

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6005026号
(P6005026)

(45) 発行日 平成28年10月12日 (2016. 10. 12)

(24) 登録日 平成28年9月16日 (2016. 9. 16)

(51) Int. Cl.		F I		
GO 1 N	21/954	(2006. 01)	GO 1 N	21/954 Z
E 2 1 D	9/14	(2006. 01)	E 2 1 D	9/14
GO 1 V	8/10	(2006. 01)	GO 1 V	9/04 S

請求項の数 24 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2013-241605 (P2013-241605)	(73) 特許権者	500510010
(22) 出願日	平成25年11月22日 (2013. 11. 22)		エマソン エレクトリック コー.
(65) 公開番号	特開2014-122887 (P2014-122887A)		アメリカ合衆国ミズーリ州 63136
(43) 公開日	平成26年7月3日 (2014. 7. 3)		セント ルイス ウェスト フロリサント
審査請求日	平成28年2月23日 (2016. 2. 23)		アベニュー 8000
(31) 優先権主張番号	61/738, 103	(74) 代理人	110001173
(32) 優先日	平成24年12月17日 (2012. 12. 17)		特許業務法人川口国際特許事務所
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ジヨツシユ・ソオイ
(31) 優先権主張番号	13/801, 330		アメリカ合衆国、オハイオ・44035、
(32) 優先日	平成25年3月13日 (2013. 3. 13)		エリリア、クラーク・ストリート・400
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ジャステイン・ドー
早期審査対象出願			アメリカ合衆国、オハイオ・44035、
			エリリア、クラーク・ストリート・400

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 地下ボーリングおよび検査作業中に生成されたイメージデータを分析するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

新たに敷設される公益設備網または公益設備網を敷設するためのトンネルが既存の公益設備網に穴をあけたかどうかを決定するシステムにおいて、

前記システムは、

既存の公益設備網および公益設備網を敷設するためのトンネルのうちの少なくとも1つの内部からのイメージを捕捉する検査カメラと、

イメージに対応するイメージデータを伝達する第1の通信インターフェースと、

を含む、視覚的検査システムと、

視覚的検査システムからイメージデータを受信する第2の通信インターフェースと、
フィードバックデータおよびトレーニングデータのうちの少なくとも1つに基づき分類器モデルを変更するモデル適合モジュールと、

(i) 分類器モデルを実装して不具合に対応するイメージデータの複数の特徴を識別する分類器モジュールであって、不具合には、クロスボアおよび横方向のパイプのうちの少なくとも1つが含まれ、分類器モデルが、複数の特徴のそれぞれを分類し、複数の特徴のそれぞれが不具合のうちの少なくとも1つを示し、クロスボアは、公益設備網を敷設するためのトンネル内から、トンネルが既存の公益設備網に穴をあけることを示し、横方向のパイプは、既存の公益設備網内から、新たに敷設される公益設備網が既存の公益設備網を貫通することを示し、(i i) 識別された複数の特徴に従ってイメージデータを変更する分類器モジュールと、

10

20

を含む、イメージ分析システムとを備えるシステム。

【請求項 2】

イメージ分析システムが、視覚的検査システムから遠隔に位置されていたり、視覚的検査システム内に組み込まれていたりするうちの少なくとも 1 つである、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

イメージ分析システムが、クラウドネットワーキングシステムを介して、視覚的検査システムからイメージデータを受信する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

イメージ分析システムの 1 つ以上の機能が、クラウドネットワーキングシステムを使用して実現される、請求項 3 に記載のシステム。

10

【請求項 5】

分類器モデルが複数の特徴のそれぞれに確率を割り当て、確率のそれぞれが、不具合のそれぞれ 1 つがイメージデータに存在する確率に対応する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

識別された特徴に従ってイメージデータを変更することが、識別された特徴のうちの 1 つを含むイメージデータの画像にラベルを割り当てることを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

ラベルには、画像において横方向のパイプ、横方向のパイプなし、クロスボア、およびクロスボアなしのうちの少なくとも 1 つの表示が含まれる、請求項 6 に記載のシステム。

20

【請求項 8】

トレーニングデータには、複数の特徴を含むトレーニングイメージデータが含まれる、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

モデル適合モジュールが、分類器モデルがトレーニングイメージデータで複数の特徴を識別するかどうかに基づいて分類器モデルを変更する、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

複数の特徴には平行線、色情報、K 平均クラスタリング、および勾配のうちの少なくとも 1 つが含まれる、請求項 1 に記載のシステム。

30

【請求項 11】

モデル適合モジュールが、トレーニングデータから複数の特徴を抽出し、分類器モデルを使用して、トレーニングデータから抽出した複数の特徴に従ってイメージデータにラベルを付け、ラベル付けされたイメージデータに対応する分類されたトレーニングデータを保存し、分類されたトレーニングデータを、トレーニングデータに含まれる実際の特徴を示すテストデータと比較し、比較に従って分類器モデルを更新する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 12】

フィードバックデータが、分類器モジュールによって識別された複数の特徴が正確であるかどうかを示す、ユーザーによって提供されるフィードバックに対応する、請求項 1 に記載のシステム。

40

【請求項 13】

イメージデータを変更することが、複数の特徴によって示される地盤タイプを示すことを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 14】

分類器モデルが、識別された特徴のうちの 1 つが不具合のうちの少なくとも 1 つに対応したことをユーザーが示した回数に基づいて、不具合のうちの少なくとも 1 つがイメージデータに存在する、識別された特徴のうちの 1 つに確率を割り当てる、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 15】

