

磁性体によって作られたバーコード・パターンと磁気センサの関係に与える各種の因子

間山正一¹

¹正会員 工博 北海道工業大学教授 工学部土木工学科 (〒006 札幌市手稲区前田7条15丁目4-1)

磁気標識体と空間からなるバーコード・パターンと磁気センサの関係を論じ、次のような結論を得た。
1) 磁気標識体の実用的配合の範囲では、磁気センサの出力電圧の変化は小さい。2) 磁気センサと磁気標識体の距離が短いほど、磁気標識体の厚さおよび長さが大きいほど磁気センサの最大出力電圧は大きくなる。
3) 複数の磁気標識体を使用しても同じ長さの1個の磁気標識体と類似の出力電圧が得られる。4) 室内実験の結果から供用後の表層の密度変化の範囲内では最大出力電圧の変化は少ないと言える。

Key Words: bar code system, ferrite byproducts, magnetic guide lane, magnetic sensor

1. 概 説

筆者は、フェライト混合物¹⁾³⁾で作製した磁気標識体⁴⁾⁵⁾と空間によって磁性の有無によるバーコード・パターンを作り、磁気センサがこれを検知して情報を交換するバーコード・システムを独自に開発し、その原理について説明すると同時に、道路に敷設したバーコード・パターン上を磁気センサを取り付けた車輛を走行させてそのパターンから現在位置等の情報を読みとる例について紹介した⁶⁾⁹⁾。

このバーコード・システムに関する技術の応用をはかる場合、バーコードを構成する磁気標識体と磁気センサの関係に与える種々の基本的因子について検討することが重要となる。磁気標識体は道路、軌道敷、床等に埋められたり、表面に置かれることが多いことから、材料や構造の観点からはその敷設される場所の材料と同じ力学的挙動を示す材料であることが望ましい。たとえば、磁気標識体がアスファルト舗装やセメントコンクリート舗装内に敷設される場合、結合材料(バインダー)が同じアスファルトやセメントであり、また混合物としての力学的性状¹⁰⁾¹²⁾や耐久性も類似するように配合¹³⁾等に留意する必要がある。

本研究においては、これ等の考え方を念頭に、以下に述べるバーコードとして用いられる磁気標識体と磁気センサの出力の関係について検討した。

- 1) センサの出力と磁気標識体の配合の関係
- 2) センサの出力とセンサと磁気標識体の距離の関

係

- 3) センサの出力と磁気標識体の大きさの関係
- 4) センサの出力と磁気標識体の間隔の関係
- 5) センサの出力と磁気標識体の密度の関係

2. 磁性体を利用するバーコードと実験方法

(1) 磁気標識体とセンサ出力の関係

図-1は筆者等が独自に開発した磁気標識体とセンサの出力についての概念を示した図である。磁性体である磁気標識体を黒バーとし、空間を白バーとしてバーコードを作製し、センサヘッドと中央情報処理基板からなる磁気センサによってこれを感知して信号処理する方法をとっている。つまり、センサヘッドを構成する励磁コイルによって磁場を乱し、検知コイルで磁気標識体から発生されている磁力を感知して中央情報処理基板で電圧として出力する仕組みである(図-1の上段)。

(2) 磁気標識体

本研究でバーコードの黒バーとして使用した磁気標識体は、表-1に物理的性状を示したアスファルトと副産物フェライトの混合によって得られたフェライトアスファルト混合物である¹¹⁾。ここで、副産物フェライトとは、表-2に粒径を示したように、比重が約5の黒色の粉体であり、自然界に存在する磁鉄鉱とほぼ同じ性状をもつ化学的に安定した磁性酸化物である¹⁾³⁾。

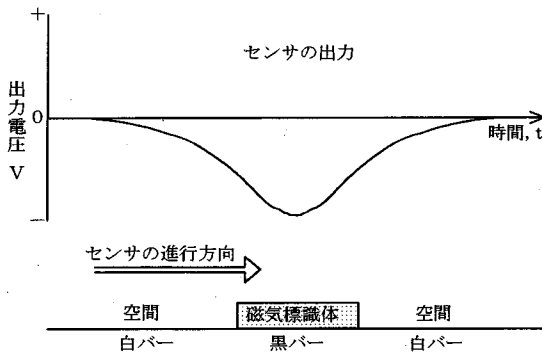


図-1 磁気標識体とセンサの出力についての概念図

表-1 アスファルトの物理的性状

アスファルトの種類	比重	針入度 [*]	軟化点 R&B, °C	針入度指数 P.I
ストレート	1.020	85	48.0	-0.37

*針入度試験は 100g・25°C・5s の条件で行った。

表-2 副産物フェライトの粒度分布

粒径, mm	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.074
Pass%, %	100	99.7	95.6	83.6	65.4	38.0	8.5

