

車上からの道路標識の認識

岡山県立大学 情報工学部
スポーツシステム工学科
山内 仁

はじめに

- 高度道路交通システム(ITS)
 - VICS、ETC、etc.

- 走行支援道路システム(AHS)
 - 車載カメラによる環境認識(AHS-i)

- 道路標識の認識
 - 認知に関わる事故の防止

車両運行に関わる標識

- 標識情報の取得手段：車載カメラ
 - 主として後方視野確保用として普及
 - 高機能車へは車間距離警告等用に前方カメラ

- 道路標識

- 他車両・歩行者・自転車

道路標識認識処理アプローチ

□ 抽出 → 認識

- 特定色(道路標識に用いられる色)抽出
- 形状探索
- テンプレートとの照合

□ 直接認識

- 特徴点抽出および照合

特定色判別と領域限定を用いた 道路標識抽出

1. RGB減算法による特定色判別

特定色を高速に判別

2. 領域限定

標識の存在すると考えられる領域を限定

3. 標識形状判別

領域内の標識形状の有無を判別

4. 面積比率判別

標識としてありうる特定色の面積比率の領域を判別

RGB減算法による特定色判別

□ 色判別にはHSLが多く用いられる

- ノイズが多い
- 処理に時間がかかる

□ 特定色はRGB相互の関係より判定できる

- RGBの高値は白色の可能性があるため、輝度成分 Y への寄与の比率が高い G 成分を R 、 B 成分から減ずる

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

特定色判別式

□ 赤色特定色

$$Red = \begin{cases} 0 & (R - G < T1) \\ 1 & (R - G \geq T1) \end{cases}$$

□ 青色特定色

$$Blue = \begin{cases} 0 & (B - G < T2) \\ 1 & (B - G \geq T2) \end{cases}$$

□ 黄色特定色

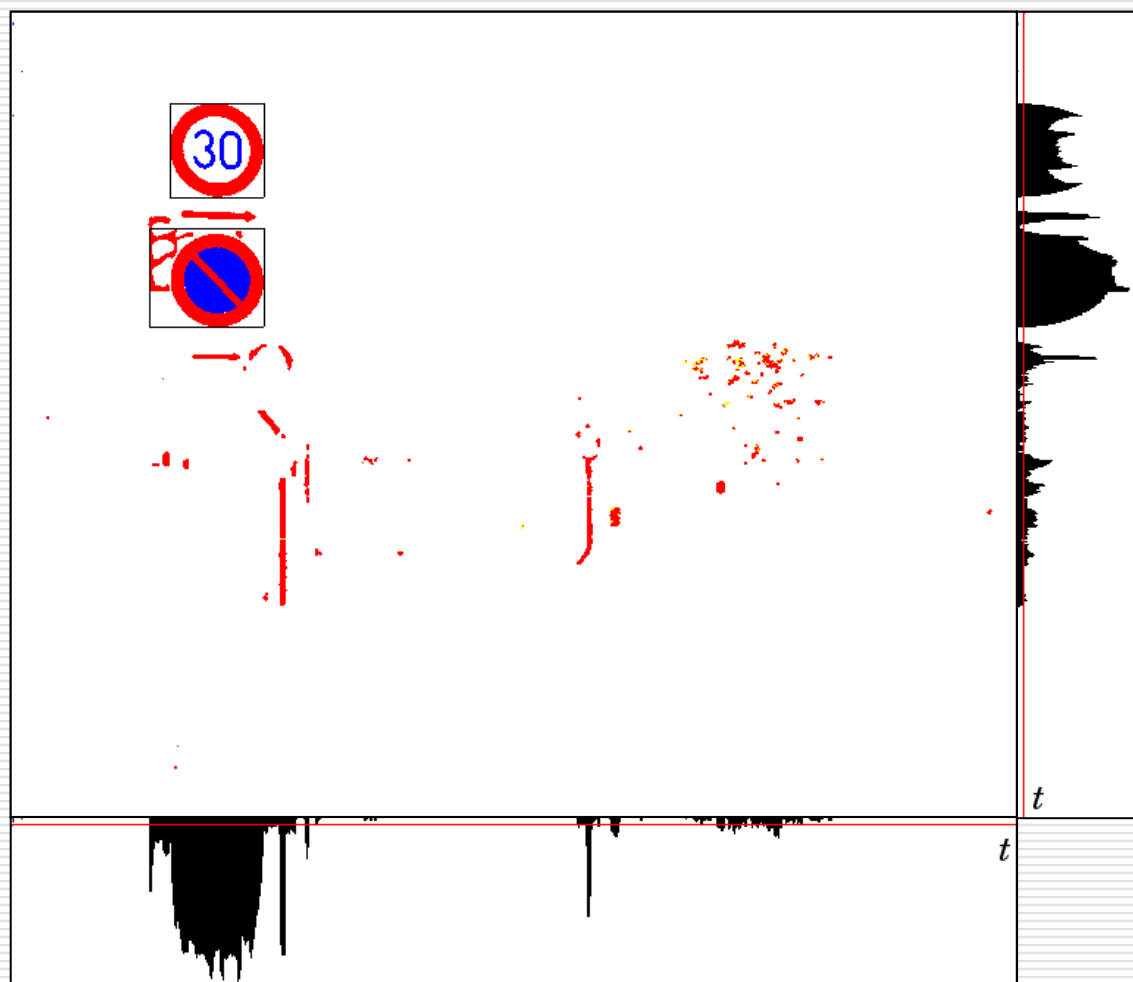
$$Yellow = \begin{cases} 0 & (R - G \geq T1, R - G < T3) \\ 1 & (T1 > R - G \geq T3) \end{cases}$$

