

(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
2010年5月14日(14.05.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/052899 A1

- (51) 国際特許分類:
G05B 19/418 (2006.01) G06Q 50/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/005847
- (22) 国際出願日: 2009年11月4日(04.11.2009)
- (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 2008-284442 2008年11月5日(05.11.2008) JP
特願 2008-284439 2008年11月5日(05.11.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研工業株式会社(HONDA MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1078556 東京都港区南青山2丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 脇田 秀一 (WAKITA, Shuichi) [JP/JP]; 〒3510193 埼玉県和光市中央1丁目4番1号株式会社 本田技術研究所内 Saitama (JP).

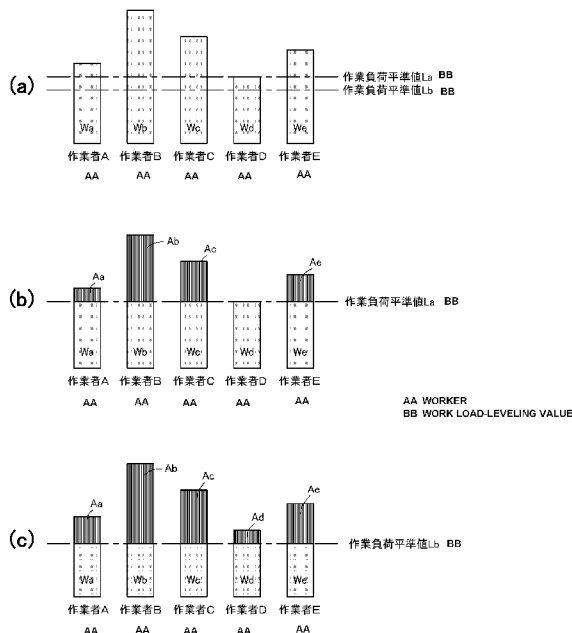
- (74) 代理人: 大島陽一 (OSHIMA, Yoichi); 〒1010051 東京都千代田区神田神保町2-20 I Pビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: WORK LOAD-LEVELING METHOD AND WORK LOAD-LEVELING SUPPORT DEVICE

(54) 発明の名称: 作業負荷平準化方法および作業負荷平準化支援装置

【図11】



(57) Abstract: Bottlenecking due to the presence of workers with high work loads will be drastically improved and production efficiency of workplaces where multiple workers perform the work will be improved. The work load of each worker is digitized by a worker load digitizing means (201), the deviation of worker load from prescribed work load-leveling values is calculated for each worker by a worker load deviation calculating means (203), and work-aiding devices are assigned to the workers by a work-aiding device-assigning means (204) based on the work load deviation.

(57) 要約: 【課題】 作業負荷が大きい作業者の存在がボトルネックになることを抜本的に改善し、複数の作業者が作業を行う作業場の生産効率の向上を図ること。【解決手段】 作業者負荷数値化手段201によって各作業者の作業負荷を数値化し、作業負荷偏差算出手段203によって所定の作業負荷平準値に対する作業者負荷の偏差を作業者毎に算出し、作業補助装置付与決定手段204によって作業負荷偏差に基づいて作業補助装置の作業者に対する付与を決定する。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 作業負荷平準化方法および作業負荷平準化支援装置 技術分野

[0001] 本発明は、作業負荷平準化方法および作業負荷平準化支援装置に関し、特に、工場等、複数の作業者が作業を行う作業場における作業者の作業負荷を平準化する作業負荷平準化方法および作業負荷平準化支援装置に関する。

背景技術

[0002] 工場の組立ライン等における生産性を上げるために、工数に応じて組立ラインのゾーン構築を工夫することや、複数作業を複数工程に分配して複数工程を経て製品を生産するに際して、どの工程に、どの作業群を分配するかを、コンピュータ等の情報処理装置を用いて支援することが提案されている（例えば、日本国特許公開２００２－７９９６４号公報、日本国特許公開２００３－１５７２３号公報）。

[0003] また、工場の組立ライン等において、所定時間に亘って作業した時の作業者の最大筋力比を測定し、最大筋力比を元に作業者にかかる負担の度合を客観的に評価する指数（作業負担評価指数）を算出し、作業単位を修正することによって作業負担評価指数の平準化を目指す作業工程計画の支援技術が提案されている（例えば、日本国特許公開平成７－４３２６１号公報）。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 複数の作業者が作業を行う組立ライン等の作業場においては、作業内容、作業者自体の能力差によって身体運動的な作業負荷が各作業者によって異なることは避けられない。このため、一つの組立ラインに作業負荷が大きい作業者が一人でも存在すると、それがボトルネックとなってタクトタイムが長くなり、組立ライン全体の生産効率が低下することになる。

[0005] このことに対して、上述した組立ラインの改善、生産性支援の技術は、ラインアレンジメントに関連するところが多く、作業負荷が大きい作業者の存

在がボトルネックになっていることによって組立ライン全体の生産効率が低下することを抜本的に改善するものではない。

- [0006] 本発明が解決しようとする課題は、作業負荷が大きい作業者の存在がボトルネックになっていることによって組立ライン全体の生産効率が低下することを抜本的に改善し、複数の作業者が作業を行う作業場の生産効率の向上を図ることである。

課題を解決するための手段

- [0007] 本発明による作業負荷平準化方法は、複数の作業者が作業を行う作業場における作業者の作業負荷を情報処理装置を用いて平準化する作業負荷平準化方法であって、各作業者の作業負荷に相関する入力情報より各作業者の作業負荷を数値化する作業者負荷数値化処理プロセスと、所定の作業負荷平準値を決定する作業負荷平準値決定プロセスと、前記作業負荷平準値決定プロセスにて決定された作業負荷平準値に対する前記作業者負荷の偏差を作業者毎に算出する作業負荷偏差算出プロセスと、前記作業負荷偏差算出プロセスにて算出された作業負荷偏差に基づき作業補助力を作業者に与える作業補助装置の作業者に対する付与を決定する作業補助装置付与決定プロセスとを有する。
- [0008] 本発明による作業負荷平準化方法は、好ましくは、前記作業補助装置付与決定プロセスは、前記作業負荷平準値より前記作業者負荷が過大である作業者に作業補助装置を付与する決定を行い、さらに、前記作業補助装置が出力する作業補助量を、前記作業負荷偏差がゼロに近づく数値に設定する作業補助量定量化プロセスを有する。
- [0009] 本発明による作業負荷平準化方法では、前記作業負荷に相関する情報として、少なくとも、作業者に装着された生体センサにより計測される生体状態の計測値、作業者に装着された作業補助装置の仕事量、あるいは作業者に装着された床反力センサにより検出される床反力より推定演算される関節モーメント値を用いることができる。
- [0010] 本発明による作業負荷平準化方法では、好ましくは、前記作業補助装置と

して、作業者に装着されて作業者の歩行比を目標歩行比に誘導する歩行補助装置を含み、歩行速度と作業者の消費エネルギーとの相関性を定義した特性データを参照して現在の歩行速度で前記作業者の消費エネルギーが最小となる歩行比を前記目標歩行比として設定する目標歩行比設定プロセスとを有する。

[0011] 本発明による作業負荷平準化方法では、好ましくは、さらに、前記作業補助装置より各作業者の作業負荷および作業者位置に関する情報を取得し、取得した各作業者の作業負荷および作業者位置より作業場全体の作業者の作業負荷分布と作業者位置をモニタ表示によって可視化するための可視化処理プロセスを有する。

[0012] 本発明による作業負荷平準化支援装置は、複数の作業者が作業を行う作業場における作業者の作業負荷を平準化するための作業負荷平準化支援装置であって、各作業者の作業負荷に相関する入力情報より各作業者の作業負荷を数値化する作業者負荷数値化処理手段と、所定の作業負荷平準値を決定する作業負荷平準値決定手段と、前記作業負荷平準値決定手段によって決定された作業負荷平準値に対する前記作業者負荷の偏差を作業者毎に算出する作業負荷偏差算出手段と、前記作業負荷偏差算出プロセスにて算出された作業負荷偏差に基づいて作業補助力を作業者に与える作業補助装置の作業者に対する付与を決定する作業補助装置付与決定手段とを有する。

[0013] 本発明による作業負荷平準化支援装置は、好ましくは、前記作業補助装置付与決定手段は、前記作業負荷平準値より前記作業者負荷が過大である作業者に作業補助装置を付与する決定を行い、さらに、前記作業補助装置が出力する作業補助量を、前記作業負荷偏差がゼロに近づく数値に設定する作業補助量定量化手段を有する。

[0014] 本発明による作業負荷平準化支援装置は、好ましくは、前記作業補助装置として、作業者に装着されて作業者の歩行比を目標歩行比に誘導する歩行補助装置を含み、歩行速度と作業者の消費エネルギーとの相関性を定義した特性データを参照して現在の歩行速度で前記作業者の消費エネルギーが最小となる歩行比を前記目標歩行比として設定する目標歩行比設定手段を有する。

発明の効果

[0015] 本発明による作業負荷平準化方法および作業負荷平準化支援装置によれば、各作業者の作業負荷を数値化、換言すると定量化することが行われ、作業負荷平準値に対する作業者負荷に基づいて、作業補助装置の作業者に対する付与を決定することが行われる。

[0016] これにより、ボトルネックになる作業負荷が大きい作業者には作業補助装置を付与することが決定され、作業負荷が大きい作業者の作業負荷が作業補助装置の助けによって低減し、作業者全体の作業負荷の平準化が図られる。その結果として、複数の作業者が作業を行う作業場の生産効率の向上が図られる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明による作業負荷平準化方法の実施に用いられる歩行補助装置の一つの実施形態を示す斜視図である。

[図2]本発明による作業負荷平準化方法の実施に用いられる歩行補助装置の装着具部分の一つの実施形態を示す分解斜視図である。

[図3]本発明による作業負荷平準化方法の実施に用いられる荷役作業補助装置の一つの実施形態の概要を示す斜視図である。

[図4]本発明による作業負荷平準化方法の実施に用いられる荷役作業補助装置の一つの実施形態の要部を示す側面図である。

[図5]本発明による作業負荷平準化方法の実施に用いられる荷役作業補助装置の一つの実施形態の要部を示す正面図である。

[図6]本発明による作業負荷平準化支援装置の一つの実施形態を示すブロック図である。

[図7]逆動力学モデルの概念を説明する説明図である。

[図8]関節反力と関節トルクの定式化を説明する説明図である。

[図9]歩行補助装置と装置装着者との幾何学的関係を示す説明図である。

[図10]装置関節角度と作業者の関節角度との関係を示すグラフである。

[図11] (a) ~ (c) は、各作業者の作業者負荷値、作業負荷平準値、作業

補助量の関係を示すグラフである。

[図12]本実施形態による作業負荷平準化支援装置の動作フローを示すフローチャートである。

[図13]本発明による作業負荷低減支援装置の他の実施形態を示すブロック図である。

[図14]歩行比－消費エネルギー特性を示すグラフである。

[図15]他の実施形態による作業負荷低減支援処理装置の動作フローを示すフローチャートである。

[図16]本実施形態の作業負荷低減方法が適用された自動車製造ラインを解図的に示す説明図である。

[図17]本実施形態の作業負荷低減方法が適用された自動車製造ラインにおける補助装具の配布を解図的に示す説明図である。

[図18]本実施形態の作業負荷低減方法が適用される自動車製造ラインの作業員／作業環境分布を解図的に示す説明図である。

[図19]本実施形態の作業負荷低減方法が適用される自動車製造工場における各作業工程毎の、平均消費エネルギー、平均歩行速度、平均歩行比、所属する作業員ID、平均ライン速度、総合負荷状況を示す表である。

[図20]本実施形態の作業負荷低減方法が適用される自動車製造工場における車型(製造車種)間、工程間の作業員平準化を解図的に示す説明図である。

[図21]本実施形態の作業負荷低減方法が適用される自動車製造工場における工場全体の作業員平準化を解図的に示す説明図である。

[図22]本実施形態の作業負荷低減方法が適用された工場の作業負荷状況を解図的に示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下に、本発明による作業負荷平準化方法およびその実施に用いられる作業負荷平準化支援装置の実施形態を、図1～図8を用いて説明する。

[0019] 本実施形態では、作業補助装置として、図1、図2に示されている歩行・移動の補助を行う歩行補助装置10と、図3～図6に示されている荷役の免

荷を行う荷役作業補助装置 100 の 2 種類の作業補助装置が準備され、作業
者毎に何れか一方が選択使用される。

[0020] まず、図 1、図 2 を参照して歩行補助装置 10 について説明する。歩行補
助装置 10 は、図 1 に示されているように、作業者の腰部に装着される腰部
装具 20 と、腰部装具 20 に取り付けられて作業者の左右の股関節部に対応
する位置に配置される電動モータ 50 L、50 R と、上端を各々電動モータ
50 L、50 R の出力部材（出力回転軸）51 L、51 R に連結された動力
伝達アーム 60 L、60 R と、動力伝達アーム 60 L、60 R の下端に取り
付けられて作業者の大腿部に装着される大腿部装具 70 L、70 R と有する
。

[0021] 腰部装具 20 は、図 2 に示されているように、大別して、バックフレーム
21 と、腰背部パッド 22 と、左右の腹部ベルト 24 L、24 R と、左右の
補助ベルト 26 L、26 R と、左右のサイドベルト 27 L、27 R とにより
構成されている。

[0022] バックフレーム 21 は、剛体製、例えば金属製で、作業者の腰背部を余裕
をもって取り囲む形状を形成されている。バックフレーム 21 は、電動モー
タ 50 L、50 R の動作を制御する制御装置 90 と、電源ユニット 91、無
線通信手段 92 を内蔵している。無線通信手段 92 は後述する床上設置の作
業負荷低減支援処理装置 200 と所定の無線通信プロトコルによって双方向
にデータ通信を行う

[0023] 腰背部パッド 22 は、軟質プラスチック等により構成され、左右方向中
央部を固定ねじ 28 によってバックフレーム 21 の左右方向中央部の内側に
固定連結され、左右両端がバックフレーム 21 より前方に位置する自由端に
なっている。

[0024] バックフレーム 21 の左右両側部分には、各々、板ばね、樹脂板等、弾性
を有する材料により構成された弾性板 19 L、19 R が固定されている。弾
性板 19 L、19 R は、腰背部パッド 22 の左右両側部分とバックフレーム
21 の左右両側部分との間に配置され、腰背部パッド 22 の自由端側をバツ

クフレーム 21 に対して前方へ弾力的に付勢している。

[0025] 左右の腹部ベルト 24 L、24 R は、織物、皮革、ビニル等、可撓性を有する材料により構成されており、一端を各々腰背部パッド 22 の左右両端に固定連結され、他端をワンタッチ式のベルトバックル 23 によって開放可能に互いに締結されるベルト構造になっている。

[0026] 左右の補助ベルト 26 L、26 R は、織物、皮革、ビニル等、可撓性を有する材料により構成されており、一端を腰背部パッド 22 の背面側の左右中間部に固定連結され、他端を左右の腹部ベルト 24 L、24 R の中間部にピン 25 によって枢動可能に連結されている。補助ベルト 26 L、26 R は、各々、長さ調整バックル 29 A を取り付けられ、ベルト長さを調整できるようになっている。

[0027] 左右のサイドベルト 27 L、27 R も、織物、皮革、ビニル等、可撓性を有する材料により構成されており、一端を左右の腹部ベルト 24 L、24 R の中間部（ピン 25 より腰背部パッド 22 との連結側）に固定接続され、他端をバックフレーム 21 の左右両端に固定接続されている。サイドベルト 27 L、27 R のバックフレーム 21 に対する固定は、バックフレーム 21 の左右両端に各々形成されたスリット 21 A にサイドベルト 27 L、27 R を通し、その折り返し部 27 B を面ファスナ 27 A によってサイドベルト 27 L、27 R の一端側に剥離可能に貼り付けることにより行われている。この左右のサイドベルト 27 L、27 R は、面ファスナ 27 A による折り返し部 27 B の貼り付け位置の調整によりベルト長さ調整可能になっている。

[0028] 図 1 に示されているように、動力伝達アーム 60 L、60 R は、電動モータ 50 L、50 R の出力を大腿部用装具 70 L、70 R に伝達するものである。動力伝達アーム 60 L、60 R の下端部は、上下反転 V 字形の二股形状になってばね性を有し、前後方向に対向するように折曲された二股先端に各々に作業者の大腿部を前後から挟むパッドによる大腿部用装具 70 L、70 R を取り付けられている。

[0029] 動力伝達アーム 60 L、60 R の下端部に対する大腿部用装具 70 L、7

O Rの取り付けは、着脱可能なねじ式になっていて、取付位置を上下左右に調整できるようになっている。

[0030] バックフレーム21の左右両端部にはヒンジ軸支持部材30L、30Rが固定されている。ヒンジ軸支持部材30L、30Rは、横転コの字形をしていて前後二つの脚片間に掛け渡されたヒンジ軸35L、35Rを支持している。ヒンジ軸35L、35Rは、作業者の前後水平方向、つまり矢状軸方向に延在する中心軸線を有する。

[0031] ヒンジ軸35L、35Rには、ヒンジ連結部材36L、36Rが、当該ヒンジ軸35L、35Rの中心軸線周りに回動可能に取り付けられている。ヒンジ連結部材36L、36Rは前述の電動モータ50L、50Rの上部側に一体形成された取付舌片52L、52Rに固定連結されている。

[0032] 左右の電動モータ50L、50Rは、電源ユニット91より電力を供給され、制御装置90により左右個別に出力トルク、回転角を制御され、左右の動力伝達アーム60L、60Rを、歩容に適合する形態で、スイング駆動する。

