

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月21日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500176

研究課題名（和文）可視光ナイトビジョン実用化のための要素技術の開発

研究課題名（英文）Development of Elemental Technology for Practical Use of Night-Vision Using Visible Light

研究代表者

濱 裕光 (HAMA HIROMITSU)

大阪市立大学・大学院工学研究科・名誉教授

研究者番号：20047377

研究成果の概要（和文）：本研究では、夜間における歩行者を巻き込んだ重大事故の防止と運転支援を最終目的として、可視光を用いたナイトビジョンの実用化に向けて必要な要素技術の開発を目指す。主な課題はロバストな歩行者検知であり、そのためには消失線の利用が非常に効果的なことが分かっている。従来は、消失線は画像処理により求めていたが、ここでは傾斜計から得られる傾斜角を用いて高速・高精度に求め、マルチスリット法により歩行者検知を行う手法を開発する。

研究成果の概要（英文）：During the next decade, on-board pedestrian detection systems will play a key role in the challenge of increasing traffic safety. The main goal of this research work is to detect robustly pedestrians in urban scenarios even under illumination changes and cluttered environments. We proposed an improved method for pedestrian detection using an Attitude Measurement Unit (AMU) in conjunction with multi-slit data. Through experimental results, it has been confirmed that the integration of the proposed techniques will give rise to a more economical, accurate, and versatile system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像情報処理、可視光、高輝度光源、パターン認識、ナイトビジョン

1. 研究開始当初の背景

(1) 夜間の歩行者を検知するシステムは日本の自動車メーカーが世界に先駆けて製品化を行い、現在では諸外国で同様の製品開発を行っており、多くの家電メーカーも追随している。しかし、可視光カメラで普通に撮影

したのでは、ヘッドライトなどの強烈な光源の影響を除去することは難しく、現状では赤外線カメラを利用したシステムが主流である。人体の温度はほぼ一定であるので、赤外線画像は歩行者検知の点では雑音の少ない画像が得られることから世界中のほとんど

の自動車メーカーが採用してきた。しかし、その映像はドライバにとって違和感があり、また、赤外線カメラ自体も高価であることから、一部の高級車にしか搭載されておらず、広く普及するには至っていない。

(2) コスト以上に問題なのはシステムの信頼性にある。例えば、冬にはたくさん着込むので頭部以外は露出が少なく、また、夏には昼間の太陽で路面が熱せられて夜まで熱気が残るので歩行者の検知が難しくなる。一方、可視光を用いた夜間での歩行者検知システムの開発事例は少なく、その認識率も十分とは言えない（ヘッドライトのような強烈な光源のない環境下でも71%）。

2. 研究の目的

(1) 一方、デジタルカメラの機能は年々向上し、値段も安くなってきているが、可視光を用いたときの最大の難点は、対向車のヘッドライトなどの高輝度光源の影響による画像劣化であり、これらの悪影響を取除かない限り、その実用化は難しいと思われる。ここでは、次の2つのアプローチを比較検討しながらこの問題を解決しようとするものである：(i)高輝度光源位置の選択的遮光方式、(ii)光波長選択的帯域通過方式。このような高輝度光源抑制方式は前例がないが、もし、高輝度光源の影響を取除くことさえできれば、カメラの感度はそれほど大きな問題にはならないと考えている。画像処理技術が適用できる状態になれば、従来から取り組んできた劣悪な照明・気象条件下でのロバストな認識手法が利用できる。

(2) 本研究では、車載カメラの画像から、歩行者など障害物を検知し、おおよその距離計算から衝突の危険性を予測し、ドライバに注意を促すシステムの開発を目指す。その際に、傾斜角から直接求めた消失線を用いて各距離に対応するマルチスリットを構成し、柔軟に歩行者検知を行う方法は新規である。同時に可視光を用いる利点を活かして、歩行者だけでなく、隠蔽や反射で見落としやすい交通標識や看板を検出・認識できれば、ドライバに利便性をも提供することができる。このように可視光が利用できれば、既存の画像処理技術を応用できるので、機能、コストの両面で赤外線に比べて、優位性がある。

