

(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2020-172011

(P2020-172011A)

(43) 公開日 令和2年10月22日(2020.10.22)

(51) Int.Cl.  
B25J 19/06 (2006.01)

F I  
B25J 19/06

テーマコード(参考)  
3C707

審査請求 有 請求項の数 16 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2019-76791(P2019-76791)  
 (22) 出願日 平成31年4月15日(2019.4.15)  
 (11) 特許番号 特許第6647640号(P6647640)  
 (45) 特許公報発行日 令和2年2月14日(2020.2.14)

(71) 出願人 000230858  
 日本金銭機械株式会社  
 大阪府大阪市平野区西脇2丁目3番15号  
 (74) 代理人 100136319  
 弁理士 北原 宏修  
 (74) 代理人 100148275  
 弁理士 山内 聡  
 (74) 代理人 100142745  
 弁理士 伊藤 世子  
 (74) 代理人 100143498  
 弁理士 中西 健  
 (72) 発明者 吉田 修一  
 大阪府大阪市平野区西脇2丁目3番15号  
 日本金銭機械株式会社内

最終頁に続く

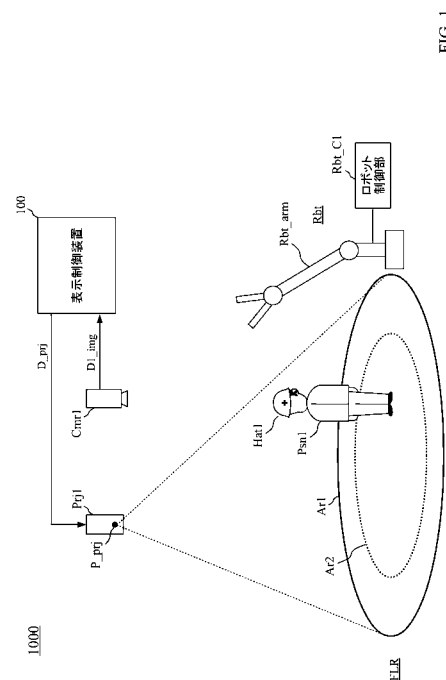
(54) 【発明の名称】 表示制御システム、表示制御方法、および、プログラム

(57) 【要約】

【課題】ロボットアームと人間とが共同作業を行うときの安全領域を適切に表示することで、高い作業効率を確保しつつ、作業の安全性を向上させる技術を実現する。

【解決手段】表示制御システム1000では、ロボットアームRbt\_armよりも上方に設置した撮像部により撮像した画像であって、例えば、ロボットアームの位置、状態、作業員の位置、状態を判別できる画像と、当該画像が取得されたときの安全領域を特定するデータとを訓練データとして、学習させた学習済みモデルを用いた予測処理を行う。そして、表示制御システム1000では、学習したときの同様の状態で撮像した画像を用いて、学習済みモデルによる予測処理を行うことで、入力された画像が撮像されたときの安全領域を予測し、当該安全領域を投影部により投影面に投影する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ロボットアームと可動物体とが混在する可能性がある空間において、可動物体が存在していても安全であると判定される領域である安全領域を、前記空間内において可動物体が認識可能な投影面に、表示するための表示制御システムであって、

前記ロボットアームよりも上方の位置に設置される撮像部と、

(1) 前記空間において、前記撮像部により、前記ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像であって、前記ロボットアームの所定の状態であるときに撮像した前記画像、または、前記ロボットアームが所定の状態となるように前記ロボットアームを制御するための制御データと、(2) 前記ロボットアームが当該所定の状態であるときの安全領域を特定する情報とを含むデータを教師データとして学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する予測処理部であって、予測処理時において、前記撮像部により、前記ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像である予測処理用画像に対して、前記学習済みモデルを用いた前記予測処理を実行することで、前記予測処理用画像を取得したときの前記空間における安全領域を予測し、予測した安全領域を予測安全領域として取得し、前記予測安全領域に基づいて、投影画像データを生成する前記予測処理部と、

前記投影画像データにより形成される投影画像を前記投影面に投影する投影部と、を備える表示制御システム。

**【請求項 2】**

前記予測処理部は、

前記ロボットアームを制御するための前記制御データに基づいて、それぞれ安全度合いに応じて特定される色を有する複数の画像領域を含むように生成された訓練用投影画像データを前記投影面に投影されたときに、前記撮像部により撮像された画像を用いて、学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する、

請求項 1 に記載の表示制御システム。

**【請求項 3】**

前記予測処理部は、

前記ロボットアームを制御するための前記制御データに基づいて、それぞれ安全度合いに応じて特定される輝度を有する複数の画像領域を含むように生成された訓練用投影画像データを前記投影面に投影されたときに、前記撮像部により撮像された画像を用いて、学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する、

請求項 1 に記載の表示制御システム。

**【請求項 4】**

前記予測処理部は、

それぞれ安全度合いに応じて特定される色を有する複数の画像領域を生成し、前記投影画像データにより形成される画像が、生成した前記複数の画像領域を含むように、前記投影画像データを生成する、

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の表示制御システム。

**【請求項 5】**

前記予測処理部は、

それぞれ安全度合いに応じて特定される輝度を有する複数の画像領域を生成し、前記投影画像データにより形成される画像が、生成した前記複数の画像領域を含むように、前記投影画像データを生成する、

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の表示制御システム。

**【請求項 6】**

ロボットアームと可動物体とが混在する可能性がある空間において、可動物体が存在していると危険であると判定される領域である危険領域を、前記空間内において可動物体が認識可能な投影面に、表示するための表示制御システムであって、

前記ロボットアームよりも上方の位置に設置される撮像部と、

10

20

30

40

50

(1) 前記空間において、前記撮像部により、前記ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像であって、前記ロボットアームの所定の状態であるときに撮像した前記画像、または、前記ロボットアームが所定の状態となるように前記ロボットアームを制御するための制御データと、(2) 前記ロボットアームが当該所定の状態であるときの危険領域を特定する情報とを含むデータを教師データとして学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する予測処理部であって、予測処理時において、前記撮像部により、前記ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像である予測処理用画像に対して、前記学習済みモデルを用いた前記予測処理を実行することで、前記予測処理用画像を取得したときの前記空間における危険領域を予測し、予測した危険領域を予測危険領域として取得し、前記予測危険領域に基づいて、投影画像データを生成する前記予測処理部と、

10

前記投影画像データにより形成される投影画像を前記投影面に投影する投影部と、  
を備える表示制御システム。

【請求項7】

前記予測処理部は、

前記ロボットアームを制御するための前記制御データに基づいて、それぞれ危険度合いに応じて特定される色を有する複数の画像領域を含むように生成された訓練用投影画像データを前記投影面に投影されたときに、前記撮像部により撮像された画像を用いて、学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する、

請求項6に記載の表示制御システム。

20

【請求項8】

前記予測処理部は、

前記ロボットアームを制御するための前記制御データに基づいて、それぞれ危険度合いに応じて特定される輝度を有する複数の画像領域を含むように生成された訓練用投影画像データを前記投影面に投影されたときに、前記撮像部により撮像された画像を用いて、学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する、

請求項6に記載の表示制御システム。

【請求項9】

前記予測処理部は、

それぞれ危険度合いに応じて特定される色を有する複数の画像領域を生成し、前記投影画像データにより形成される画像が、生成した前記複数の画像領域を含むように、前記投影画像データを生成する、

30

請求項6から8のいずれかに記載の表示制御システム。

【請求項10】

前記予測処理部は、

それぞれ危険度合いに応じて特定される輝度を有する複数の画像領域を生成し、前記投影画像データにより形成される画像が、生成した前記複数の画像領域を含むように、前記投影画像データを生成する、

請求項6から8のいずれかに記載の表示制御システム。

【請求項11】

前記空間は、床面を有しており、

前記投影面は、前記空間内の床面である、

請求項1から10のいずれかに記載の表示制御システム。

40

【請求項12】

前記空間は、天井面を有しており、

前記撮像部は、前記空間の天井面に設置されている、

請求項1から11のいずれかに記載の表示制御システム。

【請求項13】

前記ロボットアームを制御するロボットアーム制御部をさらに備え、

前記予測処理部が、前記可動物体が安全領域外に移動する可能性が高い、あるいは、前

50

記可動物体が危険領域内に移動する可能性が高いと判断した場合、前記ロボットアーム制御部は、前記ロボットアームの動作を停止させる、および/または、警告を発生させる処理を実行する、

請求項 1 から 1 2 のいずれかに記載の表示制御システム。

【請求項 1 4】

ロボットアームと可動物体とが混在する可能性がある空間において、

前記ロボットアームよりも上方の位置に設置される撮像部と、

画像を所定の投影面に投影する投影部と、

を備える表示制御システムに用いられる表示制御方法であり、

可動物体が存在していても安全であると判定される領域である安全領域を、前記空間内において可動物体が認識可能な投影面に、表示するための表示制御方法であって、

( 1 ) 前記空間において、前記撮像部により、前記ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像であって、前記ロボットアームの所定の状態であるときに撮像した前記画像、または、前記ロボットアームが所定の状態となるように前記ロボットアームを制御するための制御データと、( 2 ) 前記ロボットアームが当該所定の状態であるときの安全領域を特定する情報とを含むデータを教師データとして学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する予測処理ステップであって、予測処理時において、前記撮像部により、前記ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像である予測処理用画像に対して、前記学習済みモデルを用いた前記予測処理を実行することで、前記予測処理用画像を取得したときの前記空間における安全領域を予測し、予測した安全領域を

予測安全領域として取得し、前記予測安全領域に基づいて、投影画像データを生成する前記予測処理ステップと、

、

を備える表示制御方法。

【請求項 1 5】

ロボットアームと可動物体とが混在する可能性がある空間において、

前記ロボットアームよりも上方の位置に設置される撮像部と、

画像を所定の投影面に投影する投影部と、

を備える表示制御システムに用いられる表示制御方法であり、

可動物体が存在している危険であると判定される領域である危険領域を、前記空間内において可動物体が認識可能な投影面に、表示するための表示制御方法であって、

( 1 ) 前記空間において、前記撮像部により、前記ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像であって、前記ロボットアームの所定の状態であるときに撮像した前記画像、または、前記ロボットアームが所定の状態となるように前記ロボットアームを制御するための制御データと、( 2 ) 前記ロボットアームが当該所定の状態であるときの危険領域を特定する情報とを含むデータを教師データとして学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する予測処理ステップであって、予測処理時において、前記撮像部により、前記ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像である予測処理用画像に対して、前記学習済みモデルを用いた前記予測処理を実行することで、前記予測処理用画像を取得したときの前記空間における危険領域を予測し、予測した危険領域を

予測危険領域として取得し、前記予測危険領域に基づいて、投影画像データを生成する前記予測処理ステップと、

、

を備える表示制御方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 4 または 1 5 に記載の表示制御方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ロボット作業エリア内に人間が入り込む場合の危険検知について技術、および、危険領域（あるいは安全領域）表示についての技術に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、ロボットと人間が共同して作業を行う状況が増加しつつある。それに伴い、人間とロボットとの衝突の可能性が増大する。例えば、複数の関節を持ったロボットアームを有するロボットは、その動きが複雑になるため、当該ロボットアームの動きを人間が予想するのは難しい。その結果、ロボットアームの突発的な動きによって、ロボットアームと人間とが接触し重大な事故が引き起こされてしまう可能性がある。

10

## 【0003】

ロボットアームによる作業時の安全確保のため、例えば、特許文献1に開示されている技術では、ロボットアーム関節内の力センサによって衝突を検知し、衝突が検知された場合、ロボットアームを停止させる。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開2006-21287号公報

## 【発明の概要】

20

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、従来技術のように、ロボットアームと人間とが接触（衝突）した後に安全装置を作動させる、あるいは、衝突する可能性があることを予測し、ロボットアームをゆっくり動かすように制御するのでは、作業効率が低下してしまうという問題がある。

## 【0006】

そこで、本発明は、ロボットアームと人間とが共同作業を行うときの安全領域（あるいは、危険領域）を適切に表示することで、高い作業効率を確保しつつ、作業の安全性を向上させる技術を実現することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

30

## 【0007】

上記課題を解決するために、第1の発明は、ロボットアームと可動物体とが混在する可能性がある空間において、可動物体が存在していても安全であると判定される領域である安全領域を、空間内において可動物体が認識可能な投影面に、表示するための表示制御システムであって、撮像部と、予測処理部と、投影部と、を備える。

## 【0008】

撮像部は、ロボットアームよりも上方の位置（例えば、ロボットアームの可動範囲内の空間を撮影可能な位置）に設置される。

## 【0009】

予測処理部は、（1）空間において、撮像部により、ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像であって、ロボットアームの所定の状態であるときに撮像した画像、または、前記ロボットアームが所定の状態となるように前記ロボットアームを制御するための制御データと、（2）ロボットアームが当該所定の状態であるときの安全領域を特定する情報とを含むデータを教師データとして学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する。また、予測処理部は、予測処理時において、撮像部により、ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像である予測処理用画像に対して、学習済みモデルを用いた予測処理を実行することで、予測処理用画像を取得したときの空間における安全領域を予測し、予測した安全領域を予測安全領域として取得し、予測安全領域に基づいて、投影画像データを生成する。

40

## 【0010】

50

投影部は、投影画像データにより形成される投影画像を投影面に投影する。

【0011】

この表示制御システムでは、ロボットアームよりも上方に設置した撮像部により撮像した画像（例えば、フレーム画像）であって、例えば、（１）ロボットアームの位置、状態、可動物体（例えば、作業員）の位置、状態を判別できる画像（例えば、フレーム画像）、または、前記ロボットアームが所定の状態となるように前記ロボットアームを制御するための制御データと、（２）ロボットアームが上記所定の状態であるときの安全領域を特定するデータとを訓練データ（教師データ）として、学習させた学習済みモデルを用いた予測処理を行う。そして、この表示制御システムでは、学習したときの同様の状態で撮像した画像（例えば、フレーム画像）を用いて、学習済みモデルによる予測処理を行うこと  
10  
で、入力された画像が撮像されたときの安全領域（投影面における安全領域）を予測（特定）することができる。そして、この表示制御システムでは、予測（特定）した安全領域が投影面（例えば、床面）に、投影部により投影することで、例えば、作業員が容易かつ確実に認識できるように、安全領域を投影面（例えば、床面FLR）に表示させることができる。つまり、この表示制御システムでは、遮蔽領域が少ない上方から撮影した画像を用いて、学習処理、予測処理を行うため、ロボットアームがどのような状態であっても、その状態に応じて（あるいは、制御シーケンスから特定されるロボットアームの動作フェーズの移行状況に応じて）、動的に安全領域を特定（予測）する予測処理を、適切かつ高精度に行うことができる。