[0033] これにより、左右の電動モータ50L、50Rの出力トルクが大腿部用装具70L、70Rより装置着用の作業者の大腿部に歩容に合わせて歩行アシスト力と与えられ、電動モータ50L、50Rの出力トルクと回転角により決まる制御目標による歩行比をもって装置装着者の歩行・移動が補助(アシスト)される。

[0034] つぎに、図3～図5を参照して荷役作業補助装置100について説明する。荷役作業補助装置100は、図3に示されているように、装置使用者が跨ぐようにして着座するサドル部112と、左右の大腿リンク部材114L、114Rと、左右の下腿リンク部材116L、116Rと、装置使用者によって履靴される靴部118L、118Rとを有する。

[0035] 図4、図5に示されているように、サドル部112の下底部中央には前後方向に延在するヒンジ軸120が取り付けられている。ヒンジ軸120には各々ブラケット122L、122Rによって前後方向に延在する左右の円弧

ガイドバー１２４Ｌ、１２４Ｒがヒンジ軸１２０を中心として左右方向に回動可能（開脚可能）に取り付けられている。左右の円弧ガイドバー１２４Ｌ、１２４Ｒにはガイドローラ１２８Ｌ、１２８Ｒによってスライダ１２６Ｌ、１２６Ｒが当該ガイドバーに沿って移動可能に設けられている。スライダ１２６Ｌ、１２６Ｒには左右のベースプレート１３０Ｌ、１３０Ｒが取り付けられている。ベースプレート１３０Ｌ、１３０Ｒはスライダ１２６Ｌ、１２６Ｒとの固定部より後方へ突出延在している。ベースプレート１３０Ｌ、１３０Ｒには左右の大腿リンク部材１１４Ｌ、１１４Ｒの上端部が固定連結されている。

[0036] 上述したヒンジ軸１２０、左右の円弧ガイドバー１２４Ｌ、１２４Ｒ、左右のスライダ１２６Ｌ、１２６Ｒ、左右のベースプレート１３０Ｌ、１３０Ｒは、装置使用者の左右の股関節に対応する位置にあり、これらの組み合わせによって、ヒトの股関節と等価の動きが可能な左右の第１関節機構部Ｌ１、Ｒ１が構成される。

[0037] 左右の大腿リンク部材１１４Ｌ、１１４Ｒは、ベースプレート１３０Ｌ、１３０Ｒの後部側から斜め下方前方に延在している。左右の大腿リンク部材１１４Ｌ、１１４Ｒの先端部（下端部）には略水平な枢軸１３２Ｌ、１３２Ｒによって左右の下腿リンク部材１１６Ｌ、１１６Ｒの上端部が略上下方向に回動可能に連結されている。左右の下腿リンク部材１１６Ｌ、１１６Ｒの下端部には略水平な枢軸１３４Ｌ、１３４Ｒに靴部１１８Ｌ、１１８Ｒが略上下方向に回動可能に連結されている。

[0038] 枢軸１３２Ｌ、１３２Ｒは、装置使用者の左右の膝関節に対応する位置にあって、ヒトの膝関節と等価の動きが可能な左右の第２関節機構部Ｌ２、Ｒ２をなす。枢軸１３４Ｌ、１３４Ｒは、装置使用者の左右の足首関節に対応する位置にあって、ヒトの足首関節と等価の動きが可能な左右の第３関節機構部Ｌ３、Ｒ３をなす。

[0039] 左右のベースプレート１３０Ｌ、１３０Ｒには、動力発生装置として、左右の電動モータ１３６Ｌ、１３６Ｒが取り付けられている。左右の電動モータ

タ 1 3 6 L、1 3 6 R は、アシスト力発生源であり、出力軸 1 3 8 L、1 3 8 R に出力プーリ 4 0 L、4 0 R を取り付けられている。

[0040] 枢軸 1 3 2 L、1 3 2 R には従動プーリ 1 4 2 L、1 4 2 R が取り付けられている。出力プーリ 1 4 0 L、1 4 0 R と従動プーリ 1 4 2 L、1 4 2 R には各々無端ベルト 1 4 4 L、1 4 4 R が掛け渡されている。この伝動機構により、左右の電動モータ 1 3 6 L、1 3 6 R の回転出力が左右の第 2 関節機構部 L 2、R 2 をなす左右の枢軸 1 3 2 L、1 3 2 R に各々個別に伝達される。つまり、左右の電動モータ 1 3 6 L、1 3 6 R が発生する力が左右の脚部（膝関節部分）にアシスト力として個別に与えられる。

[0041] サドル部 1 1 2 は、左右の電動モータ 1 3 6 L、1 3 6 R に電力を供給するバッテリー電源（図示省略）と、左右の電動モータ 1 3 6 L、1 3 6 R の動作を制御する制御装置 1 5 0 と、無線通信手段 1 5 2 を内蔵している。無線通信手段 1 5 2 は後述する床上設置の作業負荷低減支援処理装置 2 0 0 と所定の無線通信プロトコルによって双方向にデータ通信を行う。

[0042] 各種物理量を検出するセンサとして、左右の電動モータ 1 3 6 L、1 3 6 R の回転角を検出するロータリエンコーダ 1 5 4 L、1 5 4 R と、左脚、右脚の床反力計測を行う MP センサ 1 5 6 L、1 5 6 R 及び踵センサ 1 5 8 L、1 5 8 R と、左脚、右脚の支持力計測を行う支持力センサ 1 6 0 L、1 6 0 R が各部に取り付けられている。

[0043] 左右の MP センサ 1 5 6 L、1 5 6 R は、多軸（少なくとも鉛直方向、水平方向の 2 軸）の力センサであり、左右の靴部 1 1 8 L、1 1 8 R を着用した装置使用者の MP 関節（中趾節関節）部分にほぼ対応した位置の靴内に配置されて床反力を計測する。

[0044] 左右の踵センサ 1 5 8 L、1 5 8 R は、多軸（少なくとも鉛直方向、水平方向の 2 軸）の力センサであり、左右の靴部 1 1 8 L、1 1 8 R を着用した装置使用者の踵部分にほぼ対応した位置の靴内に配置されて床反力を計測する。

[0045] 左脚、右脚の支持力センサ 1 6 0 L、1 6 0 R は、多軸（少なくとも鉛直

方向、水平方向の２軸)の力センサであり、下腿リンク部材１１６Ｌ、１１６Ｒの下端部に取り付けられ、下腿リンク部材１１６Ｌ、１１６Ｒに作用する支持力を計測する。支持力センサ１６０Ｌ、１６０Ｒによって計測される支持力は、床反力と相関する物理量である。

[0046] 制御装置１５０は、上述の各センサの信号と、図示しない腰部・胸部ジャイロセンサより腰部、胸部の鉛直方向に対する角速度を示す信号を、図示しない腰部・胸部加速度センサより腰部、胸部の鉛直方向、水平方向の加速度を示す信号を各々入力し、所定の制御則に従って、左右の電動モータ１３６Ｌ、１３６Ｒの出力トルクと回転角を制御する。

[0047] 左右の電動モータ１３６Ｌ、１３６Ｒは、制御装置１５０によって左右個別に出力トルク、回転角を制御され、従動プーリ１４２Ｌ、１４２Ｒを回動駆動する。

[0048] これにより、左右の電動モータ１３６Ｌ、１３６Ｒの出力トルクが装置着用者の膝関節にスクワットアシスト力と与えられ、電動モータ１３６Ｌ、１３６Ｒの出力トルクと回転角に応じて装置着用者のスクワットを伴う荷役の免荷が行われる。

[0049] つぎに、作業負荷平準化支援装置２００の一つ実施形態を、図６を参照して説明する。作業負荷平準化支援装置２００は、床上配置の情報処理装置であり、工場、倉庫や港湾等の荷役作業現場、土木建築作業現場、荷物集配所、農業・水産作業場所等、複数の作業者が作業を行う作業場における作業者の作業負荷を平準化を支援するものである。この実施形態では、自動車の生産ラインにおける作業者の下肢に作用する作業負荷の平準化支援を例にとって説明する。

[0050] 作業負荷平準化支援装置２００は、作業負荷数値化処理部２０１と、作業負荷平準値決定部２０２と、作業負荷偏差算出部２０３と、作業補助装置付与決定部２０４と、作業補助装置選定部２０５と、作業補助量設定部２０６とを有する。作業負荷平準化支援装置２００のこれら各部２０１～２０６は、マイクロコンピュータがコンピュータプログラムを実行することにより

、ソフトウェア的に具現化される。

- [0051] 作業負荷平準化支援装置 200 には出力機器としてディスプレイ 207 が接続されている。作業負荷平準化支援装置 200 は上述の各部 201 ~ 206 が出力する情報をディスプレイ 207 にモニタ表示する。
- [0052] 作業負荷数値化処理部 201 は、自動車生産ラインにおける各工程の各作業員の作業負荷を数値化するプロセスを実行するものであり、作業員固有情報と、作業内容情報と、作業員に装着された筋電計、心拍センサ、呼吸量センサ、発汗量センサ等の生体センサ 220 により検出される作業員の生体情報を、作業負荷に相関する情報として入力し、予め定められたアルゴリズムにより、各作業員の作業従事の作業負荷を数値化する。作業負荷を数値化した値（作業負荷値）としては、エネルギー消費量、カロリー換算値、指数等がある。エネルギー消費量は、 $Y = 1.55 \cdot e^{(0.0203 \cdot X)}$ の関係式より概算推定することができる（但し、 Y : エネルギー消費量 (ml O₂/Kg/分)、 X : 心拍数）。
- [0053] 作業員固有情報としては、氏名や作業員認識番号等、作業員を特定する情報（ID 情報）、体格、作業能力、健康具合等がある。作業内容情報は、作業内容を特定する情報であり、これには、荷物、部品等の持ち上げ等、スクワットを伴う作業や歩行を伴う作業等がある。
- [0054] 他の実施形態として、作業負荷数値化処理部 201 は、作業員に装着された歩行補助装置 10、荷役作業補助装置 100 の出力値や消費電力等を入力し、入力した出力値、消費電力等により、歩行補助装置 10、荷役作業補助装置 100 の仕事量を算出し、算出された仕事量に基づいて各作業員の作業従事の負荷（作業負荷）を数値化してもよい。
- [0055] もう一つの他の実施形態として、作業負荷数値化処理部 201 は、荷役作業補助装置 100 の MP センサ 156 L、156 R、踵センサ 158 L、158 R によって検出される床反力を示す信号、つまり床反力の検出値を入力し、入力した床反力の検出値より装置使用者の関節モーメントを逆動力学演算法などによって推定演算し、推定演算された関節モーメントを参照して

各作業者の作業従事の負荷（作業負荷）を数値化してもよい。なお、床反力は、支持力センサ 160L、160R による左脚、右脚の支持力の計測値を用いた演算によって算出することもできる。

[0056] 関節モーメント演算に用いられる床反力は、装置使用者の左足に作用する床反力 $F_L (F_{Lx}, F_{Ly})$ と、右足に作用する $F_R (F_{Rx}, F_{Ry})$ として個別に取り扱われる。この床反力 F_L 、 F_R において、 F_{Lx} 、 F_{Ly} は、床反力 F_L 、 F_R のうち水平方向に働く力であり、 F_{Lx} 、 F_{Ly} は、床反力 F_L 、 F_R のうち鉛直方向に働く力である。

[0057] 関節モーメントの推定演算は、MP センサ 156L、156R、踵センサ 54L、54R の計測値あるいは支持力センサ 56L、56R の計測値に基づいて演算された床反力 (F_{Lx} 、 F_{Ly})、 $F_R (F_{Rx}, F_{Ry})$ から、装置装着者の左右の関節モーメント（関節トルク）、本実施形態では膝関節モーメントを推定演算する。この関節モーメントの推定演算は、逆動力学演算によって行われる。

[0058] ここで、逆動力学演算による関節モーメントの算出法について説明する。まず、逆動力学モデルの概念を、図 7 を参照して説明する。逆動力学モデルは、運動と境界条件から内力を推定する力学的モデルであり、逆動力学モデルを用いて内力である関節モーメント（トルク）を算出する。

[0059] 剛体リンクモデルの遠位端の境界条件を床反力 F_f から求め、遠位節 I の重量 W_1 と慣性から力の釣り合い式を解くことで、遠位節 I の近位端の関節反力 F_{j1} が求まる。更に、関節反力 F_{j1} を遠位節 I より一つ近位の節 I-I の境界条件とし、近位節 I-I の重量 W_2 と慣性から力の釣り合い式を解くことで、近位節 I-I の近位端の関節反力 F_{j2} が求まる。これを節の数だけ繰り返す。

[0060] このようにして求められた関節反力 (F_{j1} 、 F_{j2}) を用いて関節トルクを求める。遠位と近位の関節反力を用いた節重心周りのトルクの釣り合い式から、一つ近位の関節トルクを求める。更に、この関節トルクと一つ近位の節の遠位と近位の関節反力から、次に近位の関節トルクを求める。これを節

の数だけ繰り返す。

[0061] 図8は、運動中の遠位から*i*番目の節(剛体)にかかる力を示している。各節の近位端に働く力($F_{(i+1)x}$, $F_{(i+1)y}$)、トルク $M_{(i+1)}$ は、関節で繋がる近位の節の遠位端に働く力($F_{(i)x}$, $F_{(i)y}$)、トルク $M_{(i)}$ の反力であるため、力($F_{(i)x}$, $F_{(i)y}$)、トルク $M_{(i)}$ とは逆向きの値になる。この図より力の釣り合い式は、式(1)、式(2)のように記述できる。

$$F_{(i)x} - F_{(i+1)x} - m_{(i)}\ddot{x}_{(i)} = 0 \quad \dots(1)$$

$$F_{(i)y} - F_{(i+1)y} - m_{(i)}\ddot{y}_{(i)} - m_{(i)}g = 0 \quad \dots(2)$$

$F_{(i)x}$: *i*番目の節の遠位端に*x*方向に働く力

$F_{(i)y}$: *i*番目の節の遠位端に*y*方向に働く力

$m_{(i)}$: *i*番目の節の質量

g : 重量加速度

$x_{(i)}$: *i*番目の節の重心位置*x*座標

$y_{(i)}$: *i*番目の節の重心位置*y*座標

[0062] 式(1)と式(2)を変形すると、式(3)、式(4)になる。

$$F_{(i+1)x} = F_{(i)x} - m_{(i)}\ddot{x}_{(i)} \quad \dots(3)$$

$$F_{(i+1)y} = F_{(i)y} - m_{(i)}\ddot{y}_{(i)} - m_{(i)}g \quad \dots(4)$$

[0063] 最遠位の節の下端(足部)にかかる力として床反力を、式(3)、式(4)に代入することにより、下位から順に全ての関節の反力が決まる。ただし、ここで求めた反力は、関節面にかかる力の全てではない。関節面には、この反力以外に、内力である筋張力も作用する。

[0064] つぎに、この関節の反力を用いて関節トルク（関節モーメント）を算出する。図8よりトルクの釣り合いは、式(5)で表される。

$$I_G \ddot{\theta} = M_{(i)} - M_{(i+1)} + F_{(i)x} a \sin \theta - F_{(i)y} a \cos \theta + F_{(i+1)x} b \sin \theta - F_{(i+1)y} b \cos \theta \quad \cdots (5)$$

I_G : i 番目の節の慣性モーメント

θ : 節の角度

$M_{(i)}$: i 番目の節の遠位端にかかるトルク

a : 重心から遠位端までの距離

b : 重心から近位端までの距離

[0065] 式(5)を変形すると、式(6)になる。

$$M_{(i+1)} = M_{(i)} + F_{(i)x} a \sin \theta - F_{(i)y} a \cos \theta + F_{(i+1)x} b \sin \theta - F_{(i+1)y} b \cos \theta - I_G \ddot{\theta} \quad \cdots (6)$$

[0066] 関節の反力と同様に、最遠位の節の下端にかかるトルクを床反力から算出し、これを式(6)に代入する。そして、先に求めた関節の反力を式(6)に代入することで、遠位から順に各関節トルクが求まる。

[0067] 本実施形態の荷役作業補助装置100では、荷役作業補助装置100の第2関節機構部L2、R2は、図4に示されているように、荷役作業補助装置100を装備したヒトの膝関節よりと左右の第2関節機構部L2、R2より前方にあり、直立姿勢時でも、或る角度をもつから、第1関節機構部L1、R1の曲げ角度と実際の股間関節の曲げ角度、第2関節機構部L2、R2の曲げ角度と実際の膝関節の曲げ角度、第3関節機構部L3、R3の曲げ角度と実際の足首関節の曲げ角度は、各々相関するものの、同一値にならない。

[0068] このため、上述の関節トルクの演算に用いられる節の角度 θ は、予め設定された荷役作業補助装置100の関節機構部の曲げ角度と装置装着者の実際

の各関節部の曲げ角度との相関を表す関係式により補正すればよい。

[0069] このため、上述の関節トルクの演算に用いられる節の角度 θ は、予め設定された荷役作業補助装置 100 の関節機構部の曲げ角度と装置装着者の実際の各関節部の曲げ角度との相関を表す関係式により補正すればよい。

[0070] 図 9 は、荷役作業補助装置 100 と装置装着者との幾何学的関係を示している。図 9 において、符号 M_c は円弧ガイドバー 124 L、124 R の仮想中心点を示しており、上述の演算において、仮想中心点 M_c と第 2 関節機構部 L2、R2 との間の長さ(大腿リング長) L_{ma} は、装置装着者の股関節 A と膝関節 B との間的大腿部の長さ L_{ha} に変換され、第 2 関節機構部 L2、R2 と第 3 関節機構部 L3、R3 との間の長さ(下腿リング長) L_{mb} は、装置装着者の膝関節 B と足首関節 C の間の下腿部の長さ L_{hb} に変換される。