(3) 従来から、交通標識、歩行者、自動車、ライセンスプレート、車線などの認識に関する先行研究は多いが、ほとんどが晴天昼間、広い直線道路などのよい条件下で実験が行われている。しかし、本当に必要性が高いのは悪い条件下でも確実に動作するシステムであり、その開発事例は少ない。本

研究ではロバストな切出しと認識を実現するために、撮影画像上の消失線を、傾斜計から得られた傾斜角を用いて高速・高精度に求める手法、劣化画像における形状情報を利用するための可変テンプレートマッチング、種々の光源の下での不変性を実現するために相対色の概念を利用する。

(4) 高輝度光源抑制により得られた画像からシステムが対象物を検知・認識した際に、その結果をどのように（運転の妨げにならない方法）、どのタイミング（必要なとき）でドライバに伝えるかは重要な問題である。ドライバの認識状態把握のために、ここでは視線の動きを利用するが、従来は、視線の動きを追跡して停留時間の長短により認識判定をしていたが、運転中にドライバがある対象物（例えば、歩行者や交通標識）を注視し、視線が一定の場所に留まっている状況は考え難く、実際に実験してみてもほとんどの時間は前方を見ている。視線は頻繁に動き、非常に短い時間内で対象物を認識しているケースがほとんどである。しかも、従来注目されてきた中心視より周辺視の役割が大きいように思われる。また、両眼の視線情報を合わせることで重要な情報が得られると考える。例えば、視線が到達しなくても対象物を認識しているケースが多々ある。予備実験を通して分かってきたことであるが、重要なのは「視線の静的な方向ではなく、動的な動きとドライバの注意には明確な関係があり、その動きからドライバの意図、認知状況を知ることができる」と考えている。高解像度画像の情報を低解像度ディスプレイに表示する際に、注意をどこに集中させるか、が重要であり、階層的に提示する手法についても検討を行ってきたが、今後さらに顕著性の解明を進める。

3. 研究の方法

(1) 対向車のヘッドライトや逆光の太陽、その他の高輝度光源が存在する場面で、その影響を取除き、鮮明な入力画像を得る方法を開発する。そのために次の2つのアプローチ『液晶マスクを用いた高輝度光源部分の選択的遮光方式』と『チューナブルフィルターを用いた光波長選択的帯域通過方式』を試み、比較検討を行う。前者は、レンズの前に設置した液晶マスクを通して2段階撮影を行う。1回目は、露出アンダーの状態に撮影し、高輝度光源位置を検出し、遮光パターン作成する。次に、その部分を選択的にマスク遮光して撮影することで、強烈

な光源によるフレアーやゴーストなどを取り除く。マスクの実現手段としては、小型化、単純化、コストなどの点から機械式よりも電子式（液晶マスク）を採用する。高輝度光源位置の推定と遮光パターンを自動的に求めるアルゴリズムはほぼ完成しており、光源部分が覆われた画像からの対象物検知・認識アルゴリズムの完成度を高めていく。

(2) 後者に関しては、道路周辺にある外灯などの光スペクトル特性を調べ、その複数のピーク値を中心とする狭帯域フィルターを通して撮影することで、ヘッドライトなどの影響を相対的に減少させる方法を開発する。予備実験からその有効性は確認済みであり、初年度は実際に屋外の道路でヘッドライトなどの高輝度光源の抑制効果を確認し、ロバストな歩行者検知アルゴリズムの開発を行う。

(3) 次に、傾斜計を利用した消失点の求め方と対象物のロバストな検知・認識手法の開発を行う。歩行者検知には消失線の利用が非常に効果的なことが分かっている。従来は、消失線は画像処理により求めていたが、ここでは傾斜計から得られる傾斜角を用いて高速・高精度に求め、マルチスリット法を用いて歩行者検知を行う。マルチスリット法は、画像上で歩行者の居る可能性がある位置（スリット）を推定し、各スリットに歩行者の頭部、胴体部、脚部の特徴があるかどうかを判定することで検知精度を上げようとするものであり、1台のカメラで距離推定も同時に行える特長がある。ここで得られる傾斜角は絶対角であり、時間的な移動平均からのずれを用いて刻一刻の消失線を求めていく。道路面は近似的に平面であると仮定するが、平面でない場合は距離推定に誤差が生じるが、実用的には、スリット幅と位置にマージンを持たせることで解消できる。

