

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2025-104264
(P2025-104264A)

(43)公開日 令和7年7月9日(2025.7.9)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード (参考)	
G 0 6 T	7/11 (2017.01)	G 0 6 T	7/11	2 F 0 6 5	
G 0 6 T	7/00 (2017.01)	G 0 6 T	7/00	3 5 0 B	5 L 0 9 6
G 0 1 B	11/00 (2006.01)	G 0 1 B	11/00	H	
E 0 4 G	21/12 (2006.01)	E 0 4 G	21/12	1 0 5 Z	
		E 0 4 G	21/12	E S W	
		審査請求 有		請求項の数 10	O L (全17頁)
(21)出願番号	特願2024-202618(P2024-202618)		(71)出願人	524162756	
(22)出願日	令和6年11月20日(2024.11.20)			キョンブク ナショナル ユニバーシティ	
(31)優先権主張番号	10-2023-0192844			インダストリーーアカデミック コオペ	
(32)優先日	令和5年12月27日(2023.12.27)			レーション ファンデーション	
(33)優先権主張国・地域又は機関	韓国(KR)			大韓民国, 4 1 5 6 6, テグ, ブクーク	
				, テハクロ 8 0	
			(74)代理人	110002468	
				弁理士法人後藤特許事務所	
			(72)発明者	キム バブ ルイヤー	
				大韓民国 4 1 5 6 6 テグ ブクーク テ	
				ハクロ 8 0	
			(72)発明者	イ ドンウン	
				大韓民国 4 1 5 6 6 テグ ブクーク テ	
				ハクロ 8 0	
			F ターム (参考)	2F065 FF04 JJ19 JJ26 QQ23	
				最終頁に続く	

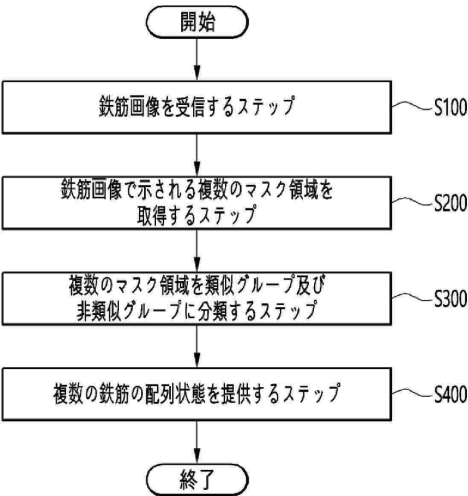
(54)【発明の名称】 コンピュータビジョンに基づく鉄筋配列状態提供方法及びシステム

(57)【要約】 (修正有)

【課題】コンピュータビジョンに基づき、鉄筋配列を撮影した画像において鉄筋間に形成された空間を検出する鉄筋配列状態提供方法及びシステムを提供する。

【解決手段】方法は、複数の鉄筋間の空間に対応するマスク領域を推定するように予め学習された空間検出モデルに鉄筋画像を入力することと、複数のマスク領域を取得することと、複数のマスク領域間のサイズに対する類似度に基づいて、複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類することと、鉄筋画像に、類似グループ及び非類似グループのうち少なくとも一方に対応する複数のマスク領域を表示することと、を含む。

【選択図】図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の鉄筋が配列されている空間を撮影した鉄筋画像を受信するステップと、

前記複数の鉄筋間の空間に対応するマスク領域を推定するように予め学習された空間検出モデルに前記鉄筋画像を入力し、前記鉄筋画像で示される複数のマスク領域を取得するステップと、

前記複数のマスク領域間のサイズに対する類似度に基づいて、前記複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類するステップと、

前記鉄筋画像に、前記類似グループ及び非類似グループのうち少なくとも一方に対応する前記複数のマスク領域を表示することで、前記複数の鉄筋の配列状態を提供するステップと、を含む、鉄筋配列状態提供方法。

10

【請求項 2】

前記複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類するステップは、

前記複数のマスク領域のそれぞれに属する複数のピクセルの数をカウントするステップと、

前記カウントした複数のピクセルの数に基づいて、前記複数のマスク領域を第 1 グループ及び第 2 グループに分類するステップと、を含む、請求項 1 に記載の鉄筋配列状態提供方法。

【請求項 3】

前記複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類するステップは、

前記第 1 グループ及び前記第 2 グループにそれぞれ分類された複数のマスク領域の数をカウントするステップと、

前記第 1 グループ及び前記第 2 グループのうち、前記カウントした複数のマスク領域の数が最も多いいずれか一方のグループを特定するステップと、

前記特定したグループに属する複数のマスク領域のそれぞれに対するピクセル数に基づいて、前記特定したグループに属する複数のマスク領域を第 1 下位グループ及び第 2 下位グループに分類するステップと、を含む、請求項 2 に記載の鉄筋配列状態提供方法。

20

【請求項 4】

前記複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類するステップは、

前記第 1 下位グループ及び前記第 2 下位グループにそれぞれ分類された複数のマスク領域の数をカウントするステップと、

前記第 1 下位グループ及び前記第 2 下位グループのうち、前記カウントした複数のマスク領域の数が最も多いいずれか一方の下位グループを前記類似グループとして特定し、前記鉄筋画像から取得した前記複数のマスク領域のうち、前記類似グループに属する複数のマスク領域を除く他のマスク領域を前記非類似グループとして特定するステップと、を含む、請求項 3 に記載の鉄筋配列状態提供方法。

30

【請求項 5】

前記鉄筋画像で示される複数のマスク領域を取得するステップは、

格子状に配列された前記複数の鉄筋によって形成された前記複数の鉄筋間の空間に対応する複数の領域のそれぞれを前記マスク領域として取得する、請求項 1 に記載の鉄筋配列状態提供方法。

40

【請求項 6】

前記予め学習された空間検出モデルは、

空間検出モデル学習方法に基づいて学習され、

前記空間検出モデル学習方法は、

学習用鉄筋画像が格納されるステップと、

前記学習用鉄筋画像を増強して複数の学習用鉄筋画像を生成するステップと、

前記複数の学習用鉄筋画像のそれぞれに対して、前記複数の鉄筋間の空間に対応する学習用マスク領域をラベル付けするステップと、

前記複数の学習用鉄筋画像、及び前記複数の学習用鉄筋画像のそれぞれにラベル付けさ

50

れた前記学習用マスク領域を用いて、前記鉄筋画像において前記マスク領域を推定するように前記空間検出モデルを学習させるステップと、を含む、請求項 1 に記載の鉄筋配列状態提供方法。