領域限定

- 道路標識探索領域の限定
 - 射影ヒストグラムのしきい値処理

- 限定領域それぞれについて再帰的处理
 - 処理時間の制約がなければ収束まで
 - 経験的に2回で十分

領域限定例



円形標識形状判別

□ 限定領域内を円形形状検査

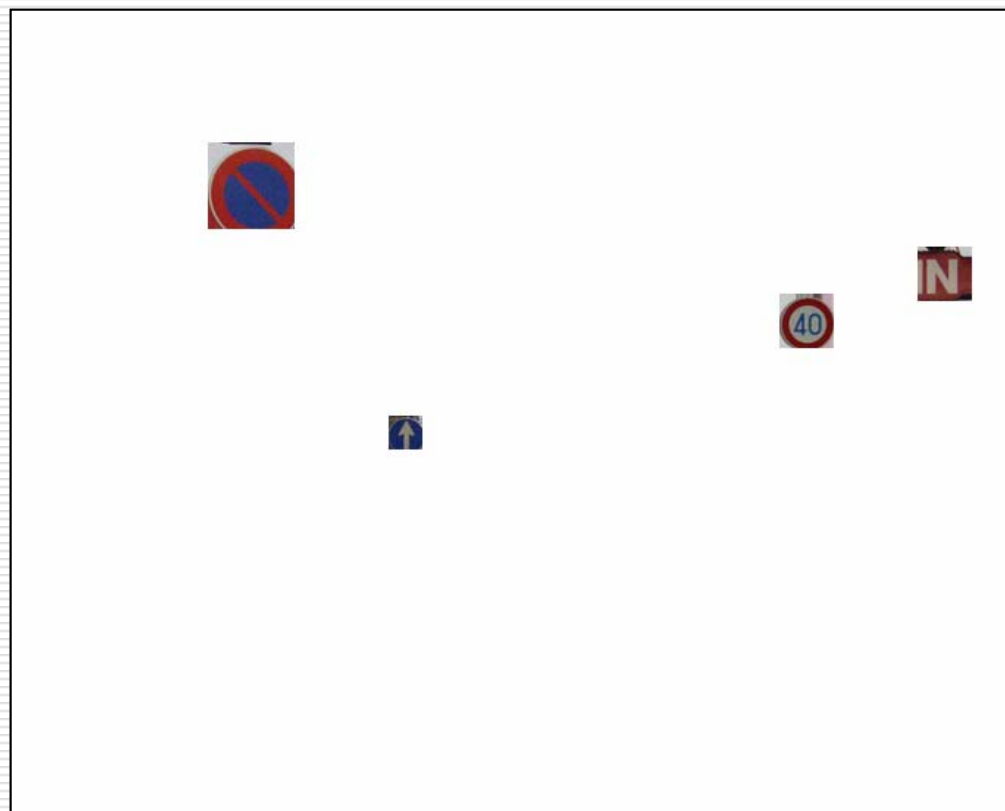
1. エッジ探索
2. 探索対象円形の半径 r の円弧上に仮中心点
3. 半径 r の円上の特定色画素数を計数
4. しきい値以上であれば円形形状が存在