[0071] また、第 2 関節機構部 L2、R2 の曲げ角度 θ_{ma} は実際の膝関節の曲げ角度 θ_{ha} に、第 3 関節機構部 L3、R3 の曲げ角度 θ_{mb} は実際の足首関節の曲げ角度 θ_{hb} に変換される。なお、床反力 F は、足裏と地面との接点より人の重心位置 G へ向けて働く。

[0072] 図 10 は、第 2 関節機構部 L2、R2 の曲げ角度 θ_{ma} 、第 3 関節機構部 L3、R3 の曲げ角度 θ_{mb} を代表する装置関節角度 θ_m と、実際の膝関節の曲げ角度 θ_{ha} 、実際の足首関節の曲げ角度 θ_{hb} を代表する作業者の関節角度 θ_h との関係を示している。装置関節角度 θ_m と作業者の関節角度 θ_h との変換は、次に示す近似式 (7) によって行われればよい。

$$[0073] \quad \theta_h = \alpha \theta_m^2 + \beta \theta_m + \gamma \quad \cdots (7)$$

但し、 α 、 β 、 γ は定数である。

[0074] そして、推定演算された関節トルク(関節モーメント推定値)から、歩行補助装置装着者の左右脚のエネルギー消費量を推定演算する。エネルギー消費量 E_h は式(8)により算出される。

$$[0075] \quad E_h = \int T_j \cdot \omega dt \quad \cdots (8)$$

T_j : 関節トルク

ω : 関節運動の角速度

- [0076] 角速度 ω は、ロータリエンコーダ154L、154Rによって計測される回転角の微分演算や、腰部・胸部ジャイロセンサのセンサ信号により得ることができる。関節トルク T_j の積分は、予め決められた時間区間の積分であり、予め決められた所定時間当たりの仕事量(作業負荷)に相当する。
- [0077] 作業負荷平準化支援装置200と作業補助装置(歩行補助装置10、荷役作業補助装置100)とが、互いに無線通信が可能な環境にある場合には、無線通信によって使用中の作業補助装置より情報を取得して各作業者の作業従事中の作業負荷をリアルタイムに数値化することができ、その変化も把握できる。
- [0078] この場合、取得した各作業者の作業負荷および作業者位置より作業場全体の作業者の作業負荷分布と作業者位置を、モニタ207に表示し、可視化することができる。
- [0079] 図11(a)は、一つの組立ライン等の一つのグループにおける作業者A～Eの作業負荷値を棒グラフで示している。図11(a)に符号 $W_a \sim W_e$ で示されている作業負荷値は、作業補助装置を装備していない状態での作業者A～E固有の作業負荷値であり、この作業負荷値は、各作業者の資質、能力、状態、作業内容により相違する。
- [0080] 作業負荷平準値決定部202は、所定の作業負荷平準値を決定するプロセスを実行するものである。作業負荷平準値決定部202が定める作業負荷平準値としては、作業者の好ましい労働量に基づく規定値、あるいは作業者負荷数値化処理部201によって数値化された作業者負荷(作業負荷値)の最小値(W_d)に等しい値による作業負荷平準値 L_a 、あるいは最小値(W_d)の所定比率、例えば、80%相当の作業負荷平準値 L_b 等がある。
- [0081] 作業負荷偏差算出部203は、作業負荷平準値決定部202にて決定された作業負荷平準値(L_a 、 L_b)に対する作業者負荷値 $W_a \sim W_e$ の偏差を作業者A～E毎に算出するプロセスを実行する。
- [0082] 作業補助装置付与決定部204は、作業負荷偏差算出部203にて算出された作業負荷偏差に基づいて作業補助装置の作業者A～Eに対する付与を決

定する。作業補助装置の付与は、作業負荷偏差（作業者負荷値－作業負荷平準値）が正值の場合、つまり、作業負荷平準値より作業者負荷値が大きい作業者に対して行われる。

[0083] 作業負荷平準値が（ L_a ）である場合には、作業者Dを除く作業者A、B、C、Eに作業補助装置を付与することを決定する。これに対し、作業負荷平準値（ L_b ）である場合には、作業者A～Eの全員に作業補助装置を付与することを決定する。

[0084] 作業補助装置選定部205は、複数種類の作業補助装置が準備されている場合に有用なものであり、作業者負荷の内容に応じて、準備されている複数種類の作業補助装置より最適の作業補助装置を選定するプロセスを実行する。

[0085] たとえば、荷物、部品等の持ち上げ等、スクワットを伴う作業の場合には、作業補助装置としてスクワット補助に有効な荷役作業補助装置100を選定し、専ら歩行を伴う作業の場合には、作業補助装置として歩行補助に有効な歩行補助装置10を選定する。

[0086] 作業補助量設定部206は、作業者に付与する作業補助装置（歩行補助装置10、荷役作業補助装置100）が出力する作業補助量（アシスト量）を設定するプロセスを実行するものである。作業補助量設定部206は、作業負荷平準値（ L_a 、 L_b ）に対して作業者負荷値 $W_a \sim W_e$ が過大である数値に応じて作業補助量を設定するものであり、好ましくは、前記作業負荷偏差がゼロあるいはゼロに近づく数値に設定する。

[0087] 作業補助量設定部206が設定した作業補助量に基づいて作業補助装置（歩行補助装置10、荷役作業補助装置100）の出力を、手動操作あるいは作業負荷平準化支援装置200とオンラインによって設定する。

[0088] 無線LANを施された工場等において、作業負荷平準化支援装置200と作業補助装置（歩行補助装置10、荷役作業補助装置100）とが相互に無線通信が可能な環境にある場合には、作業負荷平準化支援装置200と作業補助装置との無線通信によって作業補助装置（歩行補助装置10、荷役作業補助装置100）の出力設定を行うこともできる。

- [0089] このように、作業補助装置（歩行補助装置 10、荷役作業補助装置 100）が作業者に与えられ、出力調整された作業補助装置が作業補助を行うことにより、作業補助装置装備後の作業者 A～E の作業者負荷値 $W_a \sim W_e$ は、図 11（b）あるいは図 11（c）に示されているように、作業補助量 $A_a \sim A_e$ の付与のもとに、作業負荷平準値（ L_a 、 L_b ）をもって平準化される。
- [0090] 上述したように、本実施形態による作業負荷平準化方法によれば、各作業者 A～E の作業負荷を数値化（定量化）することが行われ、作業負荷平準値（ L_a 、 L_b ）に対する作業者負荷値 $W_a \sim W_e$ に基づいて、作業者に対する作業補助装置の付与を決定することが行われことが行われる。
- [0091] これにより、ボトルネックになる作業負荷が大きい作業者を作業補助装置によって支援することが行われ、作業負荷が大きい作業者の作業負荷が、作業補助装置の助けによって低減する。このことにより、一つの作業場における作業者全体の作業負荷の平準化が図られ、その結果として、複数の作業者が作業を行う作業場の生産効率の向上、人員削減、作業工程間と時間的な平準化の最適化が図られる。
- [0092] また、作業補助装置が出力する作業補助量（アシスト量）が、作業負荷偏差がゼロに近づく数値に設定されることにより、作業補助装置（歩行補助装置 10、荷役作業補助装置 100）の出力が作業負荷平準化に対して過不足なく設定され、CO₂削減に寄与する。
- [0093] つぎに、作業負荷低減支援処理装置 200 の動作フローを、図 12 のフローチャートを参照して説明する。
- [0094] まず、個人識別番号等、各作業者を特定する情報と、各作業者に割り当てられている作業内容、作業工程に関する情報を取り込み、作業者の識別を行う（ステップ S101）。
- [0095] つぎに、各作業者の歩数、歩幅、歩行速度、床反力等の作業状況情報、心拍数や筋電位、発汗量等の生体情報を入力する（ステップ S102）。
- [0096] つぎに、作業者負荷数値化処理部 201 により、作業者識別情報、作業状

況情報、作業者の生体情報に基づいて作業負荷を定量的に分析し、作業負荷を数値化する（ステップS 103）。

[0097] つぎに、作業負荷平準値決定部202により、作業負荷平準値を決定する（ステップS 104）。作業負荷平準値は、作業者の好ましい労働量に基づく規定値、あるいは作業者負荷数値化処理部201によって数値化された作業者負荷（作業負荷値）の最小値（ W_d ）に等しい値による作業負荷平準値 L_a 、あるいは最小値（ W_d ）の所定比率、例えば、80%相当の作業負荷平準値 L_b である。

[0098] 次に、作業補助装置付与決定部204によって作業補助装置付与の要否判定を行うと共に、作業補助装置選定部205により、該当作業者の作業内容、作業者負荷の内容に応じて、準備されている複数種類の作業補助装置より最適の作業補助装置を選定する。まず、該当作業者の作業が歩行作業中心のものであるか否かを判別し、作業者の作業が歩行・移動中心のものであれば、該当作業者に対して歩行補助装置10を提供することを決定する（ステップS 105）。

[0099] 次に、作業負荷偏差算出部203により、作業負荷平準値に対する作業者負荷値の偏差を演算し、作業補助量設定部206により、作業負荷偏差に基づいて歩行補助装置10のアシスト量を決定し（ステップS 106）、該当作業者に提供する歩行補助装置10のアシスト量を設定する（ステップS 107）。

[0100] これに対し、該当作業者の作業が歩行中心のもでなければ、つぎに、該当作業者の作業が荷役作業中心のものであるか否かを判別し、該当作業者の作業が荷役作業中心のものであれば、該当作業者に対して荷役作業補助装置100を提供することを決定する（ステップS 108）。

[0101] ステップS 105、ステップS 108における歩行作業と荷役作業の判定は、基本的には、予め作業内容に応じて各作業者毎に割り当てられている補助装置（歩行補助装置か荷役作業補助装置）を作業者の識別情報に基づいて判別することによりおこなうことができる。この他、エネルギー消費量の算出

値がある閾値以上であれば、荷役作業である判定することもできる。通常、荷役作業の場合は歩行移動距離は少ないから、歩行移動距離、歩行速度（平均値）ある閾値以上であれば、歩行作業であると判定することが可能である。

- [0102] 次に、作業負荷偏差算出部 203 により、作業負荷平準値に対する作業者負荷値の偏差を演算し、作業補助量設定部 206 により、作業負荷偏差に基づいて荷役作業補助装置 100 のアシスト量を決定し（ステップ S109）、該当作業者に提供する荷役作業補助装置 100 のアシスト量を設定する（ステップ S110）。
- [0103] つぎに、作業負荷低減支援処理装置 200 の他の実施形態を、図 13 を参照してについて説明する。作業負荷低減支援処理装置 200 は、コンピュータプログラムを実行するコンピュータによるものであり、情報入力手段をなす作業者識別処理部 501 および作業状況情報入力処理部 502 と、作業負荷分析処理部 503 と、作業負荷評価処理部 504 と、作業補助装置選定処理部 505 と、目標歩行比演算処理部（目標歩行比設定手段）506 と、目標トルク演算処理部 507 と、無線通信手段 508 とを含み、外部出力機器としてモニタ 207 を接続されている。無線通信手段 508 は、歩行補助装置 10、荷役作業補助装置 100 の双方と所定の無線通信プロトコルによって双方向にデータ通信を行う。
- [0104] 作業者識別処理部 501 は、キーボード、記憶媒体、通信等によって、各作業者を特定する情報（例えば、氏名、個人識別番号等）と、各作業者に割り当てられている作業内容、作業工程に関する情報を取り込み、作業者の識別を行う。
- [0105] 作業状況情報入力処理部 502 は、キーボード、記憶媒体、通信等によって、各作業者の歩数、歩幅、歩行速度、床反力等の作業状況情報、心拍数や筋電位、発汗量等の作業者の生体情報を入力する。
- [0106] 作業負荷分析処理部 503 は、作業者識別処理部 501、作業状況情報入力処理部 502 が入力した情報に基づいて作業負荷を定量的に分析する。

- [0107] 作業負荷評価処理部504は、作業負荷分析処理部503による作業負荷の定量分析結果に基づいて、作業者が受ける作業負荷の種類を識別すると共に、作業者が受ける作業負荷量を推定する。ここでは、これを作業負荷の評価と云う。
- [0108] 作業補助装置選定処理部505は、作業負荷評価処理部504による作業負荷の評価結果と、予め設定された補助装置選定情報に基づいて作業者の作業負荷を効率よく低減することに適合する作業補助装置を、準備された複数種類のもの、本実施形態では、歩行補助装置10と、荷役作業補助装置100の何れか一方を選定する。
- [0109] 例えば、作業者の作業が専ら歩行・移動で、歩行・移動による作業負荷が大きい場合には、歩行補助装置10が選定され、業者の作業が専ら荷役作業で、荷役による作業負荷が大きい場合には、荷役作業補助装置100が選定される。
- [0110] この作業補助装置の選定情報は、作業者情報を付けてモニタ出力され、モニタ207に表示される。したがって、各作業者は、モニタ207に表示された作業補助装置を選び、装備すればよい。なお、作業補助装置の選定情報は、モニタ出力以外に、プリント出力されてもよい。
- [0111] 目標歩行比演算処理部506は、歩行補助装置10の制御目標歩行比を決定するものであり、作業状況情報入力処理部502が入力した情報(歩数、歩幅、歩行速度)に基づいて歩行補助装置10の制御目標歩行比を演算する。
- [0112] 歩行比は、単位時間当たりの歩幅(m)と歩数(step/min)との比(歩幅/歩数)であり、図14に示されているように、歩行速度に応じて歩行者の消費エネルギー(消費カロリー)が最小となる歩行比 KE_{min} が存在する。図14において、通常歩行の歩行速度は3km/hで、最小消費エネルギー歩行比 KE_{minN} は0.0075、低速歩行の歩行速度は1km/hで、最小消費エネルギー歩行比 KE_{minL} は0.0065、高速歩行の歩行速度は5km/hで、最小消費エネルギー歩行比 KE_{minH} は0.0090程度である。

- [0113] 消費エネルギー・歩行比特性は、計測実験等により求められ、歩行速度に応じて消費エネルギーが最小となる歩行比を制御目標歩行比とすればよい。目標歩行比演算処理部506は、歩行速度対応の制御目標歩行比として、消費エネルギーが最小となる歩行比 $K_{EminL} \sim K_{EminN} \sim K_{EminH}$ を、歩行速度－消費エネルギー最小歩行比のデータマップ形式等によって記憶していればよい。
- [0114] 目標歩行比演算処理部506が制御目標歩行比設定のために用いる歩行速度は、作業者情報、作業内容、作業工程により決められたデフォルト値であってよく、好ましくは、無線通信手段508による無線通信によって歩行補助装置10からリアルタイムに得られる歩行補助装置10の作動状態情報より演算した実歩行速度であればよい。
- [0115] 目標トルク演算処理部507は、荷役作業補助装置100の制御目標トルクを決定するものであり、作業者の荷役負荷に応じた制御目標トルクを演算する。荷役作業補助装置100の制御目標トルクは、作業者情報、作業内容、作業工程により決められたデフォルト値であってよく、好ましくは、無線通信によって荷役作業補助装置100よりリアルタイムに得られる床反力、生体情報より分かる作業者の荷役負荷に応じて最適値に演算されればよい。
- [0116] 目標歩行比演算処理部506が決定した制御目標歩行比、トルク演算処理部507が決定した制御目標トルクは、歩行補助装置10、荷役作業補助装置100にプリセットされる。
- [0117] 好ましくは、歩行比演算処理部506、トルク演算処理部507が無線通信手段508による無線通信によって歩行補助装置10、荷役作業補助装置100より歩行速度、床反力、生体情報をリアルタイムに取得してこれらの現在値より制御目標歩行比、制御目標トルクの最適値演算を行い、最適値演算による制御目標歩行比、制御目標トルクを無線通信手段508による無線通信によって歩行補助装置10、荷役作業補助装置100に送信すればよい。

- [0118] つぎに、この実施形態による作業負荷低減支援処理装置 200 の動作フローを、図 15 のフローチャートを参照して説明する。
- [0119] まず、作業者識別処理部 501 によって氏名、個人識別番号等、各作業者を特定する情報と、各作業者に割り当てられている作業内容、作業工程に関する情報を取り込み、作業者の識別を行う（ステップ S 201）。
- [0120] つぎに、作業状況情報入力処理部 502 によって、各作業者の歩数、歩幅、歩行速度、床反力等の作業状況情報、心拍数や筋電位、発汗量等の生体情報を入力する（ステップ S 202）。
- [0121] つぎに、作業負荷分析処理部 203 によって、作業者識別情報、作業状況情報、作業者の生体情報に基づいて作業負荷を定量的に分析する（ステップ S 203）。たとえば、ステップ S 203 では、各作業者の作業負荷（エネルギー消費量）の作業開始から現時刻までのトータル値を算出する。
- [0122] つぎに、作業負荷評価処理部 204 によって、作業負荷の定量分析結果に基づいて、作業者が受ける作業負荷の種類を識別し、作業者が受ける作業負荷量を推定する（ステップ S 204）。たとえば、ステップ S 204 では、トータル値と予め各作業者に設定された作業時間内での適切な作業負荷値との大小により、作業負荷を評価してもよい。
- [0123] つぎに、作業補助装置選定処理部 205 によって、作業負荷評価処理部 204 による作業負荷の評価結果より、該当作業者の作業が歩行・移動中心のものであるか否かを判別する（ステップ S 205）。
- [0124] 該当作業者の作業が歩行・移動中心のものであれば、該当作業者に対して歩行補助装置 10 を提供することを決定する（ステップ S 206）。
- [0125] 歩行補助装置 10 が選択されて場合には、歩行速度－消費エネルギー最小歩行比のデータマップ等を参照して歩行速度に応じて消費エネルギーが最小となる歩行比を、歩行補助装置 10 の制御目標歩行比とし、提供する歩行補助装置 10 に制御目標歩行比をセットする歩行比制御処理を行う（ステップ S 207）。
- [0126] 本実施形態では、制御目標歩行比とし、左右の股関節角度を 2 つの（1 次

