

⑤ Int. Cl.⁵

G 01 C 21/00
G 01 N 33/48

識別記号

庁内整理番号
Z 6752-2F
N 7055-2G

④ 公開 平成2年(1990)4月4日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全9頁)

⑬ 発明の名称 動的物体の追跡法

⑰ 特 願 昭63-24442

⑱ 出 願 昭63(1988)9月30日

⑲ 発 明 者 田 中 館 明 博 神奈川県秦野市文京町8-4
⑲ 発 明 者 長 谷 川 健 治 東京都町田市玉川学園3-31-17
⑲ 発 明 者 岩 月 謙 司 茨城県つくば市花室1463-1
⑳ 出 願 人 日本石油化学株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目3番1号
㉑ 代 理 人 弁理士 伊 東 辰 雄 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

動的物体の追跡法

2. 特許請求の範囲

1. 移動する物体を撮像し、予め所定数の座標点に分割されている撮像画面のそれぞれの座標点の輝度を所定階調に分割計測し、該輝度計測を所定の周期で繰返し、得られた各周期ごとの輝度データから各座標点における輝度の変化を検出することにより上記移動物体の位置を追跡する動的物体の追跡法において、

隣接する3点以上の座標点における輝度変化に基づいて上記移動物体を面として識別することにより物体の位置をとらえ、かつ輝度の変化を検出する画面上の範囲を物体の移動速度に応じて予め設定した画面範囲まで縮小することを特徴とする動的物体の追跡法。

2. 前記各座標点の輝度の計測が、前記移動物体を撮像した結果の画像信号の信号強度の任意の範囲を所定の階調に分割した尺度に基づいて行な

われる請求項1に記載の動的物体の追跡法。

3. 前記各座標点における輝度変化の検出が、前記所定周期ごとに得られる各座標点の輝度データの組を2以上繰返し比較することにより行なわれる請求項1または2に記載の動的物体の追跡法。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、動的物体を追跡しその軌跡を記録・解析する方法に関し、特に動的物体の移動パターンを描いたり、移動速度や方向変換の頻度などの測定に用いる動的物体の追跡法に関する。

[従来技術]

従来より、この種の動的物体を追跡する自動装置としては、いわゆる画像処理装置が使えるが、非常に高価であるという欠点があった。

一方、動的物体を比較的安価な設備を用いて追跡する方法としては、例えばソウリムシのような原生動物の行動を顕微鏡下で調べる方法が提案されている (Physiology & Behavior, Vol.42 (1988), pp.397-400)。

この方法は、テレビカメラ、パーソナルコンピュータと共に画像処理用メモリー（フォトン社製FD M-1）を使用し、テレビカメラで撮影した画像を256*256のマトリックス（約65Kバイト）に分割し、マトリックスの各座標点における輝度データから動的物体を認識するものである。具体的には、まずこの画像処理用メモリー（所定周期で各座標点の輝度データを取り込むことができる）に蓄積した各座標点の輝度データをパーソナルコンピュータのメモリーに転送する。しかる後、コンピュータのメモリーにすでに記録されている前周期で取り込んだ輝度データと新たに採録した輝度データとを各座標点ごとに引算し、最も輝度の変化の大きな座標点を動的物体と認識する。すなわち、 $i-1$ 番目の周期と i 番目の周期の画像の各座標点ごとの輝度データを比較し最も輝度の変化の大きい座標点を求め、その1点を動的物体と判定し移動軌跡を描いている。

さらに、形状を変える物体の変形周期を測定する方法として、特開昭62-261089号公報に開示さ

さらに、 $i-1$ 番目の周期における画像および i 番目の周期における画像をそれぞれ撮像したとき、動的物体が一時的に停止していると、 $i-1$ 番目と i 番目の画像の座標点の輝度が変化しないため、動的物体不存在という形で処理されてしまう。

一方、特開昭62-261089号公報に開示された方法は、固定された測定点の輝度の経時変化を追跡しているため、広い範囲を移動する動的物体の位置を追跡することはできない。

本発明の目的は、上述の従来形における問題点に鑑み、画像のコントラストが弱い場合や暗い物体の場合であっても動的物体の位置を経時的に追跡することができ、またノイズが大きな場合や動的物体が一時的に停止した場合にも利用可能であって、しかも比較的安価な設備を用いて動的物体を追跡することのできる方法を提供することにある。

[課題を解決するための手段および作用]