【請求項 7】

前記学習用鉄筋画像は、

前記複数の鉄筋が配列されている空間を基準として互いに異なる位置に撮影装置を配置して撮影された鉄筋画像である、請求項 6 に記載の鉄筋配列状態提供方法。

【請求項 8】

複数の学習用鉄筋画像を生成するステップは、

前記学習用鉄筋画像に対して、反転、回転、コントラスト調整及び彩度調整のうち少なくとも 1 つによる編集が行われた前記複数の学習用鉄筋画像を生成する、請求項 6 に記載の鉄筋配列状態提供方法。

【請求項 9】

複数の鉄筋が配列されている空間を撮影した鉄筋画像が格納される格納部と、

前記複数の鉄筋間の空間に対応するマスク領域を推定するように予め学習された空間検出モデルに前記鉄筋画像を入力し、前記鉄筋画像で示される複数のマスク領域を取得する制御部と、を含む、

前記制御部は、

前記複数のマスク領域間のサイズに対する類似度に基づいて、前記複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類し、前記鉄筋画像に、前記類似グループ及び非類似グループのうち少なくとも一方に対応する前記複数のマスク領域を表示することで、前記複数の鉄筋の配列状態を提供する、鉄筋配列状態提供システム。

【請求項 10】

電子機器で 1 つ以上のプロセスによって実行され、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に格納されたプログラムであって、

前記プログラムは、

複数の鉄筋が配列されている空間を撮影した鉄筋画像を受信するステップと、

前記複数の鉄筋間の空間に対応するマスク領域を推定するように予め学習された空間検出モデルに前記鉄筋画像を入力し、前記鉄筋画像で示される複数のマスク領域を取得するステップと、

前記複数のマスク領域間のサイズに対する類似度に基づいて、前記複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類するステップと、

前記鉄筋画像に、前記類似グループ及び非類似グループのうち少なくとも一方に対応する前記複数のマスク領域を表示することで、前記複数の鉄筋の配列状態を提供するステップと、を行うための命令語を含むことを特徴とする、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に格納されたプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンピュータビジョンに基づく鉄筋配列状態提供方法及びシステムに関する。

【0002】

本研究は、国土交通部の支援を受けた国土交通科学技術振興院（K A I A）の研究費（R S - 2 0 2 3 - 0 0 2 5 1 0 0 2）で実施された。

【背景技術】

【0003】

構造的耐久性は、建物や橋梁及びその他の土木工学構造物の設計及び施工時に安全を確保するための非常に重要な要素であり、特に、構造的耐久性は、鉄筋の配置及び分布によって大きく異なる。

【0004】

具体的には、鉄筋が配列される間隔は、構造物の荷重を効果的に分散し、特定の地点に応力が集中する現象を緩和して構造的耐久性を高めるが、鉄筋が揃っていない場合には、構造物に対する支持力に重大な影響を及ぼし、危険を招く。

【0005】

これによって、従来は様々な方式で鉄筋の配列状態を検査していた。代表的に、検査員が視覚補助装置を用いて鉄筋の配列状態を直接検査する方法を用いることができる。

【0006】

また、最近では、固定装置、センサベース装置、画像及びコンピュータビジョンに基づいて鉄筋間の間隔を測定する方法に対する研究が活発に行われている。特に、畳み込みニューラルネットワーク（CNN、Convolutional Neural Network）などのディープラーニングモデルを活用して鉄筋の配列パターン及び特徴を検出する方法が開発されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、鉄筋配列を撮影した画像において鉄筋間に形成された空間を検出する鉄筋配列状態提供方法及びシステムに関する。

【0008】

また、本発明は、画像で検出した空間をサイズに応じて分類し、鉄筋の配列状態を提供する鉄筋配列状態提供方法及びシステムに関する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明に係る鉄筋配列状態提供方法は、複数の鉄筋が配列されている空間を撮影した鉄筋画像を受信するステップと、前記複数の鉄筋間の空間に対応するマスク領域を推定するように予め学習された空間検出モデルに前記鉄筋画像を入力し、前記鉄筋画像で示される複数のマスク領域を取得するステップと、前記複数のマスク領域間のサイズに対する類似度に基づいて、前記複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類するステップと、前記鉄筋画像に、前記類似グループ及び非類似グループのうち少なくとも一方に対応する前記複数のマスク領域を表示することで、前記複数の鉄筋の配列状態を提供するステップと、を含んでもよい。

【0010】

また、本発明に係る鉄筋配列状態提供システムは、複数の鉄筋が配列されている空間を撮影した鉄筋画像が格納される格納部と、前記複数の鉄筋間の空間に対応するマスク領域を推定するように予め学習された空間検出モデルに前記鉄筋画像を入力し、前記鉄筋画像で示される複数のマスク領域を取得する制御部と、を含み、前記制御部は、前記複数のマスク領域間のサイズに対する類似度に基づいて、前記複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類し、前記鉄筋画像に、前記類似グループ及び非類似グループのうち少なくとも一方に対応する前記複数のマスク領域を表示することで、前記複数の鉄筋の配列状態を提供することができる。

【0011】

また、本発明に係るコンピュータで読み取り可能な記録媒体に格納されたプログラムは、電子機器で1つ以上のプロセスによって実行され、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に格納されたプログラムであって、前記プログラムは、複数の鉄筋が配列されている空間を撮影した鉄筋画像を受信するステップと、前記複数の鉄筋間の空間に対応するマスク領域を推定するように予め学習された空間検出モデルに前記鉄筋画像を入力し、前記鉄筋画像で示される複数のマスク領域を取得するステップと、前記複数のマスク領域間のサイズに対する類似度に基づいて、前記複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類するステップと、前記鉄筋画像に、前記類似グループ及び非類似グループのうち少なくとも一方に対応する前記複数のマスク領域を表示することで、前記複数の鉄筋の配列状態を提供するステップと、を行うための命令語を含んでもよい。

【発明の効果】

【0012】

本発明の様々な実施形態によると、鉄筋配列状態提供方法及びシステムは、鉄筋配列を撮影した画像において鉄筋間に形成された空間を検出し、検出した空間をサイズに応じて分類して提供することで、鉄筋間隔の構造的配列を効率的に検証することができる。

【0013】

このために、本発明の様々な実施形態によると、鉄筋配列状態提供方法及びシステムは、学習用鉄筋画像を様々な方式により増強することで、鉄筋画像において鉄筋間に形成された空間をより正確かつ精密に検出することができる。

