

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-175559

(P2008-175559A)

(43) 公開日 平成20年7月31日(2008.7.31)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**GO1C 22/00 (2006.01)** GO1C 22/00 W 2F024

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2007-6893 (P2007-6893)  
 (22) 出願日 平成19年1月16日 (2007.1.16)

(71) 出願人 000006507  
 横河電機株式会社  
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号  
 (72) 発明者 沢村 昌治  
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横  
 河電機株式会社内  
 (72) 発明者 佐藤 明  
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横  
 河電機株式会社内  
 Fターム(参考) 2F024 AB01 AC03 BA04 BA10 BA15

(54) 【発明の名称】 歩行分析システム

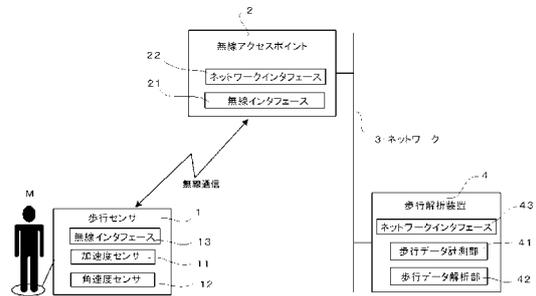
(57) 【要約】

【課題】 歩行者に負荷を与えることなく、歩行者の足の動きを3次元的に計測し、遊脚の空間的な動きを測定、解析することができる歩行分析システムを実現する。

【解決手段】 歩行者の足部に装着され、加速度または角速度の少なくともいずれかの検出データを所定のサンプリング周期で無線出力する歩行センサと、前記検出データを受信する無線通信装置と、この無線通信装置を介して取得する前記検出データの加速度の絶対値に基づき、一歩毎のデータにおける前半部分の最大値のタイミングを離地時刻とし、後半部分の最大値のタイミングを接地時刻として算出する歩行解析装置と、を備える。

【選択図】

図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

歩行者の足部に装着され、加速度または角速度の少なくともいずれかの検出データを所定のサンプリング周期で無線出力する歩行センサと、

前記検出データを受信する無線通信装置と、

この無線通信装置を介して取得する前記検出データの加速度の絶対値に基づき、一步毎のデータにおける前半部分の最大値のタイミングを離地時刻とし、後半部分の最大値のタイミングを接地時刻として算出する歩行解析装置と、  
を備えることを特徴とする歩行分析システム。

## 【請求項 2】

前記歩行解析装置は、前記離地時刻及び前記接地時刻に基づき、離地時刻から接地時刻の期間のデータ数とサンプリング周期により遊脚時間を、接地時刻から離地時刻の期間のデータ数とサンプリング周期により立脚時間を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の歩行分析システム。

## 【請求項 3】

前記歩行センサは、X, Y, Z 方向の加速度センサまたは X, Y, Z 方向の角速度センサの少なくともいずれかを備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の歩行分析システム。

## 【請求項 4】

前記歩行センサは、前記歩行者の履物のつま先部近傍に装着されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の歩行分析システム。

## 【請求項 5】

前記歩行センサは、前記歩行者の履物のかかと部近傍に装着されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の歩行分析システム。

## 【請求項 6】

前記無線通信装置は、ネットワーク上に形成された無線アクセスポイントであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の歩行分析システム。

## 【請求項 7】

前記歩行解析装置は、前記無線アクセスポイントよりネットワークを介して前記検出データを取得することを特徴とする請求項 6 に記載の歩行分析システム。

## 【請求項 8】

前記歩行解析装置は、前記検出データを処理する所定の歩行解析アルゴリズムにより相対移動距離を算出し、この相対移動距離に基づいて歩行位置、歩行時間、歩幅、歩行速度、歩行率、立脚率、遊脚率データの少なくともいずれかの状態情報を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の歩行分析システム。

## 【請求項 9】

前記歩行解析装置は、一步ごとの角速度または加速度の少なくともいずれかを積分して 2 次元または 3 次元の角度、速度、移動距離を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の歩行分析システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、歩行者の歩行状態を計測、解析し、個々人の歩行パターンを識別可能にすることで、リハビリテーション、作業効率改善、能力向上の定量的な目安を得ることができ歩行分析システムに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

圧力センサを使って求めた足圧分布の計測結果から、歩行データを算出する歩行分析に関しては、特許文献 1 に技術開示がある。図 10 は、特許文献 1 に記載されている歩行分析装置の概観図である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 3 】

