

副産物フェライトを利用した磁気標識体

A MAGNETIC GUIDE SYSTEM USING THE FERRITE
BYPRODUCTS

間山正一*・山内文雄**

By Masakazu MAYAMA and Fumio YAMAUCHI

This paper describes the relationship of the magnetic markers which are obtained by mixing binder with ferrite byproducts and the magnetic sensor which contains generating coil and detecting coil. This paper also describes the application engineering of the magnetic guide system which is composed of above mentioned magnetic sensor and magnetic markers. Application engineering are as follows.

1) Guide system for blind people : System which blind people can come to the destination by sensing the magnetic markers using the white stick with the magnetic sensor. 2) Speed meter : Speed of vehicle is calculated and shown exactly by detecting the magnetic markers using the magnetic sensor. 3) Automatic vehicle guide system : System which vehicle with magnetic sensor can run along the magnetic markers settled as a guide lane.

Keywords : ferrite byproducts, ferrite mixtures, magnetic guide system, magnetic sensor

1. 概 説

近年、土木を取り巻く国際環境の激変、技術革新や工事量の停滞、若者の土木離れ等に対処すべく、土木学会においても「新しい土木の出発」¹⁾、「土木技術のフロンティア」²⁾、「学会のありかた」³⁾等の特集が生まれ、さらに、「これからの建設業のありかた」⁴⁾が具体的かつ総括的に論じられている。これは土木工学の分野における研究あるいは土木技術そのものが手法の変革期⁵⁾に入らざるを得ない時代が来たことを意味するものであり、国民生活のニーズや文化に寄与する形での「創造する技術革新」を行うためのいわゆる産みの苦しみの時期にあることを示唆するものといえよう。

従来から新しい情報機器と関連の深い交通工学の分野においても時代の流れに素早い対応をみせ、交通工学上の諸問題を分岐テーマとして捉えるのではなく総合的に捉える総合交通工学の提唱がなされ⁶⁾、交通工学とエレクトロニクス⁷⁾、交通管制機器の最近の発展⁸⁾やそのシステム⁹⁾について論じられている。

本研究もこれらの交通工学上の技術と深い関連性をも

つが、車両交通の管制問題や交通制御問題にとどまらずより生活に密着した技術といえる視覚障害者の誘導システムや無人搬送システム等の広い分野に応用できる磁気標識システムについて報告するものである。

すなわち、磁気標識体と磁気センサから構成される磁気標識システムについて詳しく説明し、その応用技術として、視覚障害者誘導システム、車速度計、無人搬送車のおのおのについて紹介し、主としてセンサ技術の観点からこれらについて論ずることを目的としている。

著者らは既存の土木材料と同様に用途に応じた力学的機能をもつと同時に、磁性を応用することによって得られる機能、制振性能、電波吸収能等の他の機能をも併せ持ったハイブリッドな機能性材料である新素材としての副産物フェライト(副生フェライト)¹⁰⁾に注目し、数年間にわたってその応用技術の開発、用途開発の研究に従事してきた^{11)~15)}。土木工学の分野におけるその主なものは、磁気標識システム、制振材料、ロードヒーティング材料、電波吸収体、人工魚礁等である。ここで報告する磁気標識システムは著者らが開発したこれらの応用技術の1つである。

2. 副産物フェライトとその混合物

通常、フェライトとよばれる磁性酸化鉄は化学的には

* 正会員 工博 北海道工業大学教授 工学部土木工学科
(〒006/札幌市西区手稲前田 419-2)

** 理学士 日本電気(株)資源環境技術研究所 資源化部長
(〒213/川崎市宮前区宮崎 4-1-1)

$M_xFe_{3-x}O_4$ (M は Mn, Zn, Cu, Co 等の金属) で表わされる化合物で通信用のコイル, トランス, ラジオ, テレビの磁性部品, 磁気テープ, 磁気デスク等の記録材料などはすべてフェライトであり, 半導体とともにエレクトロニクスの進歩を支える重要な磁性材料である. わが国は世界最大のフェライト生産量(約8万トン)を誇りその生産利用技術も卓越している.

副産物フェライトは製鉄残渣, チタン白製造副産物あるいは排水処理残渣として含水比数十%のスラッジ状で生成される強磁性(磁化の強さはニッケル並み)の酸化物(主として Fe_3O_4 から構成)である. 比抵抗が $10^2 \Omega cm$ と電気抵抗が高く, 比重が約5, 粒径が数 μm ~ 数百 μm に分布する黒色の材料であり, 天然に産出する磁鉄鉱, マグネタイトと同性状のものでその化学的安定性はきわめて高い¹⁴⁾.

