

車輛走行実験による磁気センサのバーコード ・パターンの認識に関する研究

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)

車輛に取り付けた磁気センサとフェライト混合物と空間で作製された種々のバーコード・パターンの関係を車輛走行試験によって論じた。実験の結果、次の結論が得られた。1) センサ出力からスイッチング回路によって変換されたシリアル出力は道路に置かれたバーコードの長さを表す。2) マイクロ・プロセッサでカウントされたループの回数は車輛速度およびパターンの縮尺に関わらず、ほぼバーコードの長さ按比例する。3) このシステムは雪氷、ダストがあっても、また氷点下でも適切に機能する。

Key Words: bar code system, vehicle location system, ferrite byproducts, magnetic sensor

1. 概説

筆者は副産物フェライト^{1)~4)}とバインダーの混合から得られるフェライト混合物の磁性に注目し、磁気標識体^{5)~6)}としてのフェライト混合物とそれを含まない空間をそれぞれ黒バーおよび白バーとして磁性の有無によるバーコード・パターンを作製し、これを磁気センサが検知して情報を交換するバーコード・システムについて研究開発を行なってきた^{7)~10)}。その目的は、よりインテリジェントで高度な磁気標識システムの開発にある。例えば、車イスや視覚障害者の誘導技術⁵⁾における情報量の増大や高度化をはかったり、無人搬送車、車輛位置評定システム¹¹⁾に応用することにある。このシステムは既存の道路標識と比較して、情報の伝達方法や用途が多様である。例えば、車椅子の自動誘導をしながら使用者に情報を音声案内し、さらに磁気センサの出力を利用してエレベータの呼びだし等の双方向のやりとりが可能である。また電波を用いる方法、反射テープを用いる方法、電線を地中に埋設する方法等がもつ電波が届かない場所がある、表面の汚れに弱い、断線する等の欠点が無く、さらにパターンの変更が容易なようにそのプレファブ化や、パターンが固定された場合でもパターンのもつ情報をソフトウェアによって変えることができる。

すでに車輛位置評定システムの基礎研究となる磁気センサを取り付けた車輛が道路に敷設したバーコード・パターンから現在位置等の情報を読みとる技

術について紹介したが、本研究においては実用に際して問題となる次の事項についての車輛走行実験の結果に限定して論じたい。

- 1) 種々のバーコード・パターンおよびそれ等を圧縮したパターンに対するシステムの適用性
- 2) 車輛速度を変化させたときのシステムの適用性
- 3) システムの機能に与える雪氷および微粉末の石粉の影響

2. 実験パターンと実験方法

(1) バーコード・システムと実験パターン

バーコードは文字コードを定義するキャラクタ・コードとその前後に位置するスタート・コードおよびストップ・コードの組み合わせからなる。図-1の上段に示したように、磁気標識体(黒バー)と空間(白バー)で磁性の有無によるバーコードを構成する本方式においてはS1, S2がスタート・コードであり、D1, D2およびD3がキャラクタ・コードである。なお、本研究においてはストップ・コードはキャラクタ・コードの個数の指定をプログラミング(Quick Basic)することによって省略してある¹⁰⁾。

磁気センサを取り付けた車輛がこのパターン上を走行して情報を得てから処理するまでの過程については、パーソナル・コンピュータのプログラムも含めて既に詳しく述べたので¹⁰⁾、ここでは重複を避けて簡単に流れを説明したい。すなわち、①磁気センサによるバーコードの読み取り、②スイッチング回路によって磁気センサの出力(図-1の中段)を3V

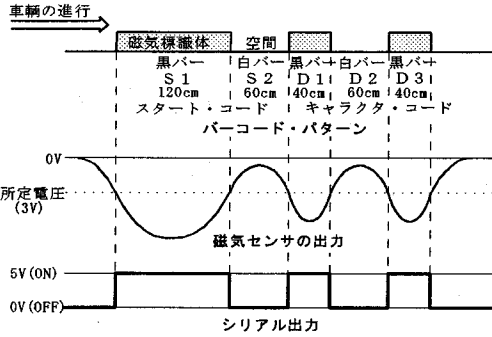


図-1 信号の変換の概念図

バーコードパターン	信号：0 0 0 表示：チュウオウク
A1 基本型	120 60 40 60 40 cm
A2 75%に圧縮	90 45 30 45 30 cm
A3 50%に圧縮	60 30 20 30 20 cm

図-2 バーコード・パターン A

バーコードパターン	信号：1 1 1 表示：シロイシク
B1 基本型	120 60 120 150 120 cm
B2 75%に圧縮	90 45 90 112.5 90 cm
B3 50%に圧縮	60 30 60 75 60 cm