上記の目的を達成するため、本発明は、移動す

れた方法がある。これは固定された測定点の輝度の経時変化を追跡しているため、一定の場所を中心にして形状を変える物体の変形周期等を追跡する場合には適している。

[発明が解決しようとする課題]

上述したテレビカメラ、パーソナルコンピュータおよび画像処理用メモリーなどを用いる方法（Physiology & Behavior, Vol.42 (1988), pp. 397-400）は、比較的安価な設備を用いて、移動する物体を追跡できる優れた方法といえる。しかしながら、この方法では、画像のコントラストが弱い場合や暗い物体の場合に物体の撮像信号が弱くなり、追跡することが困難であるという問題点がある。

また、画像内の座標点のうち輝度の変化が一番大きい1点を動的物体と判定して追跡しているので、画像信号中に生じたノイズを物体と誤認することがあるために動的物体の軌跡の連続記録が不可能となる状態が発生する。したがって、ノイズが大きな場合は測定が困難である。

る物体を撮像し、予め所定数の座標点に分割されている撮像画面のそれぞれの座標点の輝度を所定階調に分割計測し、該輝度計測を所定の周期で繰返し、得られた各周期ごとの輝度データから各座標点における輝度の変化を検出することにより上記移動物体の位置を追跡する動的物体の追跡法において、隣接する3点以上の座標点における輝度変化に基づいて上記移動物体を面として識別することにより物体の位置をとらえ、かつ輝度の変化を検出する画面上の範囲を物体の移動速度に応じて予め設定した画面範囲まで縮小することを特徴とする。

本発明に係る動的物体の追跡法では、まず動的物体本来の信号をノイズと区別するため、従来のように1点の座標点の輝度変化により動的物体を判定するのではなく、隣接する3点以上の座標点の輝度変化により動的物体を面として捕らえている。

次に、画像信号中に任意の上限および下限レベルを設定し、その設定範囲内を所定の階調に分割し、その階調を尺度として各座標点における輝度

の計測を行なっている。したがって、コントラストが上がり暗い物体をも容易に判定できる。さらに、前記隣接する3点以上の座標の輝度変化を、撮像時間が前後する1組の画像を2以上繰り返し比較することで捕えている。これにより、一時停止している動的物体も容易に固定物体と区別可能となる。

また、これら判定操作に必要な演算時間を短縮するために、動的物体を捕えるための演算を行なう画面範囲(ウィンドウ)を物体の移動速度に応じて予め設定した画面範囲まで段階的に小さくし、パーソナルコンピュータレベルの安価な小型計算機を用いる場合であっても、動的物体本来の信号とノイズを区別し、動的物体をその明暗に関わらず、またその動きの緩急に関わらず正確に追跡可能とした。

[実施例]

以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

第1図は、本発明の一実施例に係る動的物体の追跡法を適用した動的物体の追跡・記録装置の構

成図である。3は動的物体2の動きをとらえるビデオカメラ、4は画像信号を制御するためのビデオシグナルコントローラー、5は画像処理用メモリーカード(フォトロン社製FDM-4)、6は後述するような処理を実行するプログラムを起動するパーソナルコンピュータ(NEC製、PC-9801シリーズ)、7は実際の画像にウィンドウを重ねて表示することができるビデオモニター、8は測定条件や記録および解析の結果を示すカラーディスプレイ、9はハードコピーをとることができるプリンター、14は光源1をオン/オフするためのI/Oカードである。

次に、第2図のフローチャートを参照して本実施例に係る第1図の装置の動作を説明する。

まず、ステップS1で画像処理用メモリー5のゲイン設定を行なう。ゲイン設定とは、輝度の測定範囲の上限および下限を設定することにより、映像信号の輝度の全範囲のうち任意の範囲を抽出しそれを64階調に分割して画像処理することを可能とするものである。具体的には、実際に動的物体を撮像した出力信号の強度をディスプレイ8で確認しながら、測定範囲の上限、下限をパーソナルコンピュータ6のキーボードから入力することによって行なう。

第5図は、この様なゲイン設定を行なう前のディスプレイ8の表示画面を示す。これは単細胞原生動物を遊泳させ、画像として捕えられたものをカラーディスプレイ8上に表示しプリンター9により印字したものである。同図において、撮像範

