

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-24318
(P2023-24318A)

(43)公開日 令和5年2月16日(2023.2.16)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード (参考)	
G 0 8 G	1/04 (2006.01)	G 0 8 G	1/04	A	2 F 1 0 3
G 0 1 D	5/353(2006.01)	G 0 1 D	5/353	B	5 H 1 8 1
G 0 8 G	1/01 (2006.01)	G 0 8 G	1/01	F	
G 0 8 G	1/015(2006.01)	G 0 8 G	1/015	A	
G 0 8 G	1/052(2006.01)	G 0 8 G	1/052		
		審査請求	未請求	請求項の数	20
				O L	(全17頁)
				最終頁に続く	
(21)出願番号	特願2022-117178(P2022-117178)	(71)出願人	504407000		
(22)出願日	令和4年7月22日(2022.7.22)		パロ アルト リサーチ センター インコ		
(31)優先権主張番号	17/393,986		ーポレイテッド		
(32)優先日	令和3年8月4日(2021.8.4)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		3 0 4 パロ アルト カイオーテ ヒル		
			ロード 3 3 3 3		
		(74)代理人	100094569		
			弁理士 田中 伸一郎		
		(74)代理人	100109070		
			弁理士 須田 洋之		
		(74)代理人	100067013		
			弁理士 大塚 文昭		
		(74)代理人	100086771		
			弁理士 西島 孝喜		
		(74)代理人	100109335		
				最終頁に続く	

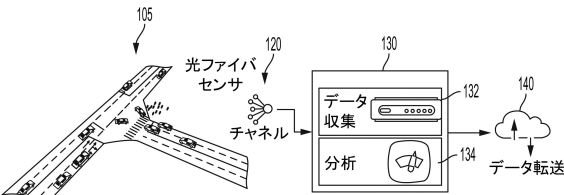
(54)【発明の名称】 光学センサを使用したトラフィック監視

(57)【要約】 (修正有)

【課題】トラフィック監視のための技術に関する構成要素、デバイス、システム、及び方法を提供する。

【解決手段】システムは、舗道に結合された少なくとも2つの光ファイバを備えるセンサネットワークを含む。各光ファイバは、1つ以上の隣接する光ファイバから所定の距離に設置された1つ以上の光学センサを含む。1つ以上の光学センサは、波長シフト信号を生成するように構成されている。プロセッサは、舗道上を移動する1つ以上の物体の1つ以上の属性及び舗道のトラフィック状態のうち的一方又は両方を、波長シフト信号に基づいて判定するように構成されている。送信機は、1つ以上の属性を所定の場所に送信するように構成されている。

【選択図】図1 A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

システムであって、

舗道に結合された少なくとも 2 つの光ファイバを備えるセンサネットワークであって、各光ファイバが、1 つ以上の隣接する光ファイバから所定の距離に設置された 1 つ以上の光学センサを備え、前記 1 つ以上の光学センサが、波長シフト信号を生成するように構成されている、センサネットワークと、

前記舗道上を移動する 1 つ以上の物体の 1 つ以上の属性及び前記舗道のトラフィック状態のうち的一方又は両方を、前記波長シフト信号に基づいて判定するように構成されているプロセッサと、

10

前記 1 つ以上の属性を所定の場所に送信するように構成されている送信機と、を備える、システム。

【請求項 2】

前記プロセッサが、感知ゾーンからの物体の進入及び退出のうちの 1 つ以上を検出するように更に構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記 1 つ以上の属性が、前記 1 つ以上の物体の速度、移動方向、前記 1 つ以上の物体の多数の車軸、前記 1 つ以上の物体の車軸間の距離、前記 1 つ以上の物体の車軸のグループ、前記 1 つ以上の物体が移動しているトラフィック車線、及び前記 1 つ以上の物体に対する車軸当たりの重量のうちの 1 つ以上を含む、請求項 1 に記載のシステム。

20

【請求項 4】

前記プロセッサが、前記 1 つ以上の属性を集約して、物体分類、道路占有率、及び前記舗道のトラフィック量のうちの 1 つ以上を判定するように構成されている、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記 1 つ以上の物体の前記速度が、2 つ以上のセンサを集約することによって判定される、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記 1 つ以上の物体の前記速度が、単一のセンサ対を使用して判定される、請求項 3 に記載のシステム。

30

【請求項 7】

前記 1 つ以上の物体の前記速度が、第 1 の光ファイバ上に配設されたセンサから受信された第 1 の波長シフト信号と、第 2 の光ファイバ上に配設されたセンサから受信された第 2 の波長シフト信号との間の相関関係を使用して判定される、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記 1 つ以上の物体の前記速度が、前記波長シフト信号の波長シフトピークの時間シフトを使用して判定される、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記少なくとも 2 つの光ファイバが、互いに平行に設置されている、請求項 1 に記載のシステム。

40

【請求項 10】

前記プロセッサが、前記波長シフト信号に基づいて、前記 1 つ以上の物体の車線またぎを検出するように更に構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記プロセッサが、前記波長シフト信号に基づいて、警告を発するように更に構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記 1 つ以上の物体が、車両及び歩行者のうちの 1 つ以上を含む、請求項 1 に記載のシステム。

50

【請求項 13】

前記舗道が、歩道及び道路のうちの1つ以上を含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項 14】

前記波長シフト信号が、歪み信号を含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項 15】

方法であって、

舗道に結合された複数の光学センサからの波長シフト信号を受信することであって、前記複数の光学センサが、少なくとも2つの光ファイバ上に配設されており、各光ファイバが、少なくとも1つの他の光ファイバから所定の距離に配設されている、受信することと、

10

前記舗道上を移動する1つ以上の物体の1つ以上の属性及びトラフィック状態のうち的一方又は両方を、前記波長シフト信号に基づいて判定することと、

前記1つ以上の属性及び前記トラフィック状態のうち的一方又は両方を、所定の場所に転送することと、を含む、方法。

【請求項 16】

感知ゾーンから物体の進入及び退出のうちの1つ以上を検出することを更に含む、請求項15に記載の方法。

【請求項 17】

前記1つ以上の属性が、前記1つ以上の物体の速度、移動方向、前記1つ以上の物体の多数の車軸、前記1つ以上の物体の車軸間の距離、前記1つ以上の物体の車軸のグループ、前記1つ以上の物体が移動しているトラフィック車線、及び前記1つ以上の物体に対する車軸当たりの重量のうちの1つ以上を含む、請求項15に記載の方法。

20

【請求項 18】

前記1つ以上の属性を集約して、物体分類、道路占有率、及び前記舗道のトラフィック量のうちの1つ以上を判定することを更に含む、請求項17に記載の方法。

【請求項 19】

前記1つ以上の物体の前記速度を、第1の光ファイバ上に配設されたセンサから受信された第1の波長シフト信号と、第2の光ファイバ上に配設されたセンサから受信された第2の波長シフト信号との間の相関関係を使用して判定することを更に含む、請求項17に記載の方法。

30

【請求項 20】

前記波長シフト信号の波長シフトピークの時間シフトを使用して、前記1つ以上の物体の前記速度を判定することを更に含む、請求項17に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本出願は、概して、トラフィック監視のための技術に関する。本出願はまた、このような技術に関する構成要素、デバイス、システム、及び方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