図-3 バーコード・パターン B

バーコードパターン	信号：1 0 0 表示：ミナミク
C1 基本型	120 60 120 60 60 cm
C2 75%に圧縮	90 45 90 45 45 cm
C3 50%に圧縮	60 30 60 30 30 cm

図-4 バーコード・パターン C

でスイッチングして電圧をシリアル化(図-1の段階), ③プログラムによるループの回数のカウント,

表-1 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 percent, %	100	99.7	95.6	83.6	65.4	38.0	8.5

④最初に読まれる'ON'のループの回数, S1 と次に読まれる'OFF'のループの回数, S2 の算術平均からスレッシュホールド, S を算出, ⑤ $S < D1, D2, D3$ のとき'1'と判別, $S \geq D1, D2, D3$ のとき'0'と判別, ⑥キャラクタ・コードの'1'および'0'の集合体をプログラム上のデータと照合して表示の流れになる。

このように, キャラクタ・コードの'1'および'0'の集合体をプログラムに記載されたデータと照合させて情報を提供するわけである。例えば, 図-2 に示したバーコード・パターン A (図-1 のバーコード・パターンと同一) は'0', '0', '0'のキャラクタ・コードをもっているが, その信号の集合体である'000'をプログラムによって「チュウオウク」と表示させるように組まれている。

同様に, 図-3 および図-4 に示したバーコード・パターン B およびバーコード・パターン C は, それぞれ, '1', '1', '1'の集合体'111'を「シロイシク」, '1', '0', '0'の集合体'100'を「ミナミク」と定義したバーコード・パターンである。これ等のバーコード・パターンは, パターン A とパターン B は信号の集合体を構成する'1', '0'がすべて同一の'000'および'111'である点で'1'と'0'が混在する'100'のパターン C とは異なっており, さらに前二者は $S \geq D1, D2, D3$ か $S < D1, D2, D3$ か, すなわち'000'か'111'かによって差別化されている。

また, バーコード・パターン A1, A2 および A3 は A1 のバーコードの長さを 100% (基本型) とし, それぞれバーコードの長さを 75%, 50% に圧縮したそれであることを意味する。バーコード・パターン B1~B3 およびバーコード・パターン C1~C3 も同様の考え方で定義されている。

(2) 本研究で使用した磁気標識体

本研究でバーコードの黒バーとして使用される磁気標識体は, 針入度 85 (1/100 cm), R&B 軟化点 48.0°C のストレートアスファルトと表-1 に粒度分布を示す副産物フェライトの混合によって作製されるフェライトアスファルト混合物¹²⁾である。副産物フェライトは, 比重が約 5 の黒色の粉体であり, 化学的に安定な磁性酸化物である¹⁾⁻⁴⁾。磁気標識体の基本寸法は 30×30×5 cm であるが, 横方向は 2 枚並べて 60 cm の幅に固定し, 車輛の進行方向である縦方向は所定の黒バーの長さになるように適宜, これを組み合わせるか, 切断して使用した。

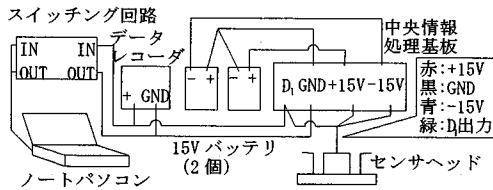


図-5 車輦走行実験に用いた実験機器の接続

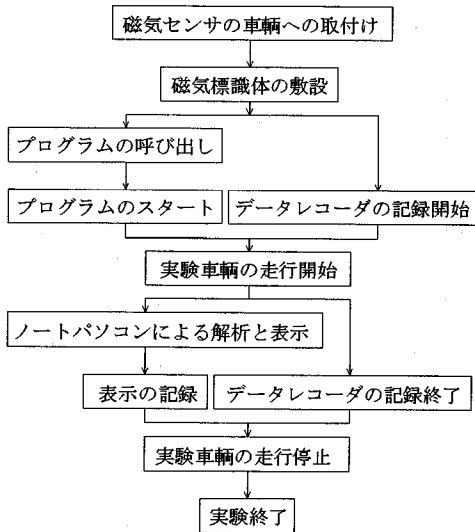


図-6 車輦走行実験の手順

(3) 車輦走行実験の実験機器の構成と実験方法

a) 実験機器の構成

車輦走行実験において 2000CC の乗用車に搭載した磁気センサ（センサヘッドおよび中央情報処理基板）、スイッチング回路、ノート型パーソナルコンピュータ（32ビット、16MHz、80386SX）、15Vバッテリーおよびデータレコーダの接続を図-5に示す。

b) 車輦走行実験の方法

図-6は車輦走行実験の手順を示したフローチャートである。

磁気センサの車輦への取り付けは、実車の走行条件等を考慮して磁気標識体の中心と磁気センサ下面の距離を大人3人が乗車して、停車時で17.0cmの距離になるように設定した。