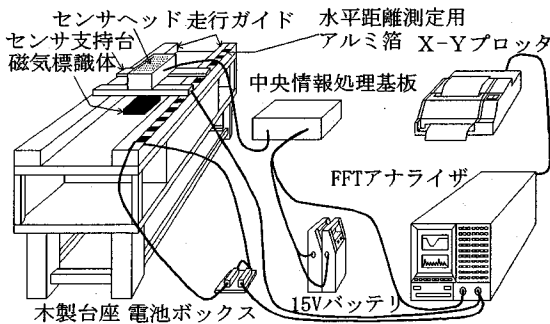


図-2 実験機器の構成

(3) 実験機器と実験方法

a) 実験機器の概要

磁気標識体と磁気センサの出力電圧の関係を把握するために使用した実験機器は、図-2 に示したようにセンサヘッドと信号処理基板からなる磁気センサ、センサの出力電圧を FFT 解析して表示すると同時に磁気センサの移動距離を表す FFT アナライザ、磁気センサ支持台に取り付けた滑車が走行するガイドから構成される。センサ支持台の移動中に、これに付属する金属とガイドに平行に 5mm 間隔に貼られた水平距離モニター用アルミ箔が接触して通電され、リ

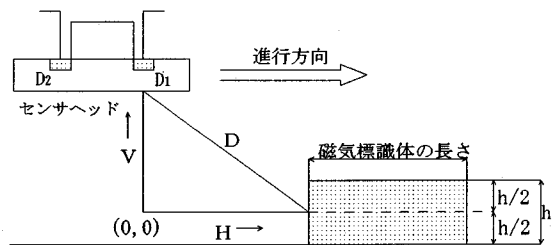


図-3 磁気センサと磁気標識体の距離の関係

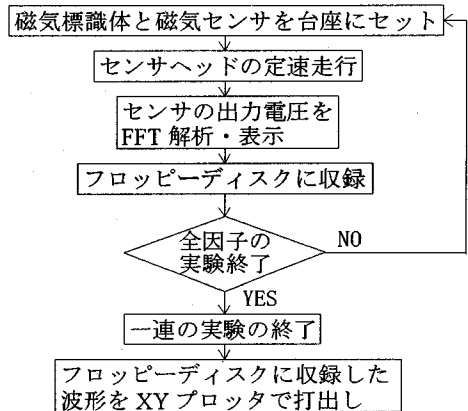


図-4 実験手順のフローチャート

アルタイム・スペクトラム・アナライザに送られたその信号からセンサ支持台の移動距離、すなわちセンサの移動距離が算出される。

b) 実験方法

本実験は磁気標識体を固定して磁気センサを移動させる実験方法をとっているが、研究内容の理解を容易にするためにこれ等の位置関係を図-3 に示して距離の定義をする。磁気標識体と磁気センサの水平距離、 H とは磁気標識体上を通過するセンサヘッド D_1 と磁気標識体の先端の相対的距離であり、垂直距離、 V とは磁気標識体の厚さの中心と磁気センサの下面の距離、斜距離とは両者から三平方の定理で用いて計算された距離とそれぞれ定義される。また、磁気標識体の長さおよび幅は、それぞれセンサヘッドの進行方向の長さおよびそれに直角な横断方向の長さをいう。

図-4 はバーコードと磁気センサの出力の関係を論ずるために行った実験の手順のフローチャートである。センサヘッドの移動は手動で行い、その平均速度は約 70cm/s (時速換算で約 2.52km/h) である。また、磁気センサの出力電圧をリアルタイム・スペクトラム・アナライザで FFT 解析することによって時間軸に対する電圧の変化を表示することができる。

3. 実験結果と考察

(1) センサの出力と磁気標識体の配合の関係

図-5は磁気標識体（黒バー）として用いられたフェライトアスファルト混合物のアスファルト量を5%, 6%, 7%および8%の4種類に変化させたときの磁気センサの出力電圧と水平距離の関係を垂直距離が17.0 cmの場合について示した図である。磁気標識体の寸法は、60×30×5 cmおよび60×30×1.4 cmの2種類である。図-1で説明したように、出力電圧は負の値として出力されるが、視覚上の理解を容易にするため、符号を逆にしてプロットした。

アスファルト量をパラメータとした磁気センサの出力電圧は、同一の厚さの磁気標識体であるならば違いが判別できないほど近似している。すなわち、磁気センサの出力電圧に与えるアスファルト量の影響は、磁気標識体の厚さにかかわらず小さいことがわかる。重量比で3%のアスファルト量の変化は一見小さく思えるが、力学的性状を大きく変化させる量であり、フェライトアスファルト混合物の力学的性状や耐久性を明らかにするために室内実験および試験舗装等^{2),11),14)-19)}を行って決められた実用的配合の範囲であることを考慮するならばこの結論は重要である。

