

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3662587号  
(P3662587)

(45) 発行日 平成17年6月22日(2005.6.22)

(24) 登録日 平成17年4月1日(2005.4.1)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

E O 2 F 9/20  
E O 2 F 3/43

E O 2 F 9/20 N  
E O 2 F 3/43 C

請求項の数 18 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平7-529104 (86) (22) 出願日 平成7年4月27日(1995.4.27) (65) 公表番号 特表平9-500700 (43) 公表日 平成9年1月21日(1997.1.21) (86) 国際出願番号 PCT/US1995/005607 (87) 国際公開番号 W01995/030799 (87) 国際公開日 平成7年11月16日(1995.11.16) 審査請求日 平成14年4月18日(2002.4.18) (31) 優先権主張番号 08/241,118 (32) 優先日 平成6年5月10日(1994.5.10) (33) 優先権主張国 米国(US)</p>	<p>(73) 特許権者 キャタピラー インコーポレイテッド アメリカ合衆国 イリノイ州 61626 - 6490 ピオーリア ノースイースト アダムス ストリート 100</p> <p>(74) 代理人 弁理士 中村 稔</p> <p>(74) 代理人 弁理士 大塚 文昭</p> <p>(74) 代理人 弁理士 穴戸 嘉一</p> <p>(74) 代理人 弁理士 竹内 英人</p> <p>(74) 代理人 弁理士 今城 俊夫</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 作業機械の位置と方向を決定する方法と装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アンダーキャリッジ(106)と、  
該アンダーキャリッジ(106)に回転可能に接続された車体(104)と、  
該車体(104)に接続されたレシーバ(125)と、  
3次元空間で前記レシーバ(125)の位置を求める位置決めシステム手段(704、804、806)と、  
前記レシーバ(125)が円弧を介して移動し、前記位置決めシステム手段(704、804、806)が前記円弧に沿って複数の点で前記レシーバ(125)の位置を求める前記車体(104)を回転する手段(200、704、830)と、  
3つ又は4つ以上の複数の前記点の位置に応じて前記車体(104)の位置を求める処理手段(704、818、824)と、  
を備えることを特徴とする作業用地での掘削用具(120)の位置を求める装置(702、704、706、708、802、804、806)。

【請求項2】

前記処理手段(704、818、824)が、前記レシーバ(125)の回転面を求めることを特徴とする請求項1に記載の装置(702、704、706、708、802、804、806)。

【請求項3】

前記処理手段(704、818、824)が、前記レシーバ(125)の回転の中心を計算することを特徴とする請求項2に記載の装置(702、704、706、708、802、804、806)。

## 【請求項 4】

前記処理手段（704、818、824）が、地面で前記レーザ（125）の回転の軸の交点の位置を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の装置（702、704、706、708、802、804、806）。

## 【請求項 5】

前記処理手段（704、818、824）が車体（104）の完全な回転に対して前後のピッチと左右のロールの表を計算することを特徴とする請求項 1 に記載の装置（702、704、706、708、802、804、806）。

## 【請求項 6】

アンダーキャリッジ（106）と、  
 該アンダーキャリッジ（106）に回転可能に接続された車体（104）と、  
 該車体（104）に接続された用具リンケージ（110、115）と、  
 掘削用具（120）を備える前記用具リンケージ（110、115）の構成を示すリンケージ信号を発生する 1 つ又は 2 つ以上のセンサ手段（210、215、220）と、  
 前記車体（104）に接続されたレーザ（125）と、  
 3 次元空間での前記レーザ（125）の位置を求める位置決め手段（704、804、806）と、  
 前記レーザ（125）が円弧に沿って移動し、前記位置決め手段（704、804、806）が前記円弧に沿って複数の点で前記レーザ（125）の位置を求めるように前記車体（104）を回転する手段（200、708、830）と、

10

3 つ又は 4 つ以上の複数の前記点と前記リンケージ信号に応じて、前記掘削用具（120）の位置を求める処理手段（205、704、818、824）と、  
 を備えることを特徴とする作業用地での掘削用具（120）の位置を求める装置（702、704、706、708、802、804、806）。

20

## 【請求項 7】

前記処理手段（205、704、818、824）が、地面で前記レーザ（125）の回転の軸の交点の位置を求めることを特徴とする請求項 6 に記載の装置（702、704、706、708、802、804、806）。

## 【請求項 8】

前記処理手段（205、704、818、824）が、車体の完全な回転に対して前後のピッチと左右のロールの表を計算することを特徴とする請求項 6 に記載の装置（702、704、706、708、802、804、806）。

30

## 【請求項 9】

前記車体（104）を回転し、  
 外部基準信号源（802）からの信号を受け取り、  
 前記レーザ（125）の位置が円弧に沿った複数の点で決定される前記車体（104）が回転するとき、3 次元空間でのレーザの位置を決定し、  
 3 つ又は 4 つ以上の複数の前記点の位置に応じて、前記車体（104）の位置を求める、  
 段階を備える、アンダーキャリッジ（106）と、該アンダーキャリッジ（106）に回転可能に接続された車体（104）とを備える作業機械（102）の作業用地での位置を求める方法（602、604、606、608、610、612、614）。

40

## 【請求項 10】

前記レーザ（125）の回転面を求める段階を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の方法（602、604、606、608、610、612、614）。

## 【請求項 11】

前記レーザ（125）の回転の中心を計算する段階を備えることを特徴とする請求項 10 に記載の方法（602、604、606、608、610、612、614）。

## 【請求項 12】

地面で前記レーザ（125）の回転の軸の交点の位置を求める段階を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の方法（602、604、606、608、610、612、614）。

## 【請求項 13】

50

車体の完全な回転に対して前後のピッチと左右のロールの表を計算する段階を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の方法 (602、604、606、608、610、612、614)。

【請求項 14】

作業機械 (102) が、前記車体 (104) に接続された用具リンケージ (110、115) と、該用具リンケージ (110、115) に接続されたバケット (120) とを備え、前記用具リンケージ (110、115) の構成を示すリンケージ信号を発生して、前記リンケージ信号と複数の前記点の位置とに応じて、前記バケット (120) の位置を求める、段階を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の方法 (602、604、606、608、610、612、614)。

10

【請求項 15】

アンダーキャリッジ (106) と、該アンダーキャリッジ (106) に回転可能に接続された車体 (104) と、該車体 (104) に接続されたレシーバ (125) と、3次元空間での前記レシーバ (125) の位置を求める位置決めシステム手段 (704、804、806) と、前記レシーバ (125) が円弧を介して移動し、前記位置決めシステム手段 (704、804、806) が前記円弧に沿って複数の点で前記レシーバ (125) の位置を求める前記車体 (104) を回転する手段 (200、708、830) と、3つ又は4つ以上の複数の前記点の位置に応じて、前記車体 (104) の方向を求める処理手段 (704、818、824) と、を備えることを特徴とする作業用地での掘削用具 (120) の位置を求める装置 (702、704、706、708、802、804、806)。

20

【請求項 16】

処理手段 (704、818、824) が、3つ又は4つ以上の複数の前記点の位置に応じて前記車体 (104) の位置を求めることを特徴とする請求項 15 に記載の装置 (702、704、706、708、802、804、806)。

