

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局



(43)国際公開日
2001年5月31日 (31.05.2001)

PCT

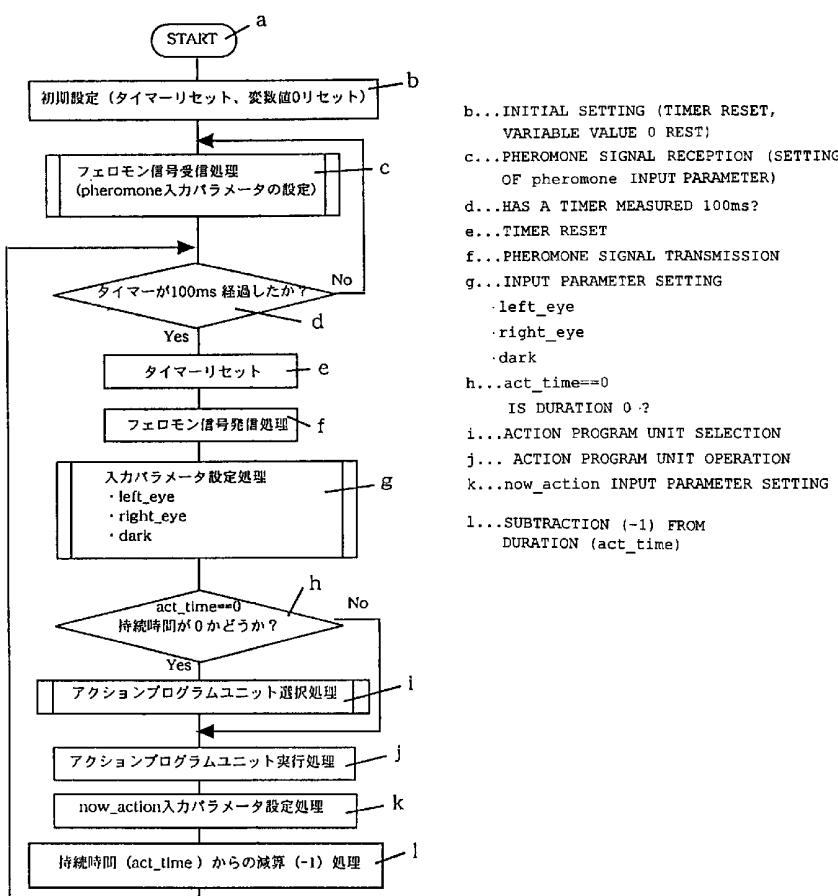
(10)国際公開番号
WO 01/38050 A1

- | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|--|
| (51) 国際特許分類 ⁷ : | B25J 13/00 , 5/00, A63H 11/00 | (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社 バンダイ (BANDAI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒111-8081 東京都台東区駒形2丁目5番4号 Tokyo (JP). |
| (21) 国際出願番号: | PCT/JP00/06613 | (72) 発明者; および |
| (22) 国際出願日: | 2000年9月26日 (26.09.2000) | (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 芳賀義典 (HAGA, Yoshinori) [JP/JP]; 〒321-0204 栃木県下都賀郡壬生町 緑町1-15-1 コスモ独協前ハイツ302号 Tochigi (JP). 風見敬一 (KAZAMI, Keiichi) [JP/JP]; 〒344-0065 埼玉県 春日部市谷原2-10-8 第2春日部マンション213 Saitama (JP). 澤尻雄二 (SAWAJIRI, Yuji) [JP/JP]; 〒321-0202 栃木県下都賀郡壬生町おもちゃのまち1-2-9 A203 Tochigi (JP). 須田慎一 (SUDA, Shinichi) [JP/JP]; 〒321-0202 栃木県下都賀郡壬生町おもちゃのまち1-2-9 A209 Tochigi |
| (25) 国際出願の言語: | 日本語 | |
| (26) 国際公開の言語: | 日本語 | |
| (30) 優先権データ:
特願平11/370764 | 1999年11月20日 (20.11.1999) JP | |

[続葉有]

(54) Title: INSECT ROBOT

(54) 発明の名称: 昆虫ロボット



(57) Abstract: An external state sensing means measures the environment, e.g. presence of an obstacle, external light, or a pheromone signal. Based on the results of measurement, a sensor identification unit identifying means identifies an identification unit on the basis of the environment. Action units associated with the identified identification unit in an instruction unit and defining actions, e.g., of "forward movement" and "back movement" are selected in order. Leg drive wheels on the left and right sides are rotated while combining operation modes such as "forward", "reverse", and "stop" so that an action unit operating means takes an action defined by the selected action unit by an amount of continuous operation. An insect robot simulating behavior of an insect realistically is provided.

WO 01/38050 A1

[続葉有]



(JP). 佐藤真啓 (SATO, Masayoshi) [JP/JP]; 〒321-4308
栃木県真岡市中郷233-7 Tochigi (JP).

(74) 代理人: 弁理士 尾崎光三 (OZAKI, Kowzow); 〒
106-0031 東京都港区西麻布4丁目18番10号 ステラ
サイト西麻布202 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CA, CN, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

添付公開書類:
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドノート」を参照。

(57) 要約:

外部状態検出手段が、障害物や外光やフェロモン信号の存否などの環境状態を検出する。この検出結果に基づいて、センサ識別ユニット判別手段が環境状態対応の識別ユニットを判別する。この判別されたセンサ識別ユニットに対してインストラクションユニット中で関係付けられているいくつかのアクションユニット、例えば、「前進」、「後退」などの種類のアクションを規定するものを順次に選択する。アクションユニット実行手段が、選択されたアクションユニットで規定されるアクションを実行継続分量だけ実行するように、左右両側の脚動輪を、「正転」、「逆転」、「停止」の運転モードを組み合わせて回転運動させる。これにより、昆虫生態の挙動を生々しく模倣する昆虫ロボットを提供する。

明 細 書

昆虫ロボット

技術分野

この発明は、アクション空間内で自律して、6足走行などの昆虫らしい挙動を呈することで、昆虫の生態を模擬するようにした趣味性の昆虫ロボットに関連し、とくに、アクション空間内の明るさ、障害物などの環境状態や自己の個体に接近する他の個体の種類に反応して、あたかも昆虫生態であるかのような生々しい運動を表現するようにした改良に関するものである。

背景技術

アクション空間内で自律して6足走行することで、昆虫の生態を模擬するようにした昆虫ロボット自体は玩具として愛好されており、そのような従前の昆虫ロボットは、例えば、特開平8-57159号によっても開示され、バンダイ製「6足歩行カブテリオス」としても公然実施されている。

アクション空間内の環境状態に反応して挙動を開始し、或いは挙動を変更するようにした玩具ロボットも盛んに愛好されており、そのような従前の玩具ロボットは、例えば、特開平5-33786号によっても開示され、タカラ製「フラワーロック」としても公然実施されている。

アクション空間内の他の個体を識別して挙動を変更するようにした玩具ロボットもすでに公知公用であり、そのような従前の玩具ロボットは、特開平9-7553号によっても開示され、トミー社製「ファービー」としても公然実施されている。

しかしながら、従前の玩具ロボットにあっては、ロボット内に搭載されたマイクロコンピュータで一連のプログラムを実行する過程で、各種センサーにより検出される環境状態や個体識別の情報をマイクロコンピュータに取り込んで、一連のプログラム総体の中で、これらの情報を処理することで、本質的にロボット全体の動きを、これらの情報に基づく別の全体の動きに切り換えるものであったので、切り換えられるべき別の全体の動きの種類数は、実際には、極めて限られたも

のとなり、その結果、環境状態に反応して、或いは、他の個体を識別して、種々多様な行動パターンの組み合わせで挙動を起こす昆虫生態を模擬するには、行動パターンの切り換わりが単調に過ぎて昆虫らしい生々しい行動を表現するのが困難であり、行動パターンの切り換えを多種、多様なものに改善しようとすれば、勢い、コンピュータプログラムが、複雑高度で大規模なものにならざるを得ないという問題点があった。このような問題を解決するのが請求項1～8記載の発明の課題である。

さらに、従前のロボットにあっては、各種センサーにより検出される環境状態や個体識別の情報などに応答して、本質的には、装置に固有に予め固定的に用意された所定のアルゴリズムに従って、装置全体の動きを別のものに逐次的に切り換えるようにしていたので、環境状態や個体識別の情報と昆虫ロボットの挙動との対応付けにより規定される昆虫ロボットの性格付けに関しては、予め用意された所定のアルゴリズムに従って、少なくとも個体レベルでは、予め定まっていて、操作者の意思を反映させるような仕方でこれを経時的に変化させることが困難であった。そのために、ゲーム性を欠く点で趣味性の確保に不徹底さが残るという問題点があった。このような問題点を解決するのが請求項9～16記載の発明の課題である。

発明の開示

上記従前装置における環境状態依存や個体識別依存の行動パターンの単調さの問題点に鑑み、請求項1～5記載の発明は、環境状態に応じて、複数のアクションユニットの中から、所定の1つのアクションユニットを選択することにより、請求項6～7記載の発明は、他の個体に特有の相手識別情報に基づいて、複数の個体間応待アクションユニットの中から、所定の1つの個体間応待アクションユニットを選択することにより、請求項8記載の発明は、アクションユニットと個体間応待アクションユニットの選択時の優先順位に従って、「臆病者」タイプアクションユニットや「猪突猛進」タイプアクションユニットを選択することにより、上記問題点を解決して、コンピュータプログラムの複雑高度化と大規模化を伴うことなしに、環境状態や個体識別に反応して、多種多様の行動パターンの組み合

わせを実現することで、昆虫らしい生々しい動きを表現できる優れた昆虫ロボットを提供するものである。

さらに、上記従前装置における昆虫ロボットの固定的な性格付けによるゲーム性の欠如由来の趣旨性の不徹底さの問題点に鑑み、請求項9～12記載の発明は、1つのセンサ識別ユニットと1つ又は複数のアクションユニットの組み合わせで構成されるインストラクションユニットの配列を操作者が任意に設定することで、外部状態依存のセンサ識別ユニットごとに對してのアクションユニットの対応付けを順次に選択することにより、請求項13記載の発明は、相手フェロモン信号又は伝達フェロモン信号又は空間フェロモン信号に基づくセンサ識別ユニットを判別することにより、請求項14記載の発明は、アクションユニット中の特別コマンド「他のパネルへ移行」を操作者が任意に選定することで、1つのパネルのインストラクションユニットの実行を他のパネルのインストラクションユニットの実行に移行させることにより、請求項15記載の発明は、センサ識別ユニット「特定期間経過後のトリガ」を操作者が任意に設定することで、指定された「特定の期間」ごとのトリガ信号に基づいて、当該センサ識別ユニットを判別することにより、請求項16記載の発明は、モバイルコンピュータ上のインストラクションユニット設定手段で操作者により設定されたインストラクションユニットを昆虫ロボット内のインストラクションユニット記憶手段に対して伝送することにより、上記問題点を解決して、昆虫ロボットの性格付けを操作者の意思に従って、経時的に変化させることで、ゲーム性が豊かで趣味性に徹した優れた昆虫ロボットを提供するものである。

請求項1～5記載の発明の構成は、図32Aのクレーム対応図に示されるように、環境状態検出手段Aが、アクション空間内に存在する障害物を検出して、障害状態信号を環境状態信号として出力し、アクション空間内の明るさを検出して、明るさ状態信号を環境状態信号として出力し、複数のアクションユニット手段Bの各々が、昆虫ロボットのアクションの種類として、昆虫ロボットの「前進」「後退」「右旋回」「左旋回」「停止」のうちの1種類を規定し、その1種類のアクションの持続時間とその1種類のアクションの実行速度とを規定し、アクションユニット選択手段Cが、アクションユニット手段Bごとに予め設定された優先

順位に従って、複数のアクションユニット手段Bの中から所定の1つのアクションユニット手段Bを選択し、アクションユニット実行手段Dが、アクションの種類としての「前進」「後退」「右旋回」「左旋回」「停止」のうちの1種類のアクションに予め対応付けられた「正転」「逆転」「停止」のうちのいずれかの運転モードで、アクチュエータ13、14としての電動機を所定アクションの持続時間だけアクションの実行速度に対応するデューティ比で駆動し、脚部手段8、9が、アクションユニット実行手段Dにより駆動されるアクチュエータ13、14により付勢されて、所定のアクションを所定のアクションの持続時間だけ昆虫ロボットに表現させる運動をするように作用する。

請求項6～7記載の発明の構成は、図32Aのクレーム対応図に示されるように、フェロモン信号発信手段Eが、アクション空間内に自己の個体に特に予め設定された自己識別情報を表すフェロモン信号を発信フェロモン信号として発信し、フェロモン信号受信手段Fが、アクション空間内に存在する他の昆虫ロボットのフェロモン信号発信手段Eから発信される、他の個体に特に予め設定された相手識別情報を表すフェロモン信号を受信フェロモン信号として受信し、個体間応待関係識別手段Gが、受信された受信フェロモン信号により表される相手識別情報と自己識別情報に基づいて、自己の個体と所定の他の個体の間に予め設定されている個体間応待関係を識別し、複数の個体間応待アクションユニット手段Hの各々が、自己の個体の個体間応待アクションの種類として、昆虫ロボットの「前進」「威嚇」「挨拶」「逃避」のうちの1種類を規定し、その1種類の個体間応待アクションの持続時間とその1種類の個体間応待アクションの実行速度とを規定し、個体間応待アクションユニット選択手段Iが、個体間応待関係識別手段Gにより識別された個体間応待関係に基づいて、複数の個体間応待アクションユニット手段Hの中から所定の1つの個体間応待アクションユニット手段Hを選択し、個体間応待アクションユニット実行手段Jが、個体間応待アクションユニット選択手段Iにより選択された個体間応待アクションユニット手段Hで規定される所定の個体間応待アクションを所定の個体間応待アクションの持続時間だけ実行するように、アクチュエータ13、14を駆動し、脚部手段8、9が、個体間応待アクションユニット実行手段Jにより駆動されるアクチュエータ13、1

4により付勢されて、所定の個体間応待アクションを所定の個体間応待アクションの持続時間だけ昆虫ロボットに表現させる運動をするように作用する。

請求項8記載の発明の構成は、図32Aのクレーム対応図に示されるように、アクションユニット選択手段Cとしての「臆病者」タイプアクションユニット選択手段が、アクションユニット手段Bと個体間応待アクションユニット手段Hごとに、予め「臆病者」タイプに設定された優先順位に従って、複数のアクションユニット手段Bと複数の個体間応待アクションユニット手段Hの中から、所定の1つのアクションユニット手段B若しくは所定の1つの個体間応待アクションユニット手段Hを選択するように作用し、アクションユニット選択手段Cとしての「猪突猛進」タイプアクションユニット選択手段が、アクションユニット手段Bと個体間応待アクションユニット手段Hごとに、予め「猪突猛進」タイプに設定された優先順位に従って、複数のアクションユニット手段Bと複数の個体間応待アクションユニット手段Hの中から、所定の1つのアクションユニット手段B若しくは所定の1つの個体間応待アクションユニット手段Hを選択するように作用する。

請求項9～12記載の発明の構成は、図32Bのクレーム対応図に示されるように、外部状態検出手段AAが、アクション空間内に存在する障害物の検出に基づく障害状態信号と、アクション空間内の明るさの検出に基づく明るさ状態信号と、アクション空間内に存在する障害物との接触の検出に基づく障害物接触状態信号と、アクション空間内で昆虫ロボットの走行阻止状態の検出に基づく走行阻止状態信号とを外部状態信号として出力し、センサ識別ユニット判別手段Kが、上記外部状態信号に基づいて、センサ識別ユニットを判別し、インストラクションユニット設定手段Lが、少なくとも、1又は複数の上記センサ識別ユニットの各々に対して、アクションの種類と、アクションの種類ごとの実行継続分量とを規定する1又は複数のアクションユニットを関係付けるように構成された1又は複数のインストラクションユニットを設定し、とくに、請求項12記載の発明の構成では、上記インストラクションユニット設定手段Lが、設定されるインストラクションユニット中のアクションユニットが1つのアクションユニットの実行最中での他のアクションユニットの割込み実行の許可／不許可をさらに規定するよ

うに構成されたインストラクションユニットを設定し、インストラクションユニット記憶手段Mが、上記インストラクションユニット設定手段Lにより設定された1又は複数のインストラクションユニットを各別に順次に読み出し可能に記憶し、アクションユニット順次選択手段Nが、上記センサ識別ユニット判別手段Kにより判別されたセンサ識別ユニットをさらに含んで構成された上記1つのインストラクションユニットに関し、1つのセンサ識別ユニットに関係付けられた1又は複数のアクションユニットを順次に選択し、とくに、請求項1-1記載の発明の構成では、アクションユニット優先選択手段Oが、上記1つのインストラクションユニット中の1つのアクションユニットの実行最中に、上記センサ識別ユニット判別手段Kにより判別された他の1つのセンサ識別ユニットを含んで構成された別のインストラクションユニット中の1つのアクションユニットに関し、予め設定された優先順位が、当該実行最中のアクションユニットの優先順位よりも高い場合には、当該実行最中のアクションユニットに代えて、当該別のインストラクション中の1つのアクションユニットを優先的に選択し、さらに、請求項1-2記載の発明の構成では、上記アクションユニット優先選択手段Oが、上記の場合であって、かつ、当該実行最中のアクションユニットに関し、実行最中での他のアクションユニットの割込み実行の許可が規定されている場合に限り、当該実行最中のアクションユニットに代えて、当該別のインストラクションユニット中の1つのアクションユニットを優先的に選択し、アクションユニット実行手段Dが、上記アクションユニット順次選択手段Nにより選択されたアクションユニットで規定される種類のアクションを当該アクションの実行継続分量だけ実行するように、アクチュエータを駆動し、脚部手段8、9が、上記アクションユニット実行手段Dにより駆動されるアクチュエータ13、14により付勢されて、上記種類のアクションを当該アクションの実行継続分量だけ昆虫ロボットに表現されるように運動するように作用する。

請求項1-3記載の発明の構成は、図3-2Bのクレーム対応図に示されるように、上記フェロモン信号発信手段Eが、アクション空間内に自己の個体に特に予め設定された自己識別情報を表す自己フェロモン信号又はインストラクションユニット設定手段Lにより設定可能なアクションユニットの種類としての伝達情報を

表す伝達フェロモン信号を発信フェロモン信号として発信し、上記フェロモン信号受信手段Fが、アクション空間内に存在する他の昆虫ロボットの上記フェロモン信号発信手段Eから発信されているところの、他の個体に特に予め設定された相手識別情報を表す相手フェロモン信号又は設定されたアクションユニットの種類としての伝達情報を表す伝達フェロモン信号又はアクション空間内自体に存在する空間フェロモン信号を受信フェロモン信号として受信し、上記センサ識別ユニット判別手段Kが、上記受信フェロモン信号に基づいて、センサ識別ユニット「特定種類の相手の存在」「フェロモン信号受信」を判別するように作用する。請求項14記載の発明の構成は、図32Bのクレーム対応図に示されるように、上記インストラクションユニット設定手段Lが、設定されるインストラクションユニット中のアクションの種類として、1つのパネルを構成する1又は複数のインストラクションユニットの実行を他のパネルを構成する1又は複数のインストラクションユニットの実行に移行させるための特別コマンド「他のパネルへ移行」を含んでおり、上記インストラクションユニット記憶手段Mが、1又は複数のインストラクションユニットで構成されるパネルを上記パネル指定信号に基づいて、パネル別に読み出し可能に記憶し、上記アクションユニット順次選択手段Nが、上記1つのセンサ識別ユニットに関係付けられた1又は複数のアクションユニットに含まれる特別コマンド「他のパネルへ移行」を選択し、上記アクションユニット順次選択手段により特別コマンド「他のパネルへ移行」が選択されたときに、パネル指定信号生成手段Rが、該コマンド中での他のパネルの指定に基づいて、パネル指定信号を生成するように作用する。

請求項15記載の発明の構成は、図32Bのクレーム対応図に示されるように、上記インストラクションユニット設定手段Lが、設定されるインストラクションユニット中のアクションの種類として、予め設定されたトリガ期間の経過後にトリガ信号を出力するためのセンサ識別ユニット「特定期間経過後のトリガ」を含んでおり、上記インストラクションユニット記憶手段Mが、上記センサ識別ユニット「特定期間経過後のトリガ」を含んでいるインストラクションユニットを各別に順次に読み出し可能に記憶し、トリガ信号生成手段Qが、上記インストラクションユニット記憶手段Mから読み出されたセンサ識別ユニット「特定期間経過

後のトリガ」により規定された特定期間の経過を計時して、トリガ信号を生成し、上記センサ識別ユニット判別手段Kが、上記トリガ信号に基づいて、センサ識別ユニット「特定期間経過後のトリガ」を判別するように作用する。

請求項 1 6 記載の発明の構成は、図 3 2 B のクレーム対応図に示されるように、上記インストラクションユニット設定手段しが、昆虫ロボットとは別体のモバイルコンピュータ上に実現されていて、上記インストラクションユニット記憶手段Mが、上記インストラクションユニット設定手段Lにより設定され、インストラクションユニット伝送手段P 経由で伝送された 1 又は複数のインストラクションユニットを各別に順次に読み出し可能に記憶するように作用する。

図面の簡単な説明

図1A～図32Bは、本願発明に関するものである。

図1Aは、外観平面図である。

図1Bは、外観側面図である。

図2は、電気的ハードウェアのブロック図である。

図3は、運転モードの論理値の図表である。

図4は、メイン処理のフローチャートである。

図5は、発信フェロモン信号のビット構成の説明図である。

図6A、図6Bは、アクションプログラムユニット選択処理のフローチャートである。

図7は、アクションプログラムユニットごとの入出力パラメータ対応図である。

図8A、図8Bは、アクションプログラム選択処理のフローチャートである。

図9は、アクションプログラムユニットごとの入出力パラメータ対応図である。

図10A、図10B、図10Cは、アクション／モータ制御対応関係説明図である。

図11は、フェロモン信号受信処理のフローチャートである。

図12は、個体間応待関係の説明図である。

図13は、入力パラメータ設定処理のフローチャートである。

図14は、インストラクションユニット設定手段Lの操作画面の説明図である。

図15Aは、センサ識別ユニットのワード構成の説明図である。

図15Bは、アクションユニットのワード構成の説明図である。

図16は、インストラクションユニット記憶手段Mの記憶領域の説明図である。

図17は、パネルの説明図である。

図18は、センサ識別ユニットごとの入力パラメータ対応図である。

図19は、アクションユニットの構成の説明図である。

図20は、メイン処理のフローチャートである。

図21は、フェロモン信号受信処理のフローチャートである。

図22は、発信フェロモン信号のビット構成の説明図である。

図23A、図23B、図23Cは、センサ識別ユニット判別処理のフローチャー

トである。

図24A、図24B、図24C、図24Dは、アクションユニット選択処理のフローチャートである。

図25A、図25B、図25C、図25Dは、アクションユニット実行処理のフローチャートである。

図26は、接続時間・歩数・回数の計数処理のフローチャートである。

図27は、管理ルーチンのフローチャートである。

図28は、電気的ハードウェアのブロック図である。

図29は、ダウンロードのための構成の説明図である。

図30は、プログラム転送ユニットのブロック図である。

図31A、図31B、図31C、図31D、図31E、図31F、図31G、図31Hは、アクション／モータ制御等対応関係説明図である。

図31Iは、図31A中の「前進」のための足の動きの状態説明図である。

図31Jは、図31A中の「後退」のための足の動きの状態説明図である。

図31Kは、図31B中の「右回転」のための足の動きの状態説明図である。

図31Lは、図31B中の「左回転」のための足の動きの状態説明図である。

図31Mは、図31B～図31C中の「右カーブ」のための足の動きの状態説明図である。

図31Nは、図31C中の「左カーブ」のための足の動きの状態説明図である。
図31Oは、図31C中の「右後ろカーブ」のための足の動きの状態説明図である。

図31Pは、図31D中の「左後ろカーブ」のための足の動きの状態説明図である。

図31Qは、図31D中の「ジタバタ」のための足の動きの状態説明図である。

図31Rは、図31E中の「威嚇」のための足の動きの状態説明図である。

図31Sは、図31E中の「挨拶」のための足の動きの状態説明図である。

図32A、図32Bは、ソフトウェア上の機能ブロック図（クレーム対応図）である。

発明を実施するための最良の形態

図1～図10を参照しながら、請求項1～8記載の発明の実施の形態を以下に説明する。この発明の実施の形態である昆虫ロボットの平面外観を示す図1Aと側面外観を示す図1Bにおいて、昆虫様筐体1の図上右端に現れる頭部1aには、昆虫ロボットの前進方向に臨んで左右に1対の発光ダイオード2a、2bがフェロモン信号発信手段Eと障害物検出用の環境状態検出手段Aの発信部との共用手段として装着されており、頭部1aの正面には、前進方向に臨んで中央に1個のフォトトランジスタ3がフェロモン信号受信手段Fと障害物検出用の環境状態検出手段Aの受信部との共用手段として装着されており、さらに頭部1aの上面には、上方に臨んで中央に1個の硫化カドミニュセルなどの光感受性素子4が明るさ検出用の環境状態検出手段Aとして装着されている。なお、頭部1aの上面で、光感受性素子4に対して前進方向左右に並んで設けられた1対の発光ダイオード5a、5bはイルミネーション装飾用のものである。昆虫用筐体1の両側面には、片側3個づつで、同速運動する1対6個の脚動輪6a、6b、6c、7a、7b、7cが回転自在に軸止されている。片側3個の脚動輪6a、6b、6cを抽出して説明すると、各脚動輪の円周上の位相角度を異にする各別の箇所に針金状の脚骨8が設けられている。即ち、ここでの針金状の3本の脚骨8、8、8は、その各別の基部8a、8b、8cが、3個の脚動輪6a、6b、6cの円周上の位相角度を異にする各別の箇所に植設されていて、昆虫ロボットの前進方向に臨んで右側外方に（図1A中で下方に）張り出し、中間部分でフォーシングされて、片側の脚部手段8を構成している。反対側の針金状の3本の脚骨9、9、9も、全く同様にして反対側の脚部手段9を構成している。この場合、片側3本づつの脚骨は、一体的に同速運動するが、一方側の脚部手段8と反対側の脚部手段9は、互いに独立に運動可能である。そして、一方側の3本の脚骨8、8、8の基部8a、8b、8cと反対側の3本の脚骨9、9、9の基部9a、9b、9cとの間に互いに対向する脚骨の基部どうしも、脚動輪の円周上の位相角度を異にする箇所に植設されることで、各脚骨の中間部でのフォーミングと相俟って、両側の脚動輪6a、6b、6c、7a、7b、7cの回転に合わせて、各脚骨の各基部が位相角度を異にして回転する際に、両脚部手段8、9全体の動きにより

、昆虫生態の歩行挙動がもっともらしく模倣されて、表現されるものである。

電気的ハードウェアの構成を示す図2において、マイクロコンピュータ10の入力ポート#2INには、フォトトランジスタ3が、検出回路と一体化された駆動用の増幅回路3aを介して接続されており、入力ポート#1INには、検出回路に組み込まれた硫化カドミニウムセル4が接続されている。さらに、マイクロコンピュータ10の出力ポート#1outには、駆動回路に組み込まれた左側発光ダイオード2aが接続され、出力ポート#2outには、駆動回路に組み込まれた右側発光ダイオード2bが接続され、出力ポート#3out、#4outには、各別に、駆動回路に組み込まれた左右の装飾用発光ダイオード5a、5bが接続されている。さらに、1対の出力ポート#5out、#6outには、市販のモータドライバユニット11（例えば、三洋電機製LB1638M）の1対の入力端子IN1、IN2が接続され、別の1対の出力ポート#7out、#8outには、もう1つの同種のモータドライバユニット12の1対の入力端子IN1、IN2が接続されている。これら1対のモータドライバユニット11、12には、該ユニットにより、電源からの供電が制御される1対の電動機、即ち、左側脚動輪7a、7b、7cを回転駆動するための左側電動機13と右側脚動輪6a、6b、6cを回転駆動するための右側電動機14が、アクチュエータとして接続されている。各別のモータドライバユニット11、12は、1対の入力端子IN1、IN2に対してマイクロコンピュータから論理値「1」（HIGHと略記する）又は論理値「0」（LOWと略記する）で表される並列2ビットの符号が入力されると、その2ビットの論理値に対応させて、各別の電動機を「正転」「逆転」「停止」の運転モードで駆動することができるものであり、その場合の1対の入力端子IN1、IN2の論理値と運転モードとの関係は、図3に示されるとおりである。そして、このようなモータドライバユニット11、12による電動機制御では、「停止」の運転モードを周期的に配置しながら、その実時間上の密度を制御することで、電動機への給電のデュティ比を制御し、これにより、電動機の回転速度を制御することができるものである。

このようなハードウェアの構成上のマイクロコンピュータ10により実行されるプログラムのフローを以下に説明する。

メインフローチャートを示す図4において、マイクロコンピュータ10は、プログラムの実行を開始すると（図4中a）、タイマーや各種変数値を計数するための内部レジスタ類をリセットすることで、初期条件の設定を行ったうえで（図4中b）、フェロモン信号受信手段Fと個体間応待関係識別手段Gを実現すべく、後に詳述されるフェロモン信号受信処理（図4中c）のためのサブルーチンに飛んで、該サブルーチンの実行により、受信フェロモン信号を処理することで、他の個体に特有に予め設定された相手識別情報と自己の個体に特有に予め設定された自己識別情報に基づく個体間応待関係としての「弱種」「強種」「同種」の関係を表す「pheromone」の入力パラメータを設定した後にリターンして、ソフトウェア的に実現される内部のタイマーが100msの動作基準時間の経過を判別し（図4中d）、動作基準時間の経過以前で、判別結果（図4中d）がNoの場合には、フェロモン信号受信処理を継続的に実行し、動作基準時間の経過直後の動作基準時点での判別結果（図4中d）がYesに転ずると、次のステップの処理に移行する。これにより、以降の処理は、100msの間隔の動作基準時点ごとの間欠動作として実行されることになる。動作基準時点に到達すると、マイクロコンピュータ10は、タイマーをリセットして（図4中e）から、フェロモン信号発信手段Eを実現すべく、フェロモン信号発信処理（図4中f）を実行する。このフェロモン信号発信処理では、1ビット100μsの3ビット単位で1文字（識別符号上の1ビット）が定義された識別符号上8ビット構成の符号により、自己の個体に特有に予め設定された自己識別情報を表す発信フェロモン信号を形成するようにマイクロコンピュータ10は、1対の出力ポート#1out#2outから、例えば、図5に示されるような3ビット×8ビット=24ビット構成の符号列を3回づつ左側発光ダイオード2aと右側発光ダイオード2bの双方に対して出力して、これらを点滅させる。図5例示のものは、自己識別情報として、自己の個体がAタイプ、Bタイプ、Cタイプのいずれに属するかというタイプ区別情報を取り扱っているが、自己の個体を唯一に特定する氏名のような識別情報をもここで取り扱えるのは、勿論のことである。図4に戻って、マイクロコンピュータ10は、続いて、環境状態検出手段Aを実現する中で、後に詳述される入力パラメータ設定処理（図4中g）のためのサブルーチンに飛んで、該サブ

ルーチンの実行により、左側発光ダイオード 2 a と右側発光ダイオード 2 b から、各別に、アクション空間内に存在する障害物に対して照射されて、そこから反射された光線をフォトトランジスタ 3 が障害物対応の環境状態信号として、感受することで、左側発光ダイオード 2 a からの光線の感受、即ち、昆虫ロボットの前進方向に臨んで左側視野での障害物の存在を表す「1ft eye」の入力パラメータと、右側発光ダイオード 2 b からの光線の感受、即ち、右側視野での障害物の存在を表す「right eye」の入力パラメータを各別に設定し、さらに、硫化カドミニウムセル 4 が明るさ（暗さ）対応の環境状態信号として、アクション空間内の外光を感受することで、アクション空間内の明るさ（暗さ）を表す「dark」の入力パラメータを設定した後にリターンして、現在実行中のアクションプログラムユニットで規定されるアクションユニットを特徴付けるべく予め設定されている持続時間を表す「action time」の出力パラメータが 0 まで減少したかどうかを判別し（図 4 中 h）、0 までの減少により判別結果（図 4 中 h）が Yes の場合には、アクションユニット選択手段 C を実現すべく、後に詳述されるアクションプログラムユニット選択処理（図 4 中 i）のサブルーチンに飛んで、複数のアクションプログラムユニットの実行により実現される複数のアクションユニット手段 B としての複数のアクションユニットの中から所与の選択判別アルゴリズムに従って、所定の 1 つのアクションユニットを実現するための所定の 1 つのアクションプログラムユニットを選択することで、アクションユニット選択手段 C を実現した後にリターンして、アクションユニット実行手段 D を実現すべく、そのサブルーチンで選択されたアクションプログラムユニットの実行処理（図 4 中 j）に移行し、次いで、アクションプログラムユニットの実行処理（図 4 中 j）により実行最中のアクションプログラムユニットで規定されるアクションユニットを表す「now action」の入力パラメータを設定し（図 4 中 k）、続いて、持続時間を表す「action time」の出力パラメータから「1」を減算（図 3 中 1）したうえで、図 4 中 d の判別処理に戻って、さらなる 100 ms の経過後に到来する次の動作基準時点を待つ。このような処理フロー（図 4 中 h～1）の実行により、所定の 1 つのアクションプログラムユニットが一旦選択されると（図 4 中 i）、そのアクションプログラムについて指定された持続時間が経過するまでは、図 4 中 h の判別

結果がN○に留まるので、新たなアクションプログラムユニットの選択（図4中i）が行われずに、図3中iの処理で選択されたアクションプログラムユニットが継続して実行され、その継続実行のアクションプログラムユニットに指定された持続時間が経過して、「action time」の出力パラメータが0まで減少する（図4中h）と、その後の100ms間隔の動作基準時点で（図4中d）、新たなアクションプログラムユニットが選択されて（図4中i）、そのアクションプログラムユニットを表すように「now action」の入力パラメータが書き換えられる（図4中1）ものである。

以上のメインフローチャートの処理によれば、マイクロコンピュータ10は、フェロモン信号発信処理（図4中f）と、後に詳述されるフェロモン信号受信処理（図4中c）との協働により、左側発光ダイオード2aと右側発光ダイオード2bとフォトトランジスタ3に働きかけて、フェロモン信号発信手段Eとフェロモン信号受信手段Fとを実現したうえで、発信フェロモン信号により表される自己識別情報と受信フェロモン信号により表される相手識別情報とに基づく、自己の個体と他の個体の間での個体間応待関係としての「弱種」「強種」「同種」の関係を表す「pheromone」の入力パラメータを設定することで、個体間応待関係識別手段Gを実現し、後に詳述される入力パラメータ設定処理（図4中g）により、左側発光ダイオード2aと右側発光ダイオード2bとフォトトランジスタ3と硫化カドミニウムセル4に働きかけて、障害物対応ないし明るさ（暗さ）対応の環境状態検出手段Aを実現したうえで、障害物が左側の視野内に存在することを表す「left eye」の入力パラメータと、障害物が右側の視野内に存在することを表す「right eye」の入力パラメータと、アクション空間内の明るさ（暗さ）を表す「dark」の入力パラメータを設定し、「now action」の入力パラメータ設定処理（図4中1）により、現在実行中のアクションプログラムユニットを表す「now action」の入力パラメータを設定し、これにより、総じて、「pheromone」「left eye」「right eye」「dark」「now action」という5個の入力パラメータを設定したうえで、その設定済みの5個の入力パラメータを判断要素として、アクションプログラムユニットの論理的優先順位の指定により規定される選択判断アルゴリズムに従って、複数のアクションプログラムユニットの中から所定の1つアクションプログラム

ユニットを選択するようにしたアクションプログラムユニット選択処理（図4中i）のサブルーチンを実行することで、複数のアクションユニットの中から所定の1つのアクションユニットを選択するアクションユニット選択手段Cを実現するものである。ここでアクションプログラムユニット選択処理（図4中i）のサブルーチンを図6A、図6Bのフローチャートと図7の入出力パラメータ対応図を参照しながら以下に説明する。

ここに、図7のアクションプログラムユニットごとの入出力パラメータ対応図は、アクションプログラムユニットA～Iの各々について、所定のアクションプログラムユニットが図6A、6Bのフローチャートに沿うアクションプログラムユニット選択処理により選択されるようにして実現されるアクションユニット選択手段Cにおいて、所定のアクションプログラムユニットによる所定の1つのアクションユニットが選択されるための判断要素としての上述の5つの入力パラメータの状態を左側の一覧表に整理したものであり、それに突き合わせる形で、右側に配置された一覧表には、ここで選択されたアクションプログラムユニットを図4のメインフロー中のアクションプログラムユニット実行処理（図4中j）で実行することにより実現されるアクションユニット実行手段Dにおいて実現されるべき所定のアクションユニットを特徴付けるところの3個の出力パラメータ、即ち、アクションの種類を表す「action」の出力パラメータと、その1種類のアクションの持続時間を表す「action time」の出力パラメータと、その1種類のアクションの実行速度（デューティ比）を表す「duty」の出力パラメータが列記されている。