【0012】

したがって、この表示制御システムでは、ロボットアームと可動物体（例えば、人間）とが共同作業を行うときに、安全領域を適切に表示することができる。その結果、高い作業効率を確保しつつ、作業の安全性を向上させることができる。

【0013】

なお、「可動物体」は、移動できる物体であり、例えば、自発的に移動できる人間や動物等である。

【0014】

第２の発明は、第１の発明であって、予測処理部は、ロボットアームを制御するための制御データに基づいて、それぞれ安全度合いに応じて特定される色を有する複数の画像領域を含むように生成された訓練用投影画像データを前記投影面に投影されたときに、撮像部により撮像された画像を用いて、学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する。  
30

【0015】

これにより、この表示制御システムでは、安全度合いにより階層的に色分けされた画像を訓練用データとして学習処理を実行し取得された学習済みモデルを用いて、予測処理を実行することができる。

【0016】

第３の発明は、第１の発明であって、予測処理部は、ロボットアームを制御するための制御データに基づいて、それぞれ安全度合いに応じて特定される輝度を有する複数の画像領域を含むように生成された訓練用投影画像データを前記投影面に投影されたときに、撮像部により撮像された画像を用いて、学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する。  
40

【0017】

これにより、この表示制御システムでは、安全度合いにより階層的に輝度を変えた画像を訓練用データとして学習処理を実行し取得された学習済みモデルを用いて、予測処理を実行することができる。

【0018】

第４の発明は、第１から第３のいずれかの発明であって、予測処理部は、それぞれ安全度合いに応じて特定される色を有する複数の画像領域を生成し、投影画像データにより形成される画像が、生成した前記複数の画像領域を含むように、投影画像データを生成する  
50

。

【0019】

これにより、この表示制御システムでは、安全領域を示す画像（投影画像）を安全度により階層的に色分けした複数の画像領域からなる画像とすることができ、作業員は、投影面に投影された色により、安全度を適切に認識することができる。

【0020】

なお、複数の画像領域の色は、安全度に応じて、段階的に変化するもの（各画素の階調値が離散値をとる画像）であってもよく、また、連続的に変化するもの（各画素の階調値が連続値をとる画像（例えば、グラデーション画像））であってもよい。

【0021】

第5の発明は、第1から第3のいずれかの発明であって、投影部は、それぞれ安全度合いに応じて特定される輝度を有する複数の画像領域を生成し、投影画像データにより形成される画像が、生成した複数の画像領域を含むように、投影画像データを生成する。

【0022】

これにより、この表示制御システムでは、安全領域を示す画像（投影画像）を安全度により階層的に輝度（明度）で分けられた複数の画像領域からなる画像とすることができ、作業員は、投影面に投影された輝度（明度）により、安全度を適切に認識することができる。

【0023】

なお、複数の画像領域の輝度（明度）は、安全度に応じて、段階的に変化するもの（各画素の階調値が離散値をとる画像）であってもよく、また、連続的に変化するもの（各画素の階調値が連続値をとる画像（例えば、輝度（明度）が連続的に変化する画像））であってもよい。

【0024】

第6の発明は、ロボットアームと可動物体とが混在する可能性がある空間において、可動物体が存在していると危険であると判定される領域である危険領域を、空間内において可動物体が認識可能な投影面に、表示するための表示制御システムであって、撮像部と、予測処理部と、投影部と、を備える。

【0025】

撮像部は、ロボットアームよりも上方の位置に設置される。

【0026】

予測処理部は、（1）空間において、撮像部により、ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像であって、ロボットアームの所定の状態であるときに撮像した画像、または、ロボットアームが所定の状態となるようにロボットアームを制御するための制御データと、（2）ロボットアームが当該所定の状態であるときの危険領域を特定する情報とを含むデータを教師データとして学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する。また、予測処理部は、予測処理時において、撮像部により、ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像である予測処理用画像に対して、学習済みモデルを用いた予測処理を実行することで、予測処理用画像を取得したときの空間における危険領域を予測し、予測した危険領域を予測危険領域として取得し、予測危険領域に基づいて、投影画像データを生成する。

【0027】

投影部は、投影画像データにより形成される投影画像を投影面に投影する。

【0028】

この表示制御システムでは、ロボットアームよりも上方に設置した撮像部により撮像した画像（例えば、フレーム画像）であって、例えば、ロボットアームの位置、状態、可動物体（例えば、作業員）の位置、状態を判別できる画像（例えば、フレーム画像）、または、前記ロボットアームが所定の状態となるように前記ロボットアームを制御するための制御データと、（2）ロボットアームが上記所定の状態であるときの危険領域を特定するデータとを訓練データ（教師データ）として、学習させた学習済みモデルを用いた予測処

10

20

30

40

50

理を行う。そして、この表示制御システムでは、学習したときの同様の状態で撮像した画像（例えば、フレーム画像）を用いて、学習済みモデルによる予測処理を行うことで、入力された画像が撮像されたときの危険領域（投影面における危険領域）を予測（特定）することができる。そして、この表示制御システムでは、予測（特定）した危険領域が投影面（例えば、床面）に、投影部により投影することで、例えば、作業員が容易かつ確実に認識できるように、危険領域を投影面（例えば、床面 F L R）に表示させることができる。つまり、この表示制御システムでは、遮蔽領域が少ない上方から撮影した画像を用いて、学習処理、予測処理を行うため、ロボットアーム R b t \_ a r m がどのような状態であっても、その状態に応じて（あるいは、制御シーケンスから特定されるロボットアームの動作フェーズの移行状況に応じて）、動的に危険領域を特定（予測）する予測処理を、適切かつ高精度に行うことができる。

10

【 0 0 2 9 】

したがって、この表示制御システムでは、ロボットアームと可動物体（例えば、人間）とが共同作業を行うときに、危険領域を適切に表示することができる。その結果、高い作業効率を確保しつつ、作業の安全性を向上させることができる。

【 0 0 3 0 】

なお、「可動物体」は、移動できる物体であり、例えば、人間や動物等である。

【 0 0 3 1 】

第7の発明は、第6の発明であって、予測処理部は、ロボットアームを制御するための制御データに基づいて、それぞれ危険度合いに応じて特定される色を有する複数の画像領域を含むように生成された訓練用投影画像データを前記投影面に投影されたときに、撮像部により撮像された画像を用いて、学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する。

20

【 0 0 3 2 】

これにより、この表示制御システムでは、危険度合いにより階層的に色分けされた画像を訓練用データとして学習処理を実行し取得された学習済みモデルを用いて、予測処理を実行することができる。

【 0 0 3 3 】

第8の発明は、第6の発明であって、予測処理部は、ロボットアームを制御するための制御データに基づいて、それぞれ危険度合いに応じて特定される輝度を有する複数の画像領域を含むように生成された訓練用投影画像データを前記投影面に投影されたときに、撮像部により撮像された画像を用いて、学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する。

30

【 0 0 3 4 】

これにより、この表示制御システムでは、危険度合いにより階層的に輝度を変えた画像を訓練用データとして学習処理を実行し取得された学習済みモデルを用いて、予測処理を実行することができる。

【 0 0 3 5 】

第9の発明は、第6から第8のいずれかの発明であって、予測処理部は、それぞれ危険度合いに応じて特定される色を有する複数の画像領域を生成し、投影画像データにより形成される画像が、生成した複数の画像領域を含むように、投影画像データを生成する。

40

【 0 0 3 6 】

これにより、この表示制御システムでは、危険領域を示す画像（投影画像）を危険度により階層的に色分けした複数の画像領域からなる画像とすることができ、作業員は、投影面に投影された色により、危険度を適切に認識することができる。

【 0 0 3 7 】

なお、複数の画像領域の色は、危険度に応じて、段階的に変化するもの（各画素の階調値が離散値をとる画像）であってもよく、また、連続的に変化するもの（各画素の階調値が連続値をとる画像（例えば、グラデーション画像））であってもよい。

【 0 0 3 8 】

50

第10の発明は、第6から第8のいずれかの発明であって、予測処理部は、それぞれ危険度合いに応じて特定される輝度を有する複数の画像領域を生成し、投影画像データにより形成される画像が、生成した複数の画像領域を含むように、投影画像データを生成する。

【0039】

これにより、この表示制御システムでは、危険領域を示す画像（投影画像）を危険度により階層的に輝度（明度）で分けられた複数の画像領域からなる画像とすることができ、作業員は、投影面に投影された輝度（明度）により、危険度を適切に認識することができる。

【0040】

なお、複数の画像領域の輝度（明度）は、危険度に応じて、段階的に変化するもの（各画素の階調値が離散値をとる画像）であってもよく、また、連続的に変化するもの（各画素の階調値が連続値をとる画像（例えば、輝度（明度）が連続的に変化する画像））であってもよい。

【0041】

第11の発明は、第1から第10のいずれかの発明であって、空間は、床面を有しており、投影面は、空間内の床面である。

【0042】

これにより、この表示制御システムでは、投影面を床面とすることができる。

【0043】

第12の発明は、第1から第11のいずれかの発明であって、空間は、天井面を有しており、撮像部は、空間の天井面に設置されている。

【0044】

これにより、この表示制御システムでは、天井面に設置した撮像部を用いることができる。

【0045】

第13の発明は、第1から第12のいずれかの発明であって、ロボットアームを制御するロボットアーム制御部をさらに備える。そして、予測処理部が、可動物体が安全領域外に移動する可能性が高い、あるいは、可動物体が危険領域内に移動する可能性が高いと判断した場合、ロボットアーム制御部は、ロボットアームの動作を停止させる、および/または、警告を発生させる処理を実行する。

【0046】

これにより、この表示制御システムでは、可動物体が安全領域内から、安全領域外へ移動し、ロボットアームと接触、衝突する可能性が高くなった場合、危険を回避させる処理により、ロボットアームと接触、衝突する等の重大事故の発生を防止することができる。つまり、この表示制御システムでは、ロボットアームがどのような状態であっても、その状態に応じて、動的に安全領域を特定（予測）する予測処理を、適切かつ高精度に行うことができ、さらに、適切な危険回避処理を行うことができる。

【0047】

第14の発明は、ロボットアームと可動物体とが混在する可能性がある空間において、ロボットアームよりも上方の位置に設置される撮像部と、画像を所定の投影面に投影する投影部と、を備える表示制御システムに用いられる表示制御方法である。表示制御方法は、可動物体が存在していても安全であると判定される領域である安全領域を、空間内において可動物体が認識可能な投影面に、表示するための方法であって、予測処理ステップと、投影ステップと、を備える。

【0048】

予測処理ステップでは、（1）空間において、撮像部により、ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像であって、ロボットアームの所定の状態であるときに撮像した画像、または、前記ロボットアームが所定の状態となるように前記ロボットアームを制御するための制御データと、（2）ロボットアームが当該所定の状態であるときの安全領域

10

20

30

40

50

を特定する情報とを含むデータを教師データとして学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する。そして、予測処理ステップでは、予測処理時において、撮像部により、ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像である予測処理用画像に対して、学習済みモデルを用いた予測処理を実行することで、予測処理用画像を取得したときの空間における安全領域を予測し、予測した安全領域を予測安全領域として取得し、予測安全領域に基づいて、投影画像データを生成する。

【0049】

投影ステップでは、投影画像データにより形成される投影画像を投影面に投影する。

【0050】

これにより、第1の発明と同様の効果を奏する表示制御方法を実現することができる。

10

【0051】

第15の発明は、ロボットアームと可動物体とが混在する可能性がある空間において、ロボットアームよりも上方の位置に設置される撮像部と、画像を所定の投影面に投影する投影部と、を備える表示制御システムに用いられる表示制御方法である。表示制御方法は、可動物体が存在していると危険であると判定される領域である危険領域を、空間内において可動物体が認識可能な投影面に、表示するための方法であって、予測処理ステップと、投影ステップと、を備える。

【0052】

予測処理ステップでは、(1)空間において、撮像部により、ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像であって、ロボットアームの所定の状態であるときに撮像した画像、または、前記ロボットアームが所定の状態となるように前記ロボットアームを制御するための制御データと、(2)ロボットアームが当該所定の状態であるときの危険領域を特定する情報とを含むデータを教師データとして学習処理を実行して取得した学習済みモデルを用いて予測処理を実行する。そして、予測処理ステップでは、予測処理時において、撮像部により、ロボットアームよりも上方の位置から撮像した画像である予測処理用画像に対して、学習済みモデルを用いた予測処理を実行することで、予測処理用画像を取得したときの空間における危険領域を予測し、予測した危険領域を予測危険領域として取得し、予測危険領域に基づいて、投影画像データを生成する。

20

【0053】

投影ステップでは、投影画像データにより形成される投影画像を投影面に投影する。

30

【0054】

これにより、第6の発明と同様の効果を奏する表示制御方法を実現することができる。

【0055】

第16の発明は、第14または第15の発明である表示制御方法をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

【0056】

これにより、第1または第6の発明と同様の効果を奏する表示制御方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを実現することができる。

【発明の効果】

【0057】

本発明によれば、ロボットアームと人間とが共同作業を行うときの安全領域（あるいは、危険領域）を適切に表示することで、高い作業効率を確保しつつ、作業の安全性を向上させる技術を実現することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】第1実施形態に係る表示制御システム1000の概略構成図。

【図2】第1実施形態に係る表示制御装置100の概略構成図。

【図3】第1実施形態に係る表示制御システム1000の訓練データ取得モードの処理を説明するための図。

【図4】第1実施形態に係る表示制御システム1000の訓練データ取得モードの処理を

50

説明するための図。

【図 5】第 1 実施形態に係る表示制御システム 1000 の学習モードの処理を説明するための図。

【図 6】第 1 実施形態に係る表示制御システム 1000 の予測モードの処理を説明するための図。

【図 7】第 1 実施形態に係る表示制御システム 1000 の予測モードの処理を説明するための図。

【図 8】第 1 実施形態に係る表示制御システム 1000 の予測モードの処理を説明するための図。

【図 9】第 1 実施形態に係る表示制御システム 1000 の予測モードの処理を説明するための図。

【図 10】第 1 実施形態の第 1 変形例に係る表示制御システム 1000 A の概略構成図。

【図 11】第 1 実施形態の第 1 変形例に係る表示制御装置 100 A の概略構成図。

【図 12】第 1 実施形態の第 1 変形例に係る表示制御システム 1000 A の訓練データ取得モードの処理を説明するための図。

【図 13】第 1 実施形態の第 1 変形例に係る表示制御システム 1000 A において使用する訓練データの一例（パターン 1）を示す図（タイミングチャート）。

【図 14】第 1 実施形態の第 1 変形例に係る表示制御システム 1000 A において使用する訓練データの一例（パターン 2）を示す図（タイミングチャート）。