【請求項 17】

前記車体 (104) を回転し、外部基準発信源 (802) からの信号を受け取り、前記レシーバ (125) の位置が円弧に沿った複数の点で決定される前記車体 (104) が回転するとき、3次元空間でのレシーバの位置を決定し、3つ又は4つ以上の複数の前記点の位置に応じて、前記車体 (104) の方向を求める、段階を備える、アンダーキャリッジ (106) と、該アンダーキャリッジ (106) に回転可能に接続された車体 (104) とを備える作業機械 (102) の作業用地での位置を求める方法 (602、604、606、608、610、612、614)。

30

【請求項 18】

3つ又は4つ以上の複数の前記点の位置に応じて、前記車体 (104) の位置を求める段階を備えることを特徴とする請求項 17 に記載の方法 (602、604、606、608、610、612、614)。

40

【発明の詳細な説明】

技術分野

本発明は、一般に、作業機械の制御に関する。より詳細には、外部基準に応じて作業機械の位置と方向を求める方法と装置に関する。

背景技術

エキスカベータ、バックホウ、フロントショベル、等のような作業機械が、掘削作業に使用されている。これらの掘削機械は、ブーム、スティック、バケット・リンケージからなる作業用具を有する。ブームの一端は、掘削機械にピボット式に取付けられ、反対側の端部にはスティックがピボット式に取付けられる。バケットが、該スティックの自由端にピボット式に取付けられる。作業用具リンケージのそれぞれが、垂直面で動作するように、

50

少なくとも一つの油圧シリンダによって制御可能に作動される。特に、オペレータは、完全な掘削作業周期を構成する一連の異なる機能を果たすように作業用具を動かす。土砂移動の業界では、幾つかの理由から、掘削機械の作業周期を自動化することについての要望が高まりつつある。人間のオペレータと異なって、自動化された掘削機械は周囲の状況や長期の作業時間にかかわらず、安定した生産力を存続する。人間に対して危険で、不適當で、望ましくないような場所での適用に関して、自動化された掘削機械は好都合である。自動化された機械は又、より正確な掘削ができ、オペレータの技能のどんな欠如も補償する。

多くの努力が、自動掘削アルゴリズムの開発に費やされてきた。この開発において、掘削位置すなわちバケット位置はエキスカベータ車体との関係で表される。車体位置が知られている場合には、車体が地面に水平に置かれている（傾斜も前後の倒れもない）かぎり、バケット位置を計算で求めることができる。エキスカベータの方向を変える時、補償のために付加センサを追加して、ピッチとロールを求める。ボディの高さを求めるために、レーザシステムが度々、使用されて、車体上の複数の検出器が方向を求めるために使用される。今のところ、作業用地内でのエキスカベータのx,y位置に関して、役に立つ情報は何もない。

本発明は、前述の問題の一つか二つ以上を解決するものである。

#### 発明の開示

開示された発明は、信号センサから作業機械に対してx、y、zの位置と、ロールとピッチ情報を提供する。

本発明の一態様において、作業用地での掘削用具の位置を求めるための装置が提供される。アンダーキャリッジと、アンダーキャリッジに回転可能に連結された車体と、車体に連結されたレーザと、円弧に沿った複数の点でのレーザの位置を求めて、3次元空間でのレーザの位置を求める位置決めシステムと、該複数の点の位置に応じて車体の位置と方向を求めるプロセッサと、を備える。

本発明の二番目の態様において、アンダーキャリッジと、アンダーキャリッジに回転可能に接続された車体とを備える作業機械の作業用地での位置を求める方法を提供する。この方法は、車体を回転し、外部基準信号源からの信号を受け取り、車体の回転中に、3次元空間でのレーザの位置を求めて、レーザの位置を複数の点で求め、該複数の点の位置に応じて、車体の位置と方向を求める段階を備える。

本発明は又、図面と明細書をさらに詳細に検討することにより明らかになる他の目的と利点を持つものである。

#### 【図面の簡単な説明】

本発明のよりよい理解のために、添付の図について言及する。

図1は、作業用地で作動する油圧式エキスカベータの概略図である。

図2は、作業用地で作動する油圧式エキスカベータの概略図である。

図3は、油圧式エキスカベータの略平面図である。

図4は、機械制御のブロック図である。

図5は、相関システムを説明するブロック図である。

図6は、相関システムを説明するブロック図である。

図7は、相関システムを説明するブロック図である。

図8は、システムの点が基底になるジオメトリーを示す。

図9aから図9eは、本発明の一実施例で使用されるアルゴリズムのフローチャートを示す。

#### 発明を実施するための最良の形態

作業機械が図1、図2、図3に示され、エキスカベータ、パワーショベル、等を備える。作業機械102は、アンダーキャリッジ106に連結される回転可能な車体104を備える。作業機械102は又、ブーム110、スティック115、バケット120を備えることができる。ブーム110は、ブームピボットピンによって掘削機械105にピボット式に設置される。スティック115は、スティックピボットピンでブーム110の自由端にピボット式に連結される。バケット120は、バケットピボットピンでスティック115にピボット式に取付けられる。

図2、図3に示すように、レシーバ125が、車体104に連結される。該レシーバは、車体104の回転軸から変位して配置し、車体104がアンダーキャリッジ106に対して揺動する時、該回転軸の周りを回転するように構成することが有利である。好適実施例では、レシーバ125は、例えば（これに限定するものではないが）、3次元レーザ、衛星測位方式（GPS）、衛星測位方式（GPS）/レーザの組み合わせ、無線三角測量、マイクロ波、レーダのような外部基準を伴う既知の3次元位置決めシステムの一部である。レシーバ125は用具リンケージの反対側の車体104の背面に設置されるように示されているが、オペレータ室の上部のような別の場所も同様が可能であることが明らかである。

図4を参照すると、作業機械102に関連した電気油圧システム200のブロック図が示されている。手段205が、作業用具100の位置に応じて位置信号を発生する。該手段205は、ブーム油圧シリンダ、スティック油圧シリンダ、バケット油圧シリンダでのシリンダ伸び量をそれぞれに感知する変位センサ210、215、220を備える。1988年4月12日にビターに付与された米国特許第4,737,705号に述べられた無線周波数のセンサを使用することができる。

バケット位置は又、作業用具接合角測定値から導き出せる。作業用具位置信号を発生する他の装置は、例えば、ブーム110とスティック115とバケット120との間の角度を測定する回転ポテンシオメータのような回転角センサを備える。作業用具位置は、油圧シリンダ伸張測定値、又は三角関数の方法による接合角測定値のどちらか一方から計算できる。バケット位置を測定するそのような技術は当業者には公知であり、例えば、1976年12月14日にティーチにより付与された米国特許第3,997,071号と、1983年3月22日にイヌイにより付与された米国特許第4,377,043号とに見出せる。