一つのパターンについて20km/h～60km/hの範囲（パターンC3については20km/hの速度のみ）で10km/hごとに走行実験を行い、また、一パターン・一速度につき3回づつ車輦を走行させてそれぞれデータを収録した。この場合、急激な速度変化は磁気センサにバーコード・パターンの誤認をさせることになるので、車輦に付属する速度メータを見ながら所定の速度で道路上に置いた幅60cmの磁気標識体が

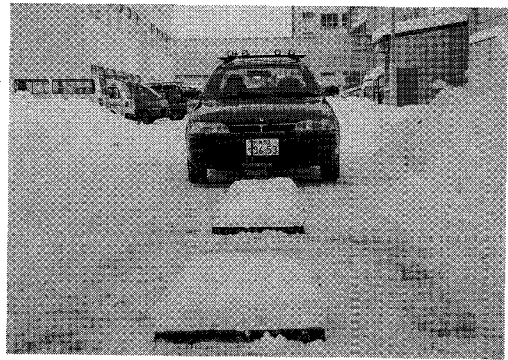


写真-1 走行実験中の車輦とバーコード・パターン

両輪の間にくるように注意深く車輦を走行させた。なお、実験の簡便さを考えて、高さ5cmの磁気標識体を道路表面に置いて使用したが、実用に際しては道路上で突起が無いようにそれを設置することは言うまでもない。

より情報量を多くするためにはコード数が多くなってバーコードが長くなり、その結果車輦の速度変化が問題になるが、パーソナルコンピュータの性能を上げることによって全体の長さを短縮できる。さらに、速度メータに情報を送っている車輪の回転数のデータや、バーの長さとして2個の磁気センサの相対位置の関係から算出される速度等をプログラムにフィードバックさせて対応できるが¹⁰⁾、本研究の論旨の範囲を超えるのでここでは割愛したい。

写真-1は、外気温-7℃、雪氷による車の上下動や磁気標識体への降雪等、苛酷な条件下で行われた走行実験時の実験車輦とバーコード・パターンの例を示す。

3. 実験結果と考察

(1) 磁気センサから出力された電圧の波形

図-2～図-4に示したバーコード・パターンA1、B1およびC1を磁気標識体と空間で道路に再現し、その上を車輦が40km/hで走行したときに得られた磁気センサ（検知コイル）の出力と時間の関係をまとめて図-7に例示する。図-5に示した機器の接続から電圧は負の値となるが、視覚上の理解を容易にするため、またスイッチング回路内では設計上、正の電圧で処理することから、符号が逆になっている。

約7.5Vで出力の波形が最大値を示してフラットになっているのは電圧を記録したデータレコーダのリミッタが働いたためである。

磁気センサが黒バー（磁気標識体）上にある間は検知コイルは電圧を出力し、白バー（空間）上にある間は磁性体が存在しないので電圧が元に戻るこ

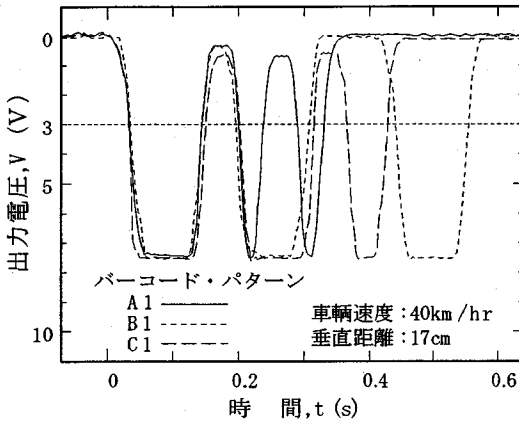


図-7 車輻走行実験で得られた磁気センサの出力

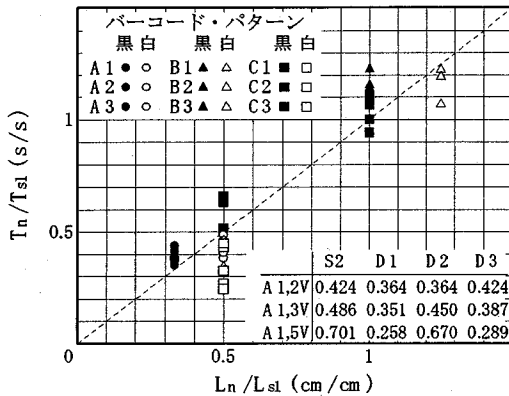


図-8 バーコードの長さの比とバーコード上で測定された時間の比

がわかる。また、バーコード・パターン A1, B1 および C1 に共通するスタートコード S1 および S2 は同一であることから出力電圧～時間曲線は類似のそれ等が得られているのに対して、D1, D2, D3 のキャラクタ・コードはパターンによって長さが異なっているため各々独自の出力曲線を示している。