40

光ファイバ(Fiber optic、FO)センサは、歪み、温度、圧力、電流、電圧、化学組成、及び振動などのパラメータを検出するために使用することができる。FOセンサは、薄く、軽量で、感度が高く、過酷な環境に対して堅牢であり、電磁干渉(electromagnetic interference、EMI)及び静電放電に影響されないため、魅力的な構成要素である。FOセンサは、長い光ファイバケーブルにわたって多重化構成において高感度で空間内に分布した複数のパラメータを同時に測定するように配置することができる。これを達成することができる方法の一例は、ファイバブラッググレーティング(fiber Bragg grating、FBG)センサである。FBGセンサは、光ファイバのコアの有限長(典型的には数mm)に沿った屈折率の周期的変調によって形成される。このパターンは、屈折率プロファイルの周期性によって判定される、ブラッグ波長と呼ばれる波長を反射する

50

。ブラッグ波長は、格子の周期性及び／又はファイバの屈折率を変化させる外部刺激（歪み及び／又は温度など）に敏感である。したがって、F B Gセンサは、目的の刺激に応答して小さな波長変化の検出に依存する。いくつかの実装形態では、F Oセンサは、例えば、舗道上及び／又は舗道下に設置することができ、道路上を移動する車両に関連するパラメータ、例えば、歪み、温度、振動を検出するように動作することができる。

【発明の概要】

【0003】

本明細書において説明される実施形態は、舗道に結合された少なくとも2つの光ファイバを備えるセンサネットワークを備えるシステムを伴う。各光ファイバは、1つ以上の隣接する光ファイバから所定の距離に設置された1つ以上の光学センサを備える。1つ以上の光学センサは、波長シフト信号を生成するように構成されている。プロセッサは、舗道上を移動する1つ以上の物体の1つ以上の属性及び舗道のトラフィック状態のうち的一方又は両方を、波長シフト信号に基づいて判定するように構成されている。送信機は、1つ以上の属性を所定の場所に送信するように構成されている。

10

【0004】

方法は、舗道に結合された複数の光学センサから波長シフト信号を受信することを伴う。複数の光学センサは、少なくとも2つの光ファイバ上に配設される。各光ファイバは、少なくとも1つの他の光ファイバから所定の距離に配設される。舗道上を移動する1つ以上の物体の1つ以上の属性及びトラフィック状態のうち的一方又は両方は、波長シフト信号に基づいて判定される。1つ以上の属性及びトラフィック状態のうち的一方又は両方は、所定の場所に転送される。

20

【図面の簡単な説明】

【0005】

本明細書全体を通して、添付の図面を参照する。

【図1A】本明細書において説明される実施形態による、F Oトラフィック監視システムの図を例解する。

【図1B】波長多重化センサシステムが、本明細書において説明される実施形態による、単一の光ファイバ上に配設された複数のF B Gセンサを備える補償されたセンサアレイを使用することができることを示す。

【図2A】本明細書において説明される実施形態による、分析モジュールのより詳細な図を示す。

30

【図2B】本明細書において説明される実施形態による、分析モジュールのより詳細な図を示す。

【図3A】本明細書において説明される実施形態による、トラフィック及び／又は車両パラメータを監視するための感知システムの例を例解する。

【図3B】本明細書において説明される実施形態による、トラフィック及び／又は車両パラメータを監視するための感知システムの例を例解する。

【図3C】本明細書において説明される実施形態による、センサによって捕捉され得る舗道の刺激された歪みを示す。

【図4】本明細書において説明される実施形態による、アンサンブル方法を使用するシステムを描写する。

40

【図5】本明細書において説明される実施形態による、様々な車軸属性を判定するためのシステムを示す。

【図6A】本明細書において説明される実施形態による、小型車両の車両分類を例解する。

【図6B】本明細書において説明される実施形態による、小型車両の車両分類を例解する。

【図6C】本明細書において説明される実施形態による、小型車両の車両分類を例解する。

【図7A】本明細書において説明される実施形態による、6軸車両の車両分類を例解する

50

。

【図 7 B】本明細書において説明される実施形態による、6 軸車両の車両分類を例解する

。

【図 7 C】本明細書において説明される実施形態による、6 軸車両の車両分類を例解する

。

【図 8 A】本明細書において説明される実施形態による、より大きな車両の車両分類を例解する。

【図 8 B】本明細書において説明される実施形態による、より大きな車両の車両分類を例解する。

【図 8 C】本明細書において説明される実施形態による、より大きな車両の車両分類を例解する。 10

【図 9】本明細書において説明される実施形態による、トラフィック及び / 又は車両パラメータを監視するためのプロセスを例解する。

【0006】

図面は、必ずしも縮尺どおりではない。図面に使用される同様の番号は、同様の構成要素を指す。しかしながら、所与の図面における構成要素を指す番号の使用は、同じ番号でラベル付けされた別の図面における構成要素を限定することを意図していないことが理解されるであろう。

【発明を実施するための形態】

【0007】

20

本明細書において説明される実施形態は、車両の特性及び道路上のそれらの動きを含む、トラフィックパラメータを抽出することができるトラフィック監視システムを伴い得る。これらのトラフィックパラメータを抽出することにより、より良好なトラフィック管理及び路面メンテナンス / 設計を可能にし得、これは、トラフィックの混雑の問題を軽減するのに役立ち、不十分な道路状態による壊滅的な故障を防ぎ、かつ / 又は一般人の生活の質を改善することに役立つ。

【0008】

本明細書において説明される実施形態は、インテリジェントトラフィック管理及び計画システムで使用され得る、トラフィックを正確に監視するためのシステム及び / 又は車両を識別するためのシステムである。本明細書の実施形態は、舗道に埋め込まれた分散光ファイバ (FO) センサを使用する、一体型トラフィック監視 (例えば、トラフィック量、速度、及び / 又は道路占有率) 及び車両属性抽出 (例えば、車軸の数、車軸グループ、車両タイプ、 / 又は車軸重量) のためのシステム及び方法を説明する。 30

【0009】

本明細書において説明される実施形態は、1) 複数のパラメータを監視することができること、2) 高精度であること、3) 様々な現場及び / 又は気象条件下で堅牢であること、4) 設置及び / 又はメンテナンスコストが低いこと、並びに 5) ダウンタイムが短いこと、のうちの 1 つ以上を含み得る。本明細書の実施形態は、光学センサに基づくトラフィック監視システムのハードウェアを伴い得る。様々な構成によると、センサは、ファイバブラッググレーティング (FBG) 歪みセンサ、ファブリペローセンサ、及び / 又は他の干渉光学センサであり得る。場合によっては、センサは、電気及び / 若しくは抵抗センサ、機械センサ、並びに / 又は他のタイプの歪みゲージのうちの 1 つ以上を含み得る。場合によっては、異なるタイプのセンサの組み合わせが使用され得る。 40

【0010】

本明細書において説明されるセンサは、一般に、トラフィック監視のための感知要素として、FBG アレイが刻設されたファイバとして説明される。FBG は、ファイバコアの屈折率 (refractive index、RI) に周期的な変動を導入することによって、標準ファイバのコア内に形成された波長特異的狭帯域反射体である。RI 変動を変化させる、温度及び歪みを含むいくつかの要因は、FBG の反射波長をシフトさせることになるため、FBG によって感知される。本明細書において説明される多くの実施形態は、一例として 50

