

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-123734

(P2022-123734A)

(43)公開日 令和4年8月24日(2022.8.24)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
G 0 6 T 7/00 (2017.01)	G 0 6 T 7/00 3 5 0 C	3 C 1 0 0
G 0 6 Q 50/04 (2012.01)	G 0 6 T 7/00 6 1 0	5 L 0 4 9
G 0 5 B 19/418(2006.01)	G 0 6 Q 50/04	5 L 0 9 6
	G 0 5 B 19/418 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全18頁)

(21)出願番号	特願2021-21239(P2021-21239)	(71)出願人	399076312 株式会社YE DIGITAL 福岡県北九州市小倉北区米町二丁目1番21号
(22)出願日	令和3年2月12日(2021.2.12)	(74)代理人	110002147弁理士法人酒井国際特許事務所
		(72)発明者	斉藤 健太郎 福岡県北九州市小倉北区米町2丁目1番21号 株式会社YE DIGITAL内
		(72)発明者	竹田 大晃 福岡県北九州市小倉北区米町2丁目1番21号 株式会社YE DIGITAL内
		(72)発明者	青柳 慧 福岡県北九州市小倉北区米町2丁目1番21号 株式会社YE DIGITAL内

最終頁に続く

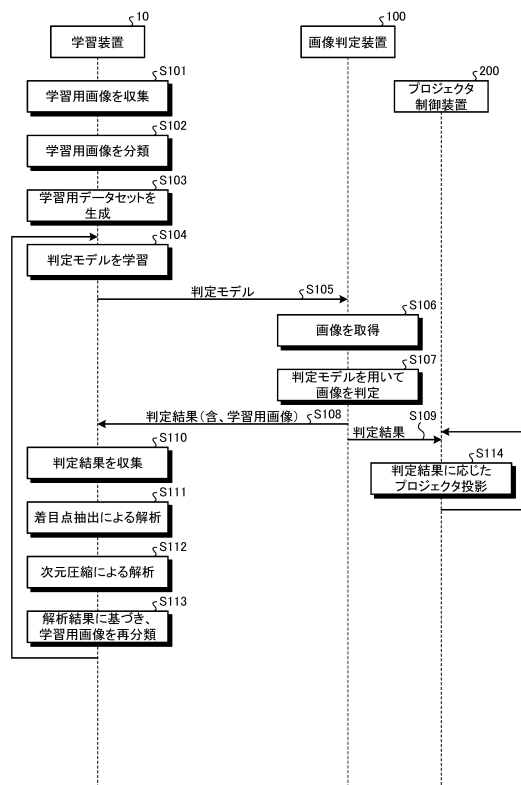
(54)【発明の名称】 画像判定方法、画像判定システムおよび画像判定プログラム

(57)【要約】 (修正有)

【課題】効率よく判定精度の向上を図る画像判定方法、画像判定システムおよび画像判定プログラムを提供する。

【解決手段】画像判定方法は、画像判定装置が、製造ラインにおける製品の画像を取得し、深層学習ネットワークである判定モデルを用いて分類判定する判定工程S107と、学習装置が、画像が判定モデルへ入力された場合の画像に対する判定モデルの着目点を抽出して可視化することによって判定モデルの判定結果を解析する第1の解析工程S111と、画像が判定モデルへ入力された場合の高次元空間における画像の特徴量を次元圧縮による低次元表現へ変換して可視化することによって判定モデルの判定結果を解析する第2の解析工程S112と、第1の解析工程S111および第2の解析工程S112における解析結果に基づいて分類された前記画像に基づいて判定モデルを学習する学習工程S104と、を含む。

【選択図】図12



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

製造ラインにおける製品の画像を取得し、深層学習ネットワークである判定モデルを用いて分類判定する判定工程と、

前記画像が前記判定モデルへ入力された場合の前記画像に対する前記判定モデルの着目点を抽出して可視化することによって前記判定モデルの判定結果を解析する第 1 の解析工程と、

前記画像が前記判定モデルへ入力された場合の高次元空間における前記画像の特徴量を次元圧縮による低次元表現へ変換して可視化することによって前記判定モデルの判定結果を解析する第 2 の解析工程と、

前記第 1 の解析工程および前記第 2 の解析工程における解析結果に基づいて分類された前記画像に基づいて前記判定モデルを学習する学習工程と

を含むことを特徴とする画像判定方法。

**【請求項 2】**

前記学習工程は、

前記第 1 の解析工程において、一つの前記画像について異なる複数の分類クラスに対応する前記着目点が抽出された場合に、当該画像を学習用画像から除外して前記判定モデルを学習する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像判定方法。

**【請求項 3】**

前記第 2 の解析工程は、

前記低次元表現による前記判定モデルの判定結果の分布を G U I 化し、該 G U I を介してユーザに前記画像を分類させる

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の画像判定方法。

**【請求項 4】**

前記第 1 の解析工程は、

G r a d - C A M を用いて前記着目点を抽出して可視化する

ことを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の画像判定方法。

**【請求項 5】**

前記第 2 の解析工程は、

U M A P を用いた前記次元圧縮により前記画像の特徴量を前記低次元表現へ変換して可視化する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の画像判定方法。

**【請求項 6】**

前記判定モデルの判定結果を前記製造ラインに反映する判定結果反映工程

をさらに含むことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の画像判定方法。

**【請求項 7】**

前記製造ラインは、

当該製造ライン上の前記製品に対してマーカーを投影するプロジェクタを有しており、

前記判定結果反映工程は、

前記製品の分類クラスおよび取るべき処置に応じて、少なくとも前記マーカーの色および形を変更させる

ことを特徴とする請求項 6 に記載の画像判定方法。

**【請求項 8】**

前記判定結果反映工程は、

前記製品の搬送速度と同じ速度で前記マーカーをスクロールさせる

ことを特徴とする請求項 7 に記載の画像判定方法。

**【請求項 9】**

製造ラインにおける製品の画像を取得し、深層学習ネットワークである判定モデルを用いて分類判定する判定部と、

10

20

30

40

50

前記画像が前記判定モデルへ入力された場合の前記画像に対する前記判定モデルの着目を抽出して可視化することによって前記判定モデルの判定結果を解析する第1の解析部と、

前記画像が前記判定モデルへ入力された場合の高次元空間における前記画像の特徴量を次元圧縮による低次元表現へ変換して可視化することによって前記判定モデルの判定結果を解析する第2の解析部と、

前記第1の解析部および前記第2の解析部による解析結果に基づいて分類された前記画像に基づいて前記判定モデルを学習する学習部と  
を備えることを特徴とする画像判定システム。