【0014】

特に、本発明の様々な実施形態によると、鉄筋配列状態提供方法及びシステムは、鉄筋間に形成された空間をサイズに応じて分類する過程を数回繰り返して行うことで、鉄筋間隔の構造的配列に誤差が発生した領域をより正確に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明に係る鉄筋配列状態提供方法の一実施形態を示す。

【図2】鉄筋画像でマスク領域を検出する一実施形態を示す。

【図3】鉄筋画像でマスク領域を検出する一実施形態を示す。

【図4】マスク領域を分類する一実施形態を示す。

【図5】マスク領域を分類する一実施形態を示す。

【図6】本発明に係る鉄筋配列状態提供システムを示す。

【図7】本発明に係る鉄筋配列状態提供方法を示すフローチャートである。

【図8】鉄筋画像でマスク領域を検出する一実施形態を示す。

【図9】マスク領域を分類する一実施形態を示す。

【図10】マスク領域を分類する一実施形態を示す。

【図11】マスク領域を分類する一実施形態を示す。

【図12】鉄筋配列状態を提供する一実施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、添付図面を参照して本明細書に開示された実施形態について詳しく説明するが、図面符号にかかわらず同一又は類似の構成要素には同一の参照番号を付し、これについての重複する説明は省略する。以下の説明で使用される構成要素に対する接尾辞「モジュール」及び「部」は、単に明細書を容易に作成するために考慮して付与又は混用されるものであり、それ自体に互いに区別される意味又は役割を有するものではない。また、本明細書に開示された実施形態を説明する際に、関連する公知技術の具体的な説明が本明細書に開示された実施形態の要旨を不明瞭にする可能性があるとは判断される場合には、その詳細な説明を省略する。また、添付図面は、単に本明細書に開示された実施形態の理解を容易にするためのものであり、添付図面によって本明細書に開示された技術的思想が限定されるものではなく、本発明の思想及び技術範囲に含まれるすべての変更、均等物及び代替物を含むものとして理解されるべきである。

【0017】

第1、第2などの序数を含む用語は、様々な構成要素を説明するために使用することができるが、上記構成要素は上記用語によって限定されない。上記用語は、ある構成要素を他の構成要素から区別する目的でのみ使用される。

【0018】

ある構成要素が他の構成要素に「連結」又は「接続」されていると言及された場合には、他の構成要素に直接的に連結又は接続されていてもよいが、それらの間にまた他の構成要素が存在してもよいと理解されるべきである。一方、ある構成要素が他の構成要素に「直接連結」又は「直接接続」されていると言及された場合には、それらの間にまた他の構成要素が存在しないと理解されるべきである。

【0019】

文脈上明確に示していない限り、単数の表現は複数の表現を含む。

【0020】

本出願において、「含む」又は「有する」などの用語は、本明細書に記載されている特徴、数字、ステップ、動作、構成要素、部品又はこれらを組み合わせたものが存在することを指定するものであり、1つ又はそれ以上の他の特徴や数字、ステップ、動作、構成要素、部品又はこれらを組み合わせたものなどの存在又は付加の可能性を予め排除するものではないと理解されるべきである。

【0021】

図1は、本発明に係る鉄筋配列状態提供方法の一実施形態を示す。図2及び図3は、鉄筋画像でマスク領域を検出する一実施形態を示す。図4及び図5は、マスク領域を分類する一実施形態を示す。図6は、本発明に係る鉄筋配列状態提供システムを示す。

10

【0022】

図1を参照すると、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム100は、予め学習された空間検出モデルに鉄筋画像を入力し、鉄筋画像に対するマスク領域を推定することができる。

【0023】

ここで、鉄筋画像は、複数の鉄筋が配列されている空間を撮影した画像であり、RGBカメラや黒白カメラなどによって撮影された画像であってもよい。

【0024】

このとき、複数の鉄筋は、互いに異なる軸に沿って交差するように配列されたものであってもよい。すなわち、鉄筋画像は、複数の鉄筋が互いに交差するように配列されている空間を撮影した画像であってもよい。

20

【0025】

また、マスク領域は、互いに交差するように配列された複数の鉄筋によって形成された空間であってもよい。例えば、マスク領域は、垂直に交差する第1軸と第2軸に沿って配列された複数の鉄筋が撮影された鉄筋画像において、第1軸に沿って隣接して配列された2本の鉄筋と、第2軸に沿って隣接して配列された2本の鉄筋とによって形成された四角形の空間であってもよい。

【0026】

このとき、マスク領域は、複数の鉄筋が交差する角度や複数の鉄筋のそれぞれの形状に応じて、菱形、円形などの様々な形状に実現されてもよい。

30

【0027】

空間検出モデルは、鉄筋画像でマスク領域を推定するように学習された人工ニューラルネットワークであってもよい。例えば、空間検出モデルは、DNN (Deep Neural Network) 及びCNN (Convolutional Neural Network) に基づいて実現された人工ニューラルネットワークであってもよい。

【0028】

このために、空間検出モデルは、空間検出モデル学習方法によって学習されてもよく、このような空間検出モデル学習方法は、実施形態に応じて、鉄筋配列状態提供システム100によって実行されてもよく、別の学習システム（又は装置）によって実行されてもよい。

40

【0029】

このとき、学習システムは、学習用鉄筋画像を格納し、学習用鉄筋画像を増強して複数の学習用鉄筋画像を生成することができる。

【0030】

具体的には、学習システムは、複数の鉄筋が配列されている空間を基準として互いに異なる位置に撮影装置（例えば、カメラ）を配置し、撮影された鉄筋画像を学習用鉄筋画像として格納することができる。

【0031】

50

例えば、学習システムは、複数の鉄筋が配列された空間に対して互いに異なる距離だけ離隔した位置で撮影された複数の学習用鉄筋画像 1 1 を格納することができる。

【0032】

他の例として、学習システムは、複数の鉄筋が配列された空間に対して互いに異なる角度で所定距離だけ離隔した位置で撮影された複数の学習用鉄筋画像 1 2 を格納することができる。

【0033】

また他の例として、学習システムは、複数の鉄筋が配列された空間に対して互いに異なる照明状態で撮影された複数の学習用鉄筋画像を格納することもできる。

【0034】

他の例として、学習システムは、互いに異なる寸法を有する複数の鉄筋が配列されている空間を撮影するか、又は互いに異なる間隔で複数の鉄筋が配列されている空間を撮影した複数の学習用鉄筋画像を格納することもできる。

