

移動平均法を用いたソフトウェアトリガの開発

片山英昭¹・藤井大介²

要旨：車両検知にソフトウェアトリガを用いる場合、検知率が非常に重要である。しかし、従来の方法では、日射量の変化などの外乱に弱く、十分な検知率を上げることができていない。そこで、本研究では、画像の2値化手法に移動平均法を導入することでソフトウェアトリガの開発を行った。また、ソフトウェアトリガの動作領域を2つ設定することで、車両のナンバープレートの大きさの統一化を計っている。その結果、実際の走行車両を車両ありと判断する車両検知率として100%を得ることができ、日射量の変化や陰などの外乱に対する耐性を向上させることができた。今後は、画像中に車両が無いにもかかわらず車両ありと判断する誤動作率を減少させることである。

キーワード：車両検知、外乱、2値化、移動平均法、ソフトウェアトリガ

1. はじめに

カメラを用いて自動的に車両のナンバープレートを読み取る装置（以下、車番認識装置）は、車両の進入状況の把握・不審車両の監視などで使用されている。しかし、これらのシステムの多くは、車両を撮影するために高価なカメラや、車両検知のために外部センサなどが必要であり、コスト面で気軽に設置することが出来ないのが現状である。

コスト削減方法として、安価なカメラを採用することや¹⁾、外部センサを取り除くことなどが考えられる。外部センサを取り除く方法として、車両を撮影しているカメラをセンサの代替として利用するソフトウェアトリガが考えられる。ソフトウェアトリガを用いる利点として、外部センサの場合に生じる設置場所などの制約を緩和することができる。

しかし、ソフトウェアトリガを用いて車両検知を行う際には、車両が次々と来ることが考えられるため、ソフトウェアトリガは高速に処理することが要求される。また、日射量の変化や陰などの外乱が多いため、ナンバープレートを画像中に捕らえた状態で、車両を検知することが難しいといえる。これまでも、ソフトウェアトリガによる車両検知は研究されてきているが^{2), 3)}、専用の画像認識装置を搭載する必要があったり、認識率が十分でなかったりしている。

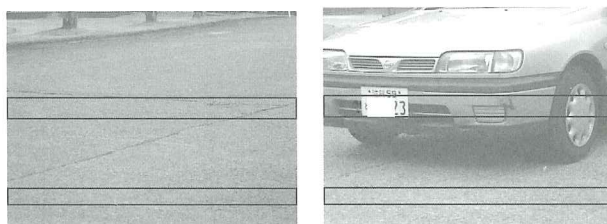
そこで、本研究では、専用の画像処理装置を必要とせず、かつ外乱に強いソフトウェアトリガの開発を目的とする。そのために、画像の2値化手法に移動平均法を新たに採用する。

2. 車両検知アルゴリズム

まず、ソフトウェアトリガによる車両検知に使用する画像の例として、Fig.1(a)に背景画像、Fig.1(b)に入力画像を示す。ここで、Fig.1中に描かれている画像中央部の黒い長方形で囲まれた部分を領域1、画像下部の黒い長方形で囲まれた部分を領域2と定義する。

また、時速30km以下で車両が進入する場合を想定し、1秒間に1フレームの画像処理を行うこととする。そのために、今回開発した車両検知アルゴリズムの概略を以下において説明する。

- ① 撮影しておいた背景画像の領域1と領域2について、移動平均法を使用した2値化を行う。
- ② カメラからの入力画像の領域1と領域2について、移動平均法を使用した2値化を行う。
- ③ 各画像の領域1と領域2について、それぞれ背景差分を行い、変化を検知する。
- ④ 背景差分を行った結果、各領域の“1”の画素数をカウントする。この画素の数が、車両ありとする閾値よりも大きければ車両ありと判断する。このとき、領域1だけ車両ありと判断された場合、車両が適切な位置にいると判断して車両を検知する。



(a) Background image

(b) Input image

Fig.1 An example of using images for vehicle detection with the software trigger

1 舞鶴工業高等専門学校 電気情報工学科 准教授

2 ネットワークサービスアンドテクノロジーズ株式会社(舞鶴工業高等専門学校 電気・制御システム工学専攻 卒業生)