【請求項10】

製造ラインにおける製品の画像を取得し、深層学習ネットワークである判定モデルを用いて分類判定する判定手順と、

前記画像が前記判定モデルへ入力された場合の前記画像に対する前記判定モデルの着目を抽出して可視化することによって前記判定モデルの判定結果を解析する第1の解析手順と、

前記画像が前記判定モデルへ入力された場合の高次元空間における前記画像の特徴量を次元圧縮による低次元表現へ変換して可視化することによって前記判定モデルの判定結果を解析する第2の解析手順と、

前記第1の解析手順および前記第2の解析手順における解析結果に基づいて分類された前記画像に基づいて前記判定モデルを学習する学習手順と

をコンピュータに実行させることを特徴とする画像判定プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

開示の実施形態は、画像判定方法、画像判定システムおよび画像判定プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、AI (Artificial Intelligence) の分野において、CNN (Convolutional Neural Network) 等の深層学習ネットワークを判定モデルとして用いた画像判定により、画像中の物体を分類する技術が知られている (たとえば、特許文献1参照)。

【0003】

こうした技術を利用することにより、たとえば製造ラインで製造された製品の画像から、かかる製品が良品であるか不良品であるか、また不良品であればどのような不良があるのかを分類することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2018-022484号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述した従来技術には、効率よく判定精度の向上を図るうえで、さらなる改善の余地がある。

【0006】

たとえば、深層学習ネットワークは、言わば一種の関数であり、ブラックボックスである。このため、従来技術では、誤判定が生じた場合などに、判定精度の向上のために学習用画像を再分類して判定モデルの再学習を行いたくとも、そもそもの判定根拠が不明確なため、適切に学習用画像を再分類することが難しかった。

【0007】

10

20

30

40

50

また、判定精度の向上のためには、大量の学習用画像を用いて判定モデルを学習し、かかる判定モデルを大量の検証用画像を用いて検証することが望ましいが、従来技術では、その検証の多くを人が目視で行う必要があり、煩雑であった。

【0008】

実施形態の一態様は、上記に鑑みてなされたものであって、効率よく判定精度の向上を図ることができる画像判定方法、画像判定システムおよび画像判定プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

実施形態の一態様に係る画像判定方法は、判定工程と、第1の解析工程と、第2の解析工程と、学習工程とを含む。前記判定工程は、製造ラインにおける製品の画像を取得し、深層学習ネットワークである判定モデルを用いて分類判定する。前記第1の解析工程は、前記画像が前記判定モデルへ入力された場合の前記画像に対する前記判定モデルの着目点を抽出して可視化することによって前記判定モデルの判定結果を解析する。前記第2の解析工程は、前記画像が前記判定モデルへ入力された場合の高次元空間における前記画像の特徴量を次元圧縮による低次元表現へ変換して可視化することによって前記判定モデルの判定結果を解析する。前記学習工程は、前記第1の解析工程および前記第2の解析工程における解析結果に基づいて分類された前記画像に基づいて前記判定モデルを学習する。

【発明の効果】

【0010】

実施形態の一態様によれば、効率よく判定精度の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、実施形態に係る画像判定方法の概要説明図(その1)である。

【図2】図2は、実施形態に係る画像判定方法の概要説明図(その2)である。

【図3】図3は、実施形態に係る学習装置のブロック図である。

【図4】図4は、解析部のブロック図である。

【図5】図5は、着目点抽出部による可視化の具体例の説明図(その1)である。

【図6】図6は、着目点抽出部による可視化の具体例の説明図(その2)である。

【図7】図7は、次元圧縮部による可視化の具体例の説明図(その1)である。

【図8】図8は、次元圧縮部による可視化の具体例の説明図(その2)である。

【図9】図9は、次元圧縮部による可視化の具体例の説明図(その3)である。

【図10】図10は、実施形態に係る画像判定装置のブロック図である。

【図11】図11は、実施形態に係るプロジェクト制御装置のブロック図である。

【図12】図12は、実施形態に係る画像判定装置100が実行する処理手順を示す処理シーケンスである。

【図13】図13は、学習装置の機能を実現するコンピュータの一例を示すハードウェア構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照して、本願の開示する画像判定方法、画像判定システムおよび画像判定プログラムの実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0013】

まず、実施形態に係る画像判定方法の概要について、図1および図2を参照して説明する。図1は、実施形態に係る画像判定方法の概要説明図(その1)である。また、図2は、実施形態に係る画像判定方法の概要説明図(その2)である。

【0014】

なお、以下では、製造ラインにおいて製品として丸形のクッキーが製造され、かかるクッキーの出荷前検査等において、欠けや焦げ、割れなどのある不良品を検知する場合を例

10

20

30

40

50

に挙げて説明を行う。また、以下では、画像判定用の判定モデルが、深層学習ネットワークであるものとする。

【0015】

図1に示すように、実施形態に係る画像判定システム1は、学習装置10と、画像判定装置100と、プロジェクタ制御装置200とを含む。

【0016】

画像判定装置100およびプロジェクタ制御装置200は、いわゆるエッジコンピューティングにおけるエッジプラットフォームに相当する装置であり、カメラ150、コンベア装置300、プロジェクタ400(図2参照)等を含む製造ラインに設けられる。

【0017】

学習装置10は、イントラネットやインターネット、携帯電話回線網等のネットワークNを介して製造ラインと通信可能に設けられる。学習装置10は、主たる機能として、たとえば製造ラインから学習用画像を収集し、収集した学習用画像を分類して学習用データセットを生成し、かかるデータセットを用いた深層学習により判定モデルを学習する(機能F1)。また、学習装置10は、ネットワークNを介し、学習した判定モデルを画像判定装置100へ配信する。

【0018】

画像判定装置100は、コンベア装置300を流れるクッキーP1, P2, P3...の画像を取得し、学習装置10によって学習された判定モデルを用いて画像判定を行い、学習装置10およびプロジェクタ制御装置200に対し、判定結果を出力する(機能F2)。

【0019】

たとえば、図1には、画像判定装置100が画像判定により、クッキーP1は「欠け」のある不良品であり、クッキーP2は「焦げ」のある不良品であると判定した例を示している。なお、判定結果は少なくとも、判定された画像の分類クラスおよびそのスコア(類似度、確度等)を含む。

【0020】

また、学習装置10に対する判定結果には、実際に判定された画像が学習用画像として含まれる。学習装置10は、かかる判定結果を、たとえばオペレータ(「ユーザ」の一例に相当)等の人手を介して検証し、誤判定等があれば、判定精度の向上のために学習用画像を再分類して判定モデルを再学習する。