【0035】

さらに、学習システムは、学習用鉄筋画像を編集して互いに異なる形状に増強 (Augmentation) した複数の学習用鉄筋画像 1 3 を生成することができる。

【0036】

例えば、学習システムは、学習用鉄筋画像が水平方向に反転 (Flip) するように編集し、反転された学習用鉄筋画像を生成することができる。これにより、学習システムは、様々な方向及び位置に存在するマスク領域を推定するように空間検出モデルを学習させることができる。

【0037】

他の例として、学習システムは、学習用鉄筋画像が予め定められた角度 (例えば、45 度又は 135 度など) で回転 (Rotate) するように編集し、回転された学習用鉄筋画像を生成することができる。これにより、学習システムは、鉄筋画像において、より広い方向に対してマスク領域を正確に推定するように空間検出モデルを学習させることができる。

【0038】

また他の例として、学習システムは、学習用鉄筋画像に対するコントラスト (Contrast) を調整するように編集し、コントラストが調整された学習用鉄筋画像を生成することができる。このために、学習システムは、学習用鉄筋画像に属する複数のピクセルに対して、最大ピクセル強度及び最小ピクセル強度を算出し、算出結果に基づいて複数のピクセルの値を正規化することで、学習用鉄筋画像において、複数の鉄筋に対応するオブジェクトの可視性及び鮮明度を向上させることができる。これにより、学習システムは、鉄筋画像に含まれたノイズ及びアーティファクトの影響を軽減し、マスク領域を細分化するように空間検出モデルを学習させることができる。

【0039】

他の例として、学習システムは、学習用鉄筋画像に対する彩度 (Saturation) を調整するように編集し、彩度が調整された学習用鉄筋画像を生成することができる。このために、学習システムは、学習用鉄筋画像に属する複数のピクセルに対して、ピクセル強度を調整することで、学習用鉄筋画像の彩度を調整することができる。これにより、学習システムは、鉄筋画像において鉄筋に対応する領域とマスク領域をより正確に区分するように空間検出モデルを学習させることができる。

【0040】

上記の構成を通じて、学習システムは、特定の学習用鉄筋画像に対して、反転、回転、コントラスト調整、及び彩度調整のうち少なくとも 1 つによる編集が行われた複数の学習用鉄筋画像 1 3 を生成することができる。

【0041】

さらに、学習システムは、複数の学習用鉄筋画像 1 3 のそれぞれに対して、複数の鉄筋間の空間に対応する学習用マスク領域をラベル付けすることができる (14)。

【0042】

具体的には、学習システムは、複数の学習用鉄筋画像のそれぞれに対して、マスク領域に対応するバウンディングボックスを学習用マスク領域として入力し、各学習用鉄筋画像に、上記で入力された学習用マスク領域をラベル付けすることができる。

【0043】

これにより、学習システムは、複数の学習用鉄筋画像及び複数の学習用鉄筋画像のそれぞれにラベル付けされた学習用マスク領域を用いて、鉄筋画像でマスク領域を推定するように空間検出モデルを学習させることができる（15）。

【0044】

図2を参照すると、一実施形態において、空間検出モデルは、DVNet（Deep Vision Net）、SPPNet（Segmentation Pyramid Pooling Network）、及びDCNet（Deep CNN Network）に基づいて、鉄筋画像でマスク領域を検出するように学習することができる。

10

【0045】

これと関連して、図3を参照すると、一実施形態に係る空間検出モデルが実現される形態を確認することができる。

【0046】

図1を再び参照すると、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム100は、鉄筋画像に対して推定された複数のマスク領域を、各マスク領域間のサイズに対する類似度に基づいて類似グループ及び非類似グループに分類し（16）、分類結果に応じる鉄筋配列状態を提供することができる（17）。

20

【0047】

ここで、類似グループは、複数の鉄筋の配列が均一であり、複数の鉄筋間の空間のサイズが類似しているグループであってもよい。すなわち、類似グループには、鉄筋画像で検出された複数のマスク領域のうち、サイズが類似している複数のマスク領域が含まれていてもよい。

【0048】

例えば、類似グループには、複数のマスク領域に対する平均サイズ値から予め定められた範囲に属する複数のマスク領域が含まれてもよい。

【0049】

他の例として、類似グループには、複数のマスク領域に対する平均サイズ値を基準として最大サイズ値（又は最小サイズ値）から予め定められた範囲（例えば、マスク領域の数又は全体マスク領域に対する割合）に属する複数のマスク領域が含まれてもよい。

30

【0050】

非類似グループは、複数の鉄筋の配列が不均一であり、複数の鉄筋間の空間のサイズが異なるグループであってもよく、類似グループに属する複数のマスク領域を除くマスク領域が含まれたグループであってもよい。すなわち、非類似グループには、鉄筋画像で検出された複数のマスク領域のうち、類似グループに属する複数のマスク領域を除く、複数のマスク領域が含まれてもよい。

【0051】

図4を参照すると、一実施形態において、鉄筋配列状態提供システム100は、鉄筋画像で検出された複数のマスク領域のそれぞれのピクセル数に基づいて、複数のマスク領域を第1グループ（例えば、A、B、C）及び第2グループ（例えば、P、Q、R、S、T、U、X、Y、Z）に分類することができる。

40

【0052】

次いで、鉄筋配列状態提供システム100は、第1グループ及び第2グループのうち、より多くのマスク領域が属するグループ（例えば、第2グループ）を特定し、特定したグループをさらに第1下位グループ（例えば、P、Q、R、S、T、U）及び第2下位グループ（例えば、X、Y、Z）に分類することができる。

【0053】

50

これによって、鉄筋配列状態提供システム１００は、第１下位グループ及び第２下位グループのうち、より多くのマスク領域が属するグループ（例えば、第１下位グループ）を類似グループとして特定し、類似グループに含まれた複数のマスク領域を除く、他のマスク領域を非類似グループとして特定することができる。

【００５４】

これと関連して、図５を参照すると、一実施形態によって、鉄筋配列状態提供システム１００が複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類する方法を確認することができる。

【００５５】

一方、図６を参照すると、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム１００は、入力部１１０、格納部１２０、出力部１３０、及び制御部１４０を含んでもよい。

【００５６】

入力部１１０は、鉄筋画像を入力することができる。このために、入力部１１０は、鉄筋画像が備えられる別の装置、システム及びサーバなどと無線又は有線ネットワークを介して接続され、前記装置及びサーバなどから鉄筋画像を受信することができる。或いは、入力部１１０は、カメラなどの撮影装置と無線又は有線ネットワークを介して接続され、撮影装置によって撮影された鉄筋画像が入力されてもよい。