回転ポテンシオメータのような、作業用具ピボット点に設置されたスイング角センサ243が、スイング軸の周囲で作業用具回転量に対応する角測定値を発生する。

位置信号が、信号調整器245に伝えられる。該信号調整器245は、通常の信号励磁と濾過を与えるものである。例えば、メジャーメンツ・グループ・インコーポレーテッドによって製造されたビシャイ信号調整増幅器2300システムが、そのような目的に使用できる。調整された位置信号が、論理手段250に伝えられる。論理手段250は、ソフトウェアプログラムによるプロセスを制御するために算術演算装置を利用するようなマイクロプロセッサをベースとするシステムである。特に、プログラムは、読み取り専用メモリ、又はランダムアクセスメモリ、又は同様のものに記憶される。プログラムは、以下に述べる種々のフローチャートとの関係で表される。

論理手段250が、2つの別の信号源、すなわち、複数のジョイ・スティック制御レバー255とオペレータインタフェース260からの入力を含む。制御レバー255は、作業用具の手動制御を備える。制御レバー255の出力が、バケット運動方向と速度を求める。

インタフェース260のための装置は、英数字キーパッドのついた液晶ディスプレイスクリーンを備えることができる。接触感応スクリーンを採用することも又、適当である。さらに、オペレータインタフェース260は又、オペレータに対して種々の掘削条件調整をするように複数のダイヤルとかスイッチを備えることができる。

図5に本発明の方法を図式的に示す。作業用地内で機械が作動する時、例えば（これに限定するものではないが）、3次元レーザ、衛星測位方式（GPS）、衛星測位方式（GPS）/レーザの組み合わせ、無線三角測量、マイクロ波、レーダのような外部基準を持つ既知の3次元位置測定システムを使用して、レシーバ位置座標がブロック602により求められる。これらの座標は、一連の個別の点として即座に604において識別アルゴリズムに供給される。そして、位置と方向の情報がディスプレイ段階610でオペレータに利用可能にされ、人間が解読可能な形式で、前もって測量した作業用地での作業機械102の実時間位置表示を与える。ディスプレイからの情報を使用して、オペレータは、612で機械の手動制御を有効にモニターし、制御することができる。

これに加えて、又はこれに代わるものとして、ダイナミック更新情報を614で自動機械制御システムに供給することができる。例えば、オペレータの提案した作用が機械に負荷をかけ過ぎると、この制御は、機械作業を最小限度に少なくし、手動制御を制限するように

10

20

30

40

50

オペレータアシストを与えることができる。別の場合には、ダイナミック・データ・ベースからの用地更新情報を使用して、完全に自動的な機械/器具制御を与えることができる。

図6を参照すると、GPS信号を受け取り、本発明を実行するように処理することができる装置がブロック図形式で示されており、この装置は、局所参照アンテナと衛星アンテナのついたGPSレーザ装置702と、識別アルゴリズムを用い、702からの位置信号を受け取るように接続されたデジタルプロセッサ704と、プロセッサ704によってアクセスされ、更新されたデジタル記憶検索設備706と、プロセッサ704からの信号を受け取るような708でのオペレータディスプレイ或いは自動機械制御と、を備える。

GPSレーザシステム702は、地球規模の位置を測定する衛星からの信号を受け取る衛星アンテナと、局所参照アンテナと、を備える。GPSレーザシステム702は、移動する物体に対してセンチメートル精度で3次元での位置座標データを生じるように、衛星アンテナからの位置信号と、局所参照アンテナからの微分修正信号と、を使用する。他の方法として、参照アンテナからの未処理のデータをこのシステムによって処理して、位置座標データを求めることができる。

GPSレーザ702の座標サンプリング速度が許せば、この位置情報は、実時間基準でデジタルプロセッサ704に供給される。デジタル記憶設備706が、作業用地の用地モデルを記憶する。機械位置と用地モデルが、用地にわたって機械の作動を指図するように708でオペレータ・ディスプレイ、または自動機械制御に供給される。

図7を参照すると、図6によるシステムのもっと詳細な図式が、位置基準信号に対して運動学的GPSを使用して示される。基準参照モジュール802と位置モジュール804が同時に用地に関するレーザ125の3次元座標を決定し、一方、機械とバケット位置のモジュール806が、この位置情報を機械を正確にモニターし、制御するために使用できるような機械、バケット、作業用地の実時間表示に変換する。

基準参照モジュール802が、固定GPSレーザ808と、該レーザ808からの入力を受け取るコンピュータ810と、コンピュータ810に一時的に或いは永久的に記憶される標準レーザGPSソフトウェア812と、標準コンピュータモニタスクリーン814と、デジタルデータ・ストリームが送信可能でコンピュータに接続する、デジタルトランシーバ型無線816と、を備える。実施例では、基準参照レーザ808は、高精度の運動学的GPSレーザであり、コンピュータ810は、例えば、ハード駆動、8メガバイト・ランダム・アクセス・メモリ(RAM)、2つの連続連結ポート、プリンタポート、外部モニタポート、外部キーボードポート、を持つ486DXコンピュータであり、モニタスクリーン814は、受動マトリックスカラー液晶ディスプレイ(LCD)、又はVGAのような他の適当なディスプレイ型であり、無線816は商業的に入手可能なデジタルデータトランシーバである。

位置モジュール804は、整合運動学的GPSレーザ125と、レーザ125からの入力を受け取る整合コンピュータ818と、該コンピュータ818に永久的に或いは一時的に記憶される運動学的GPSソフトウェア820と、基準参照モジュール802内の無線816から信号を受け取る整合デジタルトランシーバ型無線822と、を備える。実施例において、作業用地にわたって共に移動するように位置モジュール804は採掘ショベル上に配置される。

図示された実施例で又、機械に搭乗された機械及びバケット位置モジュール806は、付加的論理手段250を備え、位置モジュール804からの入力と、デジタル式にコンピュータメモリに記憶又はロードされた1つ又は2つ以上のデジタル化した用地モデル826と、又、論理手段250のメモリに記憶又はロードされたダイナミックデータベース更新モジュール828と、論理手段250に連結されたカラーディスプレイスクリーンを備えるオペレータインタフェース260と、を受け取る。オペレータインタフェース260の代わりに、又はそれに加えて、自動機械制御は、自律的又は半自律的方法で機械を作動する信号を受け取るようにコンピュータに接続されることができる。さらに、論理手段250に対して作業機械102の作動による情報を供給する時、図4に示されたセンサと入力が又、論理手段250に連結される。

機械及びバケット位置モジュール806が移動機械に設置されて示されるが、ある部分又は

10

20

30

40

50

全部の部分が遠隔的に配置されてよい。例えば、論理手段250、用地モデル826、ダイナミック・データベース828は、無線データリンクによって位置モジュール804とオペレータインタフェース260に連結することができる。次いで、位置及び用地更新情報は、ディスプレイ或いは機械上又は機械の外にいるオペレータ又は管理者によって使用するために機械に向けて、或いは機械から無線放送されることができる。

基準参照局802は、作業用地に対し既知の3次元座標の点で固定される。基準参照局802が、レシーバ808を通してGPS衛星集合体から位置情報を受け取り、標準GPSソフトウェア812を使用して、ある瞬間に起きる誤差量又は修正係数を既知の方法で引き出す。この修正係数は、無線リンク816、822を介して移動機械上の基地局802から控地局804に無線放送される。他の場合には、未処理位置データが、無線リンク816、822を介して基地局802から控地局804に送られ、コンピュータ818によって処理される。機械設置レシーバ125が衛星集合体から位置情報を受け取り、一方、運動学的GPSソフトウェア820が、数センチメートルの範囲内で基地局802と作業用地に関係したレシーバ125の位置を求めるために、レシーバ125からの信号と基地局802からの修正係数とを組み合わせる。この位置情報は、3次元(例えば、緯度と経度と高度、X座標とY座標とZ座標、等)であり、GPSシステムのサンプリング速度による一点ごとの基底で有効である。

