

移動ロボット誘導用データベース の一作成方法

金子 真*・館 暉**・小森谷清*

A Constructing Method of Data Base for a Mobile Robot Navigation

Makoto KANEKO, Susumu TACHI & Kiyoshi KOMORIYA

It is usually very helpful for the autonomous mobile robot which travels automatically in a town to know the information about the town or streets as its data base.

In this paper a constructing method of the data base for a mobile robot is proposed and its feasibility is demonstrated. The abstract of the method is the following. The information of an ordinary map is put into the computer disk memory through ITV camera. The data base which is necessary for a mobile robot navigation is determined by the techniques of pattern recognition and sent to the memory of a mobile robot through a small size magnetic tape etc.

As a simple example, a map which consists of straight lines with distinct boundaries is used to demonstrate this constructing method concretely. First, widths of the straight lines are measured, and then crossing points, (i. e. L, Y, T, +, …, etc.) are determined, and the relation between the crossing points, (i. e. the distance between crossing points and the orientation of the adjacent crossing points) are determined. The map of an area is constructed by this method and loaded into the memory of the robot through a small size magnetic tape.

This method is applied to the construction of the data base of the Guide Dog Robot (MELDOG) which is now being studied at our laboratory.

Key Words: Mobile Robot, Navigation, Data Base,

1. まえがき

近年各種システム内へ移動ロボットを導入する

* 機械部メカニズム課

** システム部バイオメカニクス課

計画が活発に進められている。例えば原子力用ロボットをはじめ、爆発物処理ロボット、災害救助ロボット、製鉄所の高炉まわりの作業ロボット、さらに建設土木用ロボットなど悪環境下における移動ロボットへのニーズは高まりの一途をたどっ

ている^{1),2)}。移動ロボットは自分自身の視覚系により障害物、地面の段差等を確実に認識し安全領域のみを動き回るのが理想的であるが、実際には何らかの形で誘導されているのが現状である。移動ロボットの誘導方法は大きく二通りに分けて考えることができる。

一つは路面に何らかの細工を施し移動ロボットに目印となるものを提供する誘導方法で、例えば路面にガイドワイヤを埋設しそれに低周波電流を流しまわりに発生する磁界により誘導する磁気誘導式³⁾や、路面に反射帯を貼り、移動ロボット側に取付けられた発光器と受光素子とにより誘導する光学式、パターン認識の手法を応用した路面マーク方式⁴⁾、マップとランドマークによる誘導方式⁵⁾などがある。

もう一つの方法は三角測量方式で、遠隔の3点から移動ロボットに向けて信号を発生し、それによってロボットが自分の位置を確認しながら移動する方法である。この場合外部信号としては光信号⁶⁾、超音波信号⁷⁾などが用いられている。

現在、機械技術研究所で研究を進めている歩行誘導機械 (MELDOG) の研究では、マップとランドマークによる誘導方法が採用されている。この方法では交差点などの路面の要所に離散的に敷いたマークをランドマークとし、さらにランドマークのあるべき場所やそれらの間の関係を機械内にアクセスできる形で有機的に結んだマップ (移動機械のメモリ内にあらかじめストアされているデータベース) により誘導するものである。マップとランドマークとを組合せて用いる誘導法に代らず、誘導経路に関するできるだけ多くの情報 (マップの形であらかじめ移動機械のメモリ内に力しておく方法は、比較的少ない外部情報による移動機械を誘導することができるため、交差点おけるマークの著しい簡略化、走行径路の容易変更等大きなメリットをもたらす。しかしながらマップデータ自体の作成に多大のマンパワーをいっているのが現状である。マップデータの作成および移動ロボットへのデータ入力作業は、ある意味でロボットへのティーチング作業と見なすこともできる。したがって従来のプレイバック型の

ロボットと同様、移動ロボットを教示モードで動かしつつマップデータを作成していく方法が考えられるが、この方法では、行動範囲が広がったとき膨大な時間が必要になることが予想される。

以上のような現況を考慮し、本研究ではパターン認識の手法を用いて紙面上の地図 (又は多少の修正を加えた地図) からマップデータを作成し、小型データ用磁気テープ等を介して移動ロボットのメモリ内に入力する方法を提案するとともに、簡単な例として明暗のはっきりした直線道路に限定し、マップ作成方法について示すことにする。

2. マップの構成とマップ作成システム

2.1 マップの構成

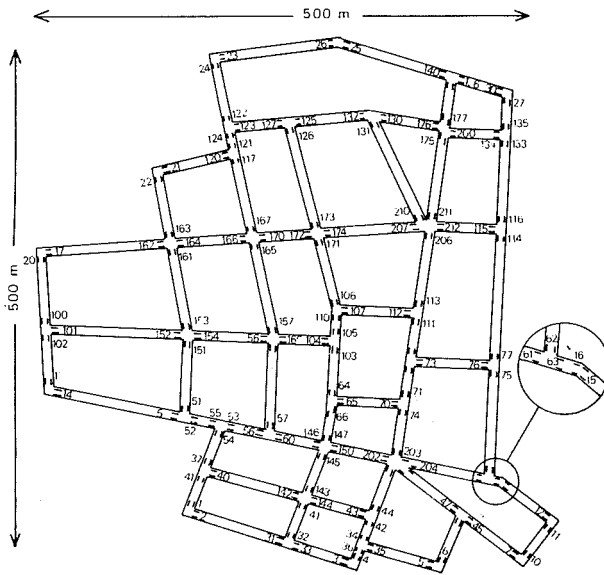
路面上に設定されたランドマークとマップの例を図1に示す。この場合、移動機械は左側通行で移動するとし、道の左右両側にランドマークが設定されている。ここでは交差点に向かって左側のマークを安全確認用のストップランドマーク (正番号) とし、右側のマークを位置修正用のノンストップランドマーク (負番号) とする。通常マップは1つのランドマークに対して次の4種類の情報が引き出せるようになっている⁸⁾。