F B Gを使用するが、任意の好適なタイプのセンサを使用することができることを理解されたい。特定の使用ケースのF B Gアレイ設計の詳細な考慮事項について考察する。提案された光ファイバ(F O)ベースの感知システムは、いくつかの固有の特徴を有する。例えば、感知システムは、電気磁気干渉に対して実質的に影響されない可能性がある。これは、より少ない頻度のシステムメンテナンス及び/又は校正を可能にし、これは、現場での信頼できる長期的な展開に有用であり得る。提案されたシステムは、現場における視認性状態とは無関係であり得る。提案されたシステムは、温度の自己校正が可能であり得る。

【 0 0 1 1 】

提案されたスキームは、移動重量、速度、車軸カウント、並びに高精度及び高ダイナミックレンジを有する車両クラスのうちの一つ以上を含む、複数のパラメータを監視することが可能であり得る。提案されたスキームは、車線上の車両のより高い空間分解能の向上を提供することができ、車線変更事象及び/又は車線またぎ事象を検出することができる。

10

【 0 0 1 2 】

様々な実施形態は、実質的に恒久的に舗道にファイバを組み込むための設置戦略を示す。これは、舗道に一定量の材料を導入する侵襲的な設置であるが、提案するF B GベースのF O感知システムは、標準化された設置手順を容易にし、高いレベルの多重化の可能性を有し、より長い寿命を有し、F B G F Oセンサの完成された大量生産に適合すると考えられ、このため、マルチパラメータトラフィック監視の大規模展開に対して、本発明はより有能かつ費用対効果が高いものとなる。

20

【 0 0 1 3 】

本明細書において説明される実施形態は、上記の舗道上を動く物体(例えば、車両及び/又は歩行者)を感知するために、舗道に埋め込まれた、F B Gアレイが刻設されたファイバを伴う。図1 Aは、本明細書において説明される実施形態による、F Oトラフィック監視システムの図を例解する。感知領域1 0 5を移動する車両は、舗道変形を誘発し得、これは、舗道埋め込みセンサ1 2 0に歪みを引き起こし、F B G波長シフト信号を生成し得る。ファイバは、一端においてF B Gインテロゲータに接続され、ファイバ上の各F B Gの中心波長は、所望の周波数において追跡される。F B Gの中心波長は、データ収集モジュール1 3 2及び分析モジュール1 3 4を有するプロセッサ1 3 0にストリーミングすることができ、この情報は、トラフィックパラメータに変換される。トラフィックパラメータは、例えば、車両速度、トラフィック量、道路上の少なくとも一つの車両の車軸数、道路上の少なくとも一つの車両の車両分類、車線上の車両の場所、車両の重量、及び道路上の少なくとも一つの車両の車軸当たりの重量、のうちの一つ以上を含み得る。次いで、抽出された情報は、送信機1 4 0を介して所定の場所に転送され得る。例えば、抽出された情報は、クラウドに転送され得、遠隔制御センターが、トラフィック及び/又は道路状態管理のための情報を使用することを可能にする。いくつかの実施形態では、情報変換は、生の感知データがクラウドに転送された後に起こり得る。

30

【 0 0 1 4 】

典型的には、一つのファイバ上に複数のF B Gセンサが存在する。各F B Gの反射帯域の中心波長は、特定の波長範囲内で分布する。例えば、波長範囲は、1 5 1 0 n m ~ 1 5 9 0 n mであり得る。一実施形態では、同じファイバ上の各F B Gの反射波長は、スペクトルにおける一定の間隔を有する。例えば、同じファイバ上のF B Gのスペクトル間隔は、約2 ~ 3 n mであり得る。波長範囲1 5 1 0 ~ 1 5 9 0 n mでは、3 n mの間隔は、一つのファイバ上の約2 6 F B Gが同時に問い合わせされることを可能にする。別の実施形態では、同じファイバ上のF B Gは、重複反射帯域を有し得、異なるF B Gからの信号は、追加の時間ドメイン特徴(例えば、反射時間)によって区別される。一般に、本出願の感知ファイバ設計は、必要な多重化のレベル、システム性能(サンプリングレート、波長精度など)と全体的なコスト(ハードウェア、設置、メンテナンスなど)との間のトレードオフを考慮する必要がある。

40

50

【 0 0 1 5 】

F O センサは、長い F O ケーブルにわたる多重化構成において高感度で空間内に分布した複数のパラメータを同時に測定することができる。これを達成することができる方法の一例は、ファイバブラッググレーティング (F B G) センサである。図 1 B は、波長多重化システム 1 0 0 が、単一の光ファイバ 1 1 1 上に配設された複数の F B G センサ 1 2 1、1 2 2、1 2 3 を備える補償されたセンサアレイを使用することができることを示す。センサ 1 2 1 ~ 1 2 3 は、例えば、温度、歪み、及び / 又は振動のうちの 1 つ以上を含むパラメータを感知するように構成され得る。図 1 B に示されるように、入力光は、例えば、発光ダイオード (light emitting diode、L E D) 又はスーパーluminescent laser diode、S L D) を備えるか、又はそれらであり得る光源 1 1 0 によって提供される。広帯域光のスペクトル特性 (強度対波長) は、挿入グラフ 1 9 1 によって示されている。強度は、スペクトルの中央付近で最も高く、スペクトルのエッジで低下する。センサ 1 2 1、1 2 2、1 2 3 は、センサによって反射された出力信号光の強度の差を減少させて、例えば光源のスペクトル不均一性及び / 又は光ファイバにおける散乱損失に起因して強度が不均一である入力光を補償する補償、例えば、異なる反射率及び異なる減衰のうちの 1 つ以上を含む。入力光は、光ファイバ (F O) ケーブル 1 1 1 を介して第 1 の F B G センサ 1 2 1 に伝達される。第 1 の F B G センサ 1 2 1 は、中心波長 λ_1 を有する第 1 の波長帯域の光の一部を反射する。第 1 の波長帯域内以外の波長を有する光は、第 1 の F B G センサ 1 2 1 を透過して第 2 の F B G センサ 1 2 2 に伝達される。第 2 の F B G センサ 1 2 2 に伝達された光のスペクトル特性は、挿入グラフ 1 9 2 に示されており、 λ_1 を中心とする第 1 の波長帯域におけるノッチ 1 8 1 を呈し、この波長帯域の光が第 1 のセンサ 1 2 1 によって反射されることを示す。

10

20

【 0 0 1 6 】

第 2 の F B G センサ 1 2 2 は、中心波長 λ_2 を有する第 2 の波長帯域の光の一部を反射する。第 2 の F B G センサ 1 2 2 によって反射されない光は、第 2 の F B G センサ 1 2 2 を透過して第 3 の F B G センサ 1 2 3 に伝達される。第 3 の F B G センサ 1 2 3 に伝達された光のスペクトル特性は、挿入グラフ 1 9 3 に示されており、 λ_1 及び λ_2 を中心とするノッチ 1 8 1、1 8 2 を含む。

【 0 0 1 7 】

第 3 の F B G センサ 1 2 3 は、中心波長又はピーク波長 λ_3 を有する第 3 の波長帯域の光の一部を反射する。第 3 の F B G センサ 1 2 3 によって反射されない光は、第 3 の F B G センサ 1 2 3 を透過する。第 3 の F B G センサ 1 2 3 を透過した光のスペクトル特性は、挿入グラフ 1 9 4 に示されており、 λ_1 、 λ_2 及び λ_3 を中心とするノッチ 1 8 1、1 8 2、1 8 3 を含む。