副産物フェライトはそれ自体では結合力をもちず, セメント, アスファルト, 合成樹脂, ゴム等の結合材(バインダー)との混合によって土木材料, 建築材料, 水産土木用材料としての利用が可能になる. 従来のプラント施工機器を転用できるように材料調整がされており, その施工方法もほぼ同様である¹⁵⁾. 結合材の種類によって, フェライトアスファルト, フェライトコンクリート, フェライトゴム等の名称でよばれており, その形状もブロック, シート, テープ等の通常の土木材料と同様に製作できる.

3. 磁気標識システムとその応用例

(1) 磁気標識体と磁気センサ

磁気標識システムの基本的構成は磁気標識体と磁気センサからなる.

磁気標識体は副産物フェライトと結合材の混合からなるフェライト混合物であり, 前述したとおり, ブロックシート, テープ等のいかなる形状のものも使用できる.

磁気センサは図-1に示すように, コイルを用いた磁気誘導型のもので励起用コイルと検出用コイルから構成される. 励起用コイルで交流磁界を発生させ, 標識体(フェライト混合物)の接近によってこの磁界分布が乱れるのを他の検出用コイルで検知する.

生活空間には鉄やアルミ等の他の金属類が大量に存在

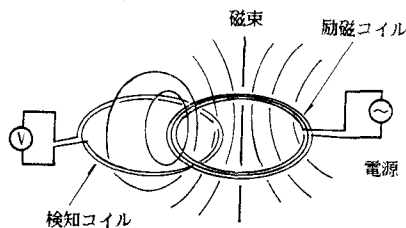


図-1 磁気センサのしくみ

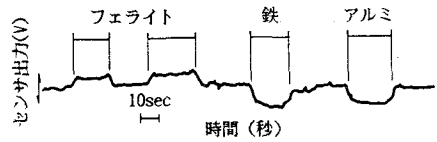


図-2 副産物フェライトと他金属のセンサ出力の違い

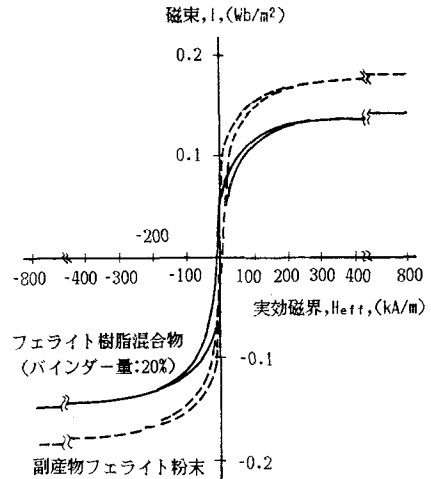


図-3 磁化曲線

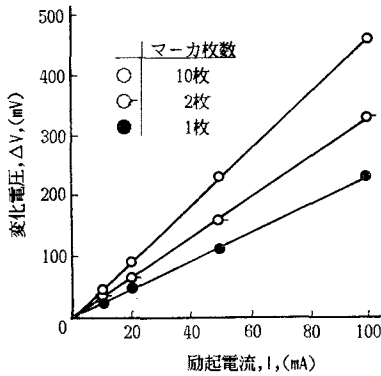
し, フェライト混合物との識別が必須である. 本磁気センサでは副産物フェライトと他金属では振幅の変化が異なる点に注目し(図-2), 適当な信号処理によって識別する方法を採った.

図-3は樹脂量20wt%, 副産物フェライト量80wt%の混合比で得られたフェライト混合物および副産物フェライト粉末の磁化曲線, すなわち, 磁束(IまたはB)と実効磁界(H_{eff})の関係を示す.

両者について得られた飽和磁化はそれぞれ $0.146 Wb/m^2$, $0.185 Wb/m^2$ であり, その比(79%)は混合比とほぼ一致している. つまり, 副産物フェライトの含有量が多いほど, 飽和磁化が増加することがわかる. 同様の考え方で同一含有量であればその厚さがますます副産物フェライト量が多くなることから磁気特性が向上する.