- (i) そこから行くことのできる次のランドマークのコード番号
- (ii) 次のランドマークのある交差点番号
- (iii) 次のランドマークまでの距離
- (iv) 次のランドマークへ渡るためのステアリング角

例えばランドマーク31の位置に移動機械がある場合、移動機械内のマイクロコンピュータにランドマーク番号MC=31 (マップデータNo.1) を参照している。さらに次の指令が左折であれば“左折”を参照し、ステアリング角ST=88° (移動機械の転向角で左折を正としている) で移動距離DS=6mだけ進むと同時にランドマークセンサが作動し、ノンストップランドマーク、-32により移動機械の方向を微修正する。なお右左折等の指令は各交差点において逐次与える方法と、出発地と目的地のコードから動き始める前にそこまでの最適経路をマップにより決定し、その経路に従って指令を

マップデータ No. 1

MC	左折				直進				右折			
	MC	CN	ST	DS	MC	CN	ST	DS	MC	CN	ST	DS
26	0	0	0	0	0	0	0	0	-25	11	-25	14
27	-30	12	77	6	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	-27	12	-77	16
31	-32	13	88	6	-33	13	0	13	0	0	0	0
32	-33	13	93	0	0	0	0	0	-31	13	-82	20
33	0	0	0	0	-31	13	0	13	-32	13	-94	20



マップデータ No. 2

番地			
26	124	56464	13425
	126	56466	163416
	130	56470	14433
27	132	56472	46406
	134	56474	14427
30	136	56476	131420
	140	56500	15432
31	142	56502	54006
	144	56504	15433
	146	56506	15
	150	56510	15433
32	152	56512	56400
	154	56514	15431
	156	56516	127024
	160	56520	15431
33	162	56522	15
	164	56524	15432
	166	56526	121024

図1 マップとランドマークの一例

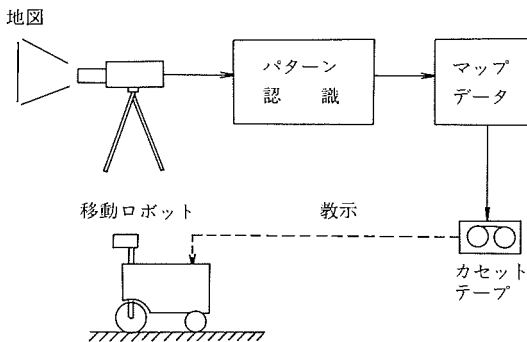


図2 マップ作成システム

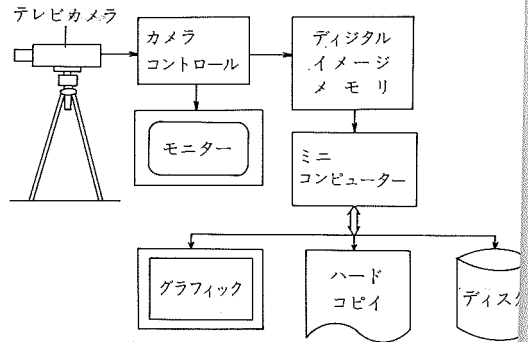


図3 画像処理系

出す方法とがある。CN は交差点コード番号で移動機械の誘導に直接的には関係なく、外部の人の理解を促すためのものである。また図1のマップ

データ No.1 は人に分かりやすい形での表現であり、それが計算機の内部ではマップデータ No.2 の形で格納されている。

2.2 マップ作成システム

マップ作成システムを図2に示す。ITVカメラ等を用いて、移動ロボットの行動範囲の地図の情報をコンピュータメモリ内に取り込む。つぎにパターン認識の手法を用いてマップを構成する上で必要な各パラメータを計算し、カセットテープ等にデータをおとす。このカセットテープ等を使って移動ロボットの内部メモリにデータを転送すれば、マップ作成作業は一通り完了する。

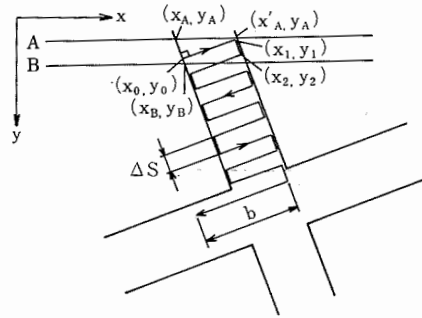


図4 座標系

3. マップデータの作成方法

3.1 画像処理装置

画像処理の構成を図3に示す。ITVカメラにより取り入れられた画像信号はモニターを見ながら、明暗、位置の調整を行いデジタルイメージメモリ (QUANTEX社製DS-20F) に入力される。さらに6ビット (64段階) にデジタル化されたデータはPDP11/44 (DEC社製) のインターフェイスを介してディスク内に入力される。この6ビットデータは設定されたスレッシュドレベルに対して2値化 (道路部“1”とし、道路以外の部分を“0”とする) され、ディスク内に再入力される。