30

【 0 0 1 8 】

(挿入グラフ 1 9 5 に例解されている) 中心波長 λ_1 、 λ_2 及び λ_3 を有する波長帯域 1 6 1、1 6 2、1 6 3 の光は、F O ケーブル 1 1 1 及び 1 1 1' に沿って、それぞれ第 1、第 2 又は第 3 の F B G センサ 1 2 1、1 2 2、1 2 3 によって光波長デマルチプレクサ 1 5 0 に反射される。センサ 1 2 1、1 2 2、1 2 3 の補償入力特性は、補償されていないセンサアレイからの強度ピークと比較した場合、光 1 6 1、1 6 2、1 6 3 の強度ピークの差を低減させる。

40

【 0 0 1 9 】

波長デマルチプレクサ 1 5 0 から、センサ光 1 6 1、1 6 2、1 6 3 は、波長シフト検出器 1 5 5 に送られ得、それは、センサ光の中心波長 λ_1 、 λ_2 、及び λ_3 並びに / 又は波長帯域のシフトに応答する電気信号を生成する。波長シフト検出器 1 5 5 は、センサの各々からの反射光を受光し、センサ 1 2 1 ~ 1 2 3 によって反射された光の中心波長 λ_1 、 λ_2 及び λ_3 又は波長帯域のシフトに応答して、対応する電気信号を生成する。分析器 1 5 6 は、シフトを特徴的な基本波長 (既知の波長) と比較して、センサ 1 2 1 ~ 1 2 3 によって感知されたパラメータの値に変化が発生したか否かを判定し得る。分析器 1 5 6 は、感知されたパラメータのうちの 1 つ以上の値が波長シフト分析に基づいて変化した

50

ことを判定し得、変化の相対的又は絶対的測定値を計算し得る。

【 0 0 2 0 】

場合によっては、広帯域光を放射する代わりに、光源は波長範囲を走査し得、F O ケーブル上に配置された様々なセンサが敏感な狭い波長帯域の光を放射する。反射光は、狭帯域光の放射に対して計時されるいくつかの感知期間中に感知される。例えば、センサ 1、2、及び 3 が F O ケーブル上に配置されているシナリオを検討する。センサ 1 は波長帯域 (W B 1) に敏感であり、センサ 2 は波長帯域 W B 2 に敏感であり、センサ 3 は W B 3 に敏感である。光源は、期間 1 の間に W B 1 を有する光を放射し、期間 1 と重なる期間 1 a の間に反射光を感知するように制御され得る。期間 1 a に続いて、光源は、期間 2 の間に W B 2 を有する光を放射し、期間 2 と重なる期間 2 a の間に反射光を感知し得る。期間 2 a に続いて、光源は、期間 3 の間に W B 3 を有する光を放射し、期間 3 と重なる期間 3 a の間に反射光を感知し得る。このバージョンの時間領域多重化を使用すると、センサのそれぞれを個別の期間中に問い合わせることができる。狭帯域光源の強度が変化する場合、本明細書において考察されるような補償されたセンサアレイは、光源の強度変動を補償するために有用であり得る。

10

【 0 0 2 1 】

F O ケーブルは、シングルモード (single mode、S M) F O ケーブルを備え得るか、又はマルチモード (multi-mode、M M) F O ケーブルを備え得る。シングルモード光ファイバケーブルは、より容易に解釈される信号を提供するが、より広い適用性及びより低い製造コストを達成するために、マルチモードファイバが使用され得る。M M ファイバは、通常 S M ファイバに使用されるシリカではなく、プラスチックで作製され得る。プラスチックファイバは、シリカファイバの回転半径と比較した場合、より小さい回転半径を有し得る。これは、例えば、湾曲した構成又は柔軟な構成の可能性を提供することができる。更に、M M ファイバは、スーパーluminescentダイオード (S L D) とのより正確な位置合わせを必要とし得る S M ファイバとは対照的に、より安価な光源 (例えば、L E D) で動作することができる。したがって、M M ファイバ内の光学センサに基づくセンシングシステムは、より低コストのシステムを生み出すことができる。

20

【 0 0 2 2 】

図 2 は、本明細書において説明される実施形態による、分析モジュール 1 3 0 のより詳細な図を示す。車両検出モジュール 2 1 0 は、車両進入 2 1 2 を検出するように構成され得る。車両進入を検出することは、車両が感知ゾーンに入る時間を判定することを含み得る (例えば、2 つの隣接する光ファイバ間の場所にある)。例えば、車両進入を検出することは、車両が埋め込まれた F O センサを最初に越えたときを検出することを伴い得る。同様に、車両検出モジュール 2 1 0 は、車両退出 2 1 4 を検出するように構成され得る。車両退出を検出することは、車両が感知ゾーンを出る時間を判定することを含み得る。例えば、車両退出を検出することは、車両の最後の車軸が埋め込まれた F O センサを越え、かつ / 又は 1 つ以上の埋め込まれた F O センサを含む感知ゾーンを出た時間を検出することを伴い得る。車両事象データは、センサデータに基づいて、2 1 6 で検索され得る。

30

【 0 0 2 3 】

属性抽出モジュール 2 2 0 は、本明細書において説明される実施形態に従って、様々なトラフィック属性及び / 又は車両属性を抽出するように構成され得る。属性は、速度 2 2 2、車軸の数 2 2 4、車軸間の距離 2 2 5、車軸のグループ 2 2 6、車両が移動する車線 2 2 8、車軸当たりの重量 2 2 9、及び / 又は所定の管轄区域の車両分類 2 2 7 のうちの 1 つ以上を含み得る。他のタイプの属性もまた、抽出され得る。例えば、車両の移動方向が抽出され得る。

40

【 0 0 2 4 】

属性は、車両に関する他の特性及び / 又は道路上で移動するトラフィックを判定するために、集約され得る 2 3 0。集約された属性は、所定の期間 (例えば、2 0 秒) 内の複数の車両に関する情報を含み得る。様々な実施形態によれば、2 つ以上の車両の属性を集約して、集約された速度 2 3 2、分類 2 3 4、及び車軸重量 2 3 9 のうちの 1 つ以上を判

50

定し得る。場合によっては、属性は、道路 2 3 8 上を移動する車両の占有率 2 3 6 及び / 又量のうちの 1 つ以上を判定するために集約され得る。集約されたトラフィック速度は、例えば、トラフィック発生地点を理解するために使用され得る。車両分類及び / 又は車軸重量データは、例えば、集約データからの道路摩耗及び / 又は使用パターンを理解するために使用され得る。生データ、属性データ、及び / 又は集約データのうちの 1 つ以上は、データベース 2 4 4 内及び / 又は好ましいデータファイル 2 4 2 (例えば、C S V) 内で記憶され得る 2 4 0。

【 0 0 2 5 】

図 3 A 及び図 3 B は、本明細書において説明される実施形態による、トラフィック及び / 又は車両パラメータを監視するための感知システムの例を例解する。2 つの光ファイバ 3 6 0、3 7 0 は、互いに実質的に平行に設置される。場合によっては、光ファイバは、光ファイバのうちの少なくとも 2 つが互いに実質的に平行に設置されていない構成で設置される。各光ファイバ 3 6 0、3 7 0 は、トラフィックの方向に対して実質的に垂直に設置された複数の F O センサ 3 2 0 を有する。例えば、第 2 の光ファイバ 3 7 0 は、第 1 の光ファイバ 3 6 0 から所定の距離 D に設置され得る。D は、約 0 . 5 m ~ 約 5 m の範囲内であり得る。いくつかの場合では、D は、約 1 m ~ 約 3 m の範囲内である。

