

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4906397号
(P4906397)

(45) 発行日 平成24年3月28日 (2012.3.28)

(24) 登録日 平成24年1月20日 (2012.1.20)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 6 T 19/00 (2011.01)

G 0 6 T 17/40

E

G 0 9 B 9/00 (2006.01)

G 0 9 B 9/00

A

請求項の数 19 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2006-134148 (P2006-134148)
 (22) 出願日 平成18年5月12日 (2006.5.12)
 (65) 公開番号 特開2007-304973 (P2007-304973A)
 (43) 公開日 平成19年11月22日 (2007.11.22)
 審査請求日 平成21年5月8日 (2009.5.8)

(73) 特許権者 501370370
 三菱重工環境・化学エンジニアリング株式
 会社
 神奈川県横浜市西区みなとみらい四丁目4
 番2号
 (73) 特許権者 899000068
 学校法人早稲田大学
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地
 (73) 特許権者 000132769
 株式会社ソリッドレイ研究所
 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町2-20-
 1 YTUビル
 (74) 代理人 100102864
 弁理士 工藤 実

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シミュレーション装置及びシミュレーション方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

作業者の現実の身体の位置情報を検出する位置検出部と、
 仮想的な身体を仮想空間内に計算する身体計算部と、
 前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示する表示部と、
 制御部と

を具備し、

前記身体計算部は、前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第1移動量ベクトルを計算し、前記第1移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を示す第2移動量ベクトルを計算し、前記第2移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を計算し、

前記表示部は、前記画像の中の前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示し、

前記移動量変換規則は、第1設定において、前記作業者から見た前記現実の身体の移動量ベクトルと前記作業者から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクトルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

前記制御部は、前記仮想的な身体が移動する速さと前記現実の身体が移動する速さとの対応関係が変化するように、又は、前記仮想的な身体が移動する方向と前記現実の身体が移動する方向との対応関係が変化するように前記移動量変換規則の設定を前記第1設定から第2設定に変更する

シミュレーション装置。

【請求項 2】

作業者の現実の身体的位置情報を検出する位置検出部と、

仮想的な身体を仮想空間内に計算する身体計算部と、

前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示する表示部と、

制御部と

を具備し、

前記身体計算部は、前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第 1 移動量ベクトルを計算し、前記第 1 移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を示す第 2 移動量ベクトルを計算し、前記第 2 移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を計算し、

前記表示部は、前記画像の中の前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示し、

前記移動量変換規則は、第 1 設定において、前記作業者から見た前記現実の身体の移動量ベクトルと前記作業者から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクトルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

前記制御部は、前記第 1 移動量ベクトルの大きさと前記第 2 移動量ベクトルの大きさの比を変化させるように前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から第 2 設定に変更する

シミュレーション装置。

【請求項 3】

作業者の現実の身体的位置情報を検出する位置検出部と、

仮想的な身体を仮想空間内に計算する身体計算部と、

前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示する表示部と、

制御部と

を具備し、

前記身体計算部は、前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第 1 移動量ベクトルを計算し、前記第 1 移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を示す第 2 移動量ベクトルを計算し、前記第 2 移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を計算し、

前記表示部は、前記画像の中の前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示し、

前記移動量変換規則は、第 1 設定において、前記作業者から見た前記現実の身体の移動量ベクトルと前記作業者から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクトルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

前記制御部は、前記第 1 移動量ベクトルが第 1 変化をする第 1 タイミングと前記第 2 移動量ベクトルが前記第 1 変化に応答した第 2 変化をする第 2 タイミングとのタイミング差を変化させるように前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から第 2 設定に変更する

シミュレーション装置。

【請求項 4】

前記視線上に配置されたハーフミラーを具備し、

前記表示部は、前記ハーフミラーに向けて前記光を出力する

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

【請求項 5】

前記作業者の生体情報を検出する生体情報検出部を具備する

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

【請求項 6】

前記制御部は、前記生体情報の所定の変化に応答して前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から前記第 2 設定に変更する

請求項 5 のシミュレーション装置。

【請求項 7】

10

20

30

40

50

前記生体情報を記憶する記憶部を具備し、
前記表示部は、前記記憶部に記憶された前記生体情報を表示する
請求項 5 又は 6 のシミュレーション装置。

【請求項 8】

作業者の現実の身体の位置情報を検出する位置検出部と、
仮想的な身体を仮想空間内に計算する身体計算部と、
前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示する表示部と、
制御部と、
仮想的な物体を前記仮想空間内に計算する物体計算部と、
前記仮想的な物体と接触している前記仮想的な身体の接触部位に対応した前記現実の身
体の部位に触覚刺激を与える触覚刺激部と
を具備し、

10

前記身体計算部は、前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第 1 移動量ベクトル
を計算し、前記第 1 移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体
の移動を示す第 2 移動量ベクトルを計算し、前記第 2 移動量ベクトルを反映させて前記仮
想的な身体を計算し、

前記表示部は、前記画像の中の前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身
体とを結ぶ前記作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示し、

前記移動量変換規則は、第 1 設定において、前記作業者から見た前記現実の身体の移動
量ベクトルと前記作業者から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクト
ルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

20

前記制御部は、前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から第 2 設定に変更し、
前記画像は前記仮想的な物体を含み、
前記物体計算部は、前記仮想的な物体が前記仮想的な身体に接触する運動をするように
前記仮想的な物体を計算する

シミュレーション装置。

【請求項 9】

作業者に仮想空間内の仮想的な身体を自己の現実の身体であると錯覚させるステップと
、
前記錯覚させるステップの後に、前記作業者に前記仮想空間内で所定の作業をさせるス
テップと
を具備し、

30

前記錯覚させるステップ及び前記作業をさせるステップは、
前記現実の身体の位置情報を検出するステップと、
前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第 1 移動量ベクトルを計算するステップ
と、

前記第 1 移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を
示す第 2 移動量ベクトルを計算するステップと、

前記第 2 移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するス
テップと、

40

表示部が、前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示するステップと
を備え、

前記表示部は、前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記
作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示し、

前記移動量変換規則は、第 1 設定において、前記作業者から見た前記現実の身体の移動
量ベクトルと前記作業者から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクト
ルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

前記錯覚させるステップにおいて、
前記移動量変換規則は前記第 1 設定に設定され、
前記作業をさせるステップは、

50

前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から第 2 設定に変更するステップを備え、
シミュレーション方法。

【請求項 10】

作業者に仮想空間内の仮想的な身体を自己の現実の身体であると錯覚させるステップと、

前記錯覚させるステップの後に、前記作業者に前記仮想空間内で所定の作業をさせるステップと

を具備し、

前記錯覚させるステップ及び前記作業をさせるステップは、

前記現実の身体的位置情報を検出するステップと、

前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第 1 移動量ベクトルを計算するステップと、

前記第 1 移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を示す第 2 移動量ベクトルを計算するステップと、

前記第 2 移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するステップと、

表示部が、前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示するステップとを備え、

前記表示部は、前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示し、

前記移動量変換規則は、第 1 設定において、前記作業者から見た前記現実の身体の移動量ベクトルと前記作業者から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクトルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

前記錯覚させるステップにおいて、

前記移動量変換規則は前記第 1 設定に設定され、

前記作業をさせるステップは、

前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から第 2 設定に変更するステップを備え、

前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から前記第 2 設定に変更するステップにおいては、前記第 1 移動量ベクトルの大きさと前記第 2 移動量ベクトルの大きさの比を変化させるように前記移動量変換規則の設定を変更する

シミュレーション方法。

【請求項 11】

作業者に仮想空間内の仮想的な身体を自己の現実の身体であると錯覚させるステップと

、前記錯覚させるステップの後に、前記作業者に前記仮想空間内で所定の作業をさせるステップと

を具備し、

前記錯覚させるステップ及び前記作業をさせるステップは、

前記現実の身体的位置情報を検出するステップと、

前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第 1 移動量ベクトルを計算するステップと、

前記第 1 移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を示す第 2 移動量ベクトルを計算するステップと、

前記第 2 移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するステップと、

表示部が、前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示するステップとを備え、

前記表示部は、前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示し、

前記移動量変換規則は、第 1 設定において、前記作業者から見た前記現実の身体の移動

量ベクトルと前記作業から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクトルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

前記錯覚させるステップにおいて、

前記移動量変換規則は前記第 1 設定に設定され、

前記作業をさせるステップは、

前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から第 2 設定に変更するステップを備え、

前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から前記第 2 設定に変更するステップにおいては、前記第 1 移動量ベクトルが第 1 変化をする第 1 タイミングと前記第 2 移動量ベクトルが前記第 1 変化にตอบสนองした第 2 変化をする第 2 タイミングとのタイミング差を変化させるように前記移動量変換規則の設定を変更する

10

シミュレーション方法。

【請求項 1 2】

作業者に仮想空間内の仮想的な身体を自己の現実の身体であると錯覚させるステップと

、
前記錯覚させるステップの後に、前記作業者に前記仮想空間内で所定の作業をさせるステップと

を具備し、

前記錯覚させるステップ及び前記作業をさせるステップは、

前記現実の身体的位置情報を検出するステップと、

前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第 1 移動量ベクトルを計算するステップと、

20

前記第 1 移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を示す第 2 移動量ベクトルを計算するステップと、

前記第 2 移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するステップと、

表示部が、前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示するステップと
を備え、

前記表示部は、前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示し、

前記移動量変換規則は、第 1 設定において、前記作業から見た前記現実の身体の移動量ベクトルと前記作業から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクトルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

30

前記錯覚させるステップにおいて、

前記移動量変換規則は前記第 1 設定に設定され、

前記作業をさせるステップは、

前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から第 2 設定に変更するステップと、

仮想的な第 1 物体を前記仮想空間内に計算するステップと、

前記仮想的な第 1 物体を含む前記画像を表示するステップと、

前記仮想的な身体の一部が、前記仮想的な第 1 物体を含むように前記仮想空間内に設定された領域に入った場合に、前記仮想的な身体が所定の運動をするように前記仮想的な身体を計算する身体強制運動ステップとを備え、

40

前記身体強制運動ステップにおいては、前記仮想的な身体は前記位置情報に基づかないで計算される

シミュレーション方法。

【請求項 1 3】

作業者に仮想空間内の仮想的な身体を自己の現実の身体であると錯覚させるステップと

、
前記錯覚させるステップの後に、前記作業者に前記仮想空間内で所定の作業をさせるステップと

を具備し、

50

前記錯覚させるステップ及び前記作業をさせるステップは、
前記現実の身体的位置情報を検出するステップと、
前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第1移動量ベクトルを計算するステップ
と、

前記第1移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を
示す第2移動量ベクトルを計算するステップと、

前記第2移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するス
テップと、

表示部が、前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示するステップと
を備え、

10

前記表示部は、前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記
作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示し、

前記移動量変換規則は、第1設定において、前記作業者から見た前記現実の身体の移動
量ベクトルと前記作業者から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクト
ルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