3.2 認識方法

最も一般的な方法として、横方向に走査して道路部“1”と道路以外“0”との境界を検出しながら進めていき、合流、分岐を認識していく方法が考えられるが、この方法の最大の欠点は走査方向に平行な道路に対して特異性を有することである。また認識作業を進める上で、道路の境界のみを抽出する方法^{9),9)}やスケルトン法^{10),11)}のように中心線を抽出する方法などがあるが、ここでは独自の方法により交差点を検出し、その交差点に対して中心とコーナーを同時に検出する方法を示す。

3.2.1 交差点の検出

図4のように任意の2回の走査線A, Bにより道路の勾配 $m_0 = (y_B - y_A) / (x_B - x_A)$ を求め、 $\theta_0 = \arctan^{-1} m_0$ により道路の傾き角 θ_0 を求める。次に $x_0 = x_A + (x'_A - x_A) \cos^2 \theta_0$, $y_0 = y_A + (x'_A - x_A) \cos \theta_0 \cdot \sin \theta_0$ で点 (x_0, y_0) を定義し、 $b_0 = \sqrt{(x'_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2}$ で道路幅の初期値を手えている。なお図4は $m_0 > 0$ の場合の例である。

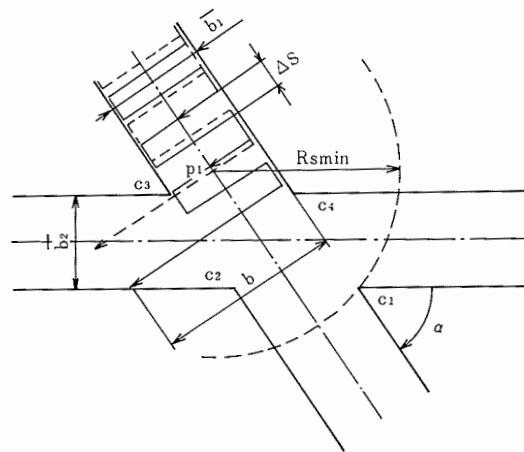


図5 交差点の検出方法

初期値を設定する道路が x 軸に平行な場合は求まらないが、これは画像入力時に防止することができる。

最初に (x_0, y_0) より道路に対して法線を立て、法線に沿って道路以外の部分“0”を検出した点を (x_1, y_1) とする。なおここでは直線道路に限定しているため、法線の勾配は $-1/m_0$ とする。次に (x_0, y_0) より道路の接線方向に ΔS 進めて、その点を (x_2, y_2) とし、以下同様な方法を繰り返し $b > f_0 \cdot \bar{b}$ となったとき交差点を検出したものとする。ここに b は現時点での道路幅であり、 \bar{b} は探索中の道路幅の平均値である。また f_0 はあらかじめ設定するパラメータで $f_0 > 1$ とする。図5の実線による交差点検出は交差点内の b が小さくなるという意

味において最もきびしい場合である。このとき $b, \bar{b}_1, \bar{b}_2, \Delta S$ の関係は式(1)で表わすことができる。

$$\frac{b}{\bar{b}_1} = 1 + \frac{\bar{b}_2}{\bar{b}_1 \cdot \cos \alpha} - 2 \cdot \frac{\Delta S}{\bar{b}_1} \cdot \tan \alpha \quad (1)$$

ここに α は道路の交差角 ($0 < \alpha < 90^\circ$) である。次に道路幅がほぼ等しい ($\bar{b}_1 = \bar{b}_2 = \bar{b}$) と仮定し、さらに $b/\bar{b} > f_b, f_b > 1$ を考慮すると式(1)より式(2)が得られる。

$$1 < f_b < 1 + \frac{1}{\cos \alpha} - 2 \cdot f_s \cdot \tan \alpha \quad (2)$$

ただし $f_s = \Delta S/\bar{b} > 0$ 。さらに式(2)を f_s について解くと、

$$0 < f_s < \frac{1}{2} (\cot \frac{\alpha}{2} - f_b \cdot \cot \alpha) \quad (3)$$

$$f_b > 1 \quad (4)$$

このように走査線間隔 ΔS を決めるパラメータ f_s と

交差点の検出を判定するパラメータ f_b はそれぞれ独立に選定されるのではなく式(3), (4)に従って決められなければならない。理想的な場合、式(3), (4)は無数個の交差点すべてに対して検出ミスを生じない条件に対応する。なおここでいう理想的な場合とは、画像分割数が無限に多い場合を意味する。図6は $\alpha = 90^\circ$ と $60^\circ \sim 90^\circ$ の場合の f_b, f_s の選定可能領域(斜線内領域)を図示したものである。 $\alpha = 60^\circ \sim 90^\circ$ の場合、 $f_b = 1$ 付近において曲線になるのは、各 α に対する影響が出てくるためである。ここに印は図7の原図 (α の最小値 60°) を用いて実際にチェックした結果、交差点検出ミスの起らなかったもので \times 印は交差点検出ミスを生じたものである。なお原図は白地の紙に黒テープを貼ったものである。図6において領域外に \times 印が存在する主な理由は、式(3), (4)が無数個の交差点すべてに対して検出ミスを生じないための条件に対応しているためである。また領域内に \times 印が存在する主な理由は、画像分割数が有限であることによるものである。