【 0 0 2 6 】

場合によっては、光ファイバ 3 6 0、3 7 0 は、道路舗装 3 4 0 内の支持バー及び / 又は支持構造 3 3 0 によって舗道内に支持され得る。様々な実施形態によれば、光ファイバは、舗道内又は舗道の下の特レンチ内に設置され得る。光ファイバを設置するためのいくつかの実施形態は、米国特許出願第 1 7 / 3 9 3 , 9 2 7 号に更に詳細に説明されており、これは参照によりその全体が組み込まれる。様々な実施形態によれば、3 つ以上の光ファイバが存在し得、かつ / 又は光ファイバは、トラフィックの方向に対して垂直以外の構成で設置され得る。図 3 A 及び図 3 B は、2 つの車線 3 5 0、3 5 5 上及び / 又はそれらの下に設置された光ファイバを示すが、光ファイバは、任意の数の車線上及び / 又はそれらの下に設置され得ることを理解されたい。

【 0 0 2 7 】

車両の車軸 3 8 0、3 8 5 がセンサを通過するとき、舗道内の刺激された歪みは、図 3 C に示されるように、センサによって捕捉され得る。第 1 の曲線 3 6 5 は、第 1 の光ファイバ 3 6 0 を通過する車両の車軸 3 8 0、3 8 5 を表す。ピーク 3 6 7、3 6 9 は、それぞれ、第 1 の光ファイバ 3 6 0 を通過する第 1 の車軸 3 8 0 及び第 2 の車軸 3 8 5 を表す。同様に、第 2 の曲線 3 7 5 は、第 2 の光ファイバ 3 7 0 を通過する車両の車軸 3 8 0、3 8 5 を表す。ピーク 3 7 7、3 7 9 は、それぞれ、第 2 の光ファイバ 3 7 0 を通過する第 1 の車軸 3 8 0 及び第 2 の車軸 3 8 5 を表す。

【 0 0 2 8 】

次いで、時空間センサデータから車両及びトラフィック属性を推測することができる。例えば、単純な車両速度推定値は、第 1 の車軸 3 8 0 が第 1 の光ファイバ 3 6 0 から第 2 の光ファイバに移動するのにかかる時間 (Δt) を計算することによって判定され得る。2 つのファイバライン間の距離が既知であるため (D)、車両速度は、(1) に示されるように、単純に計算され得る。

【 0 0 2 9 】

【 数 1 】

$$v = D / \Delta t$$

(1)

【 0 0 3 0 】

速度を推定する別の方法は、2 つのファイバラインからの時系列データ間の相関を使用することである。アンサンブル方法を利用して、センサデータのセンサエラー又は不整合に対する、方法の堅牢性を増加させる。図 4 は、本明細書において説明される実施形態による、アンサンブル方法を使用するシステム 4 0 0 を描写する。センサデータ 4 1 0 は

、速度推定方法プール 4 2 0 の速度推定モジュール 4 2 2、4 2 4、4 2 6、4 2 8 のうちの 1 つ以上を使用して速度を推定するために使用される。情報注入モジュール 4 3 0 は、平均化機構（例えば、中央値及び / 又は平均値集約）を使用し得る。いくつかの実装形態では、デンプスターシェーファ規則理論などのより洗練された情報注入方法を利用して、複数のアプローチから推定を統合することができる。統合された推定の結果は、最終速度推定 4 4 0 をもたらす。

【 0 0 3 1 】

本明細書において説明される実施形態による、様々な車軸属性を判定するためのシステム 5 0 0 を図 5 に示す。単一の車両データが抽出される 5 1 0。1 つの車両に関連するセンサデータからピークを検出することにより、多数の車軸が抽出される 5 2 0。次いで、抽出された車軸は、近接ルールに基づいてグループ化され得る。例えば、2 つの車軸間の距離が所定の距離（例えば、2 m）未満である場合、それらは 1 つの車軸グループとしてカウントすることができる。様々な信号特徴が、単一の車両データから抽出され得る 5 3 0。例えば、信号特徴は、曲線下面積、半値全幅、1 回以上の大きさ、及び / 又は 1 つ以上の勾配のうちの 1 つ以上を含み得る。車軸重量は、描写されるように、1 組の車軸信号特徴を入力として取る回帰モデルから抽出され得る 5 4 2。様々な実施形態によれば、回帰モデルは、追加的又は代替的に、制御された道路試験から入力として較正データ 5 4 0 を使用し得る。次いで、システム 5 0 0 は、推定された車軸重量 5 4 2 に基づいて、車軸重量 5 4 4 を出力し得る。

10

【 0 0 3 2 】

様々な実施形態によれば、車両タイプは、推定された車両速度及び / 又は車軸属性から推測され得る。いくつかの実装形態では、車両の長さ、車軸の数、及び / 又は車軸グループの数に基づいて車両を分類するために、厳密な規則ベースのシステムが利用される。場合によっては、ファジィ論理は、推定された車軸属性の不確実性を考慮して、車両の長さ、車軸の数、及び車軸グループの数に基づいて車両を分類するために使用され得る。

20

【 0 0 3 3 】

図 6 A ~ 図 6 C は、本明細書において説明される実施形態による、小型車両の車両分類を例解する。小型車両の例を、図 6 A に示す。図 6 B は、小型車両の歪みヒートマップを示す。図 6 C は、第 1 のファイバ 6 1 0 及び第 2 のファイバ 6 2 0 についての歪み対時間を例解する。一例として第 1 のファイバ 6 1 0 を使用して、それぞれ第 1 の車軸 6 0 5 及び第 2 の車軸 6 0 7 に対応する 2 つの歪みピーク 6 1 2、6 1 4 があることが観察され得る。本明細書において説明される様々な実施形態によれば、ヒートマップは、車両の 2 D 表現の例を例解する。他のタイプの表現が使用され得る。場合によっては、車両の 3 D 表現は、センサデータに基づいて作成され得る。

30

【 0 0 3 4 】

図 7 A ~ 図 7 C は、本明細書において説明される実施形態による、6 車軸車両の車両分類を例解する。6 車軸車両の例を、図 7 A に示す。図 7 B は、例示的な 6 車軸車両の歪みヒートマップを示す。図 7 C は、第 1 のファイバ 7 1 0 及び第 2 のファイバ 7 2 0 についての歪み対時間を例解する。一例として第 1 のファイバ 7 1 0 を使用すると、3 つの歪みピークグループ 7 1 2、7 1 4、7 1 6 があることが観察され得る。第 1 の歪みピークグループ 7 1 2 は、第 1 の車軸グループ 7 0 5 に対応する。第 2 の歪みピークグループ 7 1 4 は、第 2 の車軸グループ 7 0 7 に対応する。この例では、第 2 の車軸グループ 7 0 7 は、2 つの車軸及び第 2 の歪みピークグループ 7 1 4 内の 2 つの対応するピークを有する。第 3 の歪みピークグループ 7 1 6 は、第 3 の車軸グループ 7 0 9 に対応する。この例では、第 3 の車軸グループ 7 0 9 は、3 つの車軸及び第 3 の歪みピークグループ 7 1 6 内の 3 つの対応するピークを有する。

