

車載カメラ映像による風景特徴解析技術

A Roadscape Analysis System of Vehicle Mounted Camera-image

藤田 隆二郎

Ryujiro Fujita

要 旨 車載カメラ映像による風景を解析するシステムを開発した。道路周辺の風景に着目し、車載カメラ映像から風景の特徴をスコア化する。撮影した画像の上半分をセルに分割し、セル毎の特徴量から構成要素を判定する。次にそれぞれの構成要素のセル数から「街並み」、「森林」、「開けた道」のスコアを算出し、最も高いスコアを風景の特徴と判定する。システムと被験者による判定を比較した結果、75%以上の割合で一致することを確認した。

Summary A Roadscape Analysis System was developed that can analyze images captured by a camera mounted on a vehicle. The system divides images into cells, calculates five features of each cell, and distinguishes between “town,” “forest,” and “plain” automatically. This system can judge a road landscape image to be “Town,” “Forest,” or “Plain” with more than 75% accuracy.

キーワード：車載カメラ，画像処理，風景解析，カーナビゲーション

1. まえがき

近年、自動車に複数のカメラが装備され、撮影された映像をモニタに表示するだけでなく、画像処理技術を用いて前方や死角における障害物や人を検出して警告を行う装置などが実用化されている。また、駐車アシスト機能としてバックカメラ映像を俯瞰図に変換し、後方の駐車領域を直感的に認識できるようにモニタに表示する手法が提案されている。このように、安全運転支援を目的とした研究が数多く行われている。

一方で、車載カメラを用いてカーナビゲーション装置による経路誘導やエンターテインメントへ応用した研究が発表されている。撮影された映像からランドマークを認識してナビゲーションの指示に利用する研究が行われている。筆者は、車載カメラにより撮影される道路周辺の風景に着目し、風景の様子や変化に応じたアプリケーションが提供できれば快適な運転に役立つと考えている。例えば、事前に撮影された風景画像からナビゲーションの地図に風景情報を反映することで経路設定の際に利用する。また、走行中に単調な風景が続いたら居眠り防止や飽きないように経路変更や休憩場所の案内などのアプリケーションが提供できる。

そこで筆者は、車載カメラ映像から画像処理技術を用いて風景の特徴をスコア化する手法を提案する。本稿では、さまざまな風景から「街並み」、「森林」、「開けた道」の3つを判定し、被験者による判定と比較を行う。

2. 解析方法

車両前方水平に向けたカメラにより撮影した画像の上半分を対象領域とする。始めに対象領域を30×30ピクセルのセルに分割しセル毎の解析を行う。それぞれのセルの特徴量を計算しセルの構成要素を「草木」、「空」、「人工物」と判定する。次に対象領域全体に対して、それぞれの構成要素セル数から「街並み」、「森林」、「開けた道」のスコアを算出し、最も高いスコアを風景の特徴と判定する。

2.1 セル特徴量解析

セル毎に空率、草木率、看板率、垂直線数、フラクタル次元の5つの特徴量を求める。前処理として、HLS表色系へ変換およびセル毎の統計量算出を行う。

2.1.1 空領域検出

空領域の色は晴れ、曇り、夕焼けと時々刻々と変

化するため、色相を閾値とした検出は困難である。そこで、前処理として各画像から空の色の範囲を検出する。例えば、晴れの場合は青色、曇りの場合は灰色である。対象領域のセルの明度および彩度を順番に解析し、標準偏差が小さく周辺のセルと平均値に近い場合に、このセルを空と判定する。対象領域全て判定後、空と判定されたセルのHLS値の範囲を、空の色の範囲とする。

次に、対象領域全体の各セルに対し、空の色の範囲に含まれるピクセルが占める割合を空率とする。

2.1.2 色情報検出

HLSに変換された画像から草木、看板のピクセルが占める割合を検出する。草木は色相が緑色の範囲で、明度および彩度の閾値により検出する。また、看板は視覚的に目立つ色が用いられており、彩度の閾値により検出可能である。それぞれの条件を満たすピクセルの占める割合を草木率、看板率とする。

2.1.3 垂直線検出

道路周辺の電柱や建築物などの人工物は道路に対して垂直成分が多く含まれる。そこで、垂直エッジ成分を検出した画像に対し、セル内のエッジを垂直方向にカウントする。30ピクセル連続したエッジの列を垂直線と判定し、セル内の垂直線の数を垂直線数とする。

2.1.4 フラクタル次元

フラクタル次元とは複雑度を示す値でセル内の複雑度を0.0~2.0の数値で表す。例えば樹木などのエッジが複雑な形状を含むセルは2.0、空などのエッジが少ないセルは0.0に近い値となる。エッジ処理、2値化を行い、各セルのフラクタル次元を算出する。セル内に直線が一本ある場合1.0~1.3程度となり、電線の判定に用いる。

2.2 セル構成要素判定

対象領域のセルの構成要素を「草木」、「空」、「人工物」と判定する。空率、草木率、看板率、垂直線数、フラクタル次元それぞれの特徴量の閾値を表1に示す。

表1 セル構成要素判定

		セル特徴量				
		空率 (%)	草木率 (%)	看板率 (%)	垂直線数	フラクタル次元
構成要素	草木		> 50		0	
	空	> 50			0	< 1.0
	人工物				≥ 1	
		> 50		> 50		≥ 1.0

例えば、空率が50%より高く、フラクタル次元が1.0以上のセルを電線として「人工物」と判定する。

2.3 風景特徴解析

「草木」、「空」、「人工物」と判定されたセルをカウントし、「街並み」、「森林」、「開けた道」のスコアを算出する。「街並み」とは住宅地やオフィス街、「森林」とは森や林、「開けた道」は田んぼや草原などの開放的な道路と定義する。風景特徴スコアSの基本式を式(1)に示す。式(1)において、Fpを算出する風景に多いほど特徴を示すプラス要素のセル数、Fmを少ないほど特徴を示すマイナス要素のセル数とする。また、Tを「草木」、「空」、「人工物」を加算した総構成要素のセル数とする。それぞれの風景特徴スコアのパラメータを表2に示す。