、２次）の振動子に入力し、固有各速度 ω を設定し、仮想振動子の位相を制御することにより、目標歩行比をセットする歩行比制御処理を行うことができる。この歩行比制御処理について、より詳細な説明が必要ならば、日本国特許公開２００７－２７５２８２号公報を参照されたい。

[0127] これに対し、該当作業者の作業が歩行・移動中心のものでなければ、つぎに、該当作業者の作業が荷役作業中心のものであるか否かを判別する（ステップＳ２０８）。ステップＳ２０５、ステップＳ２０８における歩行作業と荷役作業の判定は、前述のステップＳ１０５、ステップＳ１０８における歩行作業と荷役作業の判定と同様に行うことができる。

[0128] 該当作業者の作業が荷役作業中心のものであれば、該当作業者に対して荷役作業補助装置１００を提供することを決定する（ステップＳ２０９）。そして、荷役作業補助装置１００の制御目標トルクを決定し、提供する荷役作業補助装置１００に制御目標トルクをセットするトルク制御処理を行う（ステップＳ２１０）。

[0129] 該当作業者の作業が、歩行・移動中心のものでも、荷役作業中心のものでもない場合には、歩行補助装置１０、荷役作業補助装置１００の何れの補助装置も、該当作業者に無駄に提供しない。

[0130] 図１６は、本実施形態の作業負荷低減方法が適用された自動車製造ラインを解図的に示している。組立ライン３００は、フロアパネル組立部Ｐ１０１、ドアパネル組立部Ｐ１０２、タイヤ組付部Ｐ１０３を有する。組立ライン３００のライン速度は、ライン速度制御装置３１０により可変制御される。

[0131] ライン速度制御装置３１０は、作業負荷低減支援処理装置２００とデータ通信可能に接続され、作業負荷低減支援処理装置２００の目標歩行比演算処理部５０６で演算された実歩行速度、制御目標歩行比に基づいてライン速度を最適制御することができる。具体的には、図１９での各エリアでの平均消費エネルギー（各エリアの各作業者の消費エネルギーの平均値）が設定された閾値より大となるエリアが発生した場合にはモニタ表示の表示色を変化させ、ライン速度を低下させればよい。

- [0132] 図 17 に示されているように、工場の組立ライン上に車台が流れてくる車体組立工程において、中腰作業環境(重負荷環境移動作業:プロペラシャフト装着作業工程、エンジンとミッション締結作業工程等)においては、作業者の関節モーメント負荷が大となるため、作業者にかかる関節モーメントを低減することが、重要となる。このため、中腰作業環境の作業者には、荷役作業補助装置 100 を提供する。
- [0133] これに対し、作業環境(平地・傾斜地歩行作業、軽部品装着作業工程、ボルト締結作業工程、台車押し作業工程等)の軽負荷で、歩行作業が中心の作業においては、歩行時の歩幅や、単位時間当たりの歩数から計算される歩行率を適切に誘導することにより、歩行時の消費エネルギーを最小限の抑えることが可能となるから、軽負荷歩行作業中心の作業には、歩行補助装置 10 を提供する。
- [0134] 図 18 は、作業工程をマトリックス表示し、各作業工程での作業者分布を示している。作業工程のマトリックス表示は、a、b、c、d と A、B、C、D の組み合わせにより示されている。○印は歩行移動作業の作業者を、●印は荷役移動作業の作業者を各々示している。
- [0135] 図 19 に示されているように、各作業工程毎に、平均消費エネルギー、平均歩行速度、平均歩行比、所属する作業者 ID、平均ライン速度、総合負荷状況を示す表を作成してモニタ 207 に表示し、表示内容をリアルタイムに更新することができる。これにより、作業者の動作状況や、ラインの稼働状況も定量的に把握ができる。
- [0136] これらのことにより、取得した作動状態情報をもとに、工場全体の作業者の作業負荷分布や作業者位置を、可視化することや特定することが可能になる。
- [0137] 図 20 は、自動車製造工場における車型(製造車種)間、工程間の作業者平準化を、図 21 は工場全体の作業者平準化を解図的に示している。組立ライン上を流れる車型や工程毎に発生する各作業負荷が変動した場合には、各作業者の作業負荷量(歩行補助装置 10 : 作業消費エネルギー、荷役作業補助装置

１００：関節モーメント負荷)を低減するために各作業者に現時点の作業負荷の何パーセントかのアシストを行い、作業車の作業負荷を低減し、作業者間の作業負荷を平準化することにより、ライン全休の流れが改善され、タクトタイムの減少効果が可能となる。

[0138] 図２２は、本実施形態の作業負荷低減方法が適用された工場の作業負荷状況を解図的に示している。作業負荷平準化の最適化を図るように、アシスト量や歩行比を変化させ、各作業者の関節モーメント負荷と消費エネルギーを減少させる。それにより、作業者の負担を低減し、これを作業工程間、さらには時間的な平準化を行うように制御を行うことにより、作業者の人員数や、一人の作業者の作業工程増加が可能となり、総工数を低減することが可能になる。また、本システムにより、タクトタイムの向上や大幅な生産効率の向上を図ることが可能となる。

符号の説明

- [0139] １０ 歩行補助装置
- １００ 荷役作業補助装置
 - ２００ 作業負荷平準化支援装置
 - ２０１ 作業者負荷数値化部
 - ２０２ 作業負荷平準値決定部
 - ２０３ 作業負荷偏差算出部
 - ２０４ 作業補助装置付与決定部
 - ２０５ 作業補助装置選定部
 - ２０６ 作業補助量設定部
 - ５０１ 作業者識別処理部
 - ５０２ 作業状況情報入力処理部
 - ５０３ 作業負荷分析処理部
 - ５０４ 作業負荷評価処理部
 - ５０５ 作業補助装置選定処理部
 - ５０６ 目標歩行比演算処理部（目標歩行比設定手段）

5 0 7 目標トルク演算処理部

5 0 8 無線通信手段

請求の範囲

- [請求項1] 複数の作業者が作業を行う作業場における作業者の作業負荷を情報処理装置を用いて平準化する作業負荷平準化方法であって、
- 各作業者の作業負荷に相関する入力情報より各作業者の作業負荷を数値化する作業者負荷数値化処理プロセスと、
- 所定の作業負荷平準値を決定する作業負荷平準値決定プロセスと、
- 前記作業負荷平準値決定プロセスにて決定された作業負荷平準値に対する前記作業者負荷の偏差を作業者毎に算出する作業負荷偏差算出プロセスと、
- 前記作業負荷偏差算出プロセスにて算出された作業負荷偏差に基づき作業補助力を作業者に与える作業補助装置の作業者に対する付与を決定する作業補助装置付与決定プロセスと、
- を有する作業負荷平準化方法。
- [請求項2] 前記作業補助装置付与決定プロセスは、前記作業負荷平準値より前記作業者負荷が過大である作業者に作業補助装置を付与する決定を行い、
- さらに、前記作業補助装置が出力する作業補助量を、前記作業負荷偏差がゼロに近付く数値に設定する作業補助量定量化プロセスを有する請求項1に記載の作業負荷平準化方法。
- [請求項3] 前記作業負荷に相関する情報は、少なくとも作業者に装着された生体センサにより計測される生体状態の計測値である請求項1に記載の作業負荷平準化方法。
- [請求項4] 前記作業負荷に相関する情報は、少なくとも作業者に装着された作業補助装置の仕事量である請求項1に記載の作業負荷平準化方法。
- [請求項5] 前記作業負荷に相関する情報は、少なくとも作業者に装着された床反力センサにより検出される床反力より推定演算される関節モーメント値である請求項1に記載の作業負荷平準化方法。
- [請求項6] 前記作業補助装置として、作業者に装着されて作業者の歩行比を目

標歩行比に誘導する歩行補助装置を含み、

歩行速度と作業者の消費エネルギーとの相関性を定義した特性データを参照して現在の歩行速度で前記作業者の消費エネルギーが最小となる歩行比を前記目標歩行比として設定する目標歩行比設定プロセスとを有する請求項 1 に記載の作業負荷平準化方法。

[請求項7] 前記作業補助装置より各作業者の作業負荷および作業者位置に関する情報を取得し、取得した各作業者の作業負荷および作業者位置より作業場全体の作業者の作業負荷分布と作業者位置をモニタ表示によって可視化するための可視化処理プロセスを有する請求項 1 に記載の作業負荷平準化方法。

[請求項8] 複数の作業者が作業を行う作業場における作業者の作業負荷を平準化するための作業負荷平準化支援装置であって、

各作業者の作業負荷に相関する入力情報より各作業者の作業負荷を数値化する作業者負荷数値化処理手段と、

所定の作業負荷平準値を決定する作業負荷平準値決定手段と、

前記作業負荷平準値決定手段によって決定された作業負荷平準値に対する前記作業者負荷の偏差を作業者毎に算出する作業負荷偏差算出手段と、

前記作業負荷偏差算出プロセスにて算出された作業負荷偏差に基づいて作業補助力を作業者に与える作業補助装置の作業者に対する付与を決定する作業補助装置付与決定手段と、

を有する作業負荷平準化支援装置。

[請求項9] 前記作業補助装置付与決定手段は、前記作業負荷平準値より前記作業者負荷が過大である作業者に作業補助装置を付与する決定を行い、

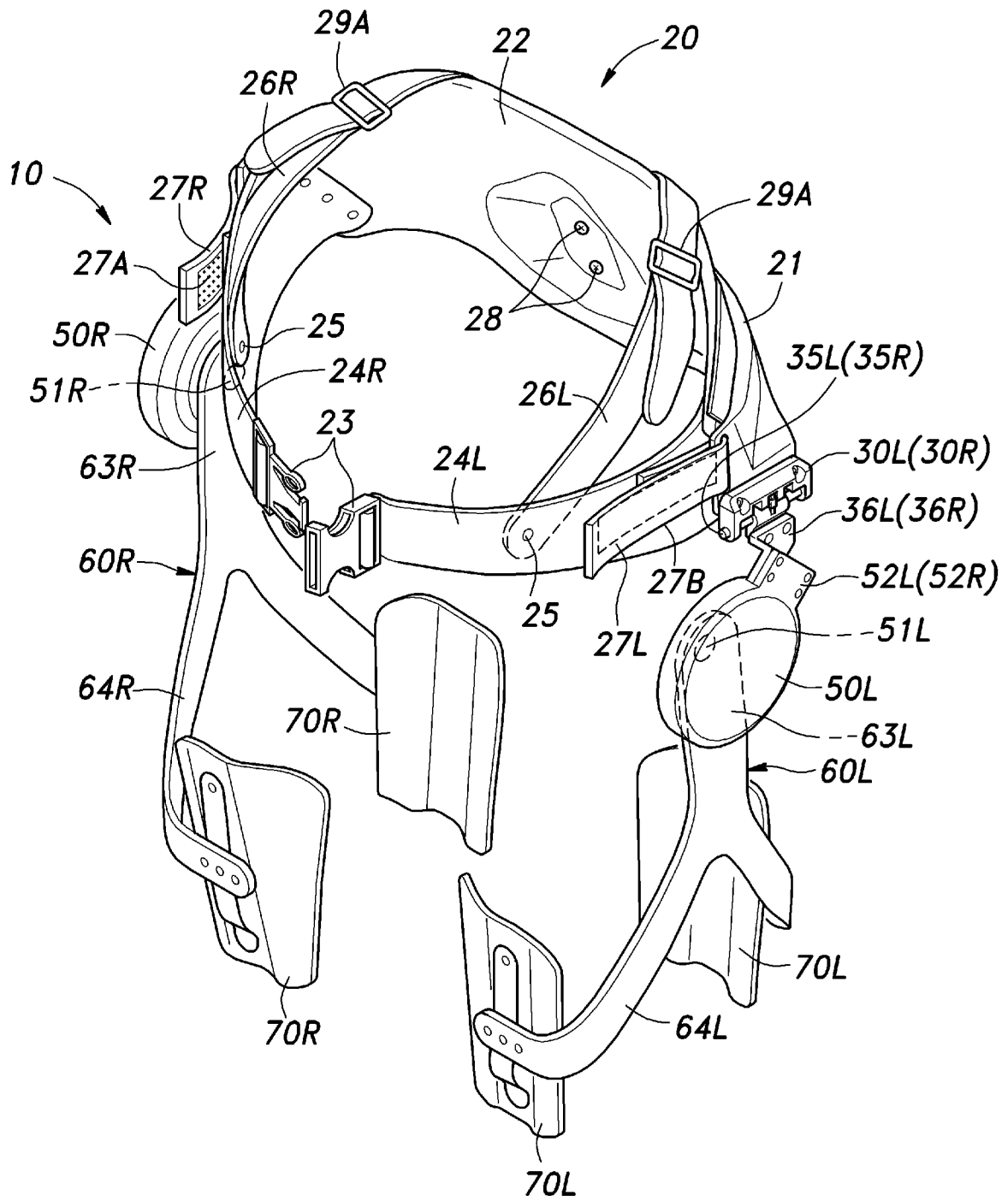
さらに、前記作業補助装置が出力する作業補助量を、前記作業負荷偏差がゼロに近づく数値に設定する作業補助量定量化手段を有する請求項 8 に記載の作業負荷平準化支援装置。

[請求項10] 前記作業補助装置として、作業者に装着されて作業者の歩行比を目

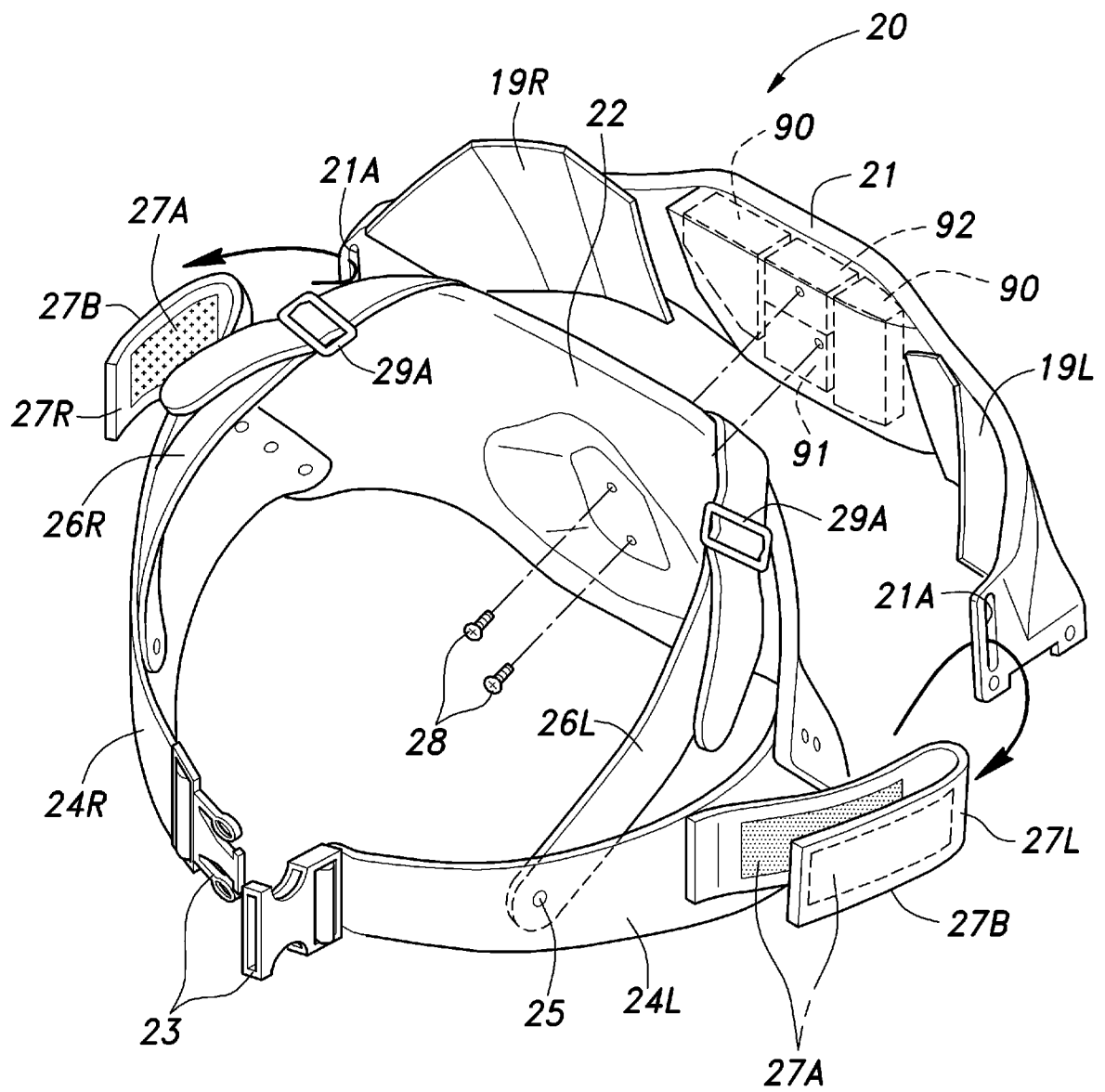
標歩行比に誘導する歩行補助装置を含み、

歩行速度と作業者の消費エネルギーとの相関性を定義した特性データを参照して現在の歩行速度で前記作業者の消費エネルギーが最小となる歩行比を前記目標歩行比として設定する目標歩行比設定手段を有する請求項 8 に記載の作業負荷平準化支援装置。