図6Aに戻って、アクションプログラムユニット選択処理のサブルーチンを開始（図6A中a）したマイクロコンピュータ10は、先ず、無条件で、図7のアクションプログラムユニットA（前進）の行の表示に従って、アクションユニットAを特徴付けるところの、アクションの種類を表す「action」の出力パラメータとして「前進」を設定し（図6A中b）、同様に、アクションの持続時間を表す「action time」の出力パラメータとして「10」（ $100\ \mu s$ の動作基準時間× $10 = 1000\ \mu s$ を意味する）を設定し（図6A中c）、同様に、アクションの実行速度を表す「duty」の出力パラメータとして「60%」を設定する（図6A中

d)。次いで、マイクロコンピュータ10は、図7のアクションプログラムユニットB(右旋回)の行の表示に従って、「left eye」の入力パラメータが「1」であるかどうか、即ち、左側の視野内に障害物が存在するかどうかを判別し(図6A中e)、「left eye」の入力パラメータが「1」であって、判別結果(図6A中e)がYesの場合には、同様にして、同図同行の右側の一覧表の部分の表示に従って、出力パラメータを各別に設定するが、「left eye」の入力パラメータが「0」であって、即ち、左側の視野内に障害物の存在がなく、判別結果(図6A中e)がNoの場合には、ここでの出力パラメータの設定、即ち、新しい出力パラメータ値への更新記憶を行わずに次ぎの判断処理に移行してゆく。

従って、ここで判断要素としての5個の入力パラメータの各々についての判別結果(例えば、図6A中e)がYesであり、以降の残りの入力パラメータについての判別結果がNoであれば、そのような最後の判別処理において設定された出力パラメータが選択されたアクションユニットを特徴付けるものとして残留し、逆の言い方をすれば、ここで判断要素としの5個の入力パラメータについての判別結果(例えば、図6A中e)がNoの場合には、それに先行する処理(例えば、図6A中bcd)により設定された出力パラメータが選択されたアクションユニットを特徴付けるものとして残留するのであり、かくして、時系列上遅れて処理される判断要素の方が判別結果をより高い論理的優先順位で支配することになる。

続いて、マイクロコンピュータ10は、図7のアクションプログラムユニットC(左旋回)の行の表示に従って、「right eye」の入力パラメータが「1」であるかどうか、即ち、右側の視野内に障害物が存在するかどうかを判別し(図6A中g)、判別結果が「1」の場合には、同様にして、同図同行の右側の一覧表の部分の表示に従って、出力パラメータを各別に設定する(図6A中h)が、判別結果(図6A中g)がNoの場合には、出力パラメータの更新記憶を行わずに、後続の判断要素の処理に移行し、図7のアクションプログラムユニットD(後退)の行の表示に従って、「left eye」と「right eye」の双方の入力パラメータが共に「1」であるかどうか、即ち、視野内の前に障害物が存在するかどうかを判別し(図6中i)、判別結果がYesの場合には、同様にして、同図同行の右側の

一覧表の部分の表示に従って、出力パラメータを各別に設定する（図6 A中j）が、判別結果（図6 A中i）がNoの場合には、出力パラメータの更新記憶を行わずに、後続の判断要素の処理に移行し、図7のアクションプログラムユニットG（挨拶）の行の表示に従って、個体間応待アクションユニット選択手段Iを実現すべく、「pheremone」の入力パラメータが「同種」に設定されていて、かつ、「left eye」と「right eye」の双方の入力パラメータが共に「1」であるかどうか、即ち、「同種」の他の個体が視野内の前に存在するかどうかを判別し（図6 A中k）し、判別結果がYesの場合には、同様にして、同図同行の右側の一覧表の部分の表示に従って、個体間応待アクションユニット手段Hを実現する中で、出力パラメータを各別に設定する（図6 A中l）が、判別結果（図6 A中k）がNoの場合には、出力パラメータの更新記憶を行わずに、後続の判断要素の処理に移行し、図7のアクションプログラムユニットF（威嚇）の行の表示に従って、個体間応待アクションユニット選択手段Iを実現すべく、「pheremone」の入力パラメータが「弱種」に設定されていて、かつ、「left eye」と「right eye」の双方の入力パラメータが共に「1」であるかどうか、即ち、「弱種」の他の個体が視野内の前に存在するかどうかを判別し（図6 B中m）し、判別結果がYesの場合には、同様にして、同図同行の右側の一覧表の部分の表示に従って、個体間応待アクションユニット手段Hを実現する中で、出力パラメータを各別に設定する（図6 B中n）が、判別結果（図6 B中m）がNoの場合には、出力パラメータの更新記憶を行わずに、後続の判断要素の処理に移行し、図7のアクションプログラムユニットH（逃避）の行の表示に従って、個体間応待アクションユニット選択手段Iを実現すべく、「pheremone」の入力パラメータが「強種」に設定されているかどうか、即ち、「強種」の他の個体が前方に存在するかどうかを判別し（図6 B中o）し、判別結果がYesの場合には、同様にして、同図同行の右側の一覧表の部分の表示に従って、個体間応待アクションユニット手段Hを実現する中で、出力パラメータを各別に設定する（図6 B中p）が、判別結果（図6 B中o）がNoの場合には、出力パラメータの更新記憶を行わずに、後続の判断要素の処理に移行し、図7のアクションプログラムユニットE（ジタバタ）の行の表示に従って、「now action」の入力パラメータが「1」であり、かつ、

「left eye」と「right eye」の双方の入力パラメータが共に「1」であるかどうか、即ち、停止中の状態下で、視野内の前に障害物が存在するかどうかを判別（図6B中q）し、判別結果がYesの場合には、同様にして、同図同行の右側の一覧表の部分の表示に従って、出力パラメータを各別に設定する（図6B中r）が、判別結果（図6B中q）がNoの場合には、出力パラメータの更新記憶を行わずに、後続の判断要素の処理に移行し、図7のアクションプログラムユニットI（停止）の行の表示に従って、「dark」の入力パラメータが「1」であるかどうか、即ち、アクション空間内が暗いかどうかを判別（図6B中s）し、判別結果がYesの場合には、同様にして、同図同行の右側の一覧表の部分の表示に従って、出力パラメータを各別に設定する（図6B中t）が、判別結果（図6B中s）がNoの場合には、出力パラメータの更新記憶を行わずに、選択されたアクションプログラムユニットを特徴付けるところの、出力パラメータに対して出力パラメータ変換処理（図6B中u）を実行することで、後続のアクションプログラムユニット実行処理（図4中j）において、アクチュエータとしての電動機13、14を駆動するためのモータドライバユニット11、12の制御に好適なアクチュエータ対応のパラメータを確保してから、メインルーチンにリターンする（図6B中v）。

総括的なアクションユニット選択手段Cを実現すべく実行されるところの、上記のアクションプログラムユニット選択処理（図6A、6B）にあっては、設定済みの5個の入力パラメータを判断要素として、複数のアクションプログラムユニットの中から、所定の1つのアクションプログラムユニットを選択する際に、複数のアクションプログラムユニットの論理的優先順位の指定により規定される選択判断アルゴリズムに従う点で特徴付けられているものである。ここで選択処理（図6A、6B）の実例の場合、図7に示されるように、9種類のアクションプログラムユニットA～Iを図6A、6Bのフローチャートにおいて、アクションプログラムユニットごとの判断要素をユニットA→B→C→D→G→F→H→E→Iの処理順序で実行することで、逆順のユニットI→E→H→F→G→D→C→B→Aの論理的優先順位が指定され、これにより、アクションプログラムユニットの選択判断アルゴリズムが形成される。そして、ここで形成される選択判

断アルゴリズムは、複数のアクションプログラムユニットの時系列上の逐次的実行配列を支配することで、逐次的に実行される各別のアクションプログラムユニットにより規定され、「action」「action time」「duty」の3個の出力パラメータによって特徴付けられる各別のアクションユニットの時系列上の逐次的配列を結局のところ支配し、これにより、複数のアクションユニットの時系列上のつながりの総体という表現で昆虫ロボットの性格付けを行うものである。かくて、ここでの複数のアクションプログラムユニットの時系列上の逐次的実行配列で規定される複数のアクションユニットの時系列上のつながりの総体は、一例として、「臆病者タイプ」と俗称されるような性格を表現しているが、複数のアクションプログラムの種類揃えと、それらの時系列上の逐次的実行配列いかによって、種々の性格付けが可能であることは論を待ない。例えば、別の選択処理（図8A、8B）の実例の場合、図9に示されるように、8種類のアクションプログラムユニットA～Hを図8A、8Bのフローチャートにおいて、アクションプログラムユニットごとの判断要素をユニットA→B→C→D→E→F→G→Hの処理順序で実行することで、逆順のユニットH→G→F→E→D→C→B→Aの論理的優先順位が指定され、これにより、別の選択判断アルゴリズムが形成される。かくて、ここでの複数のアクションプログラムユニットの時系列上の逐次的実行配列で規定される複数のアクションプログラムユニットの時系列上のつながりの総体は、別の一例として、「猪突猛進タイプ」と俗称されるような性格を表現している。さらに、これらのタイプ別の性格付けに関しては、選択判断アルゴリズム自体のほか、採用可能な複数のアクションプログラムの各々により規定される各別のアクションユニットを特徴付けるところの出力パラメータの種類と分量によっても、きめ細かに調整可能であることは言うまでもない。

ここで実施の形態としてのアクションプログラムユニット選択処理（図6A、6B、図8A、8B）のプログラム自体は、昆虫ロボットの製作時に、個体ごとの性格付けに応じたソフトウェア構成として固定的に組み込まれているものであるが、製作時に固定的に組み込まれていなければならない特段の理由もないのに、各別の性格付けに応じて予め用意されているアクションプログラムユニット選択処理のプログラムをROMに格納しておいて、このようなROMを事後的に各

別の個体に対して装着ないし交換することで、事後的にプログラムの書き込みないし書き換えを行ってもよいし、パーソナルコンピュータなどの外部装置から通信線経由で事後的、遠隔的に各別の個体に対してプログラムを転送して格納してもよい。

図6Bに戻って、アクションプログラムユニット選択処理の最終ステップの処理として実行される出力パラメータ変換処理（図6B中u）は、リターン（図6B中v）後のメインフローで個体間応待アクションユニット実行手段Jを含むアクションユニット実行手段Dを実現すべく実行されるアクションプログラムユニット実行処理（図4中j）において、モータドライバユニット11、12を制御するのに好適なアクチュエータ対応のパラメータを確保すべく、各別のアクションプログラムユニットの選択により規定されるアクションユニットを特徴付けるところの「action」「action time」「duty」の3個の出力パラメータのうちの「action」をそのようなアクチュエータ対応のパラメータに変換するものである。即ち、図10A～10Cのアクション／モータ制御対応関係説明図に示されるように、「action」の出力パラメータの種類（内容）は、昆虫ロボットの挙動単位の観点から、「前進」「右旋回」「左旋回」「後退」「ジタバタ」「威嚇」「挨拶」「逃避」「停止」に区分されているが、かかる区分の挙動単位を左側脚動輪7a、7b、7cを回転駆動するためのアクチュエータとしての左側電動機13（図2）と、右側脚動輪8a、8b、8cを回転駆動するためのアクチュエータとしての右側電動機14（図2）の各々における「正転」「逆転」「停止」の運転モードに關係付けるのがここに言うアクチュエータ対応のパラメータへの変換ということである。このようなアクチュエータ対応のパラメータと「action time」「duty」の出力パラメータの双方に基づいて、既述の図3に示されるような定義入力論理値対応の「正転」「逆転」「停止」の運転モードで、「action time」の出力パラメータ値で表される持続時間の分だけ、「duty」の出力パラメータ値で表される回転速度で両電動機13、14を駆動制御するのに、マイクロコンピュータ10の1対の出力ポート#5out、#6outから左側モータドライバユニット11（図2）の1対の入力端子IN1、IN2に対して、そして、別の1対の出力ポート#7out、#8outから右側モータドライブユニット12（図2）の1対

の入力端子 IN 1、IN 2に対して入力されるべき論理値の時系列上の遷移について、左右の脚部手段 8、9 の動きと、その結果として表現される昆虫ロボット自体の挙動単位との対応関係において説明する説明図が図 10 A、10 B、10 C である。

ここで図 4 に戻って、フェロモン信号受信処理（図 4 中 c）のサブルーチンに飛んだマイクロコンピュータ 10 は、フェロモン信号受信処理を開始し（図 11 中 a）、他の個体からのフェロモン信号を受信したかどうかを判別（図 11 中 b）するが、この場合、マイクロコンピュータ 10 は、フォトトランジスタ 3（図 2）が光電的に感受する受信フェロモン信号を增幅回路 3a 経由で入力ポート #2 IN に取り込んで、該信号の存否を判別する。ここでの判別結果（図 11 中 b）が NO の場合には、マイクロコンピュータ 10 は、メインフローにリターンして（図 11 中 e）、100 ms 間隔の動作基準時点の到来まで繰り返して（図 4 中 d）、フェロモン信号の受信判別（図 11 中 b）を実行する。一方、フェロモン信号が受信されて、ここでの判別結果（図 11 中 b）が YES に転ずると、マイクロコンピュータ 10 は、種別の識別処理を実行することで、個体間応待関係識別手段 G を実現すべく、他の個体から受信された受信フェロモン信号により表される相手識別情報、典型的には、既述の図 5 に例示されるような「A タイプ」「B タイプ」「C タイプ」のタイプ区分情報と、自己の個体に固有に予め設定されている自己識別情報、典型的には、同様に、図 5 に例示されるような自己のタイプ区分情報に基づいて、自己の個体と他の個体の間に予め設定されている個体間応待関係、典型的には、図 12 に示されるような、「タイプ」どうしの間で定義される「強種」「弱種」「同種」の個体間応待関係を識別して、これを「pheromone」の入力パラメータとして設定して（図 11 中 d）からメインフローにリターンする（図 11 中 e）。ここでの個体間応待関係としては、「タイプ」どうしの間で定義される「強種」「弱種」「同種」のものが例示されているが、その例に限られることはなく、「タイプ」どうしの間でのものとしては、「雄」「雌」の個体間応待関係であってもよいし、個体どうしを唯一に特定するものとしては、「雄親」「雌親」「子供#1」「子供#2」の個体間応待関係でも、「番（つがい）」の個体間応待関係でもよい。さすれば、「強種」や「弱種」の個体間応待

関係に特徴付けられて出現する「逃避」や「威嚇」の挙動単位が別の挙動単位に置き換えられるのは、生き物の生態に照らして当然の事柄である。

再び図4に戻って、入力パラメータ設定処理（図4中g）のサブルーチンに飛んだマイクロコンピュータ10は、入力パラメータ設定処理を開始し（図13中a）、左側発光ダイオード2aを点灯し（図13中b）てから、反射光を受光しているかどうかを判別（図13中c）するが、この場合、マイクロコンピュータ10は、出力ポート#1outから左側発光ダイオード2a（図2）に駆動信号を送り、反射光を感受するフォトトランジスタ3により検出される障害状態信号を障害物対応の環境状態信号として增幅回路3a経由で入力ポート#2INを取り込んで、障害状態信号の存否を判別する。反射光が受光されて、判別結果（図11中c）がYesの場合には、「left eye」の入力パラメータとして「1」を設定し（図11中d）、一方、反射光が受光されずに、判別結果（図11中c）がNoの場合には、「left eye」の入力パラメータとして「0」を設定して（図11中e）から、左側発光ダイオードを消灯する（図11中f）。

次いで、マイクロコンピュータ10は、同様にして、右側発光ダイオード2bを点灯し（図13中g）てから、反射光を受光しているかどうかを判別（図13中h）し、反射光が受光されて、判別結果（図13中h）がYesの場合には、「right eye」の入力パラメータとして「1」を設定し（図13中i）、一方、反射光が受光されずに、判別結果（図11中h）がNoの場合には、「right eye」の入力パラメータとして「0」を設定して（図13中j）から、右側発光ダイオードを消灯する（図13中k）。続いて、マイクロコンピュータ10は、硫化カドミニウムセル4からの感受信号を明るさ（暗さ）対応の環境状態信号として入力ポート#1INを取り込んで、環境状態信号の存否を判別する。外光が感受されずに判別結果（図13中l）がYesの場合には、「dark」の入力パラメータとして「1」を設定し（図13中m）、一方、外光が感受されて、判別結果（図13中l）がNoの場合には、「dark」の入力パラメータとして「0」を設定して（図13中n）から、メインフローにリターンする（図13中o）。

続いて、図14～図30を参照しながら、請求項9～16記載の発明の実施の形態を以下に説明する。ここでの実施の形態は、1つのセンサ識別ユニットとそれ

に連なる 1 又は複数のアクションユニットで構成されるインストラクションユニットのコンセプトを導入し、そのようなインストラクションユニットに関する設定・記憶処理の点と、そのようなインストラクションユニット中のアクションユニットに関する選択処理の点において、ここまでに説明された請求項 1 ~ 8 記載の発明の実施の形態に対しての専らの特徴的な相違を呈するものである。

図 14 はインストラクションユニット設定手段 L としての通常的なキーボードを備えたマイクロコンピュータにおける操作画面の説明図であり、昆虫ロボットごとの性格付けなどの観点から、選択指定可能な複数のパネルのうちの 1 つであるパネル 1 に括られる複数のインストラクションユニットの配列に関し、操作者による適宜のキーボード操作により、操作画面上に形成されている様子を示しており、これにより、インストラクションユニット設定手段 L 上に設定され、又は、設定された一連のインストラクションユニットの視認による確認を可能にしている。図 14 中で、例えば、ハッチングの施されている最下行に現れているように、1 つのセンサ識別ユニットとしての「左の触覚」ないし後述の「左の障害物に当たった」に対して右側に向かって、複数のアクションユニットとしての「ストップ・1 秒・不許可」「右回転・3 歩・不許可」が連結されるように配置されて、ここに、1 つのインストラクションユニットが設定されている。

これを具体例として見るならば、例えば、第 3 行に現れるインストラクションユニットは、センサ識別ユニット「何もない」に対して 1 つのアクションユニット「前進・1 歩・許可」が連結されるように、配置され、次いで、第 2 行のそれは、センサ識別ユニット「右の触覚」ないし後述の「右の障害物に当たった」に対して 2 つのアクションユニット「バック・3 歩・不許可」「左回転・3 歩・不許可」が連結されるように配置され、さらに、その下の行に既述のハッチングの施されたインストラクションユニットが配置されている。これらのインストラクションユニットに関しては、各行のセンサ識別ユニットに対して、それに対応するハードウェア上のセンサ類の反応依存の判別処理により、各別のセンサ識別ユニットが判別されたことに起因して、順次的に実行されるべきアクションの種類やその種類のアクションの実行継続分量などを、操作者によるキーボード上でインストラクションユニット構築操作より、予め関係付けておいて、そのようなイ

ンストラクションユニットの複数行の配列を1つのパネルに括り、これにより、外部環境対応の昆虫ロボットの挙動を操作者の意思通りに、プログラムすることで、昆虫ロボットの自由で広範囲な性格付けを可能にするものである。なお、図14中のインストラクションユニットの最上行から最下行に至るまでの行位置は、後述するように、実行の優先順位を規定している。図14中の1つのセンサ識別ユニットのワード構成は、図15Aに示されるように、「センサ識別ユニットの種類（番号）」を表すものであり、これらすべての「センサ識別ユニットの種類（番号）」とハードウェア上のセンサからの入力パラメータの条件との対応関係を一覧表の形式で図示しているのが図18である。ここで「入力パラメータの条件」自体は、図7、図9中の入力パラメータの条件と基本的に共通の性質のものであり、特に、「left-eye」「right-eye」「pheromone 1~3」「dark」は、同一のパラメータである。但し、図7、図9のものでは、対応左欄において、所定のアクションプログラムユニットに対して固定的に対応付けられているのに対し、図18のものでは、対応左欄において、固定的に対応付けられているのが、アクションユニットではなく、センサ識別ユニットである点の相違が特徴的である。さらに図14中の1つのアクションユニットのワード構成は、図15Bに示されるように、左側から記載の順序に、「アクションの種類（番号）」、「オペランド」、実行継続分量としての「継続時間又は歩数又は回数」、実行中のアクションユニット（自己）に対する「割り込み許可／不許可」の連なりを表すものであり、これらすべての対応関係を一覧表の形式で図示しているのが図19である。ここでは、「オペランド」が、「アクションの種類（番号）」をさらに細区分したり、1種類のアクションの実行速度を細区分したりするための補助的操作値として使用されているものの、「アクションユニット」の規定自体は、図7、図9中の「出力パラメータ」と基本的に共通の性質のものであり、とくに、「前進」「バック」「右回転」「左回転」「ジタバタ」「威嚇」「挨拶」は、実質的に同等のアクションユニットを意味している。

図16は、一連のインストラクションユニットを読み出し可能に記憶すべく、RAM（ランダムアクセスメモリ）などで通常的に構成されるインストラクションユニット記憶手段Mとしてのインストラクションユニットテーブルの記憶領域の

構成を模式的に例示する説明図であり、アドレスの「0」番地から「3」番地までには、パネル1～パネル4の各パネルの開始アドレスの「5」番地、「14」番地、「20」番地、「23」番地の数値（間接アドレス）が各別に記憶されており、パネル1として括られる「5」番地から「13」番地には、図14に例示されている3行3個のインストラクションユニットがそのまま例示的に記載されている。ところで、図19のアクションユニットの種類の中に現れる「パネル1へ」～「パネル4へ」に関しては、例えば、パネル1において、判別されたセンサ識別ユニットを含むインストラクションユニットを構成するアクションユニット群の中に例えば、「パネル3へ」が配置されている場合には、図17中に矢印で例示されるように、その「パネル3へ」が実行される時点で、パネル1で括られるインストラクションユニットの実行をパネル3で括られる別のインストラクションユニットの実行に切り換えるためのアクションユニットとして働き、1つのパネルに着目すれば、それ以外のすべてのパネルに向けてのインストラクションユニットの実行の切り換えが可能である。かくて、このようなパネルの切り換え操作により、図14の操作画面上の1つのパネル上で性格付けられる昆虫ロボットを別のパネル上で性格付けられるものに変えることができる。図4のメインフローチャートに相当する図20のメインフローチャートにおいて、プレイ実行処理（図20中a）が開始されると、マイクロコンピュータ10は、専ら、図24A～図24Dのアクションユニット選択処理に備えて、初期設定処理（図20中b）を実行してから、フェロモン信号受信処理（図20中c）の実行に移る。この処理は、基本的には、図4中cのフェロモン信号受信処理と同じであるが、図21に示されるこの処理のサブルーチンのフローチャートを図11のそれを対比すると明らかのように、伝達フェロモンの受信処理と空間フェロモンの受信処理を含むフェロモン識別処理（図21中d）の点の相違が特徴的である。但し、ここでは、アクション空間内に存在する他の昆虫ロボットの固体に特有に予め設定されたA種、B種、C種などの相手識別情報を表す相手フェロモン信号のほかに、設定されたアクションユニットの種類としての情報伝達、例えば、「仲間を呼ぶ」ための情報伝達や「仲間を脅かす」ための情報伝達を行う伝達フェロモン信号と、アクション空間内に存在する昆虫ロボット以外の固定物から発せ

られるフェロモン信号、例えば、花のフェロモン信号とを受信フェロモン信号として識別可能に受信するのが、フェロモン信号受信処理（図20中c）であり、この処理により、フェロモン信号受信手段Fが拡張的に実現される点の言及に、ここでは留めておく。なお、サブルーチンのフェロモン識別処理（図21中d）では、相手フェロモン信号の識別に関し、例えば、A種、B種、C種などの相手識別情報の識別可能な受信処理の実行に留まり、図12に示されるような固体間の応待関係の識別処理は行われない。

図20のメインフロー上のマイクロコンピュータ10は、図11のサブルーチンの場合と同様に、図21のサブルーチンを実行することで、図18に示されるように、センサ識別ユニット「A種がいる」「B種がいる」「C種がいる」対応のセンサからの入力パラメータの条件としての「pheromone 1」「pheromone 2」「pheromone 3」を各別に設定し、同様にして、センサ識別ユニット「伝達フェロモン1を受信」「伝達フェロモン2を受信」対応の「pheromone 4」「pheromone 5」を各別に設定し、さらに、センサ識別ユニット「空間フェロモン1を受信」対応の「pheromone 6」を設定してから、図4中dの処理と同等の100msの時計処理（図20中d）を実行し、図4中eの処理と同等のタイマリセット処理（図20中e）を実行し、さらに、図4中fの処理に対応するフェロモン信号発信処理（図20中f）を実行する。図4中fのフェロモン信号発信処理での自己識別情報（フェロモン信号受信処理における相手識別情報）としての発信フェロモン信号が図5に整理されており、図20中fのフェロモン信号発信処理での発信フェロモン信号を整理したものが図22である。図22には、伝達フェロモン1対応の「pheromone 4」、伝達フェロモン2対応の「pheromone 5」、空間フェロモン1対応の「pheromone 6」に関しての発信フェロモン信号のパルス波形が追加収録されている。ここで伝達フェロモン1の発信と伝達フェロモン2の発信は、インストラクションユニット中のアクションユニットの種類として図19中にも収録されており、操作者の適宜のキーボード操作により設定可能である。

図20のメインフロー上のマイクロコンピュータ10は、さらに、センサ識別ユニット判別処理（図20中g）を実行することで、ハードウェア上のセンサ類の反応状態から所与の判別アルゴリズムに基づいて、センサ識別ユニットを判別し

、換言すれば、図18中の右側の「センサからの入力パラメータの条件」を左側の「センサ識別ユニットの種類」に対して対応付けることにより、センサ識別ユニット判別手段Kを実現する。センサ識別ユニット判別処理（図20中g）に入ったマイクロコンピュータ10は、図23A～図23Cのサブルーチンのフローに飛んで、ハードウェア上のセンサ類の状態を順次に読み取る。ハードウェア上のセンサ類のうち、「left-eye」「right-eye」「dark」「bright」は、図6A、図6B、図8A、図8Bのアクションプログラム選択処理中に読み取られているものと同等のものである。「left-touch」「right-touch」は、「障害物に当たった」かどうかの障害物接触状態を検出するためのタッチセンサであり、昆虫ロボットの電気的ハードウェアの構成を示す図2のブロック図に対応する図28のブロック図に示されているように、昆虫ロボットの頭部1aから前進方向に張り出した接触体としてのフォーミングの施された1対の金属製針状体15a、15bの基部を公知公用の機械的変位スイッチに連結して構成したもの16a、16bである。これら1対のタッチセンサ16a、16bの障害物接触状態信号としての接点出力は、各別に、マイクロコンピュータ10の入力ポート#3、#4に接続されている。「do-not-work」は、昆虫ロボットが「動けない」かどうかの走行阻止状態を検出するための脚動輪回転同期センサであり、図28のブロック図に示されているように、脚動輪6a、6b、6c、7a、7b、7cに対して公知公用の回転同期センサを光学的又は磁気的に連結して構成したもの17、18である。これら1対の回転同期センサ17、18の走行阻止状態信号としての出力信号は、各別にマイクロコンピュータ10の入力ポート#5、#6に供給されている。「front-eye」は、昆虫ロボットの「前に何かある」かどうかの障害状態を検出するための「left-eye」「right-eye」と同等の光学的(LED・フォトトランジスタ構成)な近接スイッチであり、図28のブロック図に示されているように、頭部1aの前進方向に臨んで中央に設けられた「left-eye」「right-eye」用のフォトトランジスタ3が共用される。これらの状態検出手段は、既述のた「left-eye」「right-eye」「dark」「bright」の状態検出手段と相俟って、外部状態検出手段AAを構成する。

「trigger-time-10」「trigger-time-20」「trigger-time-30」「trigger-time-60」

は、自己のリセット時点からの経過時間として、10秒、20秒、30秒、60秒を各別に計時するためのタイマであり、これらのタイマの計時完了自体がセンサ識別ユニットの種類として、図18中の下部に示されている。ハードウェア上のセンサ類の状態を順次に読み取りながら、コンピュータ10は、図23A中b以下の処理を実行するが、これらの処理は基本的には、図6A～図6B、図8A～図8Bのアクションプログラムユニット選択処理の中央部分のものと同等である。但し、図23A～図23Cのものは、図6A～図6B、図8A～図8Bのもののように、右側のアクションプログラムユニットとの間に固定的な対応関係を持たない点の相違が特徴的である。

図23A～図23Cのフローチャートにおいて、図23A中b～fの処理は、センサ識別ユニット「左に何かある」を判別し、図23A中g～kの処理は、センサ識別ユニット「右に何かある」を判別し、図23A中l～nの処理は、センサ識別ユニット「前に何かある」を判別し、図23A中o～sの処理は、センサ識別ユニット「前が明るい」とセンサ識別ユニット「前が暗い」を判別し、図23B中t～vの処理は、センサ識別ユニット「左の障害物に当たった」を判別し、図23B中w～yの処理は、センサ識別ユニット「右の障害物に当たった」を判別し、図23B中z～zbの処理は、センサ識別ユニット「前の障害物に当たった」を判別し、図23B中zc～zhの処理は、センサ識別ユニット「動けない」を判別し、図23C中zj～zkは、タイマの60秒リセット処理であり、図23C中zl～zmの処理は、センサ識別ユニット「10秒経過」を判別し、図23C中zn～zoの処理は、センサ識別ユニット「20秒経過」を判別し、図23C中zp～zqの処理は、センサ識別ユニット「30秒経過」を判別し、図23C中zr～zsの処理は、センサ識別ユニット「60秒経過」を判別する。そこでのセンサ識別ユニット「10秒経過」「20秒経過」「30秒経過」「60秒経過」を判別する処理（図23C中zi～zs）により、トリガ信号生成手段Qが実現される。

センサ識別ユニット判別処理のサブルーチン（図23A、図23B、図23C）の実行を終了してから、メインルーチンに戻り（図23C中zt）、後続のアクションユニット選択処理（図20中h）を実行すべくさらに、続いて、アクショ

ンユニット選択処理のサブルーチン（図20中h、図24A中a）に飛んだマイクロコンピュータ10は、以降図24A、図24B、図24C、図24Dのフローに従ってアクションユニット選択処理を実行することで、主として、アクションユニット順次選択手段Nとアクションユニット優先選択手段Oを実現する。ここでの処理に関しては、説明理解の容易化のために、図14と図16の参照のものとし、既に言及されているパネル1上でのインストラクションユニットの設定例の処理を行う場合を想定した具体的な動作説明としておこう。

アクションユニット選択処理を開始する（図24A中a）マイクロコンピュータ10は、図20のメインルーチンにおける初期設定（図20中b）が行われた状態で、先ずnow-interruptが1か否かを判別する（図24A中b）ことで、現在実行中のアクションユニットに対する割り込み処理が許可されるか否かを判別するが、now-interrupt=1に初期設定（図20中b）されているので、ここでの判別結果はYesであり、マイクロコンピュータ10は、read-address=data-table(pannel-number-1)を実行する（図24A中c）ことで、インストラクションユニットテーブルの「pannel-number-1」の番地の内容をread-addressとして読み出しが、この場合、選択されているのがパネル1（図20中b）であり、pannel-number[1]-[1] = [0]であるので、data-table(0)となり、このテーブルの「0」番地の内容である「5」をread-addressレジスタに読み出して、そこに、read-addressとして一時的に記憶する。次いで、マイクロコンピュータ10は、read-data-data-table(read-address)を実行する（図24A中d）ことで、現在read-addressの内容が「5」であるので、インストラクションユニットテーブルの「5」番地の内容であるセンサ識別ユニット「何もない」をread-data レジスタに読み出して、そこにread-dataとして一時的に記憶する。その後にマイクロコンピュータ10は、read-addressの内容に1を加算して、ポインタとしてのread-addressの内容をインストラクションユニットテーブルの「6」番地に移す。続いて、マイクロコンピュータ10は、read-dataの内容が、センサ識別ユニットであるのか、アクションユニットであるのか、エンドコマンドであるのかを判別する（図24A中e）が、この場合、read-dataの内容がセンサ識別ユニット「何もない」であるので、ここでの判別結果は、「センサ識別ユニット」となり、次いで

、read-sensor=read-data を実行する（図24A中f）ことで、識別ユニット「何もない」をread-sensor レジスタにread-sensor として記憶して、これを一旦確定する。ここでの判別結果（図24A中e）が「アクションユニット」である場合には、マイクロコンピュータ10は、図24A中dの処理に戻って、繰り返しの処理を実行することで、インストラクションユニットテーブル（図16）をアドレス（番地）順に走査して、識別ユニットを探査する。続いてマイクロコンピュータ10は、sensor(read-sensor)=1?の判別を実行する（図24A中g）ことで、該当のセンサ識別ユニット「何もない」が、目下、センサ識別ユニット判別処理（図23）において判別されているか否か、換言すれば、判別アルゴリズムが成立するようにハードウェア上のセンサ類が反応しているかどうかを判別し、判別結果がNoで、センサ類が反応していない場合には、図24A中dの処理に戻って、同図中gの処理までの繰り返しの実行により、センサ類の反応によるセンサ識別ユニットの判別を探査しながら待つ。しかるところ、ここで該当のセンサ識別ユニット「何もない」はセンサ識別ユニット判別処理の判別アルゴリズム上、常に成立し、sensor(read-sensor)=1、すなわち、read-sensor として、一旦確定されているセンサ識別ユニット「何もない」の内容が判別状態を表す「1」に転じているので、ここで判別結果（図24A中g）は、Yesとなる。すると、マイクロコンピュータ10は、E-E経由で図24Bのフローの実行に移り、read-data=data-table(read-address)を実行する（図24B中h）ことで、インストラクションユニットテーブルの「6」番地のユニットアクション「前進・1歩・許可」（図16）を新たなread-data として読み出しながら、read-addressの内容に1を加算して、ポインタをインストラクションユニットテーブルの「7」番地に移す。

続いて、マイクロコンピュータ10は、該当のアクションユニット「前進・1歩・許可」がアクションユニットであるのか、センサ識別ユニットであるのか、エンドコマンドであるのかを判別する（（図24A中i）が、この場合、read-data の内容がアクションユニット「前進・1歩・許可」であるので、ここで判別結果は、「アクションユニット」となり、次いで、read-action=(read-data)、read-operand=(read-data)、read-time=(read-data)、read-interrupt=(read-data)を

実行する（図24B中j）ことで、該当のアクションユニット「前進・1歩・許可」のワード構成（図15B）から、アクションの種類「前進」を表す番号「1」と、オペランドの「0」と、継続時間、歩数、回数で表される実行継続分量「1」と、このアクションユニットの実行に対する割り込み処理の許可を表す「1」（不許可を表す場合には「0」）を切り出して、read-action レジスタ、read-operandレジスタ、read-time レジスタ、read-interruptレジスタに各別に記憶して、これらを一旦確定する。続いて、マイクロコンピュータ10は、interrupt-address=read-addressを実行する（図24B中k）ことで、図24B中hでのread-addressへの加算処理で歩進した後のポインタとしてのread-addressの内容で指定されるインストラクションユニットテーブル（図16）の「7」番地をinterrupt-address レジスタに、interrupt-address として記憶して、これを一旦確定してから、B-B経由で図24A中dの処理に戻る。すると、マイクロコンピュータ10は、ポインタとしてのread-addressの内容で指定される「7」番地のセンサ識別ユニット「右の障害物に当たった」をインストラクションテーブル（図16）からread-data として読み出して更新記憶し、read-addressの内容を「8」に歩進させる（図24A中d）。該当のセンサ識別ユニットの判別結果（図24A中e）は、Yesであるので、マイクロコンピュータ10は、該当のセンサ識別ユニットをread-sensor として更新確定してから、該当のセンサ識別ユニット対応のセンサ類の反応を判別する（図24A中g）が、ここで反応がないと仮定すると、判別結果（図24A中g）がNoとなり、図24A中d以下の処理を続行する。このとき、read-addressの内容は「8」であるので、マイクロコンピュータ10は、インストラクションユニットテーブル（図16）の「8」番地からアクションユニット「バック・3歩・不許可」をread-data として読み出してから、read-addressの内容を「9」に歩進させる（図24A中d）が、この場合、直前のセンサ識別ユニット「右の障害物に当たった」対応のセンサ類が非反応状態だったので、該当のアクションユニットを判別して（図24A中e）、図24A中dの処理に戻って、センサ識別ユニットの探査を続ける。このとき、read-addressの内容は「9」であるので、「9」番地からアクションユニット「左回転・3歩・不許可」（図16）が読み出されて、ポインタとしてのread-a

ddressの内容は「10」に歩進するが、同様に該当のアクションユニットを判別して（図24A中e）、図24A中dの処理に戻る。

その結果、この段階では、「10」番地のセンサ識別ユニット「左の障害物に当たった」（図16）がread-dataとして読み出されて、ポインタのread-addressの内容が「11」に歩進し（図24A中d）、センサ識別ユニットが判別されて（図24A中e）、read-sensorが該当のセンサ識別ユニットを更新して確定し（図24A中f）、該当センサ識別ユニット対応のセンサ類の反応が判別される（図24A中g）が、ここで反応がないと仮定すると、判別結果（図24A中g）がNoとなり、同様に、図24A中d以下の処理を繰り返し実行することで、反応のあるセンサ識別ユニットの探査が続行されて、やがて、read-addressが「13」まで増加する。