【図 15】第 2 実施形態に係る表示制御システム 2000 の概略構成図。

【図 16】第 2 実施形態に係る表示制御装置 100 A の概略構成図。

【図 17】第 2 実施形態に係る表示制御装置 100 A の予測処理部 5 A の概略構成図。

【図 18】第 2 実施形態に係る表示制御システム 2000 の予測モードの処理のフローチャートである。

【図 19】第 2 実施形態に係る表示制御システム 2000 の予測モードの処理を説明するための図。

【図 20】第 2 実施形態に係る表示制御システム 2000 の予測モードの処理を説明するための図。

【図 21】CPU バス構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0059】

[第 1 実施形態]

第 1 実施形態について、図面を参照しながら、以下、説明する。

【0060】

< 1.1 : 表示制御システムの構成 >

図 1 は、第 1 実施形態に係る表示制御システム 1000 の概略構成図である。

【0061】

図 2 は、第 1 実施形態に係る表示制御装置 100 の概略構成図である。

【0062】

表示制御システム 1000 は、図 1 に示すように、投影部 Prj 1 と、撮像部 Cmr 1 と、表示制御装置 100 と、ロボット Rbt とを備える。

【0063】

投影部 Prj 1 は、作業員やロボット Rbt の最高点よりも高い位置（例えば、天井）に設置され、投影点 P<sub>prj</sub> から、下方に向かって（例えば、床面 FLR に対して）画像あるいは境界線等を投影する装置である。投影部 Prj 1 は、例えば、画像を床面 FLR に投影するプロジェクタ装置や、LED スキャナ、レーザー スキャナ等の床面に所定の色の線を表示することができる装置により実現される。

【0064】

投影部 Prj 1 は、表示制御装置 100 から出力される制御信号 Ctl<sub>prj</sub> (D<sub>prj</sub>) を入力し、当該制御信号 Ctl<sub>prj</sub> (D<sub>prj</sub>) に基づいて、投影対象（

10

20

30

40

50

例えば、床面)に対して、画像または境界線等(データD\_\_prj)を投影する。

【0065】

撮像部Cmr1は、作業員やロボットRbtの最高点よりも高い位置(例えば、天井)に設置され、投影部Prj1が床面に投影する画像または境界線の表示等を撮像するとともに、作業員(例えば、図1の作業員Psn1)や、作業員が装着しているヘルメット(例えば、図1の作業員Psn1が装着しているヘルメットHat1)、あるいは、作業員に装着されているマーカー(例えば、赤外光反射マーカー)等を撮像する。撮像部Cmr1は、例えば、可視光用イメージセンサを搭載しており、カラー映像を撮像できる撮像装置や、赤外光用イメージセンサを搭載しており、赤外光映像を撮像できる赤外線カメラ等により実現される。

10

【0066】

撮像部Cmr1は、撮像したデータ(画像データ、映像データ)をデータD1\_\_imgとして、表示制御装置100に出力する。

【0067】

表示制御装置100は、図2に示すように、セクタSEL1と、投影制御部1と、セクタSEL2と、訓練データ取得部2と、訓練データ格納部DB1と、CG合成部3(CG:Computer Graphics)と、拡張訓練データ格納部DB2と、学習部4と、最適化パラメータ格納部DB3と、予測処理部5とを備える。

【0068】

セクタSEL1は、表示制御装置100の各機能部を制御する制御部(不図示)から出力されるモード信号Modeに従い、訓練データ取得時の投影データを含むデータD1\_\_prj\_\_trainと、予測処理部5から出力される予測時の投影データを含むデータDp1\_\_prjのいずれか一方を選択し、選択したデータをデータD\_\_prjとして投影制御部1に出力するセクタである。具体的には、(1)訓練データ取得時において、モード信号Modeは、その信号値が「0」にセットされており、セクタSEL1は、訓練データ取得時の投影データを含むデータD1\_\_prj\_\_trainを選択し、当該データをデータD\_\_prjとして、投影制御部1に出力する。(2)予測時において、モード信号Modeは、その信号値が「1」にセットされており、セクタSEL1は、予測処理部5から出力される予測時の投影データを含むデータDp1\_\_prjを選択し、データDp1\_\_prjをデータD\_\_prjとして投影制御部1に出力する。

20

30

【0069】

投影制御部1は、セクタSEL1から出力されるデータD\_\_prjを入力し、当該データD\_\_prjに含まれる投影用のデータ(投影用の画像データ、あるいは、投影面に表示する境界線のデータ)が投影部Prj1から投影対象に投影されるように制御する制御信号Ctl\_\_prj(D\_\_prj)を生成し、生成した当該制御信号Ctl\_\_prj(D\_\_prj)を投影部Prj1に出力する。

【0070】

セクタSEL2は、表示制御装置100の各機能部を制御する制御部(不図示)から出力されるモード信号Modeに従い、撮像部Cmr1から出力されるデータD1\_\_imgを、訓練データ取得部2および予測処理部5のいずれか一方に出力するセクタである。具体的には、(1)訓練データ取得時において、モード信号Modeは、その信号値が「0」にセットされており、セクタSEL2は、データD1\_\_imgを訓練データ取得部2に出力する。(2)予測時において、モード信号Modeは、その信号値が「1」にセットされており、セクタSEL2は、データD1\_\_imgを予測処理部5に出力する。

40

【0071】

訓練データ取得部2は、セクタSEL2から出力されるデータD1\_\_imgを入力し、データD1\_\_imgに基づいて、予測処理部5の学習モデルを訓練するための訓練データDtr1を生成する。そして、訓練データ取得部2は、生成した訓練データDtr1を訓練データ格納部DB1に記憶させる。

50

## 【0072】

訓練データ格納部DB1は、訓練データ取得部2からの指示に従い、訓練データ取得部2から出力される訓練データDtr1を記憶する。また、訓練データ格納部DB1は、CG合成部3からの指示に従い、記憶保持している訓練データDtr1をCG合成部3に出力する。

## 【0073】

CG合成部3は、訓練データ格納部DB1から、訓練データDtr1を読み出す（取得する）。そして、CG合成部3は、訓練データDtr1を用いて、CG合成した訓練データを作成し、作成したデータを拡張訓練データDtr2として、拡張訓練データ格納部DB2に記憶させる。なお、CG合成部3は、拡張訓練データDtr2を作成するために用いた訓練データDtr1も、拡張訓練データDtr2に含めて、拡張訓練データ格納部DB2に記憶させるようにしてもよい。

10

## 【0074】

拡張訓練データ格納部DB2は、CG合成部3からの指示に従い、CG合成部3から出力される拡張訓練データDtr2を記憶する。また、拡張訓練データ格納部DB2は、学習部4からの指示に従い、記憶保持している拡張訓練データDtr2を学習部4に出力する。

## 【0075】

学習部4は、拡張訓練データ格納部DB2から拡張訓練データDtr2を読み出し（取得し）、拡張訓練データDtr2を用いて、学習処理を行う。そして、学習部4は、学習処理により、学習用モデルを最適化するパラメータ（最適化パラメータ\_\_opt）を取得し、取得した最適化パラメータ\_\_optを最適化パラメータ格納部DB3に記憶させる。

20

## 【0076】

最適化パラメータ格納部DB3は、学習部4からの指示に従い、学習部4から出力される最適化パラメータ\_\_optを記憶する。また、最適化パラメータ格納部DB3は、予測処理部5からの指示に従い、記憶保持している最適化パラメータ\_\_optを予測処理部5に出力する。

## 【0077】

予測処理部5は、最適化パラメータ格納部DB3から最適化パラメータ\_\_optを読み出し、当該最適化パラメータ\_\_optに基づいて、学習済みモデルを取得する。予測処理部5は、セクタSEL2から出力されるデータD1\_\_imgを入力し、当該データD1\_\_imgに対して、学習済みモデルを用いた予測処理を実行する。そして、予測処理部5は、予測処理結果に基づいて、投影制御部1に出力するデータDp1\_\_prj（投影部Prj1から投影させるデータ）を生成する。そして、予測処理部5は、生成したデータDp1\_\_prjをセクタSEL1に出力する。

30

## 【0078】

ロボットRbtは、ロボット制御部Rbt\_\_C1と、ロボットアームRbt\_\_armとを備える。

## 【0079】

ロボット制御部Rbt\_\_C1は、ロボットアームRbt\_\_armを制御するための機能部である。ロボット制御部Rbt\_\_C1は、訓練用データD1\_\_rb\_\_trainや所定の制御信号を入力し、入力された訓練用データD1\_\_rb\_\_trainや所定の制御信号に基づいて、ロボットアームRbt\_\_armを制御する制御信号を生成する。

40

## 【0080】

ロボットアームRbt\_\_armは、ロボット制御部Rbt\_\_C1から指令（制御信号）に基づいて、所定の動作（例えば、物の把持、運搬等）を行う。

## 【0081】

< 1.2 : 表示制御システムの動作 >

以上のように構成された表示制御システム1000の動作について、以下、説明する。

50

## 【 0 0 8 2 】

以下では、表示制御システム 1 0 0 0 の動作について、( 1 ) 訓練データ取得モードの処理、( 2 ) 学習モードの処理、( 3 ) 予測モードの処理に分けて説明する。

## 【 0 0 8 3 】

なお、説明便宜のため、表示制御システム 1 0 0 0 は、工場等の狭空間（室内空間）に設置されており、投影部 P r j 1 および撮像部 C m r 1 は、天井に設置されており、作業員 P s n 1、ロボット R b t は、床面に存在しているものとして、以下、説明する。また、投影部 P r j 1 は、床面 F L R を投影対象とするものとする。

## 【 0 0 8 4 】

( 1 . 2 . 1 : 訓練データ取得モードの処理 )

まず、訓練データ取得モードの処理について、説明する。

10

## 【 0 0 8 5 】

図 3、図 4 は、第 1 実施形態に係る表示制御システム 1 0 0 0 の訓練データ取得モードの処理を説明するための図である。

## 【 0 0 8 6 】

図 3 に示すように、ロボット制御部 R b t \_ C 1 に、訓練データを取得するために、ロボットアーム R b t \_ a r m に所定の動作（これを第 1 動作という）を実行させるためのデータ D 1 \_ r b \_ t r a i n を入力する。また、表示制御装置 1 0 0 の投影制御部 1 に、ロボットアーム R b t \_ a r m に第 1 動作をさせたときの安全領域、すなわち、作業員（例えば、図 3 では、作業員 P s n 1）が存在しても安全な領域（第 1 動作を行っているときのロボットアーム R b t \_ a r m に作業員が接触することなく、安全に作業を行うことができる領域）を投影対象である床面に表示させるためのデータ D 1 \_ p r j \_ t r a i n を入力する。

20

## 【 0 0 8 7 】

ロボットアーム R b t \_ a r m は、データ D 1 \_ r b \_ t r a i n に基づいて、第 1 動作を行う。ロボットアーム R b t \_ a r m が第 1 動作を行っている期間において、投影部 P r j 1 は、表示制御装置 1 0 0 の投影制御部 1 に入力されたデータ D 1 \_ p r j \_ t r a i n に基づいて、ロボットアーム R b t \_ a r m が第 1 動作を行っているときの安全領域を示す画像、あるいは、境界線を、投影対象である床面 F L R に表示させる。なお、表示制御装置 1 0 0 において、例えば、投影部 P r j 1 から、例えば、画像上の大きさが既知であるテストパターンを含む所定のテスト画像を床面に投影するように、投影制御部 1 により制御し、当該テスト画像を撮像部 C m r 1 により取得した画像（撮像画像）において、上記テストパターンの大きさを調べることで、投影部 P r j 1 の投影点 P \_ p r j から投影面（床面 F L R）までの距離を取得する。なお、撮像部 C m r 1 の撮影パラメータ（画角、焦点距離等）は分かっているものとする。そして、表示制御装置 1 0 0 において、取得した距離に基づいて、安全領域を示す画像、あるいは、境界線が投影面である床面 F L R に投影されるように投影制御部 1 を制御する。

30

## 【 0 0 8 8 】

図 3 に示した場合、領域 A r 1 が、ロボットアーム R b t \_ a r m が第 1 動作を行っているときの安全領域であり、当該安全領域を示す境界線が投影部 P r j 1 から床面 F L R に投影されている。

40

## 【 0 0 8 9 】

この状態において、作業員 P s n 1 にヘルメット H a t 1（例えば、黄色のヘルメット）をかぶってもらい、安全領域内（領域 A r 1 内）で作業、あるいは、移動等を行ってもらい、そのときの状況を撮像部 C m r 1 で撮像する。なお、説明便宜のため、撮像部 C m r 1 は、可視光用イメージセンサを搭載しており、カラー映像を撮像できる撮像装置であるものとして、以下説明する。また、撮像部 C m r 1 は、安全領域（図 3 の場合、領域 A r 1）と、ロボットアーム R b t \_ a r m とが撮像画像（撮像映像）に含まれるように、カメラパラメータ（光軸の向き、画角、焦点距離等）が調整されているものとする。

## 【 0 0 9 0 】

50

撮像部 C m r 1 は、ロボットアーム R b t \_ a r m が第 1 動作を行っているときの状況を撮像した映像をフレームごとの画像（フレーム画像）（データ D 1 \_ i m g ）として、訓練データ取得部 2 に出力する。

【 0 0 9 1 】

訓練データ取得時において、モード信号 M o d e は、その信号値が「 0 」にセットされているので、セクタ S E L 2 は、データ D 1 \_ i m g を訓練データ取得部 2 に出力する。

【 0 0 9 2 】

訓練データ取得部 2 は、セクタ S E L 2 から出力されるデータ D 1 \_ i m g を入力し、データ D 1 \_ i m g に基づいて、予測処理部 5 の学習モデルを訓練するための訓練データ D t r 1 を生成する。具体的には、訓練データ取得部 2 は、データ D 1 \_ i m g （フレーム画像データ）を実画像データのまま、訓練データ D t r 1 として、訓練データ格納部 D B 1 に記憶させる。また、訓練データ取得部 2 は、データ D 1 \_ i m g （フレーム画像データ）から、例えば、所定の画像特徴量を抽出した画像（例えば、画像特徴量を作業員がかぶっているヘルメットの色と同一色とし、当該色の部分の画像領域を抽出した画像）を取得し、原画像 D 1 \_ i m g （フレーム画像データ）（実画像データ）に合成するようにし、このように合成した画像を訓練データ D t r 1 として生成してもよい。

10

【 0 0 9 3 】

また、訓練データ取得部 2 は、訓練データ D t r 1 に、画像データとともに、当該画像が取得されたときの状態の情報（追加情報（ラベル情報））を含めるようにしてもよい。例えば、ロボットアーム R b t \_ a r m の動作フェーズについての情報、安全領域が領域 A r 1 で正しいことを示す情報等を追加情報として、画像データとともに、訓練データ D t r 1 に含めるようにしてもよい。