【0021】

このようなフィードバックを繰り返すことにより、画像判定システム1は、判定モデルの判定精度を向上させることができる。

【0022】

ところで、既に述べたが、深層学習ネットワークは、言わば一種の関数であり、ブラックボックスである。このため、従来は、誤判定が生じた場合などに、学習用画像を再分類して判定モデルの再学習を行いたくとも、そもそもの判定根拠が不明確なため、適切に学習用画像を再分類することが難しかった。

【0023】

また、判定精度の向上のためには、大量の学習用画像を用いて判定モデルを学習し、かかる判定モデルを大量の検証用画像を用いて検証することが望ましいが、従来は、その検証の多くをオペレータ等が目視で行う必要があり、煩雑であった。

【0024】

そこで、実施形態に係る画像判定方法では、製造ラインにおける製品の画像を取得し、深層学習ネットワークである判定モデルを用いて分類判定し、上記画像が判定モデルへ入力された場合の上記画像に対する判定モデルの着目点を抽出して可視化することによって判定モデルの判定結果を解析し、上記画像が判定モデルへ入力された場合の高次元空間における上記画像の特徴量を次元圧縮による低次元表現へ変換して可視化することによって判定モデルの判定結果を解析し、着目点抽出および次元圧縮による解析結果に基づいて分類された上記画像に基づいて判定モデルを学習することとした。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

具体的には、図 1 に示すように、実施形態に係る画像判定方法では、学習装置 1 0 が、2 つの手法により判定モデルの判定結果を解析する（ステップ S 1）。第 1 の手法では、学習装置 1 0 は、勾配荷重クラス活性化マッピング手法（Grad - CAM : Gradient-weighted Class Activation Mapping）を用いた「着目点抽出」により、判定モデルによる判定根拠を可視化する。

## 【 0 0 2 6 】

これにより、オペレータは、判定モデルが「どこを見て分類（判定）したか」を一目で把握できるようになるため、たとえば誤判定している場合に、対象画像を適切に分類し直すことが可能となる。なお、かかる第 1 の手法による可視化の具体例については、図 5 および図 6 を用いた説明で後述する。

## 【 0 0 2 7 】

また、第 2 の手法では、学習装置 1 0 は、UMAP（Uniform Manifold Approximation and Projection）を用いた「次元圧縮」（次元削減とも言う）により、判定結果をより見やすい形で可視化する。

## 【 0 0 2 8 】

UMAP は、機械学習による非線形次元圧縮手法であり、リーマン幾何学と代数トポロジーに基づき、高次元空間のデータ構造を保ち、トポロジー間のクロス・エントロピーを最小にしながら低次元のデータに変換する。すなわち、実施形態に係る画像判定方法では、かかる UMAP を用いて、画像が判定モデルへ入力された場合の高次元空間における画像の特徴量を次元圧縮による低次元表現へ変換して可視化する。

## 【 0 0 2 9 】

このため、第 2 の手法によれば、低次元の埋め込み空間に、判定結果の分布をよりバラツキの少ない形で明示することが可能となり、誤判定している画像をオペレータが一目で分かるように可視化することが可能となる。かかる第 2 の手法による可視化の具体例については、図 7 ~ 図 9 を用いた説明で後述する。

## 【 0 0 3 0 】

そして、学習装置 1 0 は、かかる 2 つの手法による解析結果に基づき、学習用画像を再分類して再学習を行い（ステップ S 2）、再学習した判定モデルを画像判定装置 1 0 0 へ配信する。そして、画像判定装置 1 0 0 は、再学習された判定モデルを用いて、以降の画像判定を行うこととなる。

## 【 0 0 3 1 】

したがって、実施形態に係る画像判定方法によれば、効率よく判定精度の向上を図ることができる。

## 【 0 0 3 2 】

一方、プロジェクタ制御装置 2 0 0 は、製造ラインに設けられたプロジェクタ 4 0 0 を制御する装置である。具体的には、図 2 に示すように、実施形態に係る画像判定方法では、プロジェクタ制御装置 2 0 0 は、画像判定装置 1 0 0 の判定結果に応じたプロジェクタ投影を行う。

## 【 0 0 3 3 】

より具体的には、プロジェクタ制御装置 2 0 0 は、コンベア装置 3 0 0 を流れるクッキー P 1 , P 2 , P 3 ... に対し、プロジェクタ 4 0 0 によりマーカを投影させる（ステップ S 3）。

## 【 0 0 3 4 】

このとき、プロジェクタ制御装置 2 0 0 は、コンベア装置 3 0 0 のコンベアの搬送速度と同じ速度でマーカをスクロールさせる（ステップ S 3 1）。言い換えれば、プロジェクタ制御装置 2 0 0 は、マーカが対象のクッキー P 1 , P 2 , P 3 ... をトラッキングするように、プロジェクタ 4 0 0 によりマーカを投影させる。

## 【 0 0 3 5 】

また、プロジェクタ制御装置 2 0 0 は、分類クラスや取るべき処置に応じて、マーカ

10

20

30

40

50

の色や形を変更させる（ステップ S 3 2）。たとえば、プロジェクタ制御装置 2 0 0 は、分類クラスが「欠け」のクッキー P 1 と、「焦げ」のクッキー P 2 とで、マーカ-の色や形を変更させる。

【 0 0 3 6 】

また、たとえば、プロジェクタ制御装置 2 0 0 は、「コンベアから除去すべき」や、「生産へフィードバックすべき」といった取るべき処置に応じて、マーカ-の色や形を変更させる。また、プロジェクタ制御装置 2 0 0 は、判定結果に含まれる上述のスコアに応じて、「AI が判定に悩んだもの」、すなわちスコアがグレーゾーンのものに、それと分かるマーカ-を投影し、ライン担当者の目視によるチェックを促すようにしてもよい。

【 0 0 3 7 】

これにより、実施形態に係る画像判定方法によれば、判定モデルの高い判定精度に応じて、その結果を適切に製造ラインに反映させることが可能となる。なお、プロジェクタ制御装置 2 0 0 は、「判定結果反映装置」の一例である。したがって、判定結果反映装置は、製造ラインに設けられ、画像判定装置 1 0 0 の判定結果を反映すべき他の装置であってもよい。たとえば、判定結果反映装置は、画像判定装置 1 0 0 の判定結果に応じて火加減を調節するクッキーのバイク装置等であってもよい。

【 0 0 3 8 】

以下、上述した実施形態に係る画像判定方法を適用した画像判定システム 1 の構成について、さらに具体的に説明する。

【 0 0 3 9 】

図 3 は、実施形態に係る学習装置 1 0 のブロック図である。また、図 4 は、解析部 1 3 d のブロック図である。なお、図 3、図 4、および、後に示す図 1 0、1 1 では、本実施形態の特徴を説明するために必要な構成要素を機能ブロックで表しており、一般的な構成要素についての記載を省略している。