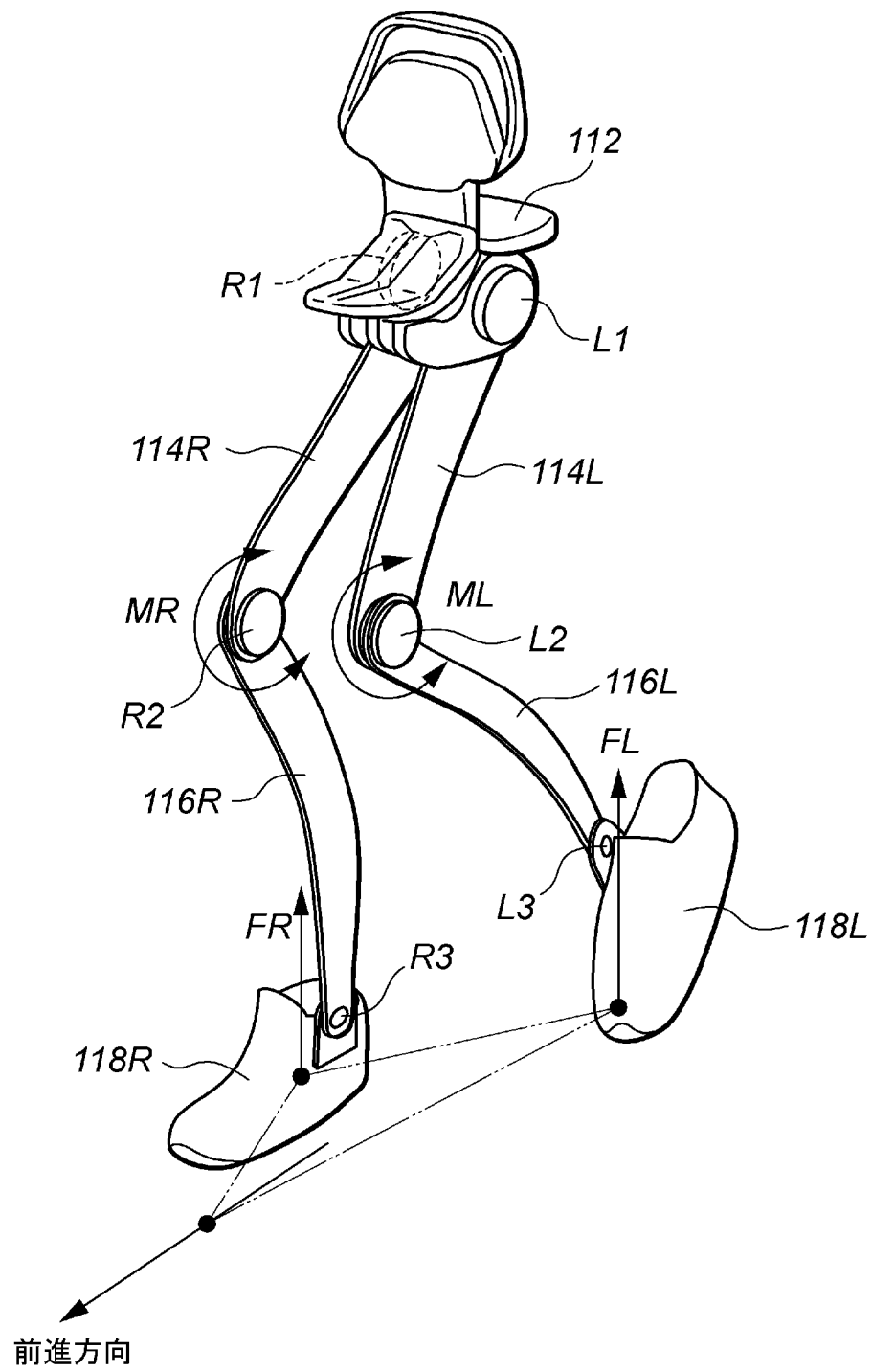
[図1]



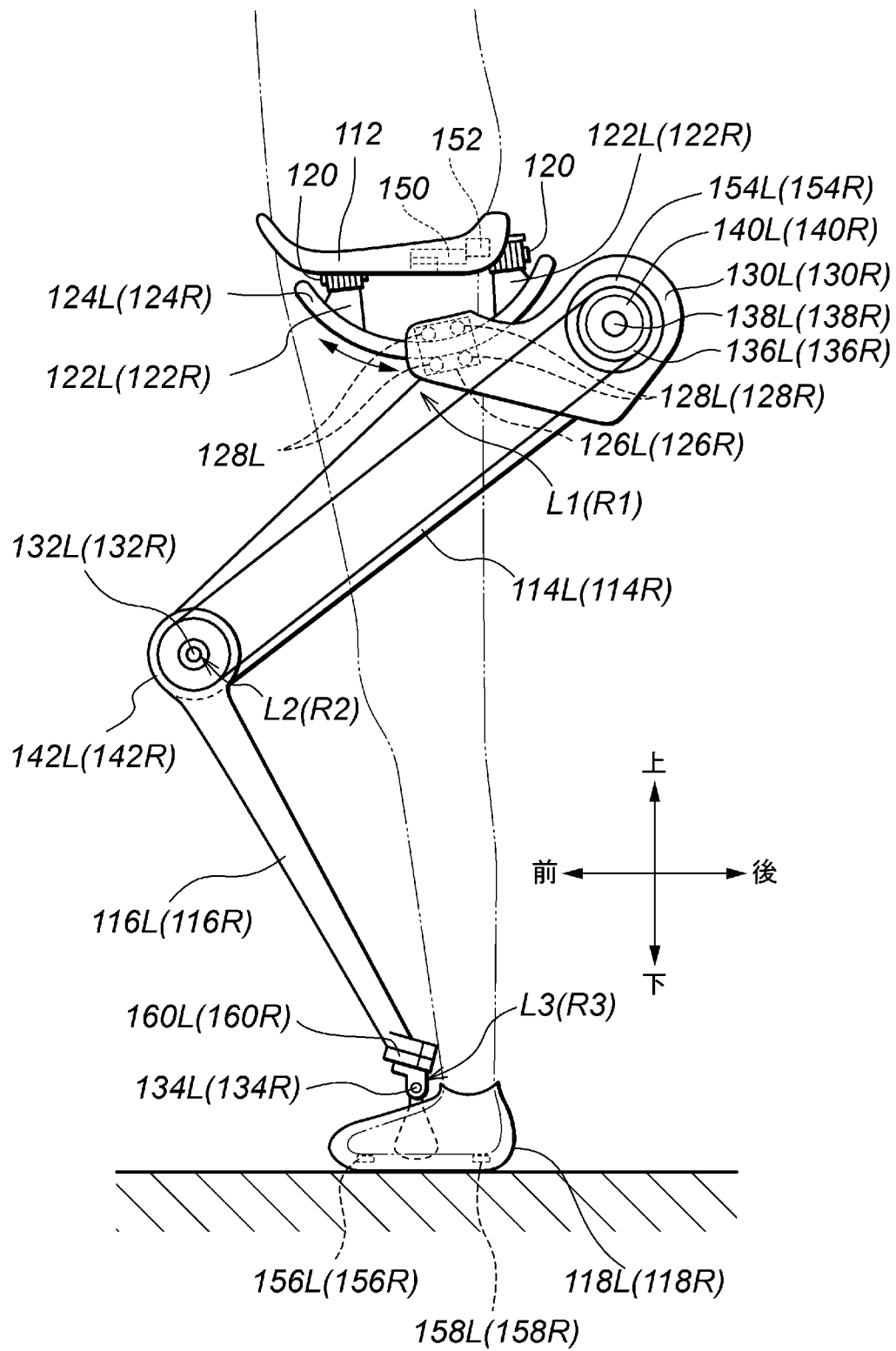
[図2]



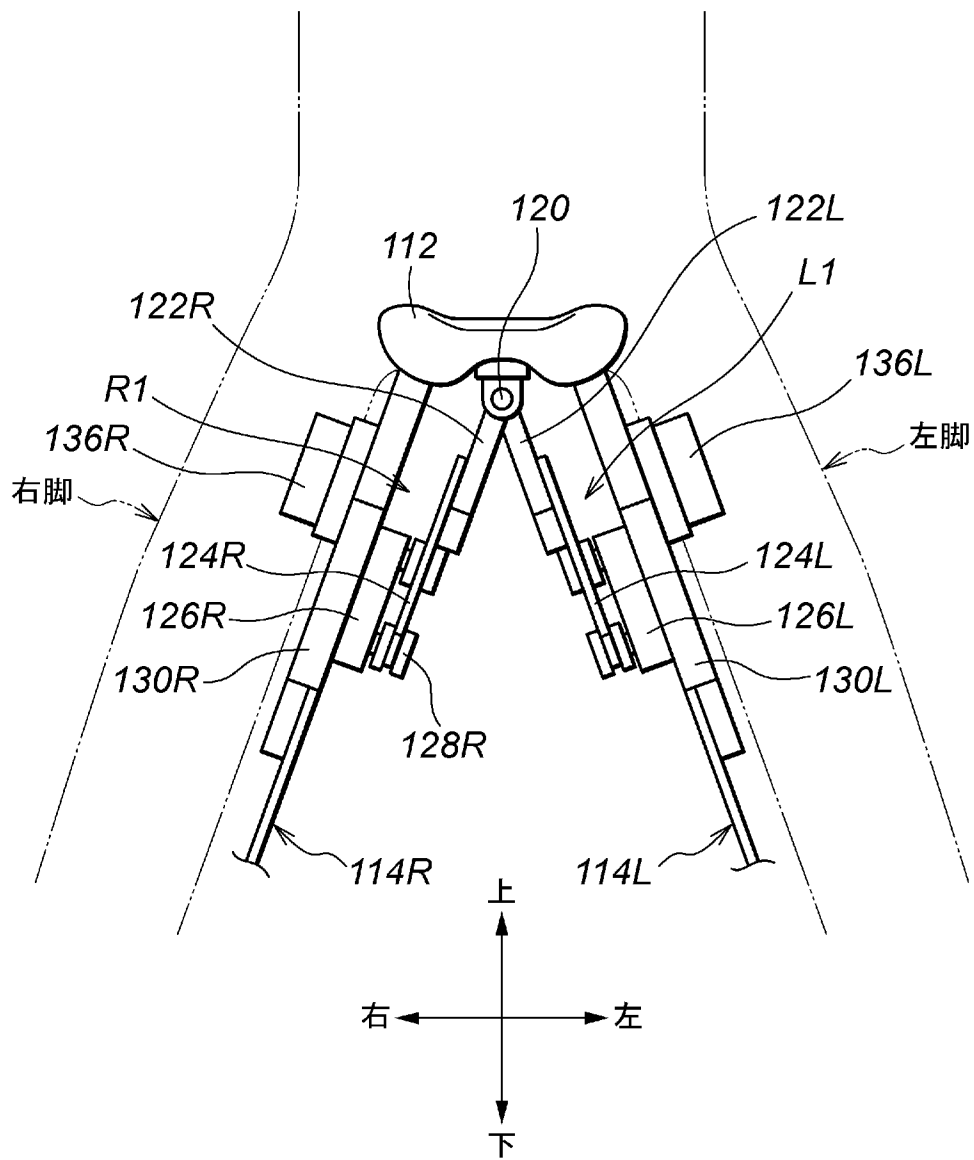
[図3]



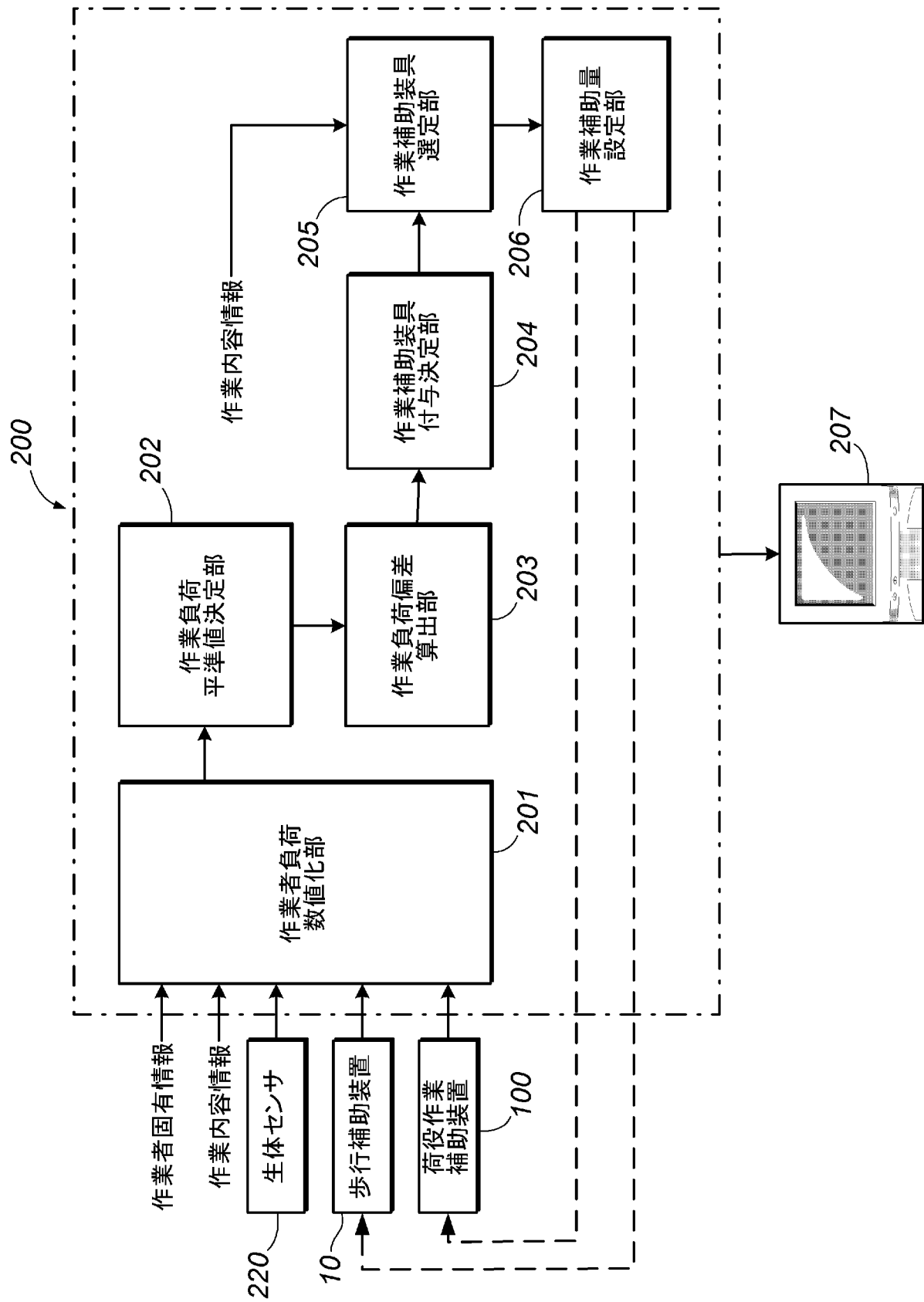
[図4]



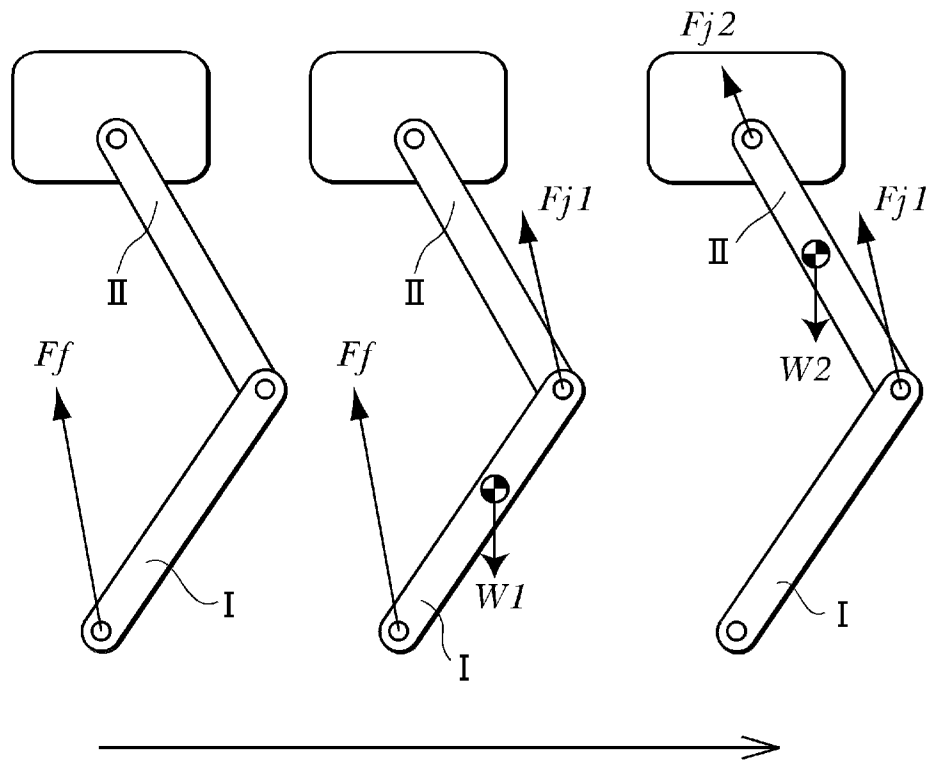
[図5]