風景特徴スコアは0~100の値となる。3つの風景特徴スコアを算出し、最も高いスコアを判定する。2番目と差が15以下の場合、特徴が顕著でないため「その他」と判定する。

$$S = ((F_p - F_m) / T + 1) \times 50 \quad (1)$$

表2 風景特徴スコアパラメータ

	プラス要素	マイナス要素
街並み	人工物	空
森林	草木	人工物
開けた道	空	草木

図1に車載カメラにより撮影された風景画像の例とその解析結果画像を示す。「森林」の風景特徴スコアSFのパラメータは表2よりFpを「草木」、Fmを「人工物」として式(1)に適用する。図1におけるそれぞれのセル数は「空」90個、「草木」747個、「人工物」73個であり、式(2)より87.0と算出される。また、「街並み」のスコアは50.0、「開けた道」のスコアは13.9となり、「森林」と判定される。

$$SF = ((747 - 73) / (747 + 73 + 90) + 1) \times 50 = 87.0 \quad (2)$$

3. 実験

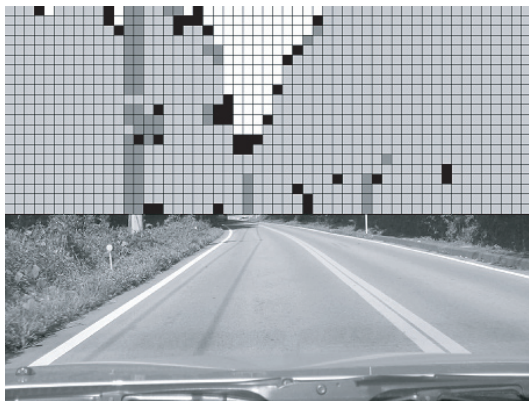
車載カメラ映像から風景特徴を判定し、被験者による判定結果と比較して本手法の妥当性を検討する。

3.1 実験方法

ダッシュボード上にデジタルカメラを前方水平に向けて固定し、解像度1600×1200の画像を10



(a) 元画像



(b) 解析結果画像

□:空, □:草木, ■:人工物, ■:その他

図1 「森林」と判定されたの風景の解析結果

秒間隔で撮影した。観光地周辺や市街地を走行し、2857枚の画像を撮影した。システムにより風景特徴解析を行った結果、1236枚が「街並み」、「森林」、「開けた道」の何れかに判定された。3種類の風景特徴に対してスコア別に「50-60」「60-70」「70以上」に分け、それぞれ10枚をランダムに計90枚、「その他」10枚の合計100枚を選出する。

被験者16名を対象にアンケート形式で実験を行った。1枚の画像を5秒間閲覧し、「街並み」、「森林」、「開けた道」のうち最も当てはまる風景を回答する。3つの何れにも当てはまらない場合は「その他」と回答する。

3.2 実験結果

システムと被験者による判定結果を比較した。本稿ではシステムによる風景特徴スコアが70以上の画像に対する比較結果を表3に示す。システムが「街並み」と判定した10枚の画像に対して被験者16名が「街並み」と判定した割合は96.9%であった。また、

「森林」、「開けた道」に関しては、75%以上の割合で被験者による判定結果と一致した。

ここで、表3においてシステムが「開けた道」と判定した画像に対して被験者が「街並み」と判定した割合は11.3%であった。図2(a)に判定結果が一致した画像の例、図2(b)に判定結果に差異の多かった画像の例を示す。「開けた道」のスコア算出式では、Fpを「空」としており、システムは「空」のセル数が多いため「開けた道」と判定した。一方、被験者らの多くは遠くの建物に注目し「街並み」と判定したと考えられる。

表3 システムと被験者による判定結果の比較

		被験者による判定 (%)			
		街並み	森林	開けた道	その他
システム による判定	街並み	96.9	0.0	0.6	2.5
	森林	2.5	76.9	4.4	16.3
	開けた道	11.3	1.9	75.6	11.3



(a) 高速道路



(b) 一般の国道

図2 システムが「開けた道」と判定した風景の例

4. まとめ

車載カメラにより撮影された風景画像を解析し、「街並み」、「森林」、「開けた道」の3つを判定する技術を開発した。システムと被験者による判定を比較した結果、風景特徴スコア70以上において、「街並み」は96.9%、「森林」、「開けた道」は75%以上の割合

合で一致することを確認した。

システムと被験者の判定結果に差異が多かった風景に関しては、それぞれのセルに写るオブジェクトまでの距離を検出し距離に応じた重み付けを行うことで、さらに被験者の判定に近くなると考えている。図2(b)のように遠くに建築物が多くある場合「街並み」と判定するようにアルゴリズムを改善したい。

今後は「並木道」、「海沿い」などの風景の判定や、「紅葉」、「雪景色」などの季節に対応した判定を拡張することで、さまざまなアプリケーションへの応用を提案する予定である。

参 考 文 献

- (1) 藤田 隆二郎, “車載カメラ映像による風景特徴解析技術,” FIT2005, 一般講演論文集, p137-138, 2005
- (2) Ryujiro Fujita, “A Roadscape Analysis System of Vehicle Mounted Camera-image,” ICCE2006, p425-426, January 2006

筆 者 紹 介

藤 田 隆 二 郎 (ふじた りゅうじろう)

技術開発本部 モーバイルシステム開発センター, 画像処理技術の開発に従事。