機械及びバケット位置モジュール806を参照すると、用地のデジタル化されたプラン又はモジュールが論理手段250にロードされると、位置モジュール804から受け取った位置情報が、用地上で機械の実際の位置と方向に対応するオペレータインタフェース260上の実際の用地モデルに載せられた機械のグラフィックアイコンを発生するように、データベース828と同時に論理手段250によって使用される。

機械が作動する時、位置モジュール804のサンプリング速度が、位置座標点間での時間/距離遅延を生じるので、実時間でレシーバ125の経路を求め、更新するために、本発明のダイナミック・データベース828は、識別アルゴリズムを使用する。

用地に関する機械の精密な位置の知識と、用地についてのデジタル化表現と、それについての機械の進行により、オペレータは、用地の表面にわたって配置された物理的目印を当てにすることなく材料を掘削するようにバケットを操縦できる。オペレータが作業用地内で機械を作動する時、ダイナミック・データベース828は、用地に関する機械の位置と、バケットの位置と方向との両方を動的に更新するように、モジュール804からの入力位置情報を読み取り、操縦し続ける。

作業機械102には、高精度の機械の位置を測定することができる位置決めシステムが備えつけてあり、好適実施例において、車体104に関して固定された既知の座標で、位相微分GPSレシーバ125が機械に設置される。機械設置レシーバ125は、図7に述べられるように、無線リンク816、822を介して、GPS集合体からの位置信号と基準参照レシーバ808からの誤差/修正信号とを受け取る。3次元空間での位置を正確に測定するように、システムが衛星信号と、基準参照レシーバ808からの誤差/修正信号との両方を使用する。他の場合には、未修正位置データを、基準参照モジュール802から送信することができ、同じ結果を得るように機械設置レシーバシステムによって既知の様式で処理される。本発明と共に使用するための運動学的GPS上の情報と適当なシステムは、例えば、ハッチに付与された、1989年3月14日付けの米国特許第4,812,991号と、1990年10月16日付けの米国特許第4,963,889号に見出すことができる。外部基準点からの運動学的GPS又は他の適当な3次元位置信号を使用して、作業機械102が作業用地内で作動する時、レシーバ125の位置を、数センチメートルの範囲内で一点ごとの基底上で正確に測定することができる。実例となる位置決めシステムを使用する座標点に対する本発明のサンプリング速度は、1秒につきおよそ1点である。

基準レシーバ808の座標は、GPS位置決め又は従来 of 測量術のような、どんな既知の様式によっても測定することができる。空港のような固定され、国により測量された場所にGPS参照点を配置する試みが又、米国内又は外国でとられつつある。基地局がそのような国により測量された場所及び局所的GPSレシーバの範囲内(現在はおよそ38120キロメートル(20マイル))であると、該局所的レシーバを基準参照点として使用することができる。任

10

20

30

40

50

意に、三脚台設置GPSレシーバと中継放送送信機を有する808のような携帯用レシーバを、使用することができる。携帯用レシーバ808は、作業用地、又はその近隣で測量される。好適実施例において、詳細な地形的構図を提供するように、前もって作業用地を測量しておく。ごみ処理地、鉱業場、建設用地のような光学的測量や他の技術を伴う用地の地理的、又は地形的構図の創設は当業者には公知であり、標点が用地にわたって格子上でプロットされ、構図上で用地輪郭を作るように連結又は補充される。標点の数が多い程、マップの詳細さが増す。

現在は、システムとソフトウェアが、地理的用地のデジタル化された3次元マップを作るために役に立つ。例えば、敷地計画は、最初の用地の地理、又は地形の3次元のデジタル化されたモデルに変えることができる。用地輪郭は、既知の様式で均一な格子構成要素の基準格子の上に重ねることができる。デジタル化された敷地計画は、重ねられ、種々の角度(例えば、側面の輪郭と平面図)から2次元又は3次元で検分され、用地が掘削されることを要する範囲を明示するように色分けすることができる。また、入手可能なソフトウェアによって費用の見積を行ったり、地面の上、又は下の種々の用地の特徴と障害物を表示することができる。

作業用地内で作業機械の位置と方向が論理手段250によって得られると、作業機械自身に対してではなく、むしろ作業用地に対して掘削を制御するように、このデータは、既知の自動掘削システムによって使用することができる。本発明に関して有効な自動掘削システムの例が、1991年11月12日にサームに付与された米国特許第5,065,326号で開示されている。

図4で以前に図示されたリンケージ位置センサが、エキスカベータの回転の中心に対してバケットの位置を示すように、既知の方法によって利用される。以下に述べるアルゴリズムによって得られる機械基準フレームでのバケットの位置及び方向と、外部基準フレームでの機械の位置及び方向と、を組み合わせることによって、既知の幾何学的平行移動を使用してバケットの位置と方向を変換し、外部基準フレーム内でのバケットの位置と方向を確定することができる。このように、作業用地に関してバケットの位置が、調整され、制御される。

図8に参照すると、車体104の位置と方向と、論理手段250によって実行されるバケット120の位置との計算が、説明される。以下に述べるように、エキスカベータのロールとピッチは左右と前後スロープに関係する。エキスカベータは回転するので、多くの作業環境においてオペレータの視野からロールとピッチは絶えず変化する。それゆえに、車体104が回転する平面の方程式が計算され、この方程式から、スロープ、又はロールとピッチが所望のどんな基準のフレームを使用してもディスプレイすることができる。非常に一般的な基準のフレームの2つが、南北(N-S)と東西(E-W)、又は機械前後軸に対して並行方向と横方向によって決定される、垂直な軸を使用することによって、表面にディスプレイされる。

以下に表示した計算で、レシーバ125によって抽出された3点のx,y,z座標から平面の方程式を求める。平易に理解するために、任意の値がサンプル計算を与えるように選択されたが、使用されるどんな値も、本発明とこれらの式の大部分をどんな方法においても制限するものではない。