この発明の特徴は、床に帯状に設置された圧力センサ部 1 0 1 上を人が歩き、足圧分布の計測結果を分析装置 1 0 2 ~ 1 0 5 により分析し、歩き方の良さを反映したパラメータを出力させる構成にある。

## 【 0 0 0 4 】

同じく、圧力センサを使って求めた足圧分布の計測結果から、歩行の特徴を表すパラメータを検出し表示する装置が特許文献 2 に開示されている。図 1 1 は、特許文献 2 に記載されている歩行パターン処理装置の機能ブロック図である。

## 【 0 0 0 5 】

この発明の特徴は、歩行に基づく 2 次元の圧力分布を一定時間間隔で時系列圧力分布画像として取得し、時系列圧力分布画像を時間方向に重畳して重畳画像を作成し、重畳画像から複数の足圧塊領域を抽出し、足圧塊領域ごとに、時系列圧力分布画像との対応付けを行い、対応付けに基づき、歩行の特徴を表すパラメータを検出し、表示し又は印刷する。

10

## 【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開平 1 1 - 1 1 3 8 8 4 号公報

【特許文献 2】特開平 0 9 - 0 9 1 4 3 7 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 7 】

従来技術による歩行分析手法では、次のような問題点がある。

20

( 1 ) 特許文献 1 記載の発明及び特許文献 2 記載の発明では、足圧分布を測定するための圧力センサを床または地面に敷いて、歩行者がその上を歩行し、歩行時の足の圧力分布より歩行分析を行う。この場合には、圧力センサを予め歩行する場所に設置しなければならず、設置場所等の制約がでてしまう。また、歩行距離によっては、圧力センサを複数枚数用意しなければならない。

## 【 0 0 0 8 】

( 2 ) 圧力センサ上を歩くため、患者の日常歩行と異なる感覚、意識が発生し、歩行結果に違いが出る可能性がある。歩行結果も足跡に限られるため、遊脚の空間的な動きを測定、解析することができない。

## 【 0 0 0 9 】

( 3 ) 歩行結果も足跡に限られるため、歩行状態の 3 次元的な動きを測定する手段がなく、遊脚の空間的な動きを計測、解析することはできない。

30

## 【 0 0 1 0 】

本発明は上述した問題点を解決するためになされたものであり、歩行者に負荷を与えることなく、歩行者の足の動きを 3 次元的に計測し、遊脚の空間的な動きを測定、解析することができる歩行分析システムの実現を目的としている。

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 1 】

このような課題を達成するために、本発明は次の通りの構成になっている。

( 1 ) 歩行者の足部に装着され、加速度または角速度の少なくともいずれかの検出データを所定のサンプリング周期で無線出力する歩行センサと、

40

前記検出データを受信する無線通信装置と、

この無線通信装置を介して取得する前記検出データの加速度の絶対値に基づき、一步毎のデータにおける前半部分の最大値のタイミングを離地時刻とし、後半部分の最大値のタイミングを接地時刻として算出する歩行解析装置と、  
を備えることを特徴とする歩行分析システム。

## 【 0 0 1 2 】

( 2 ) 前記歩行解析装置は、前記離地時刻及び前記接地時刻に基づき、離地時刻から接地時刻の期間のデータ数とサンプリング周期により遊脚時間を、接地時刻から離地時刻の期間のデータ数とサンプリング周期により立脚時間を算出することを特徴とする ( 1 ) に記

50

載の歩行分析システム。

【0013】

(3) 前記歩行センサは、X、Y、Z方向の加速度センサまたはX、Y、Z方向の角速度センサの少なくともいずれかを備えることを特徴とする(1)または(2)に記載の歩行分析システム。

【0014】

(4) 前記歩行センサは、前記歩行者の履物のつま先部近傍に装着されることを特徴とする(1)乃至(3)のいずれかに記載の歩行分析システム。

【0015】

(5) 前記歩行センサは、前記歩行者の履物のかかと部近傍に装着されることを特徴とする(1)乃至(3)のいずれかに記載の歩行分析システム。

10

【0016】

(6) 前記無線通信装置は、ネットワーク上に形成された無線アクセスポイントであることを特徴とする(1)乃至(5)のいずれかに記載の歩行分析システム。

【0017】

(7) 前記歩行解析装置は、前記無線アクセスポイントよりネットワークを介して前記検出データを取得することを特徴とする(6)に記載の歩行分析システム。

【0018】

(8) 前記歩行解析装置は、前記検出データを処理する所定の歩行解析アルゴリズムにより相対移動距離を算出し、この相対移動距離に基づいて歩行位置、歩行時間、歩幅、歩行速度、歩行率、立脚率、遊脚率データの少なくともいずれかの状態情報を算出することを特徴とする(1)乃至(7)のいずれかに記載の歩行分析システム。