【００５７】

格納部１２０は、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム１００の動作に必要なデータ及び命令語を格納することができる。例えば、格納部１２０は、鉄筋画像、及び鉄筋画像に対して生成された鉄筋配列状態に関する情報（例えば、類似グループ及び非類似グループ）を格納することができる。また、格納部１２０は、予め学習された空間検出モデルを格納することができる。

【００５８】

出力部１３０は、鉄筋画像、及び鉄筋画像に対して生成された鉄筋配列状態に関する情報のうち少なくとも１つを出力することができる。このために、出力部１３０は、ディスプレイ装置などの出力装置と無線又は有線ネットワークを介して接続することができる。したがって、出力部１３０は、鉄筋画像、及び鉄筋配列状態に関する情報をユーザが視覚的に確認可能なように出力することができる。

【００５９】

一方、出力部１３０は、別の装置、システム及びサーバと無線又は有線ネットワークを介して接続することもできる。このような場合に、出力部１３０は、鉄筋画像、及び鉄筋配列状態に関する情報のうち少なくとも１つを、前記装置、システム及びサーバに送信することができる。

【００６０】

制御部１４０は、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム１００の全体動作を制御することができる。例えば、制御部１４０は、空間検出モデルに鉄筋画像を入力して複数のマスク領域を取得し、複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類し、類似グループ及び非類似グループのうち少なくとも一方による鉄筋配列状態を出力することができる。

【００６１】

上記の鉄筋配列状態提供システム１００の構成に基づいて、以下では鉄筋配列状態提供方法についてより具体的に説明する。

【００６２】

図７は、本発明に係る鉄筋配列状態提供方法を示すフローチャートである。図８は、鉄筋画像でマスク領域を検出する一実施形態を示す。図９から図１１は、マスク領域を分類する一実施形態を示す。図１２は、鉄筋配列状態を提供する一実施形態を示す。

【００６３】

図７を参照すると、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム１００は、複数の鉄筋が配列されている空間を撮影した鉄筋画像を受信し（Ｓ１００）、複数の鉄筋間の空間に対応

10

20

30

40

50

するマスク領域を推定するように予め学習された空間検出モデルに鉄筋画像を入力し、鉄筋画像で示される複数のマスク領域を取得することができる（S200）。

【0064】

具体的には、鉄筋配列状態提供システム100は、複数の鉄筋が格子状に配列されている空間を撮影した鉄筋画像を受信し、予め学習された空間検出モデルに上記で受信した鉄筋画像を入力し、格子状に配列された複数の鉄筋によって形成された複数の鉄筋間の空間に対応する複数の領域のそれぞれを、マスク領域として取得することができる。

【0065】

図8を参照すると、例えば、鉄筋配列状態提供システム100は、空間検出モデルに鉄筋画像を入力することで、第1軸21に沿って配列された複数の鉄筋と、第2軸22に沿って配列された複数の鉄筋とによって形成された格子状の鉄筋配列23に対する鉄筋画像20において、第1軸21に沿って配列された複数の鉄筋のうち隣接する2本の鉄筋と、第2軸22に沿って配列された複数の鉄筋のうち隣接する2本の鉄筋とによって形成された四角形の空間をマスク領域24として取得することができる。

【0066】

図7を再び参照すると、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム100は、複数のマスク領域間のサイズに対する類似度に基づいて、複数のマスク領域を類似グループ及び非類似グループに分類することができる（S300）。

【0067】

具体的には、鉄筋配列状態提供システム100は、複数のマスク領域のそれぞれに属する複数のピクセルの数をカウントし、カウントした複数のピクセルの数に基づいて、複数のマスク領域を第1グループ及び第2グループに分類することができる。

【0068】

図9を参照すると、例えば、鉄筋配列状態提供システム100は、鉄筋画像30に対して取得された複数のマスク領域31のそれぞれに属する複数のピクセルの数に基づいて、複数のマスク領域31に対する平均ピクセル数を算出することができる。

【0069】

これによって、鉄筋配列状態提供システム100は、複数のマスク領域31のうち、平均ピクセル数よりもピクセルの数が多くなる複数のマスク領域（例えば、第1マスク領域31a及び第3マスク領域31cなど）を第1グループ41（又は第2グループ42）として特定し、平均ピクセル数よりもピクセルの数が少ない複数のマスク領域（例えば、第2マスク領域31bなど）を第2グループ42（又は第1グループ41）として特定することができる。

【0070】

他の例として、鉄筋配列状態提供システム100は、K-平均（K-Means）群集化技術を用いて、鉄筋画像に対して取得された複数のマスク領域を第1グループ及び第2グループに分類（又はクラスタリング（Clustering））することができる。

【0071】

さらに、鉄筋配列状態提供システム100は、第1グループ及び第2グループにそれぞれ分類された複数のマスク領域の数をカウントし、第1グループ及び第2グループのうち、上記でカウントした複数のマスク領域の数が最も多いいずれか一方のグループを特定し、上記で特定したグループに属する複数のマスク領域のそれぞれに対するピクセル数に基づいて、複数のマスク領域を第1下位グループ及び第2下位グループに分類することができる。

【0072】

図10を参照すると、例えば、鉄筋配列状態提供システム100は、第1グループ41及び第2グループのうち、第1グループ41に含まれたマスク領域の数が第2グループに含まれたマスク領域の数よりも多い場合、第1グループ41に属する複数のマスク領域（例えば、41a、41b、41c、41d）を第1下位グループ45及び第2下位グループ46に分類することができる。

10

20

30

40

50

【0073】

或いは、鉄筋配列状態提供システム100は、第1グループ41及び第2グループのうち、第1グループ41に含まれたマスク領域の数が第2グループに含まれたマスク領域の数よりも少ない場合、第2グループに属する複数のマスク領域を第1下位グループ45及び第2下位グループ46に分類することもできる。

【0074】

このとき、鉄筋配列状態提供システム100は、第1グループ41（又は第2グループ）に含まれた複数のマスク領域のそれぞれに対するピクセル数に基づいて、第1グループ41（又は第2グループ）に含まれた複数のマスク領域に対する平均ピクセル数を算出し、第1グループ41（又は第2グループ）に含まれた複数のマスク領域のうち、平均ピクセル数よりもピクセルの数が多し複数のマスク領域（例えば、第1マスク領域41a、第3マスク領域41b、及び第7マスク領域41dなど）を第1下位グループ45（又は第2下位グループ46）として特定し、平均ピクセル数よりもピクセルの数が少ない複数のマスク領域（例えば、第6マスク領域41cなど）を第2下位グループ46（又は第1下位グループ45）として特定することができる。