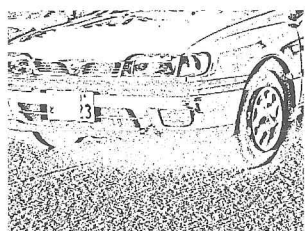


Fig.2 An example of binary image

次に、実際の処理について説明する。本研究では、背景画像と入力画像の2値化を行う時の閾値に、移動平均法より得られた値を採用している。この手法を用いることで、画素ごとに閾値を変動させることが可能となり、輝度値の急激な変化がある画像でも、車両を判別することができる。なお、移動平均法は、縦方向と横方向のそれぞれの方向で行っている。まず、横方向では、任意の画素*i*から左右31画素の計63画素を用いて移動平均値*s(i)*

$$s(i) = \frac{f(i-31) + \dots + f(i) + \dots + f(i+31)}{63} \quad (1)$$

を算出する。ここで*f(i)*は任意画素*i*での輝度値を表す。移動平均法による2値化を考えたとき、一連番号の区切りの部分で移動平均を取ると、ノイズが少ないと考えた。今回の場合、数字の幅は約63画素である。そのため、任意の画素から左右31画素計63画素の移動平均法を用いている。

一方、縦方向では、任意の画素*i*を中心にして、8画素ずつ上下に飛ばし、上下3画素の計7画素を用いて移動平均値*s(i)*

$$s(i) = \frac{f(i-24) + \dots + f(i) + \dots + f(i+24)}{7} \quad (2)$$

を算出する。ここでは、ナンバープレートに8や9など間に隙間がある数字に連続した画素の輝度値を用いて計算した場合に、真ん中の線が欠落することを避けるために、8画素ずつ飛ばした位置の画素の値を採用する。

そして、輝度値の小さな変化を逃がさないために、式(1)と式(2)で求めた値の小さい方を閾値として採用し、2値化を行う。本手法を用いた2値化の例として、Fig.2にFig.1(b)の入力画像を2値化した結果を示す。この図において、固定閾値法による2値化の場合では車両の下の陰の部分が黒画素となるが、本手法では黒画素となっていない。このことより、移動平均法による2値化の効果が分かる。

3. 実験方法

3.1 撮影システム

今回の実験では舞鶴高専の校門入り口に設置されたカメラを使用し、また、このカメラにより撮影さ

れた映像は守衛室に設置されたパソコンに取り込まれる。カメラとパソコンは専用のケーブルで接続されている。Fig.3に撮影環境、Fig.4に使用するカメラを示す。また、カメラ(Extreme CCD EX38)およびパソコン(DELL Dimension 2400)の性能を、Table 1とTable 2にそれぞれ示す。

車両は、Fig.3中に示した方向、つまり画像手前から奥側に進む。また、車両の速度は、校門を出たところに道路があるために、時速30km以下であると想定する。そこで、時速30km(秒速8.3m)で進む車両を1秒間隔で撮影するために、カメラが撮影する画像の奥行きを約9mに設定する。

車両を検知するための領域1と領域2は、画像上端から190画素目に幅50画素と、390画素目に幅40画素にそれぞれ設定する。位置設定は、ナンバープレート認識に必要な最低画像サイズ、および撮影車両のバンパーの大きさより決定する。

3.2 サンプルを用いた検知実験

ソフトウェアトリガの車両検知に関する動作実験を行う。今回は、あらかじめ約1秒間隔で撮影した810枚の画像に対して実験を行う。この中には検知しなくてはならない画像が64枚含まれている。これら810枚の静止画に対して、車両検知(領域1にのみ車両がある)、車両なし(どちらの領域にも車両はない)、車両通過中(その他の状態)の3種の状態の判断を行う。3種の状態をソフトウェアトリガで判断したものと、人の目で判断したものを比較して、ソフトウェアトリガの車両検知率を検証する。

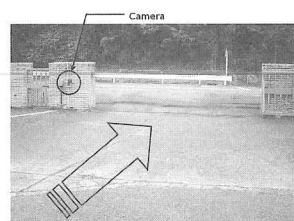


Fig.3 Camera setting

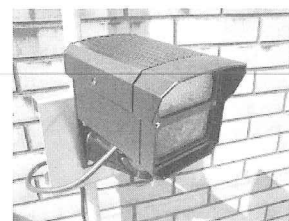


Fig.4 Using Camera

Table 1 The performance of the camera

Image size	640 × 480
Gradation	8bit gray scale
LED	850nm

Table 2 The performance of the Personal computer

OS	Windows XP Professional
CPU	Celeron 2.40GHz
Memory	512MB
I/O board	EURESYS DOMINO Alpha2