(2) 視覚障害者誘導システム

磁気標識システムの応用例の1つで, 視覚障害者のツエまたは靴に磁気センサを取り付け, 道路等の歩行場所にあらかじめ設置された磁気標識体を検知し, ツエの振動で視覚障害者に情報を与えてその歩行誘導等に利用するシステムである¹¹⁾. また, 磁気センサから出ている電波(図-1参照)を受信するためのアンテナを標識体下に設け, センサ(ツエあるいは靴)の接近を検知してあらかじめ録音された情報を音声で知らせることもできる. つまり, 視覚障害者は磁気センサを取り付けたツエを持ち歩くことにより, 道路と対話をしながら歩行することが可能になる.



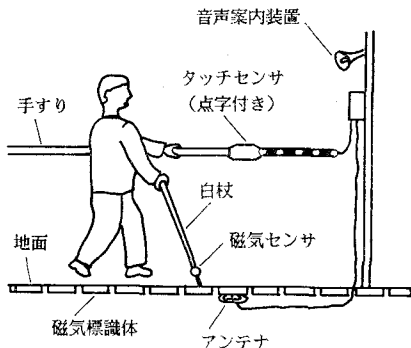
図—4 センサとマーカの励起電流と変化電圧の関係

図—4 は副産物フェライトの含有量 80 wt. % のフェライト樹脂混合物を用いて作製した マーカ (1枚の厚さ: 3.5 mm) と磁気センサの関係から得られた 励起電流に対する電圧の変化を示す。

電流と電圧は比例関係にあり、マーカ枚数 (副産物フェライトの含有量) が多いほど、その勾配が立ち上がってくる。換言するならば、磁気センサが磁気標識体 (マーカ) を検知する距離をのばすには電流を大きくする必要がある。しかし、ツエという限られたスペースの中に収められる駆動乾電池の寿命を考慮した実用的見地からは励起電流を小さくせざるを得ず (10 mA), 検知距離は約 20~30 mm である。

積雪地のように検知距離を必要とする場合には磁気標識体の副産物フェライト含有量を多くし、厚みをもたせたフェライト混合物を用いることによって対処できる。

ブロックや点字タイルの凹凸は一般歩行者や身体障害者 (特に車椅子使用者) の障害になっているが、磁性を利用して情報伝達をするこのシステムは凹凸を必要とせず、このような欠点をもたない。また、積雪地では点字ブロックや点字タイルが冬期間、雪の下や氷の下になってその用をなさないが、磁性を利用するこのシステムではこれらの環境条件は障害とならず、オールシーズンに



図—5 視覚障害者誘導システム

わたって視覚障害者に情報を伝えることができる。また視覚障害者以外の人にも音声による情報を利用できるように、手で触れるとスイッチが入るタッチセンサもシステムの中に含んでおり、高度な交通情報システムへの発展性を秘めている。

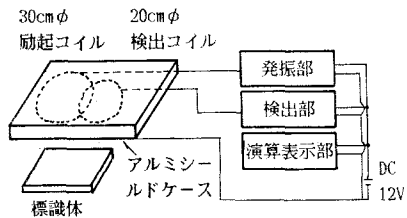
図—5 にこのシステムの概念図をまとめて示す¹⁸⁾。

(3) 車速度計

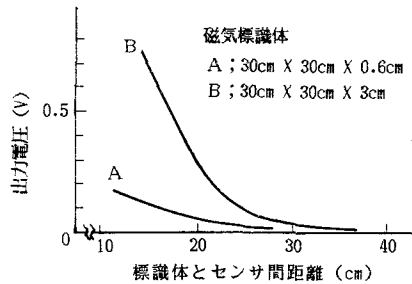
磁気センサを搭載した車両が道路上に一定間隔で敷設した磁気標識体を検知し、センサの検知時間間隔を測定することにより対地速度を算出・表示するシステムである^{13), 19)}。

車速度計の構成図を 図—6 に示し、副産物フェライトとアスファルトで作製した 2 種類の磁気標識体、すなわち、30 cm × 30 cm × 0.6 cm の寸法からなる A 混合物と 30 cm × 30 cm × 3 cm の寸法からなる B 混合物を車速度計で検出した検出曲線を 図—7 に示す。

通常の車両に搭載した場合の回路系およびセンサの振動によるノイズは約 50 mV であるので、ノイズと区別して磁気標識体からの信号 (出力電圧) を検出できる最大検知距離は A 混合物で約 20 cm, B 混合物で約 30 cm である。磁気センサを車両に取り付けた場合の道路表面からの距離は最低 20 cm を必要とするため、図—7 のデータから B 混合物の厚さが必要となることはいうまでもない。