10

【0075】

或いは、鉄筋配列状態提供システム100は、K-平均（K-Means）群集化技術を用いて、第1グループ41（又は第2グループ）に含まれた複数のマスク領域を第1下位グループ45及び第2下位グループ46に分類（又はクラスタリング）することができる。

20

【0076】

他の例として、鉄筋配列状態提供システム100は、第1グループ及び第2グループに分類された複数のマスク領域のうち、上記でカウントしたピクセル数が最も多い（又は最も少ない）いずれか一方のマスク領域が属するグループを特定し、特定したグループに属する複数のマスク領域を第1下位グループ及び第2下位グループに分類することもできる。

【0077】

さらには、鉄筋配列状態提供システム100は、第1下位グループ及び第2下位グループにそれぞれ分類された複数のマスク領域の数をカウントし、第1下位グループ及び第2下位グループのうち、上記でカウントした複数のマスク領域の数が最も多いいずれか一方の下位グループを類似グループとして特定し、鉄筋画像から取得した複数のマスク領域のうち、類似グループに属する複数のマスク領域を除く他のマスク領域を非類似グループとして特定することができる。

30

【0078】

図11を参照すると、例えば、鉄筋配列状態提供システム100は、第1下位グループ45及び第2下位グループ46のうち、第1下位グループ45（又は第2下位グループ46）に含まれたマスク領域の数が第2下位グループ46（又は第1下位グループ45）に含まれたマスク領域の数よりも多い場合、第1下位グループ45（又は第2下位グループ46）を類似グループ47として特定することができる。

【0079】

また、鉄筋配列状態提供システム100は、第1下位グループ45及び第2下位グループ46のうち、類似グループ47として特定したいずれか一方の下位グループ（例えば、第1下位グループ45）と、他方の下位グループ（例えば、第2下位グループ46）を非類似グループとして特定することができる。

40

【0080】

すなわち、鉄筋配列状態提供システム100は、第1下位グループ45及び第2下位グループ46のうち、マスク領域の数がより多いいずれか一方の下位グループ（例えば、第1下位グループ45）に含まれた複数のマスク領域（例えば、第1マスク領域45a、第3マスク領域45b、及び第7マスク領域45c）を類似グループ47として特定し、他方の下位グループ（例えば、第2下位グループ46）に含まれた複数のマスク領域（例え

50

ば、第6マスク領域46a及び第8マスク領域46b)を非類似グループ48として特定することができる。

【0081】

図7を再び参照すると、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム100は、鉄筋画像に、類似グループ及び非類似グループのうち少なくとも一方に対応する複数のマスク領域を表示することで、複数の鉄筋の配列状態を提供することができる(S400)。

【0082】

具体的には、鉄筋配列状態提供システム100は、鉄筋画像から取得した複数のマスク領域のうち、非類似グループに属する複数のマスク領域に対して、他のマスク領域と区分されるように強調表示を生成することができる。

【0083】

図12を参照すると、例えば、鉄筋配列状態提供システム100は、鉄筋画像50に、非類似グループとして特定した複数のマスク領域51を第1色(例えば、赤色)と指定して表示し、類似グループとして特定した複数のマスク領域52を第2色(例えば、緑色)と指定して表示することができる。

【0084】

他の例として、鉄筋配列状態提供システム100は、鉄筋画像に、非類似グループとして特定した複数のマスク領域、及び類似グループとして特定した複数のマスク領域のうちいずれか一方のみを選択的に表示することもできる。

【0085】

上記の構成を通じて、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム100は、鉄筋配列を撮影した画像において鉄筋間に形成された空間を検出し、検出した空間をサイズに応じて分類して提供することで、鉄筋間隔の構造的配列を効率的に検証することができる。

【0086】

このために、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム100は、学習用鉄筋画像を様々な方式により増強することで、鉄筋画像において鉄筋間に形成された空間をより正確かつ精密に検出することができる。

【0087】

特に、本発明に係る鉄筋配列状態提供システム100は、鉄筋間に形成された空間をサイズに応じて分類する過程を数回繰り返して行うことで、鉄筋間隔の構造的配列に誤差が発生した領域をより正確に検出することができる。

【0088】

さらに、上記で説明した本発明は、電子機器で1つ以上のプロセスによって実行され、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に格納されたプログラムとして実現することができる。

【0089】

したがって、本発明は、プログラムが記録された媒体にコンピュータが読み取り可能なコード又は命令語として実現することができる。すなわち、本発明に係る様々な制御方法は、統合した又は個別のプログラムの形態で提供することができる。

【0090】

一方、コンピュータが読み取り可能な媒体は、コンピュータシステムによって読み取り可能なデータが格納されるあらゆる種類の記録装置を含む。コンピュータが読み取り可能な媒体の例としては、HDD(Hard Disk Drive)、SSD(Solid State Disk)、SDD(Silicon Disk Drive)、ROM、RAM、CD-ROM、磁気テープ、フロッピーディスクディスク、光データ格納装置などがある。

【0091】

さらには、コンピュータが読み取り可能な媒体は、ストレージを含み、電子機器が通信を介してアクセス可能なサーバ又はクラウドストレージであってもよい。この場合、コンピュータは、有線又は無線通信を介して、サーバ又はクラウドストレージから本発明に係

10

20

30

40

50

るプログラムをダウンロードすることができる。

【0092】

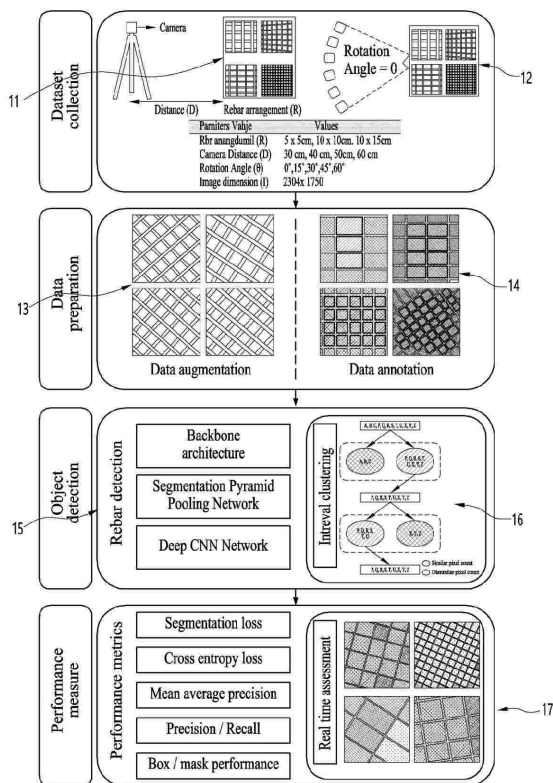
さらに、本発明では、上記で説明したコンピュータは、プロセッサ、すなわちCPU（Central Processing Unit、中央処理装置）を搭載した電子機器であり、その種類は特に限定されない。