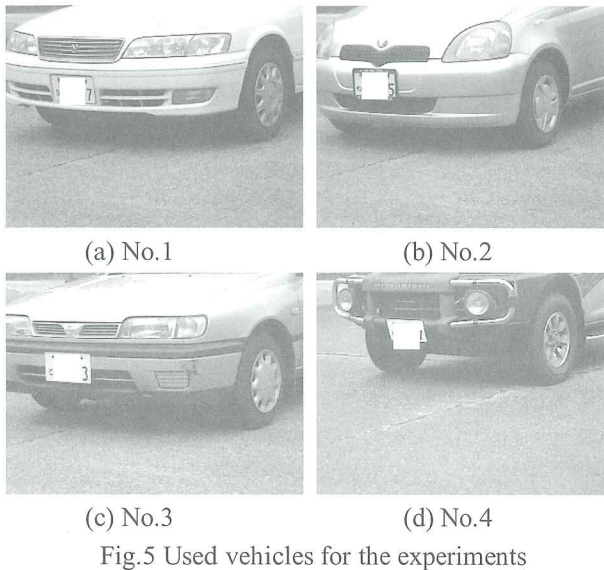


Fig.5 Used vehicles for the experiments

Fig.5 に示す、異なる 4 種類の車両を実験に使用した。車両検知に影響を与えると思われるバンパー付近の形状が異なる車両を抽出した。また、それぞれの車両の色は、白色、シルバー、シルバー、濃紺である。

3.3 リアルタイム検知実験

サンプルを用いた検知実験では、4 種類の車両を撮影した約 800 枚の画像と限定された中での実験である。そこで、実際に舞鶴高専の校門付近を撮影しながら、車両検知を行うことで、実用レベルに達しているかの判断を行う。この実験は平成 20 年 1 月 11 日(金)の午後 1 時から午後 5 時の間で行った。撮影した総枚数は 49673 枚で、車両は 43 回通過した。また、背景画像は 30 分に 1 回更新した。

4. 実験結果および考察

4.1 サンプルを用いた検知実験

車両検知実験を行った結果を Table 3 に示す。この実験結果において、車両検知ミス枚数が 0 枚となっていることより、すべての車両をすべて検出できている。一方で、誤動作枚数が全体 810 枚中 211 枚となっており、全体の 26% と高い値になっている。誤動作により車両検知とされた画像については、ナンバープレート認識時に誤動作としてはじくことが可能であるため、大きな問題にはならない。しかしながら、余分な計算量が増えることを考えると、誤動作率は下げる必要がある。

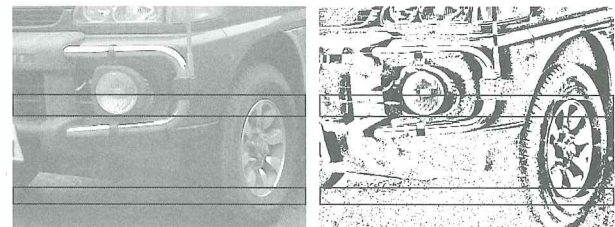
Table 3 の実験結果において誤動作となった動作の内訳を Table 4 に示す。この表において、通過中を車両検知と判断している場合が、211 枚の誤動作枚数中 139 枚と多数を占めている。このことより、検知領域 2 における検知とする閾値に問題があることが分かる。

Table 3 Results of experiment

Vehicle No.	1	2	3	4	sum
Total	33	44	362	371	810
Detection necessary	5	5	37	17	64
Detection mistake	0	0	0	0	0
malfunction	6	7	99	99	211

Table 4 The breakdown of the malfunction

Vehicle No.		1	2	3	4	sum
Correct	malfunction					
No	Detection	0	0	23	34	57
Vehicle	Passing	0	0	0	0	0
Passing	Detection	6	7	64	62	139
	No Vehicle	0	12	3	7	22