50

不具合に対応するイメージデータの複数の特徴を識別することが、平行線、K平均クラスタリング、および勾配のうちの少なくとも1つを使用して、クロスボアおよび横方向のパイプのうちの少なくとも1つを識別することを含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項16】

新たに敷設される公益設備網または公益設備網を敷設するためのトンネルが既存の公益設備網に穴をあけたかどうかを決定する方法において、

前記方法は、

視覚的検査システムを使用して、既存の公益設備網および公益設備網を敷設するためのトンネルのうちの少なくとも1つの内部からのイメージを捕捉することと、

イメージ分析システムを使用して、

イメージに対応するイメージデータを受信することと、

フィードバックデータおよびトレーニングデータのうちの少なくとも1つに基づいて、分類器モデルを変更することと、

分類器モデルを使用して、(i)不具合に対応するイメージデータの複数の特徴を識別し、(ii)複数の特徴のそれぞれを分類し、複数の特徴のそれぞれが不具合のうちの少なくとも1つを示し、不具合には、クロスボアおよび横方向のパイプのうちの少なくとも1つが含まれ、クロスボアは、公益設備網を敷設するためのトンネル内から、トンネルが既存の公益設備網に穴をあけることを示し、横方向のパイプは、既存の公益設備網内から、新たに敷設される公益設備網が既存の公益設備網を貫通することを示すことと、

識別された複数の特徴に従ってイメージデータを変更することを含む方法。

【請求項17】

イメージ分析システムが、視覚的検査システムから遠隔に位置されていたり、視覚的検査システム内に組み込まれていたりするうちの少なくとも1つである、請求項16に記載の方法。

【請求項18】

イメージ分析システムが、クラウドネットワーキングシステムを介して、イメージデータを受信する、請求項16に記載の方法。

【請求項19】

分類器モデルを使用して、確率を複数の特徴のそれぞれに割り当てることをさらに含み、確率のそれぞれが、不具合のそれぞれ1つがイメージデータに存在する確率に対応する、請求項16に記載の方法。

【請求項20】

識別された特徴に従ってイメージデータを変更することが、識別された特徴のうちの1つを含むイメージデータの画像にラベルを割り当てることを含む、請求項16に記載の方法。

【請求項21】

ラベルには、画像において横方向のパイプ、横方向のパイプなし、クロスボア、およびクロスボアなしのうちの少なくとも1つの表示が含まれる、請求項20に記載の方法。

【請求項22】

トレーニングデータには、複数の特徴を含むトレーニングイメージデータが含まれる、請求項16に記載の方法。

【請求項23】

分類器モデルがトレーニングイメージデータで複数の特徴を識別するかどうかに基づいて分類器モデルを変更することをさらに含む、請求項22に記載の方法。

【請求項24】

複数の特徴には、平行線、色情報、K平均クラスタリング、および勾配のうちの少なくとも1つが含まれる、請求項16に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本出願は、2012年12月17日に出願された米国仮特許出願第61/738,103号の優先権を主張するものである。上記出願の開示全体は、参照によって本明細書に組み込まれたものとする。

【0002】

本開示は、一般に地下の公益設備の建設の分野に関し、より具体的には、地下ボーリング作業でイメージデータを分析するための検査システムおよび方法に関するものである。

【背景技術】

【0003】

このセクションでは、必ずしも従来技術ではない、本開示に関連した背景情報を提供する。

10

【0004】

地下の公益設備網は、しばしば、水平ボーリング技術を含む、多様なトレンチレス敷設技術のいずれかを使用して敷設される。水平ボーリング技術は、とりわけ、公益設備網の経路に沿って、それらの技術を使用不可にする地上の障害物（例えば、道路、歩道、私道、または造園敷地など）がある場合など、地面を掘ったり、溝堀したりすることが困難であったり、そのコストが法外に高額になる場合に、ガス、水道、電気、および通信網を敷設するための効果的かつコスト効果に優れた方法を提供する。一部の水平ボーリング技術には、地下圧搾空気ボーリング、オーガボーリング、ウェットボーリング、誘導式水平ボーリング（HDD）、インパクトモリング（impact m o l i n g ）、パイプジャッキング、およびマイクロトンネル工法が含まれる。

20

【0005】

地下圧搾空気ボーリングのプロセスには、地中を通してトンネルを作るために、まっすぐな経路に沿って水平の掘削孔を作る圧搾空気ボーリングまたは穴開け機の使用開始が関係している。次に、公益設備網（例えば、ガス、水道、電気、または通信用）は、地下に敷設するためのトンネルを通して引っ張られることができる。例えば、既存の公益設備網と公益設備網によって横切られている地上の障害物とが調査され、新しい公益設備網のための経路が選択される。経路の起点に1つの抗（入口抗）および経路のターゲット目的箇所に1つの抗（出口抗）を含む、2つの抗が障害物の両側に掘られる。抗は、ボーリング工具を取り付け、作業する操作員が入れるくらいの大きさである。また、抗は、ボーリング工具がトンネルを作り、トンネル上部の地上の邪魔にならない程度、深いものである。

30

【0006】

ボーリング工具は、地盤、岩盤などを切り取る圧搾空気で作動するボーリング工具を備えている。ボーリング工具は、ホースによって圧縮空気の供給源に接続されている。ガイドツールおよび照準器が、目的の経路に沿って、意図した目的点に向けてボーリング工具を位置合わせするために使用される。次いで、ボーリング工具は作動して、地下の孔を切り取り、ボーリング工具の背後には空気供給ホースを伴いながら、入口抗の壁を貫通して前進する。ボーリング工具がガイドツールを超えて前進すると、ボーリング工具の位置が、ボーリング工具にビルトインされた無線送信機により生成された無線信号を検出する無線周波数受信機により、地中を通して追跡される。