20

【0019】

(9) 前記歩行解析装置は、一步ごとの角速度または加速度の少なくともいずれかを積分して2次元または3次元の角度、速度、移動距離を算出することを特徴とする(1)乃至(8)のいずれかに記載の歩行分析システム。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、次のような効果を期待することができる。

(1) 歩行データを容易に取得できるため、リハビリテーション等、病院等の治療の現場での使用が容易となる。

30

【0021】

(2) 靴に歩行センサを装着することが可能なため、歩行者は、靴を履くだけでよい。このため、測定を意識することなく、通常歩行と変わらない感覚で自由に歩行を行うことができ、被験者への負担が極めて小さい。

【0022】

(3) 歩行状態の3次元的な動きを測定することが可能となり、遊脚の空間的な動きを計測、解析することができる。

【0023】

(4) 加速度の絶対値に基づき、一步分のデータにおける前半部分の最大値のタイミングを離地時刻とし、後半部分の最大値のタイミングを接地時刻として算出し、離地時刻及び前記接地時刻に基づき、離地時刻から接地時刻の期間のデータ数とサンプリング周期により遊脚時間を、接地時刻から離地時刻の期間のデータ数とサンプリング周期により立脚時間を高精度で算出できる。

40

【0024】

(5) 歩行センサ手段に内蔵した3軸の加速度センサ、3軸の角速度(ジャイロ)センサにより、それらの出力を演算処理することで足の3次元空間内での動きを測定でき、歩行パターンの違いを上下左右前後から解析することができる。

【0025】

(6) 歩行センサは、超小型に実装可能のため、測定場所への制約が少ない。また、多人

50

数が存在するリハビリ訓練室等での使用が可能になる。

【0026】

(7) 歩行データは、歩行解析装置内に蓄積できるため、歩行者の過去と現在の状態を比較して見ることで歩行状態の変化を簡単に把握することができ、リハビリの回復度合いを定量的に把握することができる。

【0027】

(8) 特にリハビリテーションへの応用では、障害内容による歩き方の違いを3次元的に解析でき、感圧マットによる足跡解析では不可能な、着地していない足(遊脚)の動きが解析できる。

【0028】

(9) 無線アクセスポイントとデータの送受信ができるセンサ数は、1個に限られることがないため、複数人の歩行動作でも同時解析が可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、本発明を図面により詳細に説明する。図1は、本発明を適用した歩行分析システムの一実施形態を示す機能ブロック図である。この実施形態の歩行分析システムは、歩行センサ1、無線アクセスポイント2、ネットワーク3、歩行解析装置4からなる。

【0030】

歩行センサ1は、歩行者Mの片足または両足部に直接または履物(つま先部または踵部)に装着され、加速度センサ11、角速度センサ12、無線インタフェース13を備え、無線通信装置の一形態である無線アクセスポイント2と無線通信する。

【0031】

無線アクセスポイント2は、歩行センサ1と通信する無線インタフェース21及びネットワーク3に接続するネットワークインタフェース22を備え、歩行センサ1より収集した歩行データを、ネットワーク3を介して歩行解析装置4に渡す。

【0032】

歩行解析装置4は、歩行データ計測部41及び歩行データ解析部42を備え、無線アクセスポイント2から渡される歩行データを保存すると共に、歩行解析アルゴリズムにより相対移動距離を算出する。

【0033】

更に、歩行解析装置4は、この相対移動距離に基づき歩行解析アプリケーションにより各種の分析を実行する。分析対象項目は、歩行位置、歩行時間、歩幅、歩行速度、歩行率、立脚率、遊脚率等である。

【0034】

図2は、歩行センサ1の構成例を示す機能ブロック図である。X、Y、Z軸方向の加速度を検出する3個の加速度センサ11、同じくX、Y、Z軸方向の角速度を検出する3個の角速度センサ12、これらセンサの検出値をデジタル変換するA/D変換器14を備えている。