図—6 車速度計の構成図



図—7 車速度計の検出曲線

表—1 車速度計を用いた車両速度の測定例

VM	-	10	17	20	30	30	40	45
MM	5.5	12.9	19.1	22.5	30.4	32.5	42.3	43.7

VM: 車両に付属しているアナログ型速度計

MM: 磁気標識システムを利用した車速度計

表一は本車速度計を用いて測定した車両速度と車両メータの表示速度を比較したものである。

車両の速度メータでは表示が困難な後進時速度、低速度の表示が可能であること、タイヤのスリップ等に無関係に正確な対地速度を表示できる。

(4) 無人搬送システム

磁気センサを取り付けた無人車がガイドレーン（走行路）に敷設した磁気標識体をガイドとして無人走行するシステムである^{20), 21)}。工場内搬送システム²²⁾にとどまらず、ゴルフカート等の屋外利用ができる²³⁾。

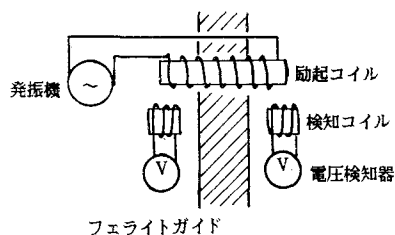
磁気標識体はペイント、テープ、シート、ブロック等種々のものが使用可能である。

磁気センサの構成は基本的には図一1と同じであるがガイドレーンからの車両の位置ズレを検知するため、ガイドレーンの左右端を検知する2個の磁気センサが必要である（図一8）。

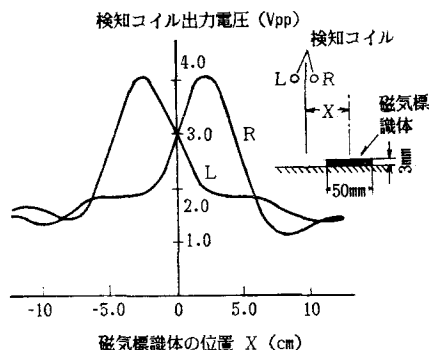
図一9はガイドレーンの中心距離と図一8に示した2個の検知コイル（L, R）の出力電圧の関係を示す。

検知コイルLとRの差によってズレを検知できるが、ガイドレーン（磁気標識体）の中心部付近では位置ズレと出力電圧がほぼ比例するため、制御の精度が良い。

なお、安全走行を徹底するため、無人搬送車の前方に赤外線センサを設け、バンパには圧力センサを設けており、障害物と接触すると搬送車は緊急停車するようになっている。



図一8 無人搬送車のセンサ構成



図一9 無人搬送車の磁気センサの出力電圧

4. 結 論

本研究で明らかにした事項を列記する。

(1) 副産物フェライトと結合材の混合からなるフェライト混合物で磁気標識体を作製し、これとコイル型磁気センサの組合せによって磁気標識システムを組んだ。

(2) 視覚障害者誘導システムにより視覚障害者の誘導はもとより歩行者と道路との対話による交通情報システムを開発した。

(3) 車両の対地速度を正確に演算・表示する車速度計を開発した。

(4) 工場内無人搬送車にとどまらず、ゴルフカート等の屋外においても使用できる無人搬送システムを開発した。

(5) 磁気標識システムの基本構成および視覚障害者誘導システム、車速度計、無人搬送システム等の応用技術に用いられたセンサ技術について具体的に論じた。

5. 後 記

副産物フェライトの応用研究の1つである磁気標識システムの応用技術について、センサ技術を中心に報告した。磁気標識システムの応用について各方面から多くのアイデアが持ち込まれている。たとえば、広大な面積の空港等の無人除雪車、吹きだまりで道路の確認が難しい場所における除雪車のガイド等である。

すでに、この技術は著者らの手を離れ、多方面への実用化が検討されているが、良き伴侶に巡りあい、多くの方々役に立つことを念願したい。

最後に、本研究は筑波大学理工学系 田崎 明教授、日本電気環境エンジニアリング(株) 辻 俊郎社長、日本電気(株) 資源環境技術研究所 菅野 出所長を初めとする多くの方々の方々の努力の結晶を著者らがまとめたものであることを付記し、ここに関係各位に厚く謝意を表したい。

