

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4780711号
(P4780711)

(45) 発行日 平成23年9月28日(2011.9.28)

(24) 登録日 平成23年7月15日(2011.7.15)

(51) Int.Cl.		F I	
G08G	1/16	(2006.01)	G08G 1/16 F
A61B	5/18	(2006.01)	A61B 5/18
G09B	9/052	(2006.01)	G09B 9/052
B60R	21/00	(2006.01)	B60R 21/00 626A

請求項の数 8 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2006-163338 (P2006-163338)	(73) 特許権者	393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
(22) 出願日	平成18年6月13日(2006.6.13)	(74) 代理人	100090181 弁理士 山田 義人
(65) 公開番号	特開2007-334479 (P2007-334479A)	(72) 発明者	多田 昌裕 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
(43) 公開日	平成19年12月27日(2007.12.27)	(72) 発明者	大村 廉 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
審査請求日	平成21年4月22日(2009.4.22)	(72) 発明者	納谷 太 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
(出願人による申告)平成18年度独立行政法人情報通信研究機構「民間基盤技術研究促進制度/日常行動・状況理解に基づく知識共有システムの研究開発」、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 運転動作解析装置および運転動作解析方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被験者の運転動作についての運転動作データを検出する運転動作検出手段、
前記運転動作検出手段によって検出された運転動作データを周波数解析する周波数解析手段、

前記周波数解析手段の解析結果に基づいて前記被験者の運転動作の特徴量を抽出する特徴量抽出手段、および

特徴量を所定の空間にマッピングした場合において、前記特徴量抽出手段によって抽出された特徴量が、マルチプル インスタンス ラーニングにより所定のラベルが付された基準の運転動作についての基準特徴量の集合が存在していない地点に存在することが判断されたとき、前記被験者の異常な運転動作を検出する運転動作解析手段を備える、運転動作解析装置。

10

【請求項2】

前記運転動作解析手段によって異常な運転動作が検出されたとき、当該異常な運転動作である旨を前記被験者に警告する警告手段をさらに備える、請求項1記載の運転動作解析装置。

【請求項3】

前記基準特徴量は、模範となる運転者が運転動作を行ったときの特徴量である、請求項1または2記載の運転動作解析装置。

【請求項4】

20

前記基準特徴量は、前記被験者が正常な運転動作を行ったときの特徴量である、請求項 1 または 2 記載の運転動作解析装置。

【請求項 5】

前記運転動作解析手段によって異常な運転動作が検出されたときの運転動作データを記憶する運転動作データ記憶手段をさらに備え、

前記運転動作解析手段は、さらに、前記特徴量抽出手段によって抽出された特徴量と、前記運転動作データ記憶手段に記憶され運転動作データに基づく特徴量とが近似するとき、前記被験者の異常な運転動作を検出する、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の運転動作解析装置。

【請求項 6】

前記運転動作検出手段は、少なくとも前記被験者の手首に装着された第 1 加速度センサの出力を検出する、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の運転動作解析装置。

【請求項 7】

自動車に取り付けられた第 2 加速度センサ、および

前記運転動作検出手段によって検出された運転動作データから、前記第 2 加速度センサの出力に基づく前記自動車に起因するノイズを除去する除去手段をさらに備える、請求項 6 記載の運転動作解析装置。

【請求項 8】

(a) 被験者の運転動作についての運転動作データを検出し、

(b) 前記ステップ(a)によって検出された運転動作データを周波数解析し、

(c) 前記ステップ(b)の解析結果に基づいて前記被験者の運転動作の特徴量を抽出し、そして

(d) 特徴量を所定の空間にマッピングした場合において、前記ステップ(c)によって抽出された特徴量が、マルチプル インスタンス ラーニングにより所定のラベルが付された基準の運転動作についての基準特徴量の集合が存在していない地点に存在することが判断されたとき、前記被験者の異常な運転動作を検出する、運転動作解析方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は運転動作解析装置および運転動作解析方法に関し、特にたとえば、自動車の運転者の運転動作を解析する、運転動作解析装置および運転動作解析方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来この種の運転動作解析装置の一例が特許文献 1 に開示される。この特許文献 1 に開示される居眠り運転検出装置によれば、ハンドルの中心点を「O」とし、運転者がハンドル操作中にハンドルが中心点「O」を通過する周期が測定される。運転者がアクセルペダルを踏み始めてから、その周期を 2 回～5 回測定し、そのうちの最も長い周期（最長周期）が記憶される。その後、ハンドル操作中にハンドルが中心点「O」を通過する周期が最大周期を超えると、居眠り運転と判断して警告が発せられる。