【 0 0 4 0 】

換言すれば、図 3、図 4、図 1 0 および図 1 1 に図示される各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。たとえば、各機能ブロックの分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況等に応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することが可能である。

【 0 0 4 1 】

なお、図 3、図 4、図 1 0 および図 1 1 を用いた説明では、これまでに既に述べた構成要素については、説明を簡略するか、省略する場合がある。

【 0 0 4 2 】

図 3 に示すように、実施形態に係る学習装置 1 0 は、通信部 1 1 と、記憶部 1 2 と、制御部 1 3 とを備える。また、学習装置 1 0 は、操作部 3 と、表示部 5 とが接続される。操作部 3 は、キーボードやマウス、タッチパネル等によって実現される。表示部 5 は、ディスプレイ等によって実現される。

【 0 0 4 3 】

通信部 1 1 は、たとえば、NIC (Network Interface Card) 等によって実現される。通信部 1 1 は、ネットワーク N に対し有線または無線で接続され、画像判定装置 1 0 0 を含む製造ラインとの間で情報の送受信を行う。

【 0 0 4 4 】

記憶部 1 2 は、たとえば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ (Flash Memory) 等の半導体メモリ素子、または、ハードディスク、光ディスク等の記憶装置によって実現される。図 3 に示す例では、記憶部 1 2 は、収集情報データベース (DB) 1 2 a と、学習用データセット 1 2 b と、判定モデル 1 2 c とを記憶する。

【 0 0 4 5 】

収集情報データベース 1 2 a は、通信部 1 1 を介し、後述する収集部 1 3 a によって収

10

20

30

40

50

集される判定結果を含む各種のデータが格納されるデータベースである。学習用データセット12bは、収集情報データベース12aへ格納された判定結果、および、操作部3を介したオペレータの操作等に基づき、後述する分類部13bによって分類クラスごとに分類された学習用画像のデータセットである。判定モデル12cは、後述する学習部13cによって学習される深層学習ネットワークである。

【0046】

制御部13は、コントローラ(controller)であり、たとえば、CPU(Central Processing Unit)やMPU(Micro Processing Unit)等によって、記憶部12に記憶されている図示略の各種プログラムがRAMを作業領域として実行されることにより実現される。また、制御部13は、たとえば、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)やFPGA(Field Programmable Gate Array)等の集積回路により実現することができる。

10

【0047】

制御部13は、収集部13aと、分類部13bと、学習部13cと、解析部13dと、表示制御部13eと、配信部13fとを有し、以下に説明する情報処理の機能や作用を実現または実行する。

【0048】

収集部13aは、通信部11を介し、画像判定装置100からの判定結果を収集する。また、収集部13aは、収集した判定結果を収集情報データベース12aへ格納する。

【0049】

分類部13bは、収集情報データベース12aへ格納された判定結果、および、操作部3を介したオペレータの操作等に基づき、学習用画像を「正常」、「欠け」、「焦げ」、「割れ」といった分類クラスごとに分類し、学習用データセット12bを生成する。学習部13cは、学習用データセット12bに基づき、判定モデル12cを学習する。

20

【0050】

解析部13dは、収集情報データベース12aへ格納された判定結果、および、判定モデル12cに基づき、上述した第1の手法および第2の手法によって判定結果を解析する。図4に示すように、解析部13dは、着目点抽出部13daと、次元圧縮部13dbとを有する。

【0051】

着目点抽出部13daは、上述したGrad-CAMを用いた着目点抽出により、学習用画像を判定モデル12cへ入力したときの判定モデル12cによる判定根拠を可視化する。

30

【0052】

次元圧縮部13dbは、上述したUMAPを用いた次元圧縮により、低次元の埋め込み空間に、判定結果の分布を可視化する。なお、UMAPは、次元圧縮手法の一例であり、他の手法を用いることを限定するものではない。たとえば、主成分分析や、t分布型確率的近傍埋め込み法(t-SNE:t-distributed Stochastic Neighbor Embedding)等を用いてもよいが、計算速度は、UMAPがより高速である。

【0053】

ここで、着目点抽出部13daおよび次元圧縮部13dbによる可視化の具体例について、図5~図9を用いて説明する。図5は、着目点抽出部13daによる可視化の具体例の説明図(その1)である。また、図6は、着目点抽出部13daによる可視化の具体例の説明図(その2)である。

40

【0054】

また、図7は、次元圧縮部13dbによる可視化の具体例の説明図(その1)である。また、図8は、次元圧縮部13dbによる可視化の具体例の説明図(その2)である。また、図9は、次元圧縮部13dbによる可視化の具体例の説明図(その3)である。

【0055】

まず、図6を用いた説明では、図5に示すように、判定モデル12cが、欠けCがある

50

と判定するクッキー P の画像について考える。着目点抽出部 1 3 d a は、このような欠け C があると判定される画像 p 1 , p 2 , p 3 ... を判定モデル 1 2 c へ入力し、欠け C があると判定された判定根拠を可視化する。

【 0 0 5 6 】

深層学習ネットワークは、畳み込み層とプーリング層を何層にもわたって積み重ねた特徴抽出部と、その特徴量出力を受け取ってクラスラベルと照合して教師あり学習を行う識別部との 2 つの部分に分けられる。また、識別部は通常、全結合の多層ニューラルネットワークで構成され、その最終層は特徴量を各分類クラスのスコアに変換するソフトマックス層になっている。

【 0 0 5 7 】

スコアは、入力画像に各分類クラスのタグが付与される確率（類似度と言い換えても可）や確度である。判定モデル 1 2 c による判定結果は、かかるスコアが最大となる分類クラスである。

【 0 0 5 8 】

着目点抽出部 1 3 d a は、Grad-CAM により、分類クラスごとのスコアへの影響が大きい画像箇所を微分係数（勾配と言い換えても可）の平均化によって特定し、ヒートマップ化する。

【 0 0 5 9 】

図 6 には、かかるヒートマップの例を示している。図 6 の例では、画像 p 1 , p 2 については、欠け C の部分のみがヒートマップ化され、判定モデル 1 2 c が、まさに欠け C に着目して欠け C があると判定していることが分かる。したがって、画像 p 1 , p 2 は、分類クラス「欠け」の学習用画像として適していることが一目で分かる。