40

【 0 0 3 5 】

図 8 A ~ 図 8 C は、本明細書において説明される実施形態による、より大きな車両の車両分類を例解する。これらのタイプのより大きい車両並びに他のタイプの車両は、速度推定、ファイバライン間の飛行時間、及び / 又は他の信号特徴を使用して検出され得る。

50

8車軸車両の例を、図8Aに示す。図8Bは、例示的な6車軸車両の歪みヒートマップを示す。図8Cは、第1のファイバ810及び第2のファイバ820についての歪み対時間を例解する。一例として第1のファイバ810を使用すると、4つの歪みピークグループ812、814、816、818があることが観察され得る。第1の歪みピークグループ812は、単一のピークを有する第1の車軸グループ805に対応する。第2の歪みピークグループ814は、第2の車軸グループ806に対応する。この例では、第2の車軸グループ806は、2つの車軸及び第2の歪みピークグループ814内の2つの対応するピークを有する。第3の歪みピークグループ816は、第3の車軸グループ807に対応する。この例では、第3の車軸グループ807は、3つの車軸及び第3の歪みピークグループ816内の3つの対応するピークを有する。第4の歪みピークグループ818は、第4の車軸グループ809に対応する。この例では、第4の車軸グループ809は、2つの車軸及び第4の歪みピークグループ818内の2つの対応するピークを有する。

10

【0036】

図9は、本明細書において説明される実施形態による、トラフィック及び/又は車両パラメータを監視するためのプロセスを例解する。波長シフト信号は、舗道に結合された複数の光学センサから受信される910。光学センサは、少なくとも2つの光ファイバ上に配設され得る。各光ファイバは、少なくとも1つの他の光ファイバから所定の距離に配設される。波長シフト信号は、歪み信号を含み得る。舗道は、歩道、道路、及び橋のうちの1つ以上を含み得る。

【0037】

20

舗道上を移動する1つ以上の物体のうちの1つ以上の属性、及びトラフィック状態のうちの一方又は両方は、1つ以上の波長シフト値に基づいて判定される920。物体は、車両及び歩行者のうちの1つ以上を含み得る。属性は、1つ以上の物体の速度、移動方向、1つ以上の物体の多数の車軸、1つ以上の物体の車軸間の距離、1つ以上の物体の車軸のグループ、1つ以上の物体が移動しているトラフィック車線、1つ以上の物体の車線またぎ状態、及び/又は1つ以上の物体に対する車軸当たりの重量のうちの1つ以上を含み得る。属性のうちの1つ以上は、物体分類、道路占有率、及び道路のトラフィック量のうちの1つ以上を判定するために集約され得る。警告は、波長シフト信号に基づいて、発され得る。例えば、車両の判定された車両分類、重量、及び/又は速度のうちの1つ以上が、移動する舗道のタイプの仕様を超える場合、警告が発され得る。

30

【0038】

様々な実施形態によれば、速度は、2つ以上のセンサを集約することによって判定され得る。場合によっては、1つ以上の物体の速度は、単一のセンサ対を使用して判定される。1つ以上の物体の速度は、第1の光ファイバ上に配設されたセンサから受信された第1の波長シフト信号と、第2の光ファイバ上に配設されたセンサから受信された第2の波長シフト信号との間の相関関係を使用して判定され得る。場合によっては、1つ以上の物体の速度は、波長シフト信号の波長シフトピークの時間シフトを使用して判定される。

【0039】

1つ以上の属性及びトラフィック状態の一方又は両方は、所定の場所に転送され得る930。例えば、属性及び/又はトラフィック状態は、データベース及び/又はオペレータ端末に転送され得る。

40

【0040】

他のタイプの車両及び/又はトラフィック属性は、本明細書において説明されるシステム及び方法を使用して検出され得る。例えば、車線またぎは、分離線を中心とする仮想車線を作成することによって監視され得る。例えば、2車線道路では、両方の車線からのセンサの約半分を含む仮想車線が作成される。

【0041】

別途指示がない限り、本明細書及び特許請求の範囲で使用される形状サイズ、量、及び物理的特性を表す全ての数は、全ての場合において、「約」という用語によって改変されるものとして理解されるべきである。したがって、それと異なる指示がない限り、前述

50

の明細書及び添付の特許請求の範囲に記載される数値パラメータは、本明細書に開示される教示を利用して当業者が得ようとする所望の特性に応じて変化し得る近似値である。端点による数値範囲の使用は、その範囲内の全ての数（例えば、1～5は、1、1.5、2、2.75、3、3.80、4、及び5を含む）、並びにその範囲内の任意の範囲を含む。

【0042】

上で説明される様々な実施形態は、特定の結果を提供するために相互作用する回路及び／又はソフトウェアモジュールを使用して実装され得る。コンピューティング技術分野の当業者は、当該技術分野で一般的に既知である知識を使用して、モジュールレベルで又は全体としてのいずれかで、このような説明された機能を容易に実装することができる。例えば、本明細書に例解されるフローチャートは、プロセッサによる実行のためのコンピュータ可読命令／コードを作成するために使用され得る。このような命令は、当該技術分野において既知であるように、コンピュータ可読媒体に記憶され、実行のためにプロセッサに転送され得る。

10

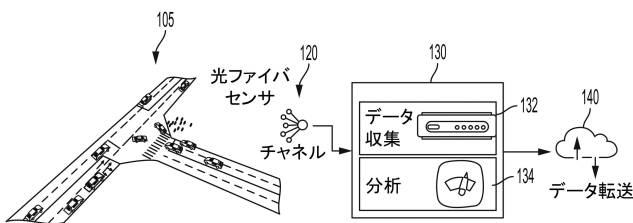
【0043】

例示的な実施形態の前述の説明は、例解及び説明の目的のために提示されている。本発明の概念に網羅的であること、又は本発明の概念を開示される正確な形態に限定することは意図されていない。上記の教示に照らして、多くの修正及び変形が可能である。開示される実施形態のいずれか又は全ての特徴は、個別に、又は任意の組み合わせで適用することができ、限定することを意図するものではなく、純粹に例解的なものである。発明の範囲は、詳細な説明によってではなく、本明細書に添付の特許請求の範囲によって限定されるものであることが意図されている。