20

【 0 0 9 4 】

訓練データ取得部 2 は、生成した訓練データ D t r 1 を訓練データ格納部 D B 1 に記憶させる。

【 0 0 9 5 】

C G 合成部 3 は、訓練データ格納部 D B 1 から、訓練データ D t r 1 を読み出す（取得する）。そして、C G 合成部 3 は、訓練データ D t r 1 を用いて、C G 合成した訓練データを作成する。例えば、C G 合成部 3 は、訓練データ D t r 1 の画像データにおいて、作業員のヘルメット部分の画像領域を、C G 処理により当該ヘルメットの色と異なる色にした C G 画像領域を生成し、当該 C G 画像領域により、実画像のヘルメット部分の画像領域を置換することで、C G 画像データを生成する。つまり、この C G 画像データは、C G 処理により、ヘルメット部分の色が変更された画像となる。C G 合成部 3 は、上記と同様にして、例えば、ヘルメット色を他の色、テクスチャーに変更する、あるいは、作業員の髪（ヘルメットをかぶっていない状態）に置換する等の C G 処理（C G 合成処理）により、元の画像から、多様な C G 合成画像を生成する。このように処理することで、1 つの訓練データ D t r 1 から、多量の訓練用データを取得することができる。そして、C G 合成部 3 は、上記のようにして生成した C G 画像データを、元の画像データに追加して、拡張訓練データ D t r 2 を生成する。そして、C G 合成部 3 は、生成した拡張訓練データ D t r 2 を拡張訓練データ格納部 D B 2 に記憶させる。

30

40

【 0 0 9 6 】

なお、元の画像データから、C G 処理（C G 合成処理）により、多量の画像データ（訓練用画像データ）を取得する方法については、特願 2 0 1 9 - 0 0 8 3 0 7 号に記載の方法を用いてもよい。

【 0 0 9 7 】

上記のように処理することで、表示制御システム 1 0 0 0 では、図 3 の場合（ロボットアーム R b t \_ a r m が第 1 動作をしている場合）についての訓練データ（学習用データ）が取得される。

【 0 0 9 8 】

50

また、表示制御システム1000では、ロボットアームRbt\_\_armが第1動作とは異なる第2動作をしているときの状態を撮像し、さらに、訓練データを取得する。

【0099】

図4に示すように、ロボット制御部Rbt\_\_C1に、訓練データを取得するために、ロボットアームRbt\_\_armに第1動作とは異なる第2動作を実行させるためのデータD2\_\_rb\_\_trainを入力する。また、表示制御装置100の投影制御部1に、ロボットアームRbt\_\_armに第2動作をさせたときの安全領域、すなわち、作業員（例えば、図4では、作業員Psn1）が存在しても安全な領域（第2動作を行っているときのロボットアームRbt\_\_armに作業員が接触することなく、安全に作業を行うことができる領域）を投影対象である床面に表示させるためのデータD2\_\_prj\_\_trainを入力する。

10

【0100】

ロボットアームRbt\_\_armは、データD2\_\_rb\_\_trainに基づいて、第2動作を行う。ロボットアームRbt\_\_armが第2動作を行っている期間において、投影部Prj1は、表示制御装置100の投影制御部1に入力されたデータD2\_\_prj\_\_trainに基づいて、ロボットアームRbt\_\_armが第2動作を行っているときの安全領域を示す画像、あるいは、境界線を、投影対象である床面FLRに表示させる。図4に示した場合、領域Ar2が、ロボットアームRbt\_\_armが第2動作を行っているときの安全領域であり、当該安全領域を示す境界線が投影部Prj1から床面FLRに投影されている。

20

【0101】

この状態において、作業員Psn1にヘルメットHat1（例えば、黄色のヘルメット）をかぶってもらい、安全領域内（領域Ar1内）で作業、あるいは、移動等を行ってもらい、そのときの状況を撮像部Cmr1で撮像する。

【0102】

そして、ロボットアームRbt\_\_armが第1動作をしているときの訓練データを取得する処理と同様の処理を実行することで、表示制御システム1000は、ロボットアームRbt\_\_armが第2動作をしているときの拡張訓練データDtr2を取得し、当該拡張訓練データDtr2は、拡張訓練データ格納部DB2に記憶される。

30

【0103】

以上のようにして、表示制御システム1000では、訓練データ取得モードの処理が行われ、訓練データ（学習用データ）（拡張訓練データDtr2）が取得される。

【0104】

なお、上記では、表示制御システム1000において、訓練データを取得するために、投影部Prj1から安全領域を床面に示す画像または境界線を投影し床面に表示する場合について説明したが、これに限定されることはない。例えば、表示制御システム1000において、投影部Prj1から安全領域を床面に示す画像または境界線を投影せずに、撮像部Cmr1により映像（フレーム画像）を取得し、取得したフレーム画像において、安全領域を示す画像または境界線を（例えば、CG処理により）合成して、訓練データ（訓練用の画像データ）を生成するようにしてもよい。また、安全領域については、取得されたフレーム画像内の作業員、ロボットアームRbt\_\_armの位置、状態に応じて、手動または自動（例えば、算出）により、特定するようにしてもよい。

40

【0105】

（1.2.2：学習モードの処理）

次に、学習モードの処理について、説明する。

【0106】

図5は、第1実施形態に係る表示制御システム1000の学習モードの処理を説明するための図である。

【0107】

図5に示すように、学習部4は、拡張訓練データ格納部DB2から拡張訓練データDt

50

r 2を読み出し（取得し）、拡張訓練データD t r 2を用いて、学習処理を行う。学習部4は、拡張訓練データD t r 2を教師データとして、学習処理を行う。具体的には、学習部4は、入力を拡張訓練データD t r 2に含まれる画像データ（この画像データを「D t r 2 . i m g」と表記する）とし、出力を画像データが取得されたときの安全領域（投影面に表示する安全領域）を特定するための情報として、学習用モデル（例えば、ニューラルネットワークにより実現されるモデル）に対する学習を行う。学習用モデルは、例えば、入力層と、複数の中間層と、出力層とを備えるニューラルネットワークによるモデルである。学習用モデルの各層間の重み付け係数（各層間を繋ぐシナプス結合の重み付け）は、パラメータにより設定（調整）されるものとする。

【0108】

学習部4は、学習用モデルへの入力データD t r 2 . i m gの集合をxとし、学習用モデルからの出力データの集合をyとし、入力データxが学習用モデルに入力されたときに出力データyが出力される条件付き確率をP ( y | x )とすると、

【数1】

$$\theta_{opt} = \operatorname{argmax}_{\theta} P(y|x; \theta)$$

10

20

を満たす最適パラメータ  $\theta_{opt}$ を、上記学習用モデルのパラメータを更新（調整）する処理を繰り返して取得する。なお、条件付きP ( y | x )は、出力データが教師データに近い程、大きな値をとるものとする。

【0109】

例えば、条件付きP ( y | x )は、以下のように設定される。

【数2】

$$P(y|x; \theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \sum_i \exp\left(-\frac{\|y_i - y_{i\_correct}\|^2}{2\sigma^2}\right)$$

30

$$y_i = H(x_i; \theta)$$

$$x_i \in x$$

$$y_i \in y$$

：標準偏差

なお、 $x_i$ は、集合xに含まれるベクトル（2次元画像の各画素のデータを1次元ベクトルにしたデータ）であり、 $y_i$ は、集合yに含まれるベクトルであり、 $y_{i\_correct}$ は、 $x_i$ を入力としたときの教師データ（正解データ）（ベクトルデータ）である。 $H(x_i; \theta)$ は、入力 $x_i$ に対して、例えば、複数層からなるニューラルネットワークの処理を施し、出力を取得する処理に相当する演算子を表している。パラメータ  $\theta$ は、例えば、当該ニューラルネットワークのシナプス結合の重み付け等を決定するパラメータである。なお、 $H(x_i; \theta)$ には、非線形の演算が含まれてもよい。

40

【0110】

学習部4は、拡張訓練データを用いて、学習用モデルを用いた学習処理を行い、十分収束したと判断した場合、そのときの学習用モデルに設定されていたパラメータ  $\theta_{opt}$ を最適化パラメータ  $\theta_{opt}$ として取得し、取得した最適化パラメータ  $\theta_{opt}$ を最適化パラ

50



これにより、学習済みモデルが構築され、予測処理部5は、当該学習済みモデルに、セクタSEL2から出力される画像データD1\_imgを入力させる。

【0121】

予測処理部5は、ロボットアームRbt\_armがフェーズ1の動作を行っている期間中において取得された画像データD1\_imgを、学習済みモデルに入力し、当該学習済みモデルからの出力をデータDp1\_prjとして取得する。例えば、図6に示す場合における、(1)ロボットアームRbt\_armの位置、状態、および、(2)作業員Psn1の位置、状態は、図3の場合(安全領域が領域Ar1であるときの訓練データを取得したときの状態)における、(1)ロボットアームRbt\_armの位置、状態、および、(2)作業員Psn1の位置、状態と類似している。したがって、この状態において、撮像した画像データD1\_imgが、予測処理部5の学習済みモデルに入力された場合、安全領域が領域Ar1であることを示すデータ(床面FLRに領域Ar1を表示させるためのデータDp1\_prj)が、学習済みモデルから出力される。

10

【0122】

そして、予測処理部5は、取得したデータDp1\_prjをセクタSEL1に出力する。予測モードの場合、モード信号Modeの信号値は「1」であるので、セクタSEL1は、予測処理部5から出力されるデータDp1\_prjを投影制御部1に出力する。

【0123】

投影制御部1は、データDp1\_prjを入力し、データDp1\_prjに基づく画像(あるいは、投影面に表示する境界線)が投影部Prj1から投影対象に投影されるように制御する制御信号Ctl\_prj(Dp1\_prj)を生成し、生成した当該制御信号Ctl\_prj(Dp1\_prj)を投影部Prj1に出力する。

20

【0124】

そして、投影部Prj1は、制御信号Ctl\_prj(Dp1\_prj)に基づいて、投影面(床面FLR)に、データDp1\_prjに基づく画像(あるいは、投影面に表示する境界線)を投影する。図6に示した場合、安全領域が領域Ar1であることを示す画像(あるいは、境界線)が床面FLRに投影される。

【0125】

作業員Psn1は、床面FLRに投影されている画像(あるいは境界線)から、安全領域(図6の場合は、領域Ar1)がどこであるか容易に判断することができ、安全領域内で作業する、あるいは、安全領域内で移動することで、ロボットアームRbt\_armの動作を妨害する、あるいは、ロボットアームRbt\_armと接触、衝突することない。したがって、安全が確保される。また、ロボットアームRbt\_armの動作も、作業員に接触、衝突することがなくなるため、高速動作を継続することができ、その結果、ロボットアームRbt\_armによる作業効率も高い状態で維持できる。

30

【0126】

次に、図7に示すように、ロボット制御部Rbt\_C1に、制御信号Ctrl\_Rbt(phase2)が入力され、ロボットアームRbt\_armが所定の動作(これを「フェーズ2の動作」という)を実行する場合について、説明する。

【0127】

この場合、ロボット制御部Rbt\_C1は、ロボットアームRbt\_armが、制御信号Ctrl\_Rbt(phase2)に従う動作(フェーズ2の動作)を実行するように、ロボットアームRbt\_armを制御する。

40

【0128】

ロボットアームRbt\_armは、ロボット制御部Rbt\_C1から指令に従い、フェーズ2の動作を行う。

【0129】

そして、撮像部Cmr1は、そのときの状況(ロボットアームRbt\_arm、作業員、床面FLR等)を、訓練データを取得したときと同様の状態で撮像する。

【0130】

50

ロボットアーム R b t \_ a r m がフェーズ 2 の動作を行っている期間中において、撮像部 C m r 1 は、ロボット R b t、床面 F L R、（存在すれば）作業員を上方から撮像し、撮像した画像（フレーム画像）を表示制御装置 1 0 0 に出力し続ける。

【 0 1 3 1 】

予測処理時（予測モード）において、モード信号 M o d e は、その信号値が「 1 」にセットされているので、セクタ S E L 2 は、データ D 1 \_ i m g を予測処理部 5 に出力する。

【 0 1 3 2 】

予測処理部 5 は、ロボットアーム R b t \_ a r m がフェーズ 2 の動作を行っている期間中において取得された画像データ D 1 \_ i m g を、学習済みモデルに入力し、当該学習済みモデルからの出力をデータ D p 1 \_ p r j として取得する。例えば、図 7 に示す場合における、（ 1 ）ロボットアーム R b t \_ a r m の位置、状態、および、（ 2 ）作業員 P s n 1 の位置、状態は、図 4 の場合（安全領域が領域 A r 2 であるときの訓練データを取得したときの状態）における、（ 1 ）ロボットアーム R b t \_ a r m の位置、状態、および、（ 2 ）作業員 P s n 1 の位置、状態と類似している。したがって、この状態において、撮像した画像データ D 1 \_ i m g が、予測処理部 5 の学習済みモデルに入力された場合、安全領域が領域 A r 2 であることを示すデータ（床面 F L R に領域 A r 2 を表示させるためのデータ D p 1 \_ p r j ）が、学習済みモデルから出力される。

10

【 0 1 3 3 】

そして、予測処理部 5 は、取得したデータ D p 1 \_ p r j をセクタ S E L 1 に出力する。予測モードの場合、モード信号 M o d e の信号値は「 1 」であるので、セクタ S E L 1 は、予測処理部 5 から出力されるデータ D p 1 \_ p r j を投影制御部 1 に出力する。

20

【 0 1 3 4 】

投影制御部 1 は、データ D p 1 \_ p r j を入力し、データ D p 1 \_ p r j に基づく画像（あるいは、投影面に表示する境界線）が投影部 P r j 1 から投影対象に投影されるように制御する制御信号 C t l \_ p r j （ D p 1 \_ p r j ）を生成し、生成した当該制御信号 C t l \_ p r j （ D p 1 \_ p r j ）を投影部 P r j 1 に出力する。

【 0 1 3 5 】

そして、投影部 P r j 1 は、制御信号 C t l \_ p r j （ D p 1 \_ p r j ）に基づいて、投影面（床面 F L R ）に、データ D p 1 \_ p r j に基づく画像（あるいは、投影面に表示する境界線）を投影する。図 7 に示した場合、安全領域が領域 A r 2 であることを示す画像（あるいは、境界線）が床面 F L R に投影される。

