

単眼車載カメラによる昼夜を問わない対向車検出

高橋 遼† 中島 克人‡

東京電機大学院 未来科学研究科 情報メディア学専攻†‡

1 はじめに

近年、先進安全自動車（以下、ASV）と呼ばれる運転手の安全運転を支援するシステムを搭載した車が普及し始めている。ASVには、主に高速道路上での使用が想定されたシステムが搭載されている。このような技術を道幅が多様な一般道においても使用可能にするには、危険度の高い対向車の検出が重要となる。

本研究では、単眼の車載カメラを用いてフレーム間差分法に基づいて対向車を検出することを目的とする。対向車の検出を行う際、カメラ搭載車が前方に移動するため、単純なフレーム間差分法では背景や停止している物体も差分として抽出される。我々の差分法では、カメラ搭載車の移動速度からフレーム間における背景画素の移動量と方向を推定する。そして、推定された背景画素の移動範囲内にある差分を背景とみなし、それ以上の差分が対向車を示す画素をとって抽出する。

2 関連研究

車載カメラのように、カメラが移動している際に、時間的に前後する画像を使用して背景差分を行い、移動物体である対向車を検出する研究に、笠原らによる研究[1]がある。この研究では、車が直進して進む場合に、車載カメラから撮影された周りの背景部分は無限遠点から放射状に広がって動くことを利用している。具体的には、前フレーム画像から現在の背景画像を予測生成する。そして、生成された画像と現在のフレーム画像で背景差分を行い主に移動物体である歩行者の検出を目指している。この研究ではステレオカメラによる背景への距離推定を前提としているが、本研究では距離推定が不要なため単眼カメラのみで良い。

3 提案手法

車両の検出を行う場合、物体検出器を用いる事が有力な手段となる。しかし、検出された車両が移動している対向車かどうかを識別することができない問題がある。そこで、本研究では車載カメラの移動を考慮したフレーム間差分を行うことで、移動物体である対向車の検出を行う。

Oncoming Vehicle Detection Regardless of Day or Night with a Monocular In-vehicle Camera

† Ryo Takahashi · Tokyo Denki University

‡ Katsuto Nakajima · Tokyo Denki University

3.1 カメラの直進移動を考慮したフレーム間差分

対向車等の移動物体の検出には照度等の変動に頑健なフレーム間差分法が有効である。しかし、カメラが移動する場合は背景も移動するため、単純なフレーム間差分法では移動物体の領域を特定するのは困難である。そこで、カメラ搭載車の速度からフレーム間における背景画素の移動量とその方向を推定し、その移動先を背景画素と見なす差分法を適用する。

図1はカメラ位置を原点とした透視投影図であり、式(1)と共に、背景画素の移動量の計算方法を示す。Zはフレーム間のカメラの移動量であり、カメラ搭載車の速度と撮影している動画のフレームレートから計算が可能である。Xは背景物体がカメラの真横にあった際の距離であり、Rはカメラの画面の半角、Aは画面内での無限遠点から画面端までの長さを示している。前フレームの緑の×印にある背景画素が、次フレームにおいて赤の×印の位置に移動した距離vで求められる。

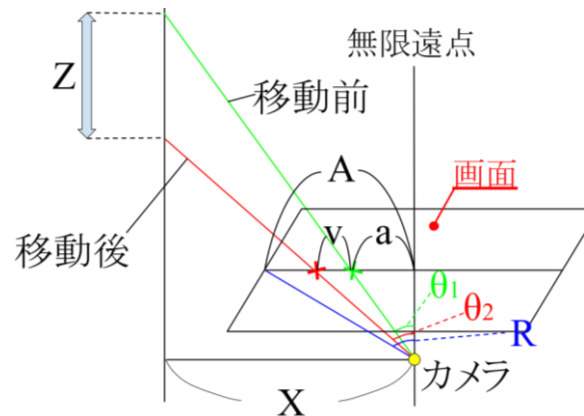


図1 透視投影図

$$v = \frac{a^2 Z \tan R}{AX - aZ \tan R} \quad \dots(1)$$

3.2 背景までの距離によらないフレーム間差分

前進する車載カメラから撮影された映像において、背景の各画素は無限遠点を中心に放射状に移動する。その移動量は式(1)に示す通り、車載カメラから背景までの距離が小さいほど大きくなり、図1におけるXを通行中の道路の路側に接している背景物体までの距離とした時に最大となる。もし、図2の様に背景物体が路側から離れた場所にある(図の緑線)場合は、背景画素の移動は同じ方向であるが移動量だけが異なる。そして、無限遠に