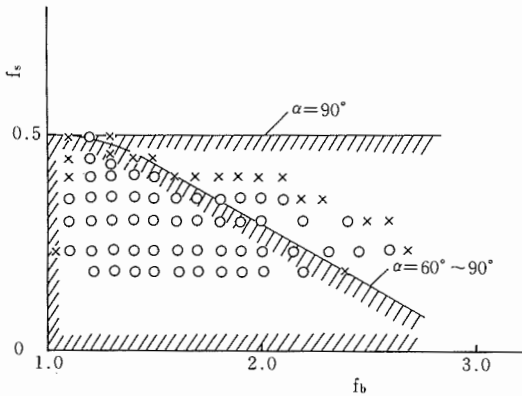


図6 係数 f_b, f_s の選定可能領域

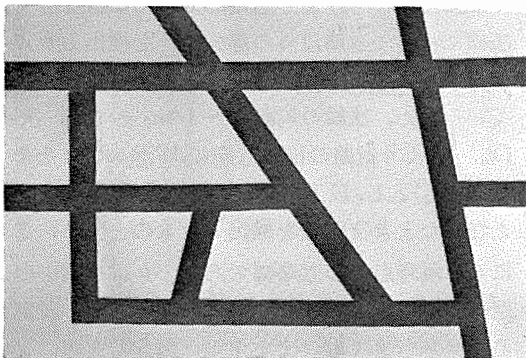


図7 原 図

3.2.2 交差点の認識

本節では3.2.1で検出された交差点に対して、交差点の中心、交差点のコーナー、交差点の種類を認識する方法について述べる。図8のように探索してきた道路の中心線と交差点を検出した走査線との交点を交差点中心の初期値 $P_i(x^{(1)}, y^{(1)})$ とする。次に P_i を中心として半径方向に走査線を出し、道路以外の部分 "0" を検出したときの角度 θ と半径 r を調べると図9のようなになる。ここであらかじめ設定されたスレッシュド半径 R_s に従って、 $r \geq R_s$ ならば $[r] = 1$, $r < R_s$ ならば $[r] = 0$ とすると、 $0 \leq \theta \leq 2\pi$ における凸部の数がこの交差点に集まる道路の本数 n となる。ただし図9のように $\theta = 0, 2\pi$ で $[r] = 1$ の場合は、周期性を考慮して凸部の数より1減らして考えるものとする。 n と交差点の種類との関係は $n = 2, 3, 4$ に対してそれぞれL字型, T字型又はY字型, 十字型交差点と呼ぶことにする。次に交差点の中心、交差点のコーナーの認識方法について示す。交差点のコーナー $C_i (i = 1, 2, \dots, n)$ を図9の $[r] = 0$ の各区間の最小半径 r_i とそのときの角度 θ_i より $C_i(x^{(i)}, y^{(i)})$

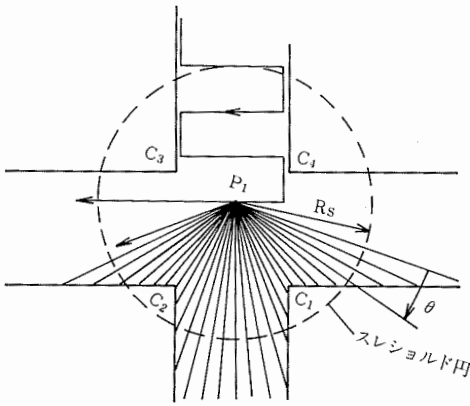


図 8 交差点の認識過程 ($n=4$)

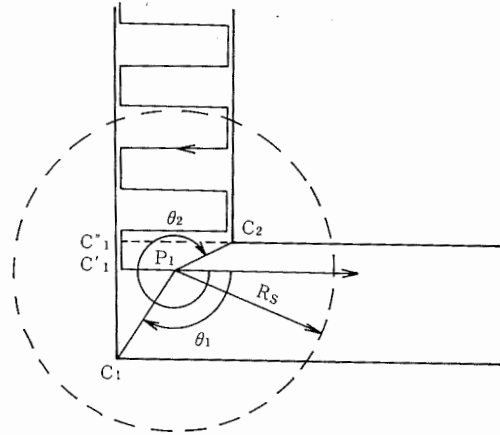


図 10 交差点の認識過程 ($n=2$)

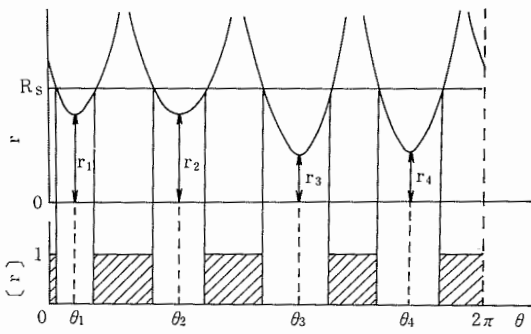


図 9 r と $[r]$ の関係 ($n=4$)

