

データキャリアを利用した搬送ロボットの誘導

西 本 澄*・佐 上 敦 則**

(平成15年9月12日受理)

Automatic Guided Control of Mobile Robots Using Rewritable Data Carrier

Kiyoshi NISHIMOTO and Atsunori SAGAMI

(Received Sep. 12, 2003)

Abstract

RF-ID technology can help automate automatic identification systems across a range of industries and grow the market increasingly. RF-ID smart labels can be electronically interrogated to reveal ID and other data. Furthermore, these transponders feature read/write updating so that the information from 2D map and the records to guide a mobile robot to a goal rapidly can be updated instantaneously. Especially they are small, lightweight, and can be laminated on the floor easily. In this paper, we propose a RF-ID system to assist a mobile robot and examine the feasibility of the proposed system.

Key Words: RF-ID, Mobile robot, Data Carrier, Map, Interrogator, Automatic Guided Control

1. 緒 言

最近、非接触の IC カードを利用したシステムが、次々に導入され、データキャリアを用いた情報通信技術はこれからの重要な情報伝達手段のひとつとして注目されている。特に、知的データキャリアは、小型・軽量で、内部に CPU、メモリ、アンテナ等を有する書き換え可能な情報格納・処理装置であり、いろいろな分野で利用が拡大している。例えば、現在のロボットの知能レベルは十分なレベルに達していないので、あらかじめ書き込まれ、分散配置されたデータキャリアの地図情報を読むことにより、経路計画を生成し、目標達成のために効率よく動作させるほうがより実用的である。また、データキャリアの書き換え機能によって、地図情報の変更も容易であり、先行するロボットが後続のロボットに必要な情報を伝達する手段としても利用できる。さらに、ロボットの実行内容、処理時間、通過時間等を書き込むことにより、システムの履歴情報を記録することができる。これらの機能は、ロボットをとりいれた社会システムやマルチロボット環境に必要な機能である。

本論文では、あらかじめ地図情報の書き込まれたデータキャリアを搬送ロボットの経路上に配置し、搬送ロボットに搭載した質問器で書き込まれた情報を読み込み、その情報により、ロボットが判断し、動作するシステムを構築し、その有用性について検証する。

2. システムの概要

2.1 データキャリア

本研究に用いたデータキャリアは、ダイポールアンテナと IC チップからなる寸法 W50×H50mm、厚さ 3mm のタグである。質問器との通信には、周波数 2.45GHz の電波を用い、非接触状態での情報のやりとりが可能である。通信可能な距離はアンテナの寸法などに依存するが 200mm から 1000mm である。IC チップ内には 1024ビット (= 128バイト) の EEPROM を搭載し、データの書き込み、書き換えを容易に行うことができる。IC の動作電力は質問器から送られる電波の電力を蓄積して利用するため、バッテリーが不要である。また、複数のデータキャリアが近接する場合でも通信の時間切り替えにより、1秒間に50個

* 広島工業大学工学部知能機械工学科

** 広島工業大学大学院機械システム工学専攻

以上の速度でデータキャリアの読み書きができる。

図1に本研究に用いたデータキャリア (Super Tag株式会社) と送受信アンテナ (写真左下, 双葉電子工業株), および送受信制御装置 (タカヤ株) の写真を, 図2にその概要を示す。なお, 送受信アンテナ, および制御装置の寸法はそれぞれ 50mm×50mm×15mm, 320mm×230mm×40mm である。

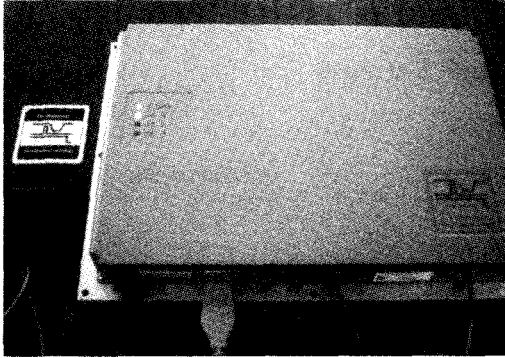


図1 データキャリアと送受信アンテナ

さらに実験に用いた移動ロボットは図3に示す独立2輪駆動型ロボットである。データキャリアの読み書きを行う送受信アンテナは, ロボット本体底部の駆動輪の中央より50mm前方, 走行面からの高さ50mmに取り付けている。移動ロボットの寸法仕様は 490mm(W)×635mm(D)×630mm(H), トレッド間距離450mm, 車輪直径210mmである。