抽出された3点を通る回転の平面を計算する。

10

20

30

40



$$pt1=(pt1x, pt1y, pt1z) \quad (1, 1, 3) \text{ PNT1}$$

$$pt2=(pt2x, pt2y, pt2z) \quad (7, 2, 2) \text{ PNT2}$$

$$pt3=(pt3x, pt3y, pt3z) \quad (2, 5, 1) \text{ PNT3}$$

$$pt1x * A + pt1y * B + pt1z * C + D = 0$$

$$pt2x * A + pt2y * B + pt2z * C + D = 0$$

$$pt3x * A + pt3y * B + pt3z * C + D = 0$$

10

前述の式を解くことにより、以下の解が得られる。

$$-.02439 * pt\_x - .13414 * pt\_y - .28049 * pt\_z + 1 = 0$$

一つの単純な例において、オペレータは、北（この例において正の y 方向）に向かっていと仮定する。左右のロールが、正の y 方向に垂直な平面上に、任意の 2 つの x の値を選び、z の値を計算することによって計算される。

$$X=0, \quad Y=0, \quad Z=3.56519$$

$$X=7, \quad Y=0, \quad Z=2.9565$$

$$\text{Side-Side roll} = (2.9565 - 3.56519) / (7 - 0) = .08696$$

西より東が高い状態

$$= 4.96 \text{ 度}$$

20

同様に、前後のピッチが計算できる。

$$X=7, \quad Y=0, \quad Z=3.56519$$

$$X=7, \quad Y=5, \quad Z=1.17402$$

$$\text{Fore-Aft pitch} = (1.17402 - 3.56519) / (5 - 0) = .47823$$

北より南が高い状態

$$= 25.56 \text{ 度}$$

30

好適実施例において、アンテナの回転と抽出された 3 つの点によって説明された円弧の回転の中心が、3 平面の交わりを定めることにより求められる。一つの平面は、アンテナの回転によって求められる。2 番目の平面は、点 1 と点 2 を結ぶ線に垂直で、その中点を通って拡がっている。3 番目の平面は、点 2 と点 3 を結ぶ線に垂直で、その中点を通って拡がっている。レシーバ回転の回転の中心を求めるためのサンプル計算が、以下に記される。

次の 2 点の中点を通って、点 1 と点 2 を結ぶ線に垂直な平面を計算する。

$$pt1=(pt1x, pt1y, pt1z) \quad (1, 1, 3)$$

$$pt2=(pt2x, pt2y, pt2z) \quad (7, 2, 2)$$

$$midpt\_1\_2=((pt1x+pt2x)/2, (pt1y+pt2y)/2, (pt1z+pt2z)/2)$$

$$midpt\_1\_2=(4, 1.5, 2.5)$$

10

$$dir\_num\_x=pt2x-pt1x=6$$

$$dir\_num\_y=pt2y-pt1y=1$$

$$dir\_num\_z=pt2z-pt1z=-1$$

dir\_num\_x、dir\_num\_y、dir\_num\_zが、それぞれに x、y、z での方向比を示す。

$$0=dir\_num\_x * (X-midpt\_1\_2\_x)+dir\_num\_y * (Y-midpt\_1\_2\_y)$$

$$+dir\_num\_z * (Z-midpt\_1\_2\_z)$$

20

midpt\_1\_2\_x、midpt\_1\_2\_y、midpt\_1\_2\_zが、それぞれに点1と点2を結ぶ線の中点の x 座標、y 座標、z 座標を示す。

平面の方程式の解を与える。

$$0=6pt\_x+pt\_y-pt\_z-23$$

同様に、点2と点3を結ぶ線の中点を通り、垂直な平面を計算する。

$$pt2=(pt2x, pt2y, pt2z) \quad (7, 2, 2)$$

$$pt3=(pt3x, pt3y, pt3z) \quad (2, 5, 1)$$

30

$$midpt\_2\_3=((pt2x+pt3x)/2, (pt2y+pt3y)/2, (pt2z+pt3z)/2)$$

$$midpt\_2\_3=(4.5, 3.5, 1.5)$$

$$dir\_num\_x=pt3x-pt2x=-5$$

$$dir\_num\_y=pt3y-pt2y=3$$

$$dir\_num\_z=pt3z-pt2z=-1$$

40

$$0=dir\_num\_x * (X-midpt\_2\_3\_x)+dir\_num\_y * (Y-midpt\_2\_3\_y)$$

$$+dir\_num\_z * (Z-midpt\_2\_3\_z)$$

$$0=-5pt\_x+3pt\_y-pt\_z+13.5$$

50

回転の平面と、点1と点2の中点に垂直な平面と、点2と点3の中点に垂直な平面との間の交わりの点を計算する。

$$-.02439 * pt\_x-.13414 * pt\_y-.28049 * pt\_z+1=0$$

=回転の平面

$$6pt\_x+pt\_y-pt\_z-23=0$$

=点1と点2の中点に垂直な平面

$$-5pt\_x+3pt\_y-pt\_z+13.5=0$$

=点2と点3の中点に垂直な平面

$$23pt\_y-11pt\_z-34=0$$

=中点を通る、2平面の交わり

レシーバの回転の中心点を計算する。

$$-.02439 * pt\_x-.13414 * pt\_y-.28049 * pt\_z+1=0$$

$$6pt\_x+pt\_y-pt\_z-23=0$$

$$pt\_y=-2.1876pt\_z+6.96909$$

$$pt\_z \text{ \_ ant\_rot \_ center} = 2.05968$$

$$pt\_y \text{ \_ ant\_rot \_ center} = (11pt\_z+34)/23 = 2.46333$$

$$pt\_x \text{ \_ ant\_rot \_ center} = (-pt\_y+pt\_z+23)/6 = 3.76606$$

レシーバ125は車体104に対して固定されているので、回転の半径と地面上の高さは、既知である。車体回転の線と地面の交わりは、以下に示すように計算することができる。z座標は機械のすぐ下の地面の高度を示すので、この点は重要である。

以前に引き出されたようなアンテナ回転の中心を通る平面に垂直な線の方程式は以下の通りである。

$$-.02439 * pt\_x-.13414 * pt\_y-.28049 * pt\_z+1=0$$

$$pt\_x \text{ \_ ant\_rot \_ center} = 3.76606$$

$$pt\_y \text{ \_ ant\_rot \_ center} = 2.46333$$

10

20

30

40

pt\_z \_\_ ant\_rot \_\_ center=2.05968

pt\_x \_\_ gnd\_rot \_\_ center=3.76606-.02439t

pt\_y \_\_ gnd\_rot \_\_ center=2.46333-.13414t

pt\_z \_\_ gnd\_rot \_\_ center=2.05968-.28049t

仮の高度=5=((-.02439t)<sup>2</sup>+(.13414t)<sup>2</sup>+(.28049t)<sup>2</sup>)<sup>.5</sup>

5=.31187t ; t=16.03231

pt\_x \_\_ gnd\_rot \_\_ center=3.76606-.02439t=3.37503

pt\_y \_\_ gnd\_rot \_\_ center=2.46333-.13414t=.31276

pt\_z \_\_ gnd\_rot \_\_ center=2.05968-.28049t=2.43722

pt\_x\_gnd\_rot\_center、pt\_y\_gnd\_rot\_center、pt\_z\_gnd\_rot\_centerは、それぞれ、地面での回転の軸の交わりのx座標、y座標、z座標である。

ここで、周囲に対する作業機械をディスプレイするために、十分な情報がわかっている。外部基準フレームでの作業機械の既知の位置及び方向に関して、外部基準フレームでのバケットの位置が、外部基準フレームと機械基準フレーム内のバケットの位置との間で既知の運動学的平行移動を使用することによって得られ、センサから得た信号を図4について説明した。

