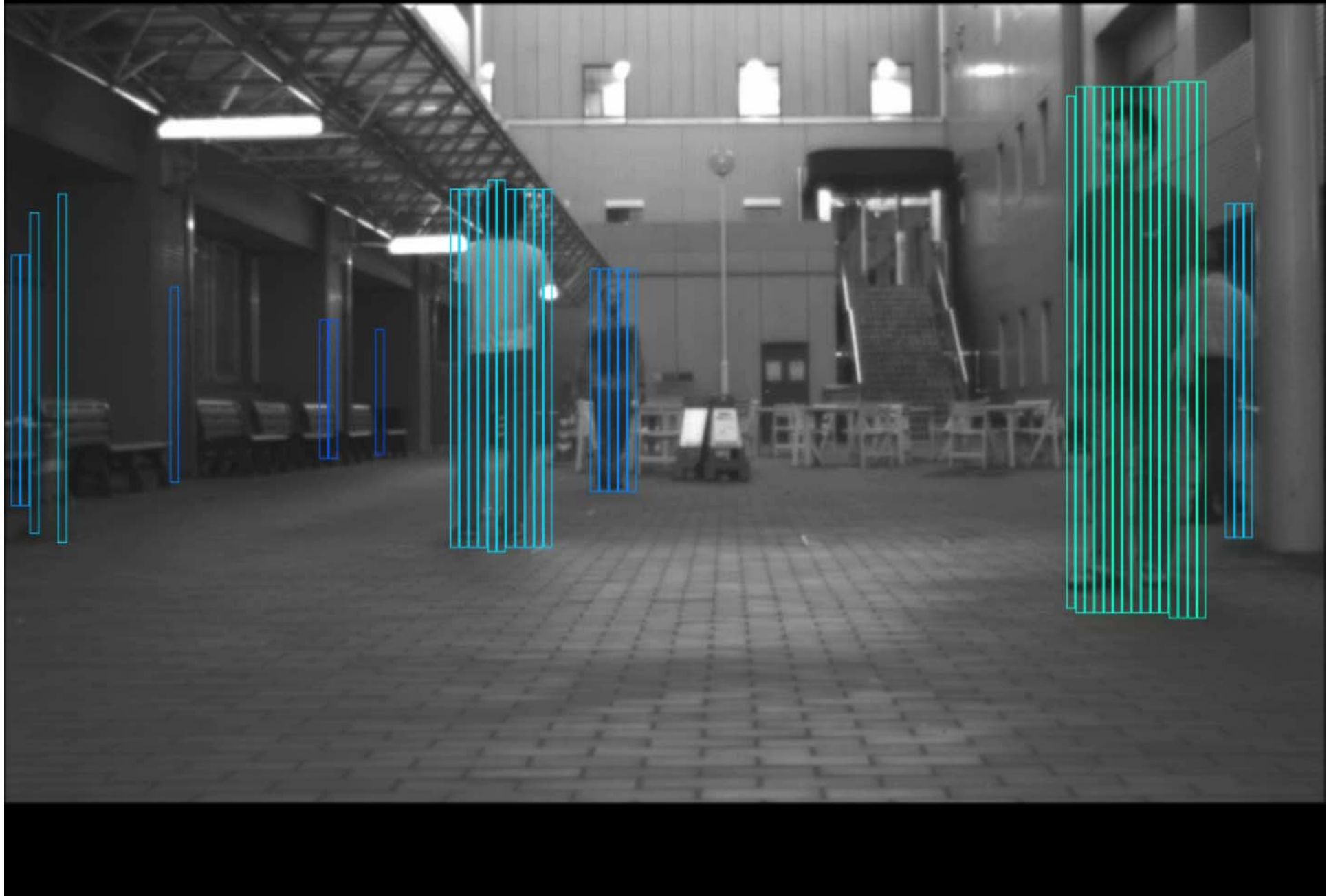
歩行者の検出

しかし、まず、歩行者の候補を画像から見落とさなく切り出すことが重要である。



視差画像（距離画像）を用いると、立体物として区別できるうえ、物体の絶対的な大きさがわかるので、歩行者の常識的な大きさから候補を切り出すことができる。