【 0 0 6 0 】

一方で、画像 p 3 については、欠け C の部分だけでなく、焦げ B の部分もヒートマップ化され、判定モデル 1 2 c が、欠け C だけでなく焦げ B にも着目していることが分かる。言い換えれば、画像 p 3 は、分類クラス「欠け」の学習用画像としては、ノイズ成分を含むものであることが一目で分かる。こうした場合に、かかるヒートマップは、オペレータに、画像 p 3 が分類クラス「欠け」の学習用画像としては適さないとして、学習用から除外させることができる。これにより、効率よく判定精度の向上に資することができる。

【 0 0 6 1 】

また、図 7 ~ 図 9 に示すように、次元圧縮部 1 3 d b は、たとえば判定モデル 1 2 c の高次元空間の特徴量マップを低次元（ここでは、3次元）に次元圧縮し、低次元の埋め込み空間に判定結果の分布を可視化する。また、次元圧縮部 1 3 d b は、かかる可視化情報を、オペレータに操作可能な GUI（Graphic User Interface）ツールとして生成する。

【 0 0 6 2 】

たとえば、図 7 に示すように、次元圧縮部 1 3 d b は、各判定結果に対応するチェックボックスを有する GUI ツールを生成する。かかる GUI ツールにおいて、図 7 に示すように、「欠け」および「焦げ」がチェックされたものとする。

【 0 0 6 3 】

すると、図 7 に示すように、「欠け」の判定結果を受けた各画像と、「焦げ」の判定を受けた各画像との、次元圧縮された低次元空間における分布が可視化される。なお、図中の低次元空間における丸印の各々は、各画像に対応しており、次元圧縮部 1 3 d b は、オペレータがその一つ一つを選択可能となるように GUI ツールを生成する。

【 0 0 6 4 】

ここで、図中のカーソル C r が指すように、たとえば「欠け」と判定されているものの、特徴量としては「欠け」よりも「焦げ」の方にきわめて近い画像があり、オペレータがこれを選択したものとする。

【 0 0 6 5 】

すると、図 8 に示すように、次元圧縮部 1 3 d b は、かかる画像のファイル名や分類ク

10

20

30

40

50

ラスのラベル名といった画像の詳細情報が示されるようにGUIツールを生成する。同図の場合、その詳細情報によれば、該当の画像「IMG\_1001.png」が分類クラス「欠け」であるにも関わらず、その特徴量は「焦げ」にきわめて近いため、本来であれば該当の画像が「焦げ」と判定されるべき誤判定であることが分かる。

【0066】

したがって、オペレータは、かかるGUIツールにより、誤判定を一目で把握することができる。そして、オペレータは、分類部13bに該当の画像の分類をやり直させたいうえで、学習部13cが判定モデル12cを学習することにより、判定モデル12cの判定精度を向上させることができる。

【0067】

なお、図9に示すように、GUIツールにおいて、さらに「割れ」のチェックボックスがチェックされた場合には、低次元空間にさらに「割れ」の各画像の分布が可視化されることとなる。また、図7～図9には図示していないが、オペレータは、GUIツール上の低次元空間を任意に360°回転させたり、拡大したり、縮小したりすることが可能である。

【0068】

図3の説明に戻る。表示制御部13eは、解析部13dの解析結果を表示部5に表示させる。表示部5から操作部3へ破線の矢印で示すように、オペレータが、図5～図9に示したような解析部13dの解析結果に基づいて再分類を指示すると、分類部13bは、学習用データセット12bの学習用画像を再分類し、学習部13cに判定モデル12cを学習させる。

【0069】

配信部13fは、通信部11を介し、学習部13cによって学習された判定モデル12cを画像判定装置100へ配信する。

【0070】

次に、画像判定装置100の構成について説明する。図10は、実施形態に係る画像判定装置100のブロック図である。

【0071】

図10に示すように、実施形態に係る画像判定装置100は、通信部101と、記憶部102と、制御部103とを備える。

【0072】

通信部101は、上述した通信部11と同様に、たとえば、NIC等によって実現される。通信部101は、ネットワークN、カメラ150およびプロジェクタ制御装置200に対し有線または無線で接続され、学習装置10、カメラ150およびプロジェクタ制御装置200との間で情報の送受信を行う。

【0073】

記憶部102は、上述した記憶部12と同様に、たとえば、RAM、ROM、フラッシュメモリ等の半導体メモリ素子、または、ハードディスク、光ディスク等の記憶装置によって実現される。図10に示す例では、記憶部102は、判定モデル102aを記憶する。判定モデル102aは、学習装置から配信される判定モデル12cに相当する。

【0074】

制御部103は、上述した制御部13と同様に、コントローラであり、たとえば、CPUやMPU等によって、記憶部102に記憶されている図示略の各種プログラムがRAMを作業領域として実行されることにより実現される。また、制御部103は、上述した制御部13と同様に、たとえば、ASICやFPGA等の集積回路により実現することができる。

【0075】

制御部103は、取得部103aと、判定部103bと、出力部103cとを有し、以下に説明する情報処理の機能や作用を実現または実行する。

【0076】

10

20

30

40

50

取得部 103 a は、通信部 101 を介し、学習装置 10 から配信される判定モデル 12 c を取得し、判定モデル 102 a として記憶部 102 へ記憶させる。また、取得部 103 a は、通信部 101 を介し、カメラ 150 によって撮影されるクッキー P の画像を取得し、判定部 103 b へ出力する。

【0077】

判定部 103 b は、取得部 103 a によって取得された画像を判定モデル 102 a へ入力し、判定モデル 102 a から判定結果を取得する。また、判定部 103 b は、取得した判定結果を出力部 103 c へ出力する。

【0078】

出力部 103 c は、通信部 101 を介し、判定部 103 b からの判定結果を学習装置 10 およびプロジェクタ制御装置 200 に対し出力する。 10

【0079】

次に、プロジェクタ制御装置 200 の構成について説明する。図 11 は、実施形態に係るプロジェクタ制御装置 200 のブロック図である。

【0080】

図 11 に示すように、実施形態に係るプロジェクタ制御装置 200 は、通信部 201 と、記憶部 202 と、制御部 203 とを備える。

【0081】

通信部 201 は、上述した通信部 11, 101 と同様に、たとえば、NIC 等によって実現される。通信部 201 は、画像判定装置 100 およびコンペア装置 300 に対し有線または無線で接続され、画像判定装置 100 およびコンペア装置 300 との間で情報の送受信を行う。 20

【0082】

記憶部 202 は、上述した記憶部 12, 102 と同様に、たとえば、RAM、ROM、フラッシュメモリ等の半導体メモリ素子、または、ハードディスク、光ディスク等の記憶装置によって実現される。図 11 に示す例では、記憶部 202 は、投影設定情報 202 a を記憶する。投影設定情報 202 a は、画像判定装置 100 からの判定結果に応じたマーカーの投影に関する設定情報である。