40

【0007】

ボーリング工具が目的箇所に到達すると、トンネルが、地表の障害物の真下の入口抗と出口抗との間に作られる。ボーリング工具が空気供給ホースから取り外され、公益設備網が空気供給ホースに取り付けられる（例えば、公益設備網をホースに接続する）。ホースと公益設備網はトンネルを通して共に引っ張られ、それによって、公益設備網が地下に敷設される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

地下の圧搾空気によるボーリングには、地下の公益設備網の孔を完成させる点で難題となる可能性のある欠点がある。例えば、ボーリング工具は操舵可能ではなく、ボーリング

50

工具がガイドツールを出て行くと、操作員は、もはやボーリング工具の軌道を制御しなくなる。結果的に、ボーリング工具は、例えば、岩盤や異なる地盤の密度によって目的の経路からそれてしまう可能性がある。わずかな偏向であっても、長い距離に渡ると、目的の経路から大幅な逸脱が発生する可能性がある。結果的に、ボーリング工具は、意図せずに、他の既存の地下の公益設備網の経路を横切ってしまう可能性がある。したがって、圧搾空気による地下のボーリングが実施される前に、地下の既存の公益設備網が地上から見つけられ、印を付けられることがあっても、ボーリング工具が汚水下水管路などの、既存の公益設備網を貫通して通り抜ける可能性がある。結果的に、新しく敷設された公益設備網は、既存の下水管路を貫通して伸びてしまう場合がある。そのような例の場合、クロスボア(cross bore)つまり、2つ以上の地下の公益設備網の交差箇所が、作られてしまう。

10

【0009】

水平ボーリングプロセスを採用しているかどうかに関係なく、地下公益設備網建設業界の重大な懸念事項は、知らず知らずのうちに下水管路を貫通してトンネルを掘り、その後、下水管路を貫通して天然ガスのパイプラインや送電線などの公益設備網に伸びてしまうことである。クロスボアされた公益設備網は、下水管路で妨害状態が進展するまで、何ヶ月または何年間もそのままの場所にとどまる場合がある。次いで、下水管路の清掃のプロセスで、公益設備網が、下水管路の清掃に使用されるパワードレインオーガまたは他のツールもしくは機械により、切断、破断、または他の方法で破損させる場合がある。

【課題を解決するための手段】

20

【0010】

システムは、視覚的検査システムおよびイメージ分析システムを含む。視覚的検査システムは、公益設備網および公益設備網を敷設用のトンネルのうちの少なくとも1つの内部からのイメージを捕捉する検査カメラ、ならびにイメージに対応するイメージデータを伝達する第1の通信インターフェースを含む。イメージ分析システムは、視覚的検査システムからイメージデータを受信する第2の通信インターフェース、フィードバックデータおよびトレーニングデータのうちの少なくとも1つに基づき分類器モデルを変更するモデル適応モジュール、ならびに分類器モデルを実装して不具合に対応するイメージデータの複数の特徴を識別し、識別された複数の特徴に従ってイメージデータを変更する分類器モジュールを含む。不具合には、クロスボア、横方向のパイプ、および欠陥のうちの少なくとも1つが含まれる。

30

【0011】

方法は、公益設備網および公益設備網を敷設用のトンネルのうちの少なくとも1つの内部からのイメージの捕捉を含む。方法はさらに、イメージ分析システムの使用、イメージに対応したイメージデータの受信、フィードバックデータおよびトレーニングデータのうちの少なくとも1つに基づく分類器モデルの変更、不具合に対応したイメージデータの複数の特徴を識別するための分類器モデルの使用であって、不具合には、クロスボア、横方向のパイプ、および欠陥のうちの少なくとも1つが含まれる使用、ならびに識別された複数の特徴に従うイメージデータの変更を含む。

【0012】

40

本明細書の図面は、必ずしも可能なすべての実装形態ではなく、選択された実施形態の例示的な目的のみのためのものであり、本開示の範囲を限定することを意図するものではない。

【図面の簡単な説明】**【0013】**

【図1】本開示の原理による視覚的検査システムおよびイメージ分析システムを含むシステムの機能的ブロック図である。

【図2】本開示の原理によるイメージ分析システムの機能的ブロック図である。

【図3】本開示の原理によるモデル適応モジュールの機能的ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 4 】

諸例示的实施形態が、この開示が徹底的であり、当業者に対してその範囲を十分に伝えることができるように提供されている。特定の構成部品、装置、および方法の例など、特定の多数の詳細が説明されており、本開示の実施形態を徹底的に理解できるようにしている。特定の詳細が採用される必要のないこと、例示的实施形態が多く異なる形で具体化されることができること、さらに開示の範囲を限定するものとして解釈されるべきではないことは、当業者には明らかになるであろう。一部の例示的实施形態では、よく知られたプロセス、よく知られた装置の構造、およびよく知られた技術は、詳細には記述されていない。次に、例示的实施形態が添付図面を参照して、より十分に説明される。