一般に、アスファルト混合物の配合はアスファルト量と呼ばれることが多いが、磁気センサの出力電圧は磁性体である副産物フェライトの量に左右されることから、視点を変えて副産物フェライトの量の観点から論ずる。ここで用いたフェライトアスファルト混合物中の副産物フェライト量は92%~95%であるから、全副産物フェライト量に対するその差3%の量的変化の割合はきわめて小さく、したがって磁気センサの出力電圧に与える影響も小さかったと言える。

(2) センサの出力とセンサと磁気標識体の距離の関係

磁気センサを車輻に取り付けて路面に磁気標識体と空間で構成されたバーコード・パターンを読み取る場合、両者の垂直距離と出力電圧の関係を把握しておくことが重要である。

図-6は60×30×5 cmの寸法を持つ磁気標識体に対して磁気センサの垂直距離を1.2 cm刻みに15.8 cm~21.8 cmに変化させ、磁気センサの出力電圧と水平距離の関係を示した図である。どの垂直距離においても磁気センサと磁気標識体の水平距離が短くなるにしたがってセンサの出力電圧が大きくなるが、その増加の割合が異なる。すなわち、パラメータにとった垂直距離が小さくなると水平距離に対する出力電

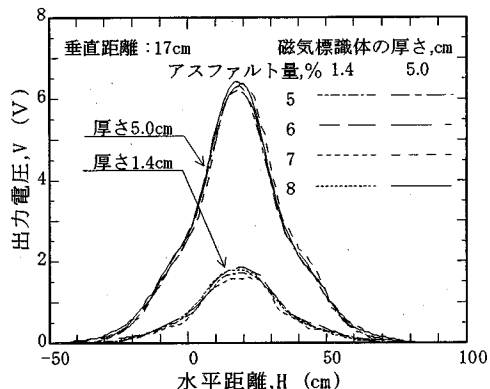


図-5 磁気センサの出力電圧と水平距離の関係

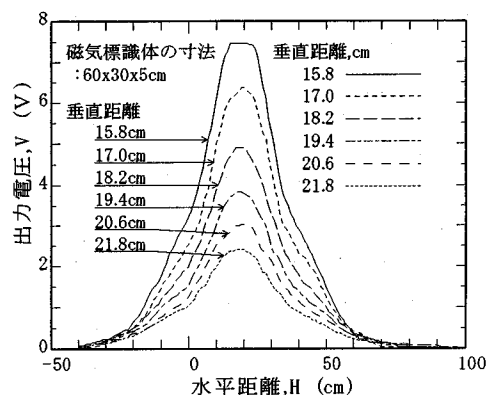


図-6 磁気センサの出力電圧と水平距離の関係

圧の立ち上がりが早く、かつ鋭く、また最大出力電圧が大きくなる。これも磁気センサと磁気標識体の距離が短いと磁気センサが磁性の変化をより敏感に検知するセンシング技術の観点から説明される。

実際に車輻等に磁気センサを取り付けて使用する場合には、車輻の構造、黒バーの厚さ、車輻の上下動の範囲等を考慮しなければならないが、厚さ5 cmの磁気標識体を黒バーとして使用し、スイッチング電圧⁹⁾の大きさを3 Vにした場合には磁気標識体と磁気センサの垂直距離として15.8 cm~19.4 cmが実用領域として推奨される。

図-7は磁気センサの最大出力電圧と磁気センサと磁気標識体の垂直距離の関係を磁気標識体の厚さをパラメータにとって示した図である。約7.3 V以上の出力電圧が見られないのは、本研究で用いた磁気センサの出力の限界が約7.3 Vのためである。

どの厚さの磁気標識体についても垂直距離の変化にともなって最大出力電圧が変化するが、その増減の割合は垂直距離が小さくなるにしたがって大きくなる。すなわち、磁気センサと磁気標識体の垂直距