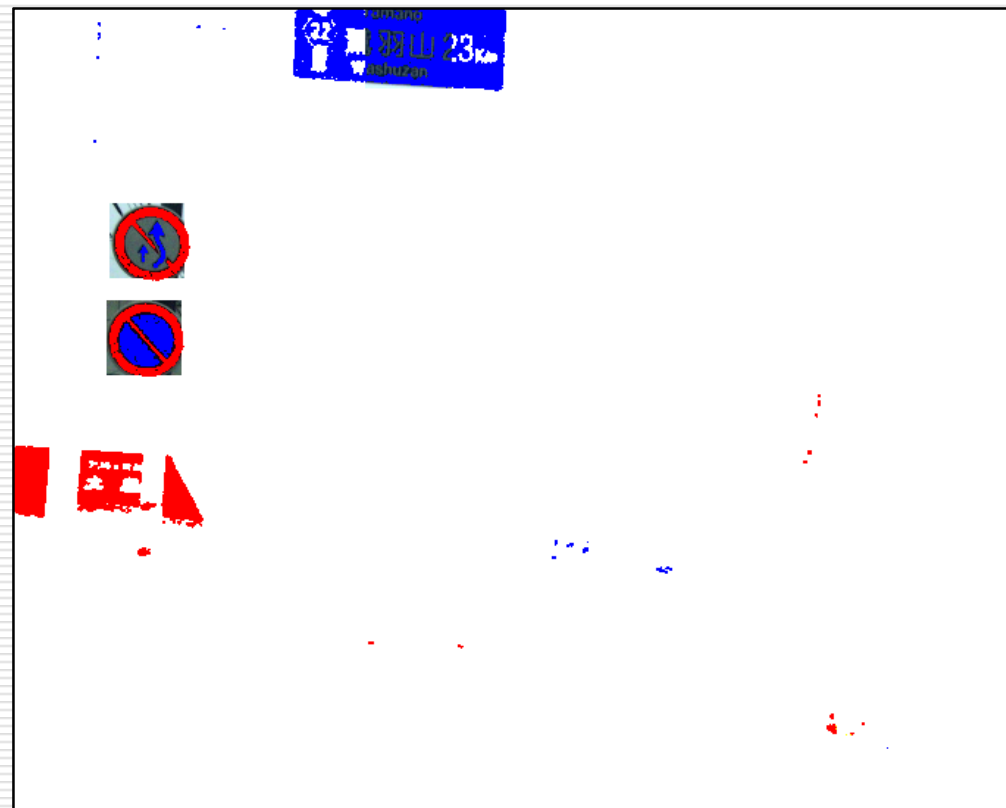
面積比率判別

- 標識形状を持つ標識外の検出防止
 - 領域内の特定色ごとの面積比率による判別
 - 標識としてありえない配色の領域を除外
 - 青色特定色への対応のために正方形
 - 青色特定色以外の背景の存在を確認
- 進入禁止など面積比率に特徴のある標識の分類

実験結果(晴天時)



実験結果(少雨時)



輪郭情報のコード化による認識

- 道路標識抽出後の認識が必要
 - 運転者への通知
 - 車両の制御
- 既存手法
 - テンプレートマッチング
 - リサイズ、回転処理のための処理時間大
 - Boosting手法
 - 膨大な量の学習要、学習データの質に性能が依存
 - 生成型学習法
 - 学習データ生成の劣化モデル設計が困難

