

長周期系列のPNCMMシステムに関する一検討

金 帝演[†] 長谷川 孝明[‡]

[†]埼玉大学工学部電気電子システム工学科
〒338-8570 埼玉県さいたま市下大久保 225

E-mail: [†]{jykim, takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

あらまし 本稿では、PN符号化磁気マーカ(M系列レーンマーカ)システムにおける再位置特定が検討されている。まず、高速道路と交差点でのM系列レーンマーカの符号長の決定方法と配列方法が検討され、短周期系列と長周期系列を用いた2種類の再位置特定方式の性能評価が行われている。PN符号化磁気マーカに走行距離情報を併用した場合、PN符号化磁気マーカに走行距離情報および角度情報を併用した場合について検討し、車線変更後の再位置特定までかかった平均チップ数は符号長に依存しないことが分かった。

キーワード ITS, 再位置特定, PN符号化磁気マーカ

A study of PN Coded Magnetic Markers System using long M-sequence

Jeyeon KIM[†] Takaaki HASEGAWA[‡]

[†]Dept. of Electrical and Electronic Systems Engineering, Saitama University,
255 shimo-okubo, Saitama-shi, Saitama 338-8570 Japan

E-mail: [†]{jykim, takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

Abstract This paper describes re-positioning performance of the PN coded magnetic markers (PNCMM) positioning system. In highways and open roads, after deciding of the length and arrangement of the PN code (M sequence), two types of repositioning schemes, that is, the scheme using distance information, and the scheme using distance and angle, are compared. The average number of chips to position acquisition turns out that it is not dependent on code length.

Keyword ITS, re-positioning, PN coded Magnetic Markers

1. まえがき

近年、様々な交通問題を解決するための新たな交通システムとして高度交通システム(Intelligent Transport Systems)の研究と開発が盛んに行われている[1]。その一つが道路プラットフォームをコンピュータのOSのように考えた道路プラットフォーム“ドットITS”が提案されている[2-4]。安全運転支援システムでは、リアルタイムでシームレスな通信によるシームレスな安全運転支援システムが必須となる。その中で特に自車の位置情報は伝送される情報の中で最も重要なものの一つである。安全運転支援システムでは、リアルタイムでシームレスな通信によるシームレスな安全運転支援システムが望ましい。その中で特に自車の位置情報は伝送される情報の中で最も重要なものの一つである。位置特定システムとしてはGPS方式が最も検討されているが精度や観測時間、走行環境による制限が大きく、安全運転支援システムに求められるリアルタイムかつ高精度な位置特定はビルの林立し陸橋が数多く存在する都市部の環境では極めて困難である。

このような安全運転支援システムや道路プラットフォーム“ドットITS”に要求される測位条件を満たすことが期待されるシステムとして、PN符号化磁気マーカシステム(PNCMM System: PN Coded Magnetic Markers System)が提案され[5-8]、短周期系列を用いた再位置特定について検討がなされているが、符号長の決定方法と長周期系列についての検討はなされていない。

本稿では、まずPN符号化磁気マーカシステムについて簡単に説明し、高速道路と一般道路での最適な符号長決定を行い、最適な符号長と長周期系列を用いた再位置特定の性能比較を行う。