前記錯覚させるステップにおいて、

前記移動量変換規則は前記第1設定に設定され、

前記作業をさせるステップは、

前記移動量変換規則の設定を前記第1設定から第2設定に変更するステップと、

前記仮想空間内における前記仮想的な身体及び前記領域の位置に基づいて、前記仮想的
な身体から前記領域を見る方向への前記仮想的な身体の移動を示す強制移動量ベクトルを
生成するステップと、

20

前記強制移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するス
テップを備える

シミュレーション方法。

【請求項14】

前記作業をさせるステップは、

前記作業者の生体情報を検出するステップを備える

請求項9乃至13のいずれか1項に記載のシミュレーション方法。

【請求項15】

前記移動量変換規則の設定を前記第1設定から前記第2設定に変更するステップ
においては、前記生体情報の所定の変化に応答して前記移動量変換規則の設定を変更する

30

請求項14のシミュレーション方法。

【請求項16】

前記作業をさせるステップは、前記作業をさせるステップにおいて検出された前記生体
情報を記憶するステップを備え、

前記作業をさせるステップの後に、前記作業をさせるステップにおいて検出された前記
生体情報を表示するステップを備える

請求項14又は15のシミュレーション方法。

【請求項17】

作業者に仮想空間内の仮想的な身体を自己の現実の身体であると錯覚させるステップと
、

40

前記錯覚させるステップの後に、前記作業者に前記仮想空間内で所定の作業をさせるス
テップと

を具備し、

前記錯覚させるステップ及び前記作業をさせるステップは、

前記現実の身体的位置情報を検出するステップと、

前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第1移動量ベクトルを計算するステップ
と、

前記第1移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を

50

示す第 2 移動量ベクトルを計算するステップと、

前記第 2 移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するステップと、

表示部が、前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示するステップとを備え、

前記表示部は、前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示し、

前記移動量変換規則は、第 1 設定において、前記作業者から見た前記現実の身体の移動量ベクトルと前記作業者から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクトルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

前記錯覚させるステップにおいて、

前記移動量変換規則は前記第 1 設定に設定され、

前記作業をさせるステップは、

前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から第 2 設定に変更するステップを備え、

前記錯覚させるステップは、

仮想的な第 2 物体が前記仮想空間内で前記仮想的な身体に接触する第 2 運動をするように前記仮想的な第 2 物体を仮想空間内に計算するステップと、

前記仮想的な第 2 物体を含む前記画像を表示するステップと、

前記仮想的な第 2 物体と接触している前記仮想的な身体の接触部位に対応する前記現実の身体の部位に触覚刺激を与えるステップとを備える

シミュレーション方法。

【請求項 18】

作業者の現実の身体の位置情報を検出する位置検出部と、

仮想的な身体を仮想空間内に計算する身体計算部と、

仮想的な物体を前記仮想空間内に計算する物体計算部と、

前記仮想的な身体と前記仮想的な物体とを含む前記仮想空間の画像を表示する表示部と

、

前記現実の身体を前記作業者の視界から隠す遮蔽物と、

制御部と、

前記仮想的な物体と接触している前記仮想的な身体の接触部位に対応した前記現実の身体の部位に触覚刺激を与える触覚刺激部と

を具備し、

前記物体計算部は、前記仮想的な物体が前記仮想的な身体に接触する運動をするように前記仮想的な物体を計算し、

前記身体計算部は、前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第 1 移動量ベクトルを計算し、前記第 1 移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を示す第 2 移動量ベクトルを計算し、前記第 2 移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を計算し、

前記移動量変換規則は、第 1 設定において、前記作業者から見た前記現実の身体の移動量ベクトルと前記作業者から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクトルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、

前記制御部は、前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から第 2 設定に変更する

シミュレーション装置。

【請求項 19】

作業者に仮想空間内の仮想的な身体を自己の現実の身体であると錯覚させるステップと

、

前記錯覚させるステップの後に、前記作業者に前記仮想空間内で所定の作業をさせるステップと

を具備し、

前記錯覚させるステップ及び前記作業をさせるステップは、

10

20

30

40

50

前記現実の身体の位置情報を検出するステップと、
前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第 1 移動量ベクトルを計算するステップ
と、
前記第 1 移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を
示す第 2 移動量ベクトルを計算するステップと、
前記第 2 移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するス
テップと、
表示部が、前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像を表示するステップと
を備え、
前記移動量変換規則は、第 1 設定において、前記作業員から見た前記現実の身体の移動
量ベクトルと前記作業員から見た前記画像に表示された前記仮想的な身体の移動量ベクト
ルとが、始点、方向、及び大きさにおいて一致するように設定され、
前記錯覚させるステップにおいて、
前記移動量変換規則は前記第 1 設定に設定され、
前記錯覚させるステップは、
仮想的な物体が前記仮想空間内で前記仮想的な身体に接触する運動をするように前記仮
想的な物体を仮想空間内に計算するステップと、
前記仮想的な物体を含む前記画像を表示するステップと、
前記仮想的な物体と接触している前記仮想的な身体の接触部位に対応する前記現実の身
体の部位に触覚刺激を与えるステップとを備え、
前記作業をさせるステップは、
前記移動量変換規則の設定を前記第 1 設定から第 2 設定に変更するステップ
を備える

10

20

シミュレーション方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シミュレーション装置及びシミュレーション方法に関する。

【背景技術】

【0002】

30

企業及び関連官庁の努力により、労働災害による死亡者数は昭和 36 年の 6712 人をピークに減少し、平成 16 年には 1620 人（就業者数約 6000 万人のうちの 0.003%）となった。しかしながら、一度に 3 人以上が被災する重大災害については、昭和 60 年の 141 件から増加する傾向にあり、平成 16 年は 273 件と昭和 60 年の 2 倍近い件数となった。このような状況を踏まえ、厚生労働省は平成 18 年 4 月より労働安全衛生法の一部を改正し、各企業に対し“より一層の安全への配慮”を“自主的に”求めることとした。

【0003】

労働災害では“はさまれ・巻き込まれ”に関連するものの頻度が高い。その原因は、機械に挟まっているものをその機械を停止せずに取り除こうとしたり、自ら危険箇所身をさらしてしまったという“うっかりミス”、すなわちヒューマンエラーに関するものが多い。

40

【0004】

労働災害数は長期的には減少しているが、近年その減少率が鈍化している。その理由としては、ヒューマンエラーを原因とする労働災害への対策が設備面での安全対策に比較して不十分であった可能性がある。

【0005】

人間が何らかの作業をする場合には、自分自身を客観的に把握するメタ認知機能を働かせていると考えられる。具体的には、（1）作業に対する意識、（2）その作業で発生する危険に対する意識、（3）外界の変化を察知する意識がある。これらの意識のバランス

50

(以下安全バランス)は人それぞれで、ある人は(1)70%、(2)25%、(3)5%であったり、別の人は(1)60%、(2)30%、(3)10%であったりする。このような安全バランスは、その人の経験、知識、性格などから意識の配分が決定されていると考えられる。

【0006】

例えば、新人はその作業自体をよく理解していないために、安易な行動をとってしまったり、逆に恐る恐る作業してしまったりと、その作業が持つ危険に対するバランス感覚が悪い。逆に熟練者では、その作業に合わせて、危険に対する意識を増減しているものと考えられる。すなわち作業に慣れるということは、作業手順を理解し、技能を習得することのみならず、これらの安全バランスを適正に保てるようになることであるといえる。

10

【0007】

安全バランスが適正である場合には事故が発生しないと考えられるが、安全バランスは非常に崩れやすい。例えば作業に集中し過ぎた場合や別なことを考えている場合、邪魔が入った場合などは、危険に対する注意力が散漫になる。そしてヒューマンエラーはこの安全バランスが大きく崩れた時に発生すると考えられる。これらの要因により安全バランスが大きく崩れた場合には、熟練者といえどもヒューマンエラーを発生させてしまう可能性がある。すなわちヒューマンエラーとは、誰しもが起こしうるものであり、かつ労働災害の防止にはこの安全バランスの制御が重要であると考えられる。

【0008】

従来の安全教育では、心理テストを実施して作業者のエラー傾向を判定することが行われてきた。発明者は、従来の心理テストは事務所内での筆記テストに基づいて評価をするものであるため、従来の心理テストにおいては実作業現場でのヒューマンエラーに影響を及ぼす重要な要因である作業集中度、騒音、トラブルなどが排除されてしまっていることに気がついた。

20

【0009】

そこで発明者は、より現実に近い作業状態を再現し、その中でヒューマンエラーを起こすような状況を意図的に作り出し、その時の自らの行動、心理状態を作業者に客観的に把握させることが可能なシミュレーション装置が必要であることを認識した。

【0010】

一方、知覚心理学の領域における最近の研究は、人間の身体感覚がこれまで考えられていたよりも簡単に変化する可変なものであり、必ずしも現実との対応を持たない仮想的なものであることを明らかにしつつある。

30

【0011】

Botvinnickらは、被験者にゴム手袋を自分の手であるかのように錯覚させる方法を報告している。この方法においては、被験者をテーブルに向かって座らせ、テーブル上に遮蔽物を設置する。被験者の右手を被験者の視界から隠れるように遮蔽物の後へまわし、ゴム手袋を被験者から見えるように遮蔽物の前に置く。以上の準備をおこなったのちに、助手がゴム手袋と被験者の右手の同じ部位に同じタイミングでランダムに接触刺激を与える。すると、被験者は、理性では「作り物」とわかっているゴム手袋を「自分の手」であるかのように実感していく。この現象は、早ければ数秒で起こるとされている。

40

【0012】

特許文献1は、Botvinnickらの方法において、現実のゴム手袋に現実に触れるかわりに、仮想的な手に仮想的に触れる映像を被験者に見せることで仮想的な手が自分の手であるかのような感覚にさせる「視覚及び触覚を利用した感覚呈示装置」を開示している。

【0013】

【特許文献1】特開2003-330582号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

50

本発明の目的は、意識バランスの改善に好適なシミュレーション装置及びシミュレーション方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

以下に、（発明を実施するための最良の形態）で使用される番号を用いて、課題を解決するための手段を説明する。これらの番号は、（特許請求の範囲）の記載と（発明を実施するための最良の形態）との対応関係を明らかにするために付加されたものである。ただし、それらの番号を、（特許請求の範囲）に記載されている発明の技術的範囲の解釈に用いてはならない。

【0016】

本発明によるシミュレーション装置は、作業者（5）の現実の身体（53）の位置情報（57）を検出する位置検出部（22）と、仮想的な身体（42）を仮想空間内に計算する身体計算部（33）と、前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像（14）を表示する表示部（11）と、制御部（31）とを具備している。前記身体計算部は、前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第1移動量ベクトル（X）を計算し、前記第1移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を示す第2移動量ベクトル（Y（n））を計算し、前記第2移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を計算する。前記表示部は、前記画像の中の前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示する。前記制御部は、前記移動量変換規則の設定を変更する。

【0017】

移動量変換規則の設定が変更されることで、作業者は自己の心理状態を認識し、意識バランスを改善することができる。

【0018】

本発明によるシミュレーション装置においては、前記制御部は、前記仮想的な身体が移動する速さと前記現実の身体が移動する速さとの対応関係が変化するように、又は、前記仮想的な身体が移動する方向と前記現実の身体が移動する方向との対応関係が変化するように、前記設定を変更する。