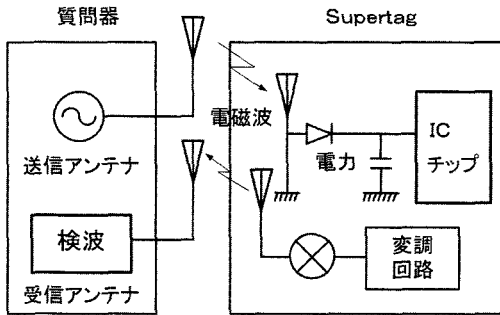


図2 送受信システム

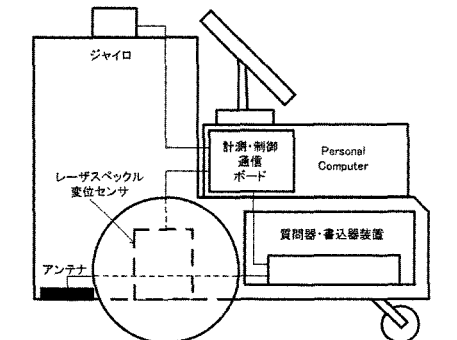


図3 搬送ロボットの概要

2.2 位置・方向計測装置

移動ロボットの位置と方向の計測は圧電振動ジャイロ (住友精密工業製 SILICON VSG, 感度係数 0.019Vs/deg) により, ロボットの角速度 ω を計測し, さらに, トレッド間中心に設置したレーザーベックルの変位計測装置 (キーエンス製 FC2000) により移動距離を計測して行く。計測の周期 Δt は 20ms である。

独立2輪駆動の移動ロボットでは, 2輪のトレッド間中心の座標値を位置とする。ロボットが時刻 t_{i-1} から時刻 t_i の間に一定速度で距離 d_i 進み, 同時にロボット本体が一定角速度 ω で方向変化する場合, 時刻 t_i のロボットの位置座標 (x_i, y_i) は時刻 t_{i-1} の位置座標 (x_{i-1}, y_{i-1}) として次式で与えられる。

$$\begin{aligned} x_i &= x_{i-1} + \frac{\sin(\Delta\theta_i/2)}{\Delta\theta_i/2} d_i \cos(\theta_{i-1} + \frac{\Delta\theta_i}{2}) \\ y_i &= y_{i-1} + \frac{\sin(\Delta\theta_i/2)}{\Delta\theta_i/2} d_i \cos(\theta_{i-1} + \frac{\Delta\theta_i}{2}) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\theta_i = \theta_{i-1} + \Delta\theta_i$$

但し, $\Delta\theta_i = \omega\Delta t$ である。

2.3 搬送ロボットの計測・制御装置

図4に本実験装置の計測・制御システムの概要を示す。移動ロボットの速度と方向の制御は, 2つの車輪を駆動するステッピングモータのパルスレートを変えて行く。操舵軸の駆動は減速比7.2のスパーク付ステッピングモータ (山洋電機 103-8575-70G4) をモータドライバ (山洋電機 PMM-BA-5501) にパルス列信号を供給して行く。特にロボットの旋回, 自転運動は2つの車輪の速度差を利用して行く。パルス列信号の発生にはパルスジェネレータボード (株インタフェース PCI-6105) を, 車輪の回転方向の制御には, デジタル IO ボード (株インタフェース PCI-2746) を用いる。移動距離分解能は 0.1mm, 自転を行う場合の角度分解能は 0.02° である。

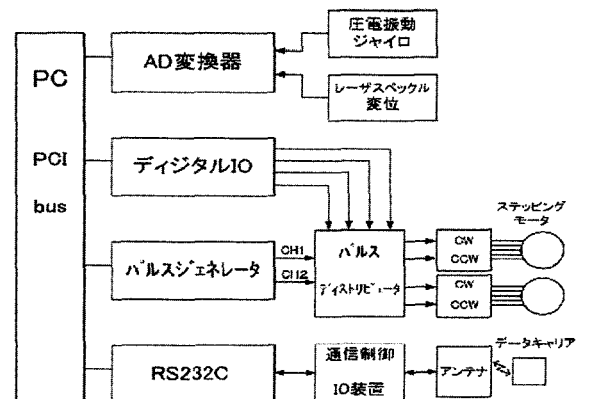


図4 計測・制御システムの概要

データキャリアのデータは RS-232C 通信回線を介してコンピュータで受信する。通信フォーマットは、ボーレート 19200bps、データ長 8ビット、スタートビット、ストップビット 1ビットである。