(a) Input image (b) Binary image of (a)

Fig.6 An Example of the malfunction image

通過中を車両検知とした入力画像およびその 2 値化画像を Fig.6 に例として示す。これらの図より、車両のタイヤ部分と車両の下の暗い部分が一体となってしまう、領域 2 の変化が少なくなったために車両有りかと判断できず、車両を検知してしまったと考えられる。これらの解決方法としては、領域 2 の閾値を変更することと、新たな領域を左端に設定することが考えられる。

4.2 リアルタイム検知実験

Table 5 にリアルタイム実験の結果を示す。この実験結果においても、サンプルを用いた実験と同様に、車両検知ミス枚数が 0 枚となっており、車両の検知率は 100% と良い結果を残している。このことより、実用の可能性があると言ええる。一方で、誤動作率が 21% となっており、サンプルを用いた実験の 26% より減少しているが、5 枚に 1 枚が誤動作と高い値となっている。

Table 5 Results of experiment

Total	49673
Detection necessary	30
Detection mistake	0
malfunction	10514

Table 6 The breakdown of the malfunction

Correct	malfunction	
No Vehicle	Detection	9715
	Passing	739
Passing	Detection	56
	No Vehicle	4

誤動作について分析した結果を Table 6 に示す。この実験結果では、サンプリングによる実験と異なり、画像中に車両が存在しないのに車両検知と判断したものが多かった。前回の結果と異なる原因として、今回の実験では、全体の輝度値が刻々と変化する状況であったことにより、路面の凹凸部の陰影が変化したため、2 値化に影響を与えたことが考えられる。この問題に対する解決策としては、背景画像の更新間隔を短くすることが考えられる。

5. まとめ

本研究では、画像の 2 値化に移動平均法を使用したソフトウェアトリガを開発することで、日射量や陰などの外乱に対する耐性を向上させた。また、ソフトウェアトリガの動作領域を 2 つ設定することで、3 種の状態を判断できるようにした。サンプリング画像を用いて、今回開発したソフトウェアトリガの車両検知実験を行った結果、100%の車両の検知率を得ることができた。しかし、車両通過中の画像を車両検知としてしまう誤動作が多いという欠点が存在している。この問題に対する解決策としては、領域

2 の位置を画像の左端に変更することで解決できるという結論に至った。

次に、実際にリアルタイムに車両検知を行う実験を行った。その結果は車両の検知率が 100% と良い結果を残したが、依然誤動作が多い。この原因として、太陽の日射量変化により、画像全体の輝度値が変化し路面の凹凸部分の陰影が変化したためだと考えられる。この誤動作の対策としては、背景画像の更新間隔を短くすることで解決できるという結論に至った。

今後は誤動作率を下げるとともに、雨天時などにおける動作を検証する必要がある。

謝辞：本研究はニチゾウ電子制御株式会社の助成を受けて行われたことを付記し、関係各位に謝意を表する。

参考文献：

- 1) 中尾元泰, 片山英昭, 北原紀之, 長谷川真司, 船木英岳: 夜間におけるナンバープレートの抽出と認識, 平成 17 年度電気関係学会関西支部連合大会講演論文集 pp.327, 2005.
- 2) 三島忠明, 高藤政雄, 小林芳樹, 藤原和紀, 柴田敏郎: 画像処理を用いた車番認識システムの開発, T.IEE Japan Vol.109-D, No.5, 1989.
- 3) 内藤貴志, 塚田俊彦, 山田啓一, 山本新: 環境の明るさにロバストな走行車両のナンバープレート認識, 信学論(D-II), Vol. J81-D-II no. 9, pp.2019-2026, 1998.

(2008. 11. 28 受付)

Hideaki KATAYAMA, Daisuke FUJII

ABSTRACT : The detection rate is very important, when the software trigger is used for the vehicle detection. However, it is not possible to raise the sufficient detection rate in the conventional method, since it is weak in disturbance such as the change of flux of solar radiation. Then, in this study, the software trigger was developed by introducing moving average method into the binary technique of the image. As the result, it was possible to obtain 100% as a detection rate of vehicle which runs actually.

Key Words : Vehicle detection, Disturbance, Binary image, Moving Average Method, Software trigger