(4) 人間は注意を向けると視線が到達しなくても、対象物を認識できることが、心理実験で分かっている。そこで、視線の停留時間に注目する従来の考え方と違って、ドライバーの「視線の動き」、「認識」、「注意」の間に強い相関があることが明らかになっており、さらに解明を進める。また、少ない停留時間でも両眼の視線が3次元上のある1点で交差する（ある一定の視野角の範囲内に入る）と確かに認識している状況があると思われるので、これらの事実関係も解明していきたい。同時に周辺視による認識の際に、網膜の細胞密度と画像解像度との関係は必ずしも比例しておらず、これらの関連も心理実験により解明していく。システムの認識結果をどのようにドライバーに伝えるかは最後の重要な問

題であり、画像からの顕著性の抽出と共にこの問題に取り組む。

4. 研究成果

(1) 図1に示すように、高輝度光源の抑制効果は明らかに認められた。高輝度光源が画面内にある時、提案手法により影響を除去し、鮮明な画像を得る事が可能であることを示した。その一例として可視光カメラ（OLYMPUS社のCAMEDIA FE-250）と、液晶マスク（SKRテクノロジー社のクリスタルミュウ）を用いて実験を行い、その有効性を確認した。

(2) 次に、マルチスリット法を適用する際に、消失線を求めることが必要となるが、車の振動等に実時間で追従するには計算コストの削減は不可欠である。そこで、傾斜計を利用して計算コストの削減と同時に精度の確保を目指した。その結果の例を図2に示す。従来は検知が難しいと言われていた、前後の人が重なったり、カバンや傘をもっている歩行者の検知を可能とした。

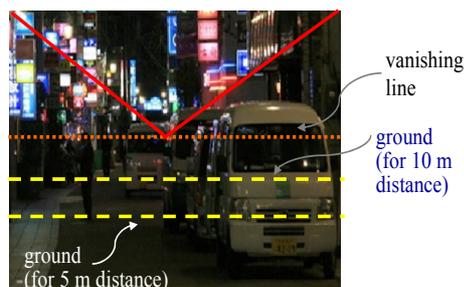
(3) 図3に顕著性マップの例を示す。注意や認識度と視線の動きの関係解明に関して、心理実験を通して分かってきたことは、「重要なのは視線の静的な方向ではなく、動的な動きであり、人の注意がどこに向いているかと明確な関係があり、その動きから人の意図、認知を知ることができる」と言うことである。心理実験を通してある程度の解明は進んだが、視線の動きと視覚的注意および認識度との関係解明はまだ不十分である。情報伝達の手段の一つとして、自動車のフロントガラスに設置した小型パネルに必要な情報を提示するために小型画面ディスプレイに顕著性に従って自動的に拡大・縮小表示する手法の開発を行った。