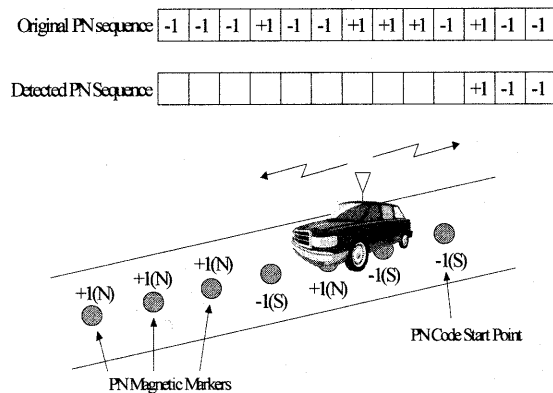


Fig. 1 PN符号化磁気マーカシステム

2. PN符号化磁気マーカシステム[5-11]

PN符号化磁気マーカ(M系列レーンマーカ)はラテラル制御に用いられる磁気マーカの極性をSSSSSやSNSNSなどのように単純な配列で埋め込むのではなく、M系列の1/0を磁気マーカのS/Nに対応させ、図1のようにM系列状に埋め込むことで、ロンジチュア方向にも位置特定を可能とするシステムで、リアルタイムで極めて高精度かつロバストな位置特定が可能となる。レーンマーカの種類には磁気式と電波式があるが本質的には同じと考えてよい。

一般に、符号長 $L=2^m-1$ のM系列の初期推定(捕捉)には用いられている系列以外に何の情報もない場合には m チップの観測が必要となる。しかしながら、車線変更では過去の記憶や他のセンサ情報を用いることにより、 m チップより短いチップ数で捕捉が可能となる。

3. 符号長の決定

3.1. 高速道路での符号長の決定

従来的高速道路での符号長は12ビットのシフトレジスタを用いた。図2で示すように道路プラットフォーム“ドットITS”の基本ユニットである1クラスタ(1km)の片側8車線に2m間隔で埋め込むようにすると4000個の磁気マーカが必要である。符号長が4000より大きく、一番小さいM系列は12ビットのシフトレジスタから生成されたM系列(4095チップ)を用いることにした。

しかし、例えば、図3のように1kmごとに繰り返すと車が区切りの部分を通過する場合の検出されたPN符号のシフトレジスタと同じパターンのシフトレジスタが残りのチップの中に生じてしまう。

初期位置特定の場合、シフトレジスタの長さと同じチップ数を読み込むことで位置特定が可能であるが、

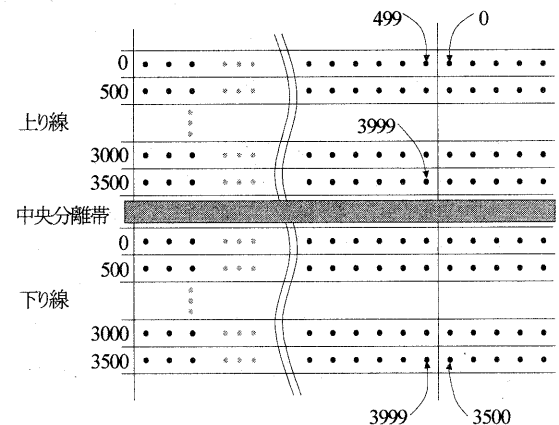


Fig. 2 高速道路での配列方法

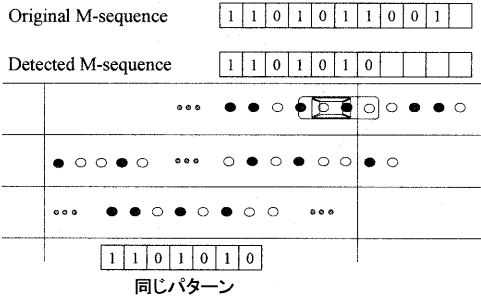


Fig. 3 同じパターンの問題

上記の問題が生じると初期位置特定までかかるチップ数がシフトレジスタの長さより大きくなる。また、車線変更後の再位置特定の場合は許容誤差範囲以内に同じパターンがあると再位置特定の誤りが生じる恐れがあり、再位置特定までかかるチップ数が大きくなる。

上記の問題点を解決するには車が区切りの部分を通る場合、同じパターンがないようにすればよい。その方法として必ずしも最も短い符号がよいとは限らず、もっと長い符号長の符号の中から必要とするチップ数だけを用いることによって、重複するパターンがないようにすることが考えられる。

高速道路では $m=12, 13, 14$ から生成された M 系列の中のある連続した 4000 チップだけを用いた場合、すべてのパターンにおいて重複があった。 $m \geq 15$ の中で最も小さい $m=15$ を本稿では検討対象として用いることとする。また、後術のように比較は 3 種の $m=15$ の系列と長周期の系列である $m=33$ で行う。