【0083】

制御部 203 は、上述した制御部 13, 103 と同様に、コントローラであり、たとえば、CPU や MPU 等によって、記憶部 202 に記憶されている図示略の各種プログラムが RAM を作業領域として実行されることにより実現される。また、制御部 203 は、上述した制御部 13, 103 と同様に、たとえば、ASIC や FPGA 等の集積回路により実現することができる。 30

【0084】

制御部 203 は、取得部 203 a と、投影制御部 203 b とを有し、以下に説明する情報処理の機能や作用を実現または実行する。

【0085】

取得部 203 a は、通信部 201 を介し、画像判定装置 100 から出力される判定結果を取得し、投影制御部 203 b へ出力する。また、取得部 203 a は、通信部 201 を介し、コンペア装置 300 からコンペアの搬送速度を取得し、投影制御部 203 b へ出力する。 40

【0086】

投影制御部 203 b は、取得部 203 a によって取得された判定結果、搬送速度および投影設定情報 202 a に基づき、プロジェクタ 400 によるマーカーの投影を制御する。

【0087】

次に、実施形態に係る画像判定システム 1 が実行する処理手順について、図 12 を用いて説明する。図 12 は、実施形態に係る画像判定装置 100 が実行する処理手順を示す処理シーケンスである。

【0088】

図 12 に示すように、まず画像判定システム 1 の運用前等において、学習装置 10 が学習用画像を収集する (ステップ S 101)。そして、学習装置 10 は、学習用画像を分類し (ステップ S 102)、学習用データセット 12b を生成する (ステップ S 103)。

【0089】

そして、学習装置 10 は、学習用データセット 12b を用いて判定モデル 12c を学習し (ステップ S 104)、画像判定装置 100 へ判定モデル 12c を配信する (ステップ S 105)。

【0090】

画像判定装置 100 は、カメラ 150 によって撮影された画像を取得し (ステップ S 106)、判定モデル 102a を用いて画像を判定する (ステップ S 107)。そして、判定結果を学習装置 10 およびプロジェクタ制御装置 200 へ出力する (ステップ S 108, S 109)。

10

【0091】

学習装置 10 は、画像判定装置 100 からの判定結果を収集し (ステップ S 110)、着目点抽出による解析 (ステップ S 111)、および、次元圧縮による解析 (ステップ S 112) を実行する。

【0092】

そして、学習装置 10 は、それらの解析結果に基づき、学習用画像を再分類させる (ステップ S 113)。そして、ステップ S 104 からの処理を繰り返す。

【0093】

一方、プロジェクタ制御装置 200 は、画像判定装置 100 からの判定結果に応じたプロジェクタ投影を行うことを繰り返す (ステップ S 114)。

20

【0094】

なお、上述してきた実施形態に係る学習装置 10、画像判定装置 100 およびプロジェクタ制御装置 200 は、たとえば図 13 に示すような構成のコンピュータ 1000 によって実現される。学習装置 10 を例に挙げて説明する。図 13 は、学習装置 10 の機能を実現するコンピュータの一例を示すハードウェア構成図である。コンピュータ 1000 は、CPU 1100、RAM 1200、ROM 1300、HDD (Hard Disk Drive) 1400、通信インタフェース (I/F) 1500、入出力インタフェース (I/F) 1600、および、メディアインタフェース (I/F) 67 を備える。

30

【0095】

CPU 1100 は、ROM 1300 または HDD 1400 に格納されたプログラムに基づいて動作し、各部の制御を行う。ROM 1300 は、コンピュータ 1000 の起動時に CPU 1100 によって実行されるブートプログラムや、コンピュータ 1000 のハードウェアに依存するプログラム等を格納する。

【0096】

HDD 1400 は、CPU 1100 によって実行されるプログラムおよび当該プログラムによって使用されるデータ等を格納する。通信インタフェース 1500 は、通信ネットワークを介して他の機器からデータを受信して CPU 1100 へ送り、CPU 1100 が生成したデータを、通信ネットワークを介して他の機器へ送信する。

40

【0097】

CPU 1100 は、入出力インタフェース 1600 を介して、ディスプレイやプリンタ等の出力装置、および、キーボードやマウス等の入力装置を制御する。CPU 1100 は、入出力インタフェース 1600 を介して、入力装置からデータを取得する。また、CPU 1100 は、生成したデータを、入出力インタフェース 1600 を介して出力装置へ出力する。

【0098】

メディアインタフェース 1700 は、記録媒体 1800 に格納されたプログラムまたはデータを読み取り、RAM 1200 を介して CPU 1100 に提供する。CPU 1100 は、当該プログラムを、メディアインタフェース 1700 を介して記録媒体 1800 から

50

R A M 1 2 0 0 上にロードし、ロードしたプログラムを実行する。記録媒体 1 8 0 0 は、たとえば D V D (Digital Versatile Disc)、P D (Phase change rewritable Disk) 等の光学記録媒体、M O (Magneto-Optical disk) 等の光磁気記録媒体、テープ媒体、磁気記録媒体、または、半導体メモリ等である。

【 0 0 9 9 】

たとえば、コンピュータ 1 0 0 0 が実施形態に係る学習装置 1 0 として機能する場合、コンピュータ 1 0 0 0 の C P U 1 1 0 0 は、R A M 1 2 0 0 上にロードされたプログラムを実行することにより、制御部 1 3 の各機能を実現する。また、H D D 1 4 0 0 には、記憶部 1 2 内のデータが記憶される。コンピュータ 1 0 0 0 の C P U 1 1 0 0 は、これらのプログラムを、記録媒体 1 8 0 0 から読み取って実行するが、他の例として、他の装置から、通信ネットワークを介してこれらのプログラムを取得してもよい。

10

【 0 1 0 0 】

上述してきたように、実施形態に係る画像判定システム 1 は、判定部 1 0 3 b と、着目点抽出部 1 3 d a (「第 1 の解析部」の一例に相当) と、次元圧縮部 1 3 d b (「第 2 の解析部」の一例に相当) と、学習部 1 3 c とを含む。判定部 1 0 3 b は、製造ラインにおける製品の画像を取得し、深層学習ネットワークである判定モデルを用いて分類判定する。着目点抽出部 1 3 d a は、上記画像が判定モデルへ入力された場合の上記画像に対する判定モデルの着目点を抽出して可視化することによって判定モデルの判定結果を解析する。次元圧縮部 1 3 d b は、上記画像が判定モデルへ入力された場合の高次元空間における上記画像の特徴量を次元圧縮による低次元表現へ変換して可視化することによって判定モデルの判定結果を解析する。学習部 1 3 c は、着目点抽出部 1 3 d a および次元圧縮部 1 3 d b による解析結果に基づいて分類された上記画像に基づいて判定モデルを学習する。