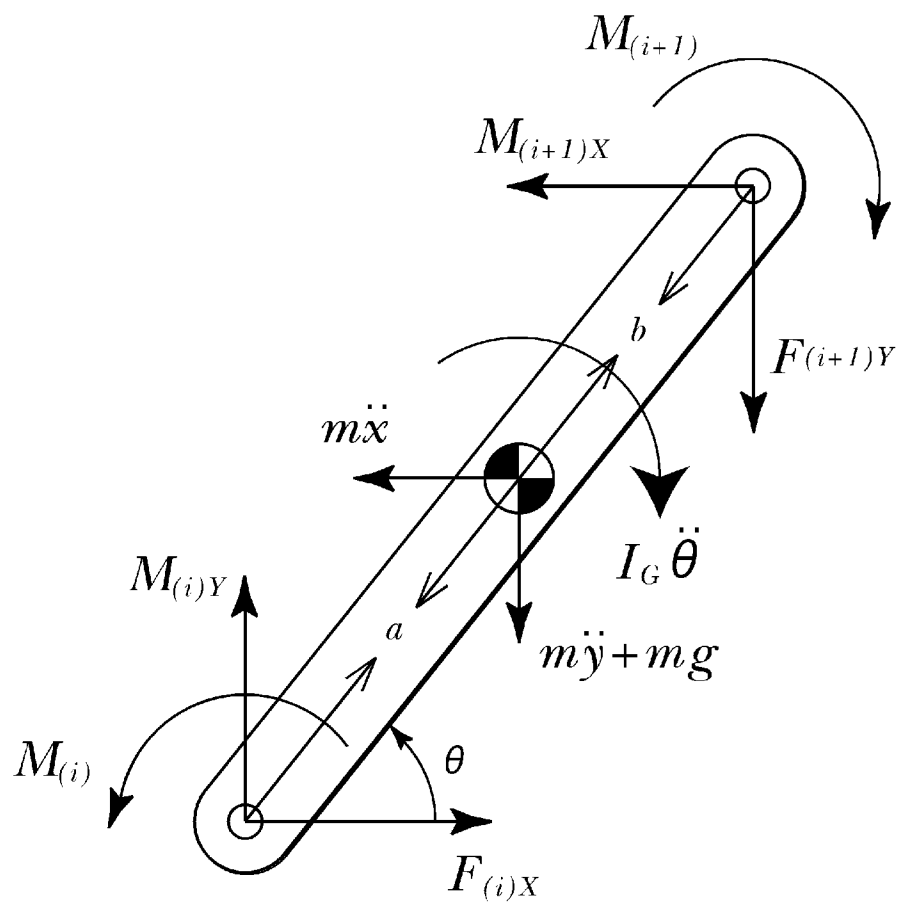
[図6]



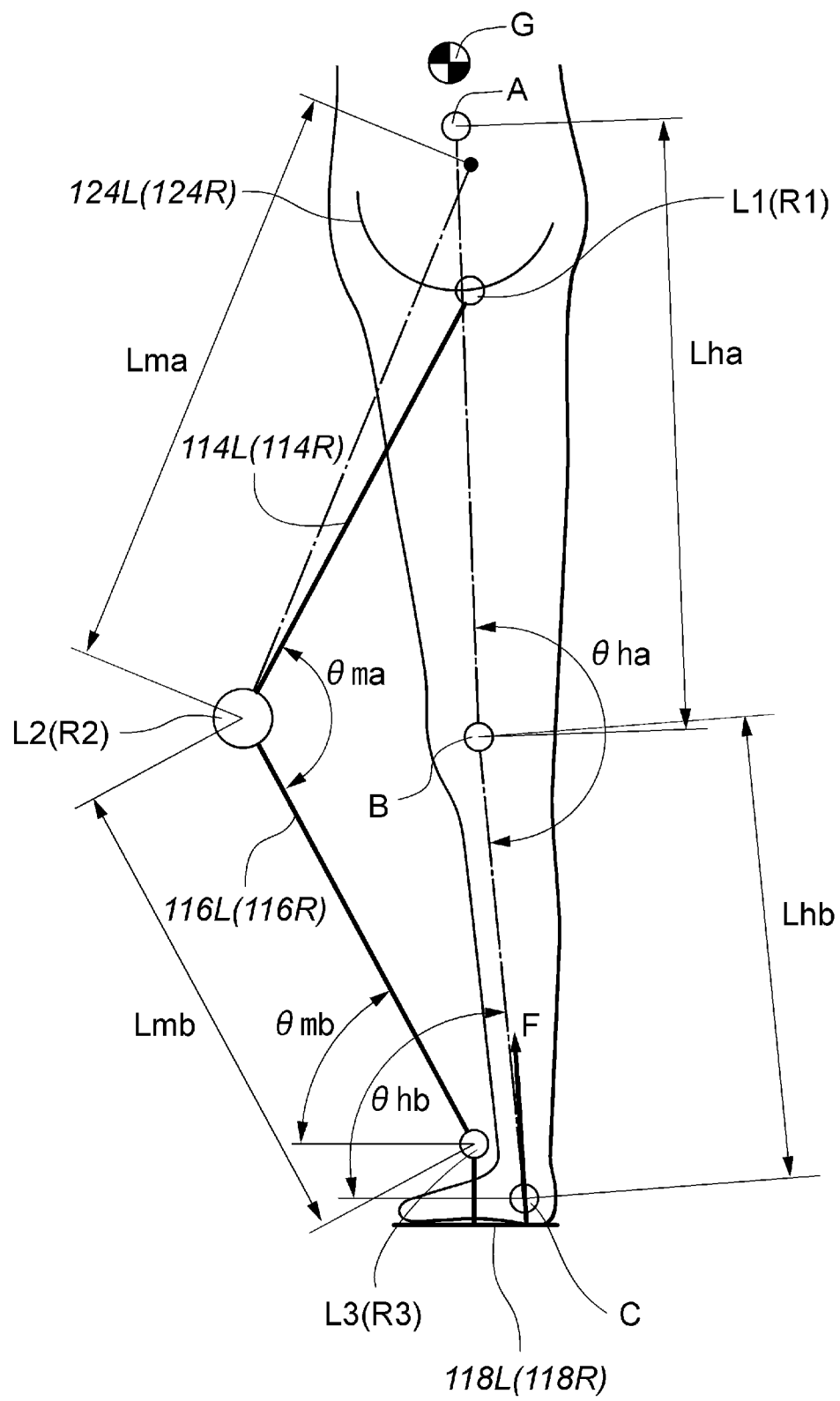
[図7]



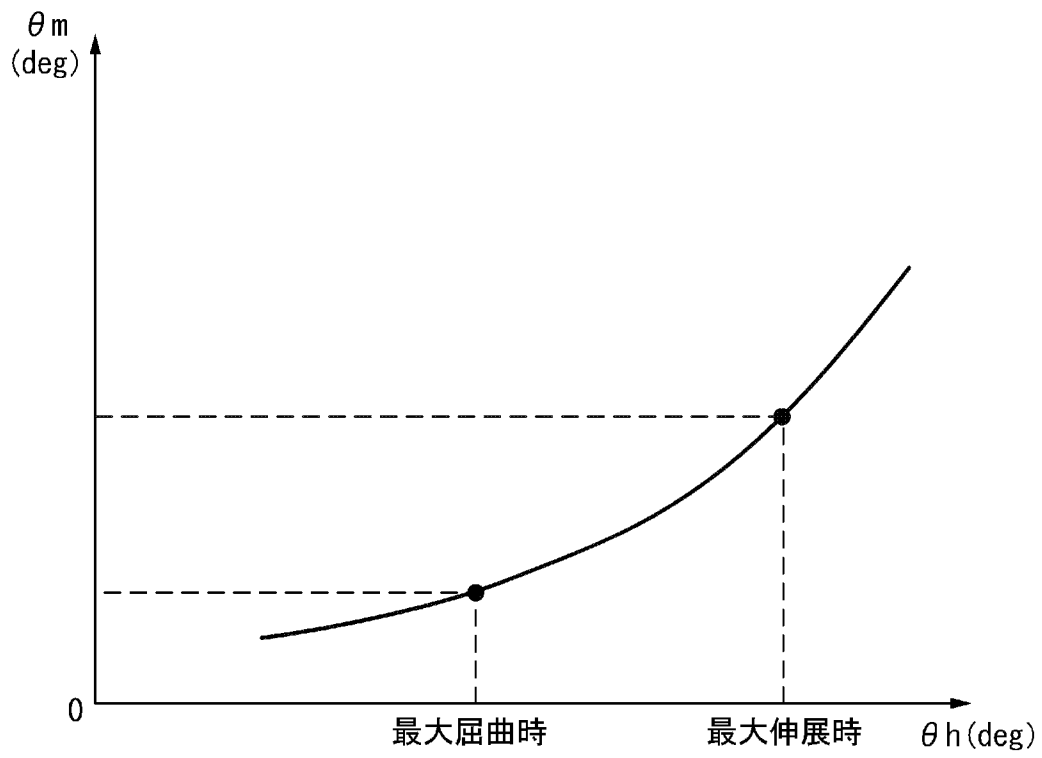
[図8]



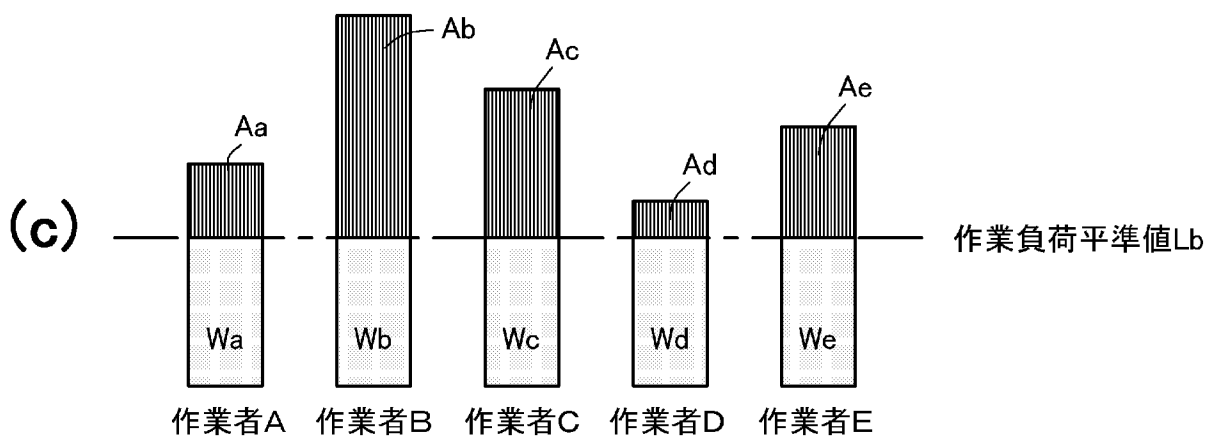
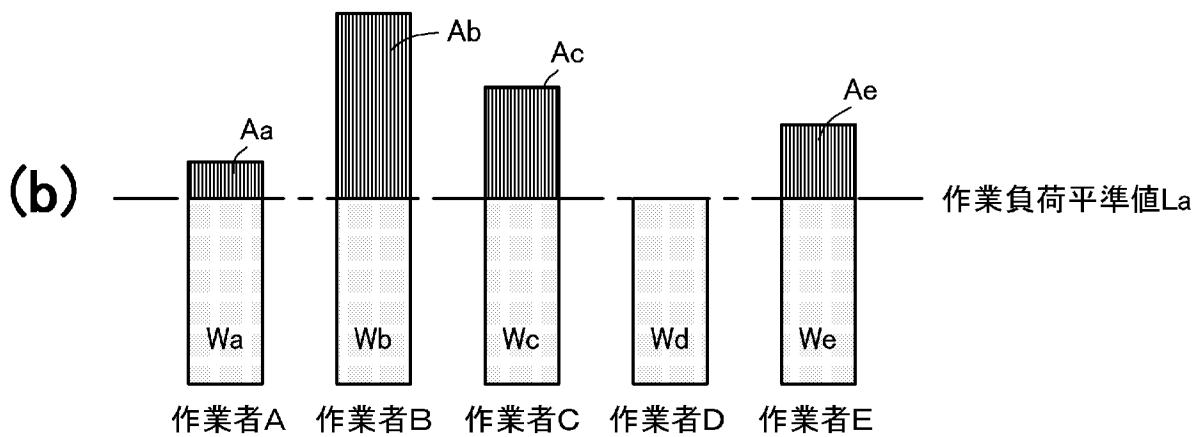
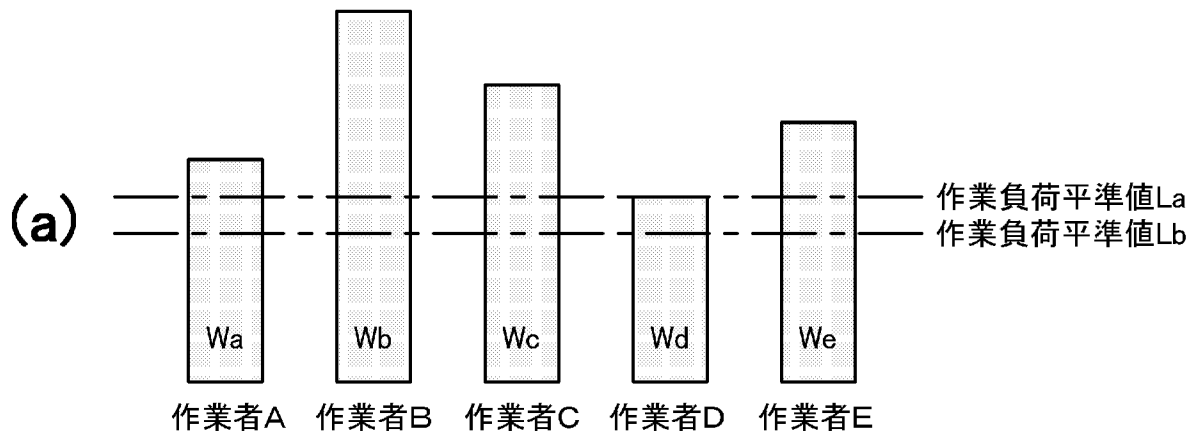
[図9]



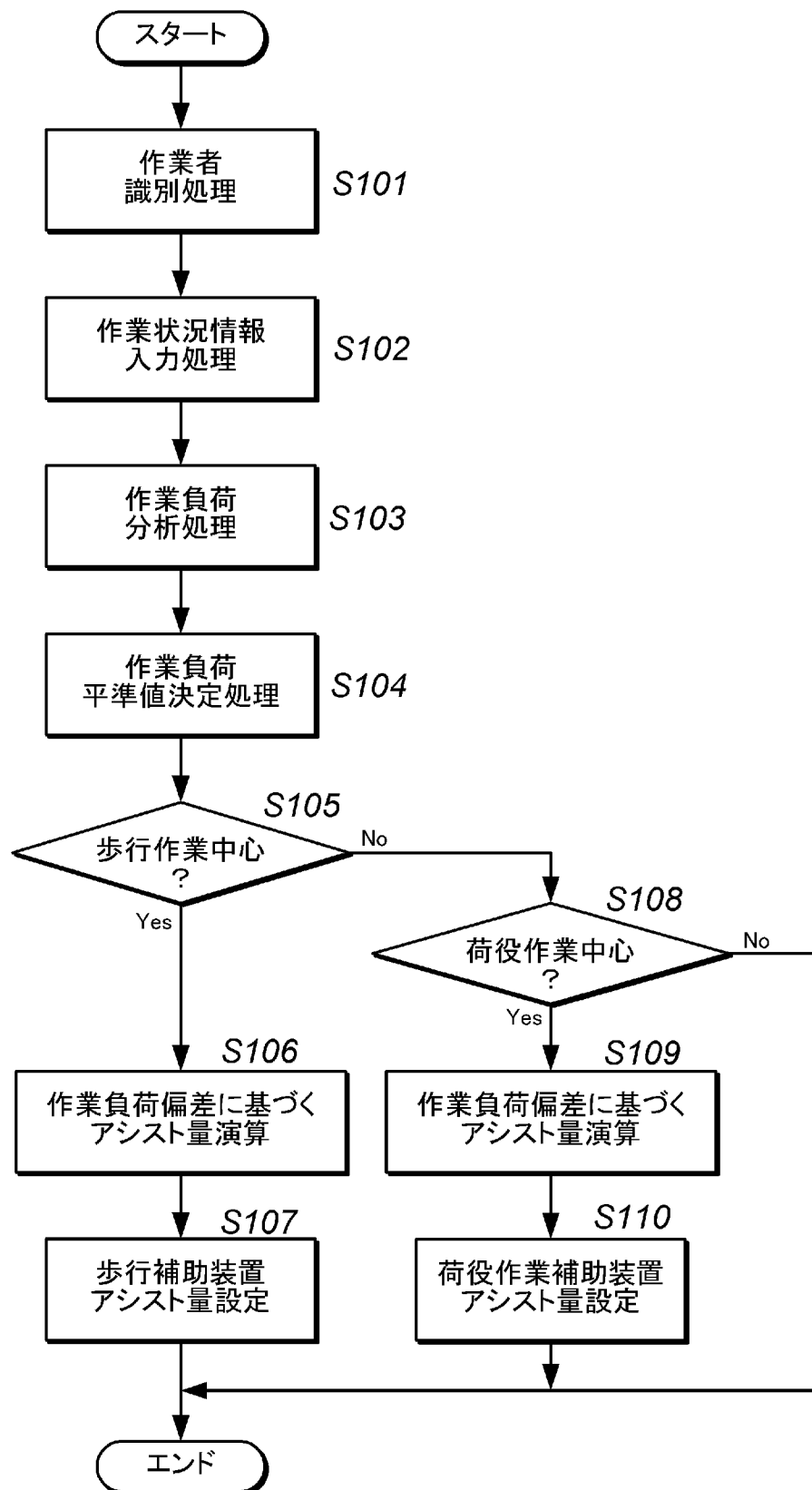
[図10]



