

中赤外域における分光反射特性を用いた物体検出手法の提案

Object detection using characteristics of spectral reflectance in mid-infrared region

鈴木 裕史 (中央大) 浅野 秀胤 (パイオニア)

古谷 貴紀 (中央大) 正 梅田 和昇 (中央大)

Yuji SUZUKI, Chuo University, suzuki@sensor.mech.chuo-u.ac.jp

Hidetsugu ASANO, Pioneer, asano@post.pioneer.co.jp

Takanori FURUYA, Chuo University, furuya@sensor.mech.chuo-u.ac.jp

Kazunori UMEDA, Chuo University, umeda@mech.chuo-u.ac.jp

This paper proposes an object detection method using characteristics of spectral reflectance in mid-infrared region. Retroreflective traffic signs are irradiated with infrared light and the reflected light from the traffic signs is taken with an infrared camera. Infrared lights with wavelength of around 1400nm and 1150nm are used, since solar lights do not contain these wavelengths and the detection of traffic signs can be realized without the effect of the sun. The effectiveness of the proposed method is verified by experiments.

Key Words: infrared light, characteristics of spectral reflectance, retroreflection

1. 序論

近年、自動車の周囲を認識するセンサの搭載が本格化しつつあり、数多くの研究開発が行われている。その一つに、色情報や形状情報を組み合わせることにより道路標識を検出する研究がある [1] [2]。しかし、これまでの手法では昼夜の違いなどが検出精度に大きな影響を及ぼす。本研究では、昼夜の違いの影響を受けずに物体の検出を行うことを考え、個々の物体の持つ分光反射特性の違いに着目する。分光反射特性は、各波長における反射率を表すもので、物体ごとに固有の値を持つ。本研究では、道路標識を検出対象とし、分光反射特性を利用した道路標識検出手法を提案する。さらに、提案手法の有用性を実験により示す。

2. 分光反射特性

分光反射特性とは、物体表面で光が反射するときに、どの波長の光をどの割合で反射で反射するかを示す、波長別に示される反射率のことである [3]。

2.1 再帰性反射

本研究で検出対象とした道路標識には、再帰性反射材を使用しているものとそうでないものがある。再帰性反射とは、入射してきた光を光源方向に反射するという性質のことである。この性質により、他の物体に比べて入射方向に非常に強い反射強度を持つ。

2.2 道路標識の分光反射特性

道路標識の分光反射特性を実際に計測した結果を Fig.1, Fig.2 に示す。計測には B&W TEK 社製の i-Spec を用いた。この分光器は 2 種類の素子を搭載しており、波長 380 ~ 950nm で CCD, 950 ~ 1700nm で InGaAs 素子を用いている。そのため、950nm を境に計測値が飛び値になっている。Fig.1 に再帰性反射材を使用した道路標識の分光反射特性を、Fig.2 には再帰性反射材を使用していない道路標識と道路周辺に存在している物体の分光反射特性をそれぞれ示している。反射率は、反射率 100% の拡散反射板を基準とした相対反射率として求める。

Fig.1 より、再帰性反射材を使用している道路標識が非常に高い反射率を示すことがわかる。一方、Fig.2 の再帰性反射材を使用していない道路標識も、赤外領域において、他の物体に比べて、比較的高い反射率を示していることがわかる。そのため、赤外領域における物体の反射率の高さを利用するこ

とで道路標識の検出ができると考えられる。ただし、道路周辺の植物の葉も高い反射率を示しているため、道路標識を検出するためには植物の葉との区別が必要となると考えられる。