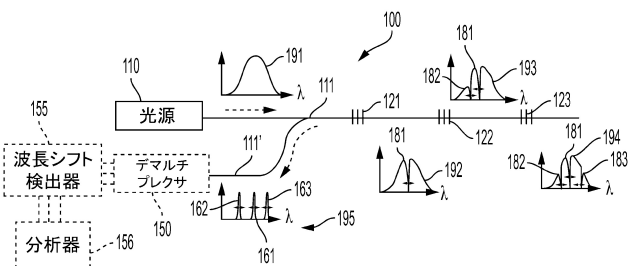
20

【図面】

【図1A】



【図1B】

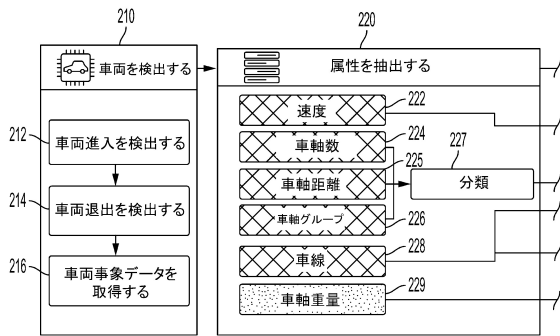


30

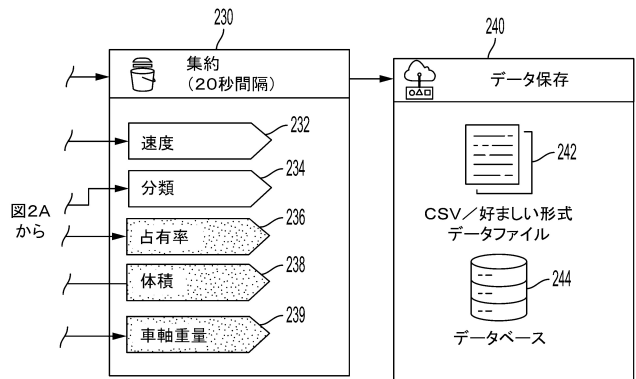
40

50

【図 2 A】



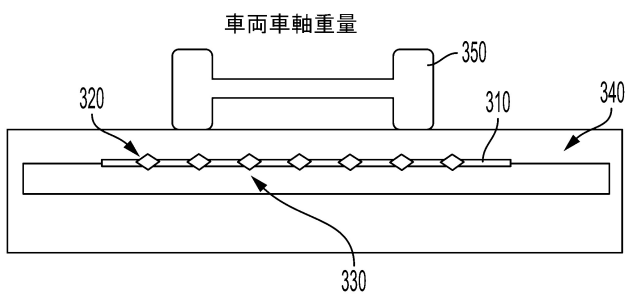
【図 2 B】



10

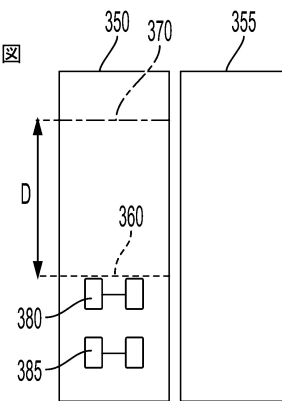
【図 3 A】

断面図



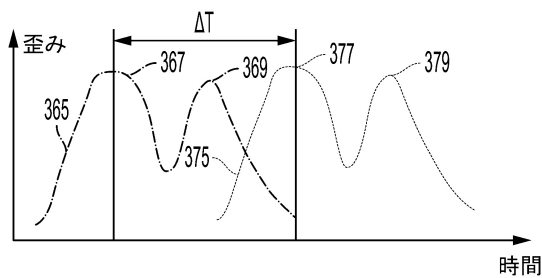
【図 3 B】

上面図

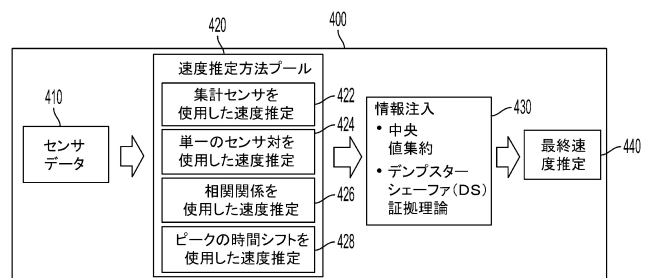


20

【図 3 C】



【図 4】

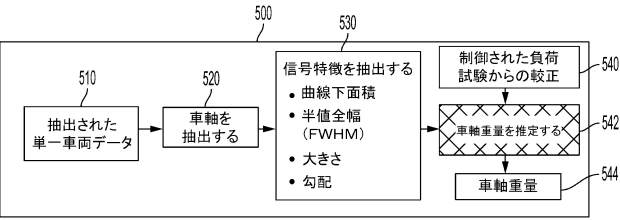


30

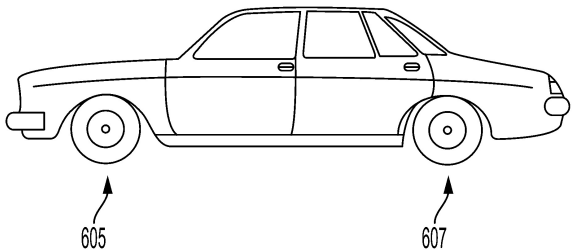
40

50

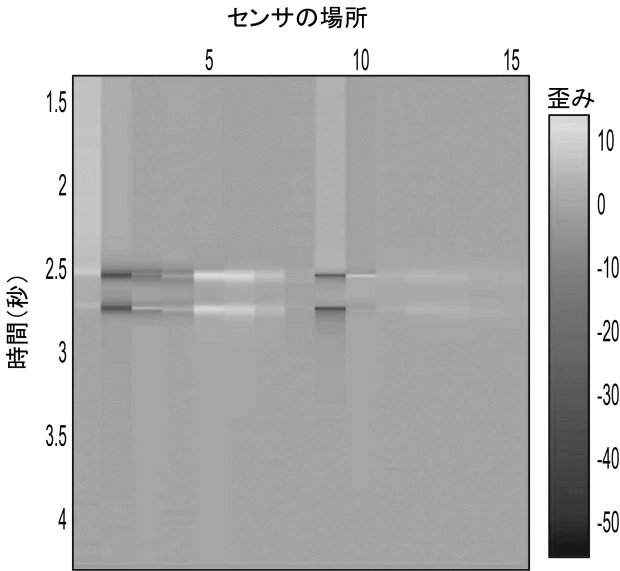
【図 5】



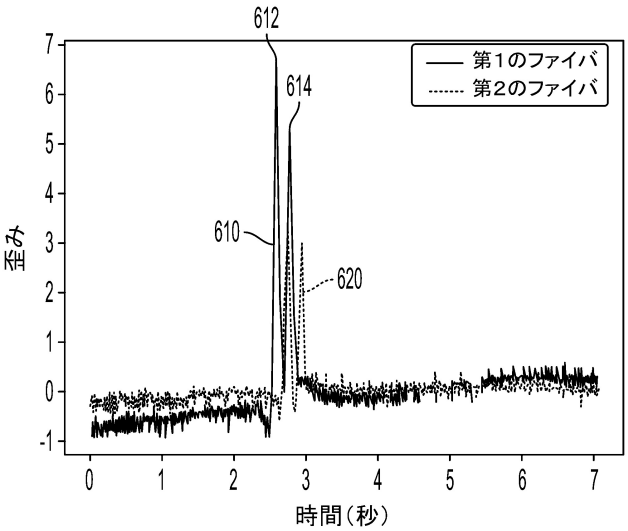
【図 6 A】



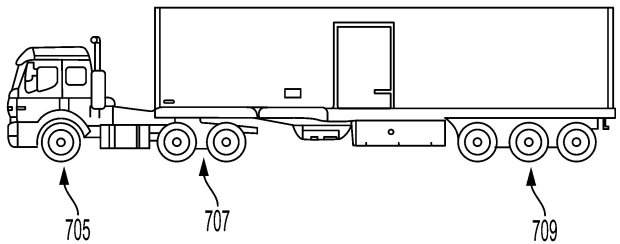
【図 6 B】



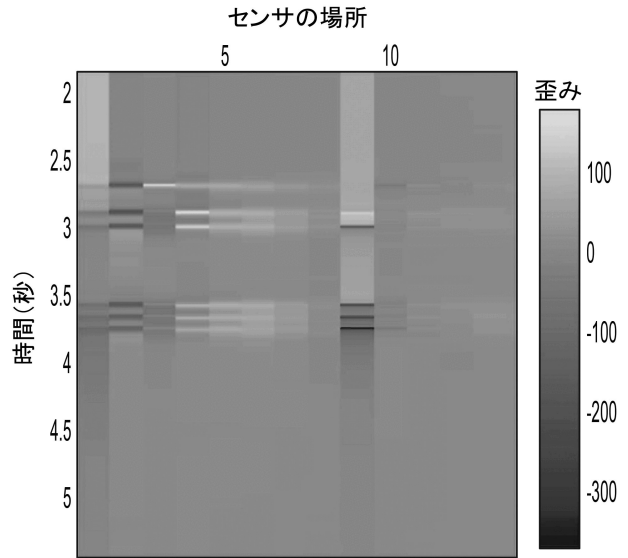
【図 6 C】



【図 7 A】



【図 7 B】



10

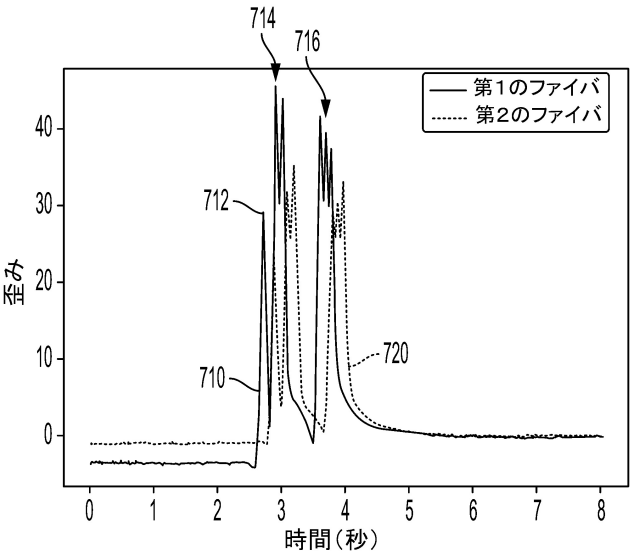
20

30

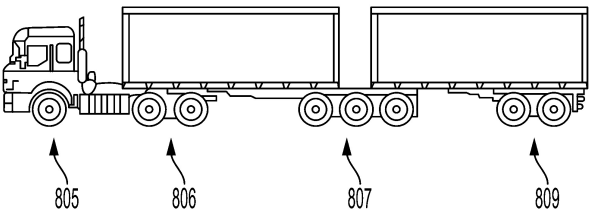
40

50

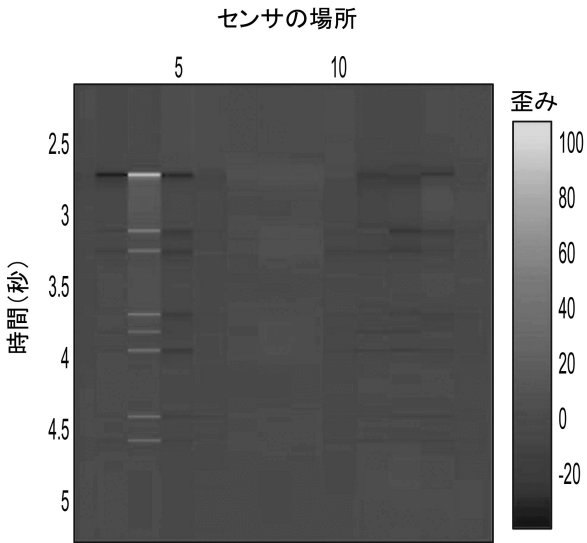
【 図 7 C 】