本発明の一実施例において、論理手段250によって実行される予定のアルゴリズムのフローチャートを図9a - 図9eに示す。GPS基地局802、作業機械102、機内搭載電子機器が、ブロック1202で始動される。機械構造と用地データが、それぞれにブロック1204と1206でのデータベース828から論理手段250にアップロードされる。ブロック1208内に表示される変数と標識が、初期設定される。レシーバ125のGPS位置が抽出され、ブロック1210で時刻印をおされる。

用具制御信号が、ブロック1212で抽出される。走行指令が、走行に関連した制御レバー25が作動しているかどうかを求めることによって、ブロック1214で抽出される。走行指令がブロック1226で「真」であると、静止セットアップ標識と回転セットアップ標識が「偽」に等しくセットされ、制御がブロック1262に移行する。同様に、回転セットアップがブロック1228で「真」であると、ブロック1262への移行を制御する。静止セットアップがブロック1230で「真」であると、制御がブロック1238に移行する。

オペレータは、機械が静止初期化の準備ができていることを示すために、オペレータインタフェースに備えられたキーパッドを使用する。静止のための準備標識が「真」に等しくセットされると、レシーバ125位置が所定の時間の長さに対して抽出され、平均化される。「静止セットアップ実行」の用語は、オペレータインタフェース260上にディスプレイされ、静止セットアップ標識がブロック1236で「真」に等しくセットされる。

ブロック1230、1234、1236に関して説明した静止セットアップルーチンは一般論としてのみであり、一実施例のみを表す。第一点がブロック1226でほぼ0に等しい走行指令に応じて自ダイナミックに抽出され、アルゴリズムが回転セットアップを開始するようにブロック1238に前進する静止セットアップなしに、図9のアルゴリズムは操作できる。

ブロック1238で、オペレータインタフェース260がメッセージ「車体をスイングせよ」をディスプレイする。車体がスイングすることを示すスイングセンサ243に応じてスイング

10

20

30

40

50

指令が「真」である時、オペレータがキーパッドを介して、ブロック1242で回転抽出を遂行することを示すまで、運動学的GPSシステムによって引き出されたレシーバの位置が規則正しい間隔で記憶される。しかし、3点が得られるまで、オペレータは回転セットアップを終結することを妨げる。オペレータインタフェース260は、「回転セットアップが遂行する」ことを示し、回転セットアップ標識が「真」に等しくセットされる。機械位置カウンタが、ブロック1246で増加される。

レシーバ125の回転の平面が、図8に関連して上述したようにブロック1248内で計算される。採掘シャベルの作動の間、処理時間を節約するように、360°の回転のそれぞれに対する車体の前後のピッチと左右のロールを、論理手段250がブロック1250で計算する。計算の回数を増加することによって、もっと精密なコースに到達できる。

10

ブロック1252で、レシーバ回転の平面の回転の中心が、図10について前述したように計算される。車体106の平面に垂直な回転の線の方程式が、ブロック1256で計算される。地面での回転の線の交わりの座標が、ブロック1260で決定される。レシーバ125の位置と、前述の計算された値と、図4で示したセンサからの信号とに応じて、パケット108の位置がブロック1262で決定される。

走行指令が、ブロック1264で真であることと、現在レシーバ位置と最終のレシーバ位置とが、作業機械102の位置を計算するために使用される。好適実施例では、車体104の前面がアンダーキャリッジ走行の方向に向かっている時だけ、走行が生じることを意図する。走行の間、この仮定が機械の軌道を平易にする。

他の場合には、作業機械の位置が計算されるのみであり、円周の定義に適合する抽出された点に応じて、作業用地に機械がディスプレイされる。アンダーキャリッジが固定される時のみ、これは一般に生じるであろう。

20

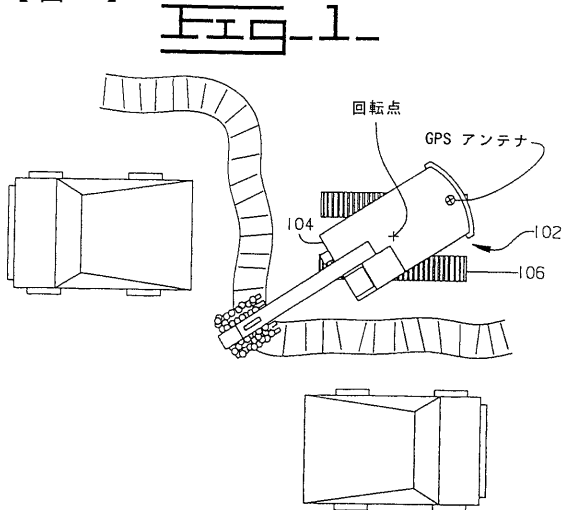
作動において、本発明は、作業機械102の位置と方向を求めるための単純なシステムを提供する。運動学的GPSシステムが作業機械102上に設置されるので、測定可能な量によって回転の中心から離れる。車体が左右に回転する時、レシーバ125は円弧を描く。この円弧は単平面(x)にあるか、又はある角度に沿って傾斜されたり、ある角度に沿って傾けられたりどちらか一方である。x、y、zでのトレースを計算することによって、エキスカベータの台の傾斜角が計算される。入手可能なパラメタを組み合わせ、x、y、zでの機械の位置とその位置での機械のロールとピッチが、計算される。

この発明の精神及び範囲から逸脱することなしに広範囲に異なる実施態様を構成することができることは明白なので、この発明は添付の特許請求において限定した以外はその特定の実施態様に制約されるものではない。