【0035】

A/D変換器14の出力は、CPU15に渡されて所定の演算処理が実行される。CPU15は、ROMやRAM等のメモリ資源16を有しており、検出データの一時的な保存が可能となっている。

【0036】

CPU15の演算結果は、無線インタフェース13を介して無線アンテナ17より無線アクセスポイント2に送信される。この歩行センサ1は、充電可能な電池18で駆動されると共に、充電回路19を備えている。

【0037】

歩行センサ1を構成するこれら要素は、きわめて小型のチップとして実装することが可能であり、歩行者の片足または両足部に直接または履物に装着したときに、歩行者は測定を意識することなく、通常歩行と変わらない感覚で自由に歩行を行うことができるので、被

10

20

30

40

50

験者への負担を極めて小さくすることができる。

【0038】

図3は、無線アクセスポイント2の構成例を示す機能ブロック図である。外付け、あるいは内蔵の無線アンテナ23を介して無線インタフェース21で受信したデータは、CPU24で演算処理され、ネットワークインタフェース22を介してネットワーク3に出力される。

【0039】

CPU24は、ROMやRAM等のメモリ資源25を有しており、受信データの一時的なバッファ機能を備える。バッファに蓄積された受信データは、一定量になった段階でネットワーク3に送出される。

【0040】

図4は、歩行解析装置の構成例を示す機能ブロック図である。無線アクセスポイント2からのデータは、ネットワークインタフェース43を介してCPU44に渡される。歩行データ計測部44の歩行データ収集手段411は、CPU44から歩行データを取得して計測データファイル412に所定期間格納する。格納する計測データは、加速度及び角速度データである。

【0041】

CPU44は、計測データファイル412より格納データを読み出して歩行データ解析部42に渡し、各種の解析処理を実行させる。解析結果は、表示装置5や印刷装置6に出力される。

【0042】

解析結果は、直接またはネットワークを介して外部機器や機関、リハビリを指導する医師、理学療法士、更には歩行者自身にも配信することができる。

【0043】

図5は、歩行データ解析部42の構成例を示す機能ブロック図である。歩行解析手段421は、計測データファイル412より格納されている計測データを取り出して歩行解析アルゴリズム421Aに渡して各種の解析を実行し、解析結果を歩行解析アプリケーション422に出力する。

【0044】

歩行解析アプリケーション422による解析結果は、歩行者の足の3次元位置情報並びに歩行時間、歩行速度、歩行率、立脚時間、遊脚時間等の歩行状態情報である。

【0045】

歩行解析アルゴリズム421Aは、計測データファイル412に格納されている、加速度データを1回積分演算して速度を算出する。この積分演算は、X、Y、Z成分毎に実行される。

【0046】

算出された速度は、もう1回積分演算され、距離データとなる。角速度は、同様に積分演算されて、角度が算出される。このように、X、Y、Zの3軸のデータが算出されるため、3次元の位置情報を求めることが可能である。

【0047】

同時に、歩行解析アルゴリズム421Aは、歩行の状態情報を算出するために、歩の区切りを算出する。歩の区切りは、加速度、角速度データから、停止していると思われる期間を停止期間として算出し、動作している期間と停止している期間と分けることで、決定される。

【0048】

足部の停止状態の検出は、角速度の検出値がある閾値以下または加速度の検出値がある閾値以下の少なくともいずれかの条件が満足されることにより判断する。

【0049】

歩行解析アルゴリズム421Aは、歩の区切りから、立脚時間（足が地面に接地している時間）、遊脚時間（足が地面から離れている時間）等、歩に関連する状態情報を算出す

10

20

30

40

50

る。

【0050】

一歩毎の距離誤差の補正手段として角速度の積分誤差または加速度の積分誤差のすくなくともいずれかを用いることができる。算出された距離データは、角度データと合わせて、座標データに変換される。

【0051】

これら位置情報及び状態情報の歩行データを歩行解析手段421から取得する歩行解析アプリケーション422は、歩行解析装置4に接続された表示装置5に歩行データを表示することができ、ユーザは歩行状態を容易に把握することができる。

【0052】

また、過去データをファイルとして蓄積しているため、過去から現在に至る歩行状態を参照でき、トレンドグラフ等で、歩行状態の変化を表示することが可能である。更に必要であれば、印刷装置6への出力も可能である。