成図である。

同図において、1は光源、2は観察する動的物体である。光源1からの光は、フィルタ12を介してファイバリング10内に導かれ、矢印11のように出射する。なお、本実施例では試験光として可視光を使用した。これに限らず追跡する動的物体により赤外光等を使用してもよい。矢印11のように出射した可視光は、セル13内の動的物体2に照射される。かかる照明系は暗視野照明となっており、観察すべき動的物体は輝度の高い部分として認識される。

3は動的物体2の動きをとらえるビデオカメラ、4は画像信号を制御するためのビデオシグナルコントローラー、5は画像処理用メモリーカード(フォトロン社製FDM-4)、6は後述するような処理を実行するプログラムを起動するパーソナルコンピュータ(NEC製、PC-9801シリーズ)、7は実際の画像にウィンドウを重ねて表示することができるビデオモニター、8は測定条件や記録および解析の結果を示すカラーディスプレイ

を表示する画面31には動的物体35が映し出されているが、その他に小さなゴミおよび容器による反射等も同時に映し出されている。32はライン36に沿った映像信号の強度を示す波形、33は現在設定されている64階調の範囲の最大階調に当たる強度のレベルを示すライン、34は現在設定されている64階調の範囲の最小階調に当たる強度のレベルを示すラインである。実際の信号の強度の範囲に比べて64階調に分割する範囲(ライン33, 34間)が広すぎるためゴミ等も映し出されている。

第4図は、第5図のライン33および34を物体および周辺輝度にあわせて移動しゲイン設定を適正に行なった後のディスプレイ8の表示画面を示す。撮像範囲を表示する画面31には動的物体35が映し出されており、小さなゴミおよび容器による反射等は映し出されていない。ライン36に沿った映像信号の強度を示す波形32は波形のピークに当たる部分のみが表れ、結果的に対象物である動的物体のみが鮮明に映し出される。

このようにステップS1のゲイン設定を適正に行なうことにより、従来の方法では測定不可能だったような暗い物体、暗い条件でしか測定できないような物体、あるいは画面にゴミが多数存在する状態についても測定が可能になる。

再び、第2図のフローチャートを参照して、ステップS1でゲイン設定が終了したら、ステップS2で測定に必要なパラメータ、例えば後述するスレッシュホールドレベル、測定開始時刻、最初のウィンドウの大きさおよび最後のウィンドウの大きさ等を入力する。

ステップS3で、パーソナルコンピュータ6は測定開始時刻になったかどうか判別し、その時刻になったらステップS4に進み測定を開始する。

ステップS4で、パーソナルコンピュータ6はI/Oカード14を介して光源1を点灯する。これにより、動的物体2に可視光11が斜め横方向から照射される。前述したように、この照明系は暗視野照明となっており、可視光11のうちセル13を透過した光はビデオカメラ3に入射しないようになっている。そして、動的物体2により散

回) 検出処理を繰返す。所定の回数だけ検出処理を行なっても検出できなかった場合は、ステップS23で光源1を消灯し、ステップS22で次の測定時刻を計算した後、ステップS3に戻って再度の計測を行なう。

このステップS5→S6→S7→S5のループは、マトリックス上に動的物体が捕らえられない場合、すなわち各々の座標点の輝度に変化しない場合の処理である。これは動的物体が画面に存在しないかあるいは一時的に動かないでいる場合に相当する。同一座標点においてi-1番目に測定した輝度データとi番目に測定した輝度データとを単純に比較することで動的物体の動きを検出する従来法では、物体が所定の時間以上動かないでいる場合、動的物体不存在という形で処理される恐れがある。このような場合、合前後する画像を複数回比較することで、すなわち各々の座標点についてi-1番目とi番目の輝度、i番目とi+1番目の輝度、・・・と適当な回数繰返して比較することで、動的物体が一時停止しておりある程

乱された光はビデオカメラ3で捕らえられ、その画像信号がビデオシグナルコントローラ4を経て画像処理用メモリ5に送信される。画像処理用メモリ5は256*256のマトリックスの各画素毎に前述した64階調を尺度とした輝度データを蓄積し、これをパーソナルコンピュータ6に送信する。

次に、ステップS5で全画像(256*256の座標点)の中から動的物体の座標を次の手順に従って検出する。すなわち、画像処理用メモリ5に蓄積されたi番目の周期における画像の輝度データと、パーソナルコンピュータ6に送信されているi-1番目の周期における画像の輝度データを各画素毎に引算し、その値が予め設定したスレッシュホールドレベルを越え、かつ最大である画素の座標を動的物体の座標点とする。