出力電圧の特性をより詳細に分析するため、ここでスイッチング電圧とした 3 V で図-7 の縦軸を切って、それぞれの出力波形と交わる 2 点間の距離、すなわち、時間を比較してみる。

図-8 は、本研究で用いたバーコード・パターン A1 ~ A3, B1 ~ B3 および C1 ~ C3 について、スタートコード S1 の長さ、 L_{s1} ($=120$ cm) に対するそれに続く各バーコードの長さ、 L_n の比、すなわち、 L_n/L_{s1} を横軸にプロットし、バーコード S1 上で測定された時間に対する各バーコード上で測定された時間の比、 T_n/T_{s1} を縦軸にプロットした図である。図-8 の中で、黒とは黒バーを意味し、白とは白バーを意味する。また、図-8 には図の繁雑さを避けて A1 パター

ンのみであるが、理解を容易にするため 2V, 3V, 5V のデータを表にして図中に示した。車輻が長さ L のバーコード上を速度 V で通過するのに要する時間、すなわち理論通過時間は L/V から計算されるが、図-7 のデータのように V が同一であるならば、縦軸の理論通過時間の比は結局、横軸の L の比と同一となり、図-8 に点線で示したように、1 : 1 の関係をもつことになる。図-8 にプロットしたデータからバーコード・パターンにかかわらず黒バーが点線の上側に、白バーが点線の下側にあつて黒バーに比較して白バーが若干短く読まれているが、因みに表に示した 2 V あるいは 5 V でスイッチングした場合には値が点線から大きく離れており、これ等のことから 3 V は合理的なスイッチング電圧と言える。

図-1 にバーコード・パターン、磁気センサの出力およびスイッチング回路から出力される電圧の関係について基本概念を示したように、本バーコード・システムはバーコード・パターンを忠実にシリアル出力化する技術が重要であることから、ここで得られた時間とバーコードの長さについての結論はきわめて重要である。

(2) 車輻速度およびパターンの圧縮がシステムに与える影響

表-2 ~ 表-4 は図-2 に示したバーコード・パターン A のグループ、すなわちバーコード・パターン A1, A2 および A3 についてそれぞれカウントされたループの回数と信号を車輻速度ごとに示したものである。

パターンの長さに対するループの回数は、 17 ± 1 が最小単位 (ユニット) となつてそれらのいくつか加算された回数 (ほぼ倍数) がカウントされている。同時に、同一実験条件であっても、例えば表-2 の速度 20 km/h において S1 について得られたループの回数 138 と 155 のように、そこには 17 の差が見られるが、これはスイッチング回路からマウス端子に 'ON'・'OFF' の信号が入った時点からプログラム上でその信号が検知されるまでの間にハードウェアやソフトウェアの割り込みが繁茂に行われているために生じるものである。いま、割り込み周期の順番を ①, ②, ③ とすると、スイッチング回路が割り込み周期①の手前で 'ON' になったとき、割り込みは①で行われ即座にループの回数を数え始める。次に、'OFF' の信号が割り込んだ時にループの回数を数え終わるが、割り込み周期②の手前で 'OFF' になったときは②で割り込むことになって割り込み周期の 1 周期分のループの回数 (17 回) を数えるが、割り込み周期②の後で 'OFF' になった時は次の③で割り込むことになり、割り込み周期の 2 周期分のループの回数 (34 回) を数える。このように時間的にはきわめ

表-2 パターン A1 のループの回数と信号

速度 km/h	No	カウントされたループの回数			信号		
		S1	S2	S	D1	D2	D3
20	1	155	51	103.0	67	50	50 000
	2	138	51	94.5	50	49	50 000
	3	155	68	111.5	50	49	50 000
30	1	103	34	68.5	50	34	33 000
	2	103	34	68.5	34	50	33 000
	3	103	34	68.5	33	51	33 000
40	1	69	34	51.5	33	33	34 000
	2	87	34	60.5	33	33	17 000
	3	69	34	51.5	16	34	33 000
50	1	69	33	51.0	17	34	16 000
	2	52	34	43.0	17	33	33 000
	3	52	34	43.0	16	34	16 000
60	1	52	34	43.0	16	34	16 000
	2	35	34	34.5	16	17	17 000
	3	52	34	43.0	16	17	17 000

表-3 パターン A2 のループの回数と信号

速度 km/h	No	カウントされたループの回数			信号		
		S1	S2	S	D1	D2	D3
20	1	103	34	68.5	50	34	33 000
	2	120	34	77.0	50	34	50 000
	3	121	34	77.5	50	33	50 000
30	1	68	34	51.0	34	16	34 000
	2	68	34	51.0	34	16	34 000
	3	69	34	51.5	33	17	33 000
40	1	52	34	43.0	16	17	33 000
	2	52	34	43.0	16	17	33 000
	3	52	34	43.0	16	17	17 000
50	1	51	17	34.0	17	16	17 000
	2	52	17	34.5	16	17	16 000
	3	51	17	34.0	17	17	16 000
60	1	35	17	26.0	16	17	16 000
	2	34	17	25.5	17	17	16 000
	3	35	17	26.0	16	17	16 000