【 0 0 1 5 】

検査システムと併用するイメージ分析システムは、地下公益設備網建設業界で、特に、地下公益設備網の敷設のために使用される地下ボーリング作業で活用するために広く適用することができる。例えば、検査システムは通常、センサ、センサ搬送装置、および出力装置を含む。センサは、地下ボーリング作業によって作られるトンネルの状態に関する検査データを取得するために採用される。検査システムには、トンネルの視覚的イメージを捕捉するカメラの他、トンネルの特徴を物理的に感知するタッチセンサ、トンネルの赤外線イメージを捕捉する赤外線センサ、またはトンネル内の揮発性有機化合物（VOC）や他のガスの存在を感知する蒸気センサなどの受動的センサ、あるいはトンネルの特徴を測定できるソナー、レーダ、およびレーザなどの能動的センサなど、多様なさまざまなセンサ技術のいずれかが採用されることができるはずである。さらにカメラは、定期検査の際および/または公益設備網の敷設後に、既存の公益設備網またはパイプ（例えば、下水パイプなど）の内側のイメージを捕捉するために使用されることができ、別の公益設備網が既存網を貫通していないかどうかを（すなわち、既存のパイプを貫通する横方向のパイプを検出するため）識別および記録することができる。

【 0 0 1 6 】

センサ搬送装置は、センサを組み込み、トンネルを通してセンサを運搬するための手段に接続されるように適合されている。出力装置は、検査データに対応する出力信号をセンサから受信し、当該信号を解釈のために操作員に提示し、および/または他の場合には記録に残し、および/または検査の記録の作成を行う。さらに出力装置は、操作員がメモ、コメントなどのユーザー入力を検査の記録に加えることができるユーザーインターフェースを含めることができる。ユーザー入力は、それらに限定されるものではないが、タイプされたテキスト、音声、タイプスタンプ、および/またはブックマークを含む、多様な形式のいずれかを取ることができる。それに加えて、出力装置は、記録が操作員のデータベース、地方自治体、監督官庁、公益設備網関連各社、その他の受託業者、および資産所有者を含む指定された受信者から利用できるように、検査の記録を一斉送信または投稿するように構成されることができる。検査システムおよび方法の例は、2012年7月19日に出願された国際（特許協力条約）出願第PCT/US2012/047290号明細書に記載されており、これにより、その内容全体を参照によって本明細書に引用したものと

【 0 0 1 7 】

次に図1を参照すると、本開示に従い、視覚的検査システム104の例と併用イメージ分析システム100の例が示されている。視覚的検査システム104は、新しい公益設備網が敷設される前に、地下の圧搾空気によるボーリングで作られたトンネル全体を移動するよう、および/または新しい公益設備網が既存の公益設備パイプと同じ領域に敷設された後に、既存の公益設備パイプ全体を移動するように構成されている検査カメラ108を含む。カメラ108がトンネルを横断するとき、操作員は表示装置112でトンネルのリアルタイムイメージを閲覧して、汚水下水管路などの、既存の別の公益設備網がボーリング作業中に交差したかどうかを判断するため、トンネルの視覚的検査を行うことができる。同様に、カメラ108は、公益設備網が既存の別の公益設備網を貫通していないかどうかを判断するために、既存の公益設備網を通過させるようにすることができる。そのよう

10

20

30

40

50

にすることによって、クロスボアの可能性は大幅に減少し、および/またはクロスボア（および横方向）が検出され、是正されることができる。

【0018】

本開示の視覚的検査システムと併用するのに適した検査カメラは、See Snake (R) 排水および下水管検査カメラおよびケーブルリールなどを、米国オハイオ州、エリリアのRidge Tool Companyから入手することができる。カメラからの出力にはさらに、写真および/またはビデオを含めることができる。さらに、カメラからの出力を表示および/または記録するために適した表示装置も同様に、Ridge Tool Companyから、See Snake (R) モニターおよびレコーダーを入手することができる。また、カメラのレンズは、カメラの視野角および/または視野を変更するために変えられることができる。例えば、「魚眼」レンズはカメラ周囲の孔の壁面がカメラの視野に収まるように捕捉できるように組み込まれることが可能である。さらに、トンネルの経路ではクロスボアはまったく作られなかった、地下の公益設備網は破損されなかった、および/または他の障害物はまったくなかったという、検査イメージは、記録、および/または他の方法で、地下ボーリング作業を記録を取るために保存されることができる。

10

【0019】

さらに、表示装置112でのトンネルの視覚的検査に加えて、検査カメラ108から提供されるイメージデータは、イメージ分析システム100に伝達される。例えば、検査システム104は、通信インターフェース116を含む。例示的な目的のみのであるが、通信インターフェースは、イメージデータをイメージ分析システム100に提供するために、それらに限定されるものではないが、ワイヤレスネットワーク（例えば、Wi-Fi）、全地球的航法衛星システム（GNSS）、および/またはブルトウスプロトコルなどを含む、1つ以上の適したワイヤレス通信プロトコルに従って動作する。検査カメラ108と表示装置112とから独立して表示されているが、通信インターフェース116はさらに、検査カメラ108および/または表示装置112内に組み込まれることができる。

20

【0020】

イメージ分析システム100は、イメージ静止データとビデオデータの両方を含む場合のある、イメージデータを視覚的検査システム104から受信する。例示的な目的のみのであるが、イメージ分析システム100は、視覚的検査システム104からクラウドネットワーキングシステムのいずれかの適したコンピューティング装置および/または記憶装置などに遠隔設置されている。しかし、イメージ分析システム100はさらに、視覚的分析システム104の1つ以上の構成部品に実装されることもできる。または、イメージ分析システム100の機能が、視覚的検査システムで二重化されるようにすることができる。例えば、イメージ分析システム100は、表示装置112および/または検査カメラ108に実装されることができる。表示装置112は、カメラ108および/またはイメージ分析システム100と接続して機能するためのユーザーインターフェースを含むハンドヘルドまたはモバイル装置とすることができる。したがって、イメージ分析システム100の機能は遠隔的に（例示的な目的のみのであるが、サーバまたは他の遠隔記憶装置を使用した後処理ならびに/あるいはクラウドコンピューティングアーキテクチャーを介してアクセス可能な処理装置）、および/またはイメージ分析システム100を実装するように構成されたローカル装置により仕事の現場で（例えば、後処理および/またはリアルタイムで）実行されることができる。