この座標点を検出できた場合はステップS6からステップS8に分岐し、検出できなかった場合はステップS7を介してステップS5に戻りそれでも検出できない場合は50回(あるいは100

度の時間経過後に再度動作を開始した場合にも、その動きを捕らえ動的物体として認識することが可能である。

ステップS5、S6で動的物体の座標が検出されたときは、ステップS8で最初のウィンドウを設定する。ウィンドウとは動的物体を検出するために演算処理回数を減らすために設けた画素マトリックス上の範囲である。すなわち、このウィンドウで設定された範囲にある画素データのみが演算処理される。なお、最初のウィンドウの大きさはステップS2で任意に設定することができる。

次にステップS9(本サブルーチンのフローチャートを第3図に示す)で、ウィンドウ内の動的物体を輝度差の大きい点の集合(面)と見なすことによって捕え、その座標を検出する。すなわち、画像処理用メモリ5に蓄積されたi番目の周期における画像のステップS8で設定したウィンドウ内にある各画素と、パーソナルコンピュータ6に送信されているi-1番目の周期における同一ウィンドウ内にある画素データとの引算を行ない、

予め設定したスレシヨルドレベル (threshold level) と比較し、このスレシヨルドレベルを超える輝度差を有する3点以上の相隣り合う座標点を動的物体に対応する面として認識するのである。

具体的には、 i 番目と $i-1$ 番目の画像の比較においてウインドウ内の各座標点における輝度差をウインドウの左上の座標点から右に向かって順次計算する。ウインドウの右端に至ったときはそのすぐ下のラインの各座標点についてやはり左から右に向かって輝度差の計算を行なっていく。そして、ある座標点の輝度差がスレシヨルドレベルを越えている場合は、その右隣と真下の座標点がスレシヨルドレベルを越えているかどうかを調べ、越えていれば同様にさらに右隣と真下の座標点についても検討を繰り返す。このようにして、動的物体をスレシヨルドレベルを越えた輝度差を有する座標点の集合 (画素集団)、すなわち面としてとらえる。同時に前記集合の座標点の個数とそれらの座標点の各輝度差の積算値を求める。従来の方法では、輝度差の大きな一座標点が単独で存在

するもの (ノイズ) をも動的物体と判断して追跡してしまうが、本実施例では輝度差がスレシヨルドレベルを超える点が縦横隣接して3個以上存在する場合にのみ検出すべき動的物体と見なす。そのため、この処理を行なうことによりノイズに由来する大きな値と動的物体に由来する大きな値とを正確に区別することが可能となった。このようにして得た画素集団がウインドウ内に2個以上検出された場合は、輝度差の積算値が最も大きい画素集団を検出すべき動的物体とみなす。いずれの場合も、検出した画素集団の左上端を動的物体の座標とする。逆に、画素集団が検出されない場合は、最後に検出された座標を新座標とする。

次にステップ S 10 で、次のウインドウの位置およびサイズを算出しセットする。次のウインドウとは、前のステップ S 9 で検出した動的物体の座標を中心として新たに設定したウインドウであってサイズを小さくしたものである。次にステップ S 11 を経由して再びステップ S 9 に戻り、新しいウインドウ内の動的物体を検出し、再度ステ

ップ S 10 に進んで更に次のウインドウをセットする。この動的物体の座標の検出、ウインドウの移動およびサイズの減少は、ステップ S 11 で予め設定された最後のウインドウサイズになるまで繰り返される。

ウインドウサイズが予め設定された最後のサイズに達したら、ステップ S 12 で再びウインドウ内の動的物体の検出を行なう。これはステップ S 9 と同様の第3図に示すサブルーチンをコールする処理である。そしてステップ S 13 で、その座標点が前の座標点と同じであるかどうかを判別し、もし同じでない場合は対象とする物体が動いているということであるからステップ S 15 に分岐する。ステップ S 13 で座標が同じである場合は、ステップ S 14 を介してステップ S 12 に戻り、それでも座標が変わらない場合は50回 (あるいは100回) これを繰り返す。所定の回数だけ検出処理を行なっても物体が動かず座標が変わらなかった場合は、ステップ S 5 に戻って再度の計測を行なう。