表-4 パターン A3 のループの回数と信号

速度 km/h	No	カウントされたループの回数			信号		
		S1	S2	S	D1	D2	D3
20	1	87	34	60.5	16	34	16 000
	2	86	17	51.5	33	17	33 000
	3	86	17	51.5	17	33	33 000
30	1	51	17	34.0	17	16	17 000
	2	52	17	34.5	17	16	17 000
	3	51	17	34.0	17	17	16 000
40	1	34	17	25.5	17	16	17 000
	2	35	17	26.0	16	17	16 000
	3	35	17	26.0	16	17	16 000
50	1	34	34	34.0	15	0	0 error
	2	34	34	34.0	17	0	0 error
	3	17	17	17.0	16	0	0 error
60	1	18	16	17.0	17	0	0 error
	2	17	34	25.5	16	0	0 error
	3	17	34	25.5	17	0	0 error

て小さな差であるが、②の前か後かによって17回か34回かのループの回数の差がでることになる。

なお、ループの回数の最小単位になっている17±1は、パソコン等の処理速度に依存するものであるが、これについて論ずることは本論文の研究内容の範囲を越えることと考え、割愛する。

さて、表-2～表-4に共通しておおまかに言えることは、車輛速度に無関係に黒バー、白バーを問わずにバーコードの長さが短いほどカウントされたループの回数(最小単位)が少なくなることであり、また、車輛速度が速くなるほどループの回数が少なくなるか、あるいは増加しない点である。例えば、120-60-40-60-40 cmのバーコード・パターン A1 上を速度 20 km/h で走行した場合、得られたループの回数の一つは155-51-67-50-50であり、3個の測定値に分散は見られるが、他の短いバーコード上のループの回数に比較して120 cmの長さのS1上でカウントされたループの回数が最も多い。また、S1上でカウントされるループの回数も、3個の測定値のうち2個以上得られたそれらで比較すると、20 km/h、30 km/h、40 km/h、50 km/h および 60 km/h と車輛速度が速くなるにしたがって155、103、69、52 および 52 と少なくなっている。これは速度が速くなると磁気センサが各バーコード上を通過する時間が短くなるためである。

これ等の傾向は、表-3 および表-4 に示したバーコード・パターン A1 を75%に圧縮した90-45-30-45-30 cmのバーコード・パターン A2 および A1 を50%に圧縮した60-30-20-30-20 cmのバーコード・パターン A3 についての車輛走行実験にも共通して見られるが、その細かい説明は繰り返しのになるので省略する。

次に、バーコード・パターンの圧縮の割合がシステムに与える影響について考察する。A1、A2 および A3 のスタート・コード S1 である120 cm、90 cm および 60 cm について得られたループの回数は、3個の測定値のうち2個以上得られたそれらで比較すると、車輛速度 30 km/h の場合、103回、68回および51回がカウントされており、同様に、車輛速度 40 km/h の場合、69回、52回および35回がカウントされていることから、ほぼパターンの圧縮の割合に応じてループの回数が測定されている。

また、個々の圧縮パターンについて見ると、基本型のバーコード・パターン A1 を75%に圧縮したバーコード・パターン A2 については、表-3 に示すように車輛速度 20 km/h～60 km/h の範囲にわたって'0'および'1'の判読がなされて信号'000'が得られ、画面上に「チュウオウク」が表示された。さらに、50%に圧縮したバーコード・パターン A3 については、表-4 に示すように車輛速度 40 km/h までは信号'000'が得られたが、50 km/h 以上の速度ではキャラクタ・コードの D2 および D3 が読み取られず、'error'の表示がなされた。既にプログラム¹⁰⁾で示したように、'error'はキャラクタ・コードのいずれかのループの回数がカウントされない場合に表示される。車輛速度が 50 km/h～60 km/h の場合、磁気センサが 20 cm～30 cmの