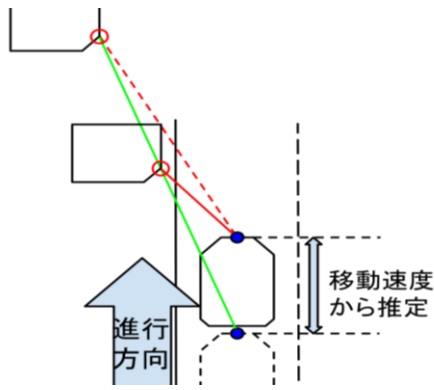


図2 距離による変化

ある背景物体の移動量は 0 となる．そこで我々の差分法では，背景物体までの距離を推定するのではなく，背景物体が最近傍から無限遠までのどこであっても良いとする．即ち，フレーム間差分を行う際に，次フレーム上における，最近傍の場合の背景画素の移動直線上の全ての点と前フレームの移動前の画素とをそれぞれ差分計算を行い，その差分の最小値を注目画素位置における差分の大きさとする．

なお，カメラ搭載車がカーブを曲がる際も，フレーム間の微小時間では直進と見なせることを前提としている．

4 実験と評価

4.1 実験環境とパラメータ

対向車と近くですれ違うことがある一般道を想定して対向車検出の実験を行った．使用した画像は，住宅街で1分間に10台程度すれ違う交通量の道を40km/hの車から前方を撮影した動画の一部である．カメラはGoPro HERO6 Blackを用い，画像サイズは960×540である．実験には表1のパラメータを用いた．最も近い背景物体までの想定距離は，信号機の高さ，カメラの地面からの高さ，車道の幅から求めた数値である．

表1 実験に使用したパラメータ

パラメータ	数値
カメラ搭載車の速度	40km/h
フレーム間隔	1/30 秒
カメラ最大画角	水平:92° / 垂直:61°
最近傍背景物体までの距離	上: 3.4m/下: 1.6m 左: 2.75m/右: 6.25m

4.2 実験結果

実験の結果を図3に示す．図3(b), (d), (f)はそれぞれ図3(a), (c), (e)の差分画像に疑似カラーを付したものである．(b)では，(a)に映っている停止中の軽トラックは差分として抽出されず，赤い車体の対向車のみが抽出された．また，(d)のように夜間では対向車ヘッドライト周辺がはっきりと抽出できており，対向車の判別を容易にしている．しかし，(e),(f)の様に昼間において対向車との距離が

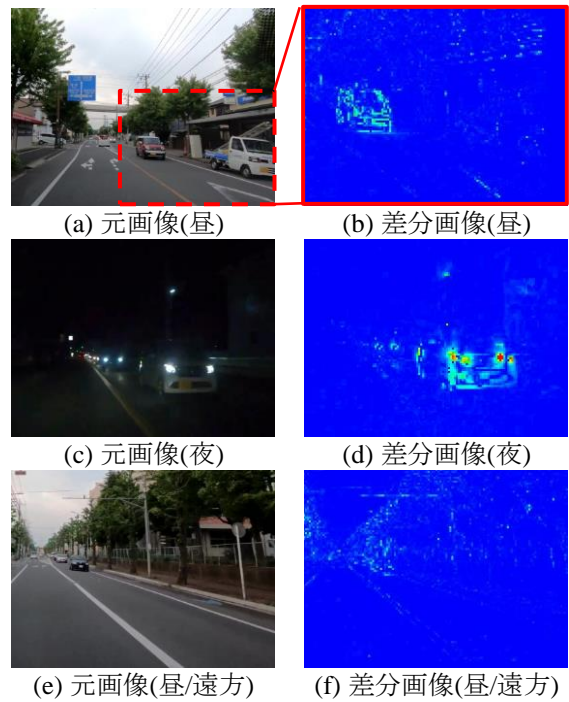


図3 差分結果画像

10m 以上の時は周囲のノイズに紛れて対向車だけの判別が困難になる場合がある．これは，遠距離の対向車はフレーム間での移動量が近距離の対向車よりも少ないためである．

一方，夜間では周囲が暗いため背景物体による差分がノイズとして抽出されにくく，対向車の判別が容易となる．従って，我々の提案手法は特に夜間での検出に有効であることがわかった．

5 まとめ

本研究では移動する単眼車載カメラを用いた独自のフレーム間差分法によって，対向車の領域を差分として抽出する手法を提案した．実験の結果，昼夜を問わずに対向車領域が抽出でき，特に夜間での対向車判別を容易にすることがわかった．

今後の課題は運転者に対しての対向車の存在の示し方である．抽出したひと塊の差分領域を対向車検出として示すことも可能であるが，走行中に対向車とは頻繁に遭遇するため，警告音や警告表示は煩わしい．そこで，対向車の接近を目立つようにする程度が良いと考える．例えば，図3(b), (d), (f)の明るい領域をそのまま運転者に表示するのも一案であろう．

なお，運転支援の観点からはリアルタイム処理が大原則となるが，現状では差分画像1枚の計算にAMD Ryzen 7 3700X (最大4.40 GHz), 32GBメモリで約4秒かかっており，これの高速化も今後の課題である．

参考文献

- [1] 笠原, 他, “車載ステレオカメラと動的背景差分による歩行者検出の研究,” 第75回情処全大, 2013.