30

40

【0021】

イメージ分析システム100は、いずれかのクロスボアおよび/または横方向のパイプを示すイメージデータの部分を識別するために、イメージデータ上でイメージ分析を行う。例えば、イメージ分析システム100は、イメージデータの画像でクロスボアおよび/または横方向のパイプを示す複数の特徴を分類し、イメージデータの画像について、クロスボアおよび/または横方向のパイプが存在する、または存在しないという複数の特徴の

50

それぞれに対する確率を割り当てるモデルを実装する。イメージ分析ではさらに、公益設備網または搬送設備、ならびに／あるいは公益設備網または搬送設備を敷設するためのトンネルまたは孔の他のタイプの欠陥も識別することができる。欠陥には、それらに限定されるものではないが、トンネル表面の不整合性を含めることができる。不整合性は、例示的な目的のみのものであるが、トンネルの周辺地盤、地盤および／またはパイプ（例えば、土管）断片の空洞、ならびに／あるいは円形面と交差するまっすぐな表面（例えば、トンネルの周囲を貫通するパイプまたは他のまっすぐな物体）により引き起こされる場合がある。

【 0 0 2 2 】

さらに、イメージ分析システム 1 0 0 は、クロスボア、横方向のパイプ、欠陥などの検出のためにイメージ分析を、視覚的検査システム 1 0 4 が当該目的のために使用されるかどうかに関係なく行うことができる。例えば、視覚的検査システム 1 0 4 は、表示装置 1 1 2 上での直接表示、あるいはイメージ分析システム 1 0 0 を使用したリアルタイムまたは後処理のいずれかにより、公益設備網の他の特徴（例えば、縦樋、下水設備など）を識別し、特定するために使用されることができる。しかし、他の特徴の識別を試みると同時に、イメージ分析システム 1 0 0 は引き続き、イメージデータのクロスボア、横方向のパイプ、欠陥などを識別することができる。

10

【 0 0 2 3 】

次に図 2 を参照すると、イメージ分析システム 2 0 0 の例が示されている。イメージ分析システム 2 0 0 は、例えば、通信インターフェース 2 0 4 を介して、図 1 の視覚的検査システム 1 0 4 と通信する。または、上述のとおり、イメージ分析システム 2 0 0 は、視覚的検査システム 1 0 4 に組み込まれることが可能である（例えば、表示装置 1 1 2、検査カメラ 1 0 8、および／または視覚的検査システム 1 0 4 の別の装置に組み込まれる）。例えば、通信インターフェース 2 0 4 は、視覚的検査システム 1 0 4 からイメージデータを受信する。イメージデータは、イメージデータ記憶装置 2 0 8 に保存される。例示的な目的のみのものであるが、イメージデータ記憶装置 2 0 8 は、イメージデータを保存する不揮発性メモリを含む。イメージデータには、ビデオデータおよび／または静止イメージデータが含まれる。

20

【 0 0 2 4 】

分類器モジュール 2 1 2 は、イメージデータの各画像でクロスボアおよび／または横方向のパイプに対応する特徴を識別し、識別された特徴に従って各画像を分類する。例えば、分類器モジュール 2 1 2 には、画像の特徴に従って各画像を分析および分類する分類器モデルが実装されている。例示的な目的のみのものであるが、各画像には、それらに限定されるものではないが、「横方向のパイプ」、「横方向のパイプなし」、「クロスボア」および／または「クロスボアなし」を含む、1 つ以上のラベルが割り当てられる。分類器モジュール 2 1 2 は、分類されたイメージデータ記憶装置 2 1 6 に、分類されたイメージデータを保存する。通信インターフェース 2 0 4 は、分類されたイメージデータを視覚的検査システム 1 0 4 または他の装置またはユーザーに（例えば、要求に応じて）提供する。

30

【 0 0 2 5 】

イメージ分析システム 2 0 0 は、分類器モジュール 2 1 2 の分類器モデルを生成し、適合させるモデル適合モジュール 2 2 0 を含む。モデル適合モジュールは、例えば、通信インターフェース 2 0 4 を介して受信されたフィードバックデータおよび／またはトレーニングデータに基づき分類器モデルを生成し、適合させる。フィードバックデータには、分類されたイメージデータに関する、視覚的検査システム 1 0 4 のオペレーター／ユーザーから提供されたフィードバックが含まれる。例えば、オペレーターは分類されたイメージデータと識別された特徴を閲覧して、分類されたイメージデータの正確さを示すフィードバック（例えば、分類されたイメージデータの画像に割り当てられたラベルが適切かどうかなど）を提供する。

40

【 0 0 2 6 】

反対に、トレーニングデータには、特徴の各種組み合わせ（例えば、クロスボア、クロ

50

スポアなし、横方向のパイプおよび/または横方向のパイプなし)を有するトレーニングイメージデータ(例えば、トレーニングビデオ)を含めることができる。モデル適合モジュール220は、トレーニングイメージデータから特徴を抽出し、それによって各画像に(例えば、モデルを使用して)ラベル付けし、分類されたトレーニングデータを保存する。モデル適合モジュール220では、分類されたトレーニングデータを、トレーニングイメージデータの実際の特徴を示すテストデータと比較して、モデルの結果を評価する。モデル適合モジュール220は、結果によって分類器モジュール212で使用されるモデルを更新する。