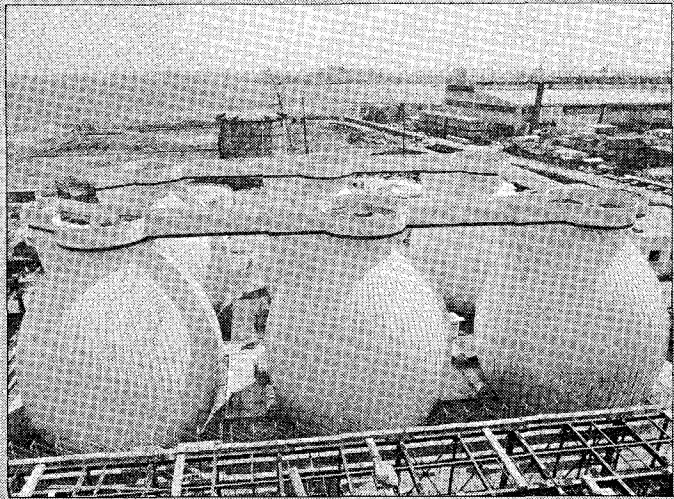
参 考 文 献

- 1) 土木学会誌編集委員会：新しい土木の出版，土木学会誌，Vol. 71, 1986-1月号，pp. 2~87, 1986.
- 2) 土木学会誌編集委員会：土木技術のフロンティア，土木学会誌，Vol. 71, 1986-5月号，pp. 2~77, 1986.
- 3) 土木学会誌編集委員会：学会のありかた，土木学会誌，Vol. 71, 1986-8月号，pp. 2~39, 1986.
- 4) 石川六郎：これからの建設業のありかた，土木学会論文集，No. 349/VI-1, pp. 7~12, 1984.
- 5) 赤井浩一：ニューカッスルの教訓，土木学会誌，Vol. 71, 1986-7月号，p. 1, 1986.
- 6) 五十嵐日出夫：総合交通工学の提唱，交通工学，Vol. 19, No. 2, p. 1, 1984.
- 7) 武部健一：交通工学とエレクトロニクス，交通工学，Vol. 18, 増刊号，p. 18, 1983.
- 8) 高羽慎雄：交通管制機器の最近の発展，(電気)通信学会誌，Vol. 66, pp. 591~596, 1983.
- 9) 津野和夫：都市高速道路交通管制システムの現況と展望，交通工学，Vol. 18, No. 4, 1983.
- 10) 蒔田 実：新素材，土木学会誌，Vol. 71, 1986-5月号，pp. 39~41, 1986.

- 11) 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，p. 467, 1983.
- 12) 間山正一ほか：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.
- 13) 間山正一ほか：磁気標識システムの交通安全への応用に関する基礎的研究，北海道科学研究費による一般研究報告，pp. 114~115, 1982.
- 14) 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，土木学会誌に掲載予定.
- 15) 間山正一・山内文雄：副産物フェライトを利用した藻礁，水産土木，第23巻，第1号，pp. 7~12, 1986.
- 16) 辻 俊郎：排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.
- 17) 近藤陽二郎ほか：視覚障害者の磁気誘導システム，第7回日本応用磁気学会学術講演概要集，p. 299, 1983.
- 18) 上尾市：視覚障害者誘導システムを取り入れたまちづくり，パンフレット，1983.
- 19) 藤本 淳・山内文雄：車速度計，第7回日本応用磁気学会学術講演概要集，p. 298, 1983.
- 20) 藤本 淳ほか：無人搬送車用磁気センサ，昭和58年度電子通信学会総合全国大会，pp. 6~141, 1983.
- 21) 三浦徳紀ほか：磁気標識を用いた無人搬送システム，第7回日本応用磁気学会学術講演概要集，p. 300, 1983.
- 22) 三浦徳紀ほか：フェライト誘導による無人搬送車（工場内搬送システム），第32回春季物理関係連合講演会，p. 781, 1985.
- 23) 和佐泰宏ほか：フェライト誘導による無人搬送車（ゴルフカートへの応用），第32回春季物理関係連合講演会，p. 781, 1985.

(1986.10.6・受付)

あなたの
身近に
カジマの
技術。



横浜市北部第二下水処理場 汚泥消化タンク

鹿島建設
KAJIMA CORPORATION

本社：東京都港区元赤坂1丁目2番7号 TEL.03(404)3311(大代)
支店：札幌・仙台・横浜・北陸・名古屋・大阪・広島・四国・九州
●弊社へのご相談・ご意見・ご提言は鹿島相談コーナーへ
鹿島相談コーナー……………TEL.03(404)2266