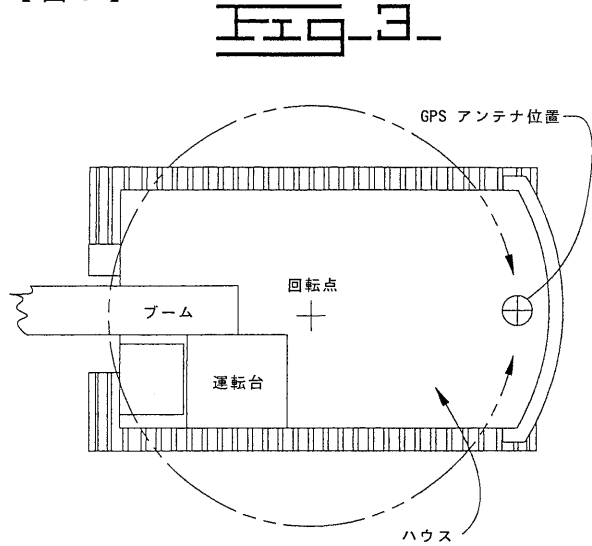
30

本発明の他の目的と利点は、図面と説明及び添付の特許請求の範囲から明らかになるであろう。

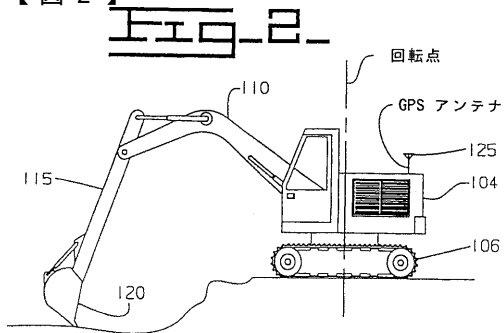
【図1】



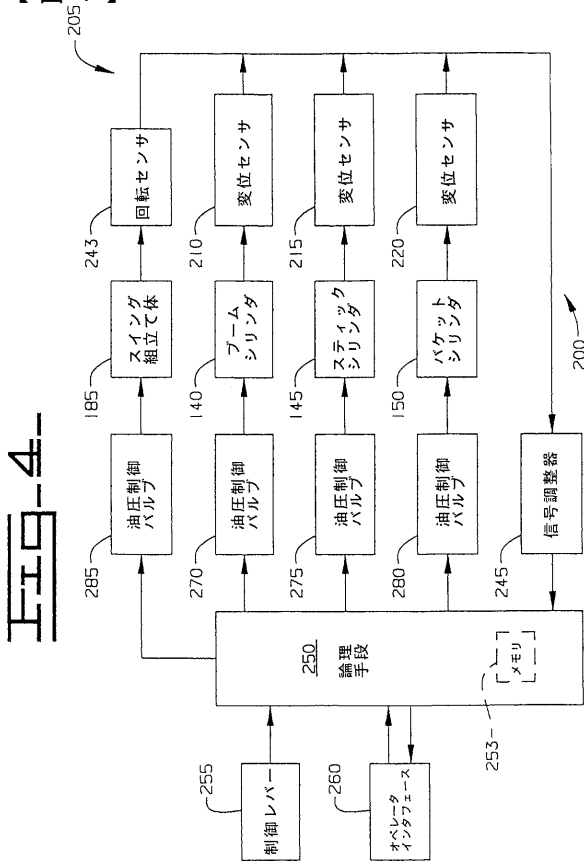
【図3】



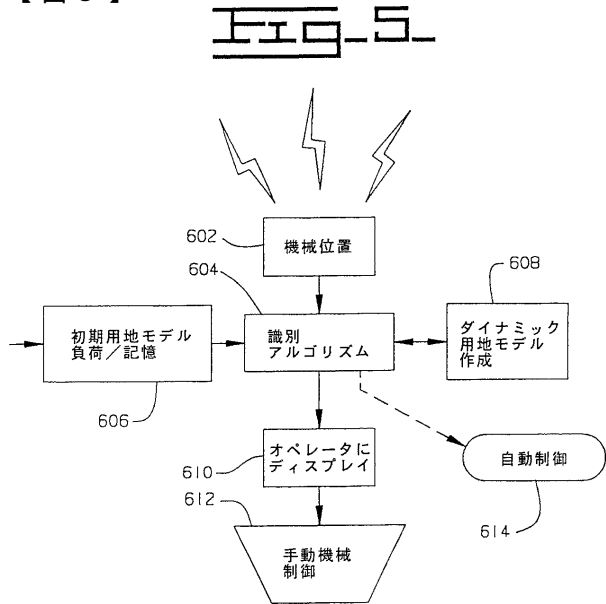
【図2】



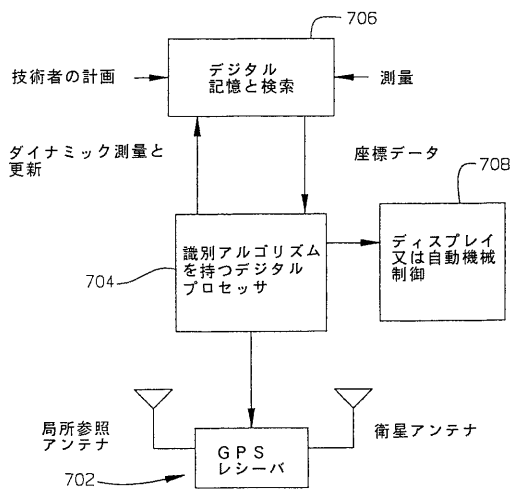
【図4】



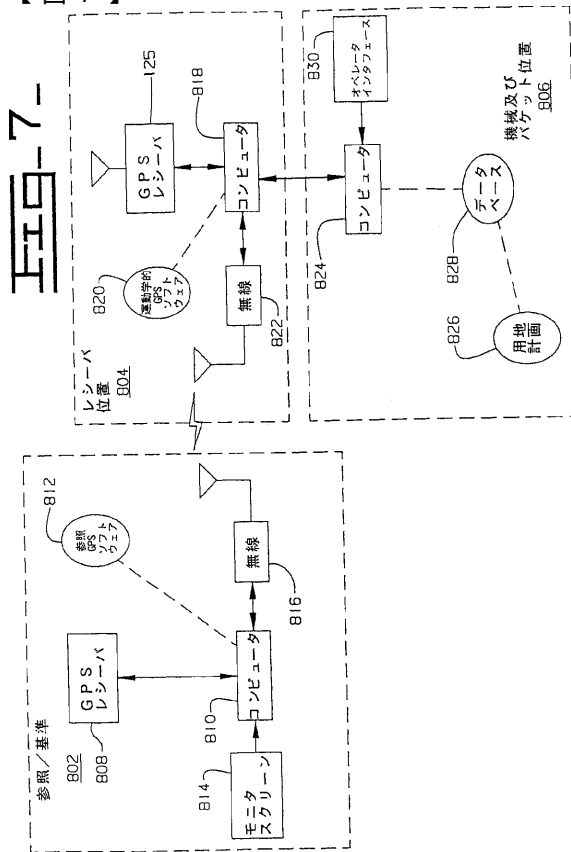
【図5】



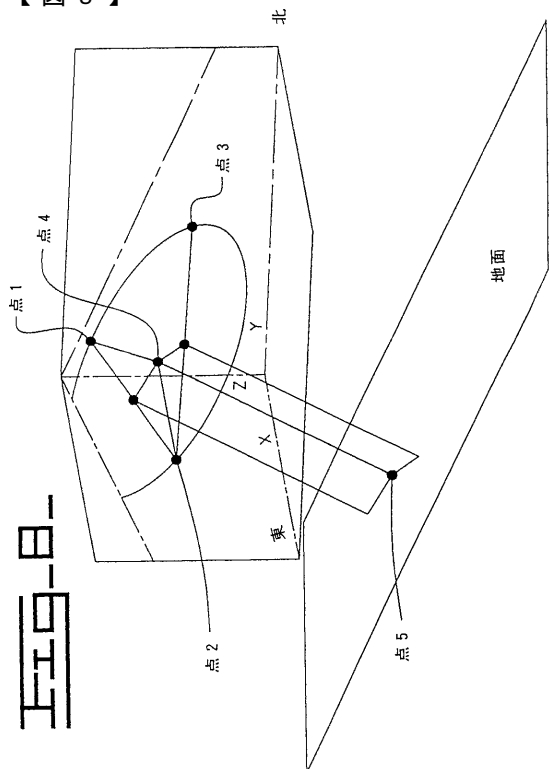
【図6】  
Fig-6



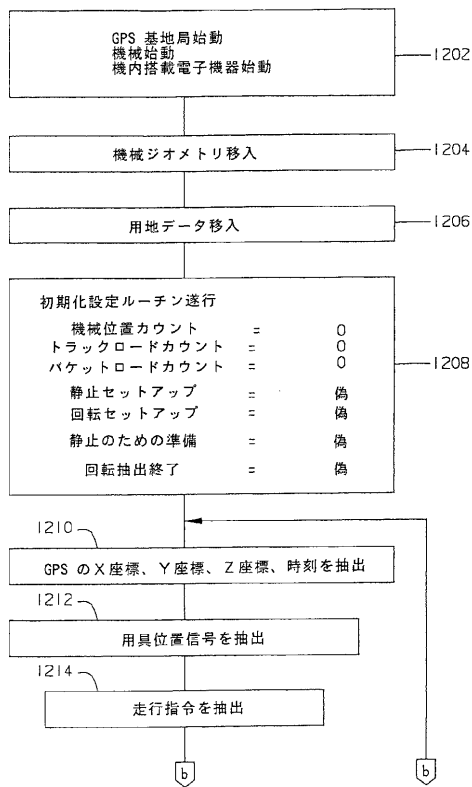
【図7】  
Fig-7



【図8】  
Fig-8

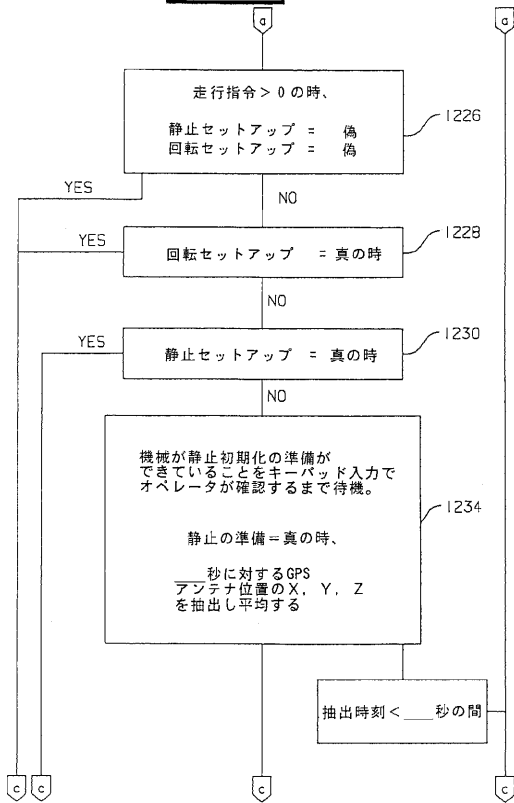


【図9a】  
Fig-9a



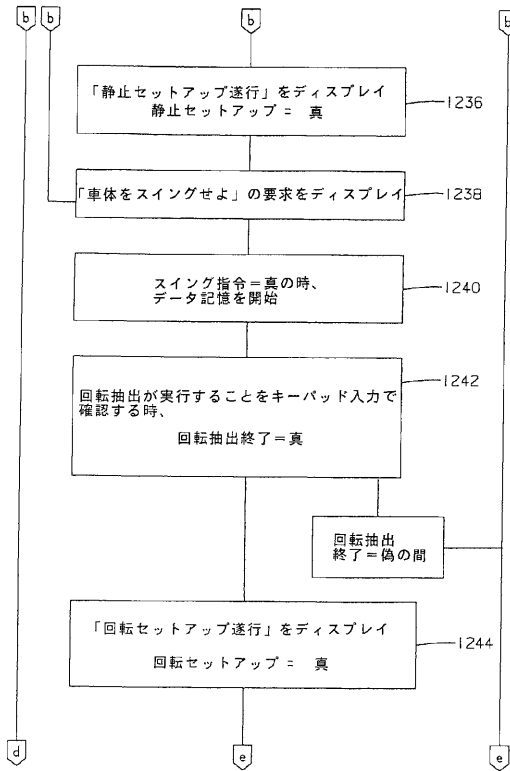
【図9b】