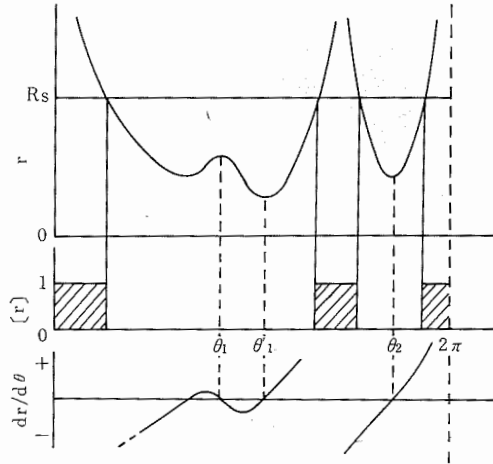


図 11 r と $[r]$ の関係 ($n=2$)

$+r_i \cdot \cos\theta_i, y^{(1)}+r_i \cdot \sin\theta_i$) で定義する。なお T 字型タイプ ($n=3$) の交差点の場合、実質的なコーナーは 2 個しかないが仮想的なコーナーを 1 個考えるものとする。ここに $x^{(1)}, y^{(1)}$ は交差点中心の初期値 $P_1(x^{(1)}, y^{(1)})$ の x 座標, y 座標である。次に C_i の各座標の平均値を $P_2(x^{(2)}, y^{(2)})$ として交差点中心を P_1 から P_2 に移す。つまり交差点中心は交差点コーナーにより形成される図形の重心として定義する。以下同様な方法で交差点中心を求めて j 回目の中心が $\overline{P_j P_{j-1}} < \epsilon$ になった時点で交差点の認識は完了する。実際には 3 回の反復計算でほぼ収束した。一方 $n=2$ の場合、例えば図 10 のような形で交差点が認識された場合、図 11 のように $[r]=0$ の区間が 2 つできるが、その区間内での r の最小値が必ずしもコーナーと対応しない

(図 10 では $\theta=\theta'_1$ の点)。すなわち 1 つのコーナーは r の極大値を与える点と対応するため、 $dr/d\theta$ の符号もチェックし、 $dr/d\theta$ が正から負に変わるような点が存在する場合は、その点をコーナーと対応させる。

次にスレッシュヨルド半径 R_s の設定基準について考える。大きいスレッシュヨルド半径 R_s が必要という意味において最もきびしい条件は、図 5 の破線のように交差点検出がコーナーすれすれに行われた場合である。この場合においても R_s が $\overline{P_1 C_i} (i=1, 2, \dots, n)$ の最大値 (図 5 の場合 $\overline{P_1 C_1}$) より大きく設定されていないと交差点の種類を誤認

識する可能性が生じる。その後の反復過程における交差点中心の移動により、最終的に正しく認識される可能性もあるが、ここでは最初から誤認識が起らないような R_s を設定する。図5より式(5)が成立する。ただし $\bar{b}_1 = \bar{b}_2 = \bar{b}$ と考える。

$$\overline{P_1 C_1} = \bar{b} \cdot \sqrt{\frac{1}{4} + \cot^2 \frac{\alpha}{2}} \quad (5)$$

ここで $f_r = R_s / \bar{b}$ とおくと、 $R_s > \overline{P_1 C_1}$ より式(6)が成立する。

$$f_r > \sqrt{\frac{1}{4} + \cot^2 \frac{\alpha}{2}} \quad (6)$$

式(6)の右辺は直交道路 ($\alpha = 90^\circ$) で最小となり、交差角 α が小さくなるにつれて単純に増加するため、原図における交差角 α の最小値を式(6)の右辺に代入することによって理想的な場合の f_r の最小値を求めることができる。実際には分割数の影響を考慮して計算値より少し大きめの値を使用する。なお図5は $n=4$ の場合であるが $2 \leq n \leq 4$ では、同一交差角 α に対して、最も大きいスレッシュヨルド半径 R_s を必要とするのは $n=4$ の場合であるため、少なくとも $2 \leq n \leq 4$ については式(6)で十分である。ここでは $2 \leq n \leq 4$ としているが、 $n \geq 5$ となっても式(6)を基準にして実質的な大差は生じない。図7の原図を例にとりて、パラメータ f_r の影響について調べてみる。大きいスレッシュヨルド半径が必要という意味においてもっともきびしい条件は交差角 60° の十字型交差点である。この場合、式(6)より f_r の理論的な最小値は $f_r = 1.8$ 、一方実際に処理した結果、 f_r と交差点の認識状況との関係は表1のようになる。表1より最初から正しく認識されるのは $f_r \geq 1.7$ であり、予測値1.8とよく一致していることがわかる。また $f_r = 1.6$ の場合は1回目の認識過程では誤認識 ($n=3$) が生じているが、交差点中心の移動により2回目以降正しく認識された例である。なおここでは $f_s = 0.1$ (走査線間隔 $4S = 0.1 \cdot b$) ときわめて小さい f_s が設定されているため、実質的に図5の破線と同等の条件が設定されていることになる。