30

【 0 1 3 6 】

作業員 P s n 1 は、床面 F L R に投影されている画像（あるいは境界線）から、安全領域（図 7 の場合は、領域 A r 2 ）がどこであるか容易に判断することができ、安全領域内で作業する、あるいは、安全領域内で移動することで、ロボットアーム R b t \_ a r m の動作を妨害する、あるいは、ロボットアーム R b t \_ a r m と接触、衝突することない。したがって、安全が確保される。また、ロボットアーム R b t \_ a r m の動作も、作業員に接触、衝突することがなくなるため、高速動作を継続することができ、その結果、ロボットアーム R b t \_ a r m による作業効率も高い状態で維持できる。

40

【 0 1 3 7 】

以上のように、表示制御システム 1 0 0 0 では、ロボットアーム R b t \_ a r m、作業員の上方に設置した撮像部 C m r 1 により撮像した画像（フレーム画像）であって、ロボット R b t、ロボットアーム R b t \_ a r m の位置、状態、作業員の位置、状態を判別できる画像（フレーム画像）と、当該画像が取得されたときの安全領域を特定するデータとを訓練データ（教師データ）として、学習させた学習済みモデルを用いた予測処理を行う。そして、表示制御システム 1 0 0 0 では、学習したときの同様の状態で撮像した画像（フレーム画像）を用いて、学習済みモデルによる予測処理を行うことで、入力された画像が撮像されたときの安全領域（投影面における安全領域）を予測（特定）することができる。そして、表示制御システム 1 0 0 0 では、予測（特定）した安全領域が投影面（床面

50

F L R ) に、投影部 P r j 1 により投影することで、作業員が容易かつ確実に認識できるように、安全領域を投影面 ( 床面 F L R ) に表示させることができる。つまり、表示制御システム 1 0 0 0 では、遮蔽領域が少ない上方から撮影した画像を用いて、学習処理、予測処理を行うため、ロボット R b t、ロボットアーム R b t \_ a r m がどのような状態であっても、その状態に応じて、動的に安全領域を特定 ( 予測 ) する予測処理を、適切かつ高精度に行うことができる。

【 0 1 3 8 】

なお、上記では、投影面 ( 床面 F L R ) に境界線が表示される場合について説明したが、これに限定されることなく、表示制御システム 1 0 0 0 において、図 8 に示すように、安全度合いを階層的に分けた画像領域 ( 例えば、階層的に色分けした画像、あるいは、階層的に輝度を変えた画像 ) を有する画像を投影面 ( 床面 F L R ) に投影するようにしてもよい。このようにすることで、作業員は、安全度合いも把握して、安全領域を認識することができる。

10

【 0 1 3 9 】

また、上記では、投影部 P r j 1 から、安全領域を表示する場合について説明したが、これに限定されることはなく、表示制御システム 1 0 0 0 において、図 9 に示すように、危険領域を示す画像 ( あるいは境界線 ) を投影面 ( 床面 F L R ) に表示するようにしてもよい。なお、図 9 の場合、領域 A r \_ r b 1 が、危険度が高い領域 ( 危険領域 ) であり、領域 A r \_ r b 2 が領域 A r \_ r b 1 よりも危険度が低い領域 ( 危険領域 ) である。この場合、作業員は、危険領域外で、作業、移動等を行うことで、安全が確保される。

20

【 0 1 4 0 】

このように、表示制御システム 1 0 0 0 では、ロボットアームと人間とが共同作業を行うときに、安全領域 ( あるいは、危険領域 ) を適切に表示することができる。その結果、高い作業効率を確保しつつ、作業の安全性を向上させることができる。

【 0 1 4 1 】

第 1 変形例

次に、第 1 実施形態の第 1 変形例について、説明する。

【 0 1 4 2 】

なお、上記実施形態と同様の部分については、同一符号を付し、詳細な説明を省略する。

30

【 0 1 4 3 】

図 1 0 は、第 1 実施形態の第 1 変形例に係る表示制御システム 1 0 0 0 A の概略構成図である。

【 0 1 4 4 】

図 1 1 は、第 1 実施形態の第 1 変形例に係る表示制御装置 1 0 0 A の概略構成図である。

【 0 1 4 5 】

図 1 2 は、第 1 実施形態の第 1 変形例に係る表示制御システム 1 0 0 0 A の訓練データ取得モードの処理を説明するための図。

【 0 1 4 6 】

図 1 3 は、第 1 実施形態の第 1 変形例に係る表示制御システム 1 0 0 0 A において使用する訓練データの一例 ( パターン 1 ) を示す図 ( タイミングチャート ) である。

40

【 0 1 4 7 】

図 1 4 は、第 1 実施形態の第 1 変形例に係る表示制御システム 1 0 0 0 A において使用する訓練データの一例 ( パターン 2 ) を示す図 ( タイミングチャート ) である。

【 0 1 4 8 】

本変形例に係る表示制御システム 1 0 0 0 A は、図 1 0 に示すように、第 1 実施形態の表示制御システム 1 0 0 0 において、表示制御装置 1 0 0 を表示制御装置 1 0 0 A に置換した構成を有している。そして、表示制御装置 1 0 0 A は、図 1 1 に示すように、第 1 実施形態の表示制御装置 1 0 0 において、訓練データ取得部 2 を訓練データ取得部 2 A に置

50

換した構成を有している。

【0149】

訓練データ取得部2Aは、セクタSEL2から出力されるデータD1\_\_imgと、ロボット制御部Rbt\_\_C1に入力される訓練用データD1\_\_rb\_\_trainとを入力する。訓練データ取得部2Aは、データD1\_\_imgと訓練用データD1\_\_rb\_\_trainとに基づいて、予測処理部5の学習モデルを訓練するための訓練データDtr1を生成する。

【0150】

本変形例の表示制御システム1000Aでは、予め決められているロボットRbtの制御シーケンスと、それに応じて決定される安全領域（あるいは危険領域）とを対応付けて訓練データを取得する。例えば、図13に示すように、ロボットアームRbt\_\_armが、（1）フェーズ1（危険度：低）、（2）フェーズ2（危険度：高）、（3）フェーズ3（危険度：低（危険度は、フェーズ1の危険度と同じであるものとする））の順番に、動作するよう制御されることが予め決まっている場合、上記フェーズに応じて、安全領域（あるいは危険領域）も決定することができる。

【0151】

例えば、図13の場合、表示制御システム1000Aにおいて、ロボットRbt用の訓練データD1\_\_rb\_\_trainは、予め決められているロボットRbtの制御シーケンスから決定され、当該制御シーケンスにより決定されるフェーズに応じて危険度が決定されるとともに、安全領域（あるいは危険領域）が決定される。図13の場合、フェーズ2の危険度がフェーズ1の危険度よりも高いので、フェーズ2に対応する画像（安全領域または危険領域を明示する画像）が投影面（例えば、床面FLR）により長い期間投影されるように訓練用データD1\_\_prj\_\_trainを生成する。つまり、図13の場合、フェーズ2の開始時刻t1よりも前の時刻t01から、フェーズ2に対応する画像（安全領域または危険領域を明示する画像）が投影面（例えば、床面FLR）に投影されるように訓練用データD1\_\_prj\_\_trainを生成する。そして、それに応じて、フェーズ1に対応する画像（安全領域または危険領域を明示する画像）が、時刻t0から時刻t01までの期間において、投影面（例えば、床面FLR）に投影されるように訓練用データD1\_\_prj\_\_trainを生成する。つまり、フェーズ1からフェーズ2に移行する時刻t1よりも前の時刻において、投影画像がフェーズ1の画像からフェーズ2の画像に切り替わるように訓練用データD1\_\_prj\_\_trainを生成する。このようにすることで、安全領域が小さくなるフェーズに移行するよりも前に、作業員は、安全領域が小さくなることを認識でき、その結果、作業員の安全が確保される。

【0152】

また、図14に示すように、危険度に応じて決定した色（または輝度）を有する画像領域から構成される画像が投影面（例えば、床面FLR）に投影されるように訓練用データD1\_\_prj\_\_trainを生成してもよい。

【0153】

例えば、図14の場合、図13の場合と同様に、表示制御システム1000Aにおいて、ロボットRbt用の訓練データD1\_\_rb\_\_trainは、予め決められているロボットRbtの制御シーケンスから決定され、当該制御シーケンスにより決定されるフェーズに応じて危険度が決定されるとともに、安全領域（あるいは危険領域）が決定される。図14の場合、フェーズ2の危険度がフェーズ1の危険度よりも高いので、フェーズ1からフェーズ2に移行する前の期間において、フェーズ1に対応する画像領域とフェーズ2に対応する画像領域からなる画像（安全領域または危険領域を危険度に応じて色または輝度により階層的に分けた画像）が投影面（例えば、床面FLR）に投影されるように訓練用データD1\_\_prj\_\_trainを生成する。つまり、図14の場合、フェーズ2の開始時刻t1よりも前の時刻t01から時刻t1までの期間において、フェーズ1に対応する画像領域とフェーズ2に対応する画像領域からなる画像（安全領域または危険領域を危険度に応じて色または輝度により階層的に分けた画像）が投影面（例えば、床面FLR）に

10

20

30

40

50

投影されるように訓練用データD1\_\_prj\_\_trainを生成する。そして、それに応じて、フェーズ1に対応する画像（安全領域または危険領域を明示する画像）が、時刻t0から時刻t01までの期間において、投影面（例えば、床面FLR）に投影されるように訓練用データD1\_\_prj\_\_trainを生成する。つまり、フェーズ1からフェーズ2に移行する時刻t1よりも前の時刻t01から、フェーズ1に対応する画像領域とフェーズ2に対応する画像領域からなる画像（安全領域または危険領域を危険度に応じて色または輝度により階層的に分けた画像）を投影面に投影することで、作業員が、まもなく危険度が変化し、安全領域が変化することを適切に把握することができる。したがって、このようにして生成した訓練用データにより学習することで、作業員の安全を適切に確保する予測処理用の学習済みモデルを構築することができる。

10

#### 【0154】

本変形例の表示制御システム1000Aでは、上記のようにロボットRbtの制御シーケンスと対応付けた投影画像を訓練用データとして取得する。そして、このようにして取得した訓練用データを用いて学習処理を行い、学習済みモデルを取得する。そして、当該学習モデルを用いて、予測処理を実行することで、表示制御システム1000Aでは、適切に、安全領域（あるいは危険領域）を明示する画像を投影面（例えば、床面FLR）に投影することができる。その結果、作業員は、安全領域がまもなく変化することも適切に把握でき、作業員の安全が確保される。

#### 【0155】

なお、本変形例の表示制御システム1000Aにおいて、例えば、投影面に投影されている画像（当該画像の色、輝度）により、訓練用データを生成し、当該訓練データにより、学習処理を行うようにしてもよい。つまり、本変形例の表示制御システム1000Aにおいて、ロボットアームRbt\_\_armの状態を認識することなく、投影面に投影されている画像（当該画像の色、輝度）に基づいて、訓練用データの取得、学習処理を行うようにしてもよい。

20

#### 【0156】

##### [第2実施形態]

次に、第2実施形態について、説明する。

#### 【0157】

なお、上記実施形態と同様の部分については、同一符号を付し、詳細な説明を省略する。

30

#### 【0158】

##### <2.1：表示制御システムの構成>

図15は、第2実施形態に係る表示制御システム2000の概略構成図である。

#### 【0159】

図16は、第2実施形態に係る表示制御装置100Bの概略構成図である。

#### 【0160】

図17は、第2実施形態に係る表示制御装置100Bの予測処理部5Aの概略構成図である。

#### 【0161】

第2実施形態に係る表示制御システム2000は、図15に示すように、第1実施形態の表示制御システム1000において、表示制御装置100を表示制御装置100Bに置換した構成を有している。そして、表示制御装置100Bは、図16に示すように、第1実施形態の表示制御装置100において、予測処理部5を予測処理部5Aに置換した構成を有している。

40

#### 【0162】

予測処理部5Aは、図17に示すように、予測部51と、検知対象位置判定部52と、安全範囲マップ生成部53と、危険判定部54とを備える。予測処理部5Aは、予測処理結果のデータDp1\_\_prjをセクタSEL1および安全範囲マップ生成部53に出力する。

50

## 【0163】

予測部51は、第1実施形態の予測処理部5と同様の処理を実行する機能部である。

## 【0164】

検知対象位置判定部52は、セクタSEL2から出力される画像データD1\_\_imgを入力し、当該画像データD1\_\_imgに対して、画像認識処理を行い、検知対象（例えば、作業員）に相当する画像領域の画像上の位置を特定する。そして、検知対象位置判定部52は、取得した検知対象の画像上の位置情報を含むデータをデータD\_\_posとして、危険判定部54に出力する。

## 【0165】

安全範囲マップ生成部53は、予測部51から出力されるデータDp1\_\_prjを入力し、当該データDp1\_\_prjから、安全領域を特定するマップ情報（安全領域の位置、大きさ、形状等を特定するための情報）を取得する。そして、安全範囲マップ生成部53は、取得したマップ情報を含むデータをデータD\_\_mapとして、危険判定部54に出力する。

10

## 【0166】

危険判定部54は、検知対象位置判定部52から出力されるデータD\_\_posと、安全範囲マップ生成部53から出力されるデータD\_\_mapとを入力する。危険判定部54は、データD\_\_posおよびデータD\_\_mapに基づいて、検知対象（例えば、作業員）が危険領域に入っている（あるいは、現時刻から短い期間内に入っている可能性が高い）か否かを判定する。そして、危険判定部54は、検知対象（例えば、作業員）が危険領域に入っている（あるいは、現時刻から短い期間内に入っている可能性が高い）と判定した場合、警告信号Sig\_\_wrnを生成し、生成した警告信号Sig\_\_wrnをロボット制御部Rbt\_\_C1Aに出力する。

20

## 【0167】

ロボット制御部Rbt\_\_C1Aは、第1実施形態のロボット制御部Rbt\_\_C1と同様の機能を有しており、さらに、表示制御装置100Bから出力される警告信号Sig\_\_wrnを入力する。そして、ロボット制御部Rbt\_\_C1Aは、表示制御装置100Bから警告信号Sig\_\_wrnが入力された場合、ロボットアームRbt\_\_armの動作を継続することが危険であると判断し、警告動作（例えば、警告音を発生させる等の処理）、および/または、ロボットアームRbt\_\_armを停止させる等の危険回避処理を行う。

30

## 【0168】

< 2.2：表示制御システムの動作 >

以上のように構成された表示制御システム2000の動作について、説明する。なお、第1実施形態と同様の部分については、説明を省略する。

## 【0169】

図18は、第2実施形態に係る表示制御システム2000の予測モードの処理のフローチャートである。

## 【0170】

図19、図20は、第2実施形態に係る表示制御システム2000の予測モードの処理を説明するための図である。

40

## 【0171】

以下では、図18のフローチャートを参照しながら、表示制御システム2000の予測モードの処理について、説明する。なお、表示制御システム2000において、訓練データ取得モードの処理、学習モードの処理は、第1実施形態の表示制御システム1000と同様である。