3.2. 一般道路の交差点での符号長の決定

一般道路の交差点では 9 ビットのシフトレジスタを用いた。図 4 のように交差点の停止線からの磁気マークを 2m 間隔で 4 車線、200m (100 チップ) に埋め込むようにすると 400 個の磁気マークが必要である。符号長が 400 より大きく、一番小さい M 系列は 9 ビットのシフトレジスタから生成された M 系列 (511 チップ) であり、これを用いた。

4. 短周期系列と長周期系列を用いた PNCMM の再位置特定

4.1. シミュレーションの仕様

高速道路での車両モデルは PNCMM を検出するセンサは前方バンパで 1.7m にわたりセンシング可能なように取り付けられているものとする。車線の幅は 3.5m とする。車の速度は 50km/h から 180km/h まで、10km/h ごとにシミュレーションを行った。車線変更は再位置

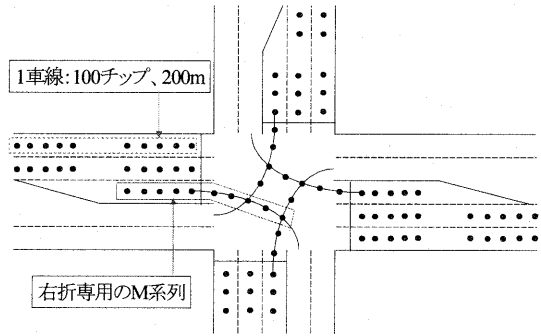


Fig. 4 交差点での配列方法

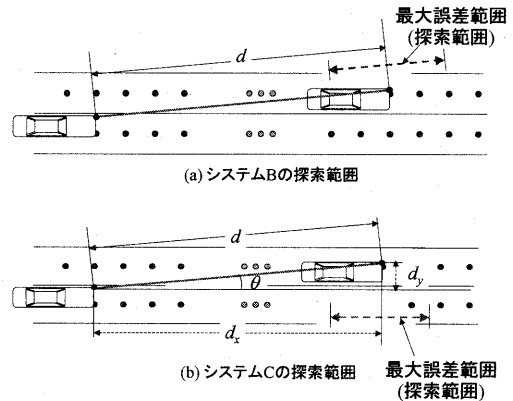


Fig. 5 探索範囲の決定

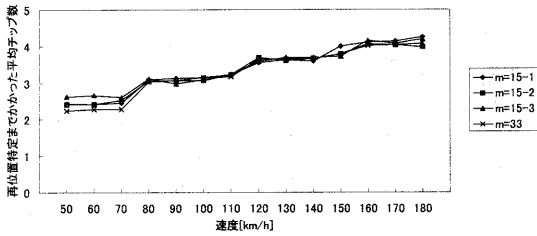
特定ができた後に、車線変更することと仮定した。また、車線変更の横方向の速度は 1m/s とし、車両が PN 符号化磁気マークを読み込むとき、誤りはないと仮定した。走行距離と角度センサの許容推定誤差は 10% とした場合を検討した。

一般道路では高速道路で行ったシミュレーションと同じシミュレーションを一般道路に適用させて行った。車の速度は 20km/h から 80km/h まで、10km/h ごとに測定を行った。

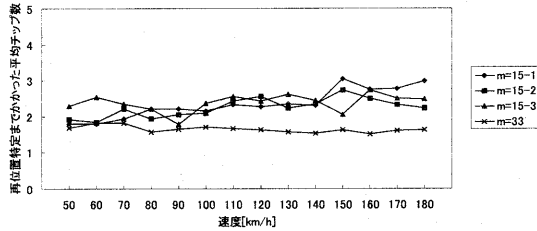
4.2. 高速道路での再位置特定

符号長の $m=15$ と長周期系列の $m=33$ の性能比較を行った。 $m=33$ のシフトレジスタから生成された M 系列は PN 符号化磁気マークを 1m 間隔で日本全国の一般道路、自動車専用道に重複することなく埋められる符号長である。その中の一部の連続した 4000 チップを用いることにした。 $m=15, 33$ の場合の初期位置特定までかかるチップ数は 15, 33 である。