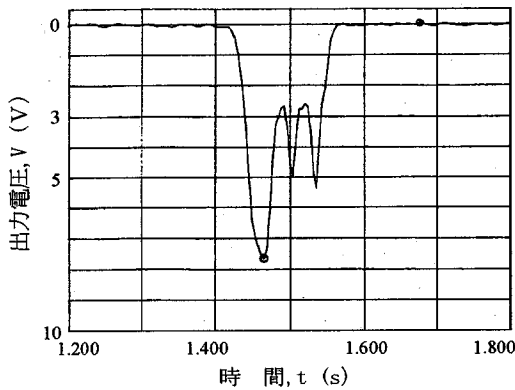


図-9 パターンA3について得られたセンサの出力波形

バーコード上を通過するのに要する時間はせいぜい1/100~2/100秒であり、したがって、車輛速度が速くなったためループの回数のカウントを開始させる3V以上の電圧が磁気センサから出力されないうちにコード上を通過してしまったか、あるいはデータの処理能力が追いつかないためD2あるいはD3上でスイッチングはされたが、短い時間なのでカウントされなかったものと考えられる。

そこで、バーコード・パターンA3について走行速度60km/hの場合に得られたセンサの出力波形を図-9に示してそれを照査する。明らかに3Vを越える出力がどのバーコードについても得られており、このことからスイッチングはされたが割り込みのタイミングによってカウントされなかったと考えられる。

さて、このシステムで最も重要なことは、先にデータ処理の流れ⑤で説明したように、スレッシュホルド、Sとキャラクタ・コード、Dの比較によって'0'および'1'を判断できることである。したがって各バーコードについて設定通りにループの回数(最小単位)が読まれることが重要であると同時に、先に説明した割り込み周期のタイミングによってはループの回数が1周期分変化することもあるため、設定環境が許されるならばコードの長さSとDの相対的な差を大きく設定することによってその精度をあげることが肝要である。その限界は割り込み周期のタイミングが1周期分変化しても'1'、'0'の判断に影響しない長さの対比でなければならない。

(3) システムに与えるパターンの違いの影響

本システムの有用性をさらに詳しく検討するため、今まで論じたバーコード・パターンAと異なるバーコード・パターンについて行った実験結果について報告する。

図-3および図-4に示したバーコード・パターンBおよびCについての車輛走行実験の結果、得られた

表-5 パターンB1のループの回数と信号

速度 km/h	No	カウントされたループの回数			信号			
		S1	S2	S	D1	D2	D3	
20	1	139	85	112.0	134	185	150	111
	2	138	68	103.0	135	168	134	111
	3	120	85	102.5	118	185	134	111
30	1	86	51	68.5	100	118	100	111
	2	86	51	68.5	100	118	100	111
	3	86	51	68.5	101	117	101	111
40	1	69	34	51.5	67	101	66	111
	2	69	34	51.5	67	101	66	111
	3	69	34	51.5	67	101	67	111
50	1	52	34	43.0	67	84	67	111
	2	69	34	51.5	67	67	67	111
	3	52	34	43.0	67	67	67	111
60	1	35	34	34.5	50	67	50	111
	2	52	34	43.0	50	67	50	111
	3	51	17	34.0	50	67	50	111

表-6 パターンB2のループの回数と信号

速度 km/h	No	カウントされたループの回数			信号			
		S1	S2	S	D1	D2	D3	
20	1	87	68	77.5	84	134	118	111
	2	103	51	77.0	84	135	100	111
	3	86	51	68.5	101	134	100	111
30	1	69	34	51.5	67	84	83	111
	2	69	34	51.5	67	100	67	111
	3	69	34	51.5	67	84	84	111
40	1	52	34	43.0	50	67	67	111
	2	52	34	43.0	50	67	50	111
	3	34	34	34.0	51	67	67	111
50	1	51	17	34.0	50	50	50	111
	2	35	17	26.0	50	50	50	111
	3	52	16	34.0	51	50	49	111
60	1	35	17	26.0	33	50	50	111
	2	34	17	25.5	33	51	49	111
	3	35	17	26.0	33	50	33	111

表-7 パターンB3のループの回数と信号

速度 km/h	No	カウントされたループの回数			信号			
		S1	S2	S	D1	D2	D3	
20	1	51	34	42.5	67	84	67	111
	2	52	34	43.0	67	84	67	111
	3	69	34	51.5	67	67	67	111
30	1	52	16	34.0	51	50	50	111
	2	52	17	34.5	50	67	50	111
	3	35	17	26.0	50	67	50	111
40	1	35	17	26.0	33	50	33	111
	2	34	17	25.5	34	33	50	111
	3	35	17	26.0	33	50	34	111
50	1	35	17	26.0	33	33	34	111
	2	35	17	26.0	16	34	33	011
	3	34	17	25.5	17	50	17	010
60	1	17	17	17.0	17	33	33	011
	2	17	17	17.0	33	17	33	101
	3	17	17	17.0	16	34	33	011

ループの回数と信号を基本型およびその圧縮パターンごとに表-5~表-7および表-8~表-10に示す。

前述したように、どのパターンにおいてもループの回数の最小単位は17±1であり、この最小単位が加算された回数がカウントされている。バーコード・パターンおよびパターンの圧縮の割合に関係な