## 【0172】

図19に示すように、ロボット制御部Rbt\_\_C1Aに、制御信号Ctrl\_\_Rbt（phase2）が入力され、ロボットアームRbt\_\_armが所定の動作（これを「フェーズ2の動作」という）を実行する場合について、説明する。

## 【0173】

50

この場合、ロボット制御部 R b t \_ C 1 A は、ロボットアーム R b t \_ a r m が、制御信号 C t r l \_ R b t ( p h a s e 2 ) に従う動作（フェーズ 2 の動作）を実行するように、ロボットアーム R b t \_ a r m を制御する。

【 0 1 7 4 】

ロボットアーム R b t \_ a r m は、ロボット制御部 R b t \_ C 1 A から指令に従い、フェーズ 2 の動作を行う。

【 0 1 7 5 】

そして、撮像部 C m r 1 は、そのときの状況（ロボットアーム R b t \_ a r m 、作業員、床面 F L R 等）を、訓練データを取得したときと同様の状態で撮像する。

【 0 1 7 6 】

ロボットアーム R b t \_ a r m がフェーズ 2 の動作を行っている期間中において、撮像部 C m r 1 は、ロボット R b t 、床面 F L R 、（存在すれば）作業員を上方から撮像し、撮像した画像（フレーム画像）を表示制御装置 1 0 0 に出力し続ける（ステップ S 1 ）。

【 0 1 7 7 】

予測処理時（予測モード）において、モード信号 M o d e は、その信号値が「 1 」にセットされているので、セクタ S E L 2 は、データ D 1 \_ i m g を予測処理部 5 A に出力する。

【 0 1 7 8 】

予測処理部 5 A は、ロボットアーム R b t \_ a r m がフェーズ 2 の動作を行っている期間中において取得された画像データ D 1 \_ i m g を、学習済みモデルに入力し、当該学習済みモデルからの出力をデータ D p 1 \_ p r j として取得する。例えば、図 1 9 に示す場合における、（ 1 ）ロボットアーム R b t \_ a r m の位置、状態、および、（ 2 ）作業員 P s n 1 の位置、状態は、図 4 の場合（安全領域が領域 A r 2 であるときの訓練データを取得したときの状態）における、（ 1 ）ロボットアーム R b t \_ a r m の位置、状態、および、（ 2 ）作業員 P s n 1 の位置、状態と類似している。したがって、この状態において、撮像した画像データ D 1 \_ i m g が、予測処理部 5 A の学習済みモデルに入力された場合、安全領域が領域 A r 2 であることを示すデータ（床面 F L R に領域 A r 2 を表示させるためのデータ D p 1 \_ p r j ）が、学習済みモデルから出力される。

【 0 1 7 9 】

そして、予測処理部 5 A は、取得したデータ D p 1 \_ p r j をセクタ S E L 1 に出力する。予測モードの場合、モード信号 M o d e の信号値は「 1 」であるので、セクタ S E L 1 は、予測処理部 5 A から出力されるデータ D p 1 \_ p r j を投影制御部 1 に出力する。

【 0 1 8 0 】

投影制御部 1 は、データ D p 1 \_ p r j を入力し、データ D p 1 \_ p r j に基づく画像（あるいは、投影面に表示する境界線）が投影部 P r j 1 から投影対象に投影されるように制御する制御信号 C t l \_ p r j ( D p 1 \_ p r j ) を生成し、生成した当該制御信号 C t l \_ p r j ( D p 1 \_ p r j ) を投影部 P r j 1 に出力する。

【 0 1 8 1 】

そして、投影部 P r j 1 は、制御信号 C t l \_ p r j ( D p 1 \_ p r j ) に基づいて、投影面（床面 F L R ）に、データ D p 1 \_ p r j に基づく画像（あるいは、投影面に表示する境界線）を投影する。図 1 9 に示した場合、安全領域が領域 A r 2 であることを示す画像（あるいは、境界線）が床面 F L R に投影される。

【 0 1 8 2 】

この状態において、撮像部 C m r 1 により取得されたフレーム画像データ D 1 \_ i m g が検知対象位置判定部 5 2 に入力される。

【 0 1 8 3 】

検知対象位置判定部 5 2 はフレーム画像データ D 1 \_ i m g に対して、画像認識処理を行い、検知対象（例えば、図 1 9 の作業員 P s n 1 ）に相当する画像領域の画像上の位置を特定する（ステップ S 2 ）。そして、検知対象位置判定部 5 2 は、取得した検知対象の

10

20

30

40

50

画像上の位置情報を含むデータをデータD\_\_posとして、危険判定部54に出力する。

【0184】

安全範囲マップ生成部53は、予測部51から出力されるデータDp1\_\_prjを入力し、当該データDp1\_\_prjから、安全領域を特定するマップ情報（安全領域の位置、大きさ、形状等を特定するための情報）を取得する（ステップS3）。図19の場合、安全範囲マップ生成部53は、安全領域Ar2を特定するマップ情報を取得する。

【0185】

そして、安全範囲マップ生成部53は、取得したマップ情報を含むデータをデータD\_\_mapとして、危険判定部54に出力する。

【0186】

危険判定部54は、検知対象位置判定部52から出力されるデータD\_\_posと、安全範囲マップ生成部53から出力されるデータD\_\_mapとに基づいて、検知対象（例えば、図19の作業員Psn1）が危険領域に入っている（あるいは、現時刻から短い期間内に入っている可能性が高い）か否かを判定する。例えば、検知対象の動きベクトルを取得し、当該動きベクトルから、現時刻から短い期間内に入っている可能性が高いか否かを判定する（マップ照合処理、ステップS4、S5）。

【0187】

そして、危険判定部54は、検知対象（例えば、作業員）が危険領域に入っている（あるいは、現時刻から短い期間内に入っている可能性が高い）と判定した場合、警告信号Sig\_\_wrnを生成し、生成した警告信号Sig\_\_wrnをロボット制御部Rbt\_\_C1Aに出力する。

【0188】

ロボット制御部Rbt\_\_C1Aは、表示制御装置100Bから警告信号Sig\_\_wrnが入力された場合、ロボットアームRbt\_\_armの動作を継続することが危険であると判断し、警告動作（例えば、警告音を発生させる等の処理）、および/または、ロボットアームRbt\_\_armを停止させる等の危険回避処理を行う（ステップS6）。

【0189】

表示制御システム2000では、このように処理することで、例えば、図19の場合において、作業員Psn1が安全領域Ar2内から、安全領域Ar2外へ移動し、ロボットアームRbt\_\_armと接触、衝突する可能性が高くなった場合、危険回避処理により、ロボットアームRbt\_\_armと接触、衝突する等の重大事故の発生を防止することができる。つまり、表示制御システム2000においても、ロボットRbt、ロボットアームRbt\_\_armがどのような状態であっても、その状態に応じて、動的に安全領域を特定（予測）する予測処理を、適切かつ高精度に行うことができる。

【0190】

なお、上記では、投影面（床面FLR）に境界線が表示される場合について説明したが、これに限定されることなく、表示制御システム2000において、安全度合いを階層的に分けた画像領域（例えば、階層的に色分けした画像、あるいは、階層的に輝度を変えた画像）を有する画像を投影面（床面FLR）に投影するようにしてもよい。この場合、安全度合いを階層的に分けた画像領域を含む画像データを用いて、上記の検知対象の位置特定処理（ステップS2）、安全範囲マップ取得処理（ステップS3）の処理を行えばよい。

【0191】

また、上記では、投影部Prj1から、安全領域を表示する場合について説明したが、これに限定されることはなく、表示制御システム2000において、図20に示すように、危険領域を示す画像（あるいは境界線）を投影面（床面FLR）に表示するようにしてもよい。なお、図20の場合、領域Ar\_\_rb1が、危険度が高い領域（危険領域）であり、領域Ar\_\_rb2が領域Ar\_\_rb1よりも危険度が低い領域（危険領域）である。この場合、検知対象（例えば、作業員Psn1）が危険範囲に入る、あるいは、短期間に入る可能性が高い場合、表示制御装置100Bからロボット制御部Rbt\_\_C1Aに警告

10

20

30

40

50

信号 S i g \_ w r n を出力し、危険回避処理を行うようにすればよい。

【 0 1 9 2 】

[ 他の実施形態 ]

上記実施形態を組み合わせ、表示制御システム、表示制御装置を構成するようにしてもよい。例えば、第 2 実施形態の表示制御システムにおいて、第 1 実施形態の第 1 変形例と同様の方法により、訓練用データを取得し、取得した当該訓練用データを用いて学習処理を行い、さらに、当該学習処理により取得した学習済みモデルを用いて、予測処理を行うようにしてもよい。

【 0 1 9 3 】

また、上記実施形態では、ロボット R b t が 1 つ、作業員が一人である場合について説明したが、これに限定されることはなく、ロボット R b t の数、作業員数は、任意の数でよい。

10

【 0 1 9 4 】

また、上記実施形態では、撮像部 C m r 1 が 1 つである場合について説明したが、これに限定されることはなく、表示制御システムは、複数の撮像部を備えるものであってもよい。そして、このように構成された表示制御システムにおいて、より遮蔽を減少させるために、複数のカメラで撮像した画像を用いて危険検知、危険判定処理等を行うようにしてもよい。

【 0 1 9 5 】

なお、撮像部は、固定位置に設置されることが好ましいが、可変位置に設置されてもよい。

20

【 0 1 9 6 】

また、上記実施形態では、安全領域（あるいは、危険領域）を、ロボットアーム R b t \_ a r m の動作状態により、動的に変化させて、投影面（床面 F L R ）に投影する場合について説明したが、これに限定されることはなく、例えば、安全領域の最大領域を検出し、当該最大領域を静的に投影面（床面 F L R ）に表示するようにしてもよい。この場合、床面 F L R において、物理的に認識できる境界線等を表示するようにしてもよい（例えば、光ファイバーにより、当該境界が発光し、作業員等が容易に認識できるようにしてもよい）。

【 0 1 9 7 】

30

また、上記実施形態では、投影部 P r j 1 は、プロジェクタ装置を使用する場合について説明したが、これに限定されることはなく、例えば、LED スキャナ、レーザースキャナ等を投影部 P r j 1 として用いてもよい。

【 0 1 9 8 】

また、上記実施形態では、投影部 P r j 1 が 1 つである場合について説明したが、これに限定されることはなく、表示制御システムは、複数の投影部（例えば、プロジェクタ装置）を備えるものであってもよい。そして、このように構成された表示制御システムにおいて、複数の投影部（例えば、プロジェクタ装置）を用いて、遮蔽なく安全領域または危険領域を投影して明示するようにしてもよい。

【 0 1 9 9 】

40

なお、投影部は、固定位置に設置されることが好ましいが、可変位置に設置されてもよい。

【 0 2 0 0 】

また、上記実施形態では、キャリブレーションにおいて、ロボット R b t の台座の 2 点を基準点とする場合について、説明したが、これに限定されることはなく、キャリブレーション用の基準点の数は、2 以上であってもよいし、また、別の位置を基準点としてもよい。

【 0 2 0 1 】

また、上記実施形態で説明した表示制御システム、表示制御装置において、各ブロックは、L S I などの半導体装置により個別に 1 チップ化されてもよいし、一部又は全部を含

50

むように1チップ化されても良い。

【0202】

なお、ここでは、LSIとしたが、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。

【0203】

また、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路又は汎用プロセサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサを利用してよい。

【0204】

また、上記各実施形態の各機能ブロックの処理の一部または全部は、プログラムにより実現されるものであってもよい。そして、上記各実施形態の各機能ブロックの処理の一部または全部は、コンピュータにおいて、中央演算装置(CPU)により行われる。また、それぞれの処理を行うためのプログラムは、ハードディスク、ROMなどの記憶装置に格納されており、ROMにおいて、あるいはRAMに読み出されて実行される。

10

【0205】

また、上記実施形態の各処理をハードウェアにより実現してもよいし、ソフトウェア(OS(オペレーティングシステム)、ミドルウェア、あるいは、所定のライブラリとともに実現される場合を含む。)により実現してもよい。さらに、ソフトウェアおよびハードウェアの混在処理により実現してもよい。

20

【0206】

例えば、上記実施形態(変形例を含む)の各機能部を、ソフトウェアにより実現する場合、図21に示したハードウェア構成(例えば、CPU、GPU、ROM、RAM、入力部、出力部等をバスBusにより接続したハードウェア構成)を用いて、各機能部をソフトウェア処理により実現するようにしてもよい。

【0207】

また、上記実施形態の各機能部をソフトウェアにより実現する場合、当該ソフトウェアは、図21に示したハードウェア構成を有する単独のコンピュータを用いて実現されるものであってもよいし、複数のコンピュータを用いて分散処理により実現されるものであってもよい。

30

【0208】

また、上記実施形態における処理方法の実行順序は、必ずしも、上記実施形態の記載に制限されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で、実行順序を入れ替えることができるものである。

【0209】

前述した方法をコンピュータに実行させるコンピュータプログラム及びそのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、本発明の範囲に含まれる。ここで、コンピュータ読み取り可能な記録媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、SSD、CD-ROM、MO、DVD、DVD-ROM、DVD-RAM、Blu-ray(登録商標)、次世代光ディスク、半導体メモリを挙げることができる。

40

【0210】

上記コンピュータプログラムは、上記記録媒体に記録されたものに限られず、電気通信回線、無線又は有線通信回線、インターネットを代表とするネットワーク等を経由して伝送されるものであってもよい。

【0211】

なお、本発明の具体的な構成は、前述の実施形態に限られるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更および修正が可能である。

【符号の説明】

【0212】

1000、1000A、2000 表示制御システム

50

- C m r 1 撮像部
- P r j 1 投影部
- 1 0 0 、 1 0 0 A 、 1 0 0 B 表示制御装置
- 5 、 5 A 予測処理部
- R b t ロボット
- R b t \_ a r m ロボットアーム
- R b t \_ C 1 、 R b t \_ C 1 A ロボット制御部