輪郭ベクトル追跡による認識

1. 輪郭ベクトルの算出

画像の輪郭をベクトルとして抽出

2. 輪郭ベクトル列の生成

画素ごとに得られたベクトルを追跡し、列を生成

3. 輪郭ベクトル列の照合検索

参照画像の輪郭ベクトル列とを照合し、判定

輪郭ベクトルの算出

- 回転ベクトル ($u_{i,j}$: 画素値)

$$(x_{i,j}, y_{i,j}) = \left(\frac{u_{i,j+1} - u_{i,j-1}}{2}, -\frac{u_{i+1,j} - u_{i-1,j}}{2} \right)$$

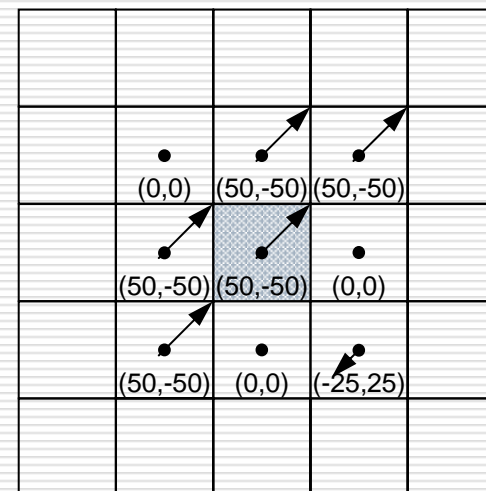
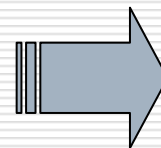
- ソーベルフィルタベース

$$\begin{cases} x_{i,j} &= (u_{i-1,j+1} + 2u_{i,j+1} + u_{i+1,j+1}) \\ &- (u_{i-1,j-1} + 2u_{i,j-1} + u_{i+1,j-1}) \\ y_{i,j} &= - (u_{i+1,j-1} + 2u_{i+1,j} + u_{i+1,j+1}) \\ &+ (u_{i-1,j-1} + 2u_{i-1,j} + u_{i-1,j+1}) \end{cases}$$

輪郭ベクトルの算出例

- 対象物を時計回りに周回するベクトル

0	0	0	0	0
0	0	0	100	100
0	0	100	100	100
0	100	100	100	50
100	100	100	50	0



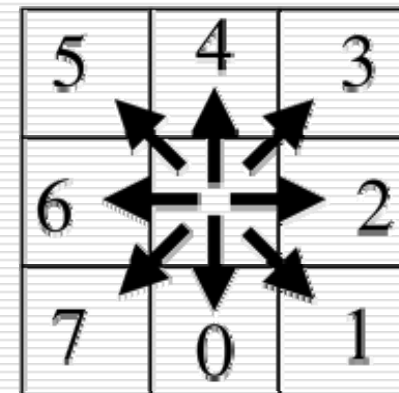
輪郭ベクトル列の生成

□ 輪郭ベクトルを追跡し、形状を取得

1. 中心から8方向に走査、最大ベクトルを選択
2. ベクトル方向を8方向に正規化
3. 正規化したベクトル方向の画素へ移動
4. 始点・画像端に到達する
まで2、3を繰り返す

□ 追跡結果を符号化

- ランレングス表現
- $(1,10)(2,5)\dots$: 1方向10画素、2方向5画素



輪郭ベクトル列の位置

□ 輪郭位置

- 追跡輪郭画素の平均座標
- 5x5のセルの座標で表現
- セルサイズは非均一
 - 抽出切り出しのずれ緩和
 - 標識の回転ゆがみ緩和

(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(4,0)
(0,1)	(1,1)	(2,1)	(3,1)	(4,1)
(0,2)	(1,2)	(2,2)	(3,2)	(4,2)
(0,3)	(1,3)	(2,3)	(3,3)	(4,3)
(0,4)	(1,4)	(2,4)	(3,4)	(4,4)

輪郭ベクトル列の照合検索

- ベクトル方向のみを接続
 - ラン長は抽出サイズに依存するため使用しない
- 部分文字列の検索手法を応用
 - ベクトル方向列を小単位に分割して検索
 - 小画像時など部分的な欠落による不一致の緩和