【0053】

図6は、歩行解析アルゴリズムの信号処理手順を示すフローチャートである。ステップS1で加速度、角速度センサの個体差に基づくデータを補正し、ステップS2では歩の停止を検出する。具体的には、加速度、角速度データより、歩行停止区間を算出する。

【0054】

ステップS3では、角速度データを積分して、角度を算出する。ステップS4では、加速度、角速度のX、Y、Z軸を、ローカル座標（センサ上の座標）から、ワールド座標（ユーザ空間）に変換する。

【0055】

ステップS5では、加速度データを積分して、速度を算出する。更にステップS6では、位置座標を算出する。具体的には、速度×サンプリング時間で距離を求め、前回値に加算することで相対移動距離（位置）を算出する。

【0056】

図7は、歩行解析アプリケーション422のデータ処理手順を示すフローチャート図である。ステップS1では、歩行解析アルゴリズム421Aの出力データとして、3次元の位置情報、歩の停止位置情報、速度情報を取得する。

【0057】

ステップS2では、ステップS1で取得した出力データを計算し、歩行時間、歩行速度、歩行率、歩幅、立脚時間、遊脚時間等の歩行の状態情報を算出する。

【0058】

図8は、加速度データに基づく、離地及び接地の検出を説明する特性図である。検出データの加速度の絶対値に基づき、一歩毎のデータにおける前半部分の最大値のタイミング $t_1$ を離地時刻とし、後半部分の最大値のタイミング $t_2$ を接地時刻として算出する。

【0059】

図9は、加速度データに基づく、遊脚及び立脚の検出を説明する特性図である。図8で説明した離地時刻 $t_{11}$ 、 $t_{21}$ 及び接地時刻 $t_{12}$ 、 $t_{22}$ に基づき、離地時刻 $t_{11}$ 、 $t_{21}$ から接地時刻 $t_{12}$ 、 $t_{22}$ の期間のデータ数とサンプリング周期により遊脚時間 $T_m$ 間を、接地時刻 $t_{12}$ から離地時刻 $t_{21}$ の期間のデータ数とサンプリング周期により立脚時間 $T_s$ を算出する。

【0060】

以下、本発明の応用実施例を説明する。実施形態では、歩行解析装置4はデータに対してリアルタイムに位置情報及び状態情報を算出する信号処理の例を説明したが、歩行センサ1が、所定期間の検出データを無線通信装置に送信しないで自身のメモリ資源16に保持する実施形態であってもよい。

【0061】

歩行解析装置4は、無線アクセスポイント2を介して歩行センサ1と双方向に通信できるので、加速度センサ及び角速度センサの感度やオフセットを、歩行解析装置4側から所

10

20

30

40

50

定値にチューニングすることができる。

【0062】

歩行データを、ファイルに蓄積すると同時にリアルタイムに演算して現在の歩行の軌跡を画面上に表示させるようにすることで、歩行者の現在の状況をそのまま見ることができる。

【0063】

歩行の軌跡データが得られるため、製造現場等での人の動きを把握することが可能になる。また、病院内での患者の動きも把握することが可能になる。

【0064】

無線アクセスポイント2と、歩行解析装置4間の接続をネットワーク3以外の手段、例えばUSB、無線LAN等で接続することも可能である。

10

【0065】

実施形態では、データの演算処理を歩行解析装置4で実行している例を説明したが、センサ1内で演算処理を行ない、携帯端末等で演算データの表示や蓄積を行なうことで、より簡便な機器で歩行分析システムを構築することができる。

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図1】本発明を適用した歩行分析システムの基本構成を示す機能ブロック図である。