性能評価は 2 種の手法で行った。手法として PN 符号化磁気マークに走行距離情報を併用した場合 (システム B) と PN 符号化磁気マークに走行距離情報と角



(a) 再位置特定までかかった平均チップ数



(b) 再位置特定までかかった標準偏差

Fig. 6 高速道路でのシステム B の性能評価

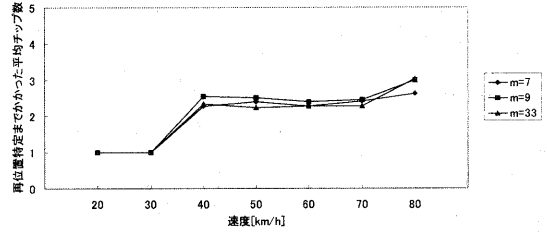
度情報を併用した場合 (システム C) について検討を行った。

システム B の探索範囲は距離計の推定誤差を含んだ走行距離を考慮すると図 5(a) のように車線離脱後の走行距離 (d) によって探索範囲が決められる。探索範囲は最大推定誤差を考慮する。たとえば、走行距離 d を 40m とし、最大推定誤差を 10% とすると最大誤差が 4m になり、読み込んだチップを含めて前後 2 チップを探索範囲 (5 チップ) になる。

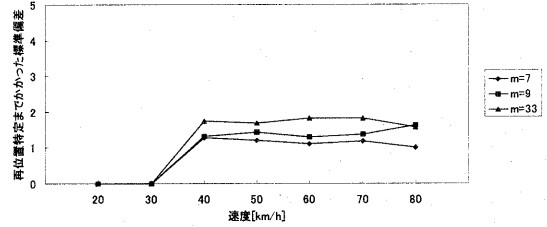
磁気マーカは本来ラテラル制御のために用いられるものであり、磁気マーカ列に対して車両が左から進入したか、右から進入したかは容易に知ることができる。これを用いると車線の探索範囲は 1 車線に絞られる。

システム C の探索範囲は推定誤差を含んだ走行距離 (d) を考慮し、さらに図 5(b) のように角度センサによって得られた走行距離 (d_x) によって探索範囲が決める。車線の探索範囲はシステム B と同様である。

システム B の性能評価は図 6(a) で示しているように再位置特定までかかったチップ数は符号長と関係なく、ほぼ同じ結果が出た。図 6(b) は再位置特定までかかった標準偏差を表す。 $m=15-1$, $m=15-2$, $m=15-3$ は 15 ビットのシフトレジスタから生成された M 系列の違う場所から取った一部 (4000 チップ) である。 $m=15$ の場合の標準偏差は $m=33$ の場合より大きい。この理由は $m=15$ から生成された M 系列の中のある連続した 4000 チップの連なり (run property) が $m=33$ から生成された M 系列の中のある連続した 4000 チップの連なりより大きいためである。



(a) 再位置特定までかかった平均チップ数



(b) 再位置特定までかかった標準偏差

Fig. 7 一般道路でのシステム B の性能評価

システム C の結果もシステム B とほぼ同じ結果が出た。

この結果により、再位置特定までかかった平均チップ数は符号長に依存しないことが分かった。しかし、標準偏差は符号長から生成された M 系列の中から選ばれた 4000 チップ中の連なりの影響が大きいため、長い M 系列の中から必要とするある連続した 4000 チップを選ぶ場合は連なりが小さい部分を選ばよ。