このステップ S 12 → S 13 → S 14 → S 12 のループは、マトリックス上に動的物体が捕らえられない場合、すなわち各々の座標点の輝度が変化しない場合の処理であり、ステップ S 5 → S 6 → S 7 → S 5 のループと同様の意味を有している。

物体が、動いていると判断されればステップ S 15 より実際のデータ測定が開始される。

まず、ステップ S 15 ではウインドウ内での動的物体の座標を検出する。これは上述したステップ S 9, S 12 と同様の第3図に示すサブルーチンをコールする処理である。なお、このサブルーチン内で次のウインドウ (大きさは変更されない) の位置が計算しセットされる。次にステップ S 16 で、検出した座標データをコンピュータ6のメモリに格納する。ステップ S 18 で、得られた座標データが予定データ数に達するまで以上のステップ S 15 からの処理を繰返し、予定データ数に達したらステップ S 19 に進む。

なお、以上のステップ S 15 から S 18 までのループ処理を行なっている間は、ウインドウが動

的物体を追跡して動くが、この様子は、ビデオモニター7に順次映し出される。

ステップS19では、光源1を消灯し、ステップS20でコンピュータ6のメモリに格納してある座標データをフロッピーディスクに格納する。そして、ステップS21でCRT画面上のトラッキング(軌跡)をプリンター9に印刷する。ステップS22で次の測定時刻を計算し、ステップS3に戻って、再度の計測に待機する。

第6図は、本実施例の装置を用いて原生动物の遊泳軌跡を測定し、得られた画像をプリンター9により印字したものを示す。

また、第7図は、同じ測定を従来技術によって行ない、得られた画像をプリンター9により印字したものである。

第6図ではノイズと動的物体を正しく区別し、動的物体のみを追跡しているが、第7図ではノイズと動的物体を正しく区別できておらず、ノイズによる不自然な軌跡がみられ、総移動距離も誤った値を出してしまっている。

レイの表示画面の印字結果、

第5図は、ゲイン設定を行なう前のディスプレイの表示画面の印字結果、

第6図は、生体の遊泳軌跡測定結果、

第7図は、従来例による生体の遊泳軌跡測定結果である。

- 1: 光源、
- 2: 動的物体、
- 3: ビデオカメラ、
- 4: ビデオシグナルコントローラー、
- 5: 画像処理用メモリー、
- 6: パーソナルコンピューター、
- 7: ビデオモニター、
- 8: カラーディスプレイ
- 9: プリンター。

特許出願人 日本石油化学株式会社
 代理人 弁理士 伊東辰雄
 代理人 弁理士 伊東哲也

[発明の効果]

以上説明したように、本発明によれば、ノイズを動的物体と誤認することなく、動的物体が一時的に停止した場合にも動的物体の判定が確実に行なわれ、かつ対象とする動的物体が暗い場合でも解析可能である。また、追跡がリアルタイムで行なうことができ、測定装置も極めて廉価である。

さらに、ソウリムシやバクテリアのような微小のものからロケットのような大型のものまで、およそビデオカメラで撮影可能な動的物体なら何でも追跡し、その軌跡を正確に記録・解析することができる。

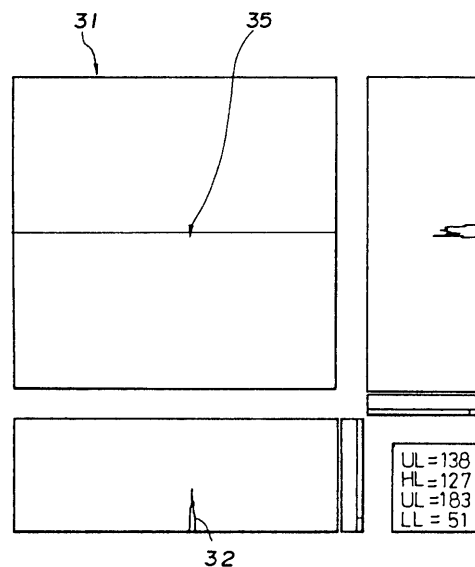
4. 図表の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施例に係る動的物体追跡装置の概略構成図、