【0093】

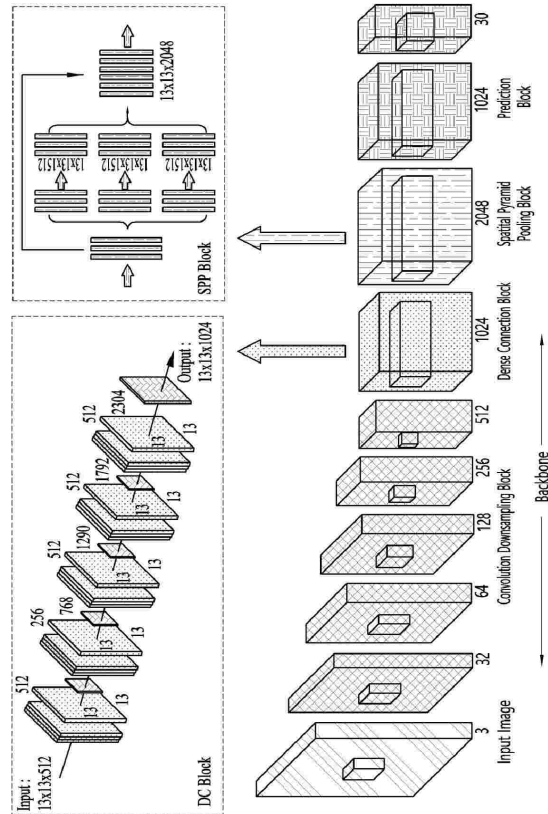
一方、上記詳細な説明は、すべての点で限定的なものとして解釈されるべきではなく、例として考慮されるべきである。本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲の合理的な解釈によって決定されるべきであり、本発明の均等範囲内におけるすべての変更は、本発明の範囲に含まれる。

【図面】

【図1】



【図2】



10

20

30

40

50

【図 3】

Table 4. DVNet algorithm for rebar interval detection

DVNet algorithm

Programming Language used for implementation: Python

Libraries used for Densenet model building: PyTorch

Libraries used for image pre-processing: OpenCV and computer vision library

Libraries used for visualizations: Matplotlib and Plotly

I. Let X be the input image of batch.

2. Perform Feature Extraction:

I. Let a_0 be the resulting feature map at each layer.

- Apply 64 filters to X using the convolutional layer. Pixel resolution: 7×7 ; Stride: 2.
- Apply max pooling to reduce spatial dimensions. Pool size: 2×2 ; Stride: 2.
- Apply 192 filters to a_0 using the convolutional layer. Pixel resolution: 3×3 .
- Apply max pooling to further reduce spatial dimensions. Pool size: 2×2 ; Stride: 2.
- Apply 128 filters to a_0 using the convolutional layer. Pixel resolution: 1×1 .
- Apply 256 filters to a_0 using the convolutional layer. Pixel resolution: 3×3 .
- Apply 256 filters to a_0 using the convolutional layer. Pixel resolution: 1×1 .
- Apply 512 filters to a_0 using the convolutional layer. Pixel resolution: 3×3 .
- Apply max pooling to further reduce spatial dimensions. Pool size: 2×2 ; Stride: 2.

II. Feature map extraction, repeat 4 times

- Apply 256 filters to a_0 using the convolutional layer. Pixel resolution: 1×1 .
- Apply 512 filters to a_0 using the convolutional layer. Pixel resolution: 3×3 .
- Apply 256 filters to a_0 using the convolutional layer. Pixel resolution: 1×1 .
- Apply 512 filters to a_0 using the convolutional layer. Pixel resolution: 3×3 .

III. DC Net architecture for feature extraction, repeat 6 times

- Apply 128 filters to the feature map $x(l-1)$ using the convolutional layer. Pixel resolution: 1×1 ;
Resulting feature map: y_l .
- Apply 32 filters to the feature map y_l using the convolutional layer. Pixel resolution: 3×3 ;
Resulting feature map: y_l .
- Concatenate: Output feature map x_l = Feature map $x(l-1)$ + y_l .

3. Spatial Pyramid Pooling (SPP Net) for feature aggregation.

- Apply 128 filters to the feature map $x(l-1)$ using the convolutional layer. Pixel resolution: 1×1 ;
Resulting feature map: x_l .
 - Apply global average pooling to obtain the results in x_l .
- III. SPP Net for feature aggregation, Repeat 16 times
- Apply 128 filters to the feature map $x(l-1)$ using the convolutional layer. Pixel resolution: 1×1 ;
Resulting feature map: x_l .
 - Apply global average pooling to obtain the results in x_l .

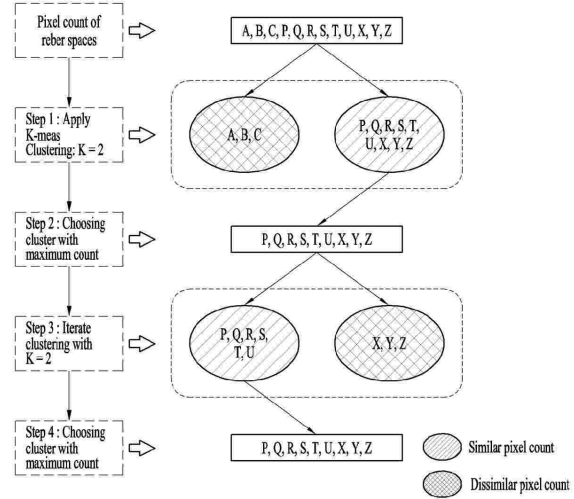
4. Prediction head: Prediction Network

The prediction head consists of fully connected layers for segmentation and classification.

I. Initialize the feature classification network with 256 nodes.

II. Apply softmax function to obtain segment mask and its class prediction.

【図 4】



10

20

【図 5】

Clustering algorithm

Classification of similar and unsimilar frame spaces

1. Initial Clustering:

- Apply K-means clustering with two clusters, C_A and C_B .
- List of values of area_counts denoted as $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

2. Determine Cluster with Highest Count:

- Find the cluster with the maximum number of values.
- Max Count Cluster = $\text{argmax}(|C_A|, |C_B|)$

3. Second Clustering

- Perform K-means clustering on the Max Count Cluster (C_{Max}).
- Create subgroups: $C_{i_1}, C_{i_2}, \dots, C_{i_k}$, where k is the number of subgroups.

