

# コムフィルタを用いた道路白線認識について

田嶋 眞一\*

## A White Road Line Recognition System Using Comb Filters

Shinichi TASHIMA

### Abstract

Recently, advanced safety vehicle that the vehicle itself supports driving has been put to practical use. In such systems, utilizing the information contained in the road image is an effective. In order to perform image recognition of a white line showing the travel area from the road signs and lane line drawn on the road, we propose a new filter for white line emphasis. Proposed filter is a combination of simple comb filters, and emphasize the geometrical feature of the white road line.

*Keywords:* White road line, Comb filter, ITS, ASV

### 1 はじめに

ITS ( Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム ) とは , 人と道路と自動車の間で情報の受発信を行い , 道路交通が抱える事故や渋滞 , 環境対策など , 様々な課題を解決するためのシステムであり , 近年 , 車両そのものが運転を支援する先進安全自動車 ( Advanced Safety Vehicle : ASV )<sup>1)</sup> などが実用化されている。

このような流れのなかで , 運転支援システムにおいても , 道路環境画像に含まれる豊富な情報量を有効に利用することが , 有力な手段となると考えられる。道路上にペイントされた道路標示や区画線のなかで , 走行領域を示す白線の画像認識をおこなうために , コムフィルタ ( Comb Filter ) を用いた手法を提案し , その有効性について報告する。

### 2 コムフィルタ

コムフィルタは , 信号にそれ自身を遅延させたものを追加することで干渉を生じさせるフィルタ回路

であり , フィードフォワード型とフィードバック型がある。

#### 2.1 フィードフォワード型コムフィルタ

フィードフォワード型コムフィルタの構造を図 1 に示す。入出力関係は ,

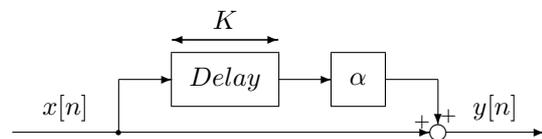


図 1 フィードフォワード型コムフィルタ

$$y[n] = x[n] + \alpha x[n - K] \quad (1)$$

である。ここで ,  $K$  は遅延長 ( 標本数 ) ,  $\alpha$  は遅延信号に適用する倍率である。この式の両辺の  $z$  変換を行うと ,

\* 香川高等専門学校詫間キャンパス 電子システム工学科

$$Y(z) = (1 + \alpha z^{-K})X(z) \quad (2)$$

が得られる。このとき，伝達関数は，

$$H_{ff}(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = 1 + \alpha z^{-K} = \frac{z^K + \alpha}{z^K} \quad (3)$$

となる。

### 2.2 フィードバック型コムフィルタ

フィードバック型コムフィルタの構造を図2に示す。入出力関係は，

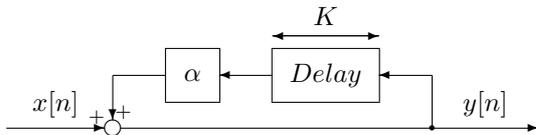


図2 フィードバック型コムフィルタ

$$y[n] = x[n] + \alpha y[n - K] \quad (4)$$

である。この式の両辺の  $z$  変換を行うと，

$$(1 - \alpha z^{-K})Y(z) = X(z) \quad (5)$$

が得られる。このとき，伝達関数は，

$$H_{fb}(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1}{1 - \alpha z^{-K}} = \frac{z^K}{z^K - \alpha} \quad (6)$$

となる。

### 3 特徴抽出フィルタ

ここでは，図3の道路画像から，白線を抽出する特徴抽出フィルタとして，フィードフォワード型コムフィルタを組み合わせた2つのフィルタを考える。

#### 3.1 1階差分フィルタ

(7)式で与えられる特徴抽出フィルタを考える。これは， $K$  サンプルごとの標本を用いた両側差分による1階差分フィルタとなっている。

$$\begin{aligned} H_1(z) &= \frac{1}{2} \left( \frac{z^K + 1}{z^K} \right) \left( \frac{z^K - 1}{z^K} \right) \\ &= \frac{z^{2K}/2 - 1/2}{z^{2K}} \end{aligned} \quad (7)$$