この段階で、マイクロコンピュータ10が、インストラクションユニットテーブルの「13」番地からエンドコマンドをread-dataとして読み出して、ポインタのread-addressの内容を「14」に歩進させて（図24A中d）から、read-dataのエンドコマンドを判別して（図24A中e）、D-D経由で、図24Cのフローに移る。ここで、マイクロコンピュータは、interrupt-addressがnow-addressよりも大か否かを判別する（図24C中1）が、この場合、now-addressは「0」に初期設定（図20中b）されており、interrupt-addressには、「7」が記憶されている。ここでinterrupt-addressの「7」は、最初に反応のあったセンサ識別ユニット「何もない」が判別された（図24A中g）際のread-addressの「6」番地が1つ歩進した後（図24B中h）にinterrupt-address=read-addressの処理（図24B中k）で記憶されたものであり、反応のあったセンサ識別ユニットが格納されているインストラクションユニットテーブル上の順次直後のアドレスを表している。従って、「0」<「7」であるので、ここでの判別結果（図24C中1）が、Yesとなり、マイクロコンピュータ10は、now-action=read-action、now-operand=read-operand、now-time=read-time、now-interrupt=read-interruptを実行する（図24C中m）ことで、図24B中jの処理で、read-action、read-operand、read-time、read-interruptとして切り出されて記憶されているところのアクションユニット「前進・1歩・許可」のワード構成の各別

の部分をnow-action、now-operand、now-time、now-interruptとして各別に更新記憶させる。さらに、マイクロコンピュータ10は、now-address=interrupt-addressを実行する(図24C中m)ことで、now-addressとして、この時点のinterrupt-addressの「7」を記憶させるとともに、now-sensor=read-sensorを実行する(図24C中m)ことで、図24A中fの処理により、最初に反応のあったセンサ識別ユニット「何もない」を記憶しているread-sensorの記憶内容をnow-sensorとして記憶させる。ここでの処理(図24C中m)により、実行すべきアクションユニットが確定されて、実行を待つことになる。

続いて、マイクロコンピュータ10は、確定されたnow-sensorのセンサ識別ユニットが、センサ識別ユニット番号16、17、18、19で表される「10秒経過」「20秒経過」「30秒経過」「60秒経過」(図18)である場合には(図24C中n)、10秒、20秒、30秒、60秒の各別のトリガタイマをリセットして(図24中C01~04)から、それ以外のセンサ識別ユニットの場合には、そのまま直ちに、now-time=0を判別する(図24C中p)ことで、該当のアクションユニットが実行中であって、now-timeがアクションユニットの実行継続分量の値から0に向かって減少中であるかどうか判別し、実行中であって、判別結果(図24C中p)がNoである場合には、リターン処理(図24C中q)経由でメインルーチン(図20)に復帰する。実例の場合には、アクションユニット「前進・1歩・許可」中に実行継続分量の「1」が書き込まれているので、ここで判別結果(図24C中p)がNoとなり、ここで初めてメインルーチン(図20)に復帰して、該当のアクションユニットの実行が開始される。メインルーチンでは、100msごとの間欠処理(図20中d)の実行により、now-timeからの減算処理(図20中j)が繰り返されて、now-timeが0になるまで(図24C中p)、該当のアクションユニットの実行の継続が確保される。

該当のアクションユニット「前進・1歩・許可」の実行が継続して、実行継続分量が実現し終ると、now-time=0?の判別結果(図24C中p)がYesに転ずるので、マイクロコンピュータ10は、read-address=now-addressの処理を実行する(図24C中r)ことで、図24C中mの処理で記憶されたnow-addressの「7」をread-addressとして記憶する。この時点までに、read-addressは「14」

まで増加しているのであるが、これをここで、「7」に変更したのは、インストラクションユニットテーブルの「6」番地のアクションユニット「前進・1歩・許可」以降に続くかもしれないアクションユニットを探査するための処理である。

続いて、マイクロコンピュータ10は、インストラクションユニットテーブルの「7」番地からセンサ識別ユニット「右の障害物に当たった」を読み出して、read-addressを「8」に増やし（図24C中s）、read-data=アクションユニット？を判別する（図24D中t）が、ここでの判別結果は、Noであるので、now-address=0でリセットして（図24D中x）から、G-G経由で図24Aのフローの実行に移り、図24A中cの処理に戻って、その間のセンサ識別ユニットの判別でのセンサ類の反応対応の変化を探査する処理を続ける。

例えば、今、インストラクションユニットテーブルの「6」番地のアクションユニット「前進・1歩・許可」の実行中に「10」番地のアクションユニット「左の障害物に当たった」対応のセンサ類の反応が判別された場合を想定すると、マイクロコンピュータは以下の処理を行う。now-action= 前進、now-operand=0、now-time= 1歩、now-interrupt=可、now-address=「7」、now-sensor= センサ識別ユニット「何もない」、interrupt-addres「7」の条件下で、マイクロコンピュータ10が、アクションユニット選択処理を開始すると、既述の処理が、アクションユニット「前進・1歩・許可」まで行われて、read-addressが「7」、interrupt-addresが「7」の状態を確保し（図24B中k）、B-B経由で図24A中のdの処理に戻り、反応対応センサ識別ユニットの探査を行う（図24A中e以降）。「7」番地のセンサ識別ユニットは、ここでは非反応であるので、マイクロコンピュータ10は、「10」番地のセンサ識別ユニット「左の障害物に当たった」の探査まで進み、該当のセンサ識別ユニット対応のセンサ類の反応を判別する（図24A中g）と、次の「11」番地に進んで（図24B中h）、アクションユニットの探査を行う（図24B中i以降）。この場合、「11」番地のアクションユニット「トップ・1秒・不許可」がread-dataとして読み出されて、read-addressが「12」に歩進する（図24B中h）。そして、read-action= ストップ、read-operand= 普通速度、read-time= 1秒、read-interrupt=0

(不許可) が切り出される (図 24 B 中 j)。このとき、read-address が「12」であるので、interrupt-address も「12」に書き換えられる (図 24 B 中 k)。続いて、マイクロコンピュータ 10 は、B-B 経由で図 24 A 中 d の処理に戻って、「13」番地のエンドコマンドを読んで、これを判別して (図 24 A 中 e)、D-D 経由で図 24 C 中 1 の処理に進み、now-address < interrupt-address=1? を判別するが、この場合、実行中のアクションユニット「前進・1歩・許可」の「6」番地の次の番地を表す now-address は「7」であり、一方、センサ識別ユニット対応の新たなアクションユニット「ストップ・1秒・不許可」の「11」番地の次の番地を表す interrupt-address は「12」であり、interrupt-address の方が大であるので、判別結果 (図 24 C 中 1) が Yes に転じ、より優先順位の高い「11」番地のアクションユニットが読み出される。その結果、now-action=ストップ、now-operand=0、now-time=1秒、now-interrupt=不可が切り出され、now-address=「12」、now-sensor=センサ識別ユニット「左の障害物に当たった」に更新記憶される (図 24 C 中 m)。該当のアクションユニットは、割り込み不許可であるので、now-time=0? の判別結果 (図 24 C 中 p) が Yes に転じて、アクションユニットの実行が終了するまで、新たなアクションユニットの選択は行われない。そして、該当のアクションユニットの実行が終了したときに、図 24 C 中 p の判別が Yes に転じ、マイクロコンピュータ 10 は、now-address の「12」を read-address として記憶し (図 24 C 中 r)、「12」番地のアクションユニット「右回転・3歩・不許可」を読み出してから、read-address を「13」に歩進させる (図 24 C 中 s)。以降マイクロコンピュータ 10 は、read-data=アクションユニット? を判別する (図 24 D 中 t) ことで、後続のアクションユニットを探査するが、この場合、読み出された「12」番地の該当のアクションユニットを切り出して (図 24 D 中 u)、now-action=右回転、now-operand=0、now-time=3歩、now-interrupt=不許可、now-address=「13」の記憶更新を行って (図 24 D 中 v) から、メインルーチンに復帰 (図 24 D 中 w) する。

メインルーチンに復帰したマイクロコンピュータ 10 は、続いて、アクションユニット実行処理 (図 20 中 j) に進み、再び、別のサブルーチンに飛んで、ユニ

ットアクション実行処理を（図25A中a）を開始する。ここでユニットアクション実行処理（図25A～図25D）は、図7、図8でのアクションプログラムユニットごとの出力パラメータを実行するための図6A～図6B、図8A～図8Bのフローチャートの右側部分に対応するものであり、図19のアクションユニットを種類ごとに実行するためのものである。但し、ここで実行は、インストラクションユニットとして任意に設定されたアクションユニットによって規定されるのであって、ハードウェア上のセンサ類対応のセンサ識別ユニットとの対応関係が固定されておらず、任意に設定可能である点が特徴的である。ここでのnow-action=「番号」は、図24A～図24Dのアクションユニット選択処理において、現在実行中のものとして選択されているアクションユニットの種類（番号）を表しており、図19中のアクションの種類（番号）に対して番号の数値において一致するものである。図25A～図25Dのフローチャートにおいて、図25A中b～cの処理は、図19でアクションの番号「0」の「ストップ」を実行し、図25A中d～gの処理は、オペランドの作用するアクションの番号「0」～「9」に関し、オペランドが「1」の場合に、同一番号のアクションであっても、アクチュエータ駆動パルスのデュティ比を高速用の100%に設定し、オペランドが「0」の場合に通常用の60%に設定するものであり、図25A中h～iの処理は、アクションの番号「1」の「前進」を実行し、動図中j～kの処理は、アクションの番号「2」の「バック」を実行し、同図中l～mの処理は、アクションの番号「3」の「右回転」を実行し、同図中n～oの処理は、アクションの番号「4」の「左回転」を実行し、図25B中p～qの処理は、アクション番号「5」の「右カーブ」を実行し、同図中r～sの処理は、アクションの番号「6」の「左カーブ」を実行し、同図中t～uの処理は、アクションの番号「7」の「右後ろカーブ」を実行し、同図中v～wの処理は、アクションの番号「8」の「左後ろカーブ」を実行し、同図中x～yの処理は、アクションの番号「9」の「右か左に回転」を実行し、同図中Z～Zbの処理は、アクションの番号「10」の「ジタバタ」を実行し、図25C中Zc～Zdの処理は、アクションの番号「11」の「威嚇」を実行し、同図中Ze～Zfの処理は、アクションの番号「12」の「挨拶」を実行し、同図中Zg～Ziの処理は、アクションの番

号「13」の「鳴き声」を実行するものであり、オペランドに応じて、オペランド「0」対応の「鳴き声1」（同図中Z i 1）とオペランド「1」対応の「鳴き声2」（同図中Z i 2）と、オペランド「2」対応の「鳴き声3」（同図中Z i 3）と、オペランド「3」対応の「鳴き声4」（同図中Z i 4）を実行する。この場合、図28のブロック図に示されているように、鳴き声を発生するためのスピーカ20が、マイクロコンピュータ10の出力ポート#9に接続されていて、オペランド対応で区々の周波数と区々の波形とを割り当てられた鳴動信号の供給を受けることで、例えば、オペランド「0」対応で、周波数増加傾向の正弦波の鳴動信号の供給を受けて、「キュ～」という感じに聴取される「鳴き声1」を発声し、オペランド「1」対応で、周波数増加傾向の矩形波の鳴動信号の供給を受けて、「ギュ～」という感じに聴取される「鳴き声2」を発声し、オペランド「2」対応で、周波数交番傾向の正弦波の鳴動信号の供給を受けて、「キュ～ギュ～」という感じに聴取される「鳴き声3」を発声し、オペランド「3」対応で、周波数交番傾向の矩形波の鳴動信号の供給を受けて、「ギュルルル～」という感じに聴取される「鳴き声4」を発声するものである。

さらに、25C図中Z j～Z 12の処理は、アクションの番号「14」の「伝達フェロモン発信」を実行するものであり、オペランドに応じて、オペランド「0」対応の伝達フェロモン1発信（同図中Z 11）と、オペランド「1」対応の伝達フェロモン2発信（同図中Z 12）を実行し、図25D中Z m～Z 04の処理は、アクションの番号「15」の「パネル?へ」を実行するものであり、オペランドに応じて、オペランド「0」対応の「パネル1へ」と、オペランド「1」対応の「パネル2へ」と、オペランド「2」対応の「パネル3へ」と、オペランド「3」対応の「パネル4へ」を実行する。

ここでの図25C中Z j～Z 12のフェロモン発信処理は、メインルーチン中のフェロモン信号発信処理（図20中f）により実現されるフェロモン信号発信手段Eに対して協働的に作用する。さらに、ここでの図25D中Z n～Z 04のパネル切換処理により、パネル指定信号生成手段Rが実現される。

以上の、アクションユニット実行処理を終えたマイクロコンピュータ10は、メインルーチンに復帰し（図25D中Z p）、続いて、実行継続分量を規制するた

めの継続時間／歩数／回数(now-time)からの減算(-1)処理を実行すべく、再び、図26のサブルーチンに飛ぶ(図26中a)。サブルーチン上のマイクロコンピュータ10は、現在実行中のアクションユニットのnow-timeの指定が「回数」で行われているのか、「時間」で行われているのか、「歩数」で行われているのかを判別し(図26中b)、「回数」で行われている場合には、now-timeへの減算(-1)処理を1回ごとに行い(図26中c)、「時間」で行われている場合には、1秒ごとに行い(図26中e)、「歩数」で行われている場合には、1歩ごとに減算(-1)処理を行って(図26中e)から、メインルーチンに復帰(図26中d)する。

かくて、前述のアクションユニット実行処理の主要部(図25A中b～o、図25B中p～Zb、図25C中Zc～Zi4)とメインルーチン中の上述の継続時間／歩数／回数(now-time)からの減算(-1)処理(図20中j)との協働により、アクションユニット実行手段Dが実現される。

メインルーチンに復帰したマイクロコンピュータ10は、続いて、START/STOPボタンの押下を判別し(図20中k)、これが押下されるまで、メインルーチンを繰り返し実行することで、プレイ実行処理が継続して行われ、START/STOPボタンのSTOP側への押下があって、判別結果(図20中k)がYesに転ずると、図27の管理ルーチンに復帰する。

以上のアクションユニット実行処理に関連して、ここで取扱われるアクションユニットの種類、即ち、図18に整理されているアクションユニットの種類を実現するために、左右脚動輪7a、7b、7c、8a、8b、8cの駆動用モータの運転モード(「正転」「逆転」「停止」)の制御や鳴き声スピーカの制御をどのように対応付けるかを説明するアクション／モータ制御等対応関係説明図が図31A～図31Sであり、これらの説明図は、図10A～図10Cのアクション／モータ制御対応関係説明図に相当するものである。そして、図31A～図31S中の図31I～図31Sは紙形の都合で分離されているが、図31A～図31Eの一部分であり、「足の動き」の欄のアクションの種類の番号を介して関連付けられている。

メインルーチン中で押下判別(図20中k)の対象となっているSTART/STOPボタ

ン19は、図28に示されているように、昆虫ロボット上に外部操作可能に実装されているものであり、接点出力はマイクロコンピュータ10の入力ポート#7に接続されている。管理ルーチンに戻って管理処理を開始（図27中a）したマイクロコンピュータ10は、操作者が待機モードを選択してSTART/STOPボタンをSTOP側へ押下しているのか、逆にプレイモードを選択してSTART/STOPボタンをSTART側へ押下しているのかを判別すべく、START/STOPボタンの押下状態を読み込んで（図27中b）から、待機モードかプレイモードかを判別し（図27中c）、判別結果がプレイモードである場合には、既述のとおり、メインルーチンに入って、プレイ実行処理（図27中f、図20中a）を行う。判別結果（図27中c）が待機モードである場合には、例えば、昆虫ロボットとは別体の携帯型コンピュータ上に実現されているインストラクションユニット設定手段Lに設定されたパネル括りのインストラクションユニット群を通常的なデータ転送により昆虫ロボット内のコンピュータ10に対してダウンロードする（図27中e）。

そのようなダウンロードのための構成を例示的に説明する説明図が図29であり、インストラクションユニット設定手段Lの実現されている携帯用コンピュータSには適宜の内蔵された通信制御ユニット、モデムから延びるシリアル通信ケーブルTを介してプログラム転送ユニットPが接続されている。プログラム転送ユニットPは、そこから発射されるLED光線を昆虫ロボットの筐体1の前面に設けられたフォトトランジスタ3によって受光することで、非接触状態下で昆虫ロボットに対してプログラムの転送を行うことができるものである。プログラム転送ユニットP内部には、図30に示されるように、携帯用コンピュータSから延びるシリアル通信ケーブルTが、コネクタP1経由で内蔵のマイクロコンピュータP2の入力ポート1N#1に接続されていて、携帯用コンピュータS上のインストラクションユニット設定手段Lに設定されたパネル括りのインストラクションユニット群を乗せた通常的なプログラム転送信号がプログラム転送ユニットPのマイクロコンピュータP2に入力される。このマイクロコンピュータP2の別の入力ポート1N#2には、切換スイッチP3が接続されていて、手動操作により、通常的なプログラム転送動作と自己フェロモン信号設定動作との間の動作選択を行うことができ、自己フェロモン設定動作か選択されている場合に限り、手

動操作により、自己フェロモン信号の種類を設定するための設定スイッチ P 4 も同じマイクロコンピュータ P 2 の入力ポート 1 N # 3 に接続されている。このような構成のプログラム転送ユニット P を介して携帯用コンピュータ S で組み立てられたインストラクションユニット群を昆虫ロボット内のマイクロコンピュータ 1 0 に対して非接触状態下でタウンロードすることができる。そして、プログラム転送ユニット P のマイクロコンピュータ P 2 の出力ポート o ut # 2 には、プログラム転送動作中などの動作状態の種類を表示するための動作状態表示用 L E D も発光可能に接続されている。

なお、この明細書の末尾部分には、昆虫ロボットのマイクロコンピュータ 1 0 のプログラム上のパラメータの一覧説明表が添付されている。

産業上の利用可能性

以上のように、請求項 1 ~ 8 記載の発明は、コンピュータプログラムの複雑高度化と大規模化を伴うことなしに、環境状態や固体識別に反応して、多種多様の行動パターンの組み合わせを実現することで、昆虫らしい生々しい動きを表現できる優れた昆虫ロボットを提供するものであり、請求項 9 ~ 1 6 項記載の発明は、昆虫ロボットの性格付けを操作者の意思に従って、経時的に変化させることで、ゲーム性が豊かで趣味性に徹した優れた昆虫ロボットを提供するものであるので、これらの発明の産業上の利用可能性は絶大である。

1	read_address	メモリから読み込むうとしているアドレス
2	read_data	読み込んだデータそのものの(アクションユニット)
3	read_sensor	read_dataから切り取ったセンサ識別データ(センサ識別ユニットの番号 0~19)
4	read_action	read_dataから切り取った行動データ(アクションの種類(番号) 0~15)
5	read_time	read_dataから切り取った行動の継続時間、步数、回数のデータ(継続時間or歩数or回数 1~63)
6	read_operand	read_dataから切り取った行動の補助的な値(歩行速度、フェロモン/鳴き声の種類) のデータ(オペランド 0~3)
7	read_interrupt	read_dataから切り取った割り込み許可(1)、不許可(0)のデータ(割り込み許可or不許可 0~1)
8	now_address	現在のアクションユニットのアドレス(に1足したもの)
9	now_action	現在進行中のアクションユニットデータ(アクションの種類(番号) 0~15)
10	now_time	現在進行中のアクションユニット中の継続時間、歩数、回数のデータ(継続時間or歩数or回数 1~63)
11	now_operand	現在進行中のアクションユニット中の補助的な値(歩行速度、フェロモン/鳴き声の種類) のデータ(オペランド 0~3)
12	now_interrupt	現在進行中のアクションユニットに対する割り込み許可(1)、不許可(0)のデータ(割り込み許可or不許可 0~1)
13	now_sensor	現在進行中のトリガーとなつたセンサ識別ユニット
14	panel_number	現在進行中のパネルナンバー
15	interrupt_address	割り込もうとしているアクションユニットのメモリアドレス
16	time_10	10秒タイマーのカウンター
17	time_20	20秒タイマーのカウンター

18	time_30	30秒タイマーのカウンター
19	time_60	60秒タイマーのカウンター
20	trigger_time_10	10秒経過した(1)していない(0)
21	trigger_time_20	20秒経過した(1)していない(0)
22	trigger_time_30	30秒経過した(1)していない(0)
23	trigger_time_60	60秒経過した(1)していない(0)
24	pheromone1	A種が発信するフェロモンをキャッチした(1)していない(0)
25	pheromone2	B種が発信するフェロモンをキャッチした(1)していない(0)
26	pheromone3	C種が発信するフェロモンをキャッチした(1)していない(0)
27	pheromone4	伝達フェロモン1（仲間を呼ぶ）をキャッチした(1)していない(0)
28	pheromone5	伝達フェロモン2（仲間を脅かす）をキャッチした(1)していない(0)
29	pheromone6	空間フェロモン1（花のフェロモン）をキャッチした(1)していない(0)
30	left_eye	左に赤外線反射光をキャッチした(1)していない(0)
31	right_eye	右に赤外線反射光をキャッチした(1)していない(0)
32	front_eye	左右共に赤外線反射光をキャッチした(1)していない(0)
33	dark	前が暗い(1)暗くない(0)
34	bright	前が明るい(1)明るくない(0)
35	left_touch	左のタッチセンサーになにかあつた(1)あたってない(0)
36	right_touch	右のタッチセンサーになにかあつた(1)あたってない(0)
37	front_touch	左右のタッチセンサー共になにかあつた(1)あたってない(0)
38	do_not_work	動こうとしているのに動けない(1)動ける(0)
39	data_table(アドレス)	()内のアドレスに格納されているデータが返る

40	sensor(センサーNo.)	()内のセンサーが反応している(1)かしていない(0)かが返る
41	timer_count	100msで1増ええる。60秒で0に戻る。タイマーセンサーに使う。

請求の範囲

1. 昆虫ロボットのアクション空間内の環境状態を検出して、環境状態信号を出力する環境状態検出手段Aと、少なくとも、昆虫ロボットのアクションの種類と上記アクションの持続時間とを規定する複数のアクションユニット手段Bと、上記環境状態信号に基づいて、上記複数のアクションユニット手段Bの中から、所定の1つのアクションユニット手段Bを選択するアクションユニット選択手段Cと、上記アクションユニット選択手段Cにより選択されたアクションユニットで規定される上記アクションを上記アクションの持続時間だけ実行するように、アクチュエータを駆動するアクションユニット実行手段Dと、上記アクションユニット実行手段Dにより駆動されるアクチュエータ13、14により付勢されて、上記アクションを上記アクションの持続時間だけ昆虫ロボットに表現させるように運動する脚部手段8、9とを備えていることを特徴とする昆虫ロボット。
2. 上記環境状態検出手段Aが、アクション空間内に存在する障害物を検出して、障害状態信号を環境状態信号として出力し、アクション空間内の明るさを検出して、明るさ状態信号を環境状態信号として出力する請求項1記載の昆虫ロボット。
3. 上記複数のアクションユニット手段Bの各々が、昆虫ロボットのアクションの種類として、昆虫ロボットの「前進」「後退」「右旋回」「左旋回」「停止」のうちの1種類を規定し、上記1種類のアクションの持続時間と上記1種類のアクションの実行速度とを規定する請求項1記載の昆虫ロボット。
4. 上記アクションユニット選択手段Cが、アクションユニット手段Bごとに予め設定された優先順位に従って、複数のアクションユニット手段Bの中から所定の1つのアクションユニット手段Bを選択する請求項1記載の昆虫ロボット。
5. 上記アクションユニット実行手段Dが、上記アクションの種類としての「前進」「後退」「右旋回」「左旋回」「停止」のうちの1種類のアクションに予め対応付けられた「正転」「逆転」「停止」のうちのいずれかの運転モードで上記

アクチュエータ 13、14 としての電動機を上記アクションの持続時間だけ上記アクションの実行速度に対応するデューティ比で駆動する請求項 1 記載の昆虫ロボット。

6. アクション空間内に自己の個体に特有に予め設定された自己識別情報を表すフェロモン信号を発信フェロモン信号として発信するフェロモン信号発信手段 E と、

アクション空間内に存在する他の昆虫ロボットのフェロモン信号発信手段 E から発信される、他の個体に特有に予め設定された相手識別情報を表すフェロモン信号を受信フェロモン信号として受信するフェロモン信号受信手段 F と、

受信された上記受信フェロモン信号により表される上記相手識別情報と上記自己識別情報に基づいて、上記自己の個体と上記他の個体の間に予め設定されている個体間応待関係を識別する個体間応待関係識別手段 G と、

少なくとも、昆虫ロボットの個体間応待アクションの種類と上記個体間応待アクションの持続時間とを規定する複数の個体間応待アクションユニット手段 H と、上記個体間応待関係識別手段 G により識別された個体間応待関係に基づいて、上記複数の個体間応待アクションユニット手段 H の中から所定の 1 つの個体間応待アクションユニット手段 H を選択する個体間応待アクションユニット選択手段 I と、

上記個体間応待アクションユニット選択手段 I により選択された個体間応待アクションユニットで規定される上記個体間応待アクションを上記個体間応待アクションの持続時間だけ実行するように、アクチュエータを駆動する個体間応待アクションユニット実行手段 J と、

上記個体間応待アクションユニット実行手段 J により駆動されるアクチュエータ 13、14 により付勢されて、上記個体間応待アクションを上記個体間応待アクションの持続時間だけ昆虫ロボットに表現させるように運動する脚部手段 8、9 とを

さらに備えている請求項 1 記載の昆虫ロボット。

7. 上記複数の個体間応待アクションユニット手段 H の各々が、自己の個体の個体間応待アクションの種類として、昆虫ロボットの「前進」「威嚇」「挨拶」「

逃避」のうちの 1 種類を規定し、上記 1 種類の個体間応待アクションの持続時間と上記 1 種類の個体間応待アクションの実行速度とを規定する請求項 6 記載の昆虫ロボット。

8. 上記アクションユニット選択手段 C には、アクションユニット手段 B と個体間応待アクションユニット手段 H ごとに、予め「臆病者」タイプに設定された優先順位に従って、複数のアクションユニット手段 B と複数の個体間応待アクションユニット手段 H の中から、所定の 1 つのアクションユニット手段若しくは所定の 1 つの個体間応待アクションユニット手段を選択する「臆病者」タイプアクションユニット選択手段 I 又はアクションユニット手段 B と個体間応待アクションユニット手段 H ごとに、予め「猪突猛進」タイプに設定された優先順位に従って、複数のアクションユニット手段 B と複数の個体間応待アクションユニット手段 H の中から、所定の 1 つのアクションユニット手段 B 若しくは所定の 1 つの個体間応待アクションユニット手段 H を選択する「猪突猛進」タイプアクションユニット選択手段 I が含まれている請求項 6 又は 7 記載の昆虫ロボット。

9. 昆虫ロボットのアクション空間内の環境状態や障害状態などの外部状態を検出して、外部状態信号を出力する外部状態検出手段 A A と、

上記外部状態信号に基づいて、センサ識別ユニットを判別するセンサ識別ユニット判別手段 K と、

少なくとも、1 又は複数の上記センサ識別ユニットの各々に対して、アクションの種類と、アクションの種類ごとの実行継続分量とを規定する 1 又は複数のアクションユニットを関係付けるように構成された 1 又は複数のインストラクションユニットを設定するインストラクションユニット設定手段 L と、

上記インストラクションユニット設定手段 L により設定された 1 又は複数のインストラクションユニットを各別に順次に読み出し可能に記憶するインストラクションユニット記憶手段 M と、

上記センサ識別ユニット判別手段 K により判別されたセンサ識別ユニットを含んで構成された上記 1 つのインストラクションユニットに関し、1 つのセンサ識別ユニットに関係付けられた 1 又は複数のアクションユニットを順次に選択するアクションユニット順次選択手段 N と、

上記アクションユニット順次選択手段Nにより選択されたアクションユニットで規定される種類のアクションを当該アクションの実行継続分量だけ実行するよう、アクチュエータを駆動するアクションユニット実行手段Dと、

上記アクションユニット実行手段Dにより駆動されるアクチュエータ13、14により付勢されて、上記種類のアクションを当該アクションの実行継続分量だけ昆虫ロボットに表現されるように運動する脚部手段8、9とを備えていることを特徴とする昆虫ロボット。

10. 上記外部状態検出手段AAは、アクション空間内に存在する障害物の検出に基づく障害状態信号と、アクション空間内の明るさの検出に基づく明るさ状態信号と、アクション空間内に存在する障害物との接触の検出に基づく障害物接触状態信号と、アクション空間内での昆虫ロボットの走行阻止状態の検出に基づく走行阻止状態信号とを外部状態信号として出力する請求項9記載の昆虫ロボット。

11. 上記1つのインストラクションユニット中の1つのアクションユニットの実行最中に、上記センサ識別ユニット判別手段Kにより判別された他の1つのセンサ識別ユニットを含んで構成された別のインストラクションユニット中の1つのアクションユニットに関し、予め設定された優先順位が、当該実行最中のアクションユニットの優先順位よりも高い場合には、当該実行最中のアクションユニットに代えて、当該別のインストラクション中の1つのアクションユニットを優先的に選択するアクションユニット優先選択手段Oと、

をさらに備えている請求項9の昆虫ロボット。

12. 上記インストラクションユニット設定手段Lは、設定されるインストラクションユニット中のアクションユニットが1つのアクションユニットの実行最中の他のアクションユニットの割込み実行の許可／不許可をさらに規定するよう構成されたインストラクションユニットを設定するインストラクションユニット設定手段であり、上記アクションユニット優先選択手段Oは、1つのインストラクションユニット中の1つのアクションユニットの実行最中に、上記センサ識別ユニット判別手段Kにより判別された他の1つのセンサ識別ユニットを含んで構成された別のインストラクションユニットの1つのアクションユニットに関し

、予め設定された優先順位が、当該実行最中のアクションユニットの優先順位よりも高い場合であって、当該実行最中のアクションユニットに関し、実行最中の他のアクションユニットの割込み実行の許可が規定されている場合に限り、当該実行最中のアクションユニットに代えて、当該別のインストラクションユニット中の1つのアクションユニットを優先的に選択するアクションユニット優先選択手段である請求項9記載の昆虫ロボット。

13. 上記フェロモン信号発信手段Eは、アクション空間内に自己の個体に特有に予め設定された自己識別情報を表す自己フェロモン信号又はインストラクションユニット設定手段Lにより設定可能なアクションユニットの種類としての伝達情報を表す伝達フェロモン信号を発信フェロモン信号として発信するフェロモン信号発信手段であり、上記フェロモン信号受信手段Fは、アクション空間内に存在する他の昆虫ロボットの上記フェロモン信号発信手段Eから発信される、他の個体に特有に予め設定された相手識別情報を表す相手フェロモン信号又は設定されたアクションユニットの種類としての伝達情報を表す伝達フェロモン信号又はアクション空間内自体に存在する空間フェロモン信号を受信フェロモン信号として受信するフェロモン信号受信手段であり、上記センサ識別ユニット判別手段Kは、上記受信フェロモン信号に基づいて、センサ識別ユニット「特定種類の相手の存在」「フェロモン信号受信」を判別するセンサ識別ユニット判別手段である請求項9記載の昆虫ロボット。

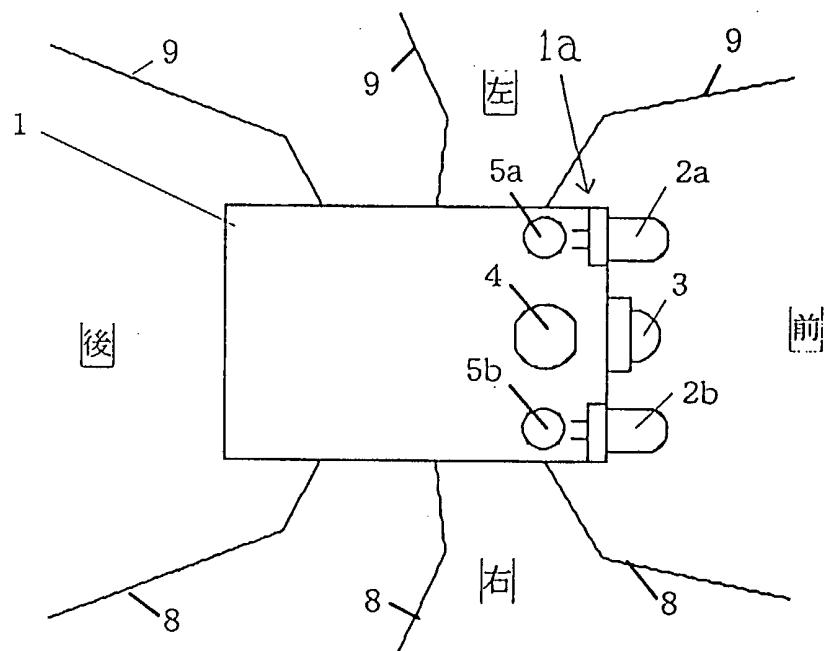
14. 上記インストラクションユニット設定手段Iは、設定されるインストラクションユニット中のアクションの種類として、1つのパネルを構成する1又は複数のインストラクションユニットの実行を他のパネルを構成する1又は複数のインストラクションユニットの実行に移行させるための特別コマンド「他のパネルへ移行」を含んでいるインストラクションユニット設定手段であり、上記インストラクションユニット記憶手段Mは、1又は複数のインストラクションユニットで構成されるパネルを上記パネル指定信号に基づいて、パネル別に読み出し可能に記憶するインストラクションユニット記憶手段であり、上記アクションユニット順次選択手段Nは、上記1つのセンサ識別ユニットに関係付けられた1又は複数のアクションユニットに含まれる特別コマンド「他のパネルへ移行」を選択で

きるアクションユニット順次選択手段であり、上記アクションユニット順次選択手段により特別コマンド「他のパネルへ移行」が選択されたときに、該コマンド中での他のパネルの指定に基づいて、パネル指定信号を生成するパネル指定信号生成手段Rをさらに備えている請求項9記載の昆虫ロボット。

15. 上記インストラクションユニット設定手段Lは、設定されるインストラクションユニット中のアクションの種類として、予め設定されたトリガ期間の経過後にトリガ信号を出力するためのセンサ識別ユニット「特定期間経過後のトリガ」を含んでいるインストラクションユニット設定手段であり、上記インストラクションユニット記憶手段Mは、上記センサ識別ユニット「特定期間経過後のトリガ」を含んでいるインストラクションユニットを各別に順次に読み出し可能に記憶するインストラクションユニット記憶別手段であり、上記インストラクションユニット記憶手段Mから読み出されたセンサ識別ユニット「特定期間経過後のトリガ」により規定された特定期間の経過を計時して、トリガ信号を生成するトリガ信号生成手段Qをさらに備えており、上記センサ識別ユニット判別手段Kは、上記トリガ信号に基づいて、センサ識別ユニット「特定期間経過後のトリガ」を判別するセンサ識別ユニット手段である請求項9記載の昆虫ロボット。

16. インストラクションユニット伝送手段Pをさらに含み、
上記インストラクションユニット設定手段Lは、昆虫ロボットとは別体のモバイルコンピュータ上に実現されたインストラクションユニット設定手段であり、上記インストラクションユニット記憶手段Mは、上記インストラクションユニット設定手段Lにより設定され、上記インストラクションユニット伝送手段P経由で伝送された1又は複数のインストラクションユニットを各別に順次に読み出し可能に記憶するインストラクションユニット記憶手段である請求項9記載の昆虫ロボット。