圧電振動ジャイロから得られる角速度信号、レーザスペクル変位計測装置から得られる変位信号は、AD 変換器(株)インタフェース PCI-3171A) で計測する。

3. 実験

本論文では、障害物が内部に配置された縦 2700mm、横 5400mm の区画の入口に地図情報をもつデータキャリアを設置する。移動ロボットは質問器でその情報を読み込み、与えられた区画の地図情報から、スタート地点からゴール地点への経路を作成する。したがって、地図の内容が変更された場合も、データキャリアの内容を書き換えることにより、ロボットはその地図情報に基づいて移動することができる。読み書き、および経路作成のプログラミングには Visual Basic を用いた。

3.1 送受信性能

データキャリアと送受信アンテナを平行に保ち、データキャリアの位置を変化させた場合の受信範囲を図 5 に示す。データキャリアがアンテナに近接する場合、十数 cm 離れていても、その内容を読み込むことができ、動作指令の読み込みなどに有用である。いっぽう、データキャリアを位置決めを利用する場合には、アンテナとデータキャリアの距離を 150mm 程度とすればよいことがわかる。但し、送受信性能は、走行環境中の電波環境等に大きく依存するので指向性に対する対策を施す必要がある。

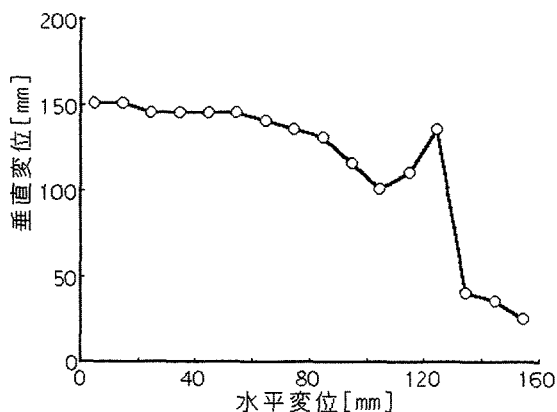


図 5 送受信機の距離性能例

3.2 地図情報の作成

移動ロボットに与える地図は図 6 に示す 2次元の地図情報として与えられる。外周を壁とし、黒く塗りつぶした箇所を通行禁止区域とする。

さらに、図 7 に示すようにこの地図を一辺が 900mm の正方形のブロックに分ける。地図の左上を起点とし、右下側の区画に障害物があるかどうかで、すなわち、その区画が通行禁止区域か通行可能区域であるかどうかを 0 と 1 の数値で表現する。1 の場合を通行禁止区域とする。

具体的には、一番左上の区画を起点とし、左側の列の区画を順に下方向に数値化する。右列に移行する区画では、データに列を改めるコードとして 2 を加える。また、最後の区画では終了コードとして 4 を加える。例えば、図 6 の地図は 112002013003103105 と表現できる。このデータを文字列としてデータキャリアに格納する。

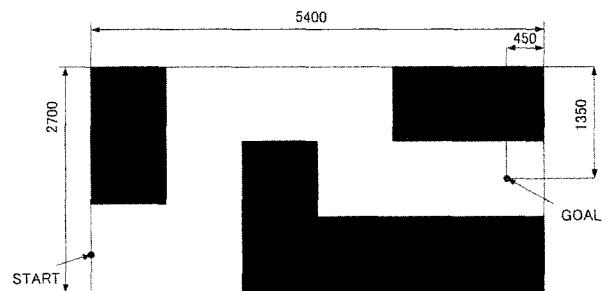


図 6 地図情報 1

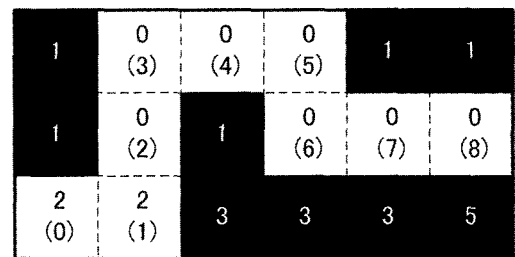


図 7 区画データの作成方法

3.2 地図情報の読込

区画データが書き込まれたデータキャリアを図 6 の START 地点に設置し、移動ロボット上の質問器でデータを読み込む。あらかじめロボットにはデータのフォーマットが与えられており、ロボットはデータから走行可能領域および禁止領域で構成される地図情報を作成し、この情報をもとに移動経路を計画する。移動経路は、通行禁止区域以外の各ブロックの中心座標を順次与えることで作成する。図 7 の走行可能領域の括弧内書き込まれた 0 から 8 の数値は目標地点の順番を表わしている。