【図2】歩行センサの構成例を示す機能ブロック図である。

【図3】無線アクセスポイントの構成例を示す機能ブロック図である。

20

【図4】歩行解析装置の構成例を示す機能ブロック図である。

【図5】歩行データ解析部の構成例を示す機能ブロック図である。

【図6】歩行解析アルゴリズムの信号処理手順を示すフローチャートである。

【図7】歩行解析アプリケーションのデータ処理手順を示すフローチャート図である。

【図8】加速度データに基づく、離地及び接地の検出を説明する特性図である。

【図9】加速度データに基づく、遊脚及び立脚の検出を説明する特性図である。

【図10】特許文献1に記載されている歩行分析装置の概観図である。

【図11】特許文献2に記載されている歩行パターン処理装置の機能ブロック図である。

【符号の説明】

【0067】

30

1 歩行センサ

11 加速度センサ

12 角速度センサ

13 無線インタフェース

2 無線アクセスポイント

21 無線インタフェース

22 ネットワークインタフェース

3 ネットワーク

4 歩行解析装置

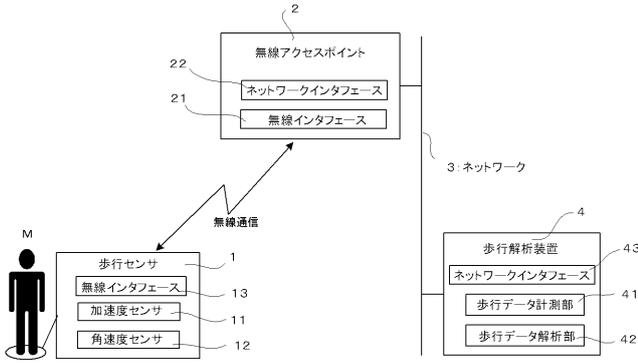
41 歩行データ計測部

40