【図 1 A】



【図 1 B】

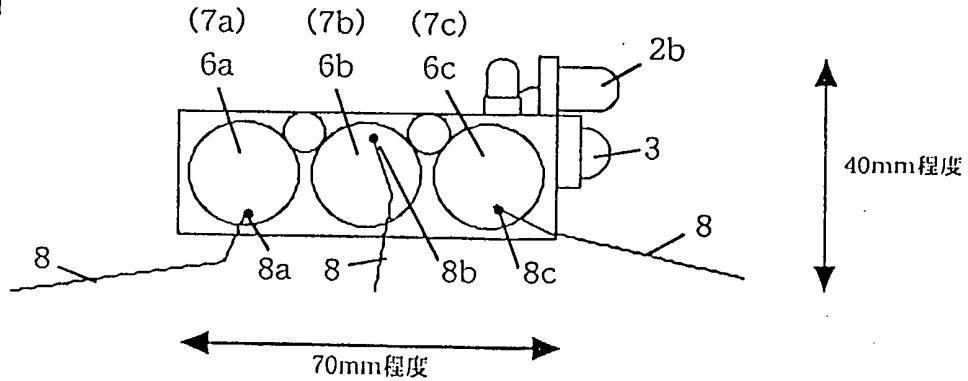


図2

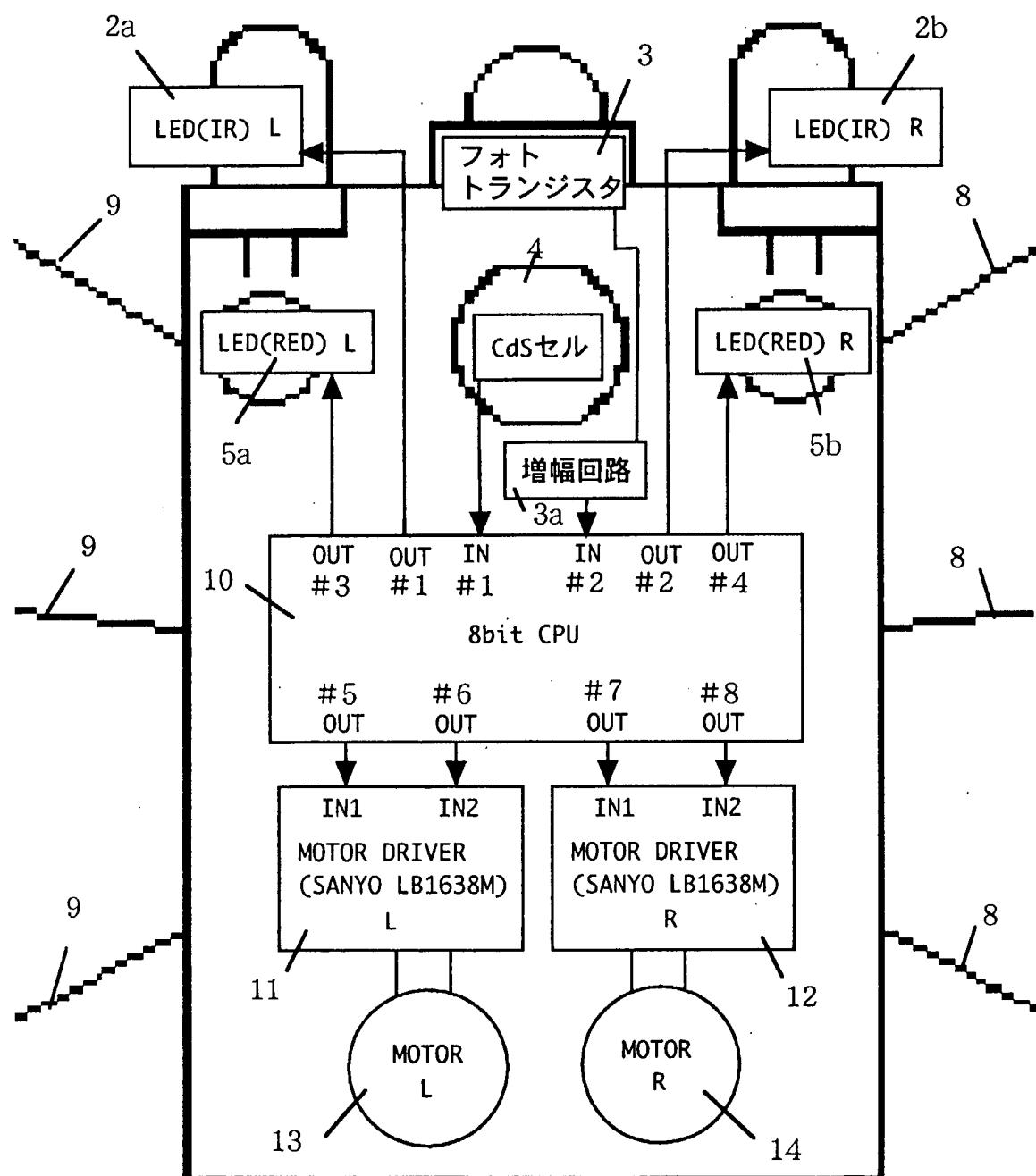
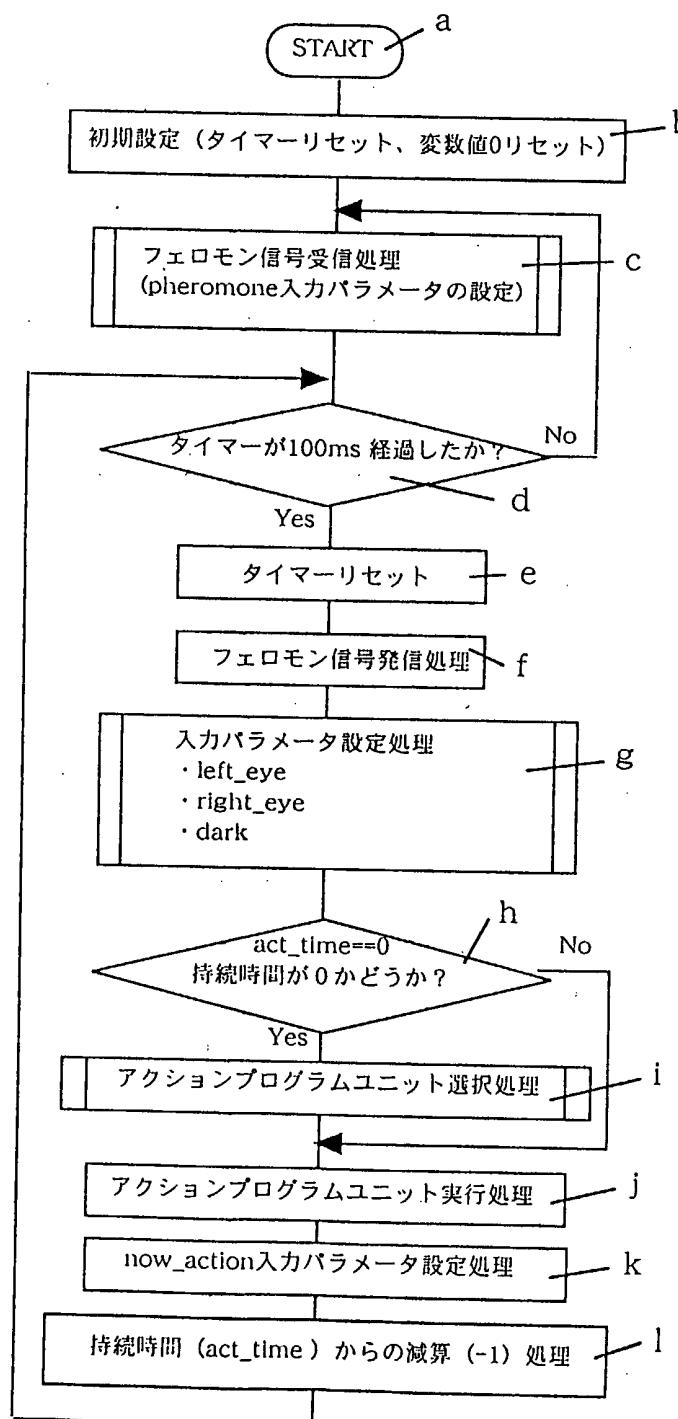


図3

MOTOR DRIVER
は下記の機能をもったものを使っている。
(SANYO LB1638M)

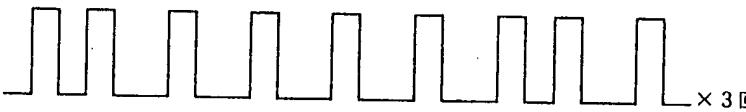
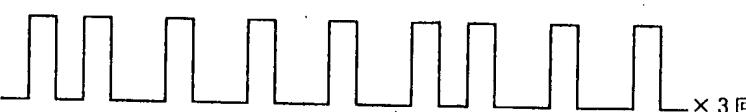
入力端子	正転	逆転	停止	ブレーキ
IN1	HI	LOW	LOW	HI
IN2	LOW	HI	LOW	HI

【図4】



【図5】

最後のbitは8bit目を認識させるためにある。

タイプ	パルスの形	bit表記
Aタイプ	 × 3回	10000001
Bタイプ	 × 3回	10000010
Cタイプ	 × 3回	10000100

※受信成功率を上げるために続けて3回ほど送信する。

図6A

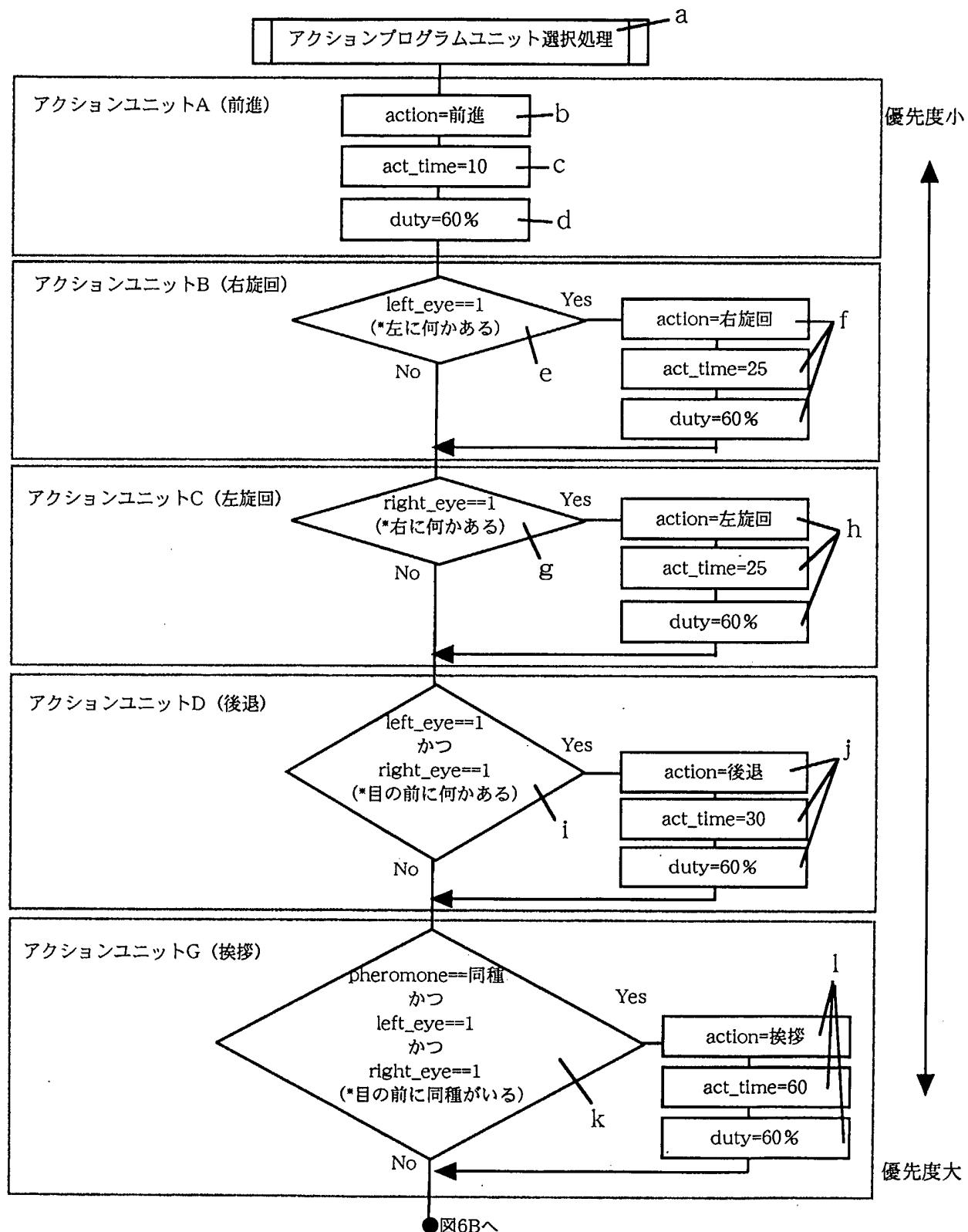


図6B

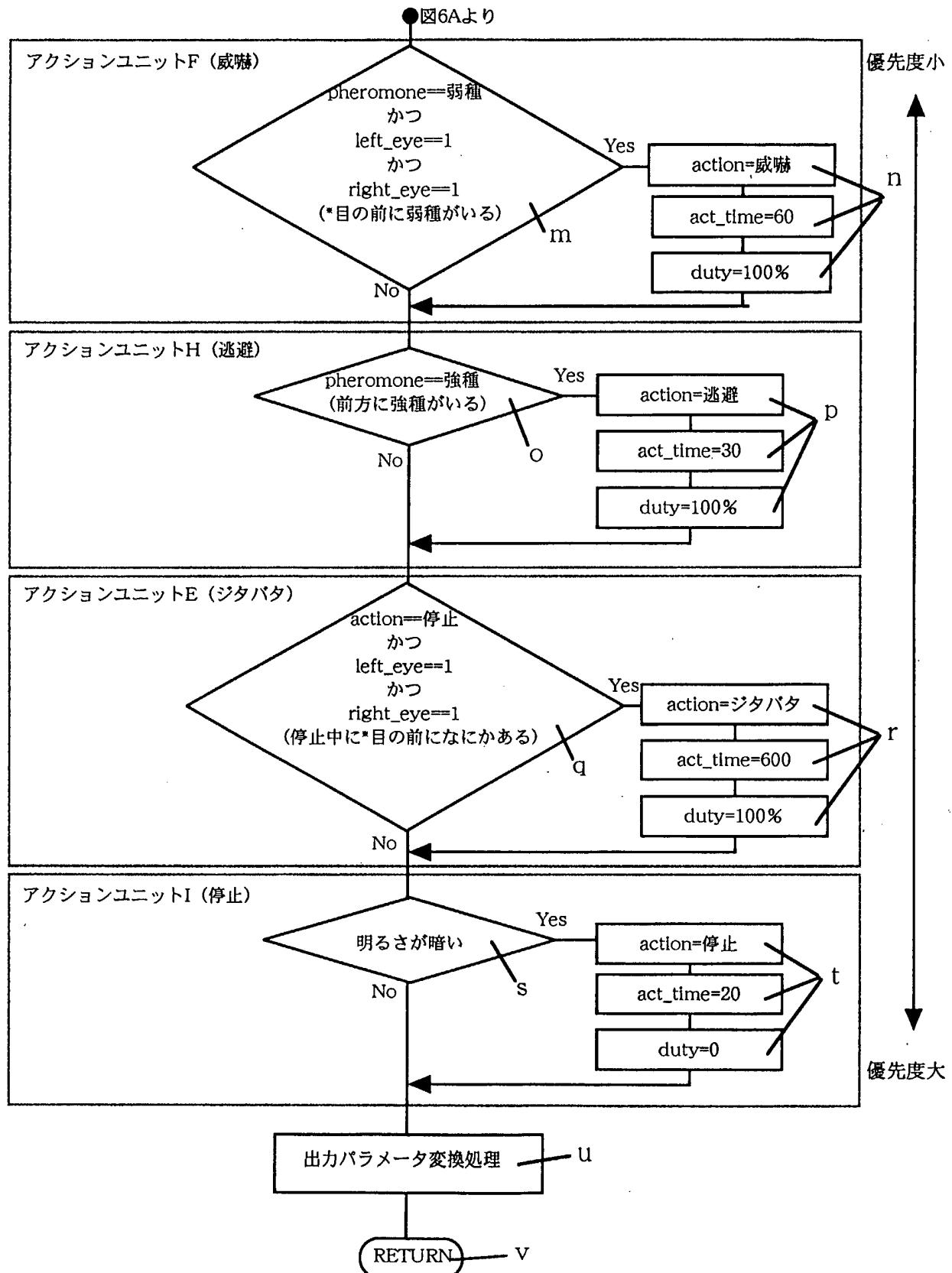


図7

臆病者タイプ

アクションプログラムユニット	入力パラメータ					出力パラメータ		
	左目有:1	右目有:1	受信フェロモン信号	明るさ暗い:1	現在のACTION	ACTION名称	持続時間($\times 100\text{msec}$)	モーター回転速度
	変数名 left_eye	変数名 right_eye	変数名 pheromone	変数名 dark	変数名 now_action	変数名 action	変数名 act_time	変数名 duty
A	-	-	-	-	-	前進	10	60%
B	1	-	-	-	-	右旋回	25	60%
C	-	1	-	-	-	左旋回	25	60%
D	1	1	-	-	-	後退	30	60%
E	1	1	-	-	停止	ジタバタ	60	100%
F	1	1	弱種	-	-	威嚇	60	100%
G	1	1	同種	-	-	挨拶	60	60%
H	-	-	強種	-	-	逃避	30	100%
I	-	-	-	1	-	停止	20	0%

図8A

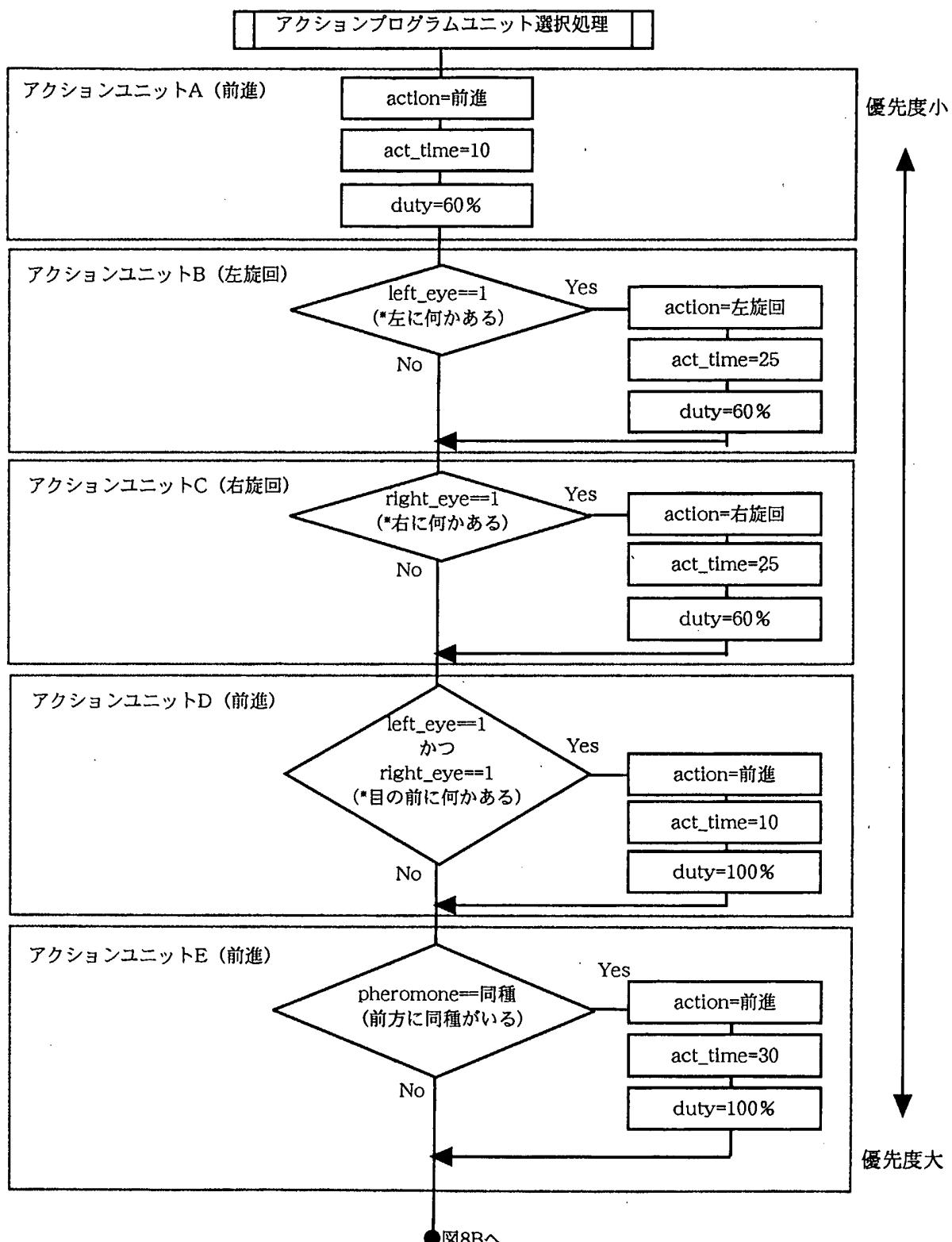


図8B

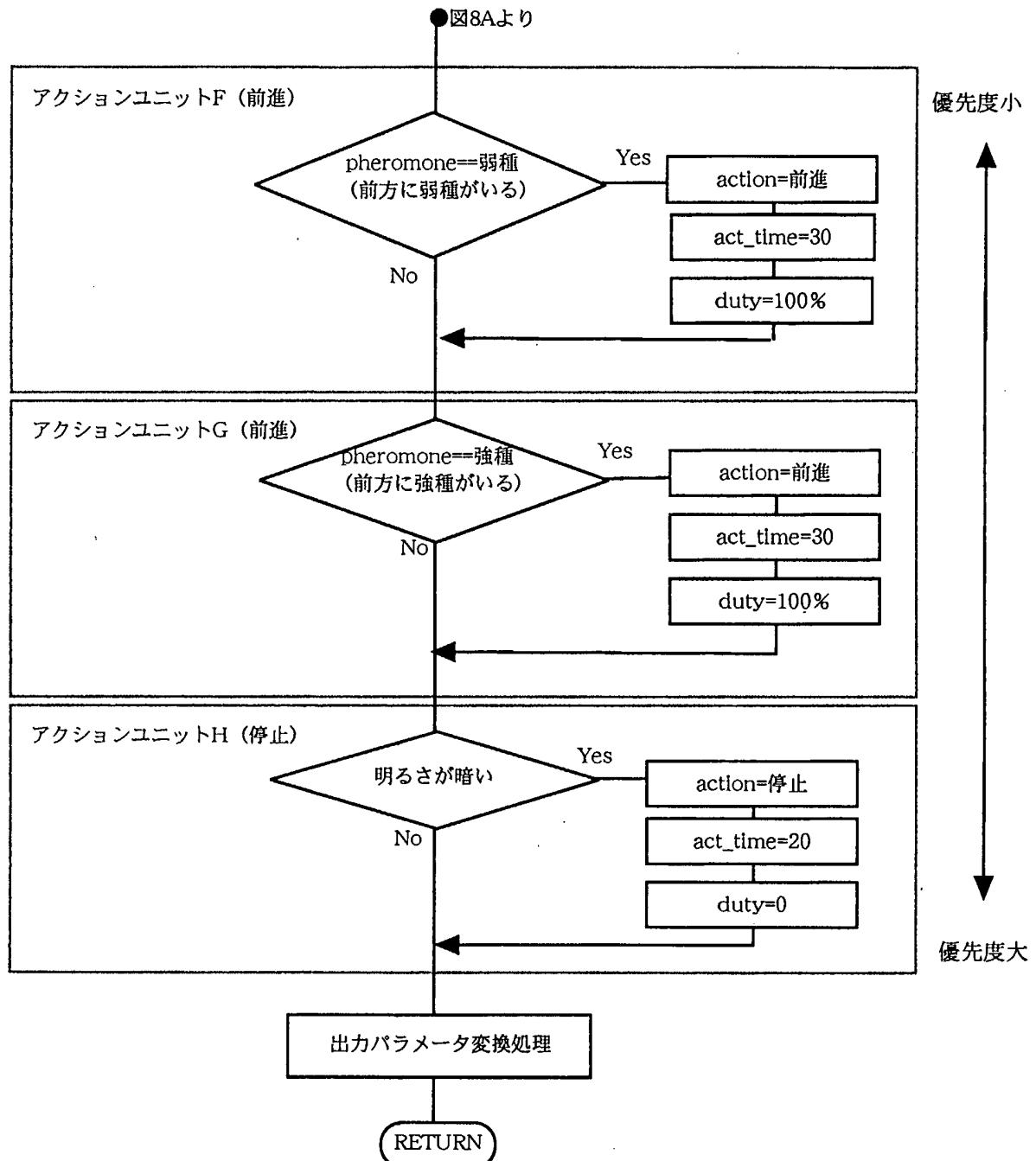
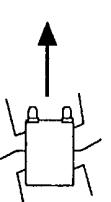
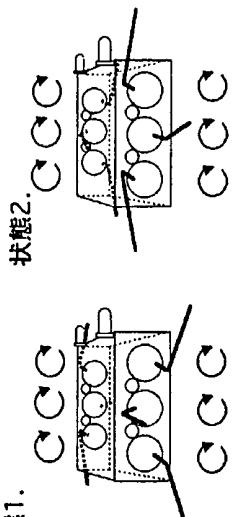
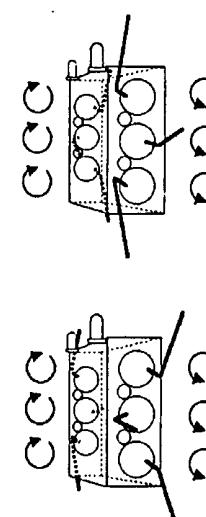


図9

猪突猛進タイプ

アクションプログラムユニット	入力パラメータ					出力パラメータ		
	左目有:1	右目有:1	受信フェロモン信号	明るさ暗い:1	現在のACTION	ACTION名称	持続時間($\times 100\text{msec}$)	モーター回転速度
	変数名 left_eye	変数名 right_eye	変数名 pheromone	変数名 dark	変数名 now_action	変数名 action	変数名 act_time	変数名 duty
A	-	-	-	-	-	前進	10	60%
B	1	-	-	-	-	左旋回	25	60%
C	-	1	-	-	-	右旋回	25	60%
D	1	1	-	-	-	前進	10	100%
E			同種			前進	30	100%
F			弱種			前進	30	100%
G	-	-	強種	-	-	前進	30	100%
H	-	-	-	1	-	停止	20	0%

図 10 A

		ACTION																		
ACTION 名称 (action)	モータドライバへの送信データ モーターへの DUTY比 (duty)	昆虫ロボの動き 足の動く方向	足の動き																	
前進	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>[IN1]</td><td>1</td></tr> <tr><td>[IN2]</td><td>0</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>[IN1]</td><td>1</td></tr> <tr><td>[IN2]</td><td>0</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>[L]</td><td>1</td></tr> <tr><td>[R]</td><td>0</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>[IN1]</td><td>1</td></tr> <tr><td>[IN2]</td><td>0</td></tr> </table>	[IN1]	1	[IN2]	0	[IN1]	1	[IN2]	0	[L]	1	[R]	0	[IN1]	1	[IN2]	0	 <p>左右の足を正転 足並みは交互</p>	 <p>状態1. C C C 状態2. C C C</p> <p>状態1, 状態2をくり返す動作により前進。各ギアが矢印の向きに回転。(前足、中足、後足のギア穴位置は180° づつ位相)</p>	
[IN1]	1																			
[IN2]	0																			
[IN1]	1																			
[IN2]	0																			
[L]	1																			
[R]	0																			
[IN1]	1																			
[IN2]	0																			
右旋回	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>[IN1]</td><td>1</td></tr> <tr><td>[IN2]</td><td>0</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>[IN1]</td><td>1</td></tr> <tr><td>[IN2]</td><td>0</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>[L]</td><td>1</td></tr> <tr><td>[R]</td><td>0</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>[IN1]</td><td>1</td></tr> <tr><td>[IN2]</td><td>0</td></tr> </table>	[IN1]	1	[IN2]	0	[IN1]	1	[IN2]	0	[L]	1	[R]	0	[IN1]	1	[IN2]	0	 <p>左足を逆転 右足を正転</p> <p>その場で右回転</p>	 <p>状態1. 状態2.</p> <p>状態1, 状態2をくり返す動作により右回転。各ギアが矢印の向きに回転。 (前足、中足、後足のギア穴位置は180° づつ位相)</p>	
[IN1]	1																			
[IN2]	0																			
[IN1]	1																			
[IN2]	0																			
[L]	1																			
[R]	0																			
[IN1]	1																			
[IN2]	0																			

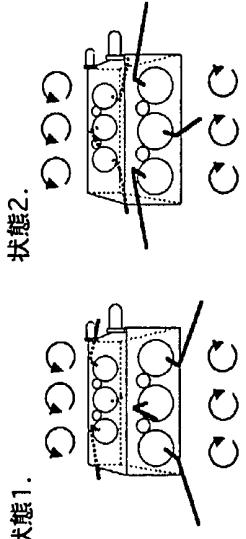
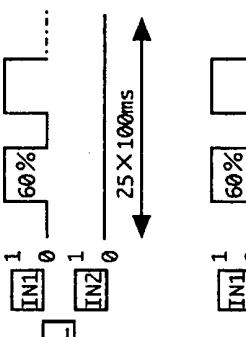
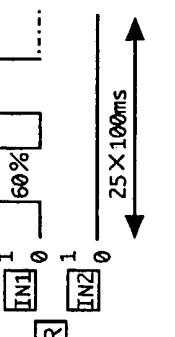
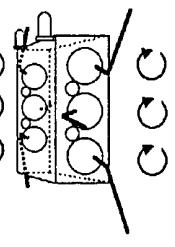
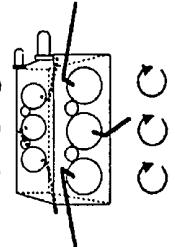
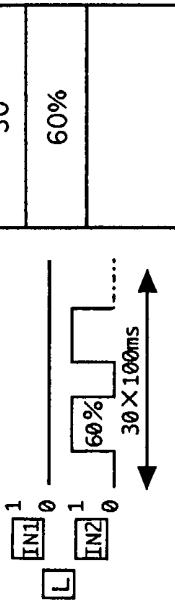
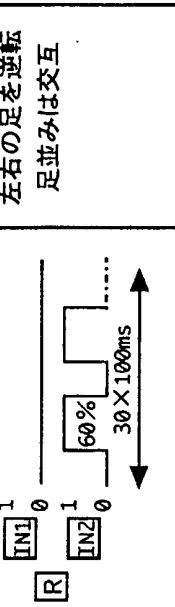
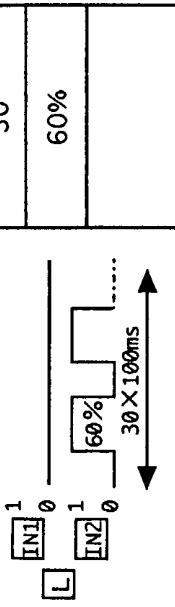
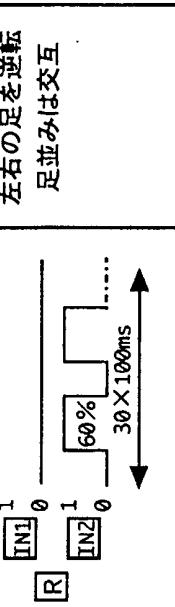
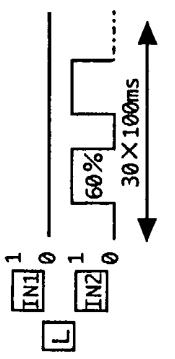
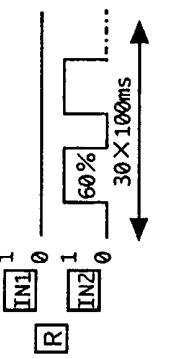
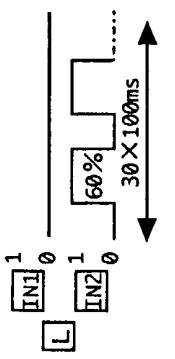
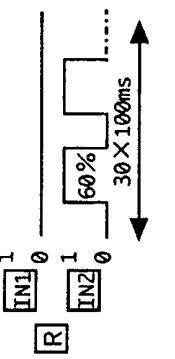
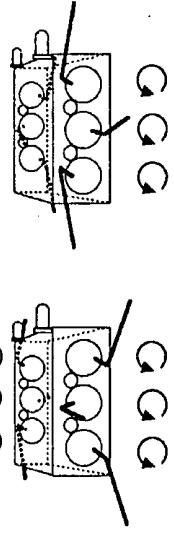
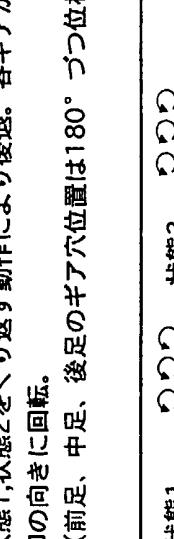
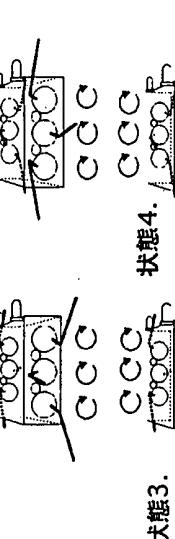
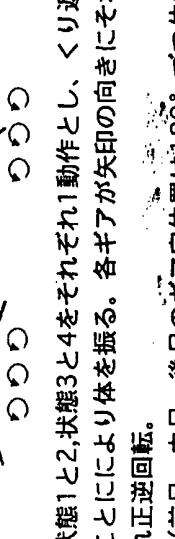
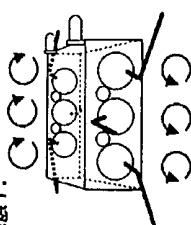
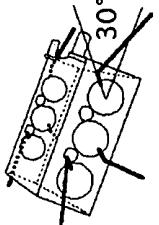
		ACTION	
		25 60%	
			左足を正転 右足を逆転 その場で左回転
左旋回			状態1.  状態2. 