【0019】

本発明によるシミュレーション装置においては、前記制御部は、前記第1移動量ベクトルの大きさと前記第2移動量ベクトルの大きさの比を変化させるように前記設定を変更する。

【0020】

本発明によるシミュレーション装置においては、前記制御部は、前記第1移動量ベクトルが第1変化をする第1タイミングと前記第2移動量ベクトルが前記第1変化に応答した第2変化をする第2タイミングとのタイミング差を変化させるように前記設定を変更する。

【0021】

本発明によるシミュレーション装置は、前記視線上に配置されたハーフミラー（12a）を具備する。前記表示部は、前記ハーフミラーに向けて前記光を出力する。

【0022】

本発明によるシミュレーション装置は、前記作業者の生体情報（59、60）を検出する生体情報検出部（24、61）を具備している。

【0023】

本発明によるシミュレーション装置においては、前記制御部は、前記生体情報の所定の変化に応答して前記設定を変更する。

【0024】

本発明によるシミュレーション装置は、前記生体情報を記憶する記憶部（36）を具備している。前記表示部は、前記記憶部に記憶された前記生体情報を表示する。

【0025】

本発明によるシミュレーション装置は、仮想的な物体（４１、４１１～４１５）を前記仮想空間内に計算する物体計算部（３２）と、前記仮想的な物体と接触している前記仮想的な身体の接触部位に対応した前記現実の身体の一部に触覚刺激を与える触覚刺激部（２２）とを具備している。前記画像は前記仮想的な物体を含んでいる。前記物体計算部は、前記仮想的な物体が前記仮想的な身体に接触する運動をするように前記仮想的な物体を計算する。

【００２６】

本発明によるシミュレーション方法は、作業員（５）に仮想空間内の仮想的な身体（４２）を自己の現実の身体（５３）であると錯覚させるステップ（Ｓ１）と、前記錯覚させるステップの後に、前記作業員に前記仮想空間内で所定の作業をさせるステップ（Ｓ２）とを具備している。前記錯覚させるステップ及び前記作業をさせるステップは、前記現実の身体的位置情報（５７）を検出するステップと、前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第１移動量ベクトル（ X ）を計算するステップと、前記第１移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を示す第２移動量ベクトル（ $Y(n)$ ）を計算するステップと、前記第２移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するステップと、表示部（１１）が、前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像（１４）を表示するステップとを備えている。前記表示部は、前記仮想的な身体を示す光が前記作業員と前記現実の身体とを結ぶ前記作業員の視線を前記作業員に向かって進むように前記画像を表示する。前記作業をさせるステップは、前記移動量変換規則の設定を変更するステップを備えている。

【００２７】

本発明によるシミュレーション方法における前記設定を変更するステップにおいては、前記仮想的な身体が移動する速さを遅くするように前記設定を変更する。

【００２８】

本発明によるシミュレーション方法における前記設定を変更するステップにおいては、前記第１移動量ベクトルの大きさと前記第２移動量ベクトルの大きさの比を変化させるように前記設定を変更する。

【００２９】

本発明によるシミュレーション方法における前記設定を変更するステップにおいては、前記第１移動量ベクトルが第１変化をする第１タイミングと前記第２移動量ベクトルが前記第１変化にตอบสนองした第２変化をする第２タイミングとのタイミング差を変化させるように前記設定を変更する。

【００３０】

本発明によるシミュレーション方法において前記作業をさせるステップは、仮想的な第１物体（４１２）を前記仮想空間内に計算するステップと、前記仮想的な第１物体を含む前記画像を表示するステップと、前記仮想的な身体の一部が、前記仮想的な第１物体を含むように前記仮想空間内に設定された領域に入った場合に、前記仮想的な身体が所定の運動をするように前記仮想的な身体を計算する身体強制運動ステップとを備えている。ここで、前記身体強制運動ステップにおいては、前記仮想的な身体は前記位置情報に基づかないで計算される。

【００３１】

本発明によるシミュレーション方法において前記作業をさせるステップは、前記仮想空間内における前記仮想的な身体及び前記領域の位置に基づいて、前記仮想的な身体から前記領域を見る方向への前記仮想的な身体の移動を示す強制移動量ベクトルを生成するステップと、前記強制移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するステップを備える。

【００３２】

本発明によるシミュレーション方法において前記作業をさせるステップは、前記作業員の生体情報（５９、６０）を検出するステップを備えている。

【００３３】

本発明によるシミュレーション方法の前記設定を変更するステップにおいては、前記生体情報の所定の変化に応答して前記設定を変更する。

【0034】

本発明によるシミュレーション方法において前記作業をさせるステップは、前記作業をさせるステップにおいて検出された前記生体情報を記憶するステップを備えている。本発明によるシミュレーション方法は、前記作業をさせるステップの後に、前記作業をさせるステップにおいて検出された前記生体情報を表示するステップ(S3)を備えている。

【0035】

本発明によるシミュレーション方法において前記錯覚させるステップは、仮想的な第2物体(411)が前記仮想空間内で前記仮想的な身体に接触する第2運動をするように前記仮想的な第2物体を仮想空間内に計算するステップと、前記仮想的な第2物体を含む前記画像を表示するステップと、前記仮想的な第2物体と接触している前記仮想的な身体の接触部位に対応する前記現実の身体の部位に触覚刺激を与えるステップとを備えている。

【0036】

本発明によるシミュレーション装置は、作業者(5)の現実の身体(53)の位置情報(57)を検出する位置検出部(22)と、仮想的な身体(42)を仮想空間内に計算する身体計算部(33)と、仮想的な物体(41、411~415)を前記仮想空間内に計算する物体計算部(32)と、前記仮想的な身体と前記仮想的な物体とを含む前記仮想空間の画像(14)を表示する表示部(11)と、前記現実の身体を前記作業者の視界から隠す遮蔽物(12a)と、制御部(31)と、前記仮想的な物体と接触している前記仮想的な身体の接触部位に対応した前記現実の身体の部位に触覚刺激を与える触覚刺激部(21)とを具備している。前記物体計算部は、前記仮想的な物体が前記仮想的な身体に接触する運動をするように前記仮想的な物体を計算する。前記身体計算部は、前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第1移動量ベクトル(X)を計算し、前記第1移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記現実の身体の移動を示す第2移動量ベクトル(Y(n))を計算し、前記第2移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を計算する。前記制御部は、前記移動量変換規則を変更する。

【0037】

本発明によるシミュレーション方法は、作業者(5)に仮想空間内の仮想的な身体(42)を自己の現実の身体(53)であると錯覚させるステップ(S1)と、前記錯覚させるステップの後に、前記作業者に前記仮想空間内で所定の作業をさせるステップ(S2)とを具備している。前記錯覚させるステップ及び前記作業をさせるステップは、前記現実の身体の位置情報(57)を検出するステップと、前記位置情報から前記現実の身体の移動を示す第1移動量ベクトル(X)を計算するステップと、前記第1移動量ベクトルから所定の移動量変換規則を用いて前記仮想的な身体の移動を示す第2移動量ベクトル(Y(n))を計算するステップと、前記第2移動量ベクトルを反映させて前記仮想的な身体を前記仮想空間内に計算するステップと、表示部(11)が、前記仮想的な身体を含む前記仮想空間の画像(14)を表示するステップとを備えている。前記錯覚させるステップは、仮想的な物体(41、411~415)が前記仮想空間内で前記仮想的な身体に接触する運動をするように前記仮想的な物体を仮想空間内に計算するステップと、前記仮想的な物体を含む前記画像を表示するステップと、前記仮想的な物体と接触している前記仮想的な身体の接触部位に対応する前記現実の身体の部位に触覚刺激を与えるステップとを備えている。前記表示部は、前記仮想的な身体を示す光が前記作業者と前記現実の身体とを結ぶ前記作業者の視線を前記作業者に向かって進むように前記画像を表示する。前記作業をさせるステップは、前記移動量変換規則の設定を変更するステップを備えている。

【発明の効果】

【0038】

本発明によれば、意識バランスの改善に好適なシミュレーション装置及びシミュレーション方法が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 9 】

添付図面を参照して、本発明によるシミュレーション装置及びシミュレーション方法を実施するための最良の形態を以下に説明する。

【 0 0 4 0 】

図 1 は、本発明の実施形態に係るシミュレーション装置の構成を示している。シミュレーション装置は、支持構造 1 と、支持構造 1 が支持する表示部 1 1 及びカバー 1 2 と、作業 10 者 5 が座る椅子 1 3 と、作業 10 者 5 の手に装着されたインターフェースとしてのデータグローブ 2 と、コンピュータ 3 と、音声出力部 1 5 とを具備している。なお、図 1 (a) においては、コンピュータ 3 は省略されており、図 1 (c) においては、作業 10 者 5、データグローブ 2、及び椅子 1 3 は省略されている。

【 0 0 4 1 】

なお、立ち作業を想定し、作業 10 者 5 が椅子 1 3 に座らないで立って作業することとしてもよい。

【 0 0 4 2 】

図 1 (b) に示すように、箱形状のカバー 1 2 は、開口部を作業 10 者 5 に向けており、その上面はハーフミラー 1 2 a とされている。作業 10 者 5 は、データグローブ 2 を装着した手をカバー 1 2 の開口部からカバー 1 2 の中に入れている。データグローブ 2 はインターフェースとして機能する。ハーフミラー 1 2 a は、作業 10 者 5 がデータグローブ 2 を装着した自分の手を見る視線を遮るように、且つ、表示部 1 1 の表示面 1 1 a が表示する画像を作業 10 者 5 の目の方向へ反射するように設置されている。また、カバー 1 2 の内側には、照明 20 装置 1 2 b が設けられ、仮想的な面 1 2 c が示されている。照明装置 1 2 b は、データグローブ 2 を装着した作業 10 者 5 の手に照明を当てるため、ハーフミラー 1 2 a に対して表示面 1 1 a と異なる側に設置されている。表示面 1 1 a と仮想的な面 1 2 c とは、ハーフミラー 1 2 a に対して平面对称である。

【 0 0 4 3 】

ここで、表示面 1 1 a が表示する画像が暗く、照明装置 1 2 b が作業 10 者 5 のデータグローブ 2 を装着した手に当てる照明が明るければ、作業 10 者 5 にはデータグローブ 2 を装着した自分の手がハーフミラー 1 2 a 越しにはっきりと見える。逆に、表示面 1 1 a が表示する画像が明るく、照明装置 1 2 b がデータグローブ 2 を装着した作業 10 者 5 の手に当てる照明が暗ければ、作業 10 者 5 にはデータグローブ 2 を装着した自分の手はハーフミラー 1 2 a 30 に遮蔽されて見えず、表示面 1 1 a が表示する画像がはっきりと見える。すなわち、表示面 1 1 a が表示する画像の明るさと、照明装置 1 2 b が作業 10 者 5 のデータグローブ 2 を装着した手に当てる照明の明るさを相対的に変化させることで、作業 10 者 5 に対して画像又は自分の手が選択的に提示される。