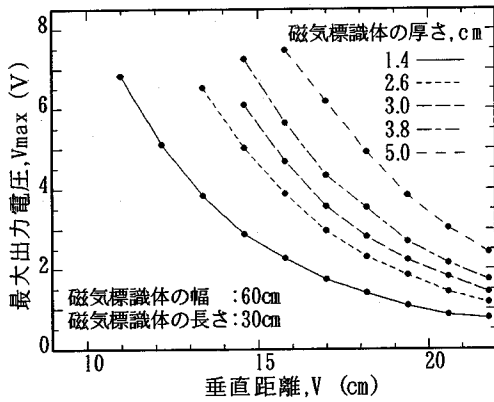


図-7 磁気センサの最大出力電圧と垂直距離の関係

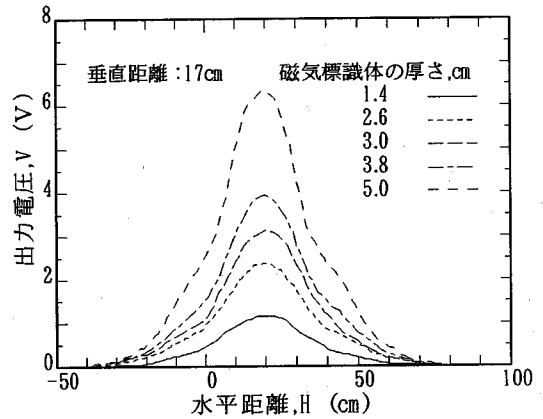


図-8 磁気センサの出力電圧と水平距離の関係

離が小さいほど曲線の立ち上がりが鋭くなって最大出力電圧が急激に大きくなる。パラメータにとつた磁気標識体の厚さへの最大出力電圧の依存性も大きく、同一垂直距離において厚さが厚くなるほど最大出力電圧が大きくなると同時に、最大出力電圧の垂直距離による増減の割合（曲線の見かけ勾配）も大きくなる。たとえば、比較的厚い 3.8 cm の磁気標識体について得られた最大出力電圧は 14.6 cm の垂直距離でほぼ上限値に達し、さらに厚い 5 cm の磁気標識体の場合はより大きい 15.8 cm の垂直距離で上限値に達している事実はその証左であろう。

(3) センサの出力と磁気標識体の大きさの関係

a) 磁気標識体の厚さの影響

図-8 は幅 60 cm、長さ 30 cm の磁気標識体の厚さ、 h をパラメータにとつた磁気センサの出力電圧と水平距離の関係を垂直距離 17.0 cm について示した図である。出力電圧は磁気標識体の厚さを問わずに水平距離に依存しているが、厚さが厚いほど曲線の立ち上がりが大きく、かつ到達する出力電圧の最大値も大きい。

図-9 は、磁気センサの最大出力電圧を磁気標識体の厚さごとに垂直距離をパラメータにとつて示した図である。磁気標識体の幅は 60 cm、長さは 30 cm である。磁気標識体の厚さが増すほど磁気センサの最大出力電圧が大きくなるが、垂直距離が短いほど最大出力電圧の水平距離に対する立ち上がりが鋭くなる。垂直距離 15.8 cm の場合、5 cm の磁気標識体の厚さで本磁気センサの出力の限界である約 7.3 V の最大出力電圧が得られたが、垂直距離が 14.6 cm の場合は厚さ 3.8 cm で上限値の約 7.3 V に達する。さらに、垂直距離が 13.4 cm、12.2 cm および 11.0 cm と短くなるにしたがい出力電圧の立ち上がりが鋭くなることから、より薄い磁気標識体で大きな出力電圧が得ら

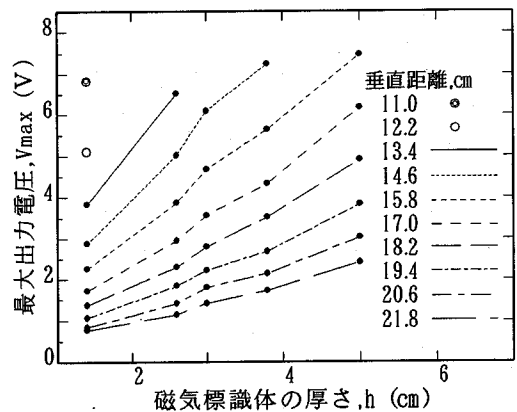


図-9 磁気センサの最大出力電圧と磁気標識体の厚さの関係

れている。

これ等の測定結果は、黒バーの厚さと垂直距離の組み合わせによって実用への多様な対応が可能であることを意味する。

b) 磁気標識体の長さ、L の影響

図-10 は幅 60 cm、厚さ 5 cm の寸法を持つ磁気標識体の長さをパラメータにとつて、磁気センサの出力電圧と水平距離の関係を垂直距離 17.0 cm について示した図である。ここで、磁気標識体の長さとは磁気センサの進行方向に測った長さを言う。

磁気センサが磁気標識体に近づくにつれて出力電圧が大きくなるが、磁気標識体の長さが長いほど出力電圧の水平距離に対する立ち上がりが鋭く、かつ出力電圧自体の最大値が大きくなっていく。

この最大出力電圧が出力される磁気標識体上における磁気センサの位置と磁気標識体の長さの関係を明らかにするため、磁気センサ（外寸法：15x34x3.6 cm）の励磁部および検知部の詳細を図-11 に示して考