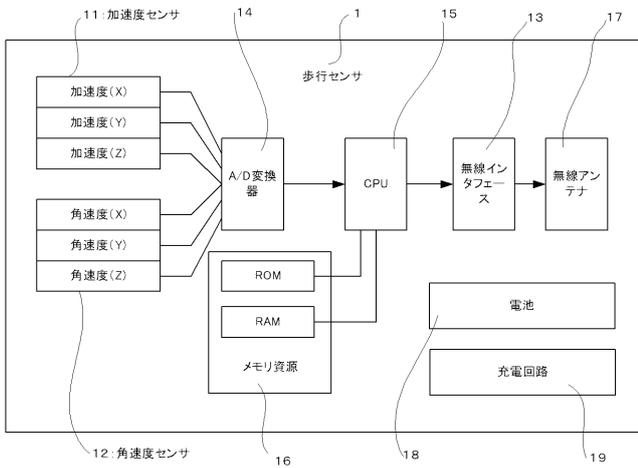
42 歩行データ解析部

43 ネットワークインタフェース

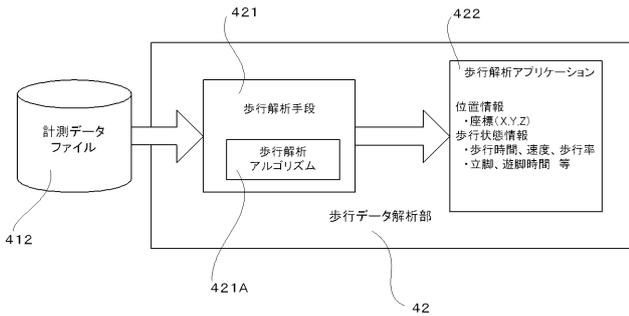
【 図 1 】



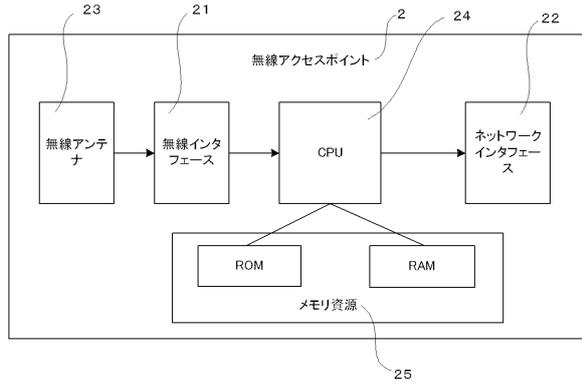
【 図 2 】



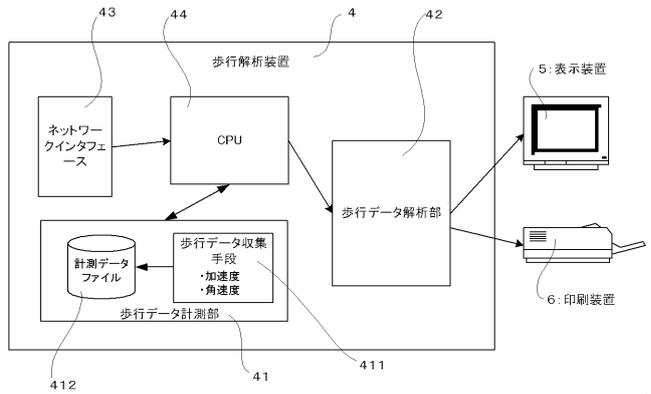
【 図 5 】



【 図 3 】

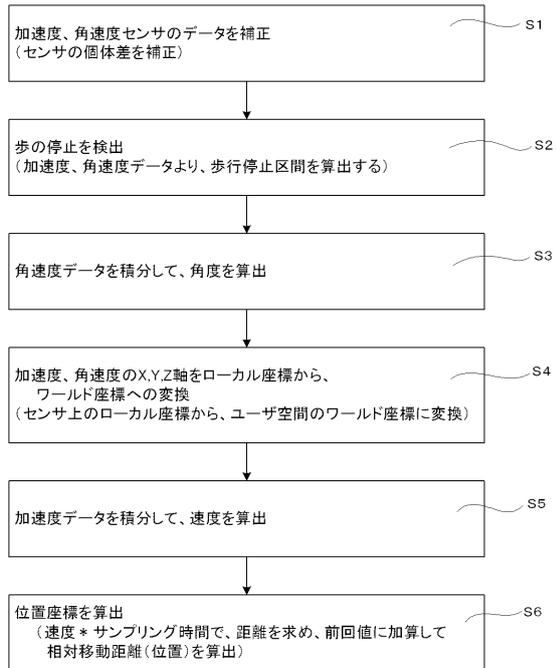


【 図 4 】

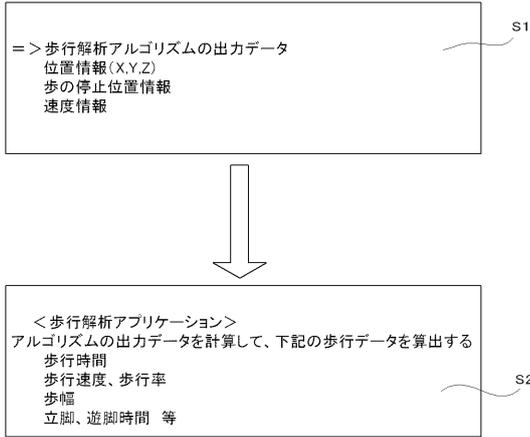


【 図 6 】

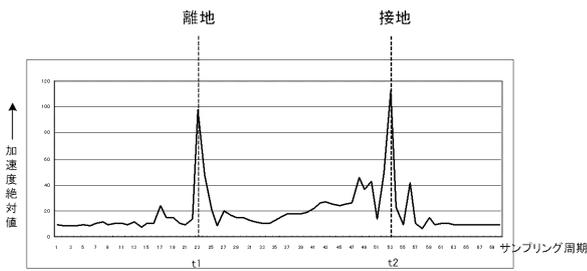
< 歩行解析アルゴリズム >



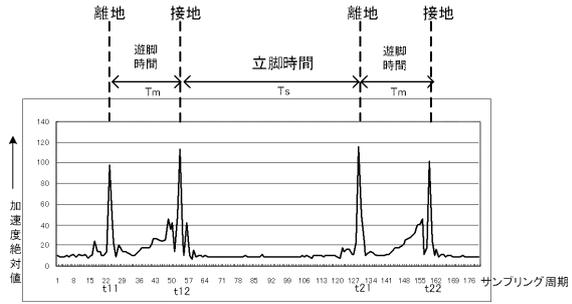
【 図 7 】



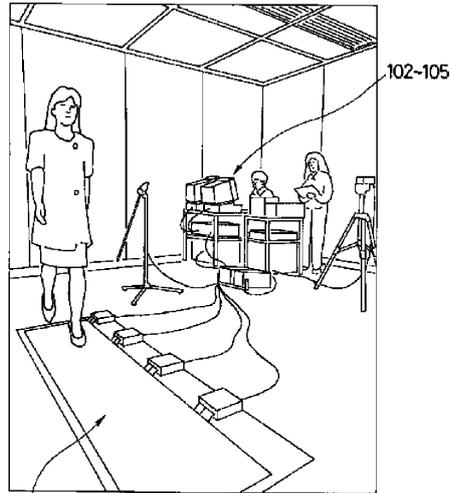
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】