Fig-9b-



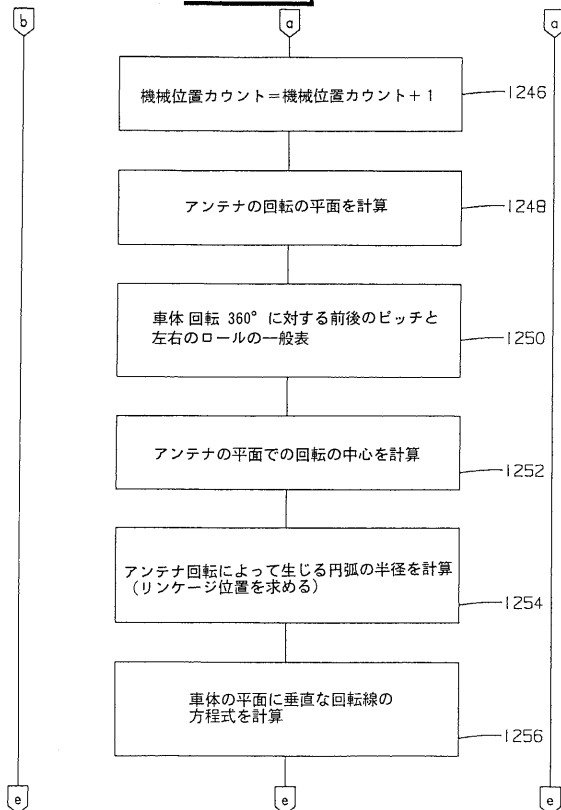
【図9c】

Fig-9c-



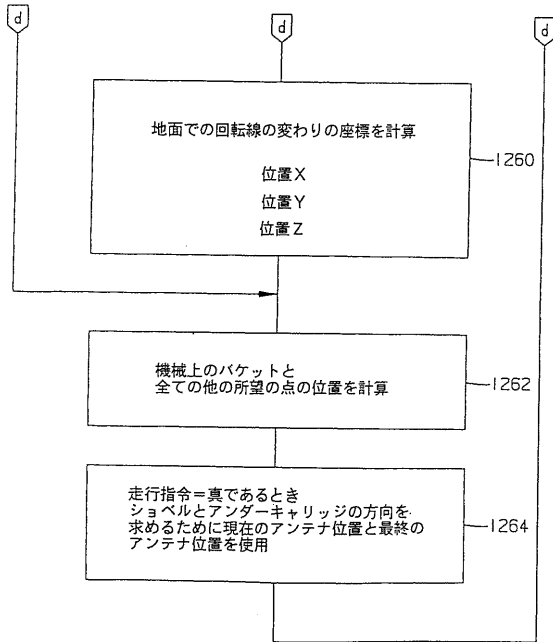
【図9d】

Fig-9d-



【図9e】

Fig-9e-





## フロントページの続き

## (74)代理人

弁理士 小川 信夫

## (74)代理人

弁理士 村社 厚夫

## (72)発明者 グッダート アダム ジェイ

アメリカ合衆国 イリノイ州 61526 エーデルスタイン ピント ドライヴ 523

## (72)発明者 ヘンダーソン ダニエル イー

アメリカ合衆国 イリノイ州 61571 ワシントン ノース メイン 407

## (72)発明者 ザーム ウィリアム シー

アメリカ合衆国 イリノイ州 61615 ピオーリア ノース スリーピー ハロウ 1062  
1

審査官 深田 高義

## (56)参考文献 特開平02-252825(JP,A)

特開平03-063310(JP,A)

特開平04-174388(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

E02F 9/20

E02F 3/43