【 0 0 4 4 】

図 2 は、本発明の実施形態に係るシミュレーション装置の機能ブロック図を示している。

【 0 0 4 5 】

データグローブ 2 は、触覚刺激部 2 1 と、位置検出部 2 2 と、姿勢検出部 2 3 と、G S R 検出部 2 4 とを備えており、作業 10 者 5 の身体 5 3 (手) に装着されている。触覚刺激部 2 1 は、身体 5 3 に圧迫感を与える圧力素子、振動を与える振動素子、熱感を与える熱感素子や冷感を与える冷感素子といった触覚刺激発生器を備え、触覚刺激指令 4 4 が指定する身体 5 3 の部位に触覚刺激指令 4 4 が指定する内容の触覚刺激 2 5 を与える。位置検出部 2 2 は、身体 5 3 の位置情報 5 7 を検出し、位置検出信号 2 6 として出力する。ここで位置情報 5 7 は、例えば、カバー 1 2 を基準とした身体 5 3 の位置情報を含んでいる。姿勢検出部 2 3 は、身体 5 3 の姿勢情報 5 8 を検出し、姿勢検出信号 2 7 として出力する。ここで姿勢情報 5 8 は、身体 5 3 の関節の開き角度のような姿勢情報を含んでいる。G S R 検出部 2 4 は、身体 5 3 から G S R 情報 5 9 を検出し、G S R 検出信号 2 8 として出力する。ここで、G S R (g a l v a n i c s k i n r e s p o n s e) は、精神的動揺により起こる発汗活動と皮膚電位の変化とを意味する。G S R は、P G R (p s y c h 50

ogalvanic response)とも言われ、うそ発見器に利用されている。

【0046】

本発明の実施形態に係るシミュレーション装置は、心拍数検出器61を具備している。心拍数検出器61は、身体53から心拍数(脈拍数)情報60を検出し、心拍数検出信号62として出力する。

【0047】

GSR検出器28及び心拍数検出器61は、作業者5から作業者5の心理状態を示す生体情報(59、60)を検出して生体情報検出信号(28、62)を出力する生体情報検出器である。生体情報検出器としては、光トポグラフィ装置を利用しても良い。

【0048】

コンピュータ3は、制御部31と、物体計算部32と、身体計算部33と、画像情報生成部34と、触覚刺激指令生成部35、記憶部36とを備えている。制御部31は、仮想的な物体41及び仮想的な身体42の情報と、GSR検出信号28と、心拍数検出信号62とが入力され、物体運動指令45と、身体運動指令47と、音声出力指令63と、汚れ情報64と、画像情報生成指令65と、照明強度指令66と、ヒューマンエラー誘引プログラム情報67と、得点情報68とを出力する。物体計算部32は、物体運動指令45が入力され、仮想的な物体41が物体運動指令45に基づいて運動するように、仮想的な物体41を仮想空間内に計算する。身体計算部33は、位置検出信号26と、姿勢検出信号27と、身体運動指令47とが入力され、これらに基づいて仮想的な身体42を仮想空間内に計算する。このとき身体計算部33は、仮想的な身体42が位置検出信号26及び姿勢検出信号27に基づいて運動するように、仮想的な身体42を計算する。画像情報生成部34は、仮想的な物体41及び仮想的な身体42の情報と、汚れ情報64と、画像情報生成指令65と、作業記録情報71とが入力され、これらに基づいて画像14を表示させるための画像情報43を生成し、画像情報43を表示部11に対して出力する。触覚刺激指令生成部35は、仮想的な物体41及び仮想的な身体42の情報が入力され、仮想的な物体41と仮想的な身体42との接触状態に対応する触覚刺激指令44を生成し、触覚刺激部21に対して出力する。ここで、触覚刺激指令44は、仮想的な物体41と接触している仮想的な身体42の接触部位に対応した身体53の部位を示す情報と、仮想的な身体42が仮想的な物体41から受けている接触刺激の内容についての情報とを含んでいる。ここで、接触刺激の内容についての情報とは、振動の強弱、硬軟、冷熱、接触圧の強弱などである。記憶部36は、画像情報43と、GSR検出信号28と、心拍数検出信号62と、ヒューマンエラー誘引プログラム情報67と、得点情報68とが入力され、これらが示す情報を時間によって相互に関連付けて作業記録テーブル70に記憶する。また記憶部36は、作業記録テーブル70に記憶した情報を読み出して作業記録情報71として画像情報生成部34に対して出力する。

【0049】

表示部11は、画像情報43が入力され、画像14を作業者5に対して表示する。音声出力部15は、音声出力指令63が入力され、音声出力指令63が指定する音声を出力する。照明装置12bは、照明強度指令66が入力され、照明強度指令66にしたがって照明の明るさを調節する。

【0050】

作業者5は、図2に示すように、目51と、脳52と、身体53とを有するシステムとして把握され得る。目51は、画像14を視覚情報54として脳52に伝える。身体53は、身体感覚情報55を脳52に伝える。身体感覚情報55は、身体53が受けている触覚刺激25や身体53の位置情報57及び姿勢情報58を含んでいる。

【0051】

図6に示されるように、制御部31は、仮想的な身体42の移動量を計算するための係数として、変換係数k1と、割増・割引係数k2と、時定数係数k3と、強制移動係数k4とを設定し、これらを示す情報を含む身体運動指令47を出力する。また、制御部31は、仮想空間内の領域としての危険エリアを設定する。危険エリアは、例えば、後述する

10

20

30

40

50

汚泥脱水機の回転部分 4 1 2 を含むように設定される。制御部 3 1 は、危険エリアの仮想空間内の位置を示す危険エリアの位置ベクトル P_k と、仮想的な身体 4 1 の仮想空間内の位置を示す仮想的な身体 4 2 の位置ベクトル P_c についての情報を含む身体運動指令 4 7 を出力する。

【0052】

図 7 に示されるように、身体計算部 3 3 は、身体運動指令 4 7 に基づいて、移動量ベクトル $Y(n)$ を式 (1) のように計算し、仮想的な身体 4 2 が移動量ベクトル $Y(n)$ に従って仮想空間内を移動するように仮想的な身体 4 2 を計算する。

$$Y(n) = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot X + (1 - k_3) \cdot Y(n-1) + k_4 \cdot (P_k - P_c) \quad \dots (1)$$

移動量ベクトル $Y(n)$ は、右辺第 1 項のベクトルと、右辺第 2 項のベクトルと、右辺第 3 項のベクトルとの和として表現されている。右辺第 1 項のベクトルは、身体計算部 3 3 が位置検出信号 2 6 に基づいて計算した身体 5 3 の移動を示す移動量ベクトル X と、変換係数 k_1 と、割増・割引係数 k_2 と、時定数係数 k_3 との積である。右辺第 2 項のベクトルは、身体計算部 3 3 が前回計算した仮想的な身体 4 2 の移動量ベクトル $Y(n-1)$ と $(1 - k_3)$ との積である。右辺第 3 項のベクトルは、仮想的な身体 4 2 から危険エリアを見る方向のベクトル $(P_k - P_c)$ と強制移動係数 k_4 の積である。変換係数 k_1 は、割増・割引係数 k_2 、及び時定数係数 k_3 が 1 に設定され、強制移動係数 k_4 がゼロに設定されている場合に、作業員 5 から見た身体 5 3 の移動量ベクトルと作業員 5 から見た画像 1 4 に表示された仮想的な身体 4 2 の移動量ベクトルとが、始点、方向、大きさにおいて一致するように設定されている。ここで、表示部 1 1 が画像 1 4 を表示することは画像 1 4 を示す光を表示面 1 1 a から出力することである。したがって、変換係数 k_1 の設定を別の言葉で表現すれば、変換係数 k_1 は、割増・割引係数 k_2 、及び時定数係数 k_3 が 1 に設定され、強制移動係数 k_4 がゼロに設定されている場合に、表示部 1 1 から出力され、ハーフミラー 1 2 a によって反射された画像 1 4 の中の仮想的な身体 4 2 を示す光が、作業員 5 が身体 5 3 を見る視線を逆方向に進むように設定されている。なお、割増・割引係数 k_2 は、正の値をとる。時定数係数 k_3 は、ゼロより大きく 1 以下の値をとる。強制移動係数 k_4 は、ゼロ以上の値をとる。

【0053】

図 3 は、本発明の実施形態に係るシミュレーション方法についてのフローチャートを示している。本発明の実施形態に係るシミュレーション装置を使用するこのシミュレーション方法は、作業員 5 に仮想空間内の仮想的な身体 4 2 を自己の身体であると錯覚させるステップ S 1 と、作業員 5 に仮想空間内で所定の作業をさせるステップ S 2 と、ステップ S 2 において行った作業に関する評価を表示するステップ S 3 とを有している。作業員 5 は、予めステップ S 1 において仮想的な身体 4 2 を自己の身体 5 3 であるかのように錯覚しているため仮想的な身体 4 2 を自己の身体 5 3 と認識した状態でステップ S 2 における作業をすることとなる。

【0054】

図 4 に示すように、ステップ S 1 は、ステップ S 1 1 と、ステップ S 1 2 と、ステップ S 1 3 と、ステップ S 1 4 とを有している。

【0055】

ステップ S 1 1 ~ ステップ S 1 4 においては、制御部 3 1 は、割増・割引係数 k_2 及び時定数係数 k_3 を 1 に設定し、強制移動係数 k_4 をゼロに設定している。

【0056】

ステップ S 1 1 は、準備をするステップである。作業員 5 は、椅子 1 3 に座り、データグローブ 2 を装着した身体 5 3 (手) をカバー 1 2 の開口部からカバー 1 2 の中に入れ、ハーフミラー 1 2 a 越しに身体 5 3 を見る。

【0057】

ステップ S 1 2 は、表示部 1 1 が身体 5 3 の位置及び姿勢にリアルタイムで追従する仮想的な身体 4 2 を含む画像 1 4 の表示を開始するステップである。位置検出部 2 2 は位置

10

20

30

40

50

情報 5 7 を検出して位置検出信号 2 6 を出力し、姿勢検出部 2 3 は姿勢情報 5 8 を検出して姿勢検出信号 2 7 を出力する。身体計算部 3 3 は、身体運動指令 4 7、位置検出信号 2 6、及び姿勢検出信号 2 7 が入力され、位置情報 5 7 及び姿勢情報 5 8 が反映された仮想的な身体 4 2 を仮想空間内に計算する。画像情報生成部 3 4 は、仮想的な身体 4 2 を含む仮想空間の画像 1 4 を示す画像情報 4 3 を生成して出力する。表示部 1 1 は、画像情報 4 3 に基づいて画像 1 4 を作業員 5 に対して表示する。このとき、画像 1 4 として表示されている仮想的な身体 4 2 は、身体 5 3 の位置及び姿勢にリアルタイムで追従して運動する。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 1 3 は、照明と画像の明るさを調節するステップである。制御部 3 1 は、画像 1 4 を時間の経過とともに徐々に明るくさせるための画像情報生成指令 6 5 を出力し、照明装置 1 2 b が身体 5 3 に当てている照明を時間の経過とともに徐々に暗くさせるための照明強度指令 6 6 を出力する。画像情報生成部 3 4 は、画像情報生成指令 6 5 に応答して、画像 1 4 が時間の経過とともに徐々に明るくなるように画像情報 4 3 を生成する。照明装置 1 2 b は、照明強度指令 6 6 に応答して身体 5 3 に当てている照明を時間の経過とともに徐々に暗くする。このようにすることで、身体 5 3 が作業員 5 の視界から隠され、身体 5 3 の位置及び姿勢が反映された仮想的な身体 4 2 が画像 1 4 として作業員 5 に示される。このとき、作業員 5 は、自己の身体 5 3 があるべき位置に表示され、且つ、身体動作指令 5 6 のとおりに動作する仮想的な身体 4 2 を、自己の身体 5 3 であるかのように錯覚する。