基準画像から生成されたベクトル方向列： 01232345670

抽出画像から生成されたベクトル方向列： 123456

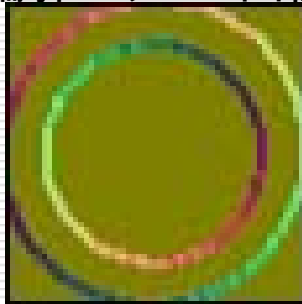
- DPマッチングに比べて高速

実験例

抽出画像



赤色特定色
輪郭ベクトル画像

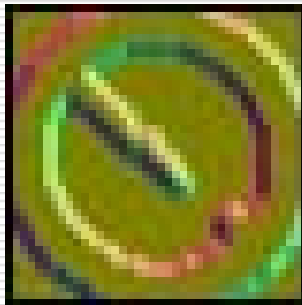
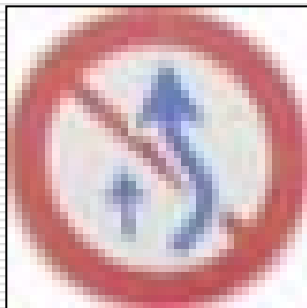


(2,2)
567012345

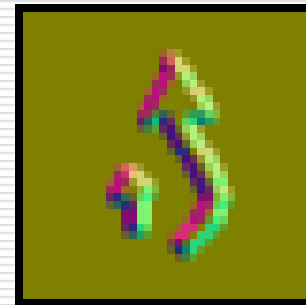
青色特定色
輪郭ベクトル画像



(1,2)
567012321076543456543210



(2,2)
765434567010701234567



(3,2)
7010765434565432107

実験例

道路標識認識結果(輪郭ベクトル抽出)

	正認識	累積認識 (第5位)	誤認識	認識不可
枚数(枚)	82	104	8	8
比率(%)	68.33	86.67	6.67	6.67

処理時間: 43.51~480.07 ms (平均: 131.08 ms)

道路標識認識結果(テンプレートマッチング)

	正認識	累積認識 (第5位)	誤認識	認識不可
枚数(枚)	44	80	40	0
比率(%)	36.67	66.67	33.33	0.00

処理時間: 49.57~145.09 ms (平均: 69.63 ms)

連続画像中からの高解像画像生成

- 処理は毎フレームで単独に
 - 動画像の性質を捨てている
 - 処理時間の浪費
 - 各フレームの解像度・撮影状況の影響

- 同一対象を画素をずらして複数撮影
 - ずれによる情報を利用して高解像を得る

 - 画素の加重平均による重ね合わせ
 - 超解像処理

標識領域の追跡

- 同一道路標識の抽出処理を重複させない
 - 時系列画像では相対的な変化は微小
 - 処理量の軽減
- CONDENSATION
 - パーティクルフィルタの一種
 - パラメータによって表現された抽出領域を追跡
 - 前フレームのパラメータ値を中心に正規分布を仮定し、パラメータ値候補群を生成
 - 評価値の最も高いパラメータ値候補を追跡結果

CONDENSATIONの評価値

1. 円形形状の評価値 E_k^{circle}
 - 中心座標、半径の円周上が特定色、半径+1の円周上が非特定色 → 評価大
2. 特定色分布の変化の評価値 E_k^{color}
 - 直前フレームにおける各特定色の平均値との差が小さい → 評価大
3. 前フレームからの移動距離評価値 $E_k^{distance}$
 - 中心座標、半径の変動が小さい → 評価大

重ね合わせによる高解像画像生成

- 追跡によって同一道路標識を時系列で取得
 - 複数の画像に含まれる特徴量を活用
 - 時系列で特徴量を統合

- 位置情報は追跡処理時に得られる

- 抽出画像群は同一サイズにリサイズする

重ね合わせの重み

- 抽出サイズと重ね合わせ重み
 - 抽出サイズは特徴量の大小の指標
 - 大きいものほど特徴量は大
 - 重みが大きすぎると一時的な影響を受けやすい

- 重み付き重ね合わせ
 - 現フレームからの抽出画像を w
 - 前フレームまでの重ね合わせ画像を $1 - w$

重ね合わせ重み w の検討

□ リサイズ後の1画素が保持する情報量 I

■ 抽出矩形の画素数 $(2r)^2$ (抽出半径 r)