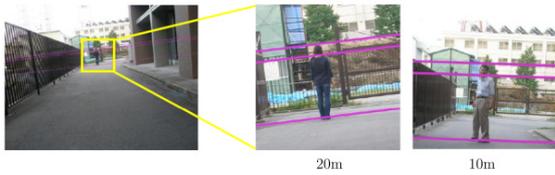
(a) 遮蔽前

(b) 遮蔽後

図1 遮蔽による高輝度光源の影響除去の例



(a) 消失線とマルチスリット



(b)傾斜計を用いたマルチスリット再計算

図2 傾斜計を用いた消失線の再計算とマルチスリットの再計算の例

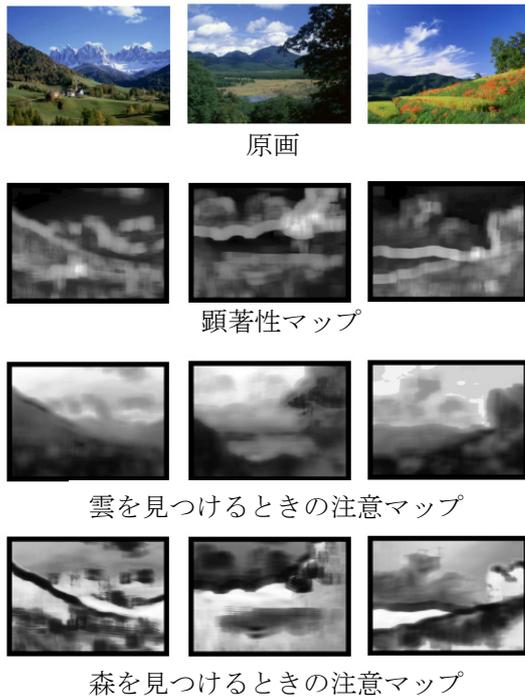


図3 顕著性マップの例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8件)

- ①Thi Thi Zin, Pyke Tin, H. Hama, S. Nakajima and T. Toriu, Effective Multiple Stochastic Background Modeling for Stationary Objects Detection in Complex Environments, ICIC Express Letters: An International Journal of Research and Surveys, 査読有, Vol. 5, No. 10, 2011, pp. 3767~3772.
- ②Pyke Tin, Thi Thi Zin, H. Hama and T. Toriu, Challenges and Promises in Human Behavior Understanding, Journal of Research and Surveys, 査読有, Vol. 5, No. 10, 2011, pp. 3761~3766.
- ③Thi Thi Zin, Pyke Tin and H. Hama, Pedestrian Detection Based on Hybrid

Features Using Near Infrared Images, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 査読有, Vol. 7, No. 8, 2011, pp. 5015~5025.

- ④Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu and H. Hama, Background modeling using special type of Markov Chain, IEICE Electronic Express, 査読有, Vol. 8, No. 13, 2011, pp. 1082~1088.
 - ⑤M. Sugimoto, Thi Thi Zin, T. Toriu and S. Nakajima, Robust Rule-Based Method for Human Activity Recognition, International Journal of Computer Science and Network Security, 査読有, Vol. 11, No. 4, 2011, pp. 37~43.
 - ⑥S. Hasebe, S. Nakajima, Thi Thi Zin, and T. Toriu, Security and Observation System for Solitary Person Using Accelerometer and Surveillance Camera, International Journal of Computer Science and Network Security, 査読有, Vol. 11, No. 3, 2011, pp. 41~46.
 - ⑦K. Takahara, T. Toriu and Thi Thi Zin, Making Background Subtraction Robust to Various Illumination Changes, International Journal of Computer Science and Network Security, 査読有, Vol. 11, No. 3, 2011, pp. 241~248.
 - ⑧Y. Hashimoto, Thi Thi Zin, T. Toriu and H. Hama, An Improved Pedestrian Detection Method for DSS (Driver Supporting System) using an Attitude Measurement Unit, *Memoirs of the Faculty of Engineering*, Osaka City University, 査読無, Vol. 52, 2011, pp. 15~20.
- [学会発表] (計 3件)
- ①Pyke Tin, Thi Thi Zin, T. Toriu and H. Hama, A general framework for knowledge based human behavior understanding, *The Sixth International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2011)*, Dec. 22-24, 2011, 日本、北九州
 - ②Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu and H. Hama, An innovative background model based on multiple queuing framework, *The Sixth International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2011)*, Dec. 22-24, 2011, 日本、北九州
- (*) (Best paper Award)
- ③S. Nakajima, Y. Fukui, Y. Hashimoto, T.

Toriu, and H. Hama, Recognition of Human Posture from 3D Surface Data of Laser Range Sensor Using Human Ellipsoid Tree Model and Blackboard Model For Human Surveillance, *Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ2011)*, Nov. 29-Dec.1, 2011, Auckland, New Zealand

〔図書〕 (計 1件)

- ①鳥生 隆、中島 重義、ティ ティ ズイン、大阪市立大学出版会、いのちを守る都市づくり、第8話：防災都市空間創造のための情報インフラ、2011、pp. 69-77

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 11件)