ここで， $H_1(z)$  のゲイン特性は，図4のようになる。



図3 道路画像(モノクローム)

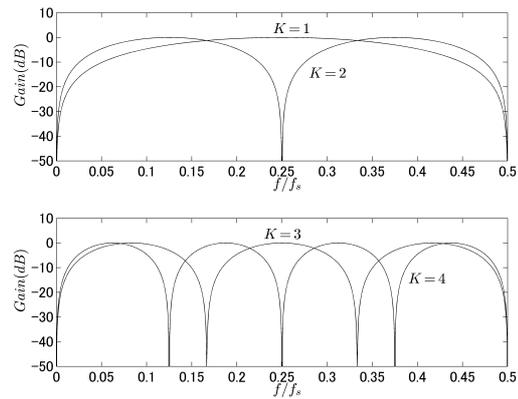


図4  $H_1$  のゲイン特性

#### 3.2 2階差分フィルタ

(8)式で与えられる特徴抽出フィルタを考える。これは， $K$  サンプルごとの標本を用いた2階差分フィルタとなっている。

$$\begin{aligned} H_2(z) &= -\frac{1}{2} \left( \frac{z^K - 1}{z^K} \right)^2 \\ &= \frac{-z^{2K}/2 + z^K - 1/2}{z^{2K}} \end{aligned} \quad (8)$$

ここで， $H_2(z)$  のゲイン特性は，図5のようになり， $K$  が奇数の場合には， $f/f_s = 0.5$  のとき， $z = -1$  であることから，ゲインが  $+6\text{dB}$  となることがわかる。

#### 3.3 特徴抽出フィルタ

白線および黒線として，図6(a)のような信号を考えると，式(7)および式(8)のフィルタの出力は，図6(b)，(c)のようになる。ここで，

$$y_1[n] = h_1[n] * u[n] \quad (9)$$

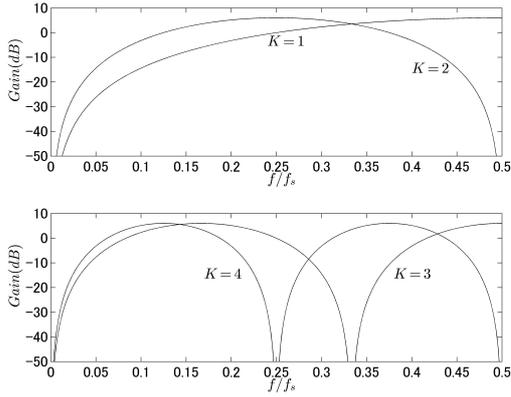


図 5  $H_2$  のゲイン特性

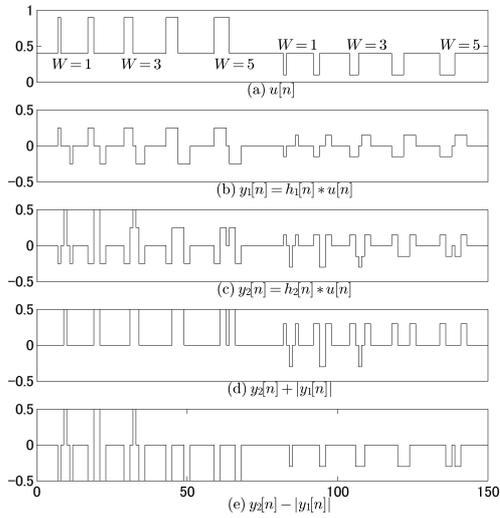


図 6 特徴抽出フィルタの応答

$$y_2[n] = h_2[n] * u[n] \quad (10)$$

であり、\* はたたみこみ積分を表す。また、

$$K = 2$$

としている。この 2 つのフィルタの出力を組み合わせた

$$y_2[n] + |y_1[n]| \quad (11)$$

$$y_2[n] - |y_1[n]| \quad (12)$$

を 図 6(d), (e) に示す。これから、白線については式 (11) が、黒線については式 (12) が有効であることがわかる。また、幅  $2K$  までの白線および黒線を