20

【 0 1 0 1 】

したがって、実施形態に係る画像判定システム 1 によれば、効率よく判定精度の向上を図ることができる。

【 0 1 0 2 】

なお、上述した実施形態では、学習用画像の再分類に際し、オペレータの操作を要することとしたが、これに限られるものではなく、解析部 1 3 d の解析結果に基づいて分類部 1 3 b が自動的に再分類を行うようにしてもよい。

【 0 1 0 3 】

かかる場合、分類部 1 3 b は、たとえば解析部 1 3 d が可視化したヒートマップや低次元空間マップを画像解析する画像解析機能を有し、その画像解析結果に基づいて学習用画像の再分類を行うこととなる。

30

【 0 1 0 4 】

また、上述した実施形態では、着目点抽出のアルゴリズムとして G r a d - C A M を用いることとしたが、これに限られるものではなく、たとえば G u i d e d B a c k p r o p a g a t i o n の結果に G r a d - C A M の出力を重ねる G u i d e d G r a d - C A M と呼ばれるアルゴリズム等を用いることとしてもよい。

【 0 1 0 5 】

また、上述した実施形態では、製造ラインにおける製品がクッキー P であることとしたが、無論、製品の種別を限定するものではない。

40

【 0 1 0 6 】

さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 7 】

1 画像判定システム

50

- 1 0 学習装置
- 1 2 c 判定モデル
- 1 3 制御部
- 1 3 a 収集部
- 1 3 b 分類部
- 1 3 c 学習部
- 1 3 d 解析部
- 1 3 d a 着目点抽出部
- 1 3 d b 次元圧縮部
- 1 3 e 表示制御部
- 1 3 f 配信部
- 1 0 0 画像判定装置
- 1 0 2 a 判定モデル
- 1 0 3 制御部
- 1 0 3 a 取得部
- 1 0 3 b 判定部
- 1 0 3 c 出力部
- 2 0 0 プロジェクタ制御装置
- 2 0 3 制御部
- 2 0 3 a 取得部
- 2 0 3 b 投影制御部
- 3 0 0 コンベア装置
- 4 0 0 プロジェクタ