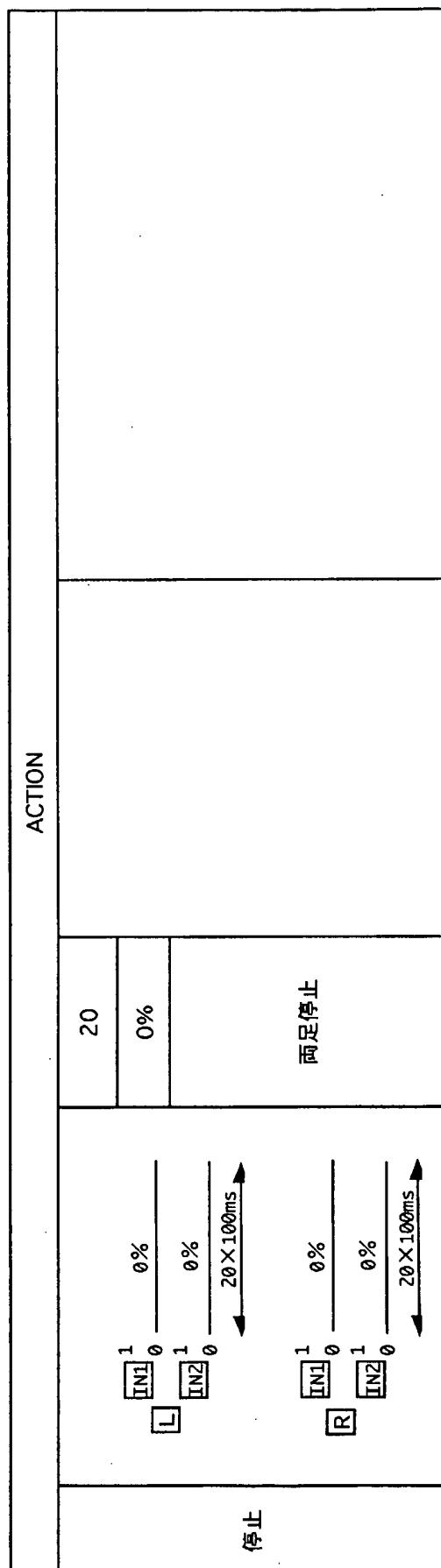
図 1 O B

		ACTION		
ACTION 名称 (action)		持続時間 (×100 msec) (act_time)	モーターへの DUTY比 (duty)	昆虫ロボの動き
	足の動く方向			足の動き
後退		30  	30 60%  	左右の足を逆転 足並みは交互
ジタバタ		60  	100%  	右旋回と左旋回を行 交互に小刻みに行 う。 (ジタバタして る 感じがでる。)
				状態1.  状態2. 
				状態1, 状態2をくり返す動作により後退。 各ギアが矢印の向きに回転。 (前足、中足、後足のギア穴位置は180° づつ位相)
				状態1.  状態2.  状態3. 
				状態1と2, 状態3と4をそれぞれ1動作とし、くり返すことにより体を振る。 各ギアが矢印の向きにそれ正逆回転。 (前足、中足、後足のギア穴位置は180° づつ位相)

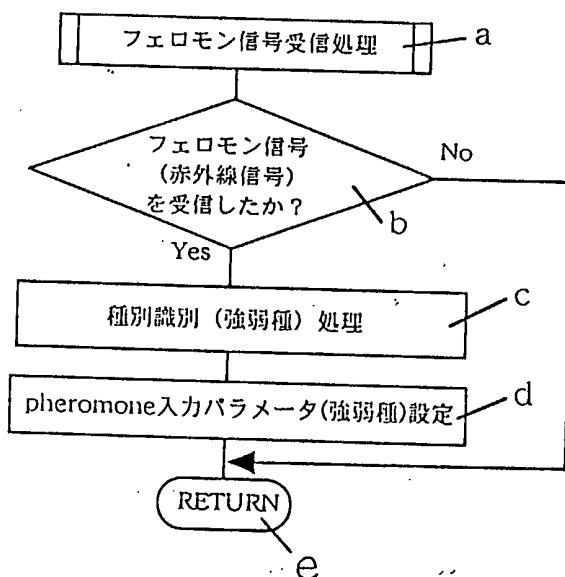
	ACTION																	
威嚇	<p>体を持ち上げる その後停止 (ブレーキ)</p> <table border="1"> <tr> <td>[IN1] 1</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>[IN1] 0</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>[IN2] 1</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>[IN2] 0</td> <td></td> </tr> </table> <p>60 × 100ms</p> <p>体を持ち上げる その後停止 (ブレーキ)</p> <table border="1"> <tr> <td>[R] 1</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>[R] 0</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>[IN2] 1</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>[IN2] 0</td> <td></td> </tr> </table> <p>60 × 100ms</p>	[IN1] 1	100%	[IN1] 0		[IN2] 1	100%	[IN2] 0		[R] 1	100%	[R] 0		[IN2] 1	100%	[IN2] 0		<p>状態1.</p> <p>状態2.</p> <p>水平状態から体前方を持ち上げた 状態を保つ</p> <p>左右の足を頭が もちあがる側範 囲内で正逆転 足並みは 揃い踏み</p>
[IN1] 1	100%																	
[IN1] 0																		
[IN2] 1	100%																	
[IN2] 0																		
[R] 1	100%																	
[R] 0																		
[IN2] 1	100%																	
[IN2] 0																		
		<p>状態1から状態2 (後ろ足のギア穴位置が水平から時 計回りに30°の位置。前足、中足、後足のギア穴位 置は180°づつ位相) を保つ動作により威嚇表現。 各ギアが矢印の向きに回転。</p>																

図 10 C

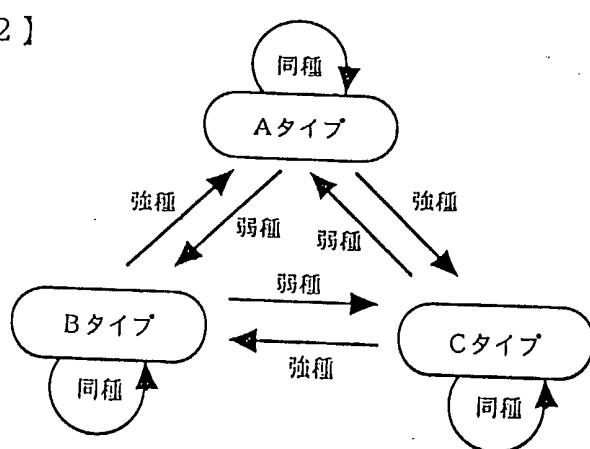
ACTION		
ACTION名 (action)		
モータドライバへの送信データ	持続時間 (× 100 msec) (act_time)	昆虫口ボの動き
	モーターへの DUTY比 (duty)	足の動き
	足の動く方向	
挨拶	お尻を持ち上がる その後停止 (ブレーーキ) [L] 1 [IN1] 0 [IN2] 1 0 100% お尻を持ち上がる その後停止 (ブレーーキ) [R] 1 [IN1] 0 [IN2] 1 0 100% 60 × 100ms 60 × 100ms	状態1.  状態2.  水平状態から体前方を下げる動作を保つ 左右の足をお尻がもちあがる側範囲内で正転 足並みは揃い踏み
逃避	30 [L] 1 [IN1] 0 [IN2] 0 100% 30 [R] 1 [IN1] 0 [IN2] 0 100% 30 × 100ms 30 × 100ms	後退と同様。 DUTY比により回転速度が速い。 左の足を同タイミングで逆転 足並みは交互 急いで後退



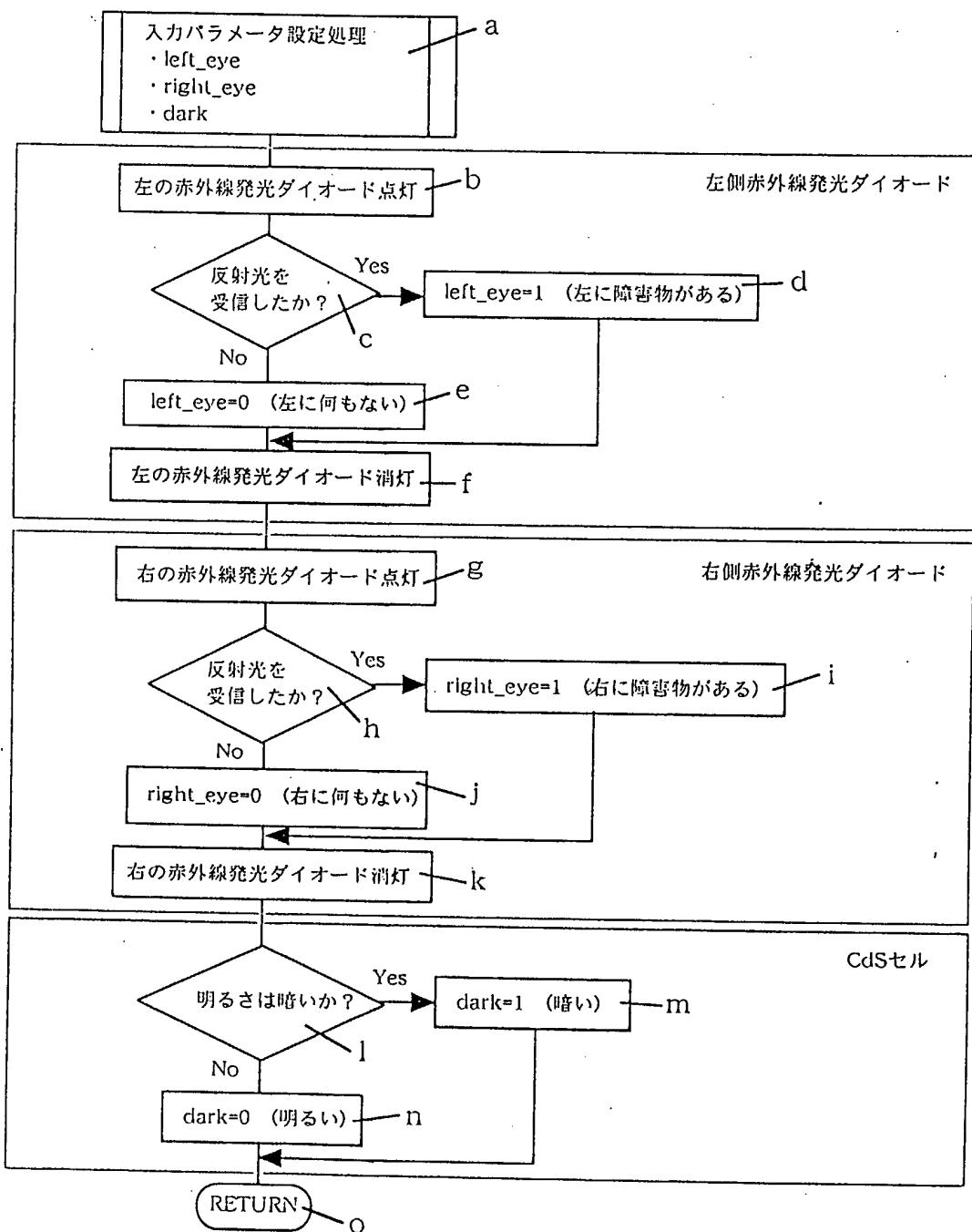
【図 1 1】



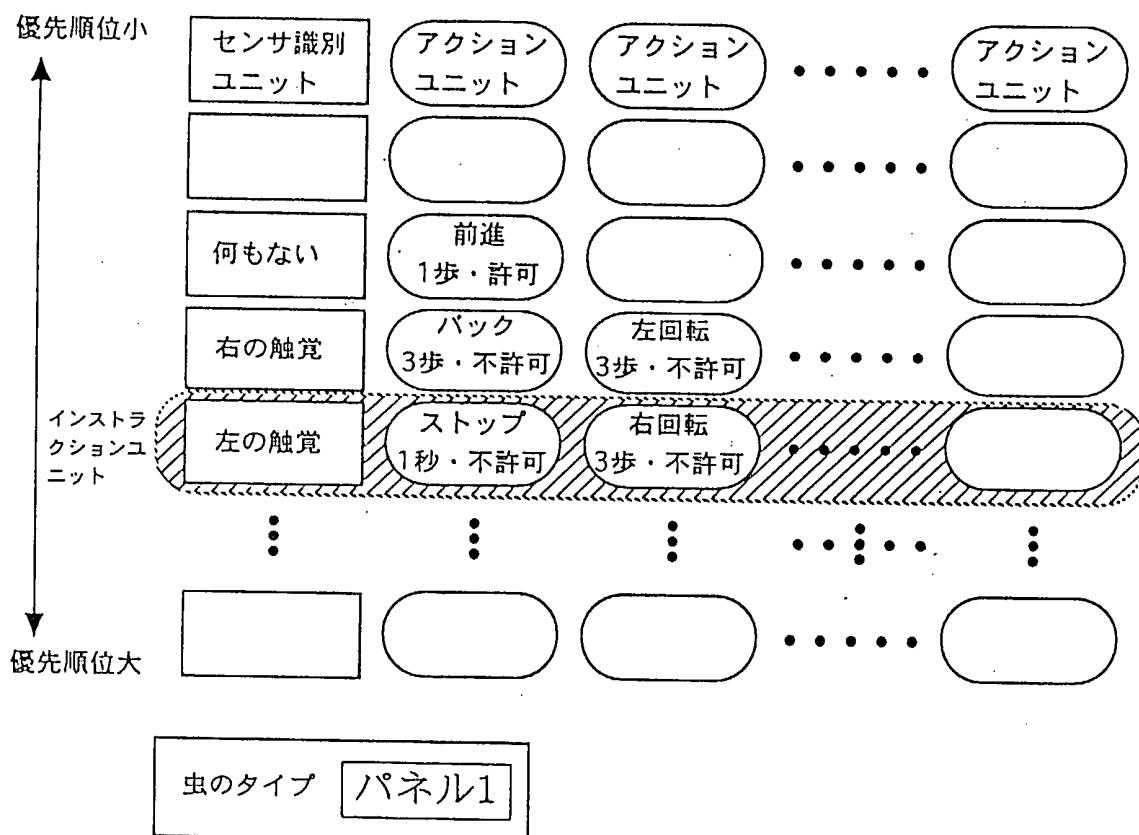
【図 1 2】



【図13】



【図14】



【図 15 A】

「センサ識別ユニット」のワード構成

センサ識別ユニット

センサ識別ユニットの種類（番号）

【図 15 B】

「アクションユニット」のワード構成

アクションユニット

アクションの種類（番号） オペランド 繼続時間or歩数or回数 割り込み許可/不許可

【図16】

アドレス	
0	パネル1のアドレス
1	パネル2のアドレス
2	パネル3のアドレス
3	パネル4のアドレス
4	各種設定(タイプ、センサー感度等)
5	センサ識別ユニット(何もない)
6	アクションユニット(前進1歩・許可)
7	センサ識別ユニット(右の障害物に当たった)
8	アクションユニット(バック3歩・不許可)
9	アクションユニット(左回転3歩・不許可)
10	センサ識別ユニット(左の障害物に当たった)
11	アクションユニット(ストップ1秒・不許可)
12	アクションユニット(右回転3歩・不許可)
13	エンドコマンド
14	センサ識別ユニット
15	アクションユニット
16	センサ識別ユニット
17	アクションユニット
18	アクションユニット
19	エンドコマンド
20	センサ識別ユニット
21	アクションユニット
22	エンドコマンド
23	センサ識別ユニット
24	アクションユニット
25	エンドコマンド

低 優先順位 高

→ 5
→ 14
→ 20
→ 23

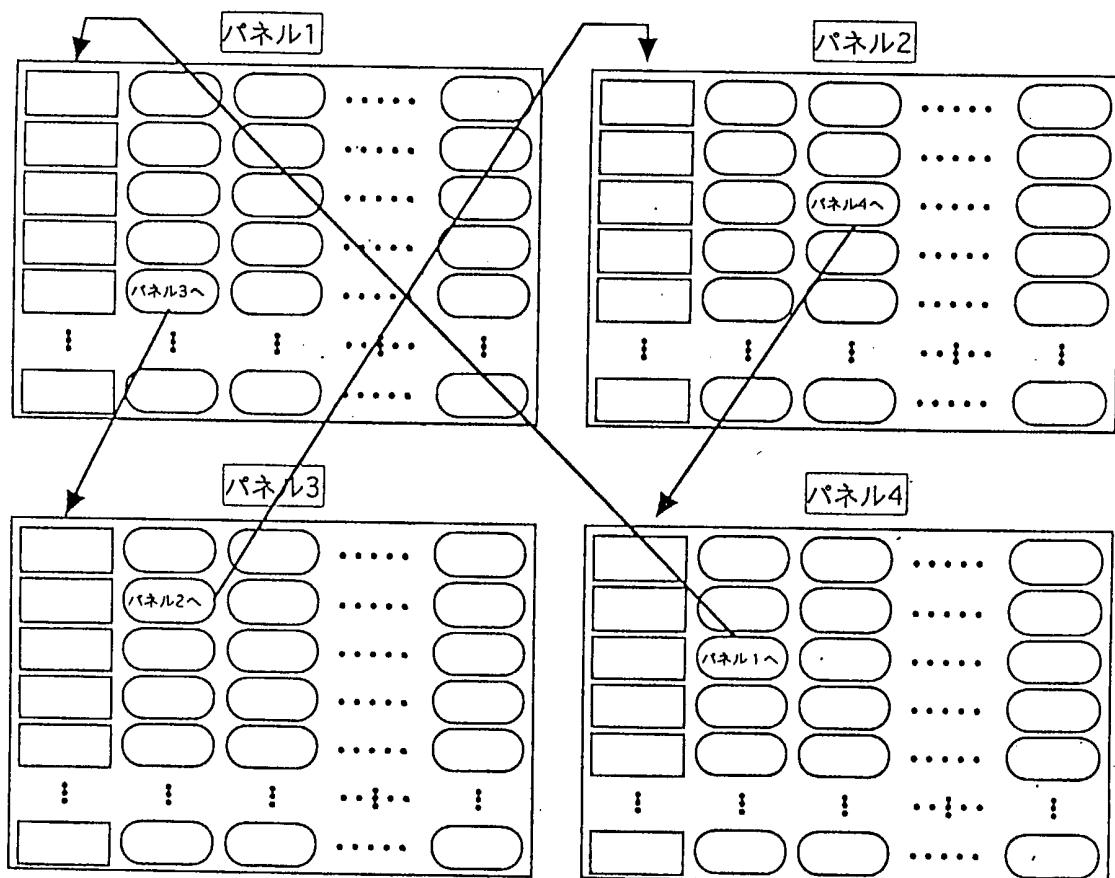
パネル1

パネル2

パネル3

パネル4

【図17】



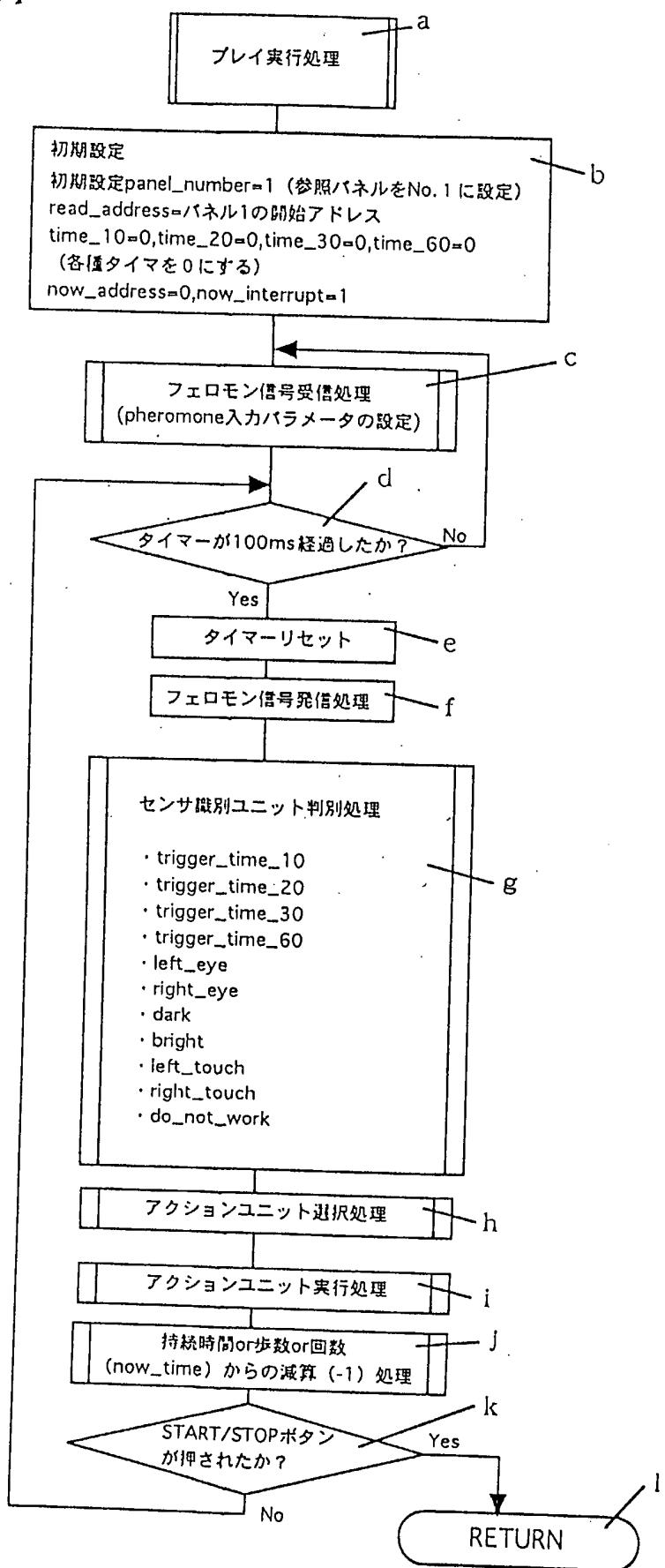
【図18】

センサ識別ユニットの種類	センサ識別ユニットの番号	センサからの入力パラメータの条件
何もない	0	「何もない」以外のユーザーが選んだセンサ識別ユニットの反応がない場合
前に何かある	1	front_eye=1
右に何かある	2	right_eye=1
左に何かある	3	left_eye=1
前の障害物に当たった	4	front_touch=1
右の障害物に当たった	5	right_touch=1
左の障害物に当たった	6	left_touch=1
前が明るい	7	bright=1
前が暗い	8	dark=1
動けない	9	do_not_work=1
A種がいる	10	pheromone1=1
B種がいる	11	pheromone2=1
C種がいる	12	pheromone3=1
伝達フェロモン1を受信	13	pheromone4=1
伝達フェロモン2を受信	14	pheromone5=1
空間フェロモン1を受信	15	pheromone6=1
10秒経過	16	trigger_time_10=1
20秒経過	17	trigger_time_20=1
30秒経過	18	trigger_time_30=1
60秒経過	19	trigger_time_60=1

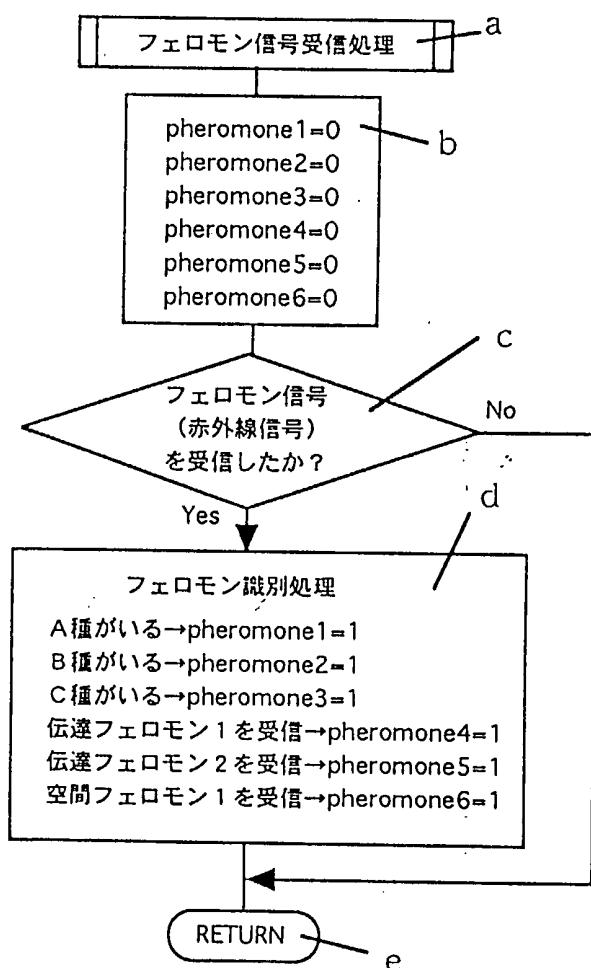
【図 19】

アクションユニットの種類	アクションの種類(番号)	オペランド	継続時間or歩数or回数	割り込み許可or不許可
ストップ	0	0	時間	許可or不許可
前進	1	0	歩数	許可or不許可
高速前進	1	1	歩数	許可or不許可
バック	2	0	歩数	許可or不許可
高速バック	2	1	歩数	許可or不許可
右回転	3	0	歩数	許可or不許可
高速右回転	3	1	歩数	許可or不許可
左回転	4	0	歩数	許可or不許可
高速左回転	4	1	歩数	許可or不許可
右カーブ	5	0	歩数	許可or不許可
高速右カーブ	5	1	歩数	許可or不許可
左カーブ	6	0	歩数	許可or不許可
高速左カーブ	6	1	歩数	許可or不許可
右後ろカーブ	7	0	歩数	許可or不許可
高速右後ろカーブ	7	1	歩数	許可or不許可
左後ろカーブ	8	0	歩数	許可or不許可
高速左後ろカーブ	8	1	歩数	許可or不許可
右か左に回転	9	0	歩数	許可or不許可
高速右か左に回転	9	1	歩数	許可or不許可
ジタバタ	10	1	時間	許可or不許可
威嚇	11	1	回数	許可or不許可
挨拶	12	0	回数	許可or不許可
鳴き声1	13	0	回数	許可or不許可
鳴き声2	13	1	回数	許可or不許可
鳴き声3	13	2	回数	許可or不許可
鳴き声4	13	3	回数	許可or不許可
伝達フェロモン1発信	14	0	回数	許可or不許可
伝達フェロモン2発信	14	1	回数	許可or不許可
パネル1へ	15	0	なし	許可or不許可
パネル2へ	15	1	なし	許可or不許可
パネル3へ	15	2	なし	許可or不許可
パネル4へ	15	3	なし	許可or不許可

【図20】

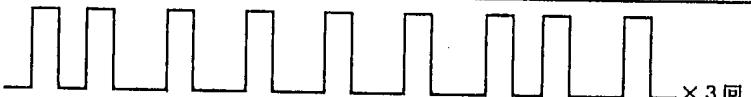
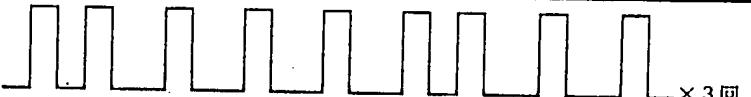


【図21】



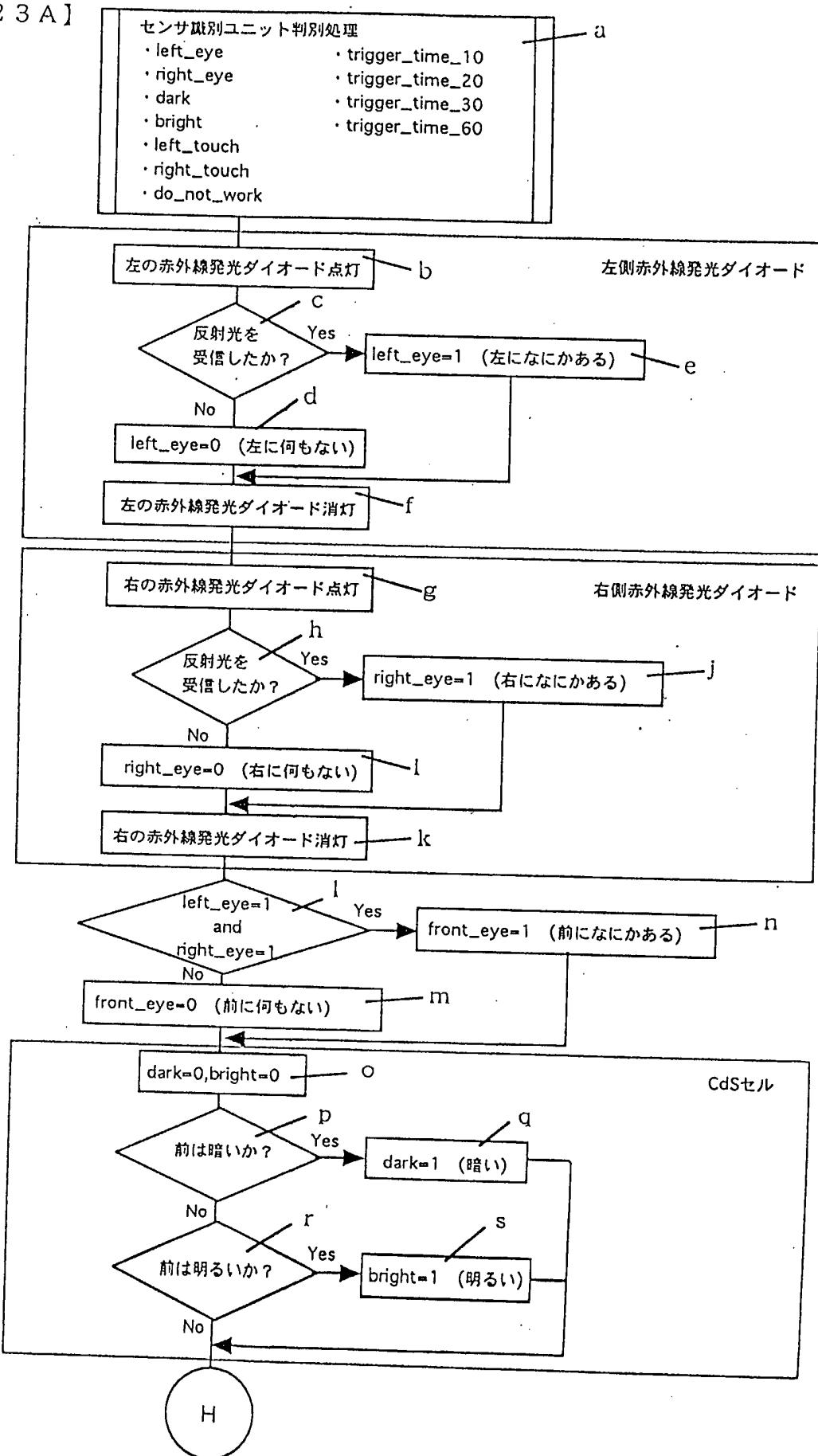
【図22】

最後のbitは8bit目を認識させるためにある。

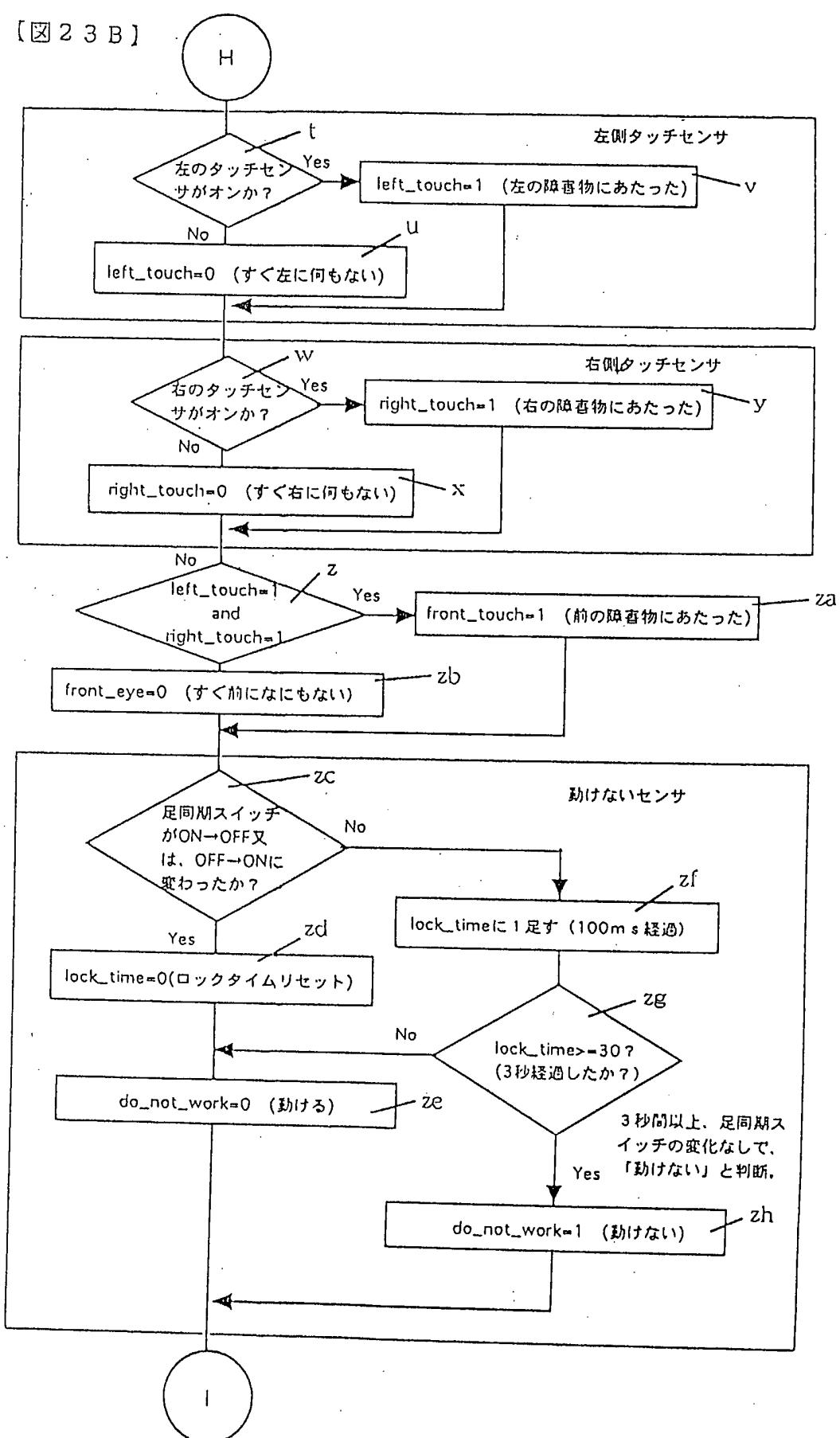
タイプ	パルスの形	bit表記
pheromone1 (Aタイプ)		10000001
pheromone2 (Bタイプ)		10000010
pheromone3 (Cタイプ)		10000100
pheromone4 (伝達フェロモン1)		10001000
pheromone5 (伝達フェロモン2)		10010000
pheromone6 (空間フェロモン1)		10100000

※受信成功率を上げるために統けて3回ほど送信する。

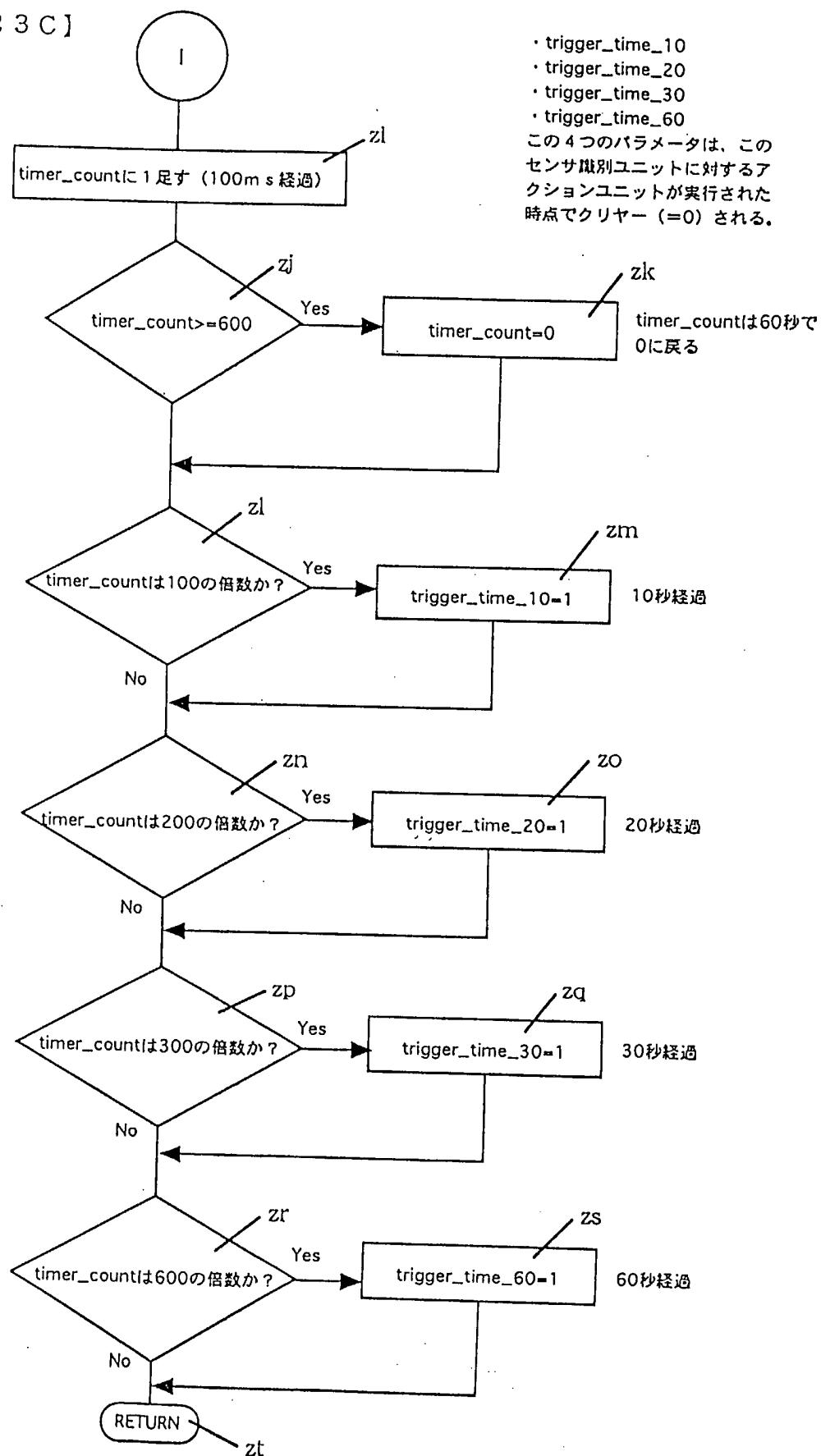
【図 2 3 A】

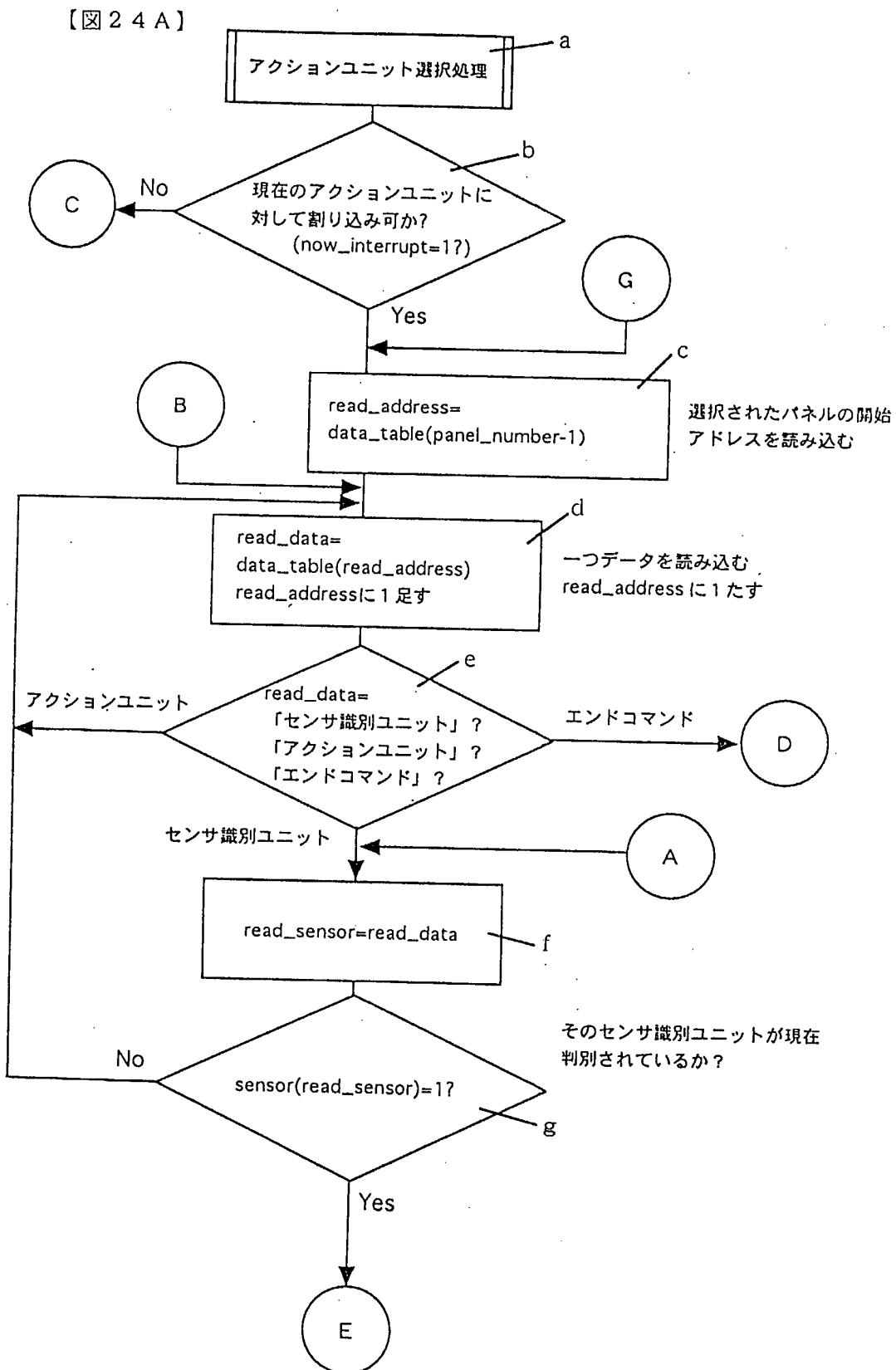


[図23B]