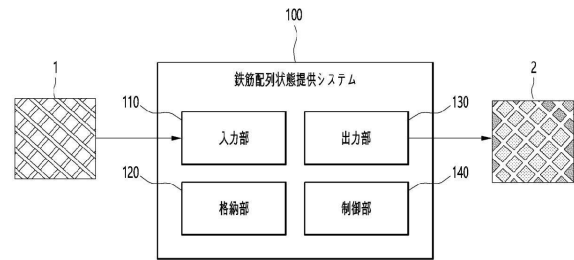
4. Final Grouping

- Identify the subgroup with the highest cardinality within C_{Max} .
- Similarity criterion: Similar Group = $\text{argmax}(|C_{i_1}|, |C_{i_2}|, \dots, |C_{i_k}|)$

5. Unsimilar Group

- Data points not included in the Similar Group ($C_{Unsimilar}$) are considered as "Unsimilar Group."
- Data points in the other cluster (Cluster A) not included in C_{Max} are grouped with the Unsimilar Group.

【図 6】

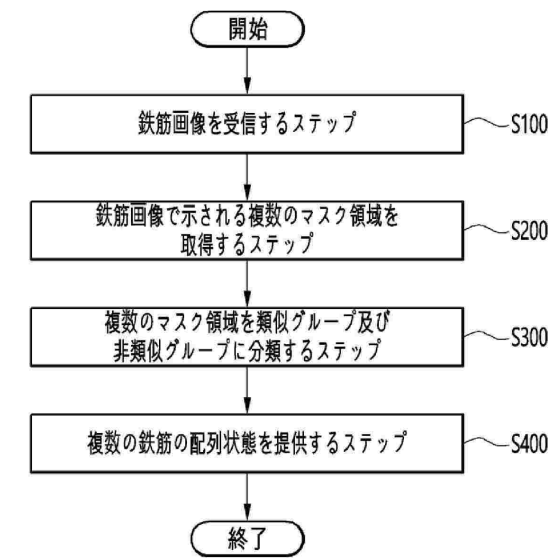


30

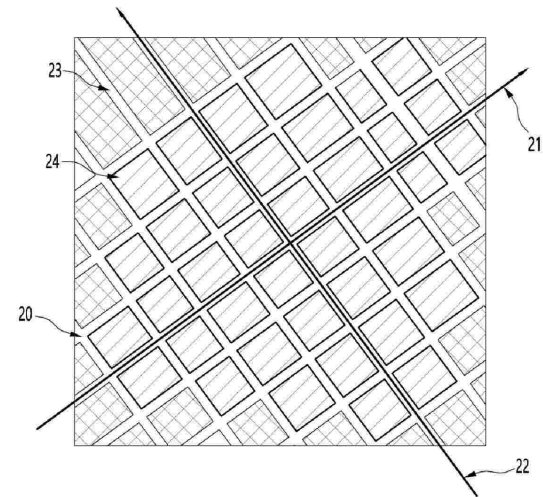
40

50

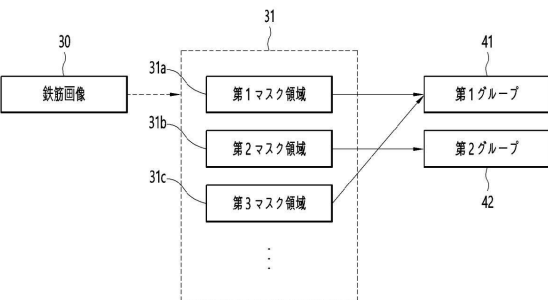
【 図 7 】



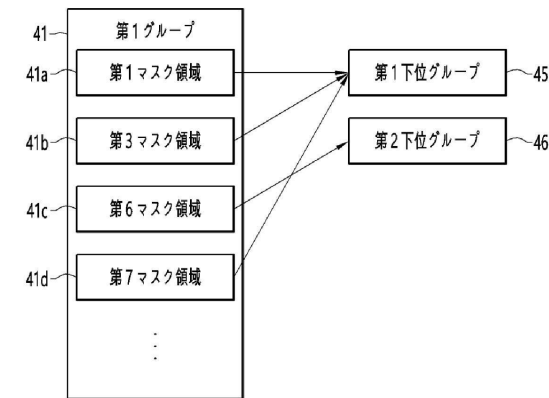
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



10

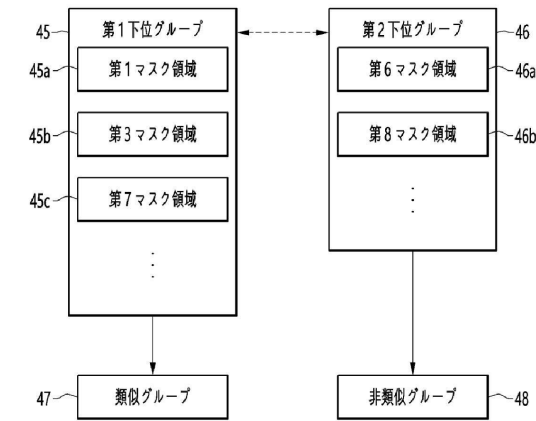
20

30

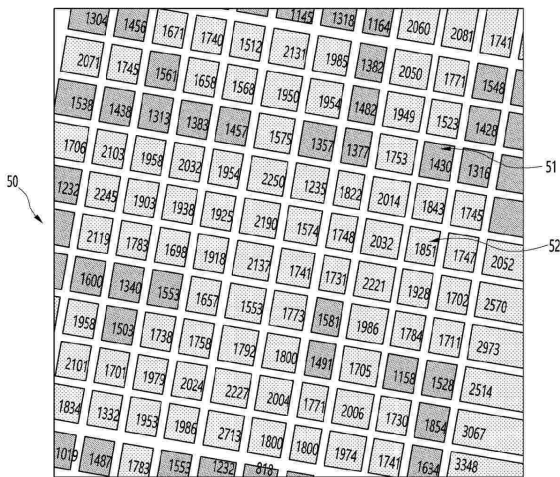
40

50

【図 1 1】



【図 1 2】



10

20

30

40

50

Fターム (参考) QQ24 QQ25 QQ29 QQ31 RR08 SS01
5L096 AA02 AA06 BA03 CA02 DA01 DA02 FA02 FA32 FA54 FA59
GA34 HA11 JA03 KA04 MA07