表-8 パターンC1のループの回数と信号

速度 km/h	No	カウントされたループの回数			信号			
		S1	S2	S	D1	D2	D3	
20	1	138	68	103.0	134	51	66	100
	2	156	50	103.0	135	50	83	100
	3	155	51	103.0	151	50	83	100
30	1	104	33	68.5	101	50	50	100
	2	103	34	68.5	101	33	50	100
	3	103	34	68.5	101	33	50	100
40	1	68	34	51.0	67	34	33	100
	2	69	34	51.5	67	34	33	100
	3	69	34	51.5	84	33	34	100
50	1	52	34	43.0	67	16	34	100
	2	69	33	51.0	67	33	33	100
	3	68	34	51.0	67	17	50	100
60	1	34	34	34.0	50	17	33	100
	2	52	17	34.5	50	16	33	100
	3	51	17	34.0	51	33	33	100

表-9 パターンC2のループの回数と信号

速度 km/h	No	カウントされたループの回数			信号			
		S1	S2	S	D1	D2	D3	
20	1	103	51	77.0	101	33	67	100
	2	103	34	68.5	118	33	50	100
	3	104	34	69.0	100	50	50	100
30	1	69	34	51.5	84	33	50	100
	2	69	34	51.5	83	33	33	100
	3	69	34	51.5	67	33	33	100
40	1	51	17	34.0	67	17	33	100
	2	69	17	43.0	67	16	33	100
	3	52	17	34.5	66	17	33	100
50	1	33	33	33.0	50	17	33	100
	2	35	34	34.5	50	16	34	100
	3	52	17	34.5	50	16	17	100
60	1	34	17	25.5	33	17	33	101
	2	52	17	34.5	33	17	33	000
	3	35	17	26.0	50	16	17	100

表-10 パターンC3のループの回数と信号

速度 km/h	No	カウントされたループの回数			信号		
		S1	S2	S	D1	D2	D3
20	1	87	17	52.0	16	34	0 error
	2	86	17	51.5	33	0	0 error
	3	87	17	51.5	17	33	0 error

く、車輻速度が速くなるほど、またバーコードが短くなるほど少ない回数がカウントされている。

さらに、スレッシュリット、S とキャラクタ・コード、D の比較によって行われる'0'、'1'の判読もバーコード・パターンA で論じたことと同様の傾向が見られる。例えば、バーコード・パターンB のグループを見た場合、基本型および75%に圧縮したパターンB2のように圧縮幅が比較的小さい場合は、車輻速度に関係なく表-5および表-6に示したように全て設定した'111'の信号が得られて画面上に'シロイシク'が表示されるが、圧縮幅が50%と大きいパターンB3については、表-7に示したように50 km/h の車輻速度においては1回目は設定通りの'111'が表示されているが、2回目は'011'、3回目は'010'と設定とは異

なる信号が表示されている。さらに、60 km/h 車輻速度の場合は、1回目の信号が'011'、2回目が'101'、3回目が'011'と表示され、誤動作を起こしている。

同様に、バーコード・パターンC のグループについても、表-9に示したパターンC2のように圧縮が比較的小さい75%に圧縮したパターンであっても60 km/h の車輻速度では設定信号と異なる'101'や'000'が表示されて、不安定な動作を起こしている。

このように所定の'111'が表示されない誤作動の理由は、先に説明したように割り込み周期のタイミングによってはループの回数が1周期分変化することであり、それが'0'、'1'の判読に影響を与えていることは容易に理解されよう。

さらに、短いバーコードが連続する50%の圧縮割合のパターンC3においてはキャラクタ・コードの一部が読み取られずに'error'が表示されたが、その理由は先にパターンA3について考察したものと同様である。このような結果は、S と D の長さの対比に留意したバーコード・パターンの設定が重要であることを意味している。

次に、3つのバーコード・パターンを比較した場合、パターンBのグループが圧縮しても比較的安定した動作を示しているが、これは他のパターンAおよびパターンCに比較してバーコードそのものが長く、認識されやすいパターンであることが理由である。逆に、パターンBは個々のバーコードが長いいためパターンを構成するための距離が他のパターンに比較して長くなる欠点をもつことになり、使用の目的や場所に応じて適宜、パターンを選択する必要がある。その考え方は、既に、(2) 車輻速度およびパターンの圧縮がシステムに与える影響の項で述べた。

(4) 雪氷および微粉末の石粉の影響

表-2~表-10に示したデータをとったときの外気温は-7℃~-2℃の範囲であり、低温時でも磁気センサが機能することが証明されたが、さらに使用に際して想定される外的条件として雪氷や粉塵等がある。そこで、磁気標識体の上に微粉末の石粉¹³⁾を約5mmの厚さになるように均一に敷きならし(全体で約0.911g/cm³)、さらにその上に平均密度が約0.295g/cm³の雪を12cmの厚さに敷いて車輻走行実験を行なった(写真-1参照)。