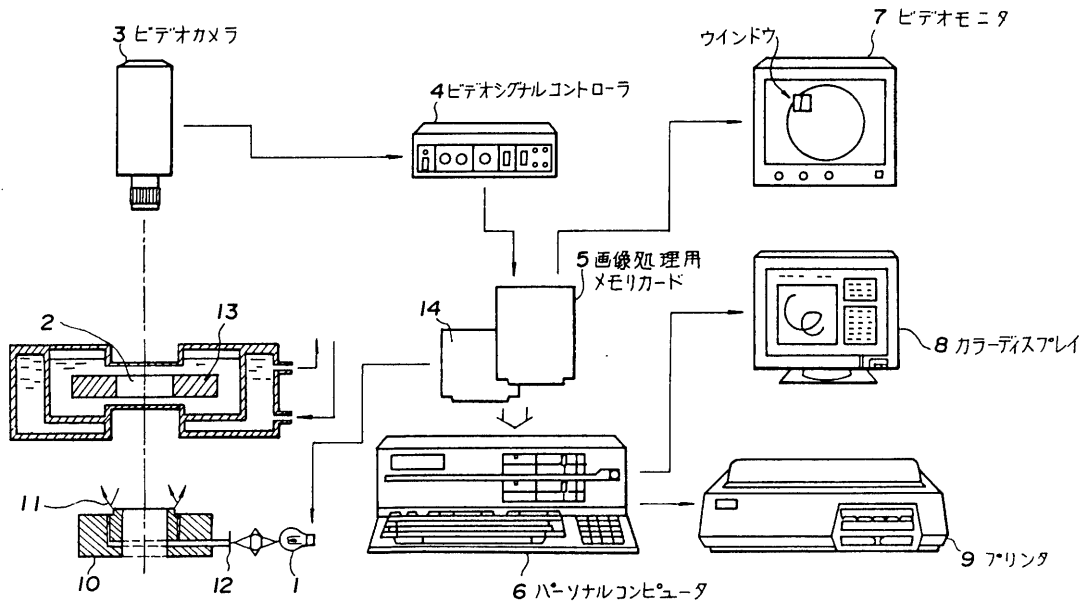
第2図は、上記実施例の装置の動作説明のためのフローチャート、

第3図は、動的物体座標検出ルーチンのフローチャート、

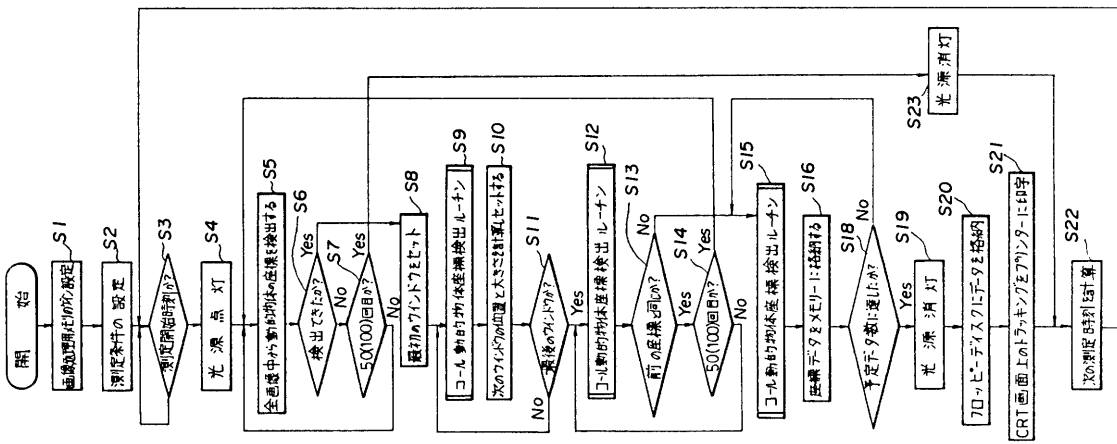
第4図は、ゲイン設定を行なった後のディスプレイ



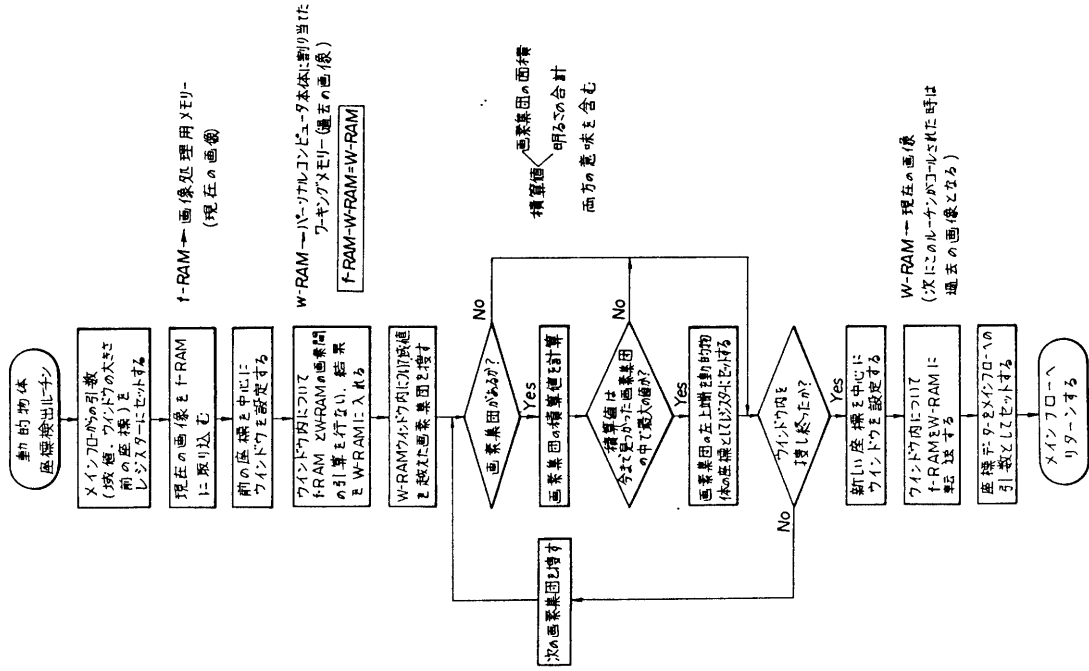