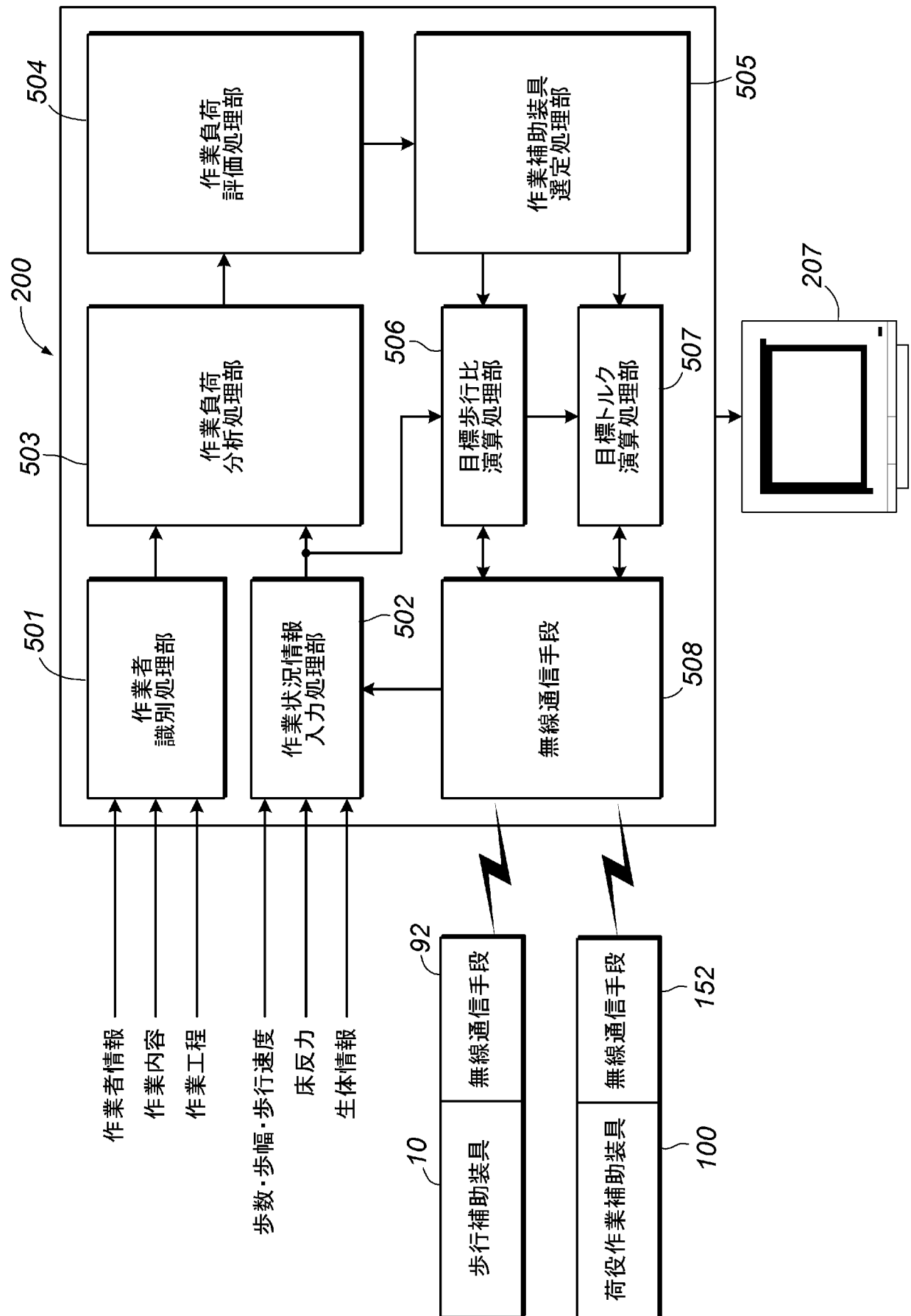
[図11]

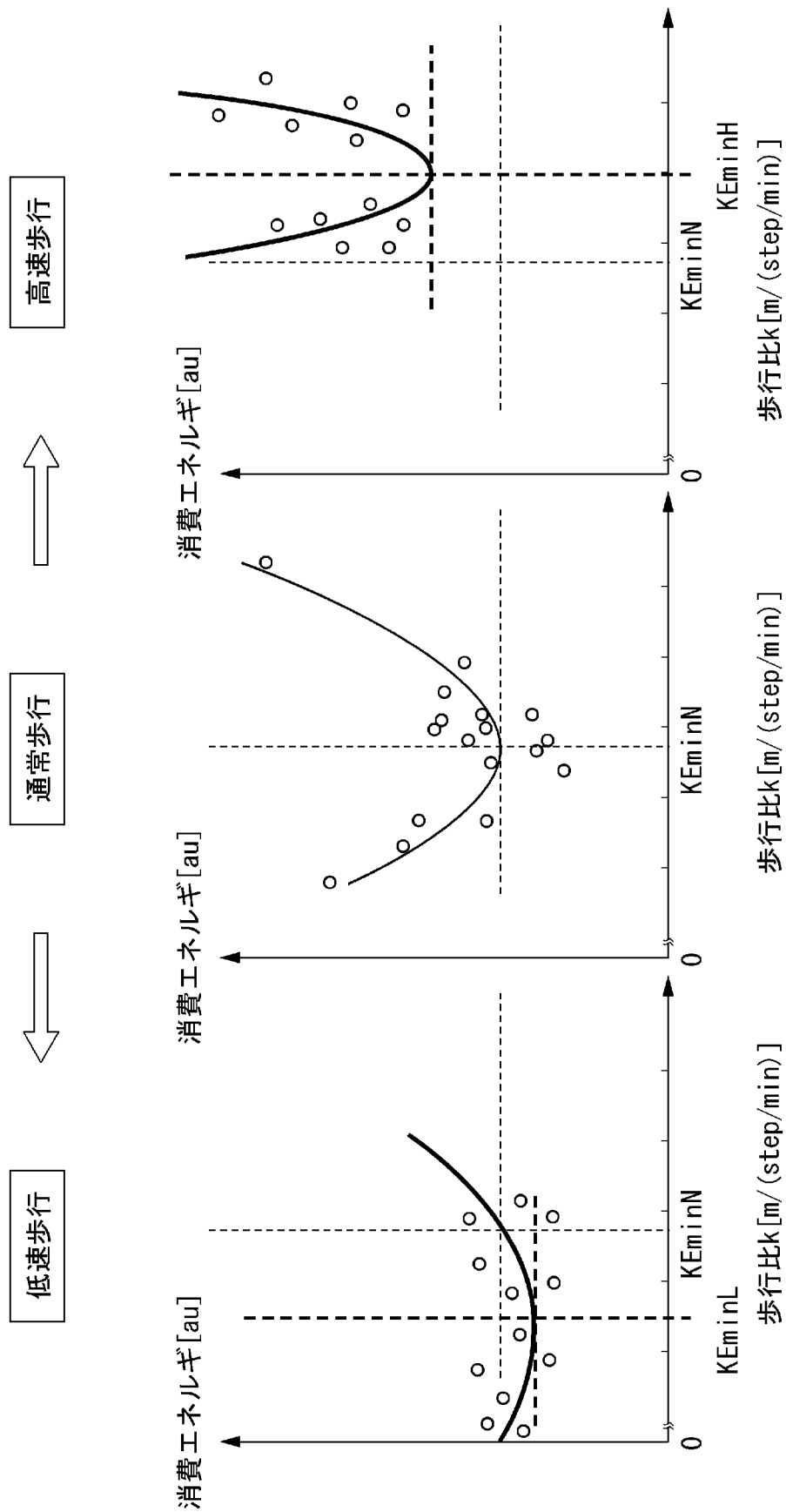


[図12]

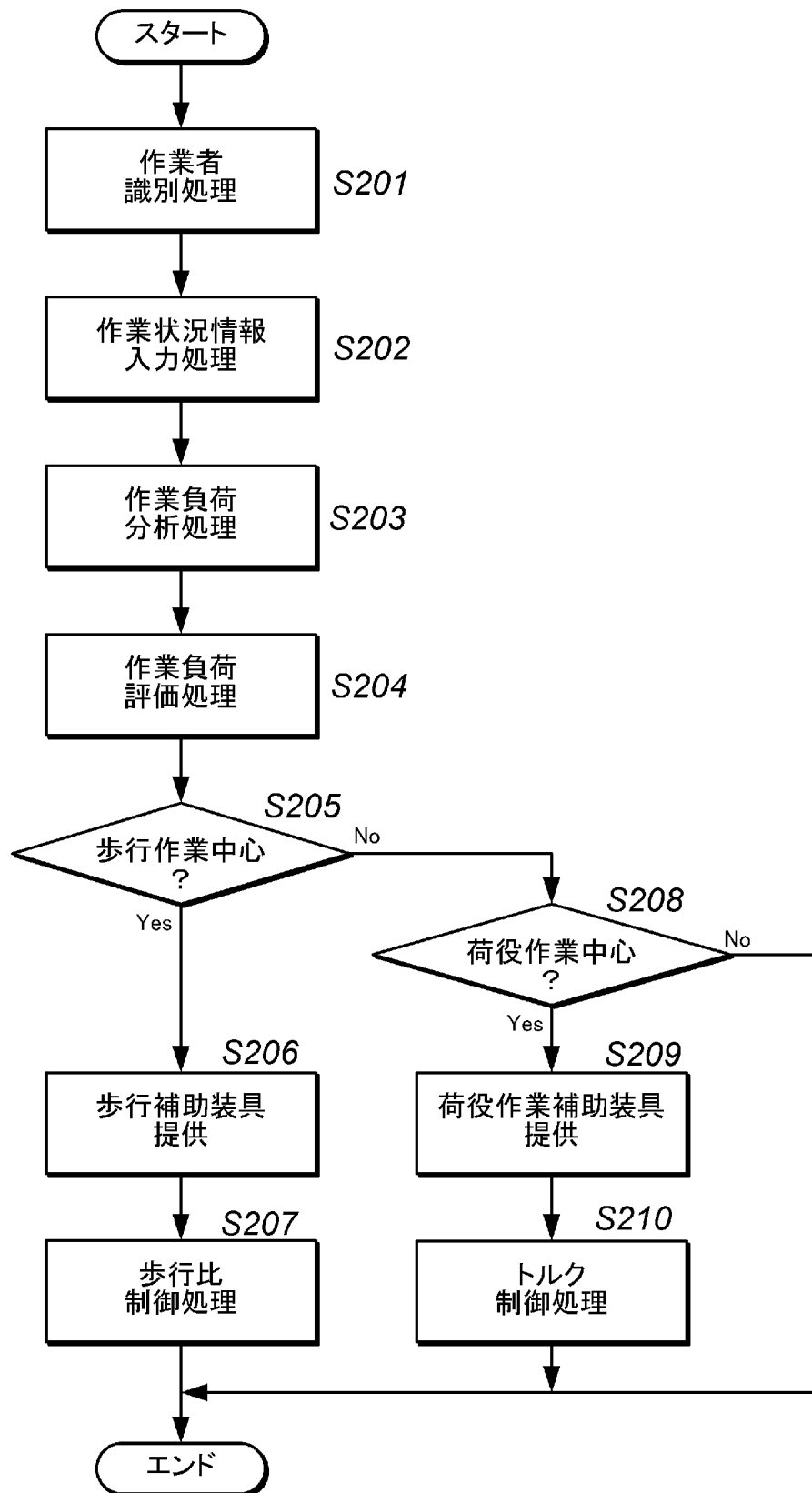


[図13]

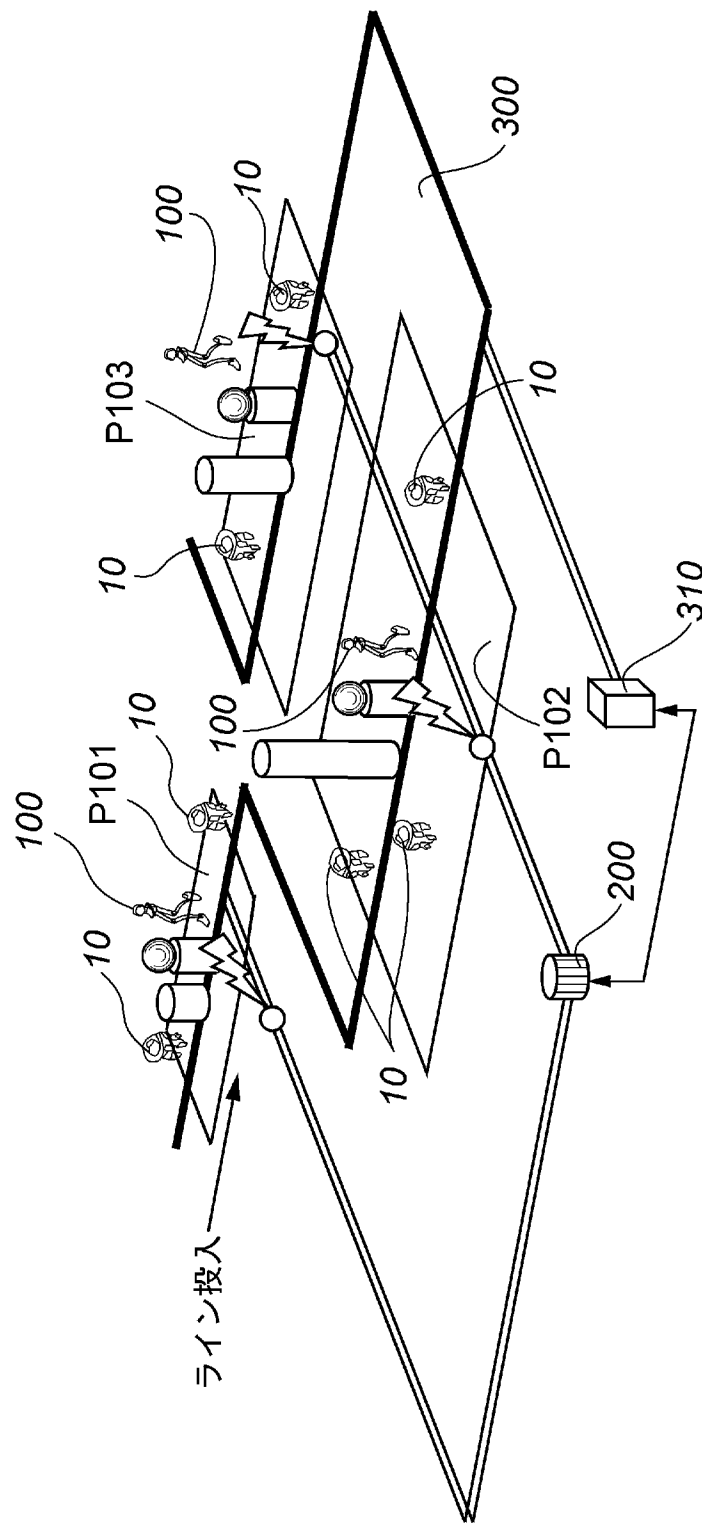




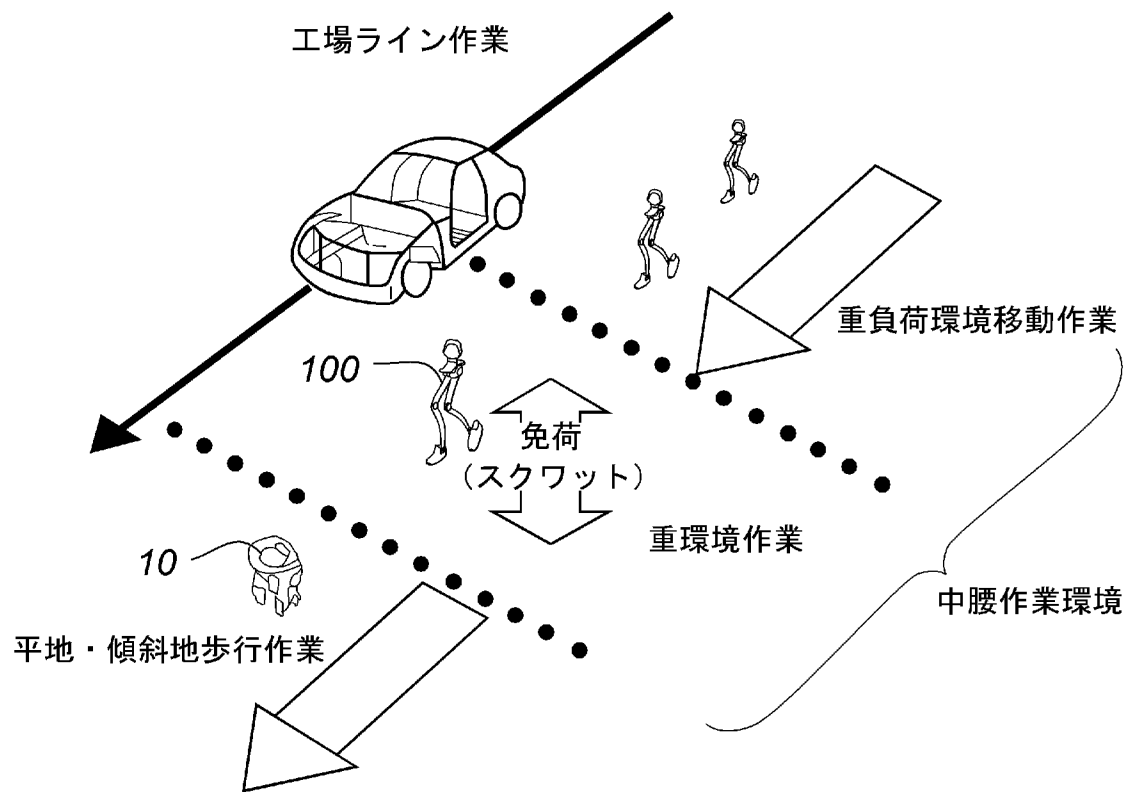
[図15]