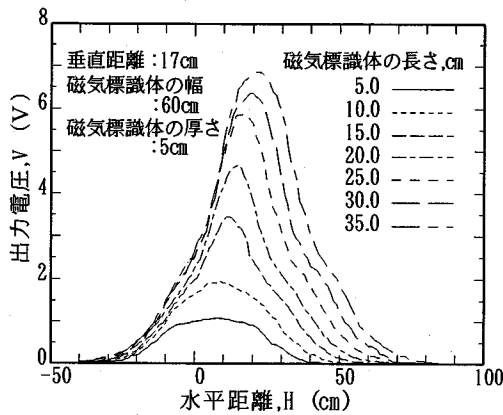


図-10 磁気センサの出力電圧と水平距離の関係

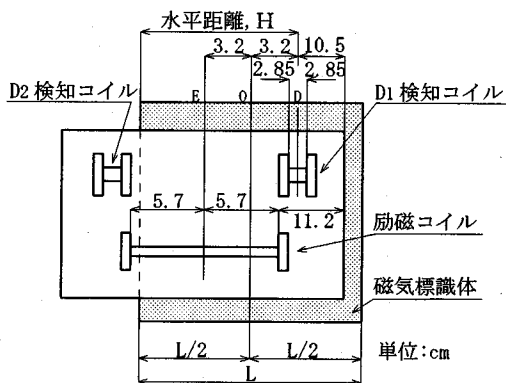


図-11 磁気センサの詳細図

察する。

既に報告したように⁹⁾、本磁気センサは磁気センサの中心に位置する1個の励磁コイル、左右対象に配置された2個の検知コイルから成り立ち、ここではD1検知コイルの方向(図-11において左から右側への方向)に移動させてD1検知コイルでセンシングする方法をとっている。図中のEおよびDはそれぞれ励磁コイルおよびD1検知コイルの中心であり、0は両コイルの中心間距離、すなわち6.4cmを二等分した位置を示す。

さて、前出の図-10において最大出力電圧が得られる水平距離、H(cm)を磁気標識体の長さ、L(cm)ごとに表-3に示す。

両者の関係は次式で表現される。

$$H = 0.485L + 4.000 \quad (1)$$

相関係数, $\gamma = 0.9991$

表-3には、0が磁気標識体の中心にあると仮定して計算されたL/2+0Dの値がLごとに併記されている

表-3 V_{max}が得られる水平距離およびL/2+0D

磁気標識体の長さ, L cm	V _{max} が得られる 水平距離, H cm	L/2+0D (計算値) cm
5	6.5	5.7
10	9.0	8.2
15	11.0	10.7
20	13.5	13.2
25	16.5	15.7
30	18.5	18.2
35	21.0	20.7

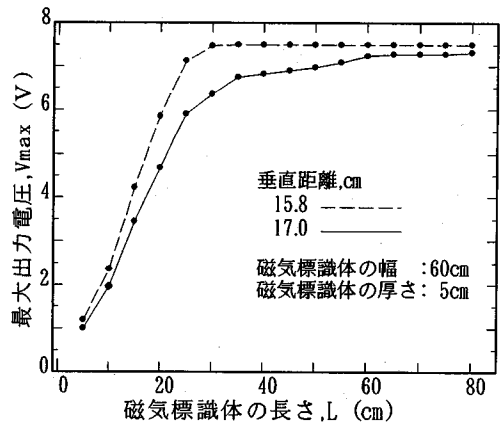


図-12 最大出力電圧と磁気標識体の長さの関係

L/2+0DはHと酷似しているが、このことは磁気センサの中心、Eが磁気標識体の中心、0から約3.2cm移動した位置における出力電圧が最大値になることを意味する。

図-12は最大出力電圧を磁気標識体の長さに対してプロットしなおしたもので、垂直距離17.0cmと15.8cmについて示す。検知コイルから送られる出力をシリアル出力に変換するためにスイッチング回路を用いるが、スイッチングをする電圧は任意に設定できる。一例として⁹⁾、垂直距離17.0cmについてスイッチング電圧を3Vに設定したとき、スイッチング回路がスイッチングをするためには図-12から理論的には磁気標識体の長さが14cm以上必要であるが、作動の確実性、車輛の上下動等を考慮するとより長い磁気標識体を黒バーとして用いることが奨められる。

垂直距離が15.8cmにおいては磁気標識体の長さが30cmまで、垂直距離が17.0cmにおいては磁気標識体の長さが35cmまで最大出力電圧が増加するが、それよりも磁気標識体が長くなっても最大出力電圧は増加しないか、あるいは増加の割合はきわめて小さくなる。磁気センサは磁気標識体の長さが短い場

合は磁気標識体（黒バー）と空間（白バー）を検知し、長い場合は磁気標識体のみを検知することになるので、後者の場合により大きな電圧を出力することになる。この図から言えることは、垂直距離の約2倍の磁気標識体の長さで、ほぼ最大出力電圧がピークに達することであり、磁気標識体がそれ以上の長さになってもその出力電圧の変化はきわめて小さいことである。

磁気センサが黒バー上を通過しながら出力する電圧と通過距離、すなわち水平距離の関係においてスイッチング回路がスイッチングする電圧を任意の値に設定したとき、その値以上の出力電圧を保っている間はスイッチング回路が'ON'の状態にあり、それ以下の間は'OFF'の状態にあることは既に説明した⁹⁾。

図-13はスイッチング電圧を3Vに設定したときのスイッチング回路が'ON'の状態にあるときの長さ（水平距離）、 L_{sw} と磁気標識体の長さ、 L の関係を垂直距離が15.8cmおよび17.0cmについて示した図である。