【 図 1 】

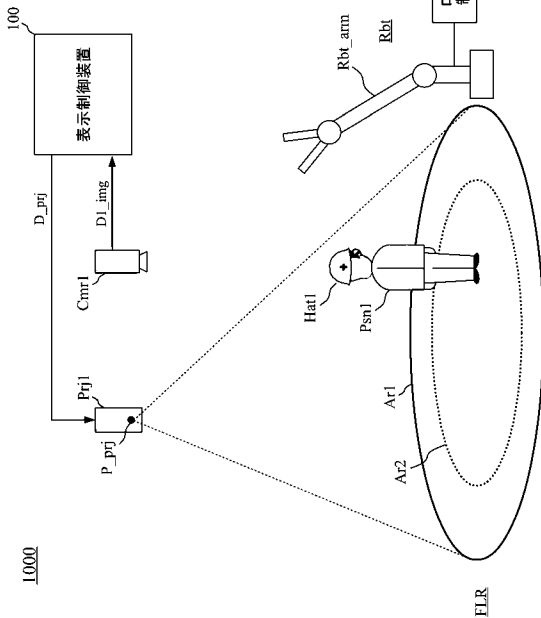


FIG. 1

【 図 2 】

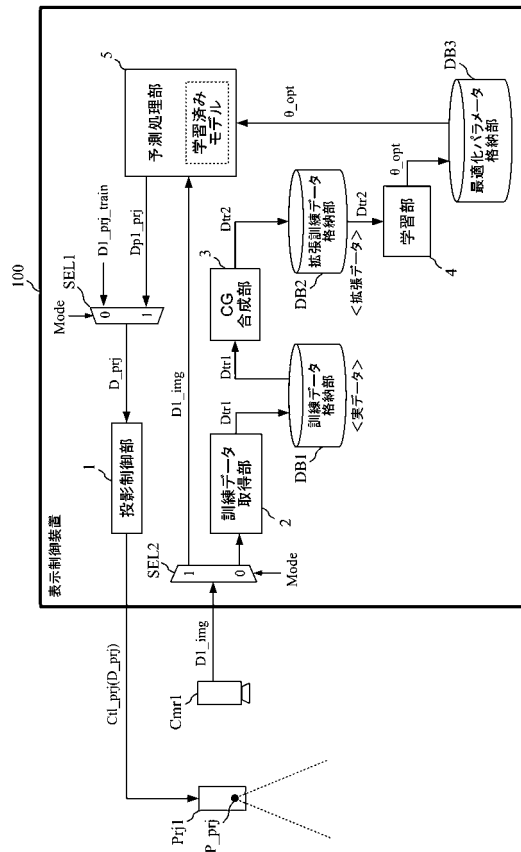


FIG. 2

【 図 3 】

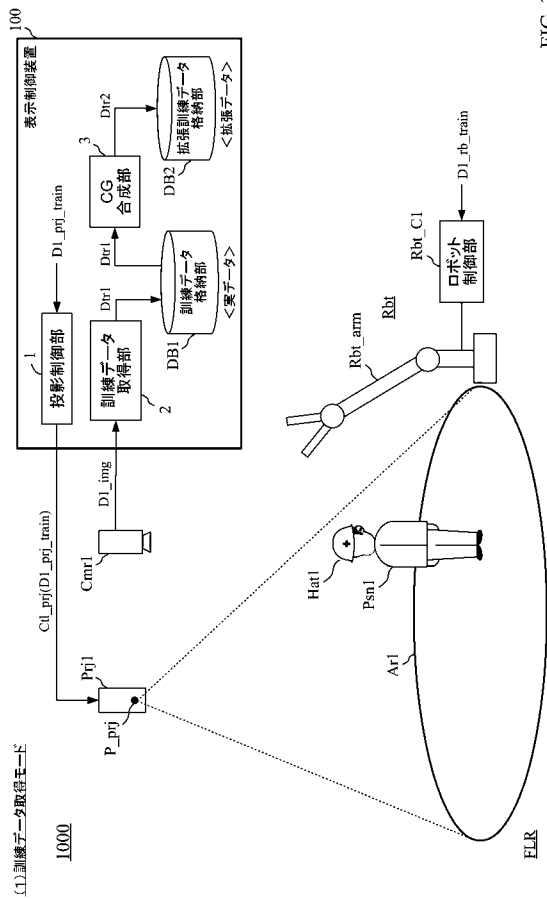


FIG. 3

【 図 4 】

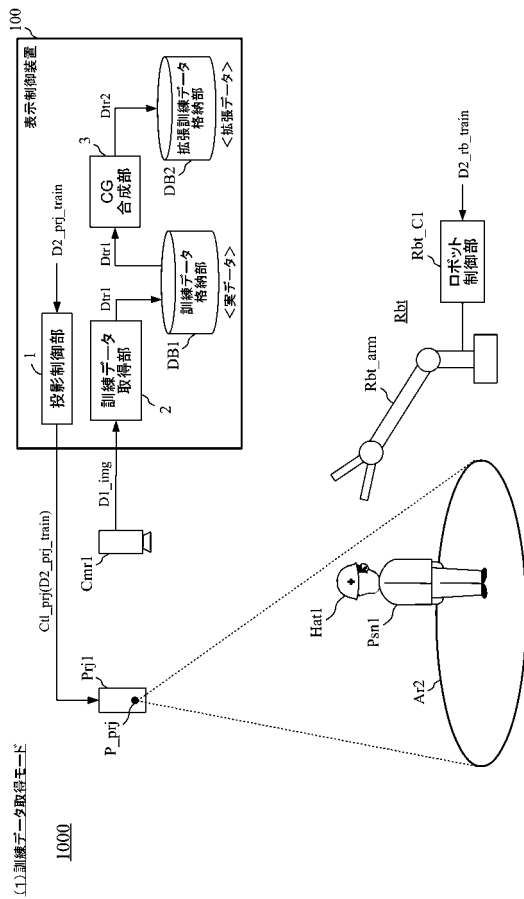


FIG. 4

【 図 5 】

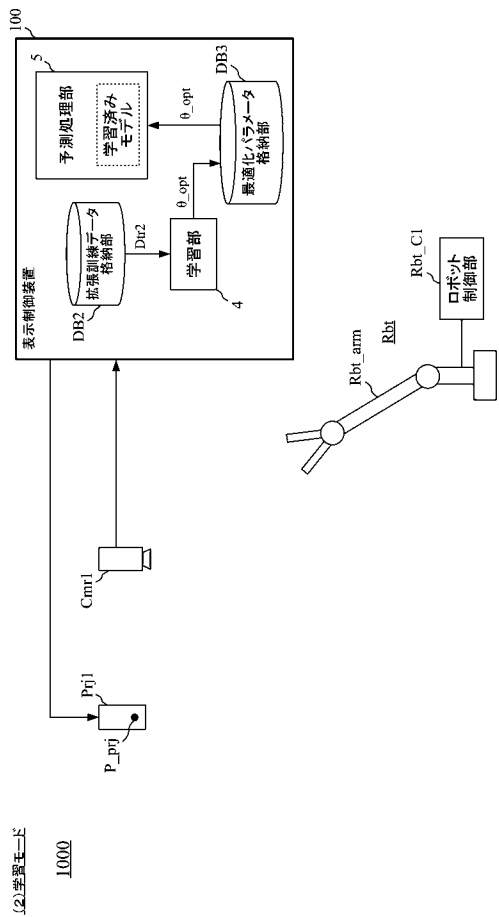


FIG. 5

【 図 6 】

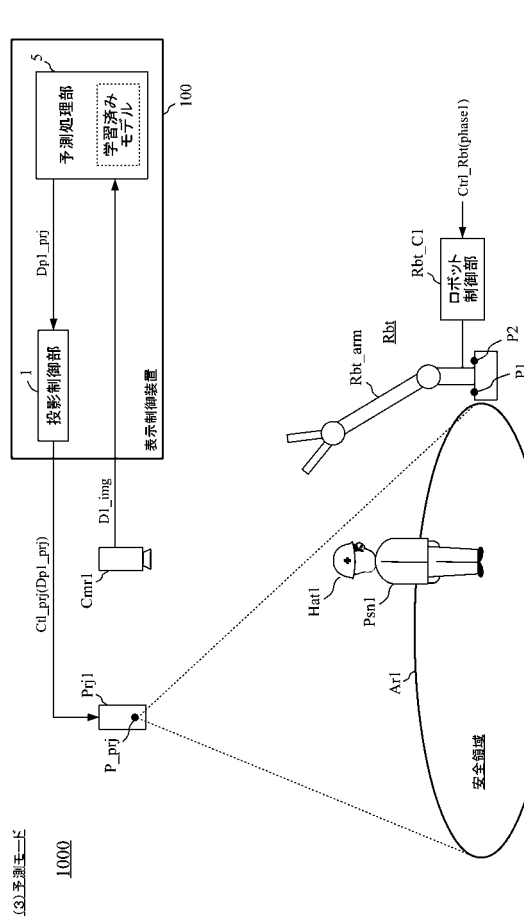


FIG. 6

(2)学習手段

(3)学習手段

【 図 7 】

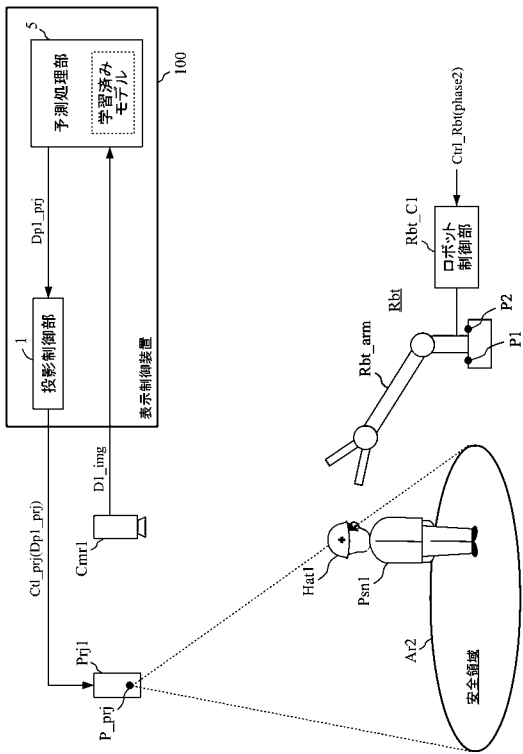


FIG. 7

【 図 8 】

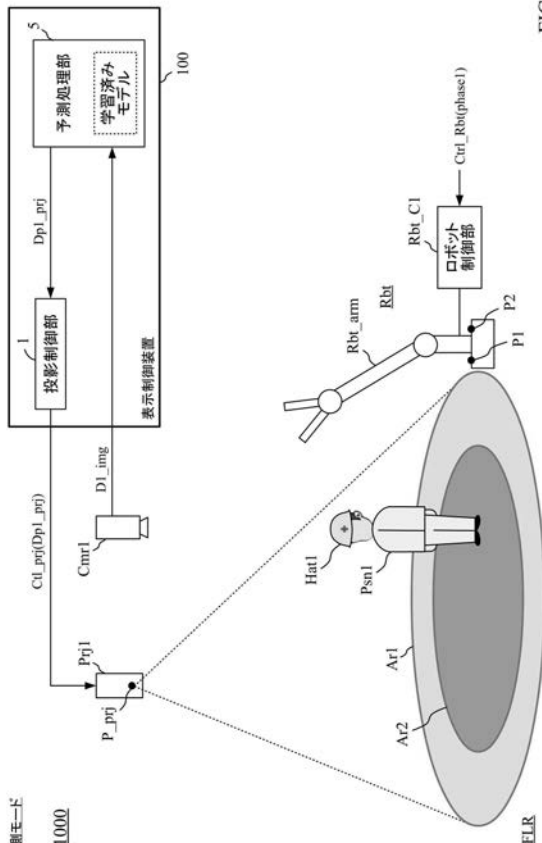


FIG. 8

(3)予測モード

1000

【 図 9 】

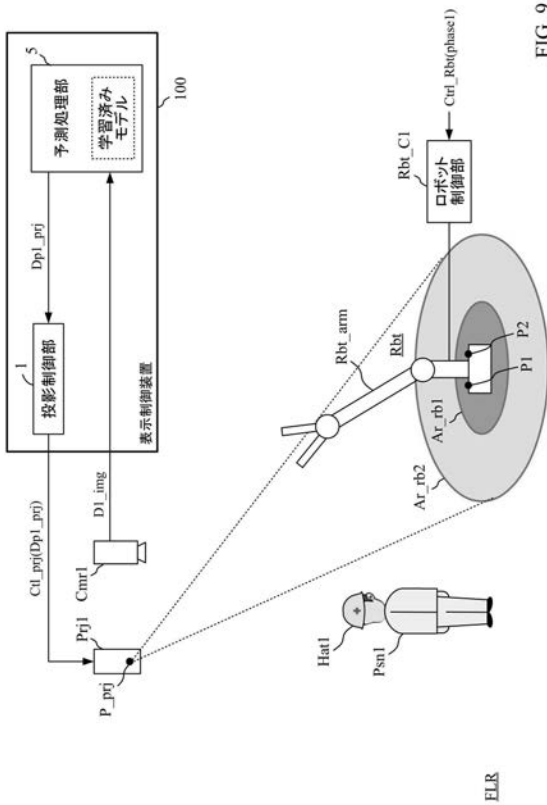


FIG. 9

(3)予測モード

1000

(3)予測モード

1000

【 図 10 】

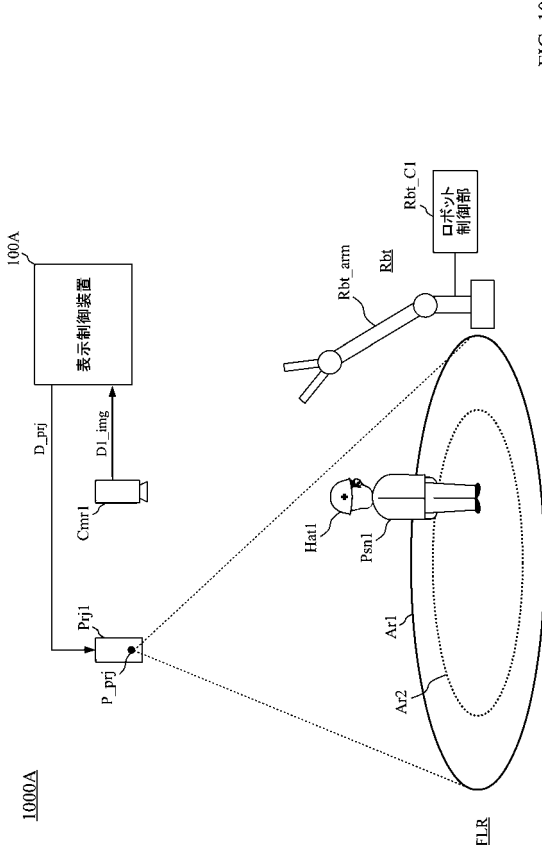


FIG. 10

1000A

【図 1 1】

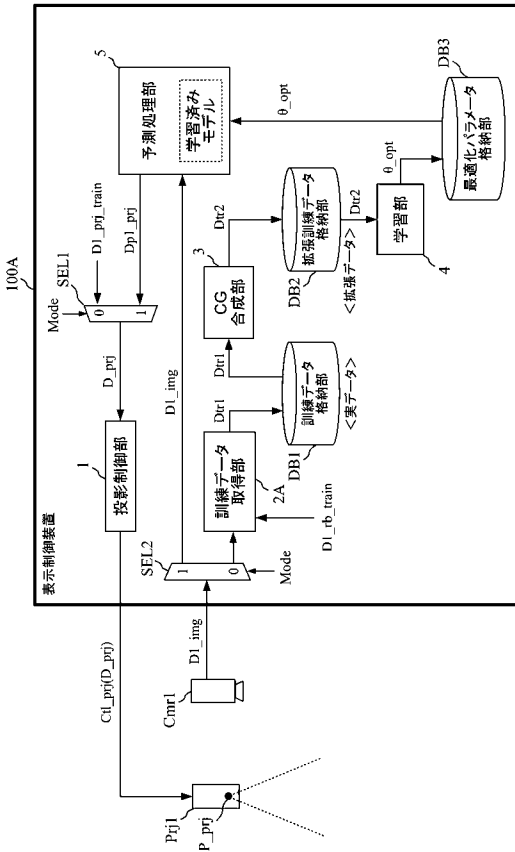


FIG. 11

【図 1 3】

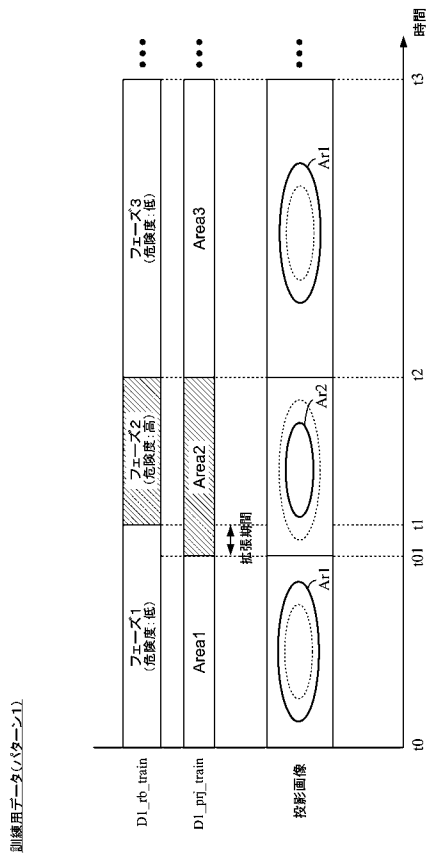


FIG. 13

【図 1 2】