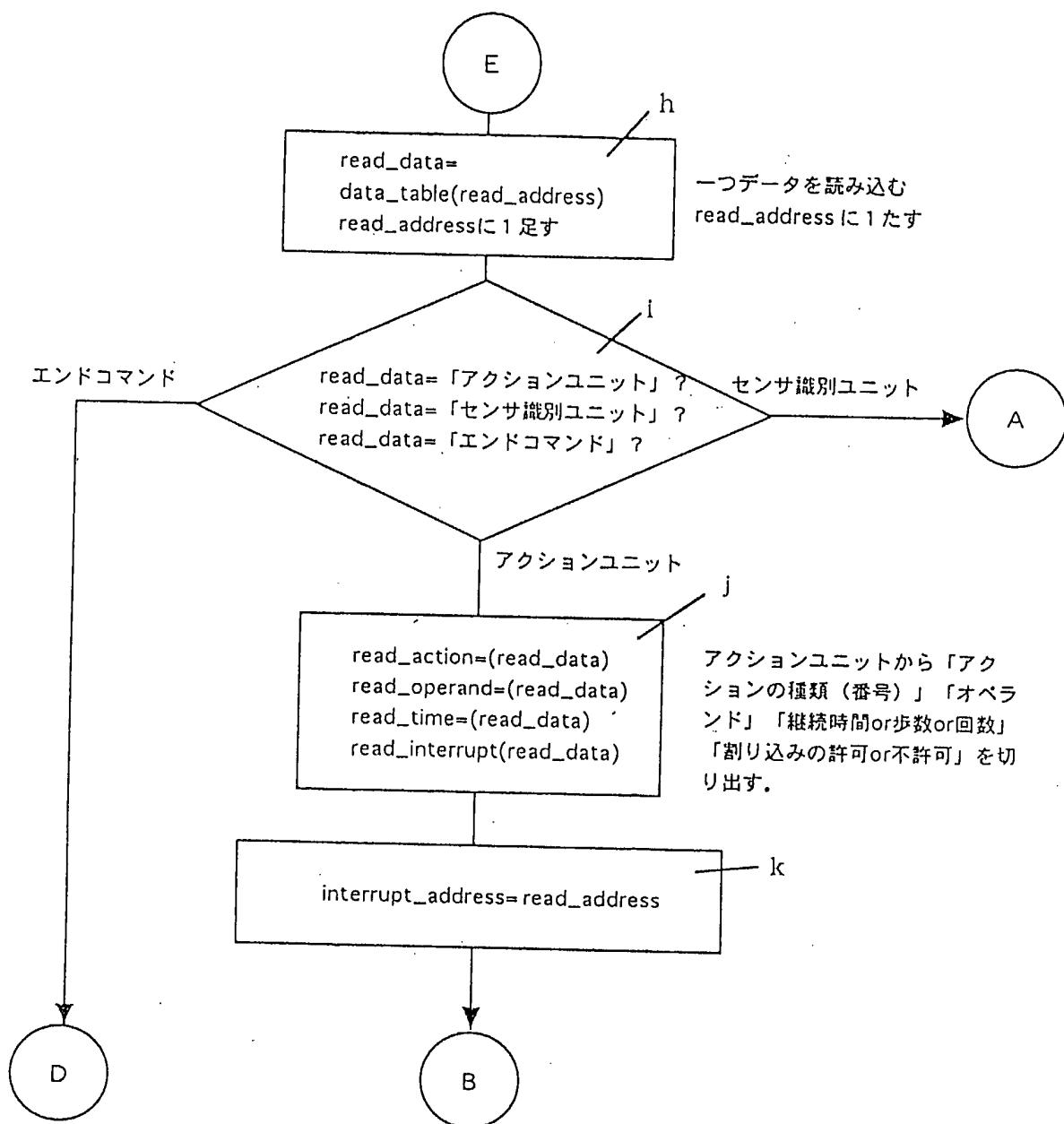


【図 2 3 C】

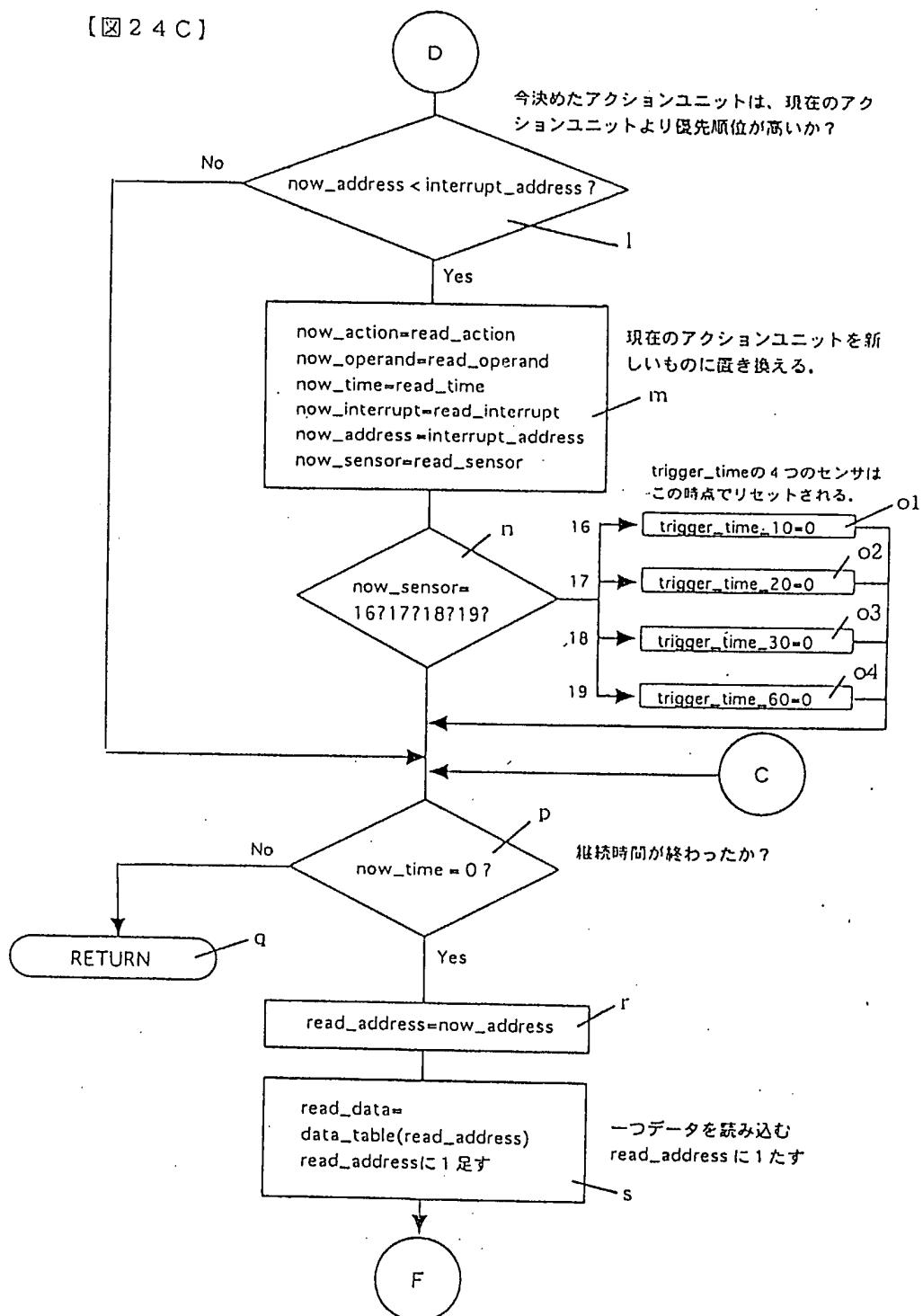




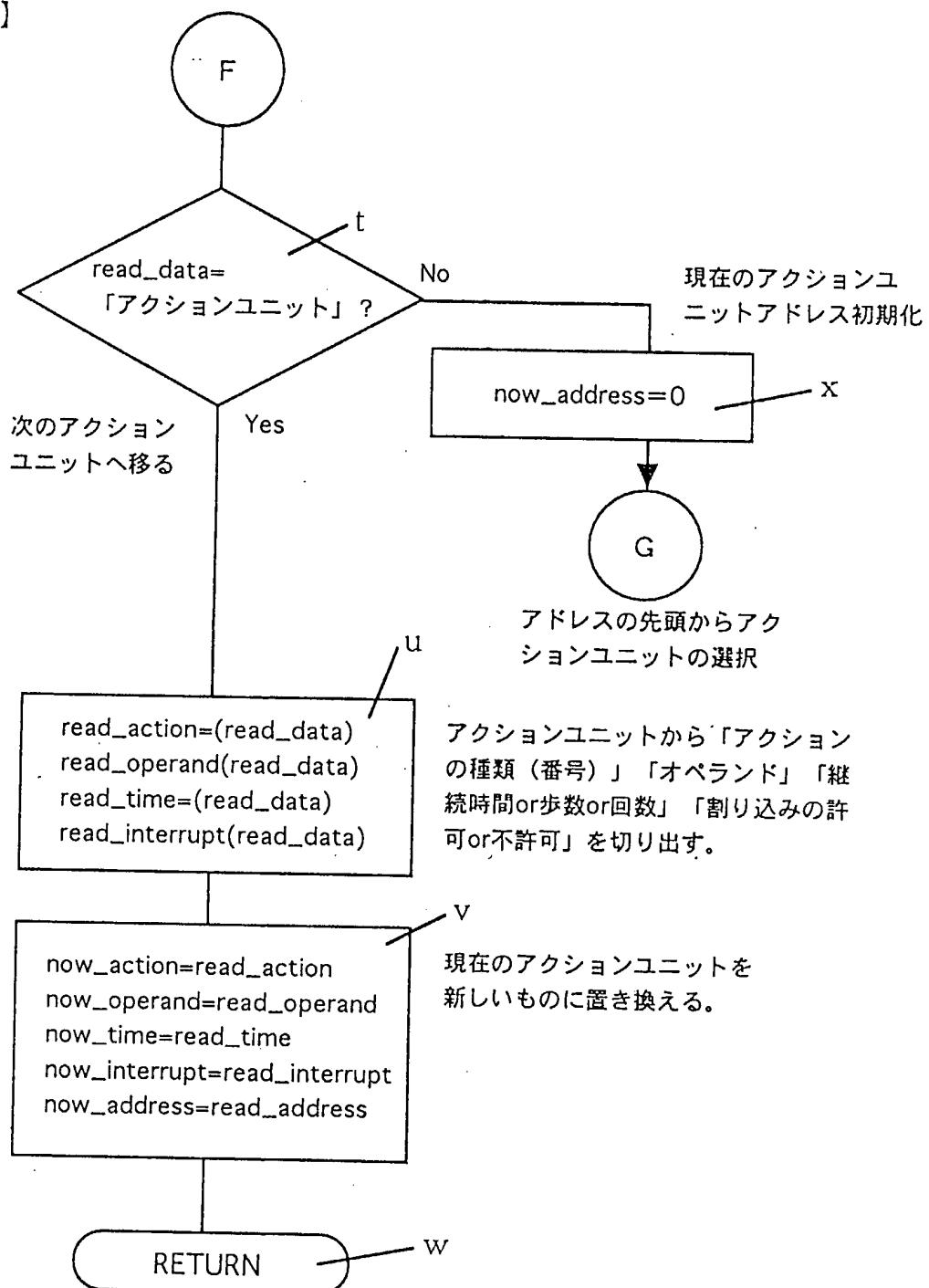
【図 24B】



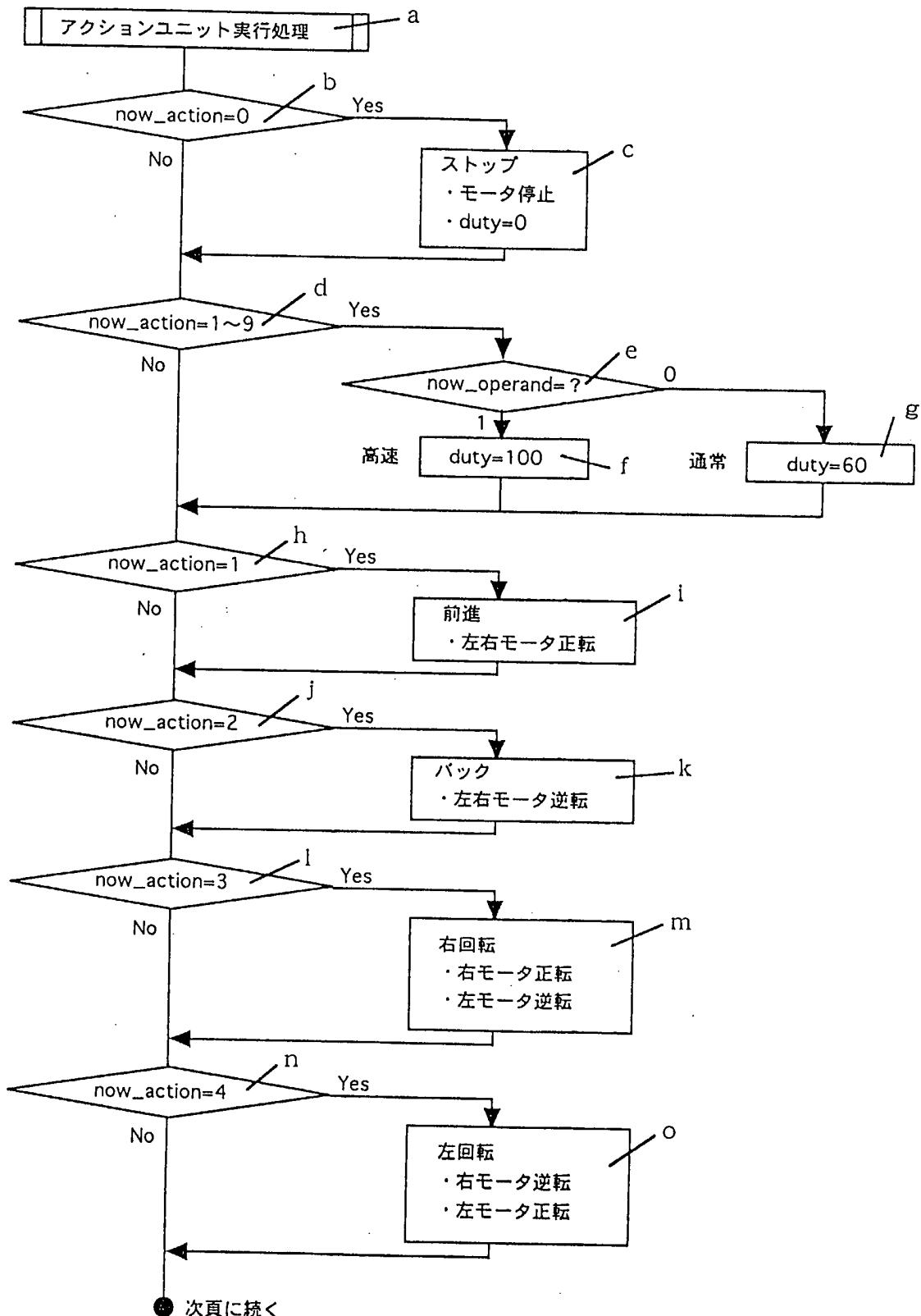
[図 2 4 C]



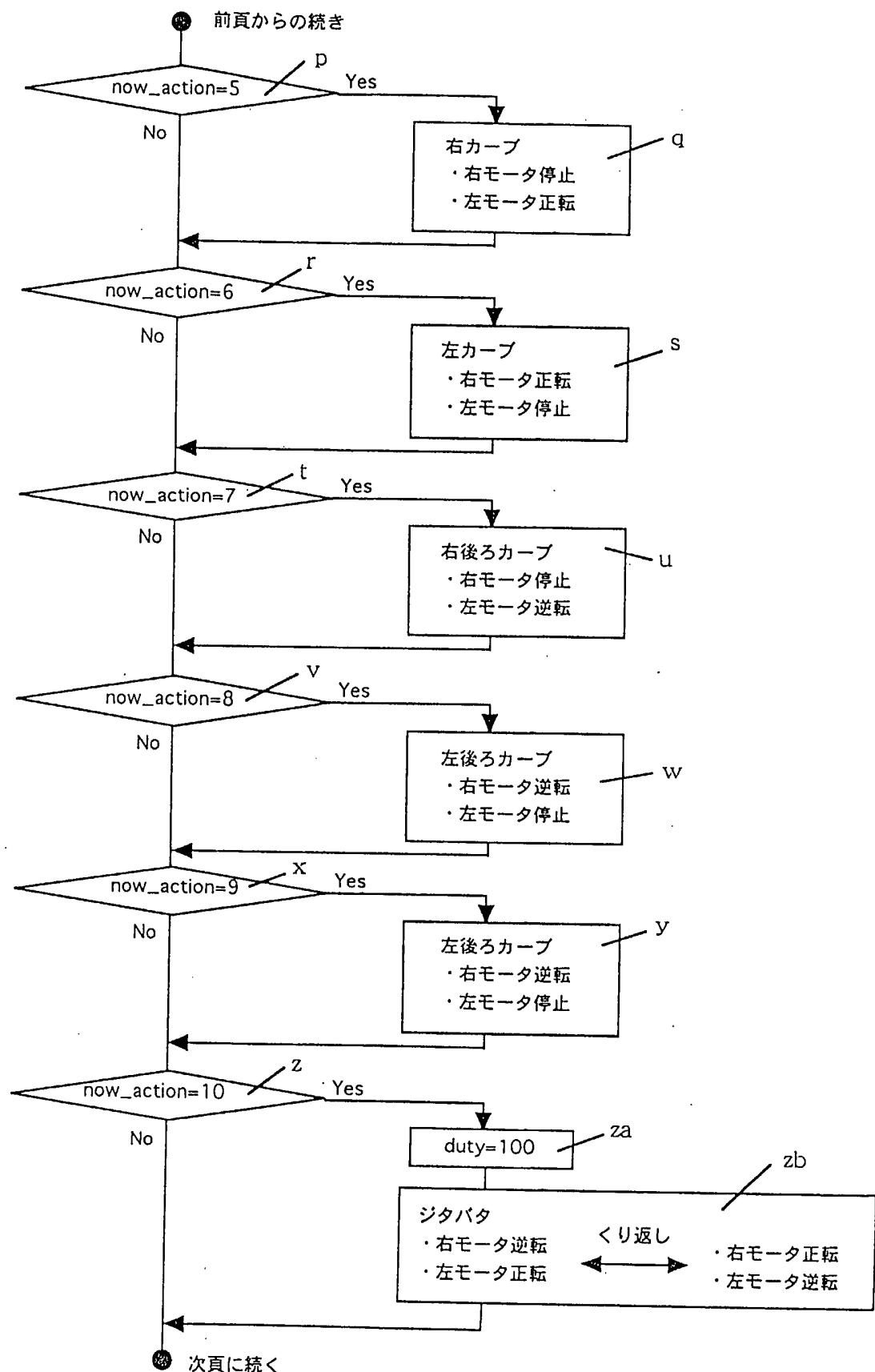
【図 24 D】



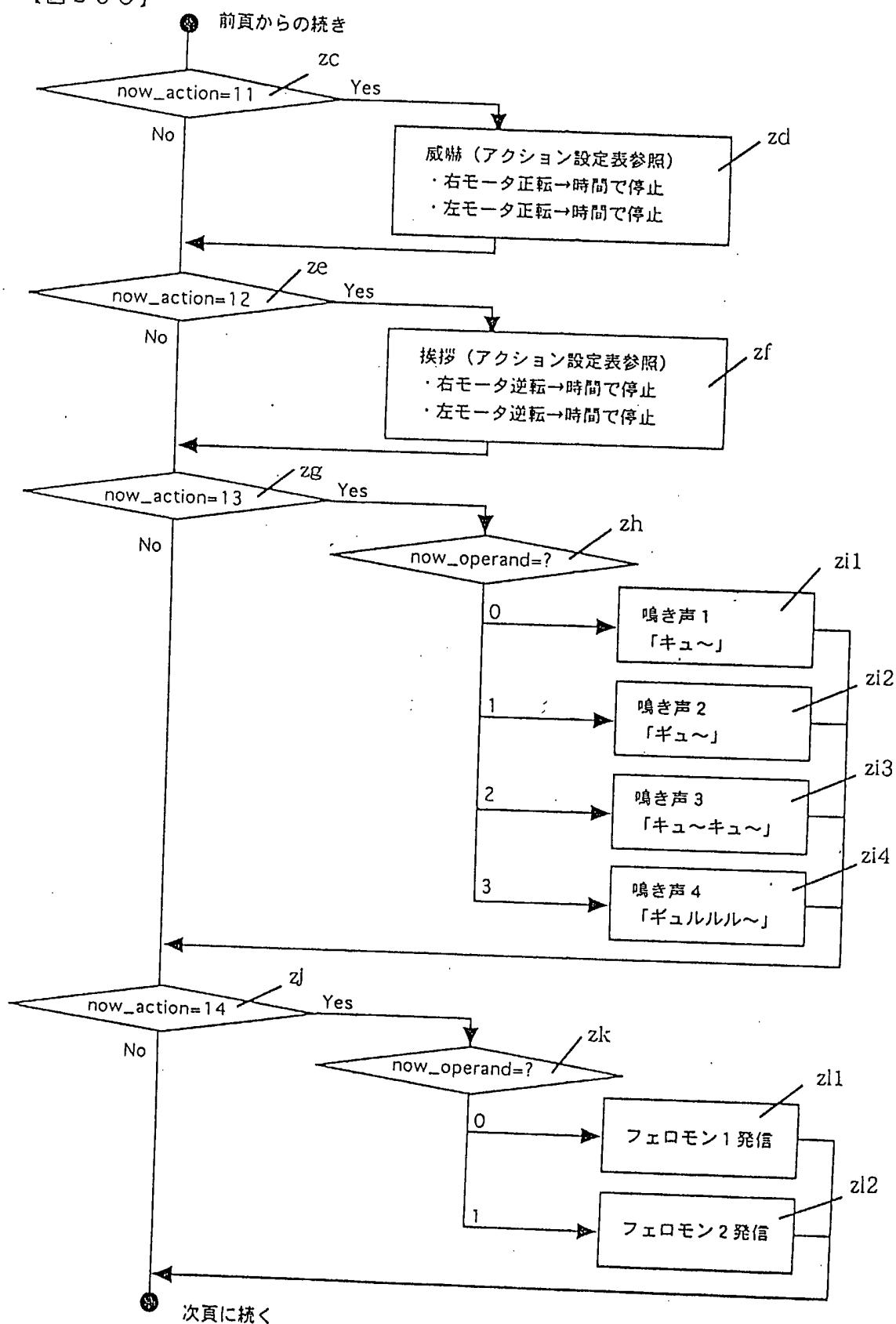
【図25A】



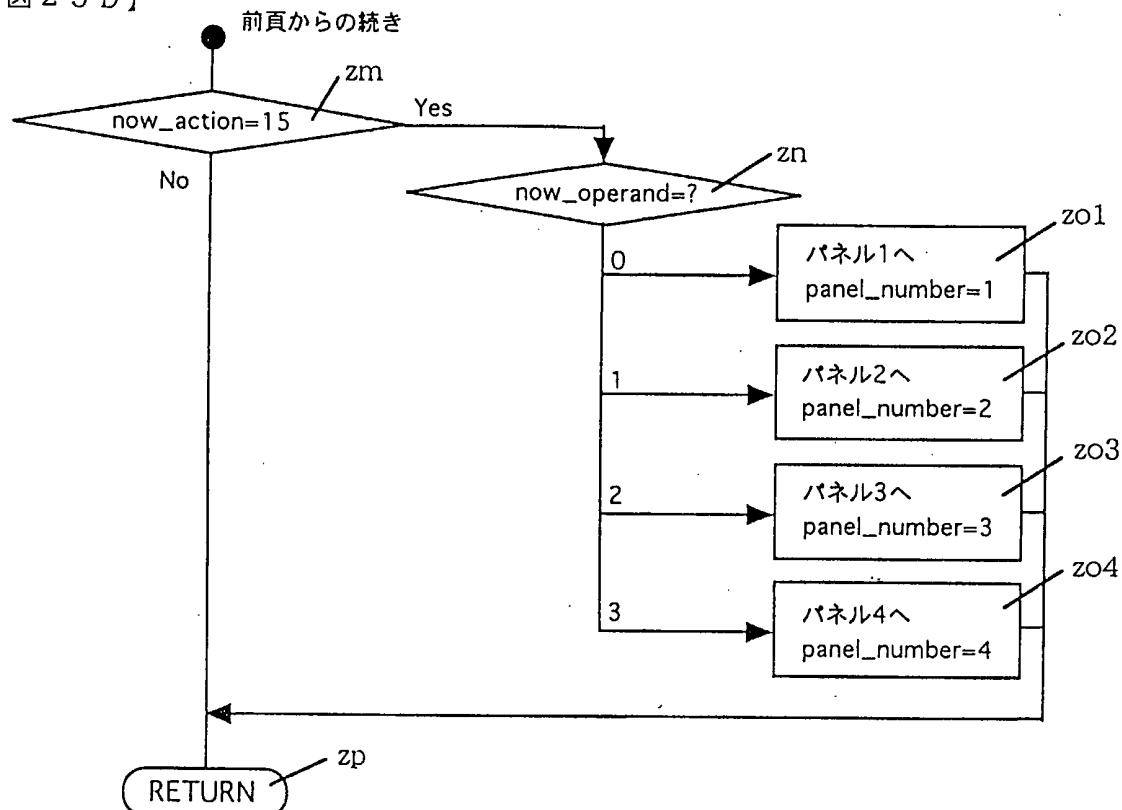
〔图25B〕



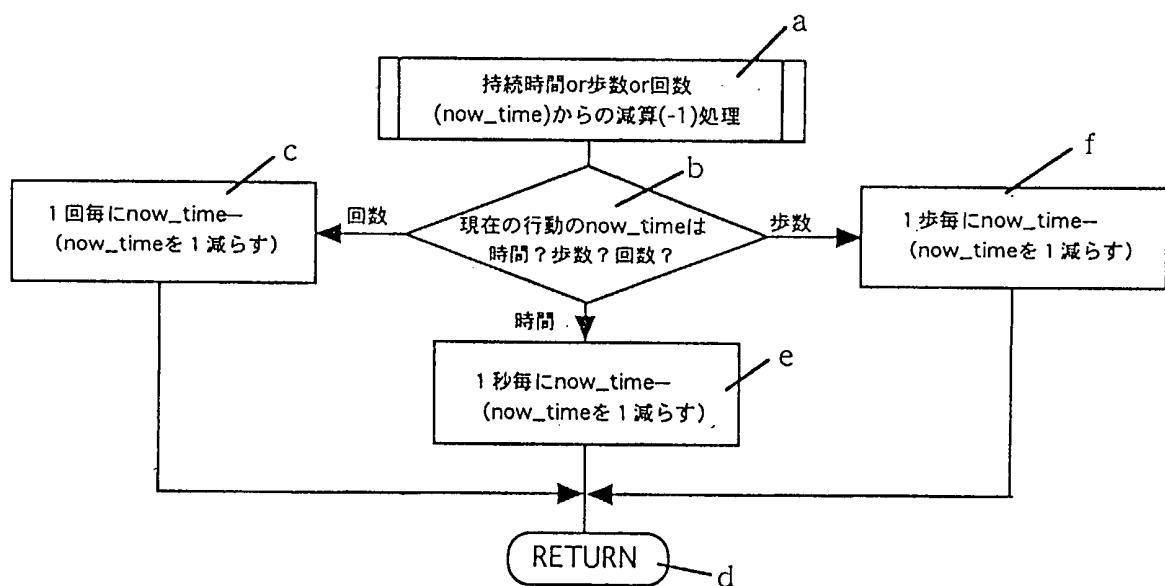
【図 25C】



【図25D】



【図26】



【図27】

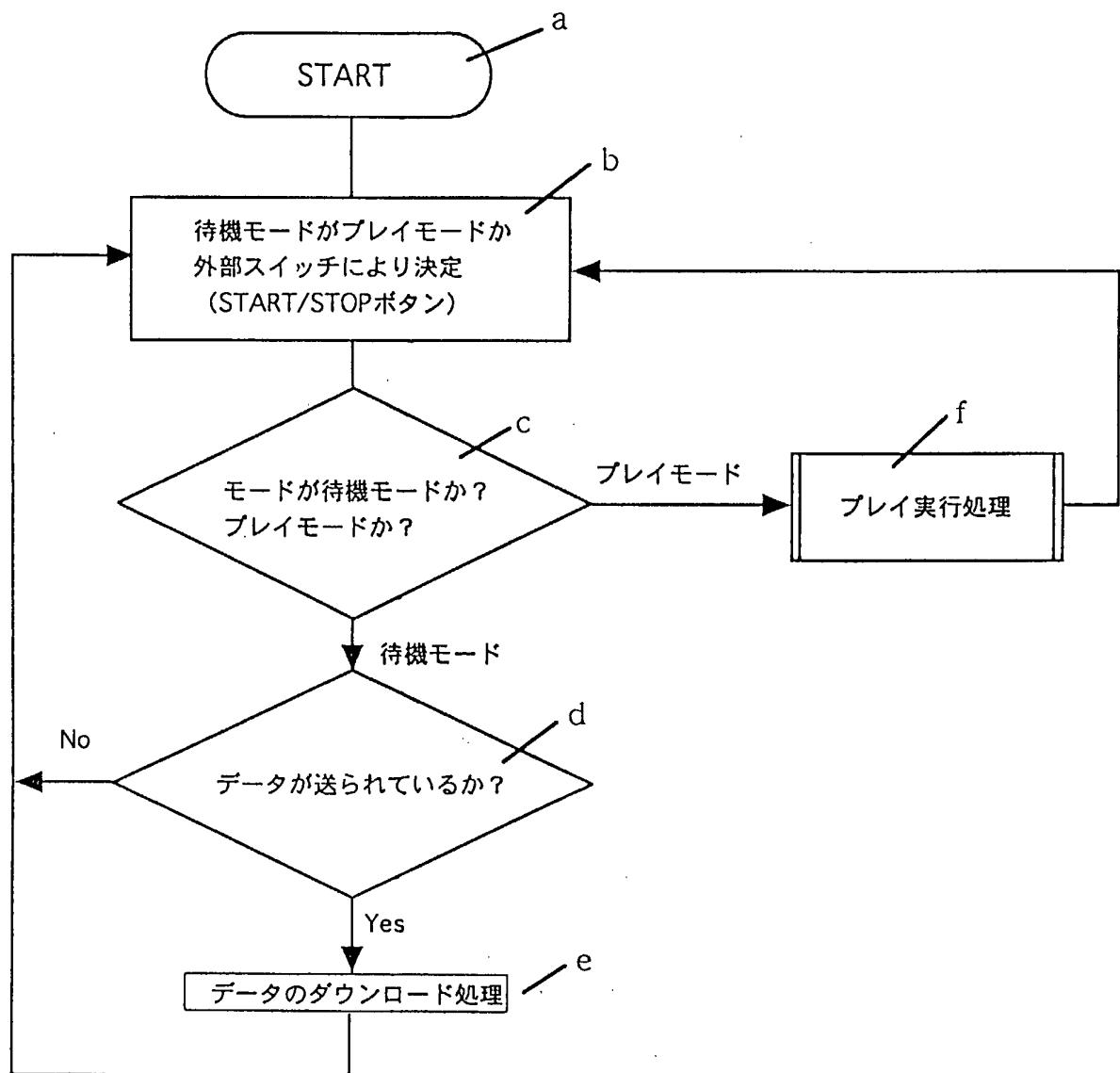
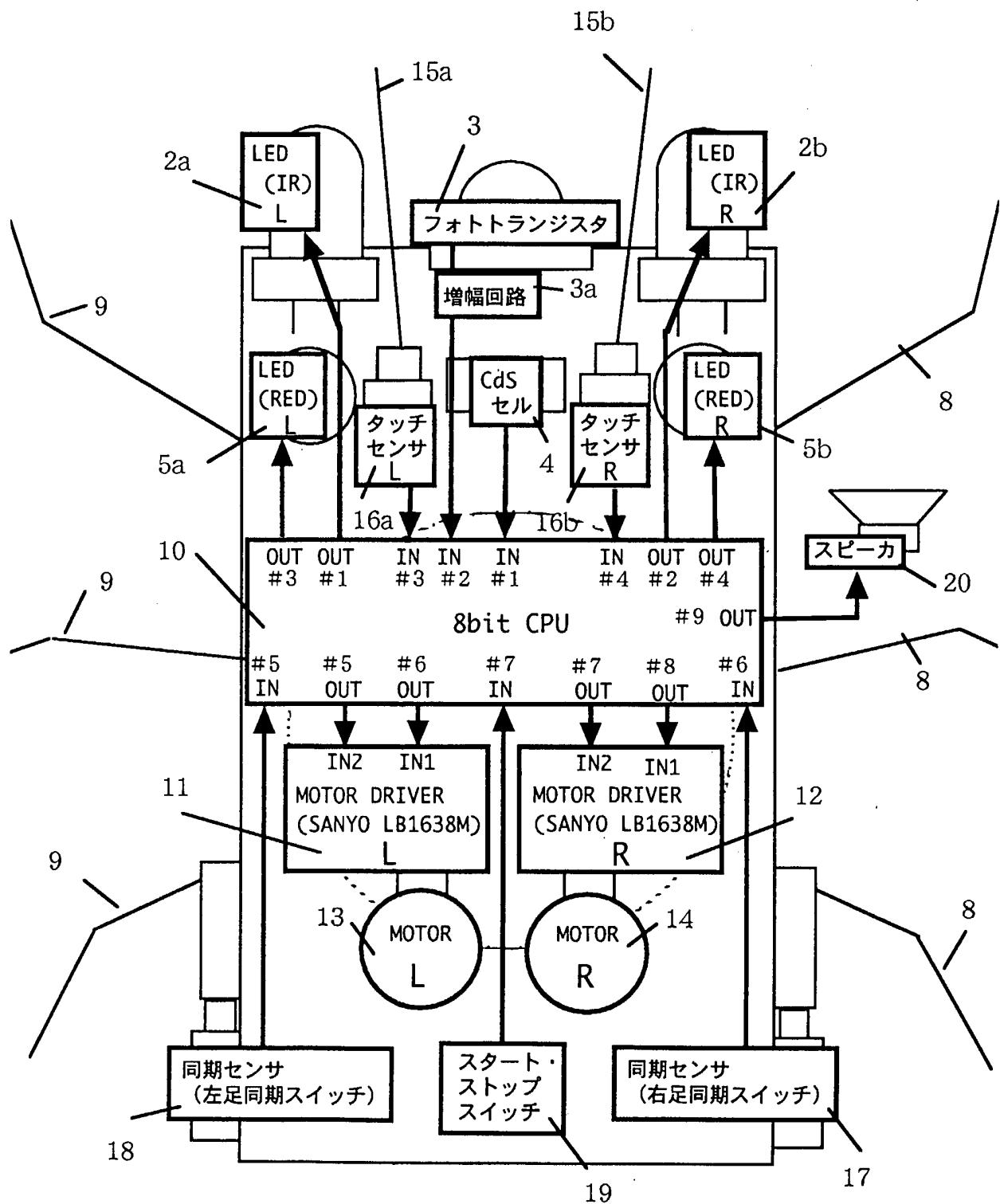
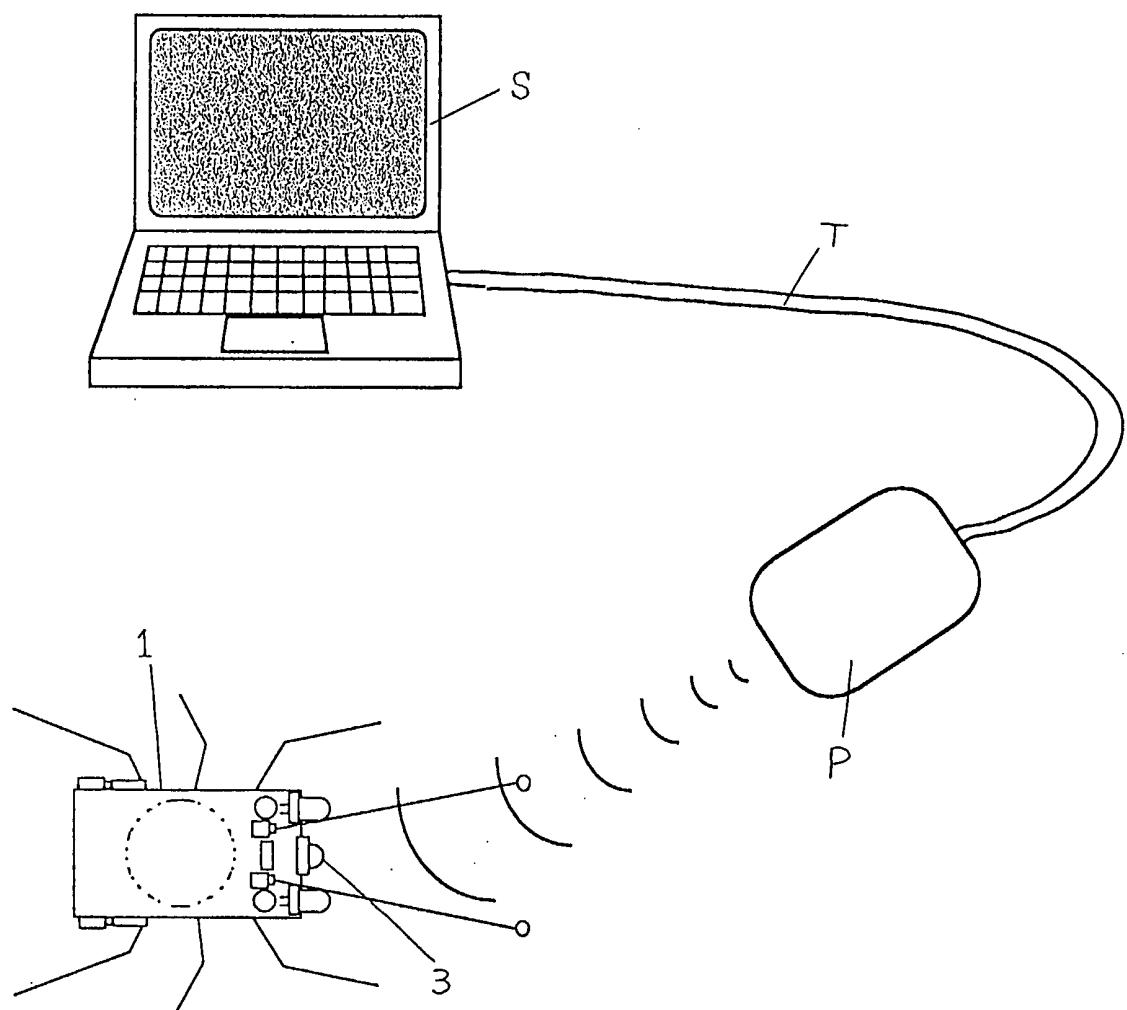