【 0 0 5 9 】

ステップ S 1 4 は、仮想的な身体 4 2 に物体が繰り返し接触する画像 1 4 を表示し、画像 1 4 に同期した触覚刺激 2 5 を身体 5 3 に与えるステップである。物体計算部 3 2 は、仮想空間内に仮想的な物体 4 1 としての第 1 物体 4 1 1 を計算する。ここで、制御部 3 1 は、第 1 物体 4 1 1 及び仮想的な身体 4 2 の情報に基づいて、第 1 物体 4 1 1 を仮想的な身体 4 2 に繰り返し接触させるための物体運動指令 4 5 を生成して物体計算部 3 2 に対して出力する。物体計算部 3 2 は、物体運動指令 4 5 が規定する運動をするように第 1 物体 4 1 1 を計算する。したがって、表示部 1 1 は、第 1 物体 4 1 1 が仮想的な身体 4 2 に繰り返し接触する画像 1 4 を表示する。一方、触覚刺激指令生成部 3 5 は、第 1 物体 4 1 1 と仮想的な身体 4 2 とが接触したタイミングで、接触の部位及び触覚刺激の内容を示す触覚刺激指令 4 4 を生成して出力する。触覚刺激部 2 1 は、触覚刺激指令 4 4 に対応する触覚刺激 2 5 を身体 5 3 に与える。ここで、身体 5 3 が触覚刺激部 2 1 から受ける触覚刺激 2 5 と、目 5 1 が表示部 1 1 から受ける画像 1 4 とでは、接触の部位、強弱等の触覚刺激の内容、接触のタイミングとが一致するため、作業員 5 は、画像 1 4 として表示された仮想的な身体 4 2 を、自己の身体 5 3 であるかのように更に強く錯覚する。

【 0 0 6 0 】

なお、作業員 5 から見た身体 5 3 の移動量ベクトルと作業員 5 から見た画像 1 4 に表示された仮想的な身体 4 2 の移動量ベクトルとが、始点、方向、大きさにおいて一致するようになされていない場合であっても、ステップ S 1 4 によって作業員 5 に仮想的な身体 4 2 を自己の身体 5 3 であるかのように錯覚させることは可能である。この場合、ハーフミラー 1 2 a のような遮蔽物によって身体 5 3 が作業員 5 の視界から隠されていることが好ましい。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 2 においては、作業員 5 は、画像 1 4 として表示される仮想的な身体 4 2 を自己の身体 5 3 であると錯覚した状態で、所定の作業を仮想的に行う。ここでは、汚泥脱水機に付着した汚れを清掃する作業を例として説明する。

【 0 0 6 2 】

仮想的な物体 4 1 としての汚泥脱水機は、回転をしている回転部分 4 1 2 と、それ以外の部分である清掃対象部分 4 1 3 とを有している。作業員 5 は、回転部分 4 1 2 に巻き込まれないように注意しながら清掃対象部分 4 1 3 に付着した汚れ 4 1 4 を仮想的な物体 4

10

20

30

40

50

1としてのウエス415を用いて拭き取る。

【0063】

図6に示されるように、制御部31は、汚れに関する情報310を設定することで汚れ414を発生させる。汚れに関する情報310は、清掃対象部分413上の位置と、汚れが付着している清掃対象部分413上の範囲と、汚れの程度と、汚れの落ち易さと、汚れを落とすことにより加算される得点とを設定している。ここで、汚れの程度としては、汚れの色を指定する数値又は汚れの透過度を指定するアルファ値のような所定の数値が設定されている。落ち易さとしては、汚れの程度を示す数値を減少させる単位減少分が設定されている。汚れを落とすことにより加算される得点は、例えば、回転部分412に近い汚れ414では高く、回転部分412から遠い汚れ414では低く、ただし回転部分412を含むように設定された危険エリア内の汚れ414では減点となるように設定することが可能である。

10

【0064】

ステップS2においては、物体計算部32は、仮想的な物体41としての回転部分412、汚れ414が付着した清掃対象部分413、及びウエス415を仮想空間内に計算する。物体運動指令45は、回転部分412の回転運動を規定している。また、制御部31は、仮想的な身体42がウエス415の位置で掴む姿勢をとっている場合は、ウエス415が仮想的な身体42と一体となって動くことを規定する物体運動指令45を生成して出力する。制御部31は、汚れに関する情報310を設定した場合には、汚れに関する情報310において設定されている汚れ414の位置、範囲、及び程度を指定する汚れ情報64を画像情報生成部34に対して出力する。画像情報生成部34は、汚れ情報64が指定する汚れ414が付着した清掃対象部分413を含む画像14を示す画像情報43を生成する。制御部31は、仮想的な物体41としてのウエス415と仮想的な物体41としての汚れ414との位置が重なっている場合において両者が相対的に移動したときに汚れに関する情報310に設定されている汚れの程度を示す数値を汚れの落ち易さを示す単位減少分だけ減少させる。したがって、作業員5は、仮想的な身体42がウエス415の位置にくるように身体53を動かし、さらに、掴む姿勢をとるように身体53を動かすことで、仮想的な身体42でウエス415を掴むことができる。そして、作業員5が、ウエス415で汚れ414をこするように身体53を動かせば、そのたびに汚れに関する情報310に設定されている汚れの程度を示す数値が減少し、汚れ414がウエス415で拭き取られていくかのような画像14が表示される。ここで、制御部31は、汚れに関する情報310に設定されている汚れの程度を示す数値が所定の値（例えばゼロ）以下にまで減少した場合は、汚れに関する情報310の設定を取り消す。なお、制御部31は、同時に複数の汚れに関する情報310を設定することで複数の異なる汚れ414を発生させることが可能である。

20

30

【0065】

ステップS2においては、触覚刺激指令生成部35は、仮想的な物体41としての清掃対象部分413と仮想的な身体42とが接触している場合、触覚刺激部21に振動としての触覚刺激25を身体53に与えさせる触覚刺激指令44を出力してもよい。汚泥脱水機の振動が身体53に伝わるために現実感が高まる。

40

【0066】

図5に示すように、ステップS2は、ステップS21と、ステップS22と、ステップS23と、ステップS24と、ステップS25と、ステップS26とを有している。

【0067】

ステップS21、ステップS22、ステップS25においては、制御部31は、ヒューマンエラー誘引プログラムが実行されていないときの設定として、割増・割引係数k2及び時定数係数k3を1に設定し、強制移動係数k4をゼロに設定している。

【0068】

ステップS21は、1台目の汚泥脱水機の清掃作業をするステップである。制御部31は、汚れに関する情報310を設定することで汚れ414を発生させる。作業員5は、汚

50

れ４１４をウエス４１５で拭き取る汚泥脱水機の清掃作業を仮想的に実行する。ステップＳ２１においては、作業５を仮想的な清掃作業に慣れさせることが目的であり、清掃作業に対して制限時間は設けられていない。また、作業中に事故は発生せず、事故の発生しやすい状況を意図的につくるためのヒューマンエラー誘引プログラムも実行されない。

【００６９】

ステップＳ２２は、２台目の汚泥脱水機の清掃作業を実行するステップである。制御部３１は、汚れに関する情報３１０を設定することで汚れ４１４を発生させる。作業５は、汚れ４１４をウエス４１５で拭き取る汚泥脱水機の清掃作業を仮想的に実行する。制御部３１は、回転部分４１２を含むように危険エリアを設定し、仮想的な身体４２又は仮想的な身体４２が保持しているウエス４１５が危険エリアに入らないか監視する。

10

【００７０】

ステップＳ２２においては、本発明の実施形態に係るシミュレーション装置は、ヒューマンエラー誘引プログラムを実行する。

【００７１】

図８は、ヒューマンエラー誘引プログラムを示している。

【００７２】

作業への集中過多によるミスを誘引しようとするヒューマンエラー誘引プログラムは、作業５に手元ばかりを見させるような、つまり画像１４の中の仮想的な身体４２の近くだけを見させるような演出を行うものである。具体的には、汚れを落とすごとに得点を加算すること、作業５の視覚を制限すること、若しくは得点が一定値を超えた場合に汚れを落ちにくくするとともに汚れの発生位置を危険エリアに近づけること、又はこれらを組み合わせたものを実行する。

20

【００７３】

汚れを落とすごとに得点を加算するため、制御部３１は、汚れ４１４が拭き取られて汚れに関する情報３１０で設定されている汚れの程度を示す数値が所定の値以下になった場合に、汚れに関する情報３１０で設定されている得点分だけ加算した総得点を計算する。そして制御部３１は、総得点が画像１４の中に表示される画像情報４３を画像情報生成部３４に生成させるための画像情報生成指令６５を画像情報生成部３４に対して出力する。したがって、表示部１１は、画像１４中に総得点を表示する。

【００７４】

30

作業５の視覚を制限するため、制御部３１は、画像１４を暗くさせる画像情報４３、又は、画像１４中に仮想的な身体４２の近傍だけをはっきりと表示させる画像情報４３を、画像情報生成部３４に生成させるための画像情報生成指令６５を出力する。したがって、表示部１１は、相対的に暗い画像１４、又は、仮想的な身体４２の近傍だけがはっきりと表示された画像１４を表示する。

【００７５】

総得点が一定値を超えた場合には、汚れを落ちにくくするとともに汚れの発生位置を危険エリアに近づけるため、制御部３１は、汚れに関する情報３１０を設定して汚れ４１４を発生させるときに、汚れの落ち易さを示す単位減少分を小さく設定し、汚れの位置を危険エリアの近くに設定する。

40

【００７６】

作業５は、作業への集中過多によるミスを誘引しようとするヒューマンエラー誘引プログラムが実行された状況で作業を行うことにより、集中過多であることを自覚できるようになり、メタ認知による注意配分を改善することができる。

【００７７】

見た目判断によるミスを誘引しようとするヒューマンエラー誘引プログラムは、作業環境に対して作業５が持った第一印象と現在の作業環境とにずれを生じさせる演出を行うものである。具体的には、注意をそらすような表示をしている間に汚れを危険エリアに移動させること、若しくは仮想的な身体４２を危険エリアの方に移動させる場合に作業５が意図するよりも大きく移動させること、又はこれらを組み合わせたものを実行する。