各バーコード・パターンについてカウントされたループの回数と信号のうち、一例としてパターンB2の実験結果を表-11に示す。表-11に示した実験結果は先に表-6に示したそれとバーコード・パターンおよび外気温が同一で、雪と石粉(骨材)の有無によるループの回数を比較したものであるが、ほぼ類似のループの回数がカウントされており、これ等の影

表-11 バーコードの上に雪と石粉がある場合のパターン
B2のループの回数と信号

速度 km/h	No	カウントされたループの回数			信号			
		S1	S2	S	D1	D2	D3	
20	1	87	68	77.5	84	134	118	111
	2	86	51	68.5	101	134	100	111
	3	86	51	68.5	101	134	100	111
30	1	69	34	51.5	67	84	83	111
	2	69	34	51.5	67	100	67	111
	3	69	34	51.5	67	84	84	111
40	1	52	34	43.0	50	67	67	111
	2	52	34	43.0	50	67	50	111
	3	52	34	43.0	51	67	67	111
50	1	51	17	34.0	50	50	50	111
	2	51	17	34.0	50	50	50	111
	3	52	16	34.0	51	50	49	111
60	1	35	17	26.0	33	50	50	111
	2	35	17	26.0	33	50	33	111
	3	35	17	26.0	33	50	33	111

響は無いものと判断される。

磁気標識体上に敷いた石粉の約5mmの厚さは、通常の路面管理で想定される路面の摩耗や砂等の堆積の許容値を超える値であり、ここで得られた検知能力は十分に実用に供されるものであろう。

4. まとめ

本研究で明らかにした事項を列記する。

(1) 磁気標識体と空間の組み合わせによるバーコード・パターンを磁気センサで読み取り、バーコードを代表するループの回数の比較から'1'および'0'を判断して情報を表示するバーコード・システムを独自に開発した。

(2) 磁気センサを付けた車輛がバーコード・パターン上を走行する間に読み取られた出力電圧を3Vでスイッチングして得られるシリアル出力はバーコードの長さをほぼ代表する。

(3) シリアル出力の'ON'・'OFF'の間に読み込まれるループの回数の分解能は 17 ± 1 を基本とするが、その回数はバーコードの設定値にほぼ比例し、パターンを'1'および'0'に置き換えることができた。

(4) このバーコード・システムはパターンの圧縮および車輛速度が変化してもある範囲内で使用できるが、とくにバーコードそのものが長いほど、また、スタート・コードとキャラクタ・コードの長さが異なるほど認識されやすいことを明らかにした。

(5) このバーコード・システムは雪氷、ゴミ等がパターンとセンサの間に存在しても、また、氷点下の気温であっても機能することを明らかにした。

5. 後記

本バーコード・システムは、雨ニモ負ケズ、風ニモ、夏の暑さニモ、そして雪ニモ負ケナイ丈夫な(標識)体に支えられている。つまり、本技術は磁性を利用するため、このような苛酷な環境条件におかれてもその機能は変化しない。磁性を利用したパターン認識の研究については既に十数年を経過したが、今後、応用技術とソフトウェアの充実によって、より高度な車椅子の誘導や視覚障害者の活動支援等、人々の文化的な生活の環境作りに役立つ、まさに土着的な技術になることを願いつつ、御批判、御意見をお願いするものである。

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：副産物フェライトを利用した新しい建築材料，石膏と石灰，No.246，pp.98-105，1993.
- 5) 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.
- 6) M. Mayama: Magnetic-Marker System using Ferrite Composite Materials, *Advanced Composites '93*, pp.169-172, Wollongong, Australia, 1993.
- 7) 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.
- 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，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.
- 10) 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.
- 11) 初田健他：救急医療情報伝送システムの高度化—副産物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.
- 12) 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.235-238，1988.2
- 13) アスファルト舗装要綱，日本道路協会，p.60，1993.

(1994.8.29 受付)

RESEARCH ON RECOGNITION OF MAGNETIC SENSOR FOR VARIOUS
BAR CODE PATTERNS BY VEHICLE RUNNING TEST

Masakazu MAYAMA

In this paper, the author discussed the relation of magnetic sensor attached to the vehicle and various bar code patterns made of the ferrite mixtures and spaces by means of vehicle running test. This experiment yielded the following results: 1)The serial signal transferred from output of sensor by switching circuit represented the length of bar code set on the road. 2)The number of loop counted in the micro-processor was nearly proportional to the length of bar code independently of vehicle speed and of scale-down-pattern. 3)This bar code system functioned properly, even though with snow, ice and dust between sensor and the bar code and also functioned below the freezing point.