次に交差点の種類とコーナーの座標をもとに新たな道路を検出する。本手法において交差点のコーナーは時計まわりに順次求まるから、コーナー

表1 f_r と交差点の認識状況との関係

反復回数 fr	1	2	3	最終状態
2.5	4	4	4	○
1.7	4	4	4	○
1.6	3	4	4	○
1.5	3	3	3	×

C_i と C_{i+1} ($i=1 \sim n$) の間には道路が必ず1つだけ存在する。(図12参照)なお交差点に集まる道路の本数 n のとき $C_{n+1} = C_1$ と定義しておく。次に $\overline{C_i C_{i+1}}$ 上の任意の点 (計算例では中点とした) より道路の勾配が求まり、さらに S_i より $-1/m_0$ の直線に沿って 0° を検出した点を3.2.1の点①に相当する座標 (x_0, y_0) とし、かつそのときの道路幅を b_0 とすれば、その後の交差点検出は3.2.1と同じである。なお交差点に進入してきた道路(道路の勾配により判定)についてはこの操作は行わない。以上のようにして得られた (x_0, y_0) , b_0 , m_0 は順次メモリにストアされていく。また到達した交差点中心とすでに処理済みのすべての交差点中心との距離をチェックし、その距離が十分小さいとき到達した交差点はすでに検出済みと判定し、同一道路の二重探索を防止するため、その交差点に関係した (x_0, y_0) , b_0 , m_0 の中から、道路の方向が 180° 異なるものを選出し、その (x_0, y_0) , b_0 , m_0 をメ

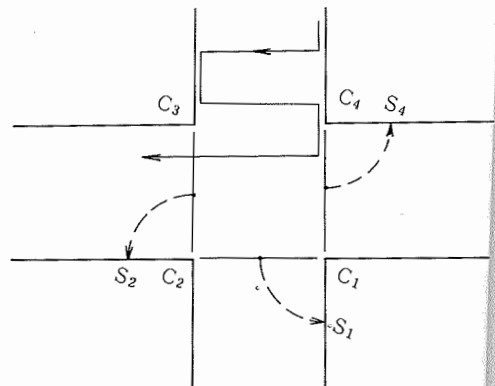


図12 新しい道路の検出方法

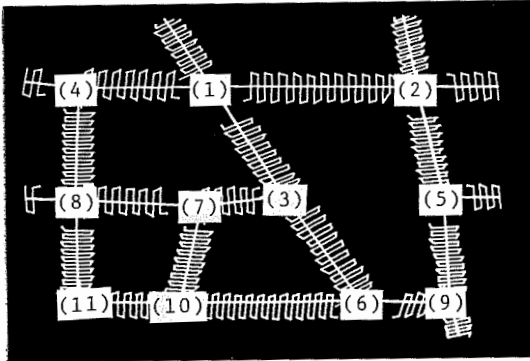


図 13 認識結果

モリから削除する。次に新たな (x_0, y_0) , b_0 , m_0 が呼び出され、計算機が $b_0 = 0$ を参照したとき、すべての交差点が検出されたとして交差点の検出および認識ルーチンは自動的に停止する。図13は以上のアルゴリズムを用いて実際に処理した過程をグラフィック表示したものである。なお図13には交差点検出順序もあわせて表示されている。

3.2.3 道路の再構成とランドマークの設定

道路の認識過程で得られる道路の情報は、(i) 交差点の種類、(ii) 交差点中心の座標、(iii) 交差点のコーナーの座標、(iv) 交差点間のつながりである。(i)~(iv)の情報を用いて道路を再構成する。ここでは例として図14のような場合を考える。最初に交差点①のコーナーのうちどのコーナーが交差点②に面しているかを調べる。これは線分 $\overline{C_i P_2}$ ($i=1, 2, 3, 4$) の長さを調べ、短い2本を捜すことにより容易に C_1 と C_4 を検出することが

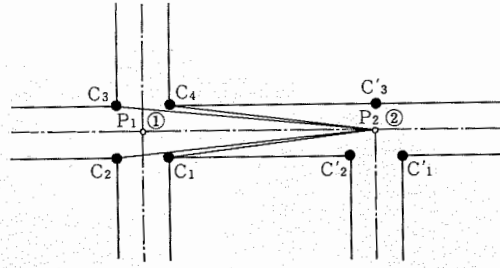


図 14 道路の再構成

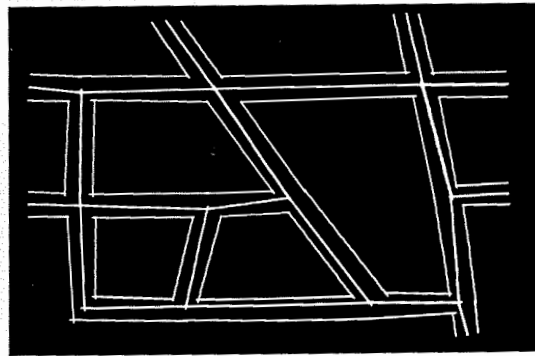


図 15 再構成結果 (その1)

できる。次に C_1, C_4 が交差点②のどのコーナーとつながっているのかを調べる。中心点間 $P_1 P_2$ の勾配を m_p とし、線分 $\overline{C_4 C_3'}$, $\overline{C_4 C_1'}$, $\overline{C_4 C_2'}$ の勾配をそれぞれ、 m_1, m_2, m_3 とするとき、 $|m_i - m_p| < \epsilon$ ($i=1, 2, 3$) を満足する線分 $\overline{C_4 C_3'}$ が結びついていものとする。なお、 $\overline{C_1 C_1'}$, $\overline{C_1 C_2'}$ のように $|m_i - m_p| < \epsilon$ を満足する線分が2本存在するような場合、短い $\overline{C_1 C_2'}$ をとるものとする。このよう