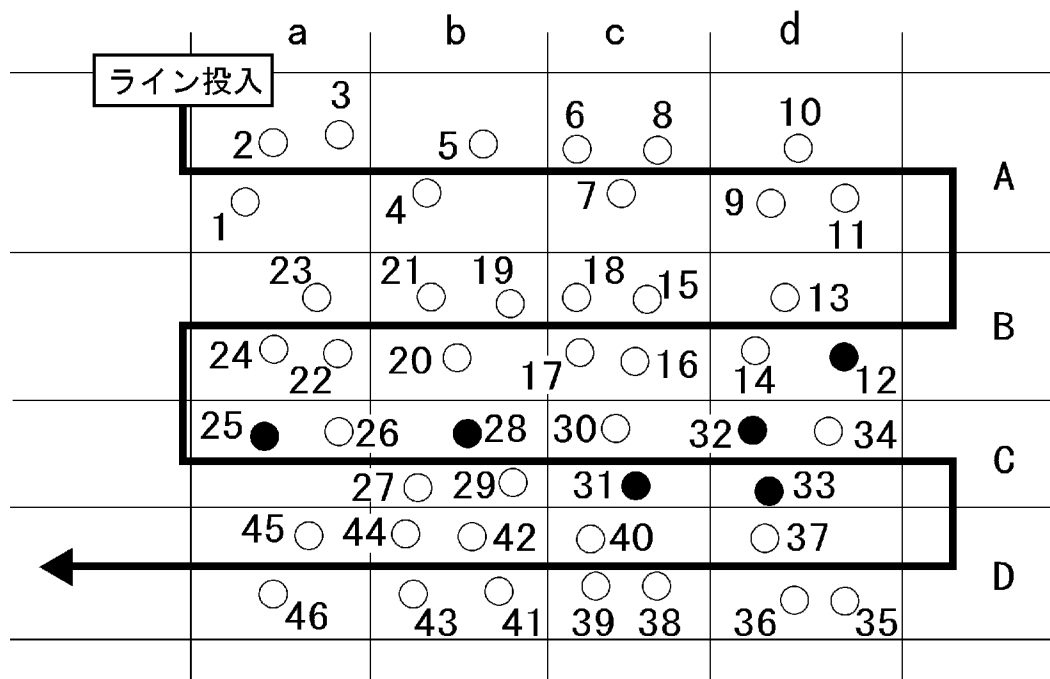
[図16]



[図17]



[図18]



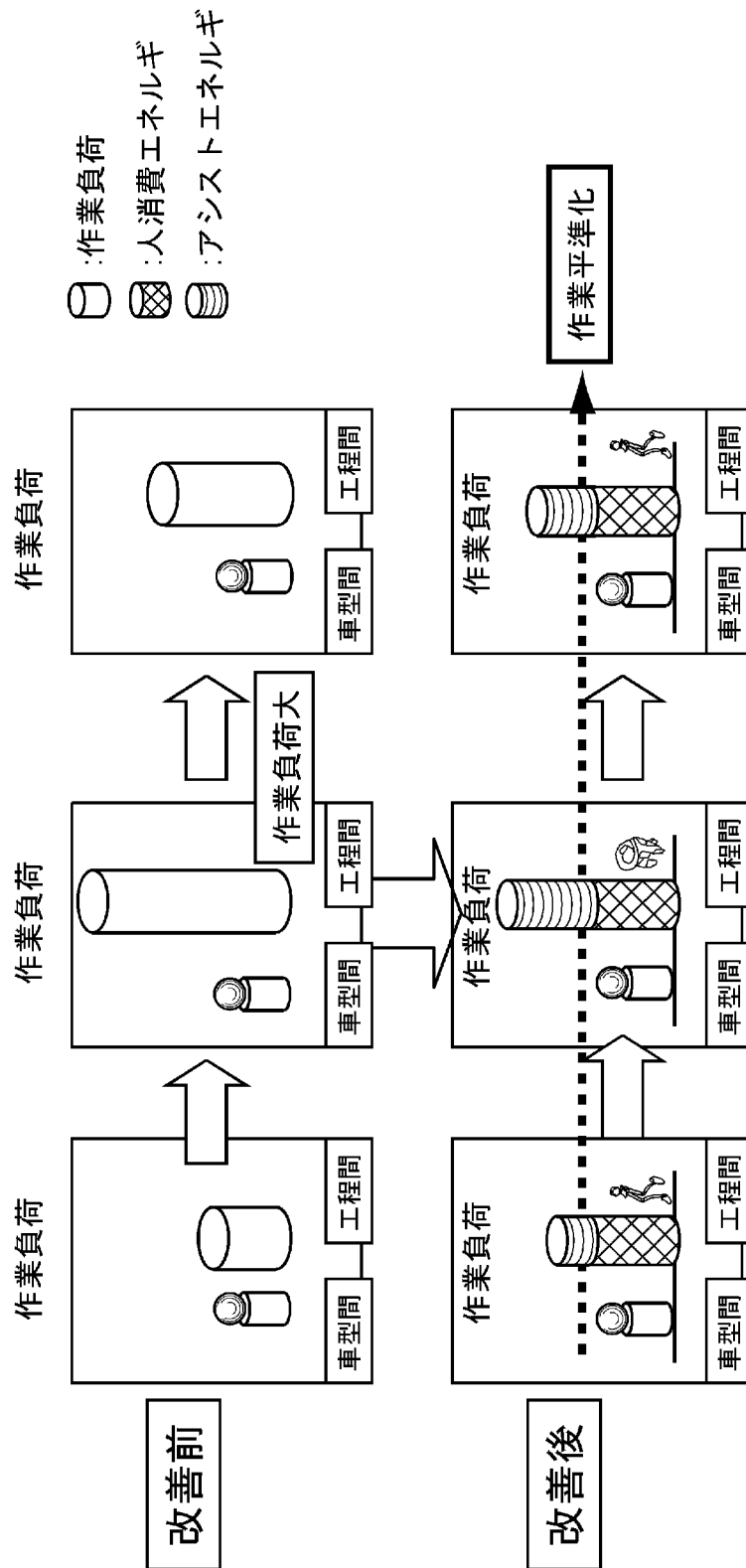
● : 荷役作業（重負荷作業）

○ : 歩行移動作業（軽負荷作業）

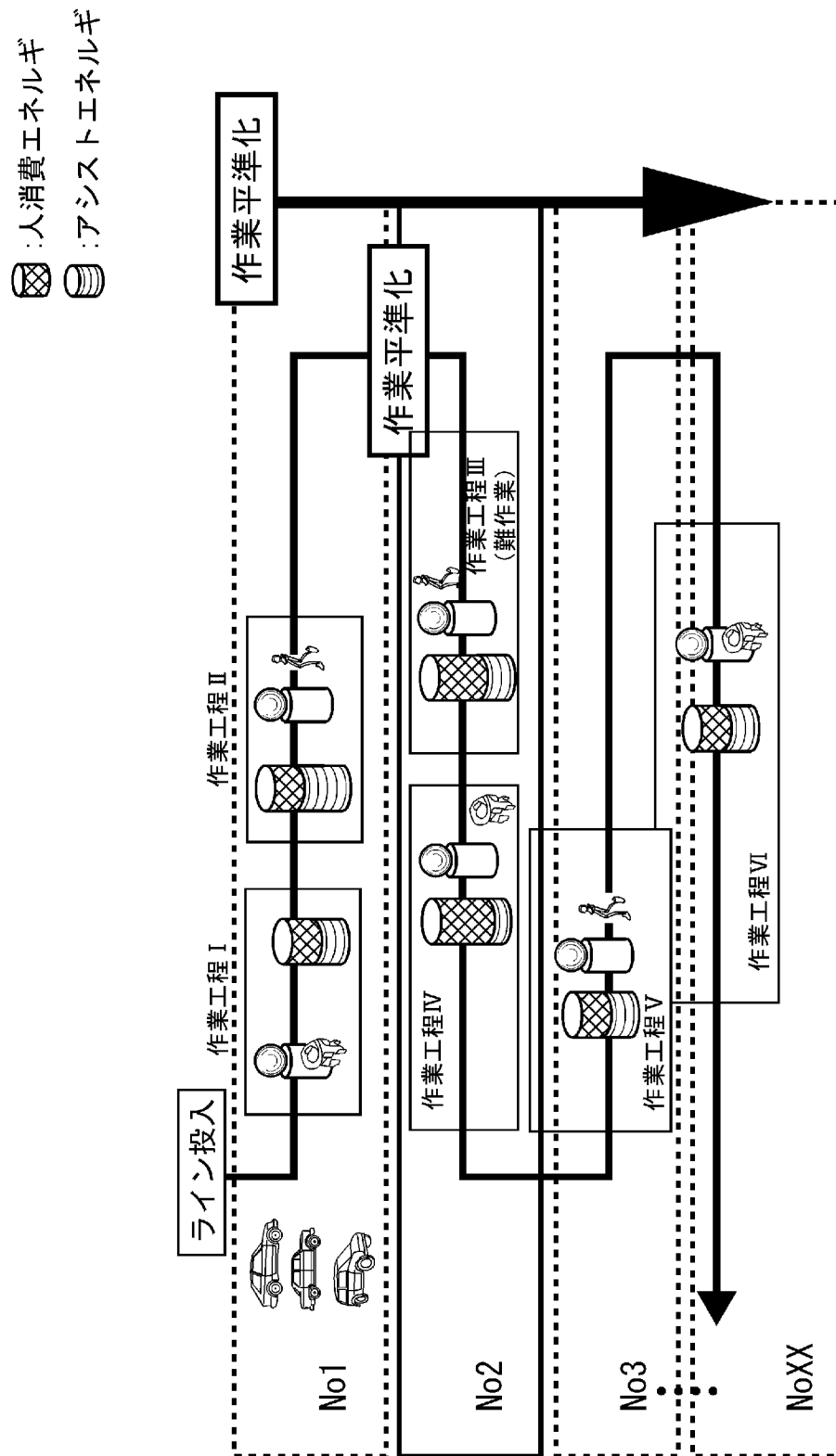
[図19]

	作業工程	平均消費エネルギーJ	平均歩行速度m/s	平均歩行比	作業者ID	平均ライン速度m/s
a-A	フロントパネル取付	7.2	0.120	0.0068	No. 1, 2, 3	0.136
b-A	ドアパネルR取付	6.5	0.130	0.0065	No. 4, 5	↑
c-A	ドアパネルL取付	10.2	0.120	0.0082	No. 12, 25, 28	↑
d-A	トランクリッド取付	6.7	0.140	0.0071	No. 8, 22, 60	↑
a-B	フロントシート取付	7.4	0.200	0.0075	No. 10, 11, 56	↑
b-B	リアシート取付	7.2	0.220	0.0079	No. 21, 22, 23	↑
c-B	ドライブシャフト取付	7.2	0.230	0.007	No. 7, 9, 15, 85	↑
d-B	マフラー取付	10.5	0.210	0.008	No. 31, 32, 33	↑
.	.		.		.	
.	.		.		.	
.	.		.		.	

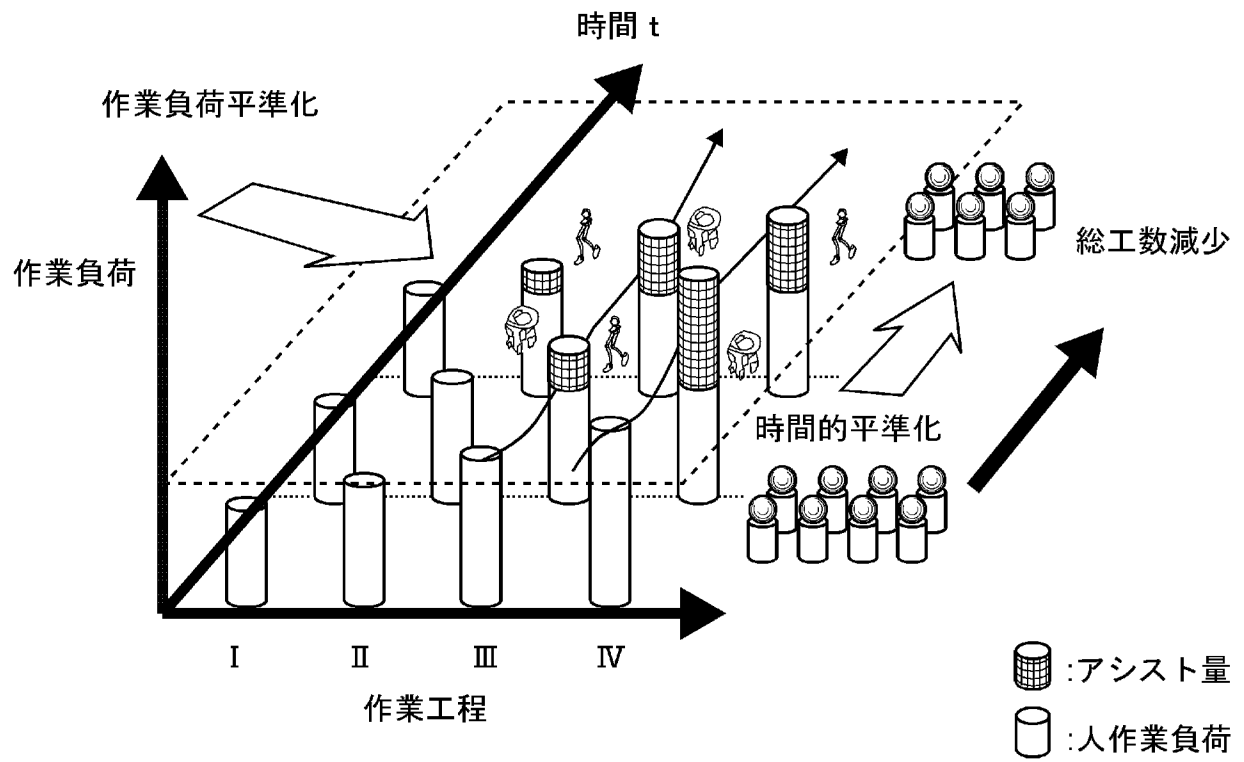
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/005847

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B19/418(2006.01)i, G06Q50/00(2006.01)i

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)

G05B19/418, G06Q50/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
A	JP 2006-201866 A (Ricoh Co., Ltd.), 03 August 2006 (03.08.2006), claims 1, 3; paragraph [0015]; fig. 1 & CN 1810207 A	1-10
A	JP 5-123944 A (Honda Motor Co., Ltd.), 21 May 1993 (21.05.1993), claim 1; paragraphs [0003], [0004], [0013] (Family: none)	1-10
A	JP 2004-139515 A (Honda Motor Co., Ltd.), 13 May 2004 (13.05.2004), claim 1; paragraphs [0001] to [0003], [0014] to [0015], [0019] (Family: none)	1-10



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

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 January, 2010 (12.01.10)

Date of mailing of the international search report
19 January, 2010 (19.01.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/005847

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-46713 A (Sharp Corp.), 12 February 2004 (12.02.2004), claims 1, 3 (Family: none)	1-10
A	JP 2000-84881 A (Toyota Motor Corp.), 28 March 2000 (28.03.2000), claim 1; paragraphs [0001], [0030], [0032]; fig. 1 & US 6394731 B1 & EP 0997426 A2	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G05B19/418 (2006. 01) i, G06Q50/00 (2006. 01) i

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（I P C））

Int.Cl. G05B19/418, G06Q50/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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 請求項の番号
A	JP 2006-201866 A (株式会社リコー) 2006. 08. 03, 【請求項 1】, 【請求項 3】, 【0 0 1 5】, 【図 1】 & CN 1810207 A	1 - 1 0
A	JP 5-123944 A (本田技研工業株式会社) 1993. 05. 21, 【請求項 1】, 【0 0 0 3】, 【0 0 0 4】, 【0 0 1 3】 (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 2004-139515 A (本田技研工業株式会社) 2004. 05. 13, 【請求項 1】, 【0 0 0 1】 - 【0 0 0 3】, 【0 0 1 4】 - 【0 0 1 5】, 【0 0 1 9】 (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 2004-46713 A (シャープ株式会社) 2004. 02. 12, 【請求項 1】, 【請求項 3】 (ファミリーなし)	1 - 1 0

☒ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
1 2 . 0 1 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日
1 9 . 0 1 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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） 関 義彦	3 C	9 1 4 5
電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 4		

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 請求項の番号
A	JP 2000-84881 A (トヨタ自動車株式会社) 2000. 03. 28, 【請求項 1】, 【0 0 0 1】, 【0 0 3 0】, 【0 0 3 2】, 【図 1】 & US 6394731 B1 & EP 0997426 A2	1 - 1 0