磁気標識体の長さが15cm以上においては両者の関係は次の式(2)および(3)で表現される。

$V=15.8\text{cm}$ のとき

$$L_{sw} = 1.175L + 2.119 \quad (2)$$

相関係数, $\gamma = 0.9974$

$V=17.0\text{cm}$ のとき

$$L_{sw} = 1.091L - 2.536 \quad (3)$$

相関係数, $\gamma = 0.9984$

おおまかに見た場合、両式から明らかなように L_{sw} は実際に設定した磁気標識体の長さ、 L よりも長く読まれることになる。これはスイッチング電圧を3Vに設定したため、3V以上の電圧を選択した場合は L_{sw} はより短くなり、3V未満の電圧を選択した場合は L_{sw} がより長くなることは言うまでもない。その詳細は既に述べた図-10から読み取ることができる。一例を示すと、磁気標識体の長さを30cm、垂直距離を17cmの実験条件にしたとき3.5Vのスイッチング電圧に設定すると L_{sw} は28cmになって3Vのスイッチング電圧のときより L_{sw} が小さくなるが、逆に、2.5Vのスイッチング電圧に設定すると L_{sw} は38cmになって3Vのときよりも大きくなる。

バーの空間系列をリアルタイムに読んで、それが'ON'、'OFF'の時系列と一致するのが理想的であるが、実際に車輻に磁気センサを取り付けて使用する場合には、磁気標識体の厚さや長さ、磁気センサと各バーの距離等を考慮しながら、黒バー上にあると

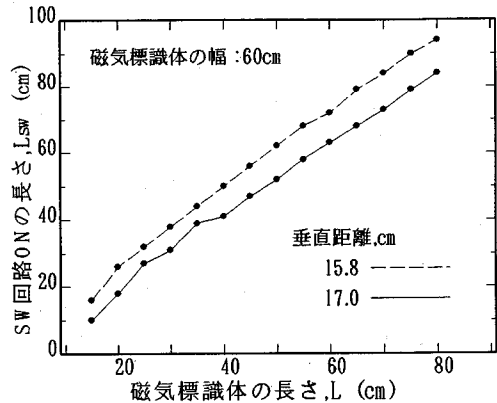


図-13 スwitchング回路が'ON'の状態の長さ L_{sw} と磁気標識体の長さ L の関係

きの L_{sw} と白バー上にあるときの'OFF'の長さのバランスを見てスイッチング電圧を決めることが重要である。ここでは L_{sw} と L の関係がほぼ比例関係にあることから、黒バーどうし、あるいは黒バーと白バーの長さの相対的な変化の割合はほぼ同じであり、実用上、なんら問題はないと言える⁹⁾。

(4) センサの出力と磁気標識体の間隔の関係

磁気標識体の長さを30cmにして、2個の磁気標識体の間の距離、すなわち白バーの長さがセンサの出力電圧に与える影響について検討する。

図-14は、白バーの長さをパラメータにとって磁気センサの出力電圧と磁気センサと磁気標識体の水平距離の関係を垂直距離17.0cmについて示した図である。磁気センサは磁気標識体の存在を検知して電圧を出力するので、磁気標識体の長さである30cmの水平距離まではほぼ同じ出力電圧であるが、次の磁気標識体までの水平距離、すなわち白バーの長さによって波形が異なってくる。白バーの長さを短くすると、次の磁気標識体の影響がでて白バー上であっても出力電圧が検知される。

繰り返しになるが、水平距離に対する出力電圧の立ち上がりパルスがパルスでなく勾配を持っていることから、磁気標識体の間に設定される空間（白バー）上に磁気センサが来たときに、即座に出力電圧が下がりきらずに次に設定されている磁気標識体（黒バー）を読み始める。つまり、任意のスイッチング電圧以下になって、スイッチング回路が'OFF'の状態になっても次の黒バーの電圧が出力されて、白バーが所定の長さ分だけ読まれなくなるか、あるいはスイッチング電圧以下に下がらないで次の電圧が出力されてくるので、結局、スイッチング回路が'OFF'の状態にならないで誤作動を起こすことになる。先に、図-13において述べたように、黒バー上