立体画像からの歩行者検出



歩行者の検出

視差画像のさらなる活用

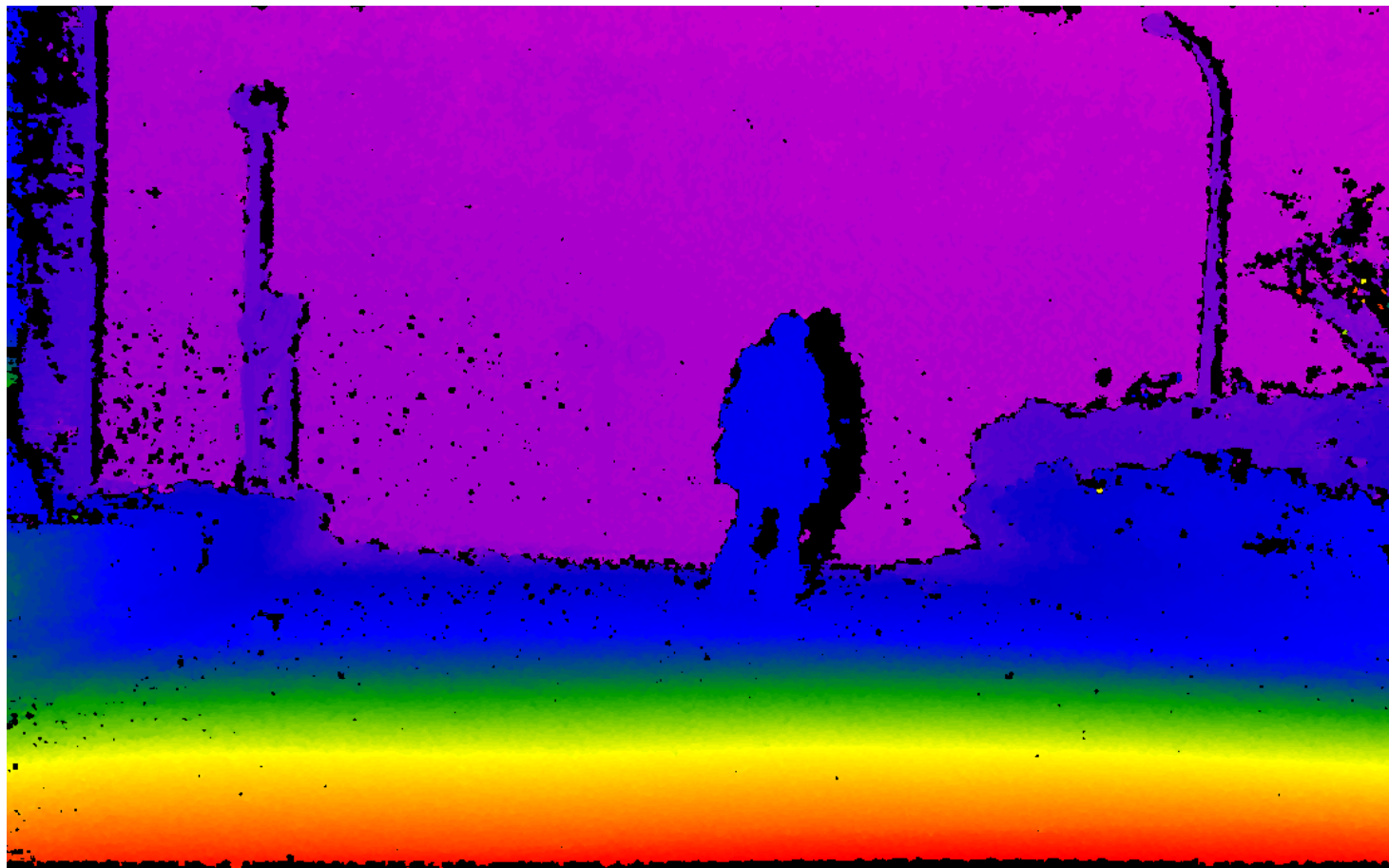
さらに、視差画像において、立体物の輪郭を出来るだけ正確に抽出出来れば、さらに、歩行者の候補を絞ることが出来る。