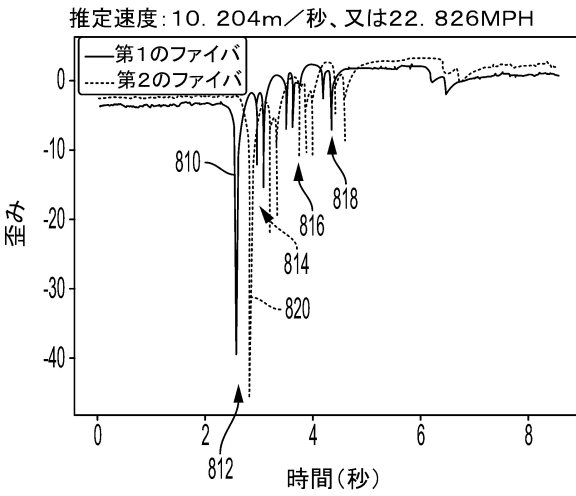
【 図 8 A 】



【 図 8 B 】



【 図 8 C 】



10

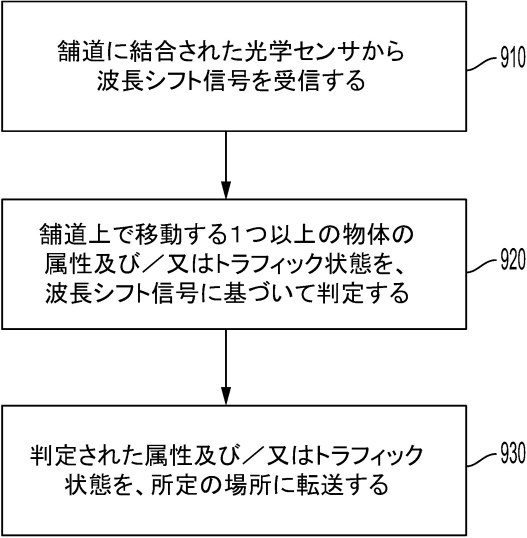
20

30

40

50

【 図 9 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類		F I		テーマコード (参考)	
G 0 8 G	1/02 (2006.01)	G 0 8 G	1/02	A	
(74)代理人	弁理士 上杉 浩				
	100120525				
(74)代理人	弁理士 近藤 直樹				
	100139712				
(72)発明者	弁理士 那須 威夫				
	ホン・ユイ				
(72)発明者	アメリカ合衆国 カリフォルニア州	9 4 3 0 4	パロ アルト, コヨーテ ヒル ロード	3 3 3 3	
	チウシュー・チェン				
(72)発明者	アメリカ合衆国 カリフォルニア州	9 4 3 0 4	パロ アルト, コヨーテ ヒル ロード	3 3 3 3	
	ピーター・キーゼル				
(72)発明者	アメリカ合衆国 カリフォルニア州	9 4 3 0 4	パロ アルト, コヨーテ ヒル ロード	3 3 3 3	
	アジェイ・ラガヴァン				
(72)発明者	アメリカ合衆国 カリフォルニア州	9 4 3 0 4	パロ アルト, コヨーテ ヒル ロード	3 3 3 3	
	チン・イェン				
(72)発明者	アメリカ合衆国 カリフォルニア州	9 4 3 0 4	パロ アルト, コヨーテ ヒル ロード	3 3 3 3	
	カイル・アラカキ				
	アメリカ合衆国 カリフォルニア州	9 4 3 0 4	パロ アルト, コヨーテ ヒル ロード	3 3 3 3	
F ターム (参考)	2F103 CA07 EB01 EB11 EC09				
	5H181 AA03 AA21 BB02 CC01 DD02 DD03				