図28



【図29】



【図30】

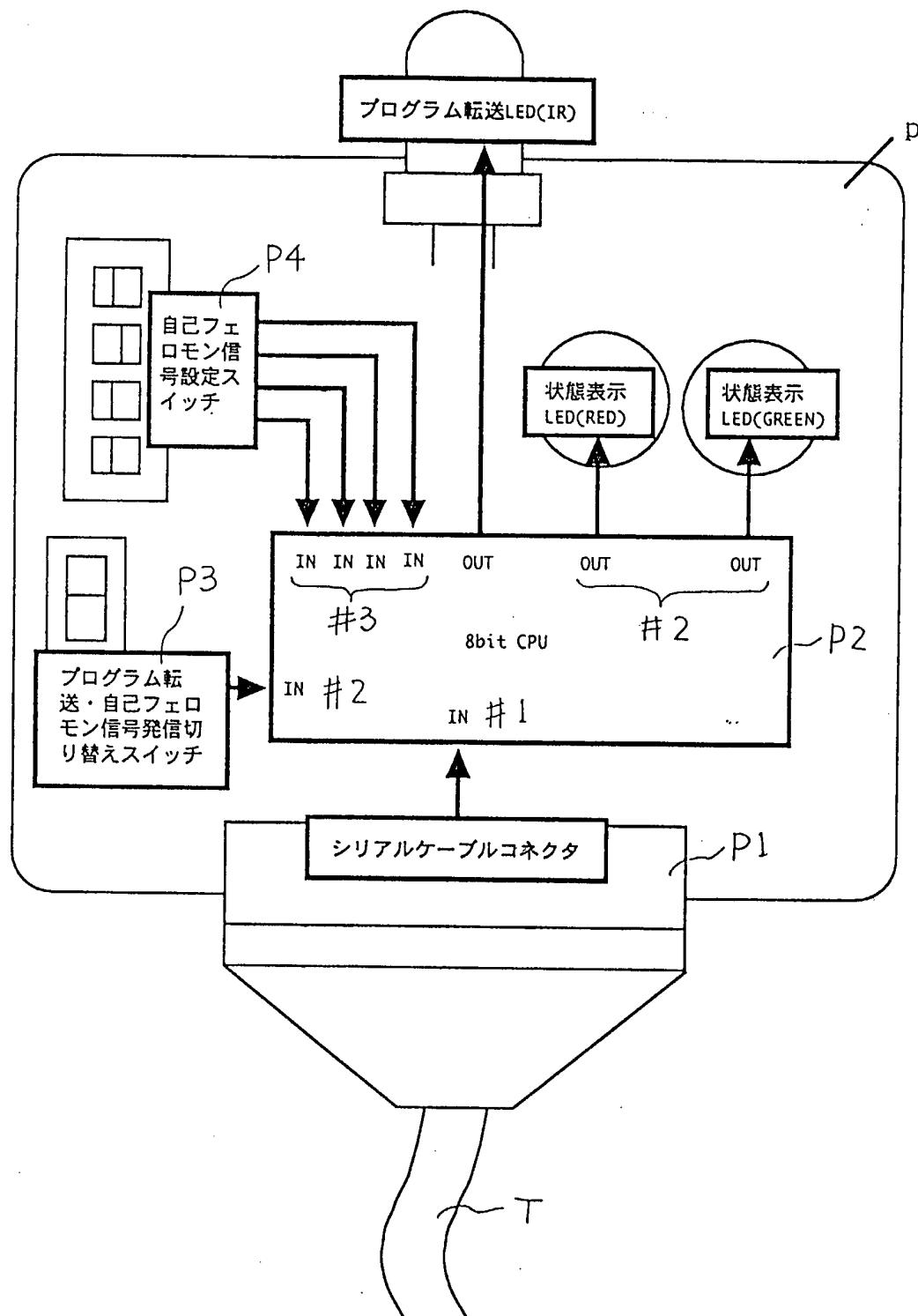
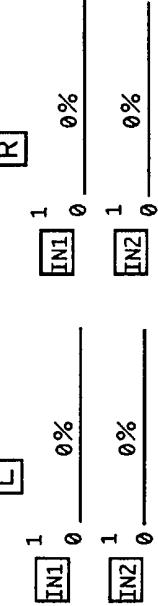
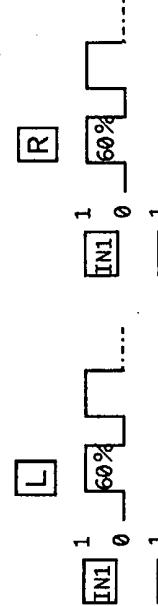
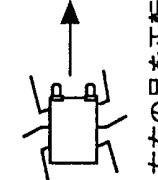
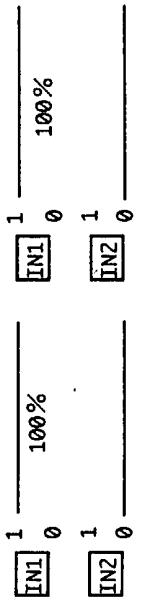
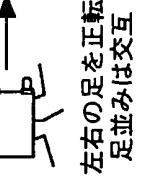
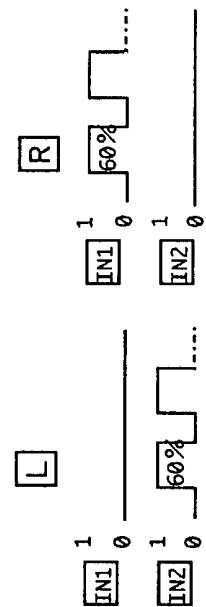
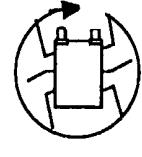
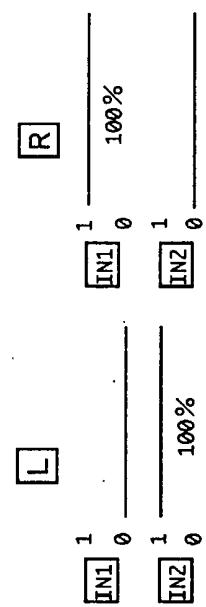
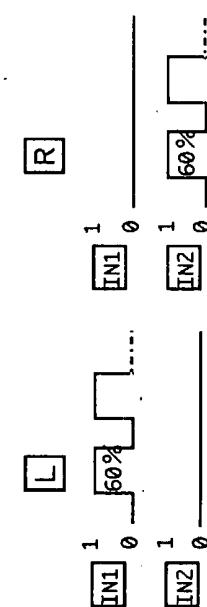
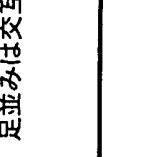


図 3 1 A

ACTION名称	モータドライバへの送信データ	モーターへ のDUTY比	昆虫口ボの動き	足の動き
停止	アクションの種類 0 オペランド 0	 R	0%	停止 
前進	アクションの種類 1 オペランド 0	 R	60%	アクションの種類1、 前進参照 
高速前進	アクションの種類 1 オペランド 1	 R	100%	アクションの種類1、 前進参照 

ACTION名称	モータードライバへの送信データ	モーターへのDUTY比	昆虫ロボの動き	足の動き
後退 アクションの種類 2	[L] [R]			アクションの種類2、後進参照
	[IN1] 1 0 [IN1] 1 0 [IN2] 1 60% [IN2] 1 60%	60%	左右の足を逆転 足並みは交互	
オペランド 0				
高速 後退 アクションの種類 2	[L] [R]			アクションの種類2、後進参照
	[IN1] 1 0 [IN1] 1 0 [IN2] 1 100% [IN2] 0 100%	100%	左右の足を逆転 足並みは交互	
オペランド 1				

図 31 B

ACTION名称	モータドライバへの送信データ	モーターへのDUTY比	昆虫口ポの動き	足の動き
右回転 アクションの種類 3		60%	 その場で右回転 左足を逆転、右足を正転 足並みは交互	アクションの種類3、 右回転参照
オペランド 0				
高速 右回転 アクションの種類 3		100%	 その場で右回転 左足を逆転、右足を正転 足並みは交互	アクションの種類3、 右回転参照
オペランド 1				
左回転 アクションの種類 4		60%	 その場で左回転 左足を正転、右足を逆転 足並みは交互	アクションの種類4、 左回転参照
オペランド 0				

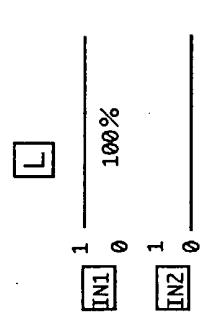
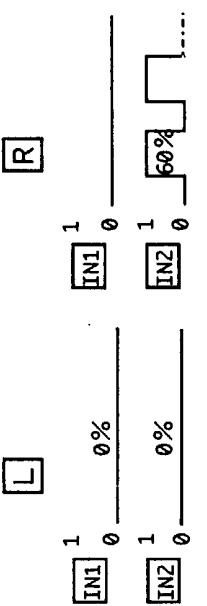
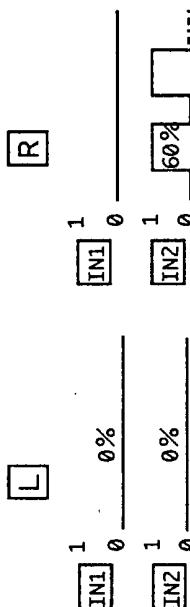
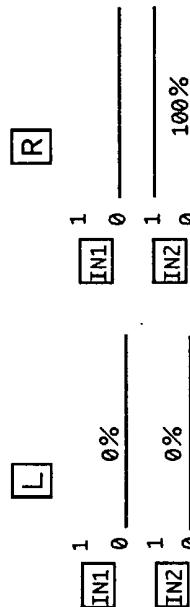
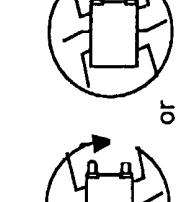
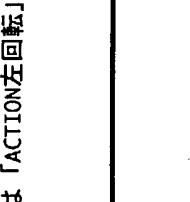
ACTION名称	モータドライバへの送信データ	モーターへのDUTY比	昆虫口部の動き	足の動き
高速 左回転 オペランド 1	アクションの種類 4 アクションの種類 5	 	100%	アクションの種類4、左回転参照 その場で左回転、左足を正転、右足を逆転、足並みは交互
	オペランド 0	 	60%	アクションの種類5、右カーブ参照 進みながら右へ曲る、左足を正転、右足を停止

図 3 1 C

ACTION名称	モータドライバへの送信データ	モーターへのDUTY比	昆虫口部の動き	足の動き
高速 右カーブ	アクションの種類 5 オペランド 1	[L] IN1 1 0 100% IN2 1 0 0% R IN1 1 0 0% IN2 1 0 0%	100%	アクションの種類5、右カーブ参照 進みながら右へ曲る 左足を正転、右足を停止
左カーブ	アクションの種類 6 オペランド 0	[L] IN1 1 0 0% IN2 1 0 0% R IN1 1 0 60% IN2 1 0 0%	60%	アクションの種類6、左カーブ参照 進みながら左へ曲る 左足を停止、右足を正転
高速 左カーブ	アクションの種類 6 オペランド 1	[L] IN1 1 0 0% IN2 1 0 0% R IN1 1 0 100% IN2 1 0 0%	100%	アクションの種類6、左カーブ参照 進みながら左へ曲る 左足を停止、右足を正転

ACTION名称	モータードライバへの送信データ	モーターへのDUTY比	昆虫ロボの動き	足の動き
右後ろ カーブ オペランド 0	アクションの種類 7 モータードライバへの送信データ [L] [R] [IN1] 1 0 1 0 ... [IN2] 0 60% 1 0 ...	60%	 後退しながら右へ曲る 左足を逆転、右足を停止	アクションの種類7、 右後ろカーブ参照
高速 右後ろ カーブ オペランド 1	アクションの種類 7 モータードライバへの送信データ [L] [R] [IN1] 1 0 1 0 ... [IN2] 0 100% 1 0 ...	100%	 後退しながら右へ曲る 左足を逆転、右足を停止	アクションの種類7、 右後ろカーブ参照

図 3 1 D

ACTION名称	モータドライバへの送信データ	モーターへのDUTY比	昆虫口部の動き	足の動き
左後ろ カーブ アクションの 種類 8 オペランド 0	 L R $\frac{\text{IN1} \ 1}{0 \ 0\%}$ $\frac{\text{IN1} \ 1}{0 \ 60\%}$ $\frac{\text{IN2} \ 0}{1 \ 0\%}$ $\frac{\text{IN2} \ 1}{0 \ 60\%}$	60%	 後退しながら左へ曲る 左足を停止、右足を逆転	アクション の種類8、左 後ろカーブ 参照
高速 左後ろ カーブ アクションの 種類 8 オペランド 1	 L R $\frac{\text{IN1} \ 1}{0 \ 0\%}$ $\frac{\text{IN1} \ 1}{0 \ 100\%}$ $\frac{\text{IN2} \ 0}{1 \ 0\%}$ $\frac{\text{IN2} \ 1}{0 \ 100\%}$	100%	 後退しながら左へ曲る 左足を停止、右足を逆転	アクション の種類8、左 後ろカーブ 参照
右か左に 回転 アクションの 種類 9 オペランド 0	 L R $\frac{\text{IN1} \ 1}{0 \ 0\%}$ $\frac{\text{IN1} \ 1}{0 \ 60\%}$ $\frac{\text{IN2} \ 0}{1 \ 0\%}$ $\frac{\text{IN2} \ 1}{0 \ 60\%}$	60%	 右回転は「ACTION右回転」参照 左回転は「ACTION左回転」参照 その場で右回転か左回転 右回転は「ACTION右回転」参照 左回転は「ACTION左回転」参照	右回転は アクション の種類3、右 回転参照 左回転は アクション の種類4、左 回転参照

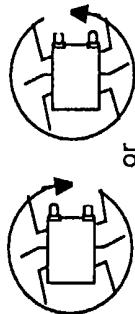
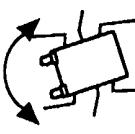
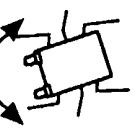
ACTION名称	モータドライバへの送信データ	モーターへのDUTY出	昆虫口部の動き	足の動き
高速 右か左に 回転	アクションの種類 9 右回転は「ACTION高速右回転」参照 左回転は「ACTION高速左回転」参照 オペランド 1	100% 右回転は「ACTION高速右回転」 左回転は「ACTION高速左回転」 参考 回転	 or 	右回転はアクションの種類3、右回転参照 左回転はアクションの種類4、左回転参照
ジタバタ	アクションの種類 10 左回転は「ACTIONジタバタ」参照 右回転は「ACTIONジタバタ」参照 オペランド 1	100% 左回転は「ACTIONジタバタ」 右回転は「ACTIONジタバタ」 参考 回転		アクションの種類10、ジタバタ参照 左右に体を振る 右旋回と左旋回を交互に 小刻みに行う (ジタバタして感じる感じができる)

図 3 1 E

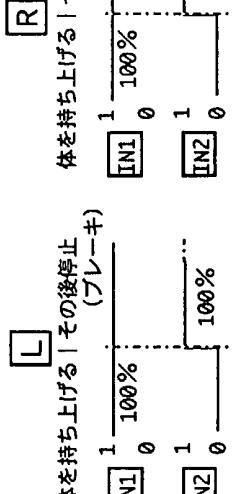
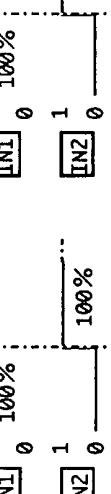
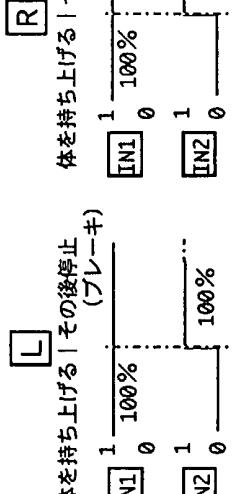
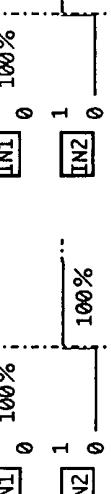
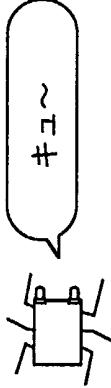
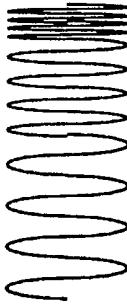
ACTION名称	モータドライバへの送信データ	モーターへのDUTY比	昆虫口部の動き	足の動き
威嚇 アクションの種類 11	 体を持ち上げる その後停止 (ブレーク) IN1 1 100% :----- 1 0 IN2 0 ----- 1 0 100% R	100%	 水平状態から体前方を 持ち上げた状態を保つ 左右の足を頭が もちあがる側範囲内で正逆転 足並みは揃い踏み	アクションの種類 11、威嚇 参照
オペランド 0	 体を持ち上げる その後停止 (ブレーク) IN1 0 100% :----- 1 0 IN2 1 0 ----- 1 0 100% R	100%	 水平状態から体前方を 持ち上げた状態を保つ 左右の足を頭が もちあがる側範囲内で正逆転 足並みは揃い踏み	アクションの種類 11、威嚇 参照
挨拶 アクションの種類 12	 体を持ち上げる その後停止 (ブレーク) IN1 1 100% :----- 1 0 IN2 0 100% ----- 1 0 100% R	60%	 水平状態から体前方を 下げた状態を保つ 左右の足をお尻が もちあがる側範囲内で正逆転 足並みは揃い踏み	アクションの種類 12、挨拶 参照
オペランド 0	 体を持ち上げる その後停止 (ブレーク) IN1 0 100% :----- 1 0 IN2 1 0 ----- 1 0 100% R	100%	 水平状態から体前方を 下げた状態を保つ 左右の足をお尻が もちあがる側範囲内で正逆転 足並みは揃い踏み	アクションの種類 12、挨拶 参照

図 3 1 F

ACTION名称		昆虫口部の動き	データ（音声、フェロモンバルス）の波形
鳴き声1	アクションの種類 13 オペランド 0	 スピーカーから鳴き声1を発声	
鳴き声2	アクションの種類 13 オペランド 1	 スピーカーから鳴き声2を発声	
鳴き声3	アクションの種類 13 オペランド 2	 スピーカーから鳴き声1を発声	

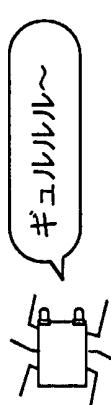
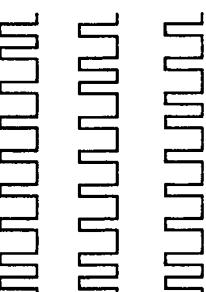
ACTION名称	昆虫口ボの動き	データ（音声、フェロモンバルス）の波形
鳴き声4	<p>アクションの種類 13</p> <p>オペランド 3</p>  <p>スピーカーから鳴き声2を発声</p>	
自己 フェロモン 発信	<p>アクションの種類 14</p> <p>オペランド 0</p>  <p>自己フェロモン（A種orB種orC種）を発信</p>	<p>pheromone1 (A種)</p> <p>pheromone2 (B種)</p> <p>pheromone3 (C種)</p> 

図 3.1 G

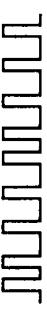
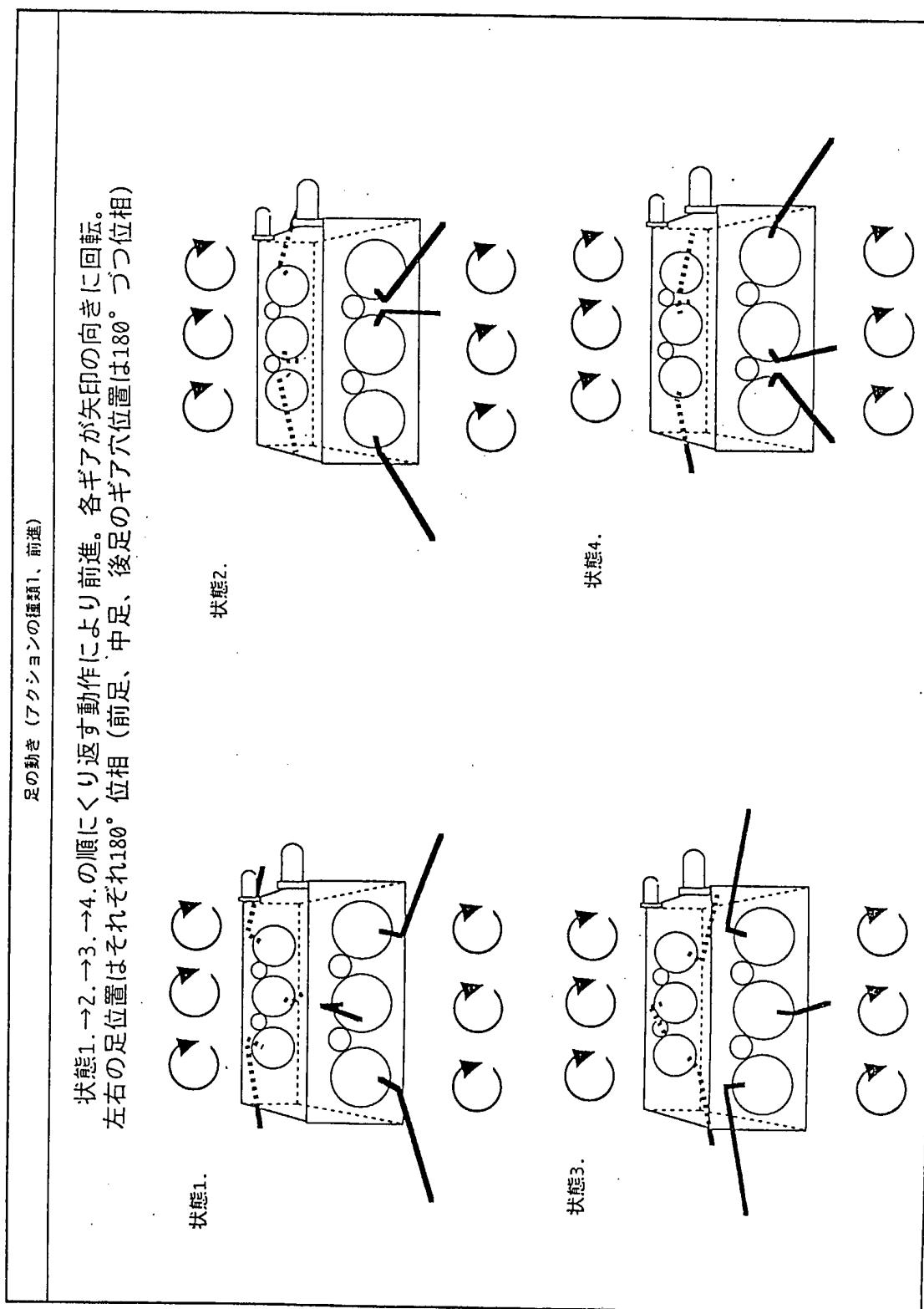
ACTION名称	昆虫口部の動き		データ（音声、フェロモナルパルス）の波形
フェロモン1 発信	アクションの種類 14 オペランド 1	 フェロモン1を発信	pheromone4 (フェロモン1) 
フェロモン2 発信	アクションの種類 14 オペランド 2	 フェロモン2を発信	pheromone5 (フェロモン2) 

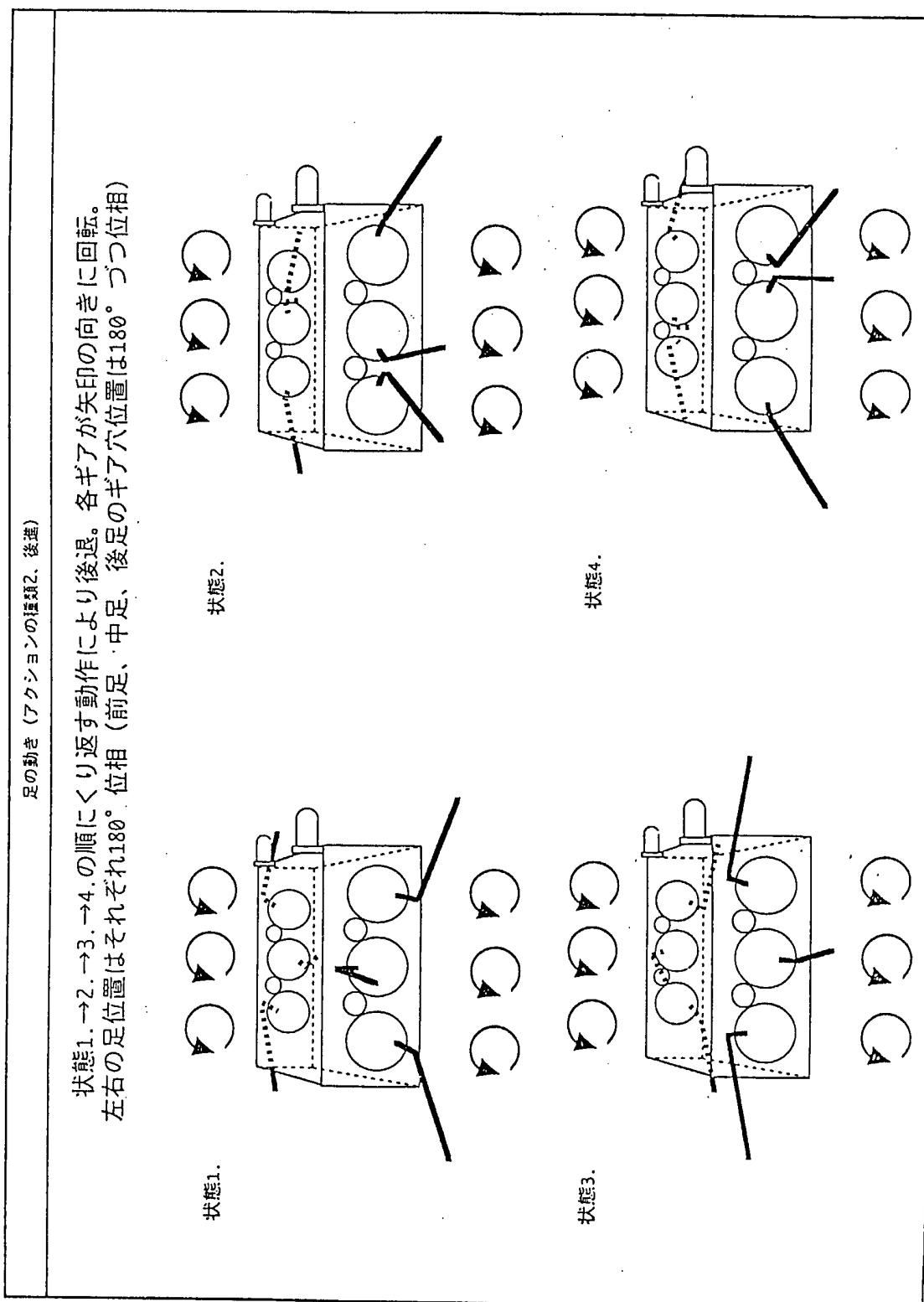
図 3 1 H

ACTION名称	昆虫口部の動き	
パネル1へ	アクションの種類 15 オペランド 0	内部処理 panel_number=1に書き替え
パネル2へ	アクションの種類 15 オペランド 1	内部処理 panel_number=2に書き替え
パネル3へ	アクションの種類 15 オペランド 2	内部処理 panel_number=3に書き替え
パネル4へ	アクションの種類 15 オペランド 3	内部処理 panel_number=4に書き替え

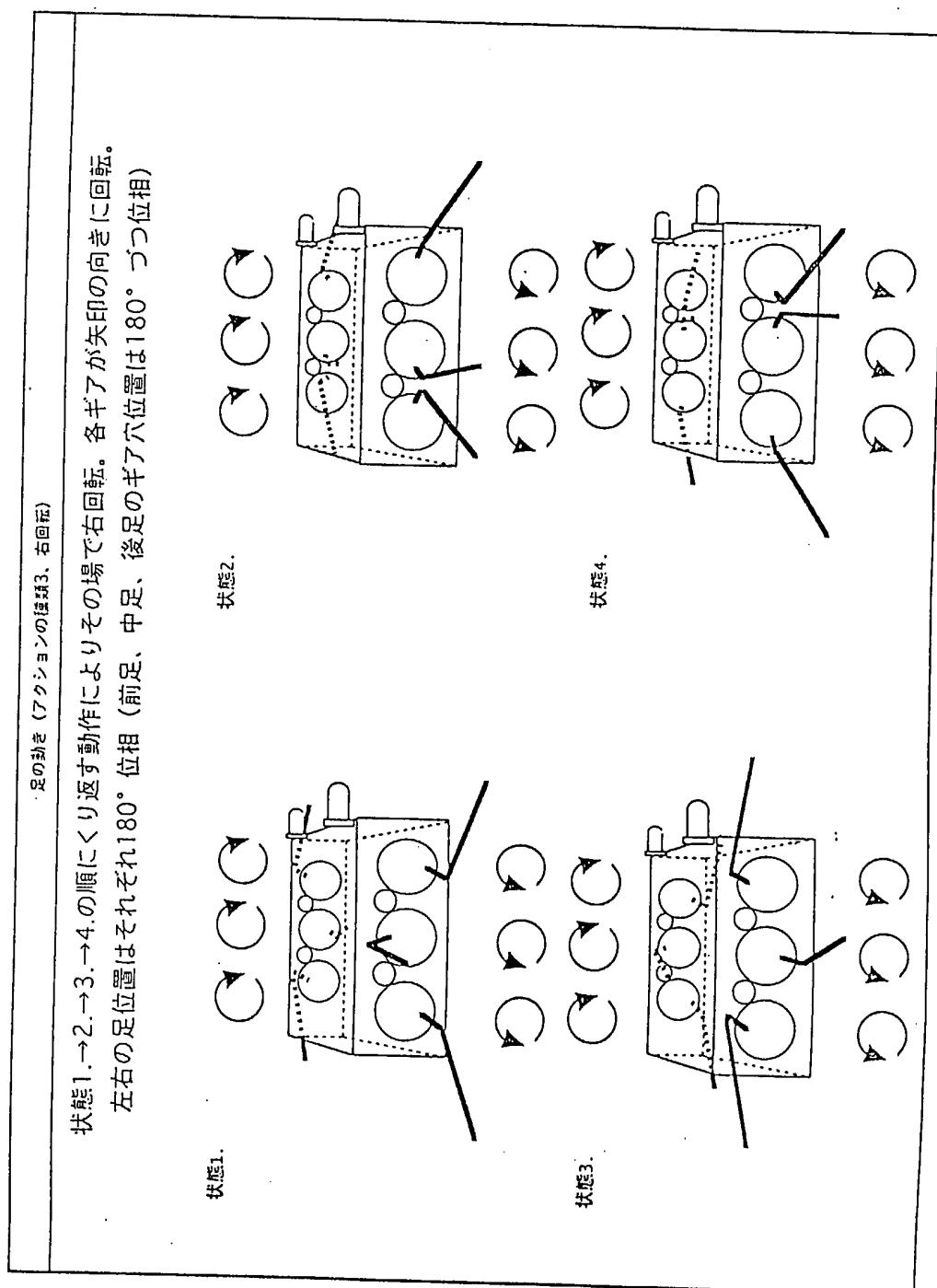
【図 311】



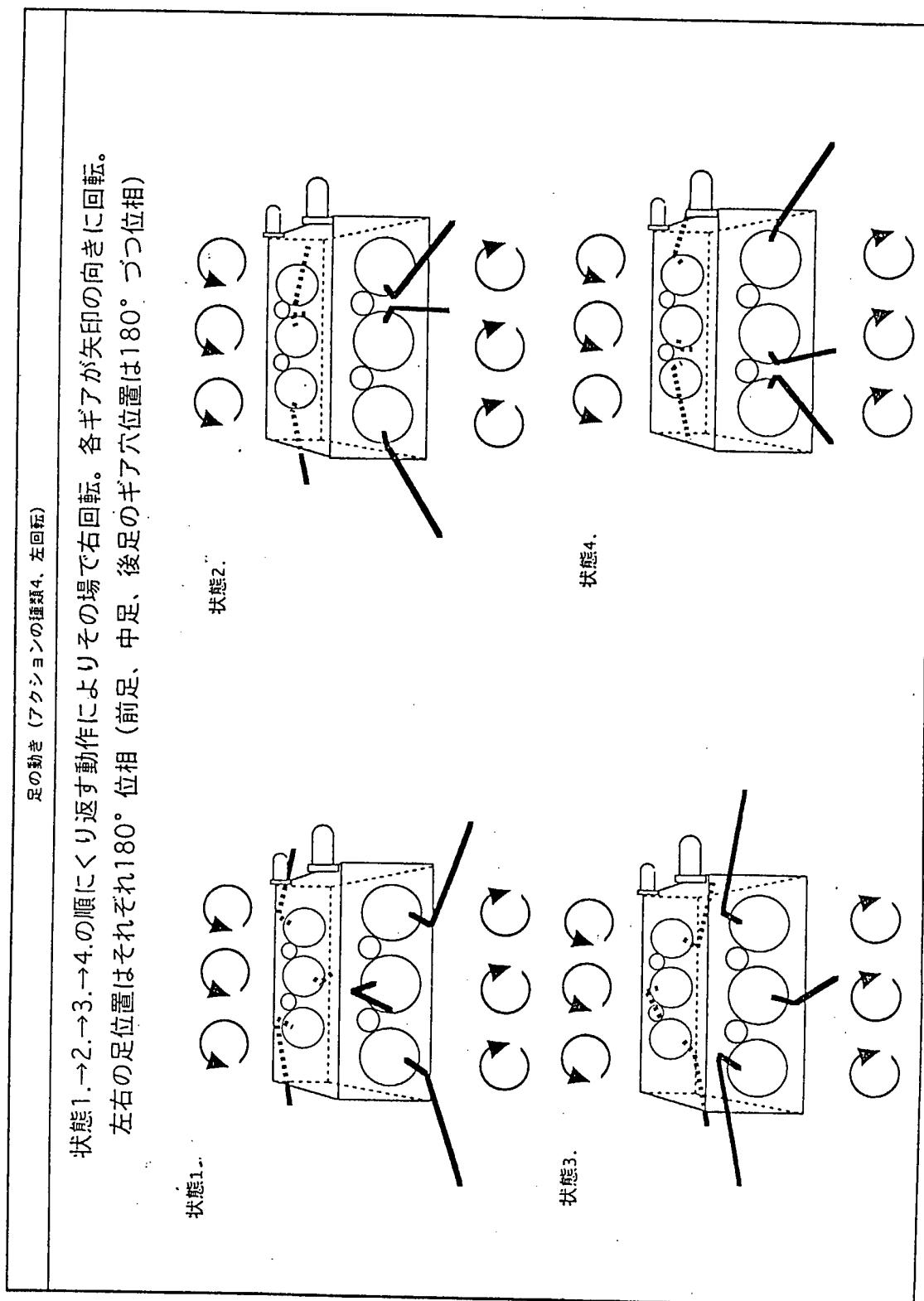
【図 3 1 J】



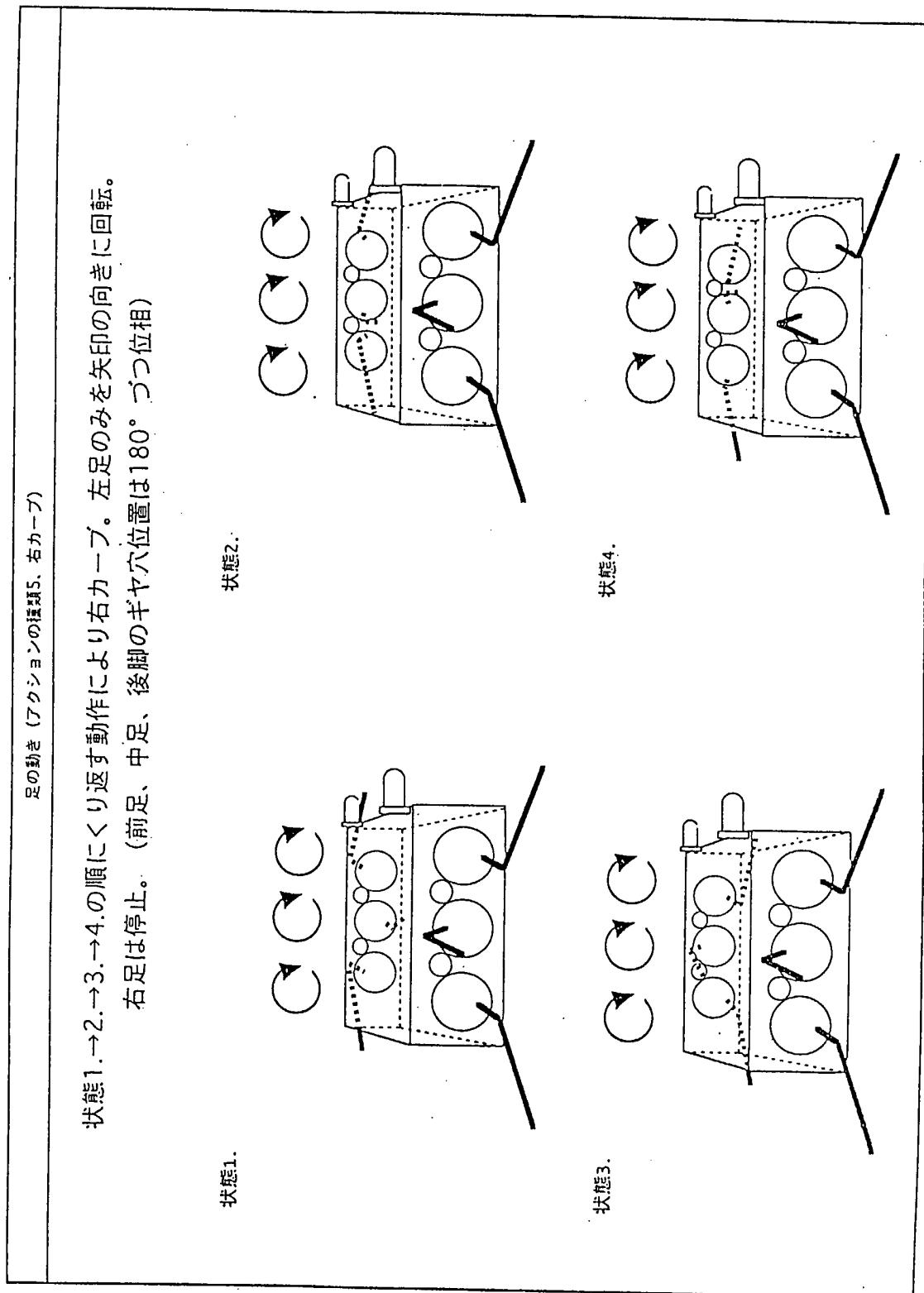
[図31K]