Pixel wiseのステレオマッチング手法の一つであるSGMにスーパーピクセルを組み合わせ、輪郭を抽出する。

歩行者の検出



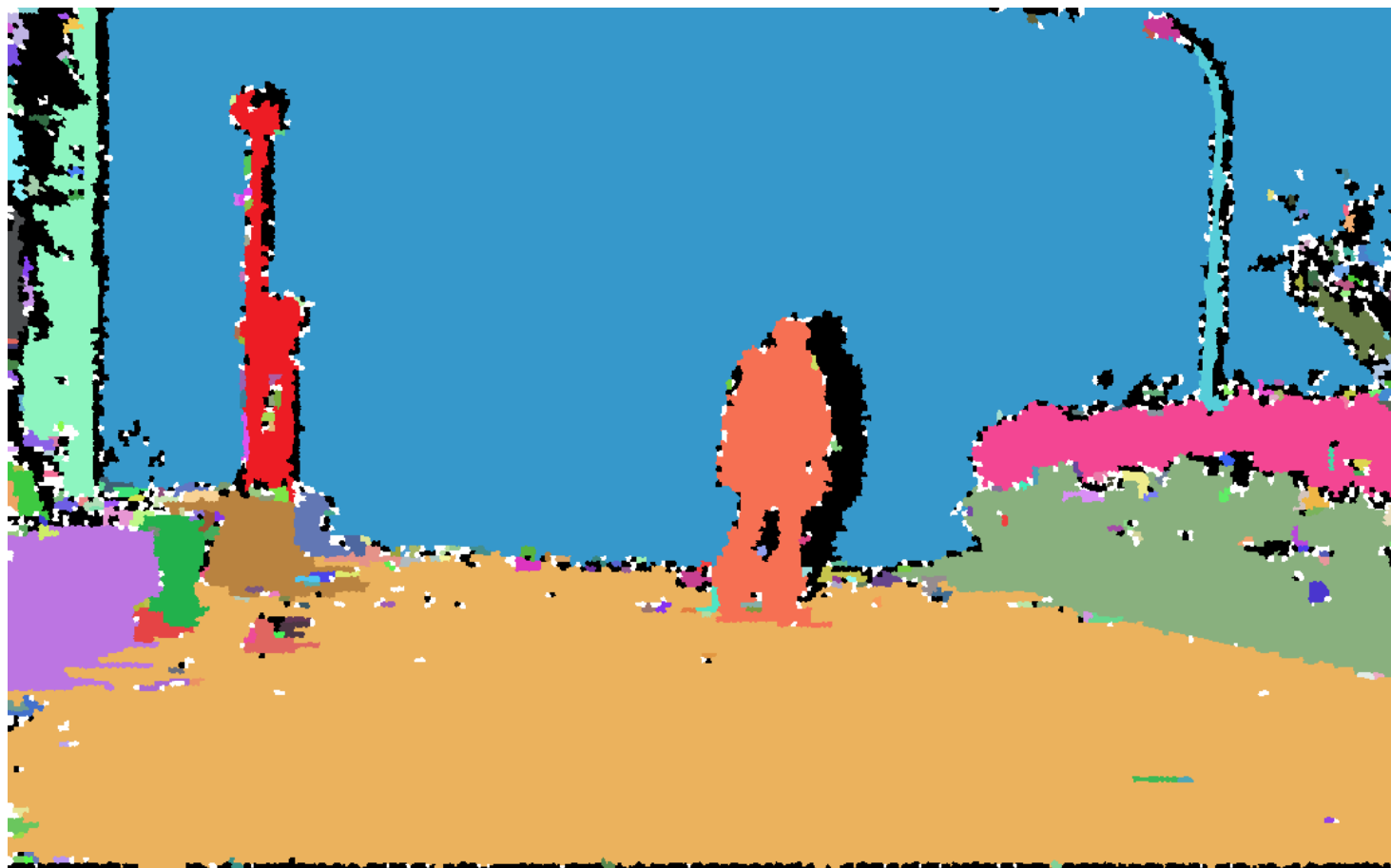
歩行者の検出



歩行者の検出



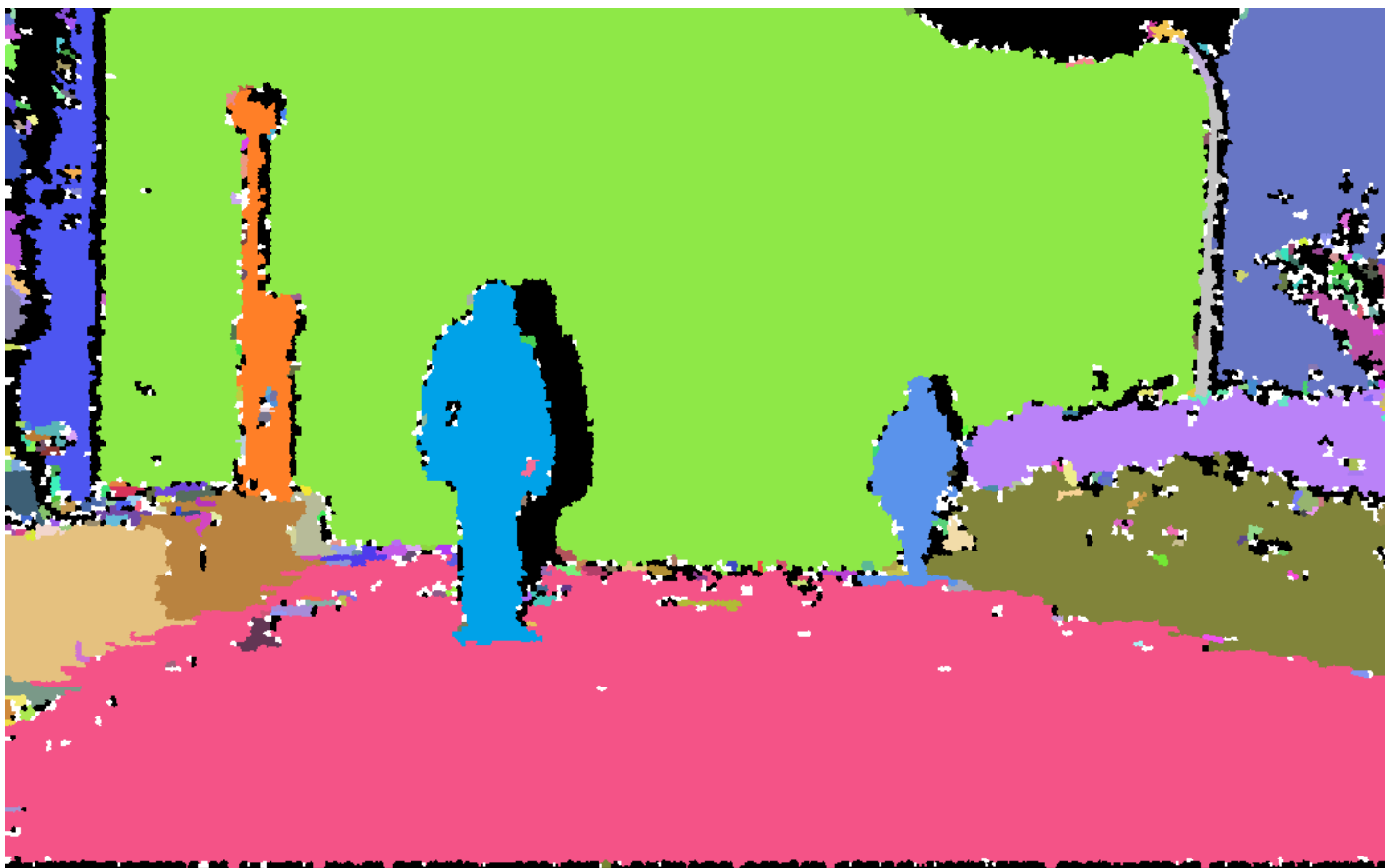
歩行者の検出



歩行者の検出



歩行者の検出



歩行者の検出

今後の進め方

抽出した歩行者候補に、2次元の手法を施して、歩行者を確定する。

抽出した歩行者候補の輪郭に、HOG的な手法を当てはめて、歩行者を確定する。

抽出した歩行者候補の視差情報をさらに精細に求めて、その凹凸から歩行者を確定する。

おわり