にして再構成されたものを図15に示す。図15よりT字型交差点付近で中心線が不自然になっていることがわかる。これは交差点中心を交差点のコーナーによって形成される図形の重心 ($n=2$ の場合はコーナーを結ぶ線分の midpoint) として定義したことによるものである。そこでT字型交差点の場合は図16の点Pのように道路の中心線の交点として中心を再定義することにする。図17は以上の方法により道路を再構成したも

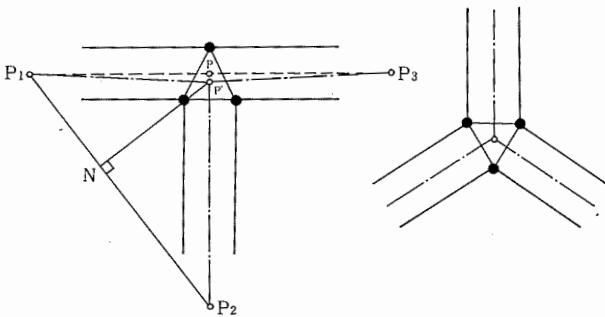


図 16 T字型交差点中心の修正図

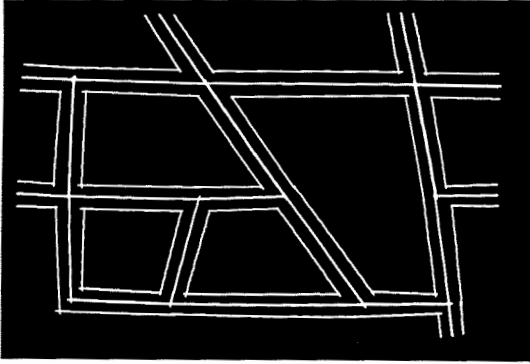


図 17 再構成結果 (その 2)

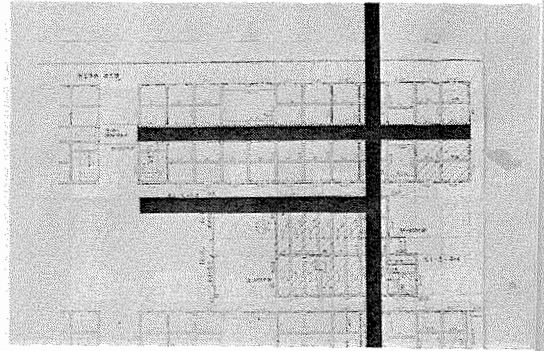


図 19 機械技術研究所 1/400縮尺図

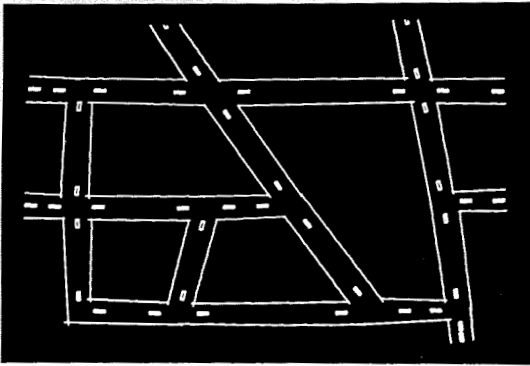


図 18 ランドマークのセッティング例

のである。このように再構成された道路は原図をかなり忠実に再現していることがわかる。以上のデータを用いて実際にランドマークを自動的に設定した例を図18に示す。ここでは簡単のためランドマークを道路の中心に設定しているが、文献5)のように1対づつ設定することも可能である。なおランドマークは2本の道路の中心線とそれに接する円との接点に設定されている。ここに円の半径は移動機械の最小回転半径から決められている。

3.3 応用例

機械技術研究所の1/400縮尺図(図19)の一部に黒マジックで多少修正した地図に本手法を応用してマップを作成し、実際に移動機械を動かすことを試みた。表2は得られたマップのリストである。ここにランドマーク間走行距離 DS の単位は cm であり、交差点コード番号 CN (図1参照)は

表示されていない。なおここではストップランドマーク(正)とノンストップランドマーク(負)を同一ランドマークで表示している。また表2は人に分かる形で表示されているが、実際には図1マップデータNo.2のような形でメモリ内にストアされている。図20は交差点におけるランドマークと移動機械で図21はデータ入力に使用された小型データ用磁気テープ装置の概観である。本移動機械はノンストップランドマーク上で方向を微修正するため、マップ内のステアリング角 ST 、走行距離 DS 等に多少の誤差を含んでも走行上の問題はない。換言すると、大きなコースずれが起らない程度のランドマーク間距離を選定すればよい。

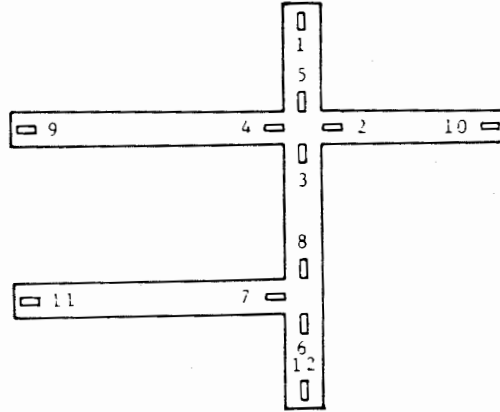
4. あとがき

移動ロボット誘導用マップ(データベース)の作成方法として、紙面上の地図情報をITVカメラで計算機ディスク内に取り込み、パターン認識の手法を用いて必要データを算出し、小型データ用磁気テープ等を用いて移動ロボットメモリ内に転送する方法を提案し、明暗のはっきりした直線路を例にとりマップの作成方法を示した。さら