【0027】

次に図3を参照すると、モデル適合モジュール300の例は、トレーニングイメージデータ分類器モジュール304、トレーニングおよびテストデータ記憶装置モジュール308、ならびに結果評価モジュール312を含む。トレーニングイメージデータ分類器モジュールは、トレーニングイメージデータおよびフィードバックデータを受信し、トレーニングイメージデータからクロスポアおよび/または横方向のパイプを示す特徴を抽出し、分類されたトレーニングイメージデータをトレーニングおよびテストデータ記憶装置モジュール308に提供する。例示的な目的のみのであるが、分類されたイメージデータは、クロスポアに対応する特徴を含むトレーニングイメージデータの第1のセット、および横方向のパイプに対応する特徴を含むトレーニングイメージデータの第2のセットを含む、2つのセットに分割されることができる。結果評価モジュール312は、分類されたトレーニングイメージデータをテストデータと比較して、比較に基づいてモデルの性能を評価する。結果評価モジュール312の出力(例えば、モデル調整信号)はモデルの性能を示し、それによってモデルを調整するために分類器モジュール212に提供される。

【0028】

トレーニングイメージデータには、例えば、それぞれ異なる特徴を含む、さまざまなセットで調整された複数のビデオを含めることができる。例えば、トレーニングイメージデータには、横方向のパイプを含む第1の複数のビデオ、および横方向のパイプを含まない第2の複数のビデオを含む、横方向の検査トレーニングセットを含めることができる。反対に、トレーニングイメージデータには、クロスポアを含む第1の複数のビデオおよびクロスポアを含まない第2の複数のビデオを含む、クロスポアの検査トレーニングセットも含めることができる。

【0029】

トレーニングイメージおよびデータ分類器モジュール304は、横方向のパイプおよびクロスポアのそれぞれについて、横方向のパイプまたはクロスポアを示す場合のある1つ以上の特徴を抽出する。特徴には、次に限定されるものではないが、平行線、色情報、K平均クラスタリング、および/または勾配の大きさの離散化ヒストグラムを含めることができる。例えば、イメージデータの画像の平行線は、横方向のパイプを示す場合がある。分類器モジュール304は、エッジ検出器を実装してイメージデータのハフ線を検出し、ハフ線の1つの線L1(例えば、ハフ線で最も濃い線)を選択し、L1に平行なハフ線(例えば、L1の5°などのしきい値内)で最も濃い1つの線L2を選択することができる。パイプがカメラの方向に伸びる状況では、透視分析が適用されることができ、その結果、実際のイメージデータでは平行ではない線となる。線L1およびL2が横方向のパイプに対応する確率は、カルマンフィルタトラッキングを使用して調整されることができる。例えば、カルマンフィルタトラッキングでは、パイプの終端位置を予測するため、最初の検出点から疑わしい横方向のパイプを追跡することができる。予測した終端位置が画像で実際に検出された位置に対応する場合には、画像には横方向のパイプが含まれる可能性がある。

【0030】

色情報で、横方向のパイプおよび/またはクロスポアが指し示される場合がある。例えば、トレーニングイメージおよびデータ分類器モジュール304は、HSVヒストグラムを実装して、イメージデータの画像の各部分の選択された色(例えば、公益設備パイプの

10

20

30

40

50

特定のタイプの知られている色に対応した色)の分量を識別することができる。

【0031】

K平均クラスタリングで、横方向のパイプおよび/またはクロスボアが指し示される場合がある。例えば、ヒストグラム上の(例えば、色調での)単一のガウス分布はクロスボアがないものに対応し、ヒストグラム上の(例えば、色調での)二重のガウス分布はクロスボアに対応する場合がある。

【0032】

勾配の大きさの離散化ヒストグラムは、エッジの検出に使用されることができ、横方向のパイプとクロスボアの両方を示す。例示的な目的のみのであるが、離散化ヒストグラムは、ガウスぼかしおよびエッジ検出器(例えば、キャニーエッジ検出器)がノイズを除去するために適用された後、計算されることができ、ヒストグラムでは、しきい値を超えるピークが比較的強いエッジを示している。

【0033】

特徴がトレーニングイメージデータの画像から抽出された後、トレーニングイメージおよびデータ分類器モジュール304は、画像のそれぞれにラベルを付ける(すなわち、操作員/ユーザーの入力により分類する)。ラベルには、「横方向のパイプ」、「横方向のパイプなし」、「クロスボア」および/または「クロスボアなし」を含めることができ、さらに「横方向のパイプに接近」、「クロスボアに接近」、および地盤タイプ(例えば、砂、粘土、岩石)などのサブラベルを含めることができる。モデル適合モジュール300では、ラベルは手作業で付着される(すなわち、人間の操作員/ユーザーによって)。言い換えれば、操作員は各画像を閲覧し、イメージの視覚的特徴に基づいてフレームにラベルを付ける。