移動ロボットは、計画に基づいて走行を開始し、式(1)により、現在の位置座標と方向を求め、次の目標地点を目標値として左右車輪の速度差をかせ、方向制御を行う。この手順を繰り返し、GOAL 地点へ向かう。

3.3 内容の異なる地図による実験

図 8 に示すように通行可能区域をかえて、データキャリ

アに書きこみ、同様の実験を行った。

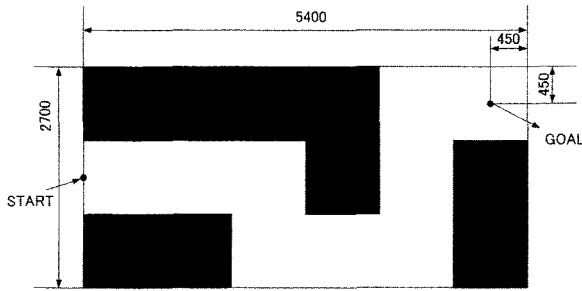


図8 地図情報2

3.4 障害物回避

通行禁止区域と移動ロボットの位置座標との距離が300mm以内に接近した場合は、フェイルセーフの観点からロボットを停止し、障害物や壁との衝突を回避する必要がある。

今回の実験では、超音波センサ等の距離センサを使用せず、式(1)による位置・方向の計測精度を検証するために片方の車輪が走行面上の物体にのりあげ、一時的に車輪の速度制御が不能となり、計画経路からはずれ、ロボットの方向が大きく逸脱する場合について実験を行った。

3.5 通過時間およびロボットのID

マルチロボットシステムでは、ロボットのID(識別Identification)が重要となる。上記区画において、地図情報が書き込まれたデータキャリアに、タスクを実行したロボットのIDと実行(通過)時間を記録する実験を行った。

4. 実験結果

4.1 地図情報の読込と経路生成

移動ロボットは、データキャリアに書き込まれた地図情報を読み込み、図9に示す移動経路を作成する。90cm角の区画中央の座標を目標地点とし、0から8までの番号を付している。移動ロボットは直進と90°旋回の組合せで目標地点へ向かう。

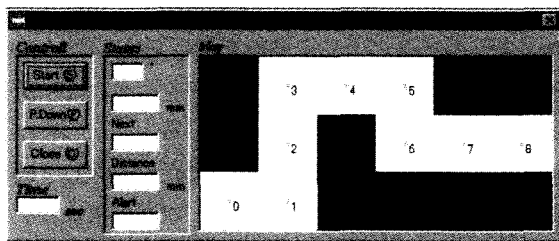


図9 移動経路計画(地図1)

この経路計画にしたがって移動ロボットは走行し、GOAL地点に到達した。図10は20msごとに式(1)で求められたデッドレコニングによる軌道を地図上に示したものである。

である。経路計画にしたがって移動していることがわかる。

図10の画面内のSTATUSの窓にロボットの方向角度とSTART地点からの移動距離、さらに目標地点番号と目標地点から現在地点までの距離情報がリアルタイムに表示される。さらに下段には、走行情報として正常/異常を示すALARM情報が表示され、異常時にロボットは停止する。

図10の例では走行時間42.75s、走行距離7086mm、方向角 -0.84° で目標地点8に到達し、ロボットのゴール地点における距離誤差が38.6mmであることを示している。

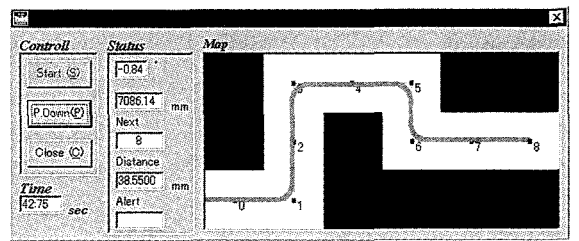


図10 実際の移動経路

4.2 地図情報2の場合

区画を作り変えると同時に、データキャリアの情報を新しい地図情報に書き換え、同様の実験を行なった。この場合の移動経路を図11に示す。

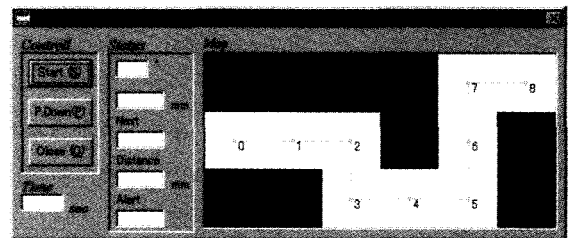


図11 移動経路計画

式(1)を用いて得られた移動ロボットの走行経路を図12に示す。地図情報1の場合と同様に地図情報にしたがって移動し、GOAL地点に到達したことがわかる。この例では、距離誤差は17.2mmで正確に移動しているが、位置決めを優先して目標点への最終段階での軌道修正を行い、方向角度が 0° から大きくずれたことがわかる。