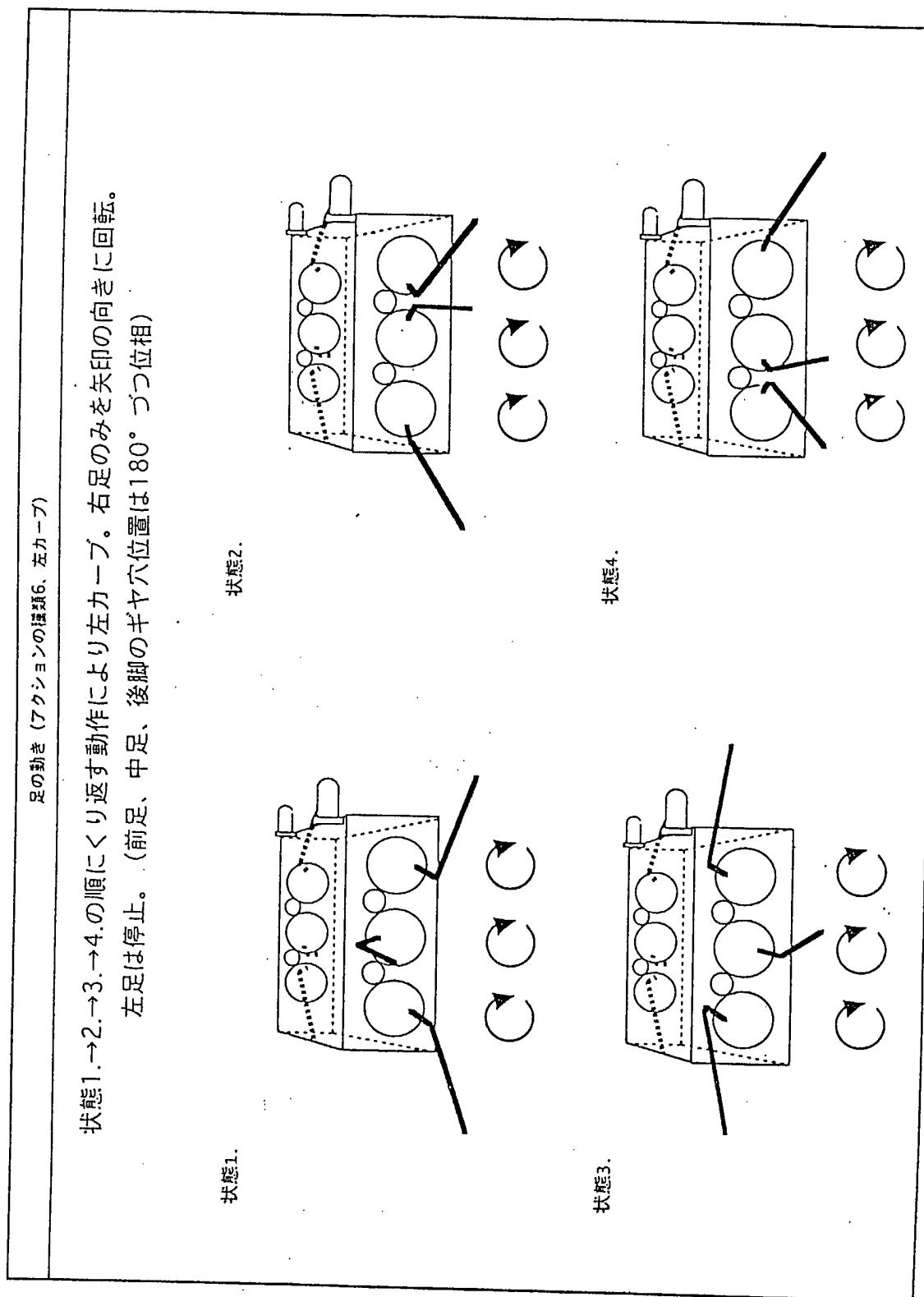
【図31L】



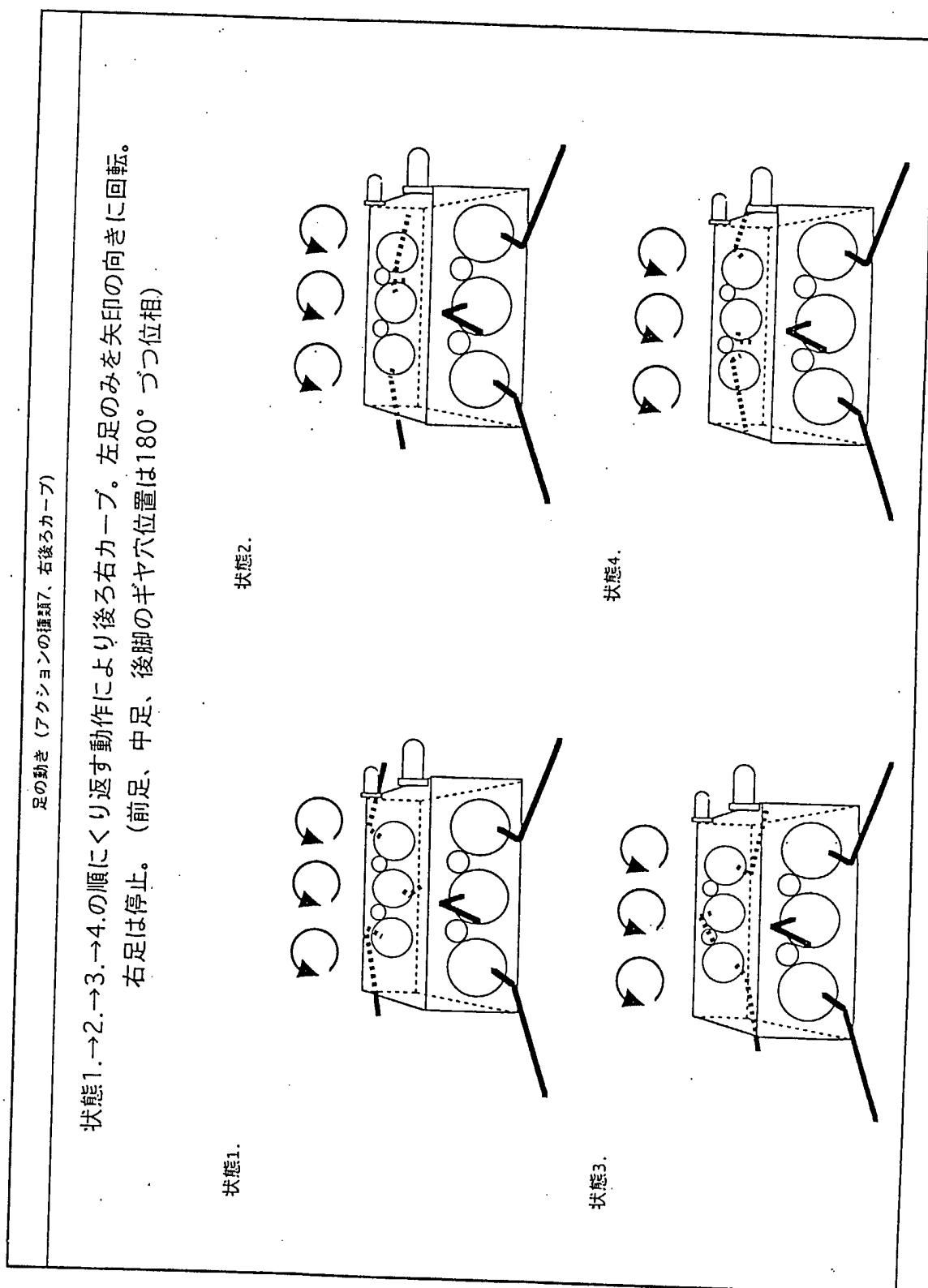
【図31M】



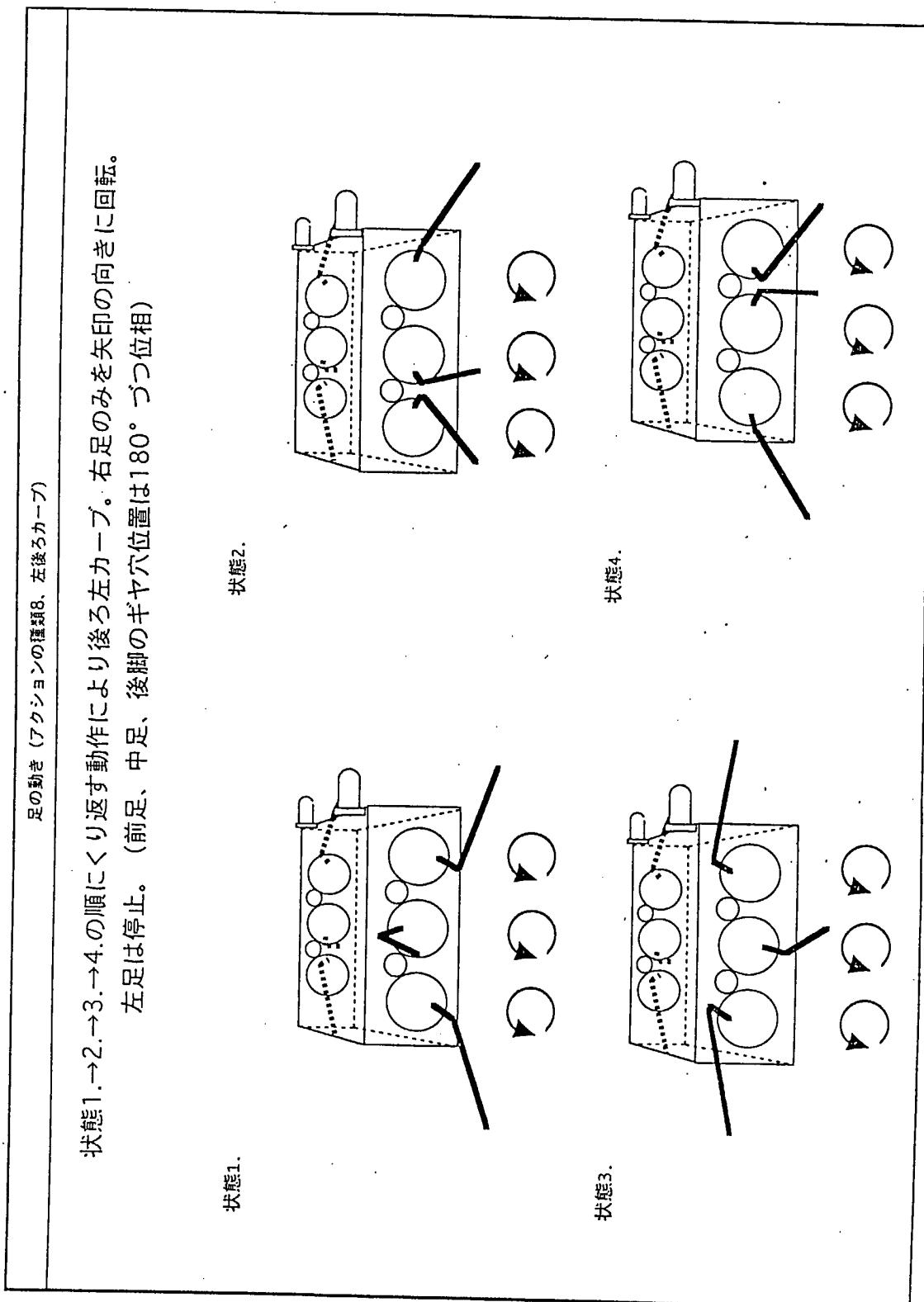
【図31N】



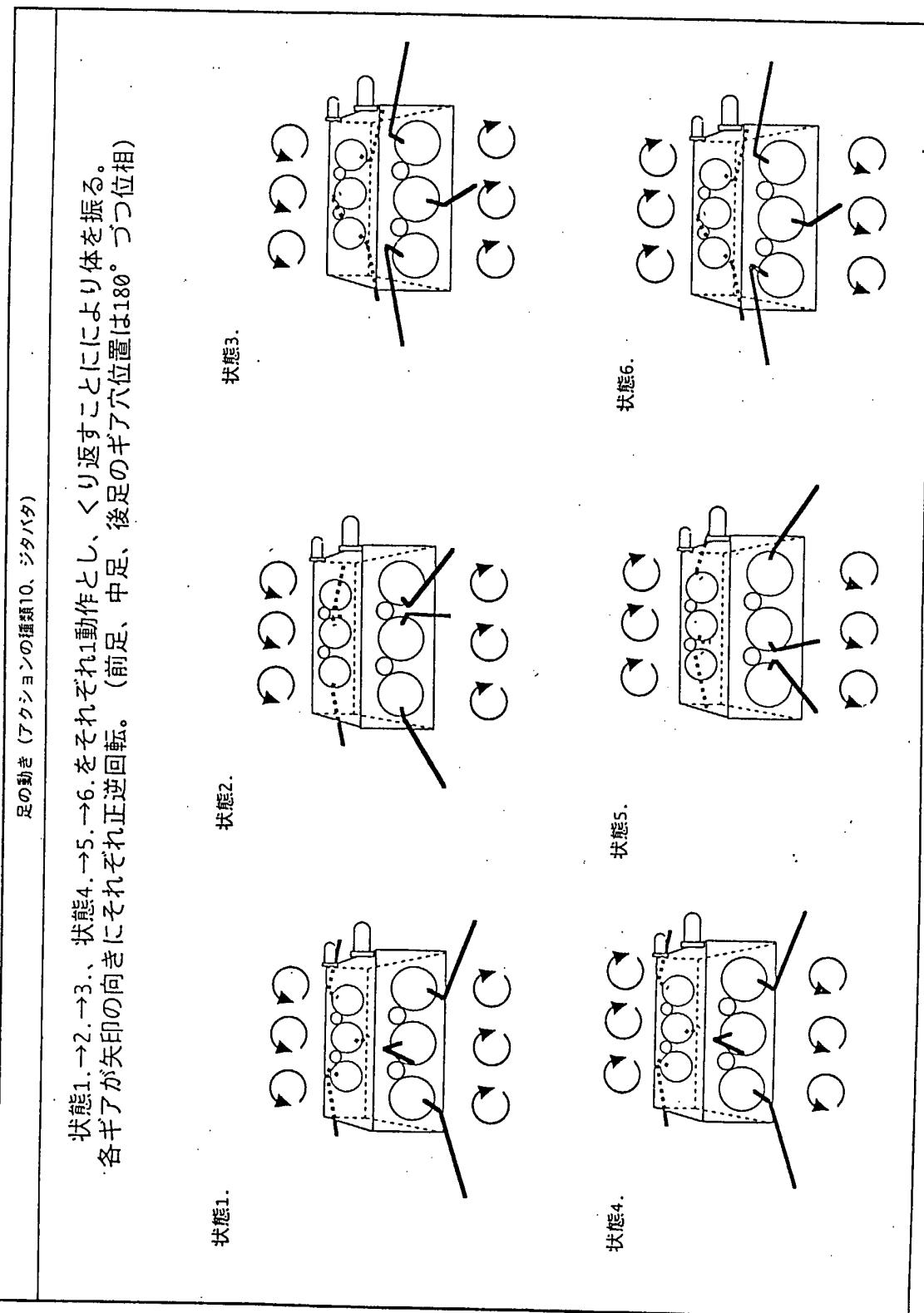
【図310】



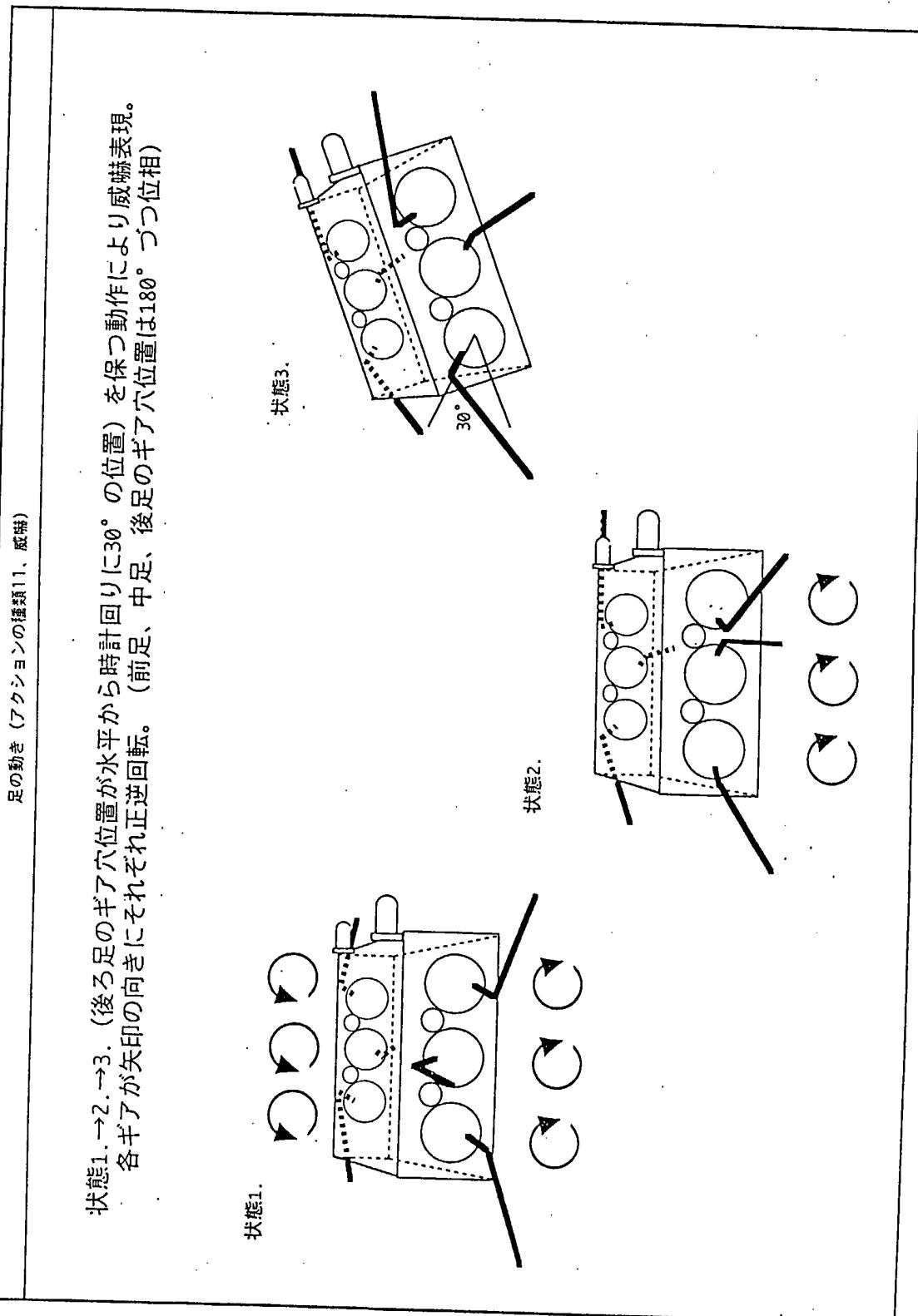
【図31P】



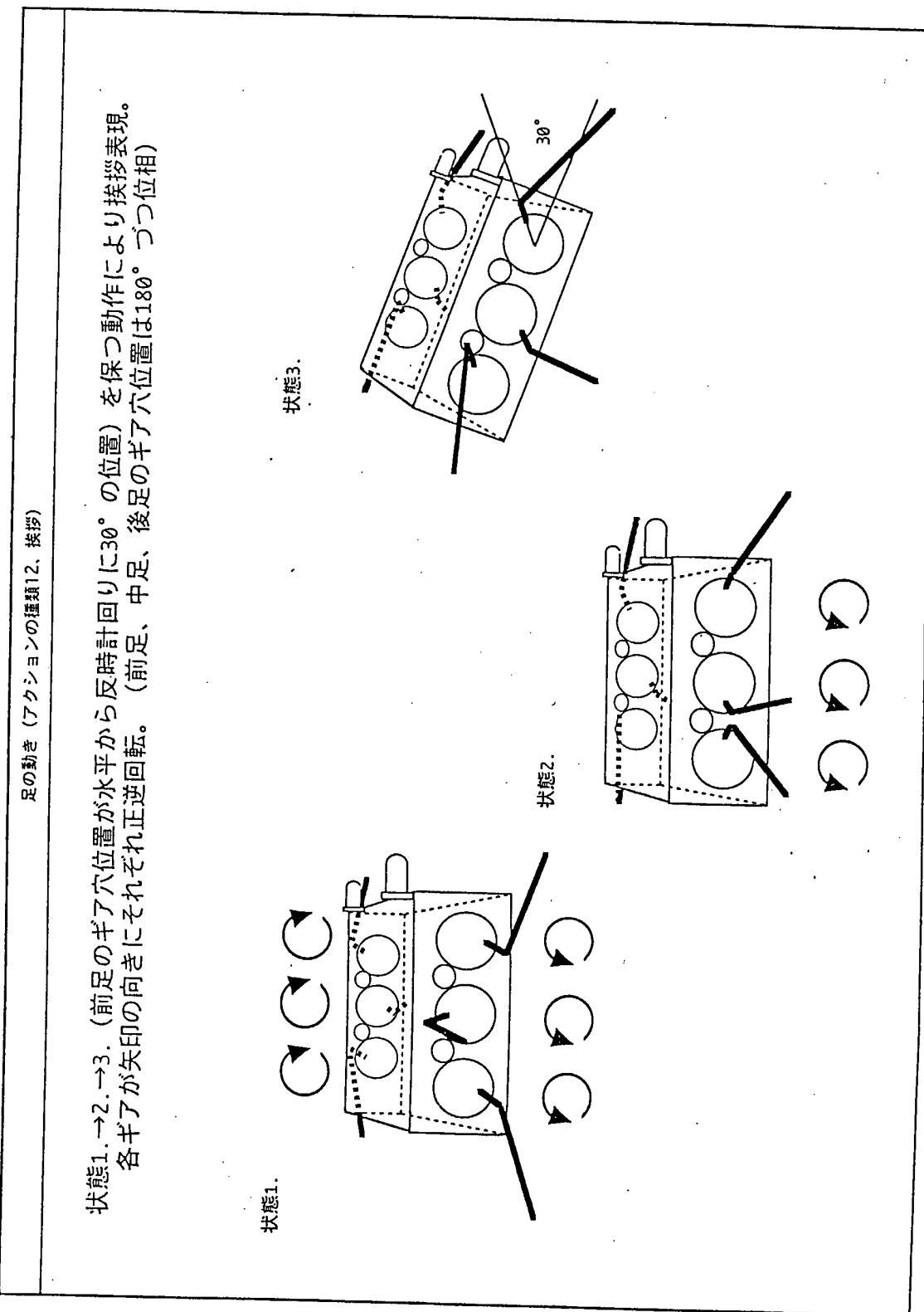
【図31Q】



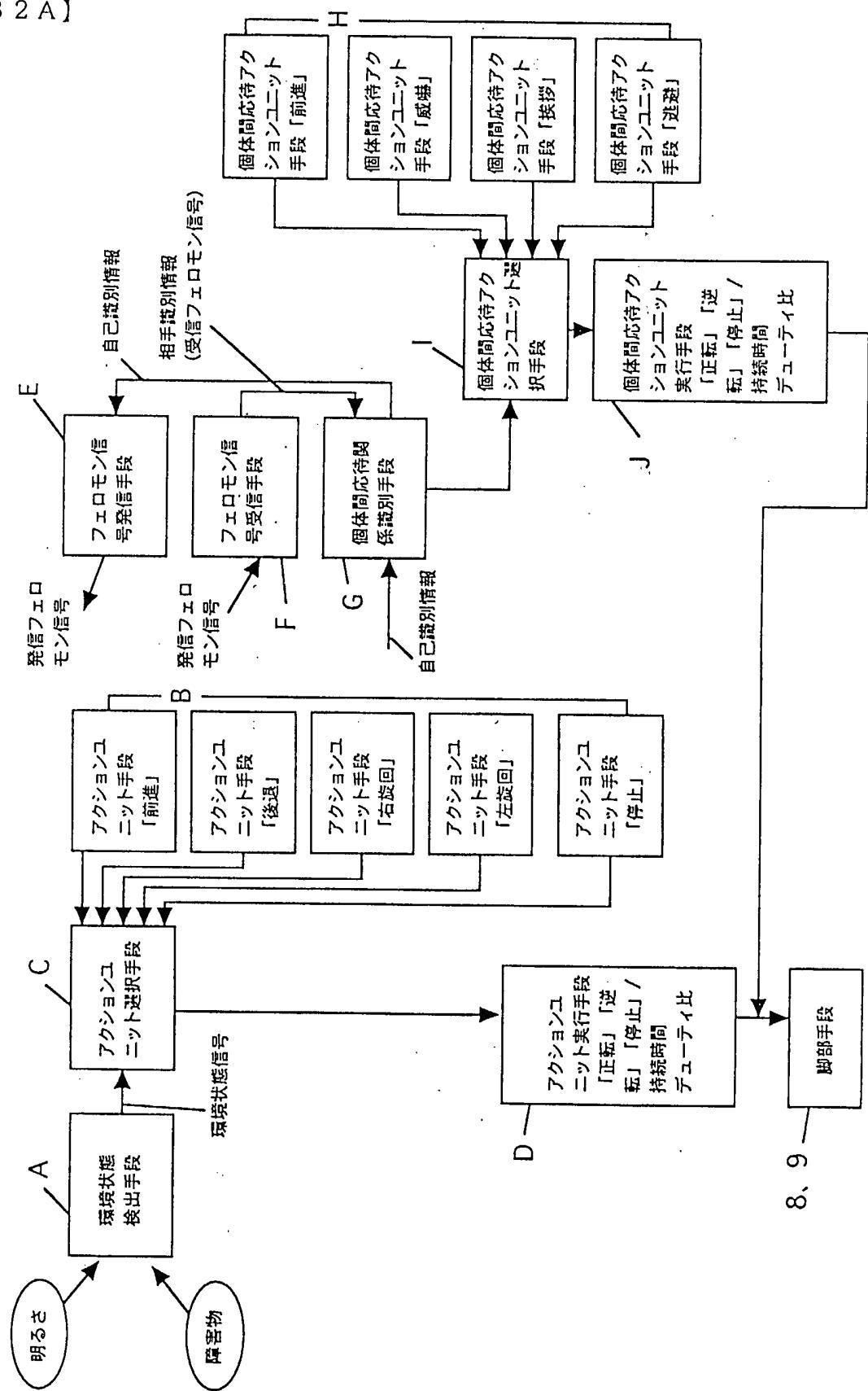
【図 31 R】



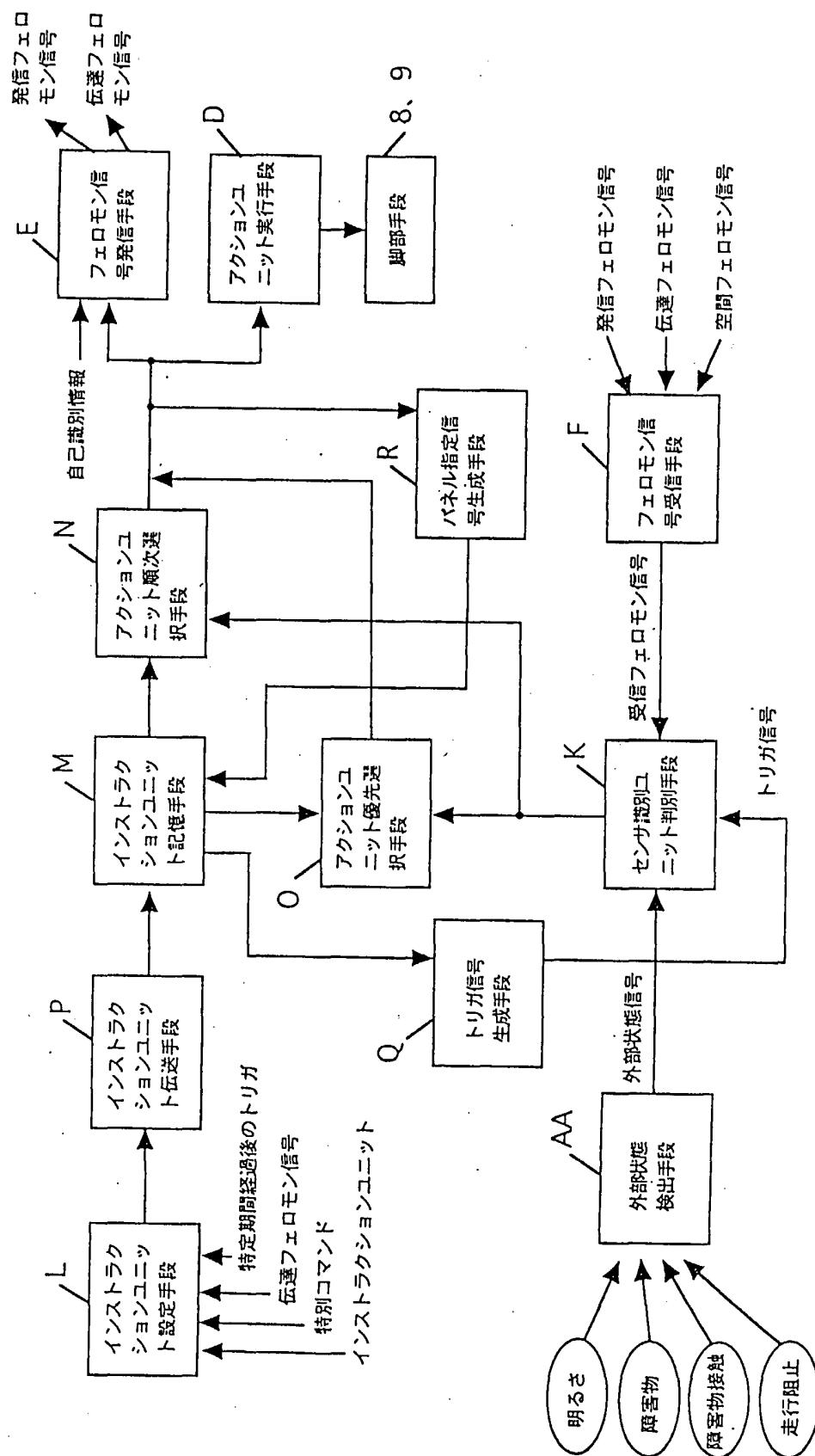
【図 31S】



【図32A】



【図32B】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/06613

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B25J13/00, B25J5/00, A63H11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B25J13/00, B25J5/00, A63H11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1920-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP, 8-57159, A (Sony Corporation), 05 March, 1996 (05.03.96), page 3, Column 4, lines 9 to 34; Fig. 1 (Family: none)	1-7, 9-13 8, 14-16
Y A	JP, 1-183704, A (Fujitsu Limited), 21 July, 1989 (21.07.89), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-7, 9-13 8, 14-16
A	JP, 11-143849, A (OMRON CORPORATION), 28 May, 1999 (28.05.99), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-16
A	JP, 10-289006, A (Yamaha Motor Co., Ltd.), 27 October, 1998 (27.10.98), page 5, Column 7, line 17 to Column 8, line 41; Fig. 6 (Family: none)	1-16
Y A	Isao SHIMOYAMA et al., Bunseki to Togo ni yoru Konchu no Kodo Hatsugen Mechanism no Kenkyu, Nippon Robot Gakkaishi, Vol.18, No.5, 15 July, 1998 (15.07.98), pp.36-40	6, 7, 13 1-5, 8-12, 14-16

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
12 January, 2001 (12.01.01)

Date of mailing of the international search report
23 January, 2001 (23.01.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/06613

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	Masashi SAYAMA et al., "Recurrent Network wo mochiita Konchu Kodo no Simulation," Nippon Kikai Gakkai Robotics Mechatronics Kouenkai'95 Kouen Ronbunshu, Vol.A, 16 June, 1995 (16.06.95), pp.580-583	6, 7, 13 1-5, 8-12, 14-16
A	Masaharu OOSUMI et al., "Kanjou wo motta Interactive Pet Robot", OMRON TECHNICS, Vol.38, No.4, 1998, pp.428-431	1-16

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C17 B25J13/00, B25J5/00, A63H11/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C17 B25J13/00, B25J5/00, A63H11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1920-2001年

日本国公開実用新案公報 1971-2001年

日本国実用新案登録公報 1996-2001年

日本国登録実用新案公報 1994-2001年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 8-57159, A (ソニー株式会社), 5. 3月. 19	1-7, 9-13
A	96 (05. 03. 96), 第3頁第4欄第9行-第34行, 第1 図, (ファミリーなし)	8, 14-16
Y	JP, 1-183704, A (富士通株式会社), 21. 7月.	1-7, 9-13
A	1989 (21. 07. 89), 特許請求の範囲, 第1図, (ファ ミリーなし)	8, 14-16
A	JP, 11-143849, A (オムロン株式会社), 28. 5 月. 1999 (28. 05. 99), 特許請求の範囲, 第1図, (ファミリーなし)	1-16
A	JP, 10-289006, A (ヤマハ発動機株式会社), 2	1-16

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 12.01.01	国際調査報告の発送日 23.01.01
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官(権限のある職員) 田村 耕作 3C 9618 電話番号 03-3581-1101 内線 3324

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	7. 10月. 1998 (27. 10. 98), 第5頁第7欄第17行-第8欄第41行, 第6図, (ファミリーなし) 下山勲 (他2名), 分析と統合による昆虫の行動発現メカニズムの研究, 日本ロボット学会誌, Vol. 18 No. 5, 15. 7月. 1998 (15. 07. 98), p36-40	6, 7, 13
A	佐山雄史 (他3名), リカレントネットワークを用いた昆虫行動のシミュレーション, 日本機会学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'95講演論文集, Vol. A, 16. 6月. 1995 (16. 06. 95), p580-583	1-5, 8-12, 14-16
A	大角雅治 (他3名), 感情を持ったインターフェイス・ペットロボット, OMRON TECHNICS, Vol. 38 No. 4, 1998, p428-431	6, 7, 13 1-5, 8-12, 14-16 1-16