抽出でき、幅  $2K$  を超える白線および黒線については、両側に幅  $K$  の白線および黒線を抽出できることがわかる。

図 6 から、式 (7) のフィルタの出力  $y_1$  について、

$$\begin{cases} y_1[n] \geq Y_{th1} \\ |y_1[n] + y_1[n + 2K]| \leq Y_{th2} \end{cases} \quad (13)$$

を満たす部分を白線と考えることとする。ここで、 $Y_{th1}$ ,  $Y_{th2}$  は、しきい値である。式 (13) を満たすとき、

$$s[i] = 1 \quad (i = n, \dots, n + 2K) \quad (14)$$

とする。ここで、 $s$  は  $-1$  で初期化されているものとする。

この  $s$  を用いることにより、特徴抽出フィルタの

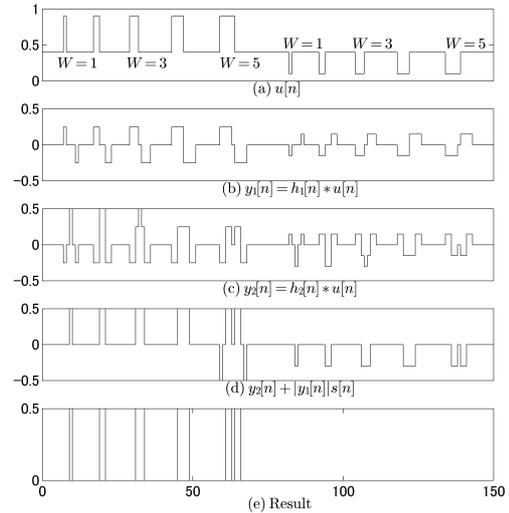


図 7 特徴抽出フィルタの応答 ( 2 )

出力は、図 7(d) のようになる。さらに、白線抽出を目的とする場合には、黒線部分は必要ないため、負の領域を取り除いたものが、図 7(e) である。

この特徴抽出フィルタを、図 3 の道路画像に適用した結果が、図 8 の白線抽出画像である。ここで、直前の白線の幅が、42pixel 程度となることから、

$$K = 22$$

としている。図 8 から明らかなように、空の部分や、ペイントのない道路部分などを白線でないとし、白線部分を抽出していることがわかる。これは、(7)



図 8 白線抽出画像



図 11 道路画像 3 (モノクローム)

式の 1 階差分フィルタと (8) 式の 2 階差分フィルタの直流ゲインが 0 であることによるものである。

同様に、図 9 の道路画像に適用した結果が、図 10



図 9 道路画像 2 (モノクローム)

の白線抽出画像であり、図 11 の道路画像に適用し



図 10 白線抽出画像 2

た結果が、図 12 の白線抽出画像である。図 10 および図 12 でも、同様に空の部分や、ペイントのない路面部分などを白線でないとし、白線部分を抽出していることがわかる。

これらの結果から、ここで提案したコムフィルタを用いた特徴抽出フィルタは、有効であると考えられる。



図 12 白線抽出画像 3

#### 4 おわりに

本報告では、道路上にペイントされた白線を抽出するための特徴抽出フィルタを提案し、その有効性を確認した。この特徴抽出フィルタは、コムフィルタを組み合わせているため、FPGA(Field Programmable Gate Array)などで容易に実現可能なものである。

#### 参考文献

- 1) 運輸省自動車交通局先進安全自動車推進検討会:”先進安全自動車に関する研究成果報告書 - ASV(Advanced Safety Vehicle) の研究成果と今後の技術指針 - ”, pp.29-30 (1996年3月)