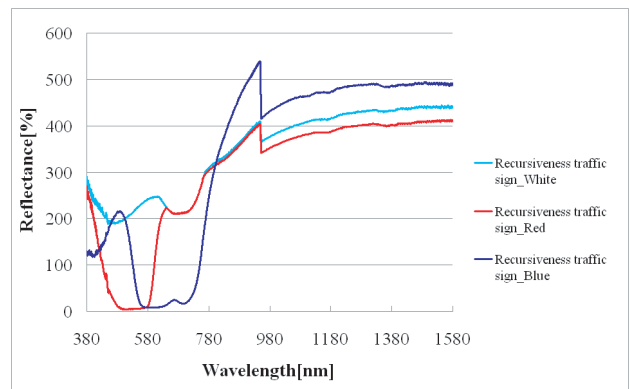


Fig.1 Spectral reflectance of retroreflective traffic signs

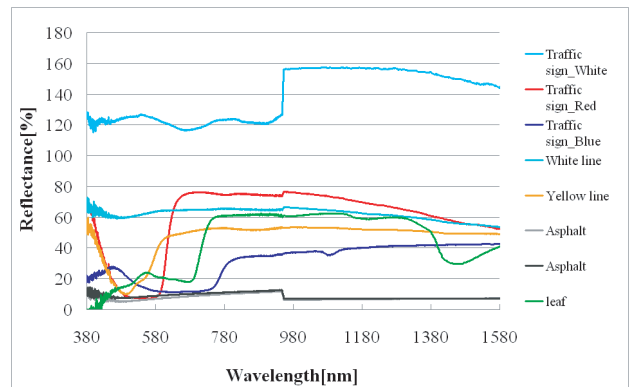


Fig.2 Spectral reflectance of non-retroreflective traffic signs and objects around the road

3. 検出手法

3.1 太陽光の照射強度特性を利用した物体検出

太陽光のスペクトル毎の照射強度を Fig.3 に示す. 1150nm と 1400nm 付近で照射強度が非常に小さくなっており, これらの波長に注目することで太陽光の影響を小さくできると考えられる. そこで, 波長 1400nm または 1150nm 付近の赤外光を照射し, 反射光を赤外カメラで計測し, 画像中から明るい領域を検出する手法を提案する. これにより, 昼夜によらない物体検出が可能になると考えられる.

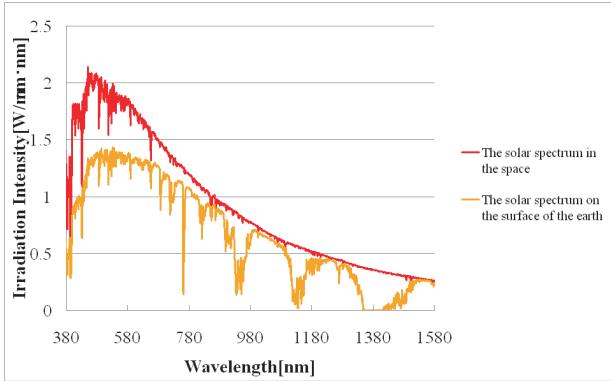


Fig.3 Irradiation intensity of the sun [4]

3.2 植物の葉との区別

2.2 節で述べたように, 道路標識を検出するためには道路標識と植物の葉を区別しなくてはならない. そこで, 2 波長の反射率を比較することによって区別をする [5]. 再帰性反射材を使用していない道路標識と植物の葉の分光反射特性を示した Fig.2 を見ると, 道路標識の赤外領域における反射率が波長によらずほぼ一定であるのに対し, 葉の赤外領域における反射率は 1400nm 付近で急激に小さくなっている. そこで, 1150nm と 1400nm の 2 波長の比較をすることで, 道路標識と葉を区別し, 道路標識のみを検出できると考えられる.

4. 道路標識検出の基礎実験

4.1 使用機材

赤外カメラには, Leadintex 社製の Micron Viewer を用いた. 1150nm と 1400nm の波長のみ注目するためにそれぞれの波長のバンドパスフィルタを用いた. 半値幅は 1150nm のものが 10nm, 1400nm のものが 100nm であった. 赤外光照射装置としてラリーカー用のハロゲンランプに 850nm のロングパスフィルタを取り付けることで, 赤外光のみを照射できるようにした.

4.2 実験方法

再帰性反射材を用いた道路標識に向けて赤外光を照射し, 反射光を赤外カメラで撮影した. 再帰性反射の特性を利用するために, 赤外光は赤外カメラの真後ろから照射した.

実験環境を Fig.4 に示す. 道路標識までの距離はそれぞれ 16m, 37m, 52m であった.

4.3 実験結果

実験結果を Fig.7, Fig.8 に示す. 結果を見ると, どちらの波長においても, 赤外光を照射しているときのみ道路標識が明るく観測されていることがわかる. 1150nm と 1400nm を比べると, 1150nm より 1400nm の方が太陽光による外乱が少ないことがわかる. また, どちらの波長においても葉は検出されることがわかる. このことから, 再帰性反射材を使用した道路標識の検出には 1400nm の波長のみ注目すれば良いと考えられる.