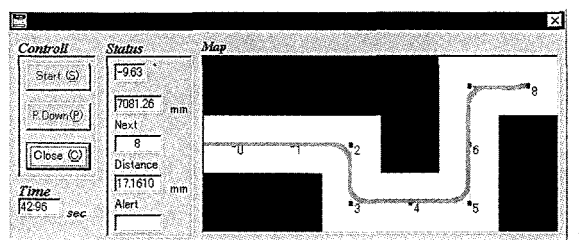


図12 実際の移動経路

4.3 障害物回避

図13にロボットの移動経路が地図情報1に基づいて計画した経路から大きくはずれた場合を示す。ロボットの位置(トレッド間中心)が地図内に与えられた障害物や壁との距離が300mmより小さくなったとき、移動ロボットは停止する。図中の走行情報も走行時間9.26sで目標地点2に702mmの位置で停止し、方向角度は -38.7° 、さらに下段にdangerの表示が出力されていることがわかる。

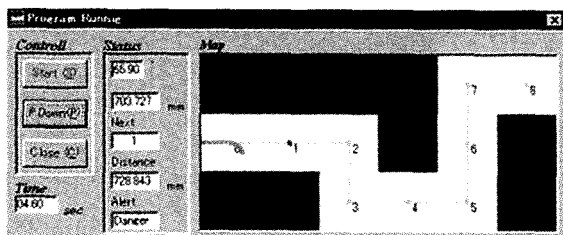


図13 障害物との衝突回避実験

4.3 ID および時間の書き込み

ロボット上に搭載されたPCの時刻、ロボットのID「Miyake」を正確にデータキャリアに書き込むことができた。例えば、清掃ロボットにおいて、「いつ」、「どのロボット」が、この部屋を掃除したのかが記録でき、情報の一元化をはかることができる。また、音声合成技術などとあわせて用いることにより、ヒューマンマシンインタフェースにすぐれたシステムを構築することができる。

図14は、図6の距離情報を読み取ると同時に、現在時刻とロボット名を書き込んだ Visual Basic での画面を示している。

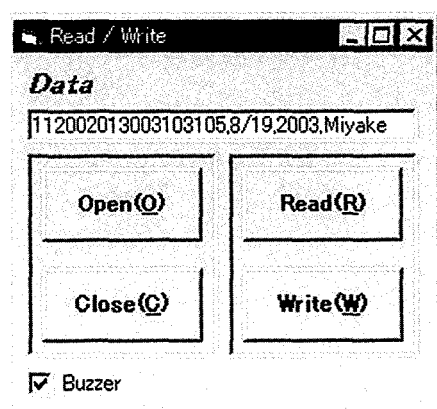


図14 地図情報、時刻、ロボットのID情報の書込

5. 結 言

データキャリアに格納された地図情報を、移動ロボットに搭載した質問器によって非接触に読み取り、それをもとに作成した経路計画を利用することでSTART地点からGOAL地点への移動が実現できた。これにより、あらかじめ用意した地図情報を移動ロボットに与える方法で、指定された区画内の通行可能な経路を内界センサのみで移動させることが可能となる。

データキャリアの容量が増大すれば、さらにブロックの大きさを小さくでき、より複雑な形状の地図情報にも対応できるようになる。

謝 辞

データキャリアおよび質問器を提供していただいた株式会社三宅、タカヤ株式会社に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 佐上, 西本, インテリジェントデータキャリアによる移動ロボットの誘導, 第10回計測自動制御学会中国四国支部講演論文集, (2001), 44
- 2) 佐上, 西本, インテリジェントデータキャリアによる搬送ロボットの誘導と制御, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2P1-G, (2002)
- 3) 西本, 畑中, 水川, 三宅, RF-IDの知的支援機器へ応用, 第5回知能メカトロニクスワークショップ講演論文集, 103, (2001), 220
- 4) 西本, 中村, 平野, 三上, 寺谷, 生産システムとメカトロニクス, 精密工学会誌64, 6, (1998), 813
- 5) 西本, 木原, 野島, 小池, 坂尾, メカトロニクスーヒトとの接点-, 精密工学会誌67, 6, (2001), 873