- ①名称：防犯エキスパートシステム
発明者：鳥生 隆、濱 裕光、ティ ティ ズイン、パイ ティン
権利者：大阪市立大学、鳥生 隆、濱 裕光、ティ ティ ズイン、パイ ティン
種類：特許
番号：特願2012-72284
出願年月日：平成24年3月27日
国内外の別：国内
- ②名称：測距センサーとカメラの複合システム
発明者：鳥生 隆、濱 裕光、ティ ティ ズイン、パイ ティン、中島 重義、橋本 幸枝
権利者：大阪市立大学、鳥生 隆、濱 裕光、ティ ティ ズイン、パイ ティン、中島 重義、橋本 幸枝
種類：特許
番号：特願2012-72285
出願年月日：平成24年3月27日
国内外の別：国内
- ③名称：対象物の認識システム、見守りシステム、監視システム
発明者：濱 裕光、鳥生 隆、パイ ティン、中島 重義、ティ ティ ズイン、橋本 幸枝
権利者：大阪市立大学、濱 裕光、鳥生 隆、パイ ティン、中島重義、ティ ティ ズイン、橋本 幸枝
種類：特許
番号：特願2011-69023
出願年月日：平成23年3月26日
国内外の別：国内
- ④名称：測域センサデータとカメラ画像との

統合方法

- 発明者：濱 裕光、鳥生 隆、パイ ティン、中島 重義、ティ ティ ズイン、橋本 幸枝
権利者：大阪市立大学、濱 裕光、鳥生 隆、パイ ティン、中島 重義、ティ ティ ズイン、橋本 幸枝
種類：特許
番号：特願2011-4049
出願年月日：平成23年1月12日
国内外の別：国内
- ⑤名称：異常事態の検出システム
発明者：鳥生 隆、中島 重義、ティ ティ ズイン、濱 裕光
権利者：大阪市立大学、鳥生 隆、中島 重義、ティ ティ ズイン、濱 裕光
種類：特許
番号：特願2011-2628
出願年月日：平成23年1月11日
国内外の別：国内
- ⑥名称：支配的特徴を用いたマルチメディア認識・検索システム
発明者：濱 裕光、ティ ティ ズイン、パイ ティン、濱 萬一
権利者：同上
種類：特許
番号：特願2010-86983
出願年月日：平成22年4月5日
国内外の別：国内
- ⑦名称：対象物認識システム及び該システムを利用する監視システム、見守りシステム
発明者：濱 裕光、パイ ティン、渋谷 喜一郎
権利者：同左
種類：特許
番号：特願2010-74258
出願年月日：平成22年3月29日
国内外の別：国内
- ⑧名称：対象物認識システム及び該システムを利用する監視システム、見守りシステム
発明者：濱 裕光、パイ ティン、渋谷 喜一郎
権利者：同上
種類：特許
番号：特願2010-66328
出願年月日：平成22年3月23日
国内外の別：国内
- ⑨名称：対象物認識システム及び該システムを利用する監視システム、見守りシステム
発明者：濱 裕光、パイ ティン、渋谷 喜一郎
種類：特許

権利者：同上
番号：特願2010-66541
出願年月日：平成22年3月23日
国内外の別：国内

⑩名称：対象物認識システム及び該システム
を利用する監視システム、見守りシステム
発明者：濱 裕光、パイ ティン、渋谷 喜一郎
権利者：同上
番号：特願2010-65333
出願年月日：平成22年3月22日
国内外の別：国内

⑪名称：昼夜を問わずに利用可能な頑健性の
高い歩行者検出法
発明者：濱 裕光、パイ ティン、ティ ティ ブ
ィン、渋谷 喜一郎
権利者：同上
種類：特許
番号：特願2009-38332
出願年月日：平成21年2月20日
国内外の別：国内

[その他]

ホームページ

<http://www.info.eng.osaka-cu.ac.jp/~hama>

研究者一覧 詳細

<http://www3.osaka-cu.ac.jp/researchers/researchers/view/610>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

濱 裕光 (HAMA HIROMITSU)
大阪市立大学・大学院工学研究科・名誉教授
研究者番号：20047377

(2) 研究分担者

鳥生 隆 (TORIU TAKASHI)
大阪市立大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：80347484

(3) 連携研究者

なし