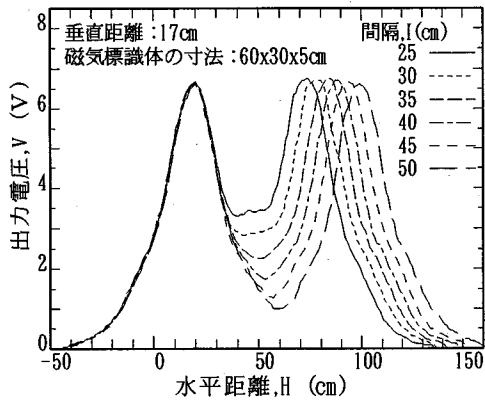


図-14 白バーをパラメータにとった出力電圧と水平距離の関係

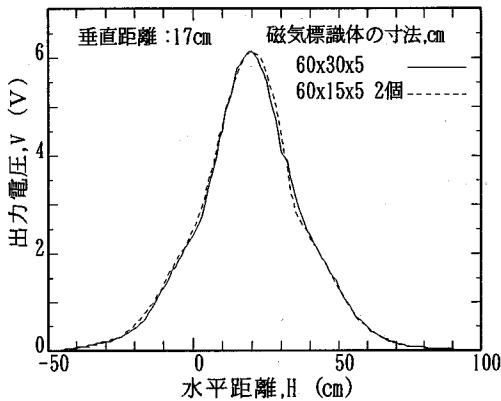


図-15 1個の磁気標識体およびそれを2分割して並べて同一寸法とした磁気標識体の出力電圧の比較

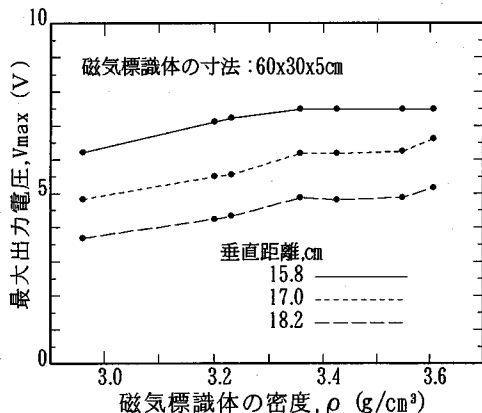


図-16 磁気センサの最大出力電圧と磁気標識体の密度の関係

にあるときの L_{sw} と白バー上にあるときの 'OFF' の長さのバランスを見てスイッチング電圧を決めることになるが、垂直距離が17.0cmのときはおおよそ3 V

が推奨されると言えよう。

図-14に示したデータの特解として、白バーの長さが0の場合について検討する。

図-15は、磁気センサの進行方向の長さが15 cmである $60 \times 15 \times 5$ cmの磁気標識体2個を接して並べた合成寸法が $60 \times 30 \times 5$ cmのそれについて得られた磁気センサの出力電圧、および $30 \times 30 \times 5$ cmの1個の磁気標識体について得られた出力電圧の両者を水平距離に対してプロットした図である。垂直距離は17.0 cmである。2個の磁気標識体を接して並べた場合の磁気センサの出力電圧と2個分の長さと同じ1個の磁気標識体から検出される電圧は、ほぼ同じである。つまり、磁気標識体のつなぎ目が出力電圧に与える影響はほとんど無く、所定寸法になるように複数以上の磁気標識体をつなぐことによって同じ長さの1個の磁気標識体と類似の出力電圧が得られる。これは、バーコード・パターンを道路等に敷設したり、黒バーの一部分を切り貼りする等の施工上の観点からも重要な結論である。

(5) センサの出力と磁気標識体の密度の関係

図-16はアスファルト混合物の締め固めに用いるローラーコンパクタの荷重および走行回数を変化させて密度の異なるフェライトアスファルト混合物(磁気標識体)を作製し、その上を磁気センサを走行させて得られた磁気センサの最大出力電圧と磁気標識体の密度の関係である。

おおよかに見て、密度 0.6 g/cm^3 の変化で最大出力電圧が約1.5 Vの変化をしているが、これは同一寸法の磁気標識体であるならば密度が高いほど副産物フェライト量を多く含んでいるためである。

試験舗装¹⁷⁾の施工時に約 3.326 g/cm^3 の密度を示した表層のフェライトアスファルト混合物は約6ヵ月間の供用で約 3.450 g/cm^3 にそれを変化させた調査結果を得ているが、この交通開放によってニーディング作用を受けた表層の密度変化を図-16にあてはめた場合、この範囲内においては最大出力電圧の変化は少ないと言えよう。

4. まとめ

本研究で明らかにした事項を列記する。

(1) フェライトアスファルト混合物で作製した磁気標識体をバーコード・パターンの黒バーとし、磁気センサでこれを検知するバーコード・システムを開発した。

(2) 磁気標識体として用いるフェライトアスファルト混合物の実用的配合範囲を網羅する5%~8%

のアスファルト量の変化では、磁気センサの出力電圧に与える影響は磁気標識体の厚さにかかわらず小さい。

(3) 磁気センサの出力電圧は、垂直・水平の方向を問わず磁気標識体となす距離に依存し、励磁および検知コイルの構成上、その中心が磁気標識体の中心より水平方向に約3.2 cm進んだ位置で最大出力電圧が得られる。