10

20

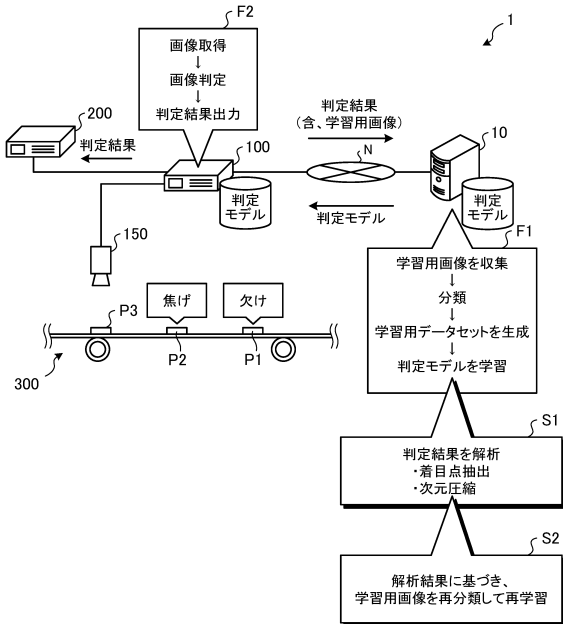
30

40

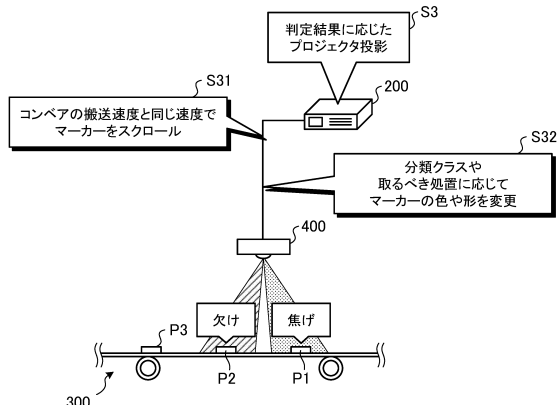
50

【図面】

【図 1】



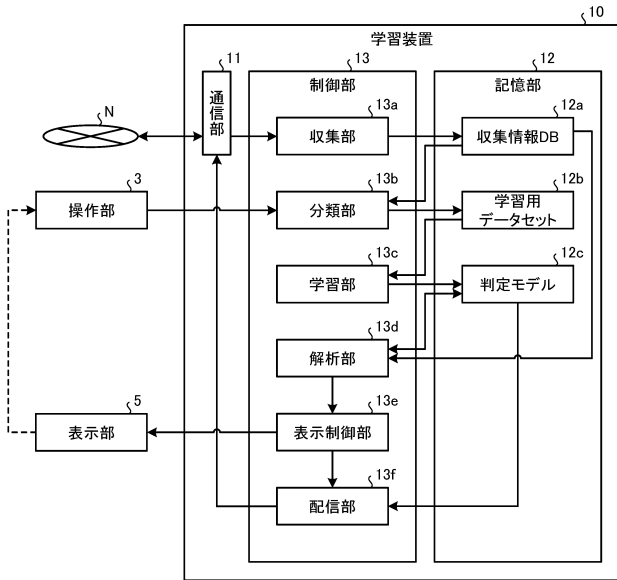
【図 2】



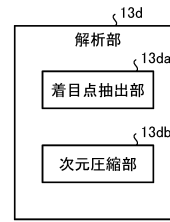
30

40

【図3】

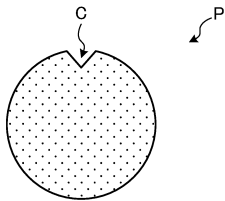


【図4】

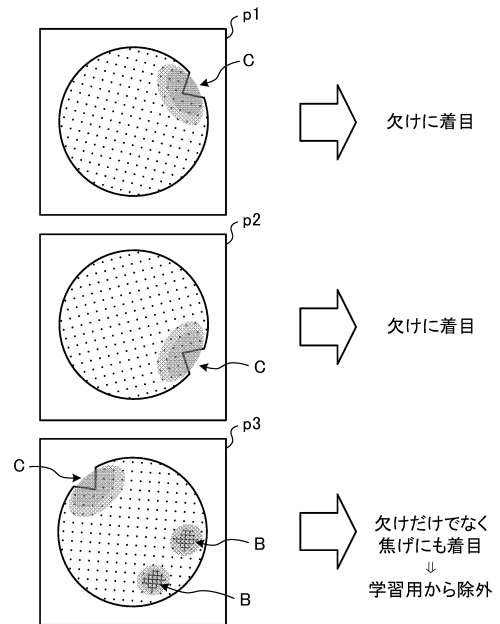


10

【図5】



【図6】



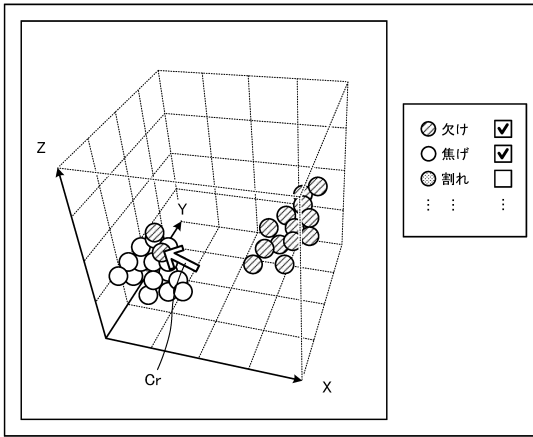
20

30

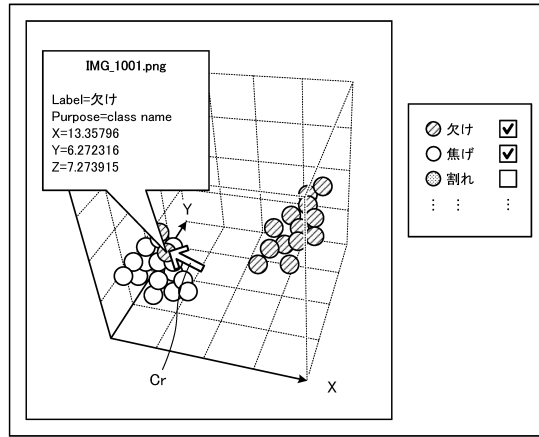
40

50

【 図 7 】



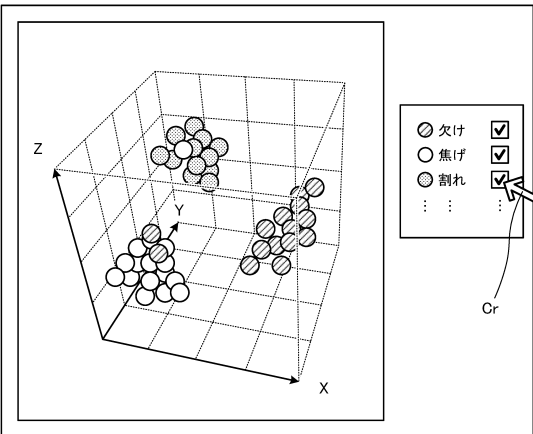
【 図 8 】



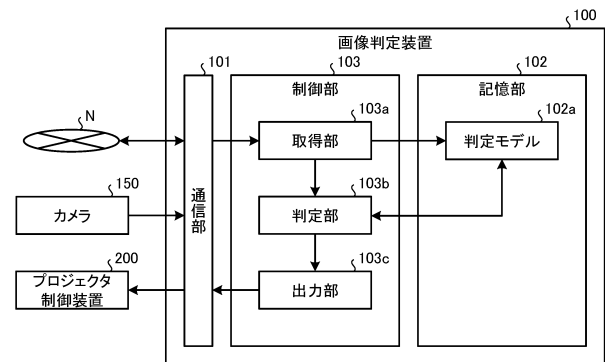
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

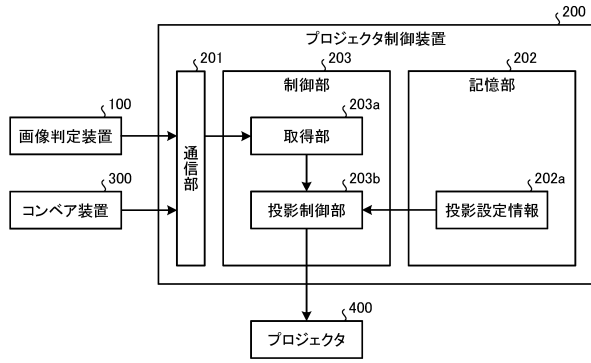


30

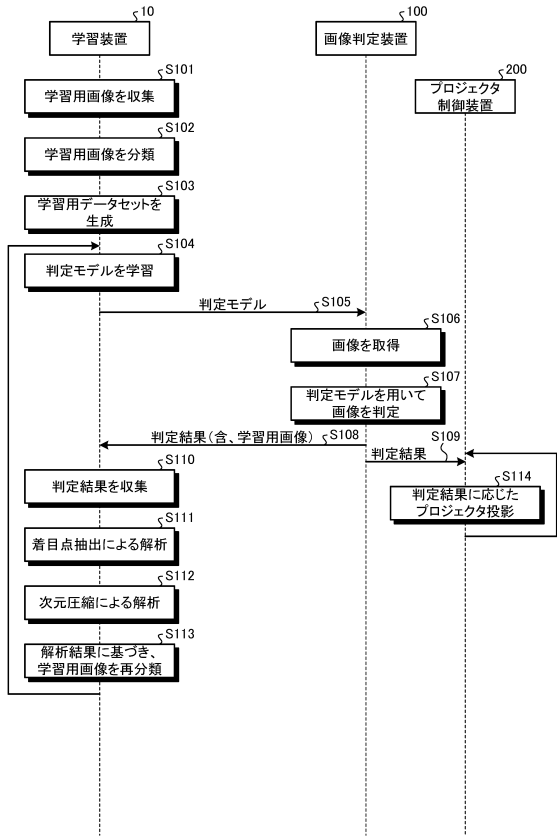
40

50

【図 1 1】



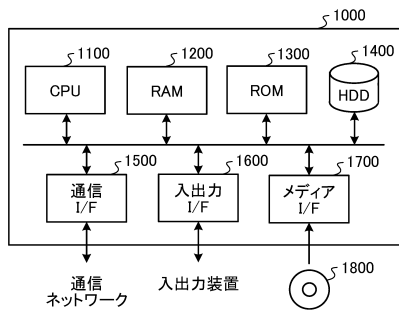
【図 1 2】



10

20

【図 1 3】



30

40

50

---

フロントページの続き

Fターム(参考) 3C100 AA22 AA38 AA56 AA70 BB15 BB27 BB34 CC02  
5L049 CC03  
5L096 BA03 CA25 DA04 HA11 JA11 KA04