【0034】

抽出された特徴のそれぞれに対して、モデル適合モジュール300は、当該特徴が操作員により割り当てられたラベルに基づき、特徴がクロスボア、クロスボアなし、横方向のパイプ、および/または横方向のパイプなしに対応する確率を割り当てる。例えば、分類器モジュール304は、対応する抽出された特徴(例えば、2本の濃い平行線)が操作員によって横方向のパイプとして最終的にラベル付けされた回数に基づき、2本の濃い平行線が横方向のパイプを示す確率を割り当てる。反対に、分類器モジュール304は、対応する抽出された特徴(例えば、2本の濃い平行線)が、操作員によって横方向のパイプではないとしてラベル付けされた回数に基づき、2本の濃い平行線が横方向のパイプに対応しない(すなわち、横方向のパイプなし)確率を割り当てる。したがって、抽出された特徴のそれぞれには、それぞれの確率が割り当てられる。次いで、分類されたトレーニングイメージデータは、ラベルに従って保存される。例えば各画像は、各特徴がそれぞれのラベルに対応する確率を示すデータに沿って、画像番号(例えば、1、2、・・・n)、ならびにトレーニングおよびテストデータ記憶装置308のそれぞれのラベルにより索引付けされることができ、

【0035】

テストデータは、トレーニングおよびテストデータ記憶装置308のトレーニングイメージデータに加えて保存される。テストデータは、トレーニングイメージデータより少ないテストデータ画像に対応している。言い換えれば、トレーニングおよびテストデータ記憶装置308に保存されているイメージデータの大半は、テストデータよりもトレーニングイメージデータに対応している。トレーニングイメージデータは、上述のとおり操作員によりラベル付けされる。反対に、テストデータは操作員によってラベル付けされない。その代わりに、トレーニングイメージデータの一部と同一のイメージデータ画像を含む場合のあるテストデータは、モデルに従って分析される。テストデータの分析結果(すなわち、割り当てられたラベルおよび/または確率)は、モデルの正確さを判定するためにラベル付けされたトレーニングイメージデータと比較される。モデルは、正確さに基づいて調整されることができ、例えば、結果評価モジュール312は、テストデータの評価に関連付けられたエラーレート、および/または複数の評価に関連付けられた平均エラーレ

10

20

30

40

50

ートを判定することができる。

【0036】

再度、図2を参照すると、分類器モジュール212は、イメージデータ記憶装置208から受信されたイメージデータ（すなわち、イメージから特徴を抽出する）を分析し、抽出された特徴とトレーニングイメージデータとに基づき、各画像がクロスボア、クロスボアなし、横方向のパイプ、または横方向のパイプなしを含む確率を計算する。例えば、1つの画像が1つのクロスボアを含む確率は、画像で検出された特徴のそれぞれがクロスボアに対応する確率のそれぞれの組み合わせを含む場合がある。1つの画像がクロスボアなしを含む確率は、画像で検出された特徴のそれぞれがクロスボアなしに対応する確率のそれぞれの組み合わせを含む場合がある。1つの画像が1つの横方向のパイプを含む確率は、画像で検出された特徴のそれぞれが横方向のパイプに対応する確率のそれぞれの組み合わせを含む場合がある。1つの画像が横方向のパイプなしを含む確率は、画像で検出された特徴のそれぞれが横方向のパイプなしに対応する確率のそれぞれの組み合わせを含む場合がある。

10

【0037】

例示的な目的のみのであるが、確率は、単純ベイズ分類などの各種方法に従って計算されることができる。例えば、単純ベイズ分類では、画像が平行線の検出、色情報、および離散化ヒストグラムに割り当てられた確率に基づき横方向のパイプを含む確率を計算することができる。計算された確率がしきい値より大きい場合には、分類器モジュール212は、横方向のパイプのラベルを画像に割り当てる。例示的な目的のみのであるが、しきい値は、（例えば、50%）固定されるか、および/またはより敏感に（すなわち、より低くする）またはより鈍感に（すなわち、より高くする）調整されることができる。分類器モジュール212は、同様の仕方で、横方向のパイプなし、クロスボア、およびクロスボアなしのラベルを画像に割り当てるかどうかを判定する。他の実装形態では、確率は単に、それぞれの特徴の確率の合計、平均、または他のいずれかの組み合わせとすることができる。

20

【0038】

さらに、一部の画像では、割り当てるラベル（例えば、横方向のパイプ、横方向のパイプなし、クロスボア、およびクロスボアなし）の全確率が、それぞれのしきい値より小さい場合がある。したがって、画像は、ラベルのいずれに対しても適格でない場合がある。そのような画像の場合、分類器モジュール212は、1つ以上のラベルを割り当てるために、「最近傍」計算を行う場合がある。例えば、分類器モジュール212は、抽出した特徴に基づいて、どのトレーニングイメージデータ画像が、画像に最も類似しているかを判定する場合がある。分類器モジュール212は、最も近いトレーニングイメージデータの画像に割り当てられたラベルに基づいて画像にラベルを付ける。

30

【0039】

前述の説明は、事実上単に例示的なもので、開示、適用、または使用を制限する意図はまったくない。開示の幅広い教示は、多様な形で実装されることができる。したがって、この開示には特定の例が含まれているが、開示の真の範囲は、他の変更形態は、図面、明細書、および以下の特許請求の範囲の考察により明らかになるので、それだけに限定されるべきではない。理解しやすくする目的で、同様の構成部品を識別するために同じ参照番号が各図面で使用されている。本明細書で使用されているように、A、B、およびCのうちの少なくとも1つという句は、非排他的論理ORを使用した、論理(A or B or C)を意味していると解釈されるべきである。1つの方法内の1つ以上のステップは、本開示の原理を変えることなく、異なる順序で（または同時に）実行されることができることを理解されたい。