■ 1画素が取りうる値の数 M

■ 抽出矩形画像が取りうる値の数 $(2r)^2 M$

■ リサイズ後の抽出画像の画素数 $(2R)^2$

■ リサイズ後の1画素の保持する状態数 $\frac{(2r)^2 M}{(2R)^2}$

$$I = \log \frac{(2r)^2 M}{(2R)^2} = \log \frac{2^2 M}{(2R)^2} + 2 \log r$$

□ 新規抽出画像の重ね合わせ重み w

$$w = A_1 \log(r - A_2) - A_3$$

障害物遮蔽除去

- 重ね合わせるだけでも影響は小さくなる
- 積極的に障害物を検出
 - 時系列画像の各画素における画素値分布
 - 同一標識画像の同位置の画素値であるはず
 - 正規分布を仮定し、平均値から 3σ 以上の差がある場合は障害物として検出
 - 障害物を検出した場合はその画素の重ね合わせを行わない

超解像処理による高解像画像生成

□ 超解像処理

- 同一対象物を撮影した低解像複数枚から高解像画像を擬似的に生成
- 撮像素子の集光特性をシミュレート
- デジタルアーカイブ、医用画像などに応用

- 撮影距離がほぼ均一であることを想定した手法がほとんど

⇒ サイズ調整後、局所反復法を適用

実験例



実験例

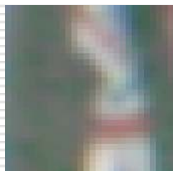
距離(m)

単一フレーム

重ね合わせ

隠れ除去

54.94



軽車両禁止
50%

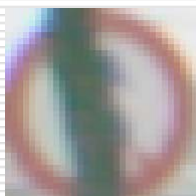


追越禁止
100%



追越禁止
100%

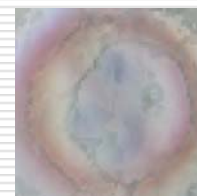
45.41



自転車禁止
20%

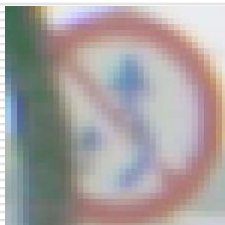


軽車両禁止
70%



追越禁止
100%

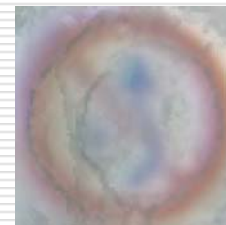
38.59



追越禁止
30%



追越禁止
70%



追越禁止
100%

実験例(遠方)

距離(m)	単一フレーム	重ね合わせ	隠れ除去	超解像
97.61	 追越禁止 60%	 自転車禁 0%	 自転車禁 0%	 追越禁止 100%
90.86	 追越禁止 80%	 自転車禁 40%	 自転車禁 50%	 追越禁止 100%
87.38	 追越禁止 100%	 追越禁止 90%	 追越禁止 90%	 追越禁止 100%
77.61	 バイク禁止 60%	 追越禁止 100%	 追越禁止 100%	 追越禁止 100%

SIFTを用いた直接認識

□ Scale Invariant Feature Transform

D.G.Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant keypoints”, J. of Comp. Vision, 60, 2, pp.91-110, 2004.

- 特徴点の検出および特徴量の記述手法の一つ
- 回転・スケール変化に不変
- 照明変化に頑健

SIFT特徴点の例



SIFTを用いた道路標識認識

- 高木, 藤吉, “SIFT特徴量を用いた交通道路標識認識”, 第13回画像センシングシンポジウム(SSII07), 2007.



(SSII07予稿集より)

まとめ

□ 道路標識の認識手法

- 抽出 → 認識
- 直接認識

□ 解決すべき問題点

- 処理速度
- 誤検出・誤認識, 検出漏れ・認識漏れ