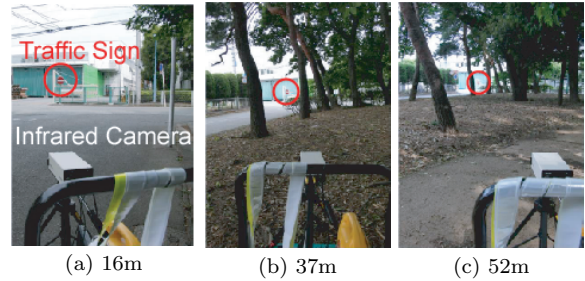


Fig.4 Experimental environment (Basic experiment)

一方, 再帰性反射材を使用していない道路標識は Fig.8-(d) のみで観測されている. これは, 他の結果では観測できていないことから, 道路標識が赤外カメラに対し正面を向いていたことにより偶然観測されたと考えられる.

5. LED 照明による道路標識検出実験

5.1 実験方法

光源として, 単波長の光を照射するために LED を用いた. Fig.5 示す波長 1450nm の LED を一辺 14 個ずつ計 56 個並べたリングライトを用いた. リングライトを用いることで, カメラと光源の光軸を一致させることができ, 再帰性反射の特性を十分に利用できると考えた. また, 赤外カメラは 4. 章と同じものを用いた. バンドパスフィルタは 1400nm のものを用いた.

実験環境を Fig.6 に示す. 道路標識までの距離はそれぞれ 10m, 18m, 30m であった.



Fig.5 Ring light

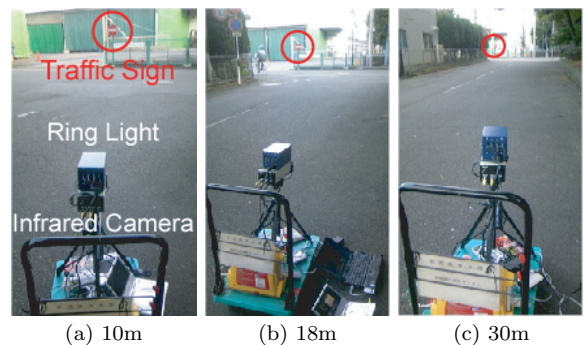


Fig.6 Experimental environment (Ring light experiment)

5.2 実験結果

実験結果を Fig.9 に示す. 結果を見ると, 4. 章の実験と同様に赤外光を照射しているときのみ道路標識が明るく観測されている. しかし, ハロゲンランプを用いたときと比べると明るさが不十分で, 道路標識までの距離が 30m になると道路標識が全く観測されていない. これは, ハロゲンランプに比べ, LED の光量が少ないためであると考えられる. この問題は LED の数を増やすことで解決できると考えられる.

6. 結論

物体の持つ分光反射特性を利用し、太陽光の影響が少ない1150nm, 1400nmの波長を用いることで昼夜によらず道路標識を検出する手法の提案を行った。また、道路周辺に存在する物体と道路標識とを区別する手法を提案した。実車への実装の予備実験として、屋外での赤外光照射実験を行い、その結果から再帰性反射材を使用している道路標識の検出が可能であることを示した。今後の展望としては、実際に実車に搭載して、本手法の有用性を検討する。

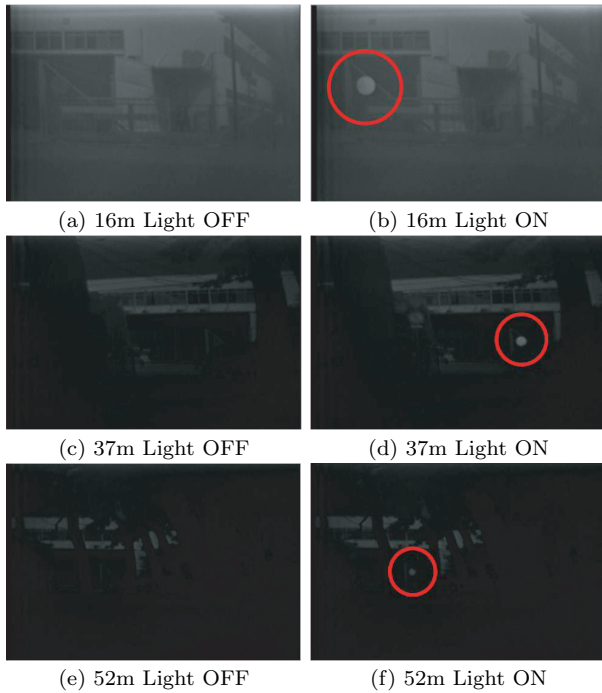


Fig.7 Results (1150nm)