40

【0040】

本明細書で使用されているように、モジュールという用語は、特定用途向け集積回路(ASIC)、ディスクリート回路、集積回路、組み合わせ論理回路、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、コードを実行するプロセッサ(共有、専用、またはグ

50

ループ)、記述されている機能を提供する他の適切なハードウェア構成部品、あるいはシステムオンチップなどの上記の一部または全部の組み合わせを含めたり、あるいは一部を指したりする場合がある。モジュールという用語には、プロセッサによって実行されるコードを保存するメモリ(共有、専用、またはグループ)を含めることができる。

【0041】

上記で使用されているとおり、コードという用語には、ソフトウェア、ファームウェア、および/またはマイクロコードを含めることができ、プログラム、ルーチン、機能、クラス、および/またはオブジェクトを指す場合がある。上記で使用されているとおり、共有という用語は、複数のモジュールの一部または全部のコードが単一の(共有)プロセッサを使用して実行されることが可能であることを意味している。さらに、複数のモジュールからの一部または全部のコードは、単一の(共有)メモリにより保存されることが可能である。上記で使用されているとおり、グループという用語は、単一のモジュールの一部または全部のコードがプロセッサのグループを使用して実行されることが可能であることを意味している。さらに、単一のモジュールの一部または全部のコードはメモリのグループを使用して保存されることが可能である。

10

【0042】

本明細書で説明された装置および方法は、1つ以上のプロセッサにより実行される1つ以上のコンピュータプログラムにより一部または全部が実装されることが可能である。コンピュータプログラムには、少なくとも1つの持続性のある有形のコンピュータ読み取り可能媒体で保存されるプロセッサ実行可能命令が含まれる。コンピュータプログラムはさらに、保存されたデータを含めたり、および/または当てにすることができる。持続性のある有形のコンピュータ読み取り可能媒体の限定するものではない例には、不揮発性メモリ、揮発性メモリ、磁気記憶装置、および光学式記録装置が含まれる。

20

【符号の説明】

【0043】

- 100、200 イメージ分析システム
- 104 視覚的検査システム
- 108 検査カメラ
- 112 表示装置
- 116、204 通信インターフェース
- 208 イメージデータ記憶装置
- 212 分類器モジュール
- 216 分類されたイメージデータ記憶装置
- 220、300 モデル適合モジュール
- 304 トレーニングイメージおよびデータ分類器モジュール
- 308 トレーニングおよびテストデータ記憶装置モジュール
- 312 結果評価モジュール

30

【 図 1 】

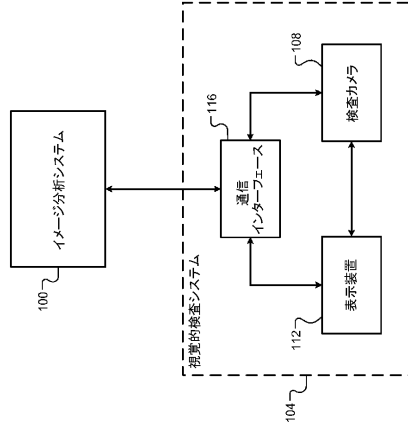


FIG. 1

【 図 2 】

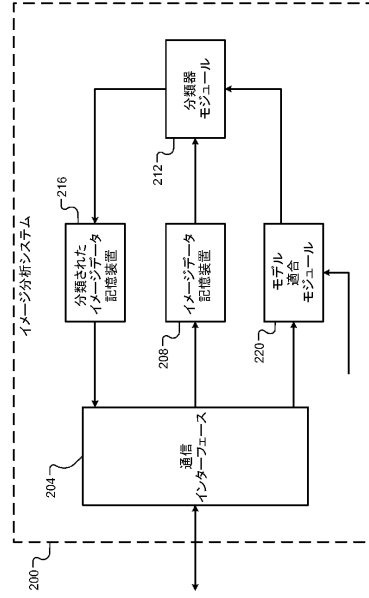


FIG. 2

【 図 3 】

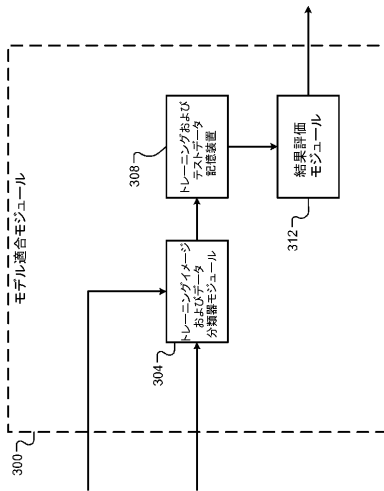


FIG. 3

フロントページの続き

- (72)発明者 ポール・フレステイ
アメリカ合衆国、オハイオ・44035、エリリア、クラーク・ストリート・400
- (72)発明者 ルシアン・バシレ・ムレサン
アメリカ合衆国、オハイオ・44035、エリリア、クラーク・ストリート・400
- (72)発明者 ブラッド・ユーロニック
アメリカ合衆国、オハイオ・44035、エリリア、クラーク・ストリート・400

審査官 佐々木 龍

- (56)参考文献 欧州特許出願公開第02192538(EP, A2)
特開平07-331647(JP, A)
特開昭61-193090(JP, A)
中内 啓雅 他, 水平ボーリング用前方探査レーダシステム - 実際の配管工事現場における適用
例 - , 電子情報通信学会技術研究報告, 2005年10月18日, Vol. 105, No. 363, pp. 1-6

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/84 - 21/958
E21B 1/00 - 49/10
JSTPlus/JST7580(JDreamIII)