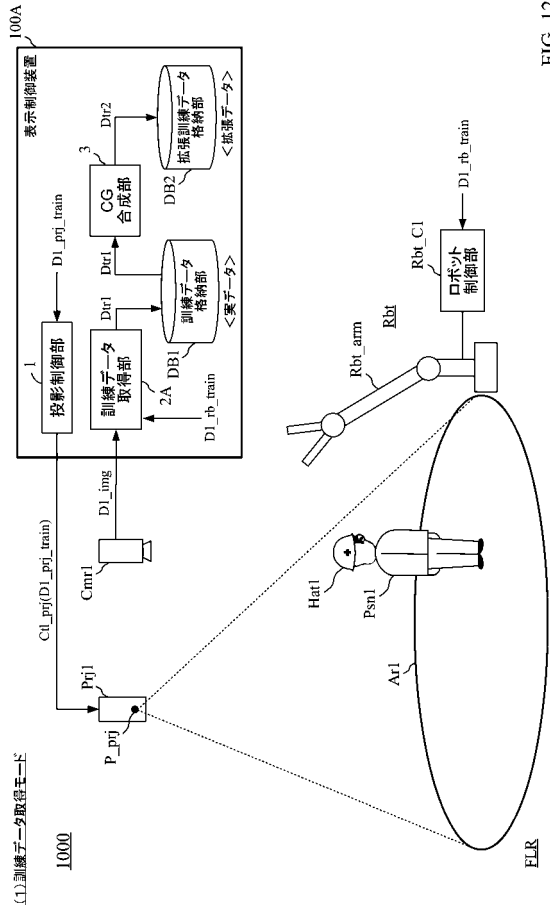


FIG. 12

【図 1 4】

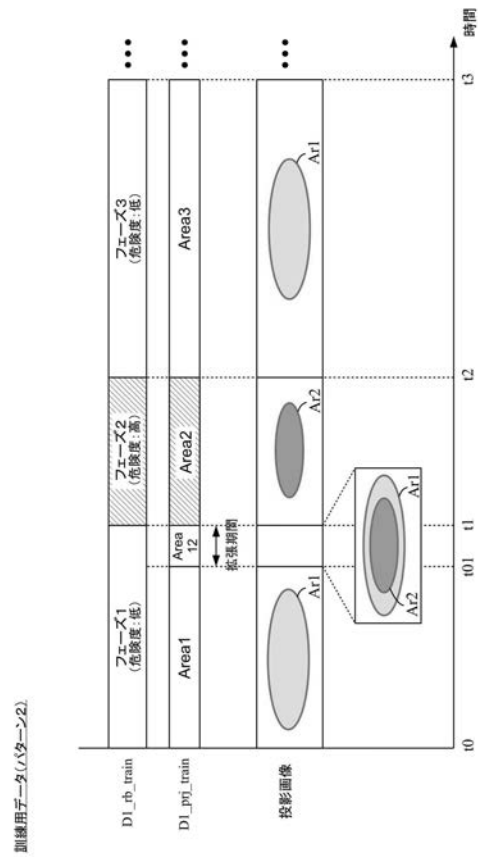


FIG. 14

【図 15】

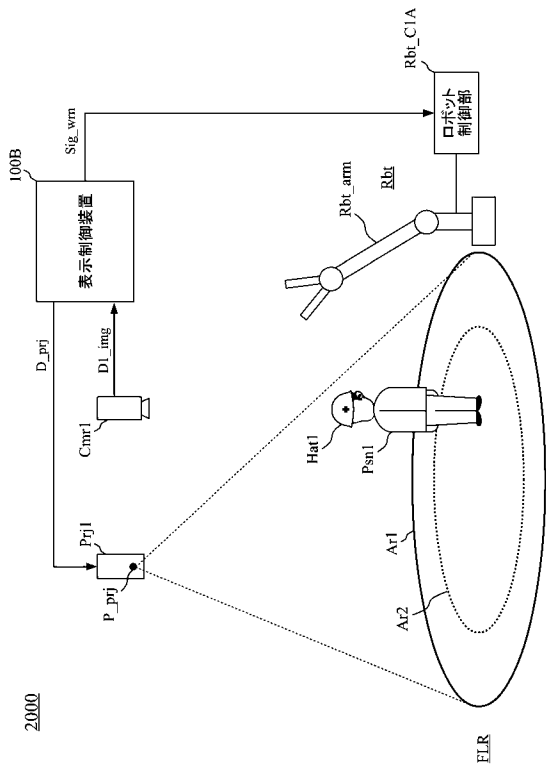


FIG. 15

【図 16】

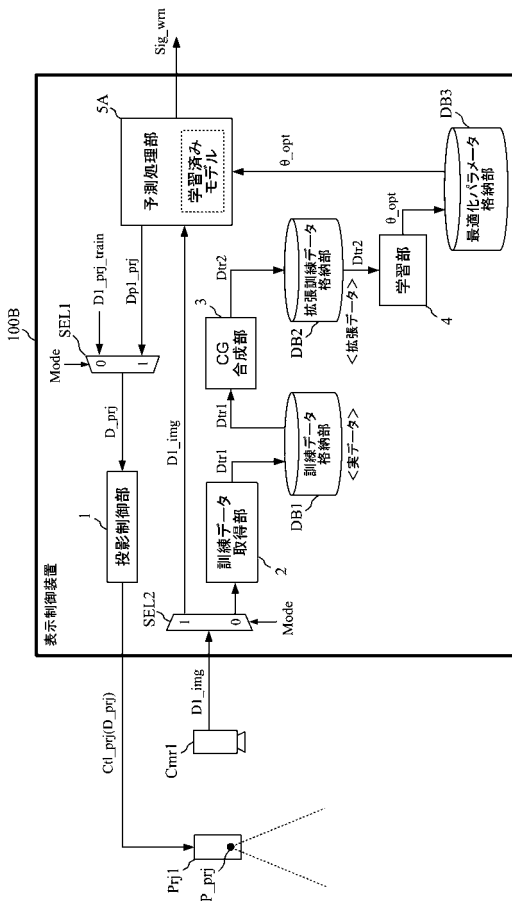


FIG. 16

【図 17】

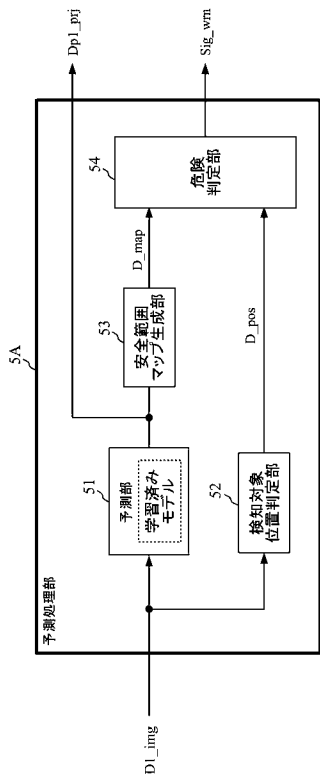


FIG. 17

【図 18】

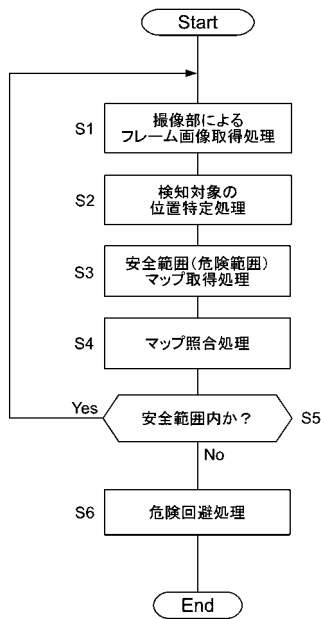


FIG. 18

【 図 1 9 】

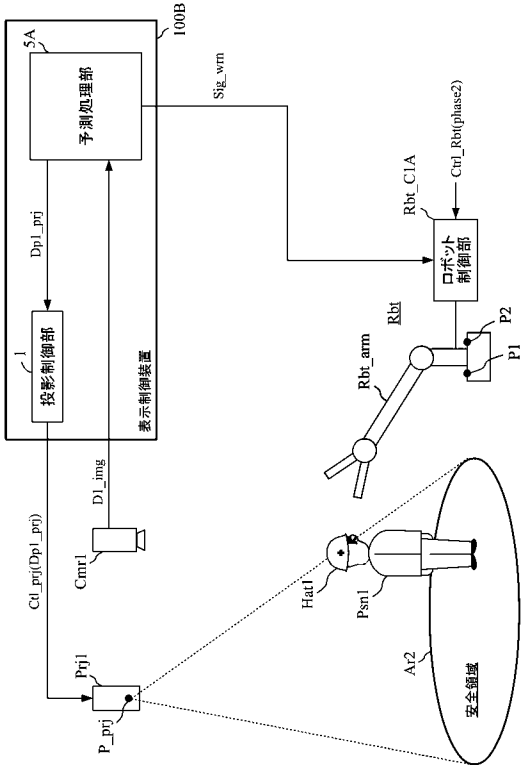


FIG. 19

【 図 2 0 】

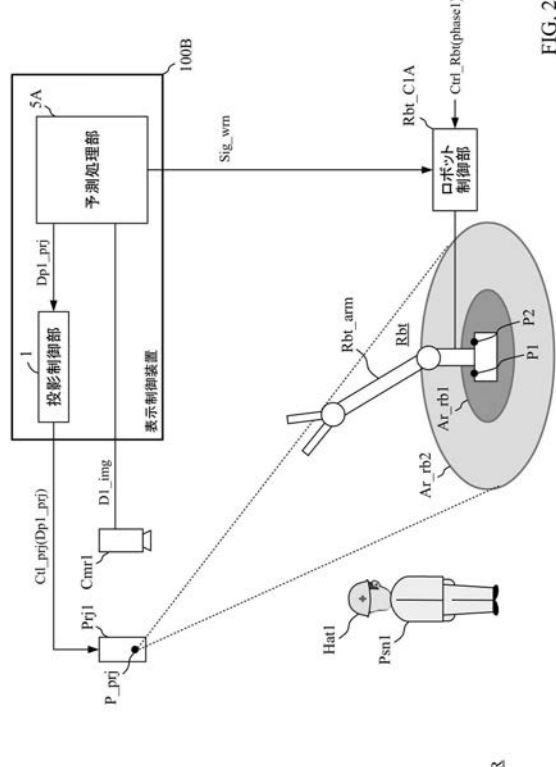


FIG. 20

(3) 予測モード

1000

【 図 2 1 】

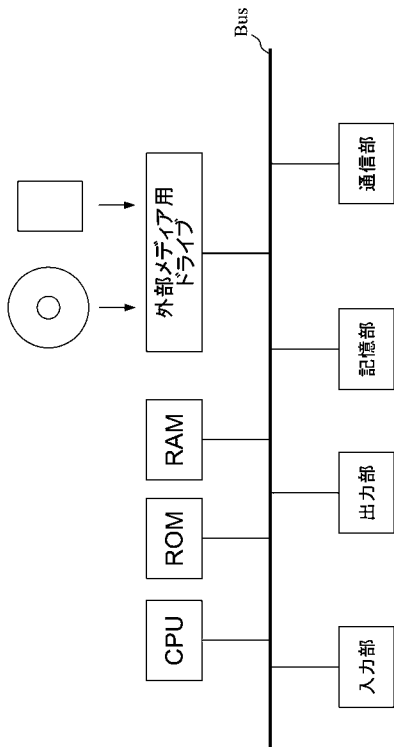


FIG. 21

(3) 予測モード

1000

ELR

---

フロントページの続き

- (72)発明者 大濱 剛  
大阪府大阪市平野区西脇2丁目3番15号 日本金銭機械株式会社内
- (72)発明者 今西 勁峰  
京都府京都市中京区河原町通二条下る二丁目下丸屋町403番地 イーグロース株式会社内
- (72)発明者 今中 良一  
京都府京都市中京区河原町通二条下る二丁目下丸屋町403番地 イーグロース株式会社内
- Fターム(参考) 3C707 JU03 KS03 KS11 KT01 KT06 LW12 MS06 MS08 MS27 MS28