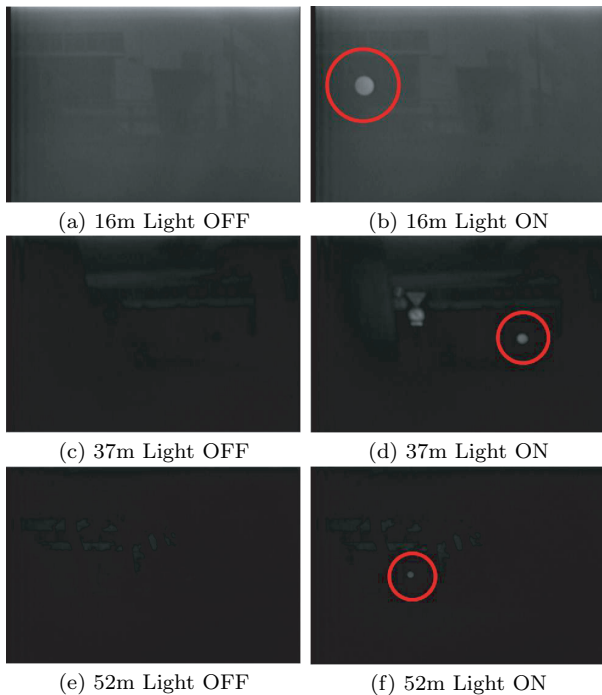


Fig.8 Results (1400nm)

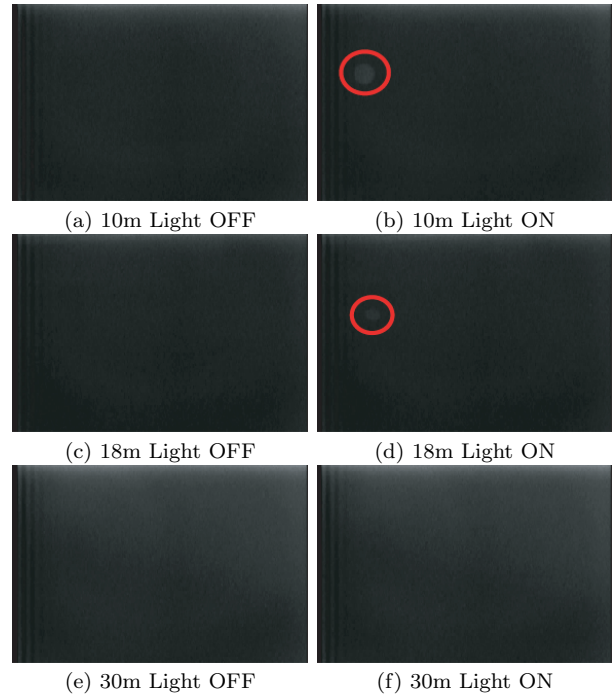


Fig.9 Results (LED)

参考文献

- [1] 青木 悠, 青木 義満, 宮地 恵美: “ナビゲーションデータ生成のための道路方面認識のベストショット検出”, 精密工学会 動的画像処理ワークショップ (DIA2007), pp.232-237, 札幌, 2007.
- [2] 松浦 大祐, 山内 仁, 高橋 浩光: “特定色判別と領域限定を用いた円形道路標識の抽出”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J85-D2, No.6, pp.1075-1083, 2002.
- [3] 熊澤逸夫: “マシンビジョンと人のビジョン”, 映像メディア学会誌, Vol.60, No.1, pp.36-42, 2006.
- [4] Renewable Resource Data Center ホームページ, <http://rredc.nrel.gov/solar/spectra/am1.5/>
- [5] 鈴木康弘, 山本和彦, 加藤邦人, 安藤道則, 小島真一: “近赤外マルチバンドによる肌検出手法の提案”, 電学論 C, Vol.127, No.4, pp.583-590, 2007.