第4図



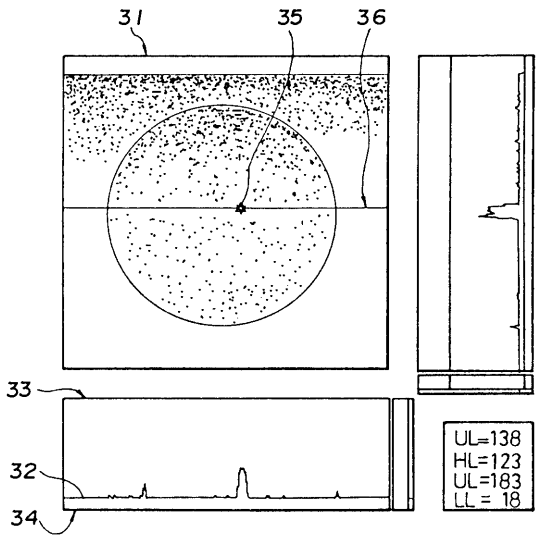
第 1 図



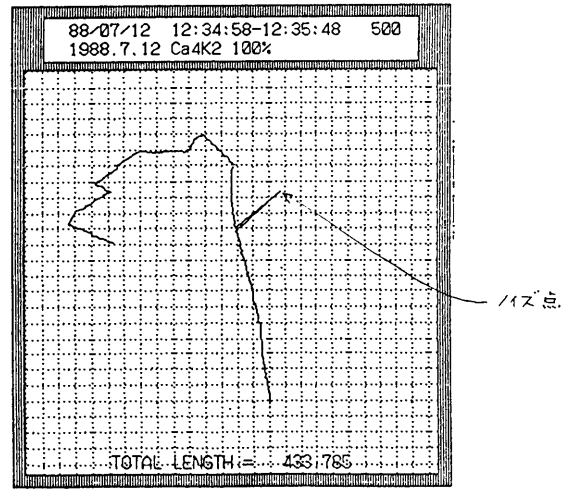
第 2 図



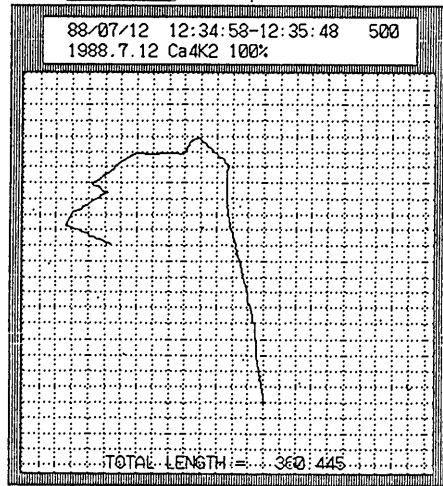
第3図



第5図



第6図



第 7 図