50

【 0 0 7 8 】

注意をそらすような表示をしている間に汚れを危険エリアに移動するため、制御部 3 1 は、汚れに関する情報 3 1 0 を設定して危険エリア外に汚れ 4 1 4 を発生させる。その後制御部 3 1 は、作業 5 の注意をそらせるような所定の表示を含む画像 1 4 の画像情報 4 3 を画像情報生成部 3 4 に生成させるための画像情報生成指令 6 5 を出力する。そして制御部 3 1 は、表示部 1 1 が作業 5 の注意をそらせるような所定の表示をしている間に汚れに関する情報 3 1 0 における汚れの位置の設定を危険エリア内となるように変更する。したがって、作業 5 が所定の表示に気を取られているあいだに汚れ 4 1 4 の位置が危険エリア内に変更される。

【 0 0 7 9 】

10

仮想的な身体 4 2 を危険エリアの方に移動させる場合に作業 5 が意図するよりも大きく移動させるため、制御部 3 1 は、移動量ベクトル $Y(n-1)$ と同じ方向を向く単位ベクトルと仮想的な身体 4 2 から危険エリアを見る方向を示す単位ベクトルとの内積が所定の値より大きい場合に、割増・割引係数 k_2 を 1 より大きい値に設定する。したがって、作業 5 が仮想的な身体 4 2 を危険エリアの方に動かそうとする場合には、仮想的な身体 4 2 は作業 5 が意図するよりも大きく移動する。

【 0 0 8 0 】

作業 5 は、見た目判断によるミス誘引しようとするヒューマンエラー誘引プログラムが実行された状況で作業を行うことにより、第一印象に対する信頼度を低減してメタ認知による注意配分を改善することができる。

20

【 0 0 8 1 】

パニック状態によるミス誘引しようとするヒューマンエラー誘引プログラムは、所定の異音を大音量で発生させる演出を行うものである。具体的には、サイレンの音、衝突音、爆発音のような危険を連想させる音を発生すること、若しくは悲鳴を発生すること、又はこれらを組み合わせたものを実行する。

【 0 0 8 2 】

制御部 3 1 は、危険を連想させる所定の音、又は、所定の悲鳴を発生させるための音声出力指令 6 3 を音声出力部 1 5 に対して出力する。音声出力部 1 5 は、音声出力指令 6 3 に従って、危険を連想させる所定の音、又は所定の悲鳴を大音量で発生する。

【 0 0 8 3 】

30

集中力欠如によるミス誘引しようとするヒューマンエラー誘引プログラムは、作業 5 の視覚情報 5 4 と身体感覚情報 5 5 とにずれを生じさせる演出を行うものである。具体的には、身体 5 3 の移動とは無関係に仮想的な身体 4 2 を移動させて仮想的な身体 4 2 を危険エリアに近づけること、雑音・騒音などの所定の効果音を発生すること、画像 1 4 の端に作業とは無関係の所定のメッセージを一瞬だけ表示すること、若しくは作業中にウエスの大きさを変化させること、又はこれらを組み合わせたものを実行する。

【 0 0 8 4 】

身体 5 3 の移動とは無関係に仮想的な身体 4 2 を移動させて仮想的な身体 4 2 を危険エリアに近づけるために、制御部 3 1 は、強制移動係数 k_4 を正の値に設定する。したがって仮想的な身体 4 2 は、作業 5 の意思が反映された身体 5 3 の移動とは無関係に危険エリアに接近する。

40

【 0 0 8 5 】

雑音・騒音などの所定の効果音を発生するために、制御部 3 1 は、所定の効果音を発生させるための音声出力指令 6 3 を音声出力部 1 5 に対して出力する。音声出力部 1 5 は、音声出力指令 6 3 に従って、所定の効果音を発生する。

【 0 0 8 6 】

画像 1 4 の端に作業とは無関係の所定のメッセージを一瞬だけ表示させるため、制御部 3 1 は、画像 1 4 の端に所定のメッセージが一時的に表示される画像情報 4 3 を画像情報生成部 3 4 に生成させるための画像情報生成指令 6 5 を出力する。したがって表示部 1 1 は、画像 1 4 の端に作業とは無関係なメッセージを一時的に表示する。

50

【 0 0 8 7 】

作業中にウエス 4 1 5 の大きさを変化させるため、物体計算部 3 2 は、サイズが大きく又は小さくなるようにウエス 4 1 5 を計算する。

【 0 0 8 8 】

作業 5 は、集中力欠如によるミスを誘引しようとするヒューマンエラー誘引プログラムが実行された状況で作業を行うことにより、技能ベースの作業における身体感覚と視覚情報のずれを認識し、メタ認知による意識配分を改善することができる。

【 0 0 8 9 】

慌てることによるミスを誘引しようとするヒューマンエラー誘引プログラムは、作業 5 を慌てさせる演出を行うものである。具体的には、制限時間を設けること、若しくは作業を急がせるような所定のメッセージを表示すること、又はこれらを組み合わせたものを
10 実行する。

【 0 0 9 0 】

制御部 3 1 は、制限時間を設定し、画像 1 4 中に残り時間が表示される画像情報 4 3 を画像情報生成部 3 4 に生成させるための画像情報生成指令 6 5 を出力する。したがって表示部 1 1 は、画像 1 4 中に残り時間を表示する。

【 0 0 9 1 】

作業を急がせるような所定のメッセージを表示させるため、制御部 3 1 は、画像 1 4 中に所定のメッセージが表示される画像情報 4 3 を画像情報生成部 3 4 に生成させるための画像情報生成指令 6 5 を出力する。したがって、表示部 1 1 は、画像 1 4 中に所定のメ
20 セージを表示する。

【 0 0 9 2 】

イライラ（ストレス）によるミスを誘引しようとするヒューマンエラー誘引プログラムは、作業 5 をイライラさせるような演出を行うものである。具体的は、仮想的な身体 4 2 を汚れ 4 1 4 の方へ移動させる場合に作業 5 が意図するよりも小さく移動させること、汚れ 4 1 4 を落ちにくくすること、若しくは作業 5 をイライラさせる（作業 5 にスト
レスを与えるような）表示をすること、又はこれらを組み合わせたものを実行する。

【 0 0 9 3 】

仮想的な身体 4 2 を汚れ 4 1 4 の方へ移動させる場合に作業 5 が意図するよりも小さく移動させるため、制御部 3 1 は、移動量ベクトル $Y(n-1)$ と同じ方向を向く単位ベ
30 クトルと仮想的な身体 4 2 から汚れ 4 1 4 を見る方向を示す単位ベクトルとの内積が所定の値より大きい場合に、割増・割引係数 k_2 を 1 より小さい値に設定する。したがって、作業 5 が仮想的な身体 4 2 を汚れ 4 1 4 の方に動かそうとする場合には、仮想的な身体 4 2 は作業 5 が意図するよりも小さく移動する。

【 0 0 9 4 】

汚れ 4 1 4 を落ちにくくするため、制御部 3 1 は、汚れに関する情報 3 1 0 を設定して汚れ 4 1 4 を発生させるときに、汚れの落ち易さを示す単位減少分を小さく設定する。あるいは、制御部 3 1 は、ウエス 4 1 5 と汚れ 4 1 4 との位置が重なっている場合において両者が相対的に移動したときに汚れに関する情報 3 1 0 に設定されている汚れの程度を示す数値を汚れの落ち易さを示す単位減少分だけ減少させるか否かをランダムに選択する。
40 したがって、汚れ 4 1 4 をウエス 4 1 5 で拭いたときに、汚れ 4 1 4 が少ししか落ちなくなり、又は、汚れ 4 1 4 が全く落ちない場合が生じる。

【 0 0 9 5 】

作業 5 をイライラさせるような表示をするため、制御部 3 1 は、画像 1 4 中に所定の表示、例えば作業が遅いことを非難する表示がなされる画像情報 4 3 を画像情報生成部 3 4 に生成させるための画像情報生成指令 6 5 を出力する。したがって、表示部 1 1 は、画像 1 4 中にこの表示を表示する。

【 0 0 9 6 】

ここで、制御部 3 1 は、生体情報検出器としての G S R 検出部 2 4 及び心拍数検出器 6 1 が出力した G S R 検出信号 2 8 及び心拍数検出信号 6 2 に基づいて、イライラ（スト
50 レス）

ス)によるミスを誘引しようとするヒューマンエラー誘引プログラムを実行するタイミングを決定してもよく、又は、仮想的な身体42を汚れ414の方へ移動させる場合に作業
者5が意図するよりも小さく移動させること、汚れ414を落ちにくくすること、若しく
は作業5をイライラさせる(作業5にストレスを与えるような)表示をすること、又は
これらを組み合わせたものを実行すること、のいずれを行うかを選択してもよい。こ
こで「GSR検出信号28及び心拍数検出信号62に基づいて」とは、例えば、GSR検出
信号28及び心拍数検出信号62が示す数値が所定の閾値をまたいで変化したことに応
答してヒューマンエラー誘引プログラムを実行すること、又は、実行すべきヒューマンエ
ラー誘引プログラムの具体的内容をGSR検出信号28及び心拍数検出信号62が示す数値
又は数値の変化に対応させて予め設定しておいてその内容を実行することである。GSR
検出信号28及び心拍数検出信号62に基づいてイライラ(ストレス)によるミスを誘引
しようとするヒューマンエラー誘引プログラムを実行することとすれば、作業5を確
実にイライラさせることができる。

10

【0097】

ステップS23は、制御部31がステップS22において、仮想的な身体42又は仮
想的な身体42に保持されたウエス415が危険エリアに入ったことを検出し、又は、汚
れ414が全て拭き取られて作業が終了したことを検出するステップである。ステップS
23において制御部31が危険エリアに入ったことを検出した場合はステップS24に進
み、作業が終了したことを検出した場合にはステップS25に進む。

【0098】

20

ステップS24においては、制御部31は、ウエス415及び仮想的な身体42が回転
部分412に巻きこまれたときのウエス415及び仮想的な身体42の運動をそれぞれ指
定する物体運動指令45及び身体運動指令47を出力する。身体運動指令47が指定す
る運動は、巻きこまれによる身体の変形、身体の位置の変化、又はその両者を含むものとする。
身体計算部33は、仮想的な身体42が身体運動指令47が指定する運動をするよう
に仮想的な身体42を計算する。このとき身体計算部は、位置情報57及び姿勢情報58
がまったく反映されないように仮想的な身体42を計算してもよく、部分的に反映される
ように計算してもよい。

【0099】

また、ステップS24においては、触覚刺激指令生成部35は触覚刺激指令44を出力
しなくても良いが、出力した場合には作業5は仮想的な身体42の身体運動指令47に
基づく運動に高度の現実感を覚える。ここで、触覚刺激指令生成部35が仮想的な身体4
2と仮想的な物体41とに基づいて触覚刺激指令44を出力するときには、触覚刺激25
が所定の強度を超えないように触覚刺激部21が調整されていることが望ましい。