4.3. 一般道路の交差点での再位置特定

短周期 $m=7$ ビット、最適符号長の $m=9$ と長周期系列の $m=33$ の性能比較を行った。 $m=7$ の場合は符号長 $L=2^7-1=127$ である、1 車線 (200m; 100 チップ) しか埋められないため、異なる帰還タップを用いた 4 つの M 系列を用いて 4 車線に埋め込むようにした。ここで、初期位置特定までかかるチップ数は $2m=14$ チップがかかる。この理由は同じ長さ (m) のシフトレジスタで異なる帰還タップを用いた 2 つ以上の M 系列を使う場合は初期位置特定まで $2m$ チップがかかることになる。 $m=9$, 33 の場合は初期位置特定までかかるチップ数が 9, 33 チップである。

性能評価は高速道路で行った手法と同様の手法で行った。システム B の性能評価は図 7(a) で示すように平均チップ数は符号長と関係なく、ほぼ同じ結果が出た。しかし、標準偏差は図 7(b) で示すようにゆるやかに増大している。

システム C の平均チップ数と標準偏差はシステム B とほぼ同じ結果が出た。この結果により、再位置特定までかかった平均チップ数は符号長に依存しないこと

がわかった。短い符号長が必ず良いとは限らない。

5. むずび

本稿では、高速道路と一般道路での PN 符号化磁気マーカの最適な符号長決定し、短周期系列と長周期系列の性能比較を行った。

高速道路での符号長の決定は $m=15$ 以上のシフトレジスタから生成された M 系列の中のある連続した 4000 チップだけを用いることによって重複するパターンがなく、初期位置特定までかかるチップ数が短い系列を生成するシフトレジスタである $m=15$ から生成された M 系列を検討した。比較対象に $m=33$ の M 系列を検討した。一般道路での符号長は $m=9$ のシフトレジスタから生成された M 系列を用いた。

高速道路と一般道路とも、再位置特定までかかった平均チップ数は符号長に依存しないことが分かった。しかし、標準偏差は選ばれたチップ中の連なりによって異なる結果が出た。

今後の課題として、PN 符号化磁気マーカシステムと他の位置特定システムなどの協調システムを検討する。まず、要求される測位精度とリアルタイム性、規模別に協調システムを設計し、性能評価を行う予定である。これより、位置に依存した社会情報システム創成のための基盤技術の提供を行いたい。

文 献

- [1] 国土交通省道路局 ITS ホームページ,
<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html>.
- [2] 長谷川孝明, “ITS における通信技術”, ITS における先進車両制御技術と通信技術, pp.1-6, sept 2001.
- [3] 長谷川孝明, “安全運転支援システムとその要素技術について～道路 OS とドット ITS～”, 信学技報, ITS2001-10, pp.25-30, July 2001.
- [4] Takaaki HASEGAWA, “The 21st Century’s Road Platform “Dot ITS” and Its application –During Assistance System and, Software ETC, IP Application”, proc.of ITSC2002. pp. 392-395, Sept 2002.
- [5] 長谷川孝明, アリ・ウイドド, “PN 符号化磁気マーカを用いた車両ポジショニングシステムについて”, 信学技報, SANE98-7, pp.33-40, April 1998.
- [6] Takaaki HASEGAWA, Ari Widodo “The Vehicle Positioning System by Using PN Coded Magnetic Markers and It’s Applications,” Proc. of ISITA ’98, pp. 384-387, Oct. 1998.
- [7] 関根宗徳, 長谷川孝明ら, “PN 符号化磁気マーカのマッピングについて”, 信学技報, ITS99-41, pp.37-41, Dec.1999.
- [8] 上村克成, 長谷川孝明, “PN 符号化磁気マーカの実証実験について”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, SA-9-5, March. 2001.

- [9] 金 帝演, 長谷川孝明, “道路フラットフォームにおける PN 符号化磁気マーカシステムに関する一検討”, 信学技報, ITS 2001-31, pp.23-27, Dec 2001.
- [10] 金 帝演, 長谷川孝明, “PN 符号化磁気マーカの再引き込みと交差点での適用について”, 信学技報, ITS 2002-13, pp.17-23, July 2002.
- [11] Jeycon KIM, Takaaki HASEGAWA, “ On Re-positioning of the PN coded Magnetic Markers in Road Platform”, proc.of ITSC2002. pp. 259-262, Sept 2002.