(4) 磁気標識体の厚さが厚くなるほど、また磁気標識体の長さが長いほど最大出力電圧が大きくなると同時にその出力電圧の増加の割合も大きくなる。

(5) 所定寸法になるように複数以上の磁気標識体を並べて使用しても同じ長さの1個の磁気標識体と類似の出力電圧が得られる。これは、施工上の観点からも重要である。

(6) 交通開放後の表層の密度変化を室内実験のデータに当てはめた場合、その最大出力電圧の変化は少ないと言える。

5. 後 記

独自に開発したバーコード・システムの応用をはかる場合に重要となる磁気標識体と磁気センサの関係に与える種々の因子について検討した。今後、ここで示した研究成果にさらに多くの知見を加えて数学的処理をすることによって、より単純化したデータとしてお示ししたい。また、本技術の提案に磁気共鳴が起こることを期待し、市民生活に役立つように慎重にセンシングしながら今後の応用をはかっていきたい。

最後に、本研究の研究費の一部に北海道工業大学特別奨励研究費を用い、また、実施にあたって本学問山研究室の標識隊の皆さんに格別の御助力をいただいたことを付記し、ここに厚く謝意を表したい。

参考文献

- 1) 辻俊郎: 廃水処理で得られる副生フェライトの再利用, 化学教育, 第28巻, 第2号, pp. 75-77, 1980.
- 2) 間山正一, 山内文雄: 副産物フェライトの土木工学への応用, 土木学会誌, 1987-5, Vol. 72, pp. 35-40, 1987.
- 3) 間山正一: 高分子複合材料と表面・界面技術, 第6章

第8節を分担執筆, pp. 365-370, 村上謙吉編技術情報協会, 1991.

- 4) 間山正一, 山内文雄: 副産物フェライトを利用した磁気標識体, 土木学会論文集, 第379号/VI-6, pp. 102-106, 1987.
- 5) M. Mayama: Magnetic-Marker System using Ferrite Composite Materials, *Advanced Composites'93*, pp. 169-172, Wollongong, Australia, 1993.
- 6) 間山正一・初田健: 副産物フェライトを用いたバーコード・システム, 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集, VI-38, pp. 98-99, 1992.
- 7) 初田健他: 救急医療情報伝送システムの高度化—副生フェライトによる救急車輛位置標定システム—平成4年電気関係学会北海道支部連合大会, 29, p. 32, 1992.
- 8) 間山正一: 副産物フェライトを用いたバーコード・システムの研究開発, 複合材料学会1993年度研究発表講演会, pp. 49-50, 1993.
- 9) 間山正一: 磁性体を利用したバーコード・システムの研究開発, 土木学会論文集, No.504/VI-25, pp. 101-106, 1994.12.
- 10) 間山正一: コーテッドフェライトコンクリートの振動性状, 土木学会論文集, 第384号/V-7, pp. 93-101, 1987.
- 11) 間山正一: フェライトアスファルト混合物の振動性状, 土木学会論文集, No. 390/V-8, pp. 235-238, 1988.
- 12) M. Mayama and M. Mori: Vibrating and Mechanical Properties of Ferrite Concrete, *Brittle Matrix Composites III*, pp. 488-497, Elsevier Applied Science, 1991.
- 13) 間山正一, 田中治雄: バーコード用磁気標識体の実用的配合に関する研究, 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集, VI-217, pp. 454-455, 1993.
- 14) 間山正一, 辻俊郎: フェライト混合物の力学的性状に関する基礎的研究, 土木学会第38回年次学術講演会講演概要集, V-235, p. 467, 1983.
- 15) 間山正一他: 制振舗装材料の曲げ破壊性状, 第15回日本道路会議一般論文集, pp. 299-300, 1983.
- 16) 間山正一他: 制振舗装材料の引張破壊性状, 第16回日本道路会議一般論文集, pp. 427-428, 1985.
- 17) 間山正一他: 舗装体の振動測定法, 土木学会北海道支部論文報告集第43号, pp. 565-570, 1987.
- 18) 間山正一他: フェライトアスファルト混合物の変形特性, 土木学会第42回年次学術講演会講演概要集, V-47, pp. 43-44, 1987.
- 19) 間山正一他: フェライトアスファルト混合物の圧縮破壊包絡線, 土木学会第43回年次学術講演会講演概要集, V-11, pp. 70-71, 1988.

(1994. 8. 10 受付)

VARIOUS FACTORS INFLUENCING THE RELATION OF MAGNETIC SENSOR AND BAR CODE PATTERN MADE OF MAGNETIC SUBSTANCE

Masakazu MAYAMA

The author carried out laboratory experiment to discuss various factors influencing the relation of magnetic sensor and bar code pattern made of magnetic substance and space. The following conclusions were obtained. 1)The voltage from the magnetic sensor showed little change within 5 to 8 % asphalt contents in the magnetic marker. 2)The voltage from the magnetic sensor became larger as distance between sensor and marker became shorter and as marker was thicker and longer. 3)The voltage from a set of markers was similar to the one from a marker which has the same length to the set-markers. 4)Considering the laboratory data on the voltage-marker's density relation, maximum voltage should be little change for the density variation in the surface mixture after service.