30

【0100】

作業5は、画像14中に表示される仮想的な身体42を自己の身体53であると錯覚
しているため、事故が現実起きたときと同様の身体感覚情報55が脳52に入力されな
い場合であっても、脳52に入力される仮想的な身体42の事故による運動という視覚情
報54によって、現実には事故を経験しているかのような感覚に襲われる。

【0101】

40

ステップS24が終了するとステップS3に進む。

【0102】

ステップS25は、3台目の汚泥脱水機の清掃作業を実行するステップである。制御部
31は、汚れに関する情報310を設定することで汚れ414を発生させる。作業5は
、汚れ414をウエス415で拭き取る汚泥脱水機の清掃作業を仮想的に実行する。制御
部31は、回転部分412を含むように危険エリアを設定し、仮想的な身体42又は仮
想的な身体42が保持しているウエス415が危険エリアに入らないか監視する。

【0103】

ステップS25においては、本発明の実施形態に係るシミュレーション装置は、ステ
ップS22と同様にヒューマンエラー誘引プログラムを実行する。このとき、ヒューマンエ

50

ラー誘引プログラムを実行する頻度を増加すること等により、作業をより難しくすることが可能である。

【0104】

ステップS26は、制御部31がステップS25において、仮想的な身体42又は仮想的な身体42に保持されたウエス415が危険エリアに入ったことを検出し、又は、汚れ414が全て拭き取られて作業が終了したことを検出するステップである。ステップS26において制御部31が危険エリアに入ったことを検出した場合はステップS24に進み、作業が終了したことを検出した場合にはステップS3に進む。

【0105】

ステップS2においては、特にステップS21、S22、S25においては、記憶部36は、画像情報43と、GSR検出信号28と、心拍数検出信号62と、ヒューマンエラー誘引プログラム情報67と、得点情報68とが入力され、これらが示す情報を記憶部36に入力された時（又はこれらが生成された時）によって相互に関連付けて作業記録テーブル70に記憶する。ステップS2において、制御部31は、ヒューマンエラー誘引プログラムを実行したときにその内容を示すヒューマンエラー誘引プログラム情報67を出力し、汚れ414を拭き取ったことにより得点を加算したときにその加算した得点と加算後の総得点とを示す得点情報68を出力する。

【0106】

本実施形態に係るシミュレーション装置は、ステップS22及びステップS25において、以下に示す3つの処理を実行してもよい。

【0107】

第1の処理として、制御部31は、1に設定されていた時定数係数 k_3 を1より小さい値に設定する。すると、仮想的な身体42が移動する速さが遅くなる。同様にして仮想的な身体42の姿勢が変化する速さも遅くすることができる。つまり、仮想的な身体42が動く速さを遅くすることができる。このとき作業員5は、自己の身体53が突然重たくなったかのように感じる。

【0108】

第2の処理として、制御部31は、1に設定されていた割増・割引定数 k_2 を1より大きい値に設定する。または、第2の処理として、制御部31は、ゼロに設定されていた強制移動係数 k_4 を正の値に設定する。作業員5が意図するよりも仮想的な身体42が大きく移動するため、作業員5は自己の身体53が何かに引っ張られて移動したかのように感じる。第2の処理においては、移動量ベクトル X の大きさと移動量ベクトル $Y(n)$ の大きさとの比が変化する。

【0109】

第3の処理として、制御部31は、割増・割引定数 k_2 及び時定数係数 k_3 を変化させる。また、第3の処理として、制御部31は、割増・割引定数 k_2 、時定数係数 k_3 、及び強制移動係数 k_4 を時間や条件に応じて変化させる。このとき、移動量ベクトル X が変化するタイミングと、この変化にตอบสนองして移動量ベクトル $Y(n)$ が変化するタイミングとのタイミング差が変化する。つまり、身体53の動きが変化するタイミングと、この動きの変化にตอบสนองして仮想的な身体42の動きが変化するタイミングとのタイミング差が変化する。第3の処理によりこのタイミング差を大きくすれば、作業員5は、今まで身体53であると錯覚していた仮想的な身体42が突然に身体動作指令56にตอบสนองしなくなるため、これまで仮想的な身体42に誘発されていた身体感覚が自己の身体53に戻る。これにより、作業員5に身体感覚がずれていたことを気づかせることができる。

【0110】

ステップS3は、ステップS2で実行した作業についての作業員5の評価を表示するステップである。制御部31は、作業についての作業員5の評価を表示する画像14の画像情報43を画像情報生成部34に生成させるための画像情報生成指令65を出力する。画像情報生成部34は、記憶部36が出力した作業記録テーブル70に記録されたステップS2における作業中の画像情報43、GSR検出信号28、心拍数検出信号62、ヒュー

10

20

30

40

50

マンエラー誘引プログラム情報 67、及び得点情報 68 を示す作業記録情報 71 に基づいて画像情報 43 を生成する。したがって表示部 11 は、作業についての作業員 5 の評価を表示する画像 14 を表示する。このとき画像 14 は、ステップ S2 における作業中の場면을示す画像と、得点と、作業中に実行されたヒューマンエラー誘引プログラムの内容と、作業員 5 の心理状態を示す生体情報としての GSR 情報 59 及び心拍数情報 60 とを、これらについての時間情報とともに表示するものであってもよい。

【0111】

作業員 5 は、ステップ S3 により作業中の自身の行動と心理状態とを客観的に把握することができる。

【0112】

作業員 5 は、ステップ S22 及びステップ S25 において、現実さながらの緊張感を感じつつ高度の集中力を発揮して仮想的な作業を実行する。したがって、作業員 5 は、この仮想的な作業によって現実の作業をしたのと同じような経験を積むことができる。

【0113】

また、本実施形態に係るシミュレーション装置を使用すれば、危険な作業のトレーニングも安全かつ効果的に行なうことができる。また、このシミュレーション装置は、作業員の能力や適正の評価に利用しても良い。

【0114】

本実施形態に係るシミュレーション装置は、機械の清掃のみならず、外科手術等を含む様々な作業の訓練及び作業員の評価に利用することができるが、自己の安全を確保しながら作業しなければならない場合に特に好適である。

【0115】

本実施形態に係るシミュレーション装置は、データグローブ 2 の代わりとなる全身を覆うデータスーツとゴーグル型の表示部 11 とを作業員 5 に装着することで、全身を使う作業に対しても適用できる。

【0116】

また、図 9 に示すように、データグローブ 2 の代わりに触覚刺激部 21 及び GSR 検出部 24 が組み込まれたマウス 2' を使用してもよい。マウス 2' は、ボールによる移動検出手段、又は、光学式移動検出手段を位置検出部 22 として備えている。この場合、姿勢検出部 23 としてのマウス 2' の左ボタン又は右ボタンが押されているときに身体(手) 53 が物を掴む姿勢であることが検出される。従来のマウスを改造したマウス 2' をインターフェースとして用いれば、本実施形態に係るシミュレーション装置を低コストで製造できる。

【0117】

また、図 9 に示すように、データグローブ 2 の代わりにタブレット式マウス 2'' をインターフェースとして使用してもよい。タブレット式マウス 2'' は、マウスの形状をしているマウス形状体 201 と、位置検出板 202 とを備えている。マウス形状体 201 は、通常のマウスのような左ボタン及び右ボタンを備えている。マウス形状体 201 は、ボール式又は光学式による位置検出手段を備える代わりに位置指示器 201a を備え、さらに、触覚刺激部 21 及び GSR 検出部 24 を備えている。位置検出板 202 は、平面 202a に沿って配列された多数のセンサを備えている。位置検出部 22 としての位置指示器 201a 及び位置検出板 202 は、両者の間の電磁波の授受により、位置情報 57 を平面 202a 上の 2 次元座標情報として検出する。この場合、姿勢検出部 23 としてのマウス形状体 201 の左ボタン又は右ボタンが押されているときに身体(手) 53 が物を掴む姿勢であることが検出される。タブレット式マウス 2'' は、位置検出板とペンとからなる公知のタブレットにおいてはペンに装備される位置指示器をマウス形状体 201 に装備したものと理解することも可能である。タブレット式マウス 2'' は、マウス 2' と同様に本実施形態に係るシミュレーション装置の低コスト化に貢献するが、身体(手) 53 の絶対座標を検出できる点がマウス 2' よりも優れている。

【0118】

10

20

30

40

50

なお、平面 2 0 2 a を仮想的な面 1 2 c の位置に配置し、マウス 2 ' 又はマウス形状体 2 0 1 を平面 2 0 2 a に沿って移動させることとしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 1 9 】

【図 1】図 1 は、本発明の実施形態に係るシミュレーション装置の構成を示す図である。図 1 (a) は、シミュレーション装置の側面図である。図 1 (b) は、シミュレーション装置の側面図であって、表示部と、ハーフミラーと、作業者の手に装着されたデータグローブとの空間的配置を示す。図 1 (c) は、シミュレーション装置の正面図である。

【図 2】図 2 は、本発明の実施形態に係るシミュレーション装置の機能ブロック図である。

10

【図 3】図 3 は、本発明の実施形態に係るシミュレーション方法を示すフローチャートである。

【図 4】図 4 は、作業者に仮想空間内の身体を自己のものと錯覚させるステップについて示すフローチャートである。

【図 5】図 5 は、作業者に仮想空間内で作業をさせるステップについて示すフローチャートである。

【図 6】図 6 は、制御部が設定する情報について説明するための図である。

【図 7】図 7 は、身体計算部が仮想的な身体の移動量を計算する式について説明するための図である。

【図 8】図 8 は、ヒューマンエラー誘引プログラムを示す図である。

20

【図 9】図 9 は、マウス及びタブレット式マウスについて示す図である。

【符号の説明】

【 0 1 2 0 】

- 1 ... 支持構造
- 1 1 ... 表示部
- 1 1 a ... 表示面
- 1 2 ... カバー
- 1 2 a ... ハーフミラー
- 1 2 b ... 照明装置
- 1 2 c ... 仮想的な面
- 1 3 ... 椅子
- 1 4 ... 画像
- 1 5 ... 音声出力部
- 2 ... データグローブ (インターフェース)
- 2 ' ... マウス (インターフェース)
- 2 ' ' ... タブレット式マウス (インターフェース)
- 2 0 1 ... マウス形状体
- 2 0 1 a ... 位置指示器
- 2 0 2 ... 位置検出板
- 2 0 2 a ... 平面
- 2 1 ... 触覚刺激部
- 2 2 ... 位置検出部
- 2 3 ... 姿勢検出部
- 2 4 ... G S R 検出部
- 2 5 ... 触覚刺激
- 2 6 ... 位置検出信号
- 2 7 ... 姿勢検出信号
- 2 8 ... G S R 検出信号
- 3 ... コンピュータ
- 3 1 ... 制御部