に、多少の修正を施した1/400縮尺図を用いて、実際にマップデータを作成し移動ロボットを誘導することを試みてみた。

近年、多種中少量生産工場の自動化とも関連フレキシブル生産システム(FMS)の必要性が

表2 マップリスト



マップリスト

	****	左折	****	****	右折	****	**	直進	**
	MC	ST	IS	MC	ST	DS	MC	ST	DS
I= 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I= 2	-3	90	272	-5	-89	273	-4	0	346
I= 3	-4	90	270	-2	-90	272	-5	0	346
I= 4	-5	89	272	-3	-90	270	-2	0	346
I= 5	-2	89	273	-4	-89	272	-3	0	346
I= 6	-7	90	233	0	0	0	-8	0	297
I= 7	-8	89	234	-6	-90	233	0	0	0
I= 8	0	0	0	-7	-89	234	-6	0	297
I= 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I= 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I= 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I= 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I=-1	0	0	0	0	0	0	5	0	914
I=-2	0	0	0	0	0	0	10	0	1007
I=-3	0	0	0	0	0	0	8	0	973
I=-4	0	0	0	0	0	0	9	0	2330
I=-5	0	0	0	0	0	0	1	0	914
I=-6	0	0	0	0	0	0	12	0	1073
I=-7	0	0	0	0	0	0	11	0	2381
I=-8	0	0	0	0	0	0	3	0	973
I=-9	0	0	0	0	0	0	4	0	2330
I=-10	0	0	0	0	0	0	2	0	1007
I=-11	0	0	0	0	0	0	7	0	2381
I=-12	0	0	0	0	0	0	6	0	1073

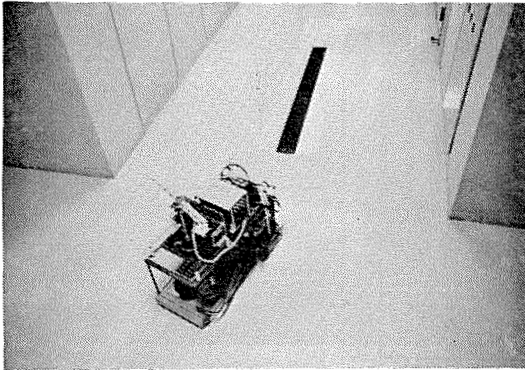


図 21 交差点におけるランドマークと移動ロボット

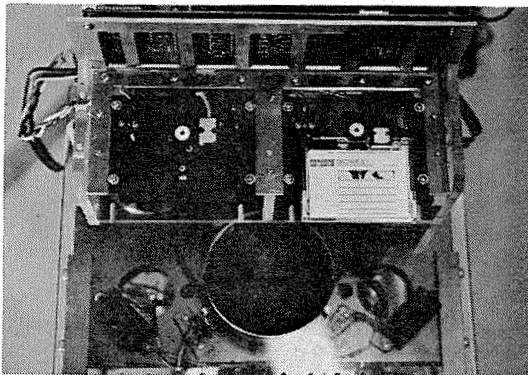


図 20 データ入力用小型磁気テープ装置

は大きな課題の一つになっている。ここで提案したデータベースの作成方法は、未だ実用的レベルに到達しているとは言い難いが今後の画像処理技術、パターン認識技術の発達に伴い、いちだんと現実味を帯びてくることは間違いないであろう。さらに移動ロボットがITVカメラ等を通して直接外部環境を詳細に認識することができれば、データベースへの依存度も小さくなる。したがって実時間による外部環境認識技術の研究もデータベースを減らすという意味においては、重要な側面を持っていることを付加しておく。

終わりに、本研究を遂行するにあたり御指導いただいた安全設計課阿部課長（元メカニズム課課長）およびメカニズム課藤川課長に深く感謝の意を表します。

発表：1981年11月28日，

第2回バイオメカニズム学術講演会

原稿受付：1983年3月5日

- 1) 梅谷, 田口, 計測と制御, 20-11, (1981), 67
- 2) 中野, バイオメカニズム学会誌, 15-3, (1981), 1
- 3) 伊藤ほか, 日本機械学会論文集, 41-342, (1975), 475
- 4) 高野, 第23回自動制御連合講演会前刷, (1980), 335
- 5) 館, 小森谷ほか, バイオメカニズム 5, (1980), 208
- 6) Y. Anbe et al, 1st ISIR (1971), 115
- 7) 新井, 中野, 計測自動制御学会論文集, 18-10 (1982), 59
- 8) L. Davis, Computer Graphics and Image Processing 4, (1957), 248
- 9) E. C. Hildreth, Robotics age, (1981-9), 8
- 10) J. C. Mott-Smith, Picture Processing and Psychopictorics, Academic Press (1970), 267
- 11) G. Levi, U. Montanari, Informat. Contr. 17, (1970), 62