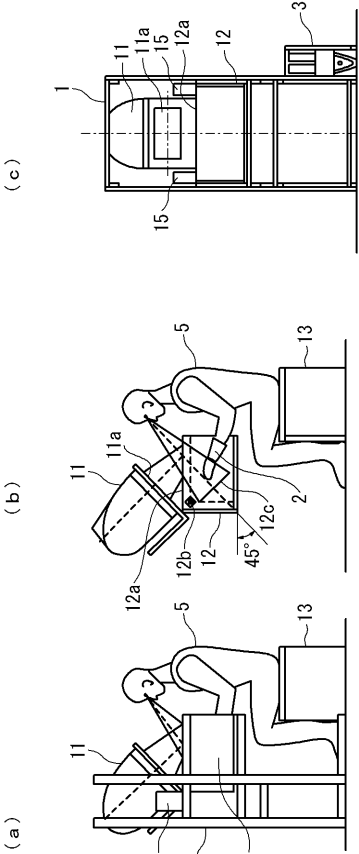
30

40

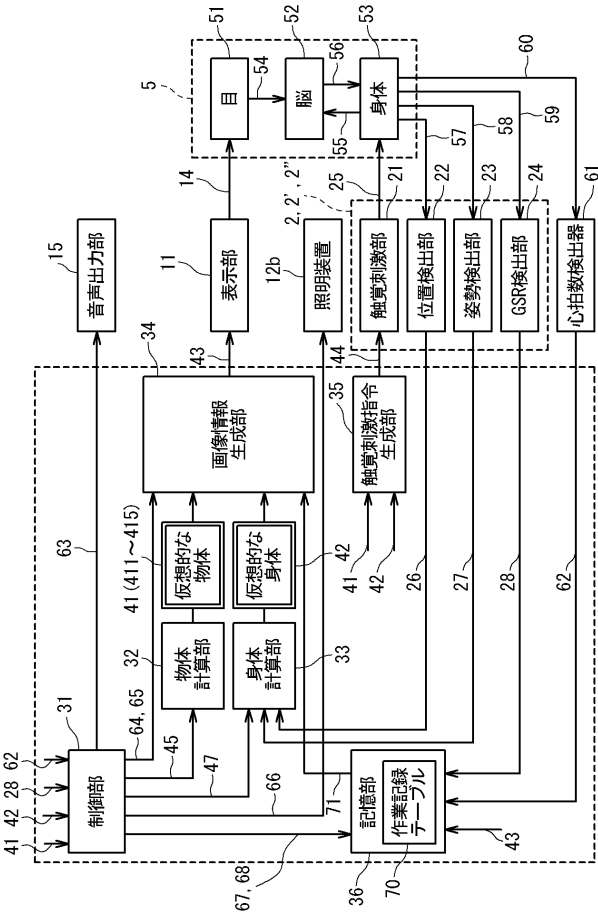
50

3 1 0 ... 汚れに関する情報	
3 2 ... 物体計算部	
3 3 ... 身体計算部	
3 4 ... 画像情報生成部	
3 5 ... 触覚刺激指令生成部	
3 6 ... 記憶部	
4 1 ... 仮想的な物体	
4 1 1 ... 第 1 物体	
4 1 2 ... 回転部分	
4 1 3 ... 清掃対象部分	10
4 1 4 ... 汚れ	
4 1 5 ... ウエス	
4 2 ... 仮想的な身体	
4 3 ... 画像情報	
4 4 ... 触覚刺激指令	
4 5 ... 物体運動指令	
4 7 ... 身体運動指令	
5 ... 作業者	
5 1 ... 目	
5 2 ... 脳	20
5 3 ... 身体 (手)	
5 4 ... 視覚情報	
5 5 ... 身体感覚情報	
5 6 ... 身体動作指令	
5 7 ... 位置情報	
5 8 ... 姿勢情報	
5 9 ... G S R 情報	
6 0 ... 心拍数 (脈拍) 情報	
6 1 ... 心拍数 (脈拍) 検出器	
6 2 ... 心拍数 (脈拍) 検出信号	30
6 3 ... 音声出力指令	
6 4 ... 汚れ情報	
6 5 ... 画像情報生成指令	
6 6 ... 照明強度指令	
6 7 ... ヒューマンエラー誘引プログラム情報	
6 8 ... 得点情報	
7 0 ... 作業記録テーブル	
7 1 ... 作業記録情報	

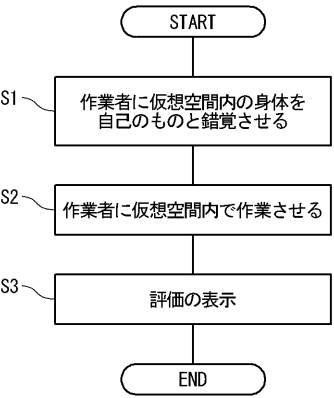
【図 1】



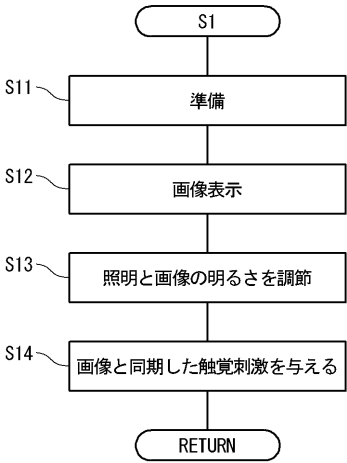
【図 2】



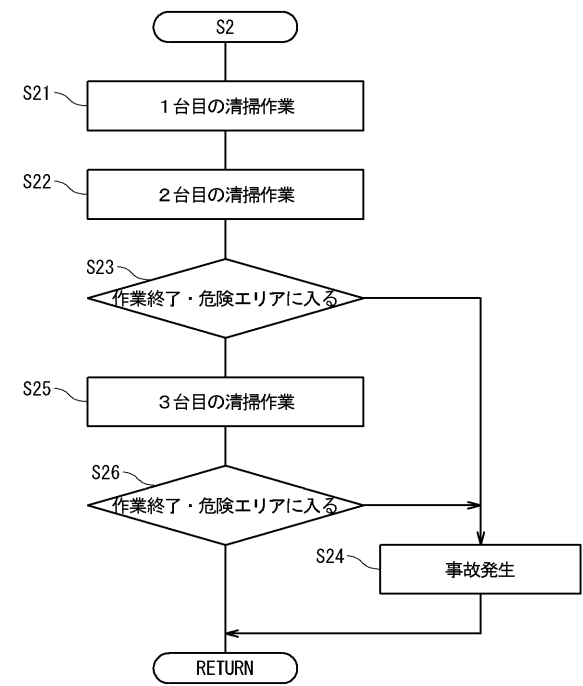
【図 3】



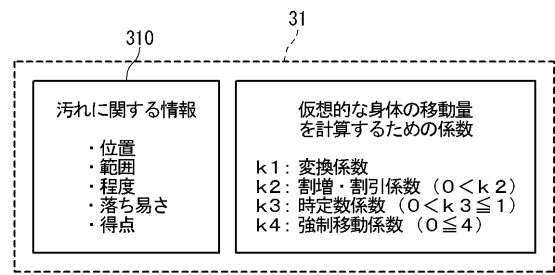
【図 4】



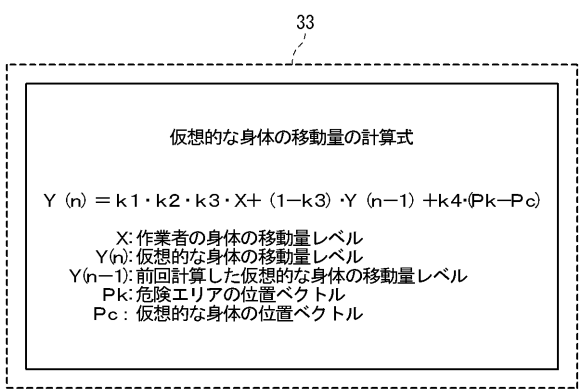
【図5】



【図6】



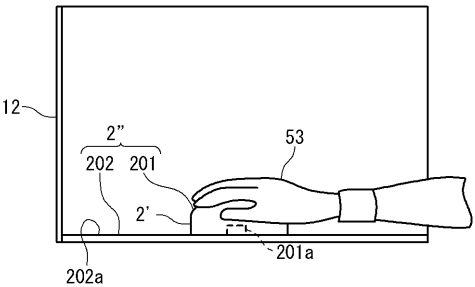
【図7】



【図8】

	ヒューエラー誘引プログラム
誘引しようとするヒューエラー	手元ばかりを見させるような演出をおこなう。 ・汚れを落とすことに得点を加算する。 ・作業者の視覚を制限する。 ・得点が一定値を超えた場合に、汚れを落ちにくくするとともに汚れの発生位置を危険エリアに近づける。
作業への集中過多によるミス	作業環境に対して作業者が持つ第一印象と現在示している作業環境とにずれを生じさせる演出を行う。 ・注意をそらすような演出を、している間に汚れを危険エリア内に移動させる。 ・仮想的な身体を危険エリアの方に移動させる場合に作業者が意図するよりも大きく移動させる。
見えた目判断によるミス	異音を大音量で発生させる演出を行う。 ・危険音が発生する。 ・悲鳴が発生する。
パニック状態によるミス	作業者の視覚と身体感覚にずれを生じさせる演出を行う。 ・作業者の身体は移動とは無関係に仮想的な身体を移動させ、仮想的な身体を危険エリアに近づける。 ・雑音・騒音などの効果音が発生する。 ・画面の端に作業とは無関係のオブジェクトを一瞬だけ表示する。 ・作業中にUIの大きさを変化させる。
集中力欠如によるミス	作業者を驚てさせる演出を行う。 ・制限時間を設ける。 ・作業を急かせるメッセージを表示する。
慌てることによるミス	作業者をイライラさせるような演出を行う。 ・仮想的な手を汚れた方へ移動させる場合に作業者が意図するよりも小さく移動させる。 ・汚れを落ちにくくする。 ・作業者をイライラさせるような表示をする。 ・作業者の心拍数(GSR)に基づいて演出の内容及びタイミングを決定する。
イライラ (ストレス) によるミス	

【図9】



フロントページの続き

- (74)代理人 100117617
弁理士 中尾 圭策
- (72)発明者 河合 隆史
埼玉県本庄市西富田大久保山 1 0 1 1 早稲田リサーチパーク・インキュベーション オン キャ
ンパス内
- (72)発明者 盛川 浩志
埼玉県本庄市西富田大久保山 1 0 1 1 早稲田リサーチパーク・インキュベーション オン キャ
ンパス内
- (72)発明者 神部 勝之
神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町 2 - 2 0 - 1 Y T Uビル 5 F 株式会社ソリッドレイ研究所内
- (72)発明者 斎藤 史彦
神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町 2 - 2 0 - 1 Y T Uビル 5 F 株式会社ソリッドレイ研究所内
- (72)発明者 西村 宏
神奈川県横浜市中区錦町 1 2 番地 三菱重工業株式会社横浜製作所内 三菱重工環境エンジニアリ
ング株式会社内
- (72)発明者 野中 睦
神奈川県横浜市中区錦町 1 2 番地 三菱重工業株式会社横浜製作所内 三菱重工環境エンジニアリ
ング株式会社内

審査官 岡本 俊威

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 0 8 2 7 5 1 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 2 2 2 3 3 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 0 1 3 3 0 9 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 1 9 8 6 9 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 3 3 0 5 8 2 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 6 T 1 9 / 0 0 - 1 9 / 2 0
G 0 9 B 9 / 0 0