【0003】

また、非特許文献 1 には、映像記録型ドライブレコーダーの搭載効果が報告されている。この非特許文献 2 によれば、タクシー、トラック、バスに映像記憶型ドライブレコーダーが搭載される。たとえば、タクシー用ドライブレコーダーは、車外映像を撮影するカメラユニット、カメラユニットの中に組み込まれた加速度センサーからの情報がドライブレコーダー本体に送られ、同時に車両からはブレーキ信号、ウインカー信号、車速パルス信号および電源が供給される。ドライブレコーダーに送付されたデータは、予め設定されたトリガー（映像を記録するきっかけ）信号により、信号の前後 15 秒間のデータが取り外し可能な記録媒体（フラッシュメモリカード）に記録される。また、本ドライブレコーダーでは、ドライバーが危険を感じた時点で手動スイッチを押すことにより、データを記録することも可能である。これにより、タクシー用ドライブレコーダーは、事故に加えヒヤ

10

20

30

40

50

リハット事象について自車と周辺環境の状況を映像および車体センサー情報として記憶し、運行管理業務に役立てている。

【特許文献1】特開2004-310738

【非特許文献1】「平成16年度 映像記録型ドライブレコーダーの搭載効果に関する調査報告書」平成17年3月 国土交通省自動車交通局

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、特許文献1の技術では、ハンドル操作の周期が最大周期を超えると、警告を発するようにしてあるため、たとえば、緩やかで大きなカーブを走行する場合には、運転者が居眠りしているか否かに拘わらず、ハンドル操作の周期が最大周期を超えてしまう恐れがある。つまり、居眠り運転であることが誤って判断される場合がある。

10

【0005】

また、非特許文献1の技術では、ドライブレコーダーに記録した事故やヒヤリハット事象などから運行管理業務に役立てるようにしてあるが、これは運転者の運転動作の結果を間接的に測定しているだけであり、運転者がどのように操作し、自動車の挙動がどうなったかを知ることができない。つまり、事故を未然に防止するためには、十分な情報が得られているとは言えない。また、前後方向と左右方向との合成加速度が0.5秒間に0.4G（Gは重力加速度）変動した場合（もしくは、合成加速度が0.8Gを超えた場合）に、ヒヤリハットが発生したと認定しているが、この程度の加速度は、急カーブやちょっとした急発進で直に発生してしまう。このため、ヒヤリハットが本当に異常な（危険な）運転動作に起因しているのか否かを正確に判断することができない。

20

【0006】

それゆえに、この発明の主たる目的は、新規な、運転動作解析装置および運転動作解析方法を提供することである。

【0007】

この発明の他の目的は、異常な運転動作を正確に検出できる、運転動作解析装置および運転動作解析方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記の課題を解決するために、以下の構成を採用した。なお、括弧内の参照符号および補足説明等は、本発明の理解を助けるために後述する実施の形態との対応関係を示したものであって、本発明を何ら限定するものではない。

30

【0009】

請求項1の発明は、被験者の運転動作についての運転動作データを検出する運転動作検出手段、運転動作検出手段によって検出された運転動作データを周波数解析する周波数解析手段、周波数解析手段の解析結果に基づいて被験者の運転動作の特徴量を抽出する特徴量抽出手段、および特徴量を所定の空間にマッピングした場合において、特徴量抽出手段によって抽出された特徴量が、マルチプル インスタンス ラーニングにより所定のラベルが付された基準の運転動作についての基準特徴量の集合が存在していない地点に存在することが判断されたとき、被験者の異常な運転動作を検出する運転動作解析手段を備える、運転動作解析装置である。

40

【0010】

請求項1の発明では、運転動作解析装置(10)は、運転動作検出手段(12, 14, 16, 18, 20, S51)、周波数解析手段(12, S55, S71, S73)、特徴量抽出手段(12, S75)および運転動作解析手段(12, S33, S79, S81)を備える。運転動作検出手段は、被験者の運転動作についての運転動作データを検出する。周波数解析手段は、検出された運転動作データを周波数解析(ウェーブレット解析)する。特徴量抽出手段は、周波数解析手段の解析結果に基づいて被験者の運転動作の特徴量を抽出する。運転動作解析手段は、特徴量を所定の空間にマッピングした場合において、

50

特徴量抽出手段によって抽出された特徴量が、マルチプル インスタンス ラーニングにより所定のラベルが付された基準の運転動作についての基準特徴量の集合が存在していない地点に存在することが判断されたとき、被験者の異常な運転動作を検出する。ここで、マルチプル インスタンス ラーニング (Multiple Instance Learning: MIL)では、たとえば、被験者の運転動作に基づく特徴量の集合をポジティブバッグとし、基準特徴量の集合をネガティブバッグとして、真のポジティブバッグを検出する。ここで、バッグとは、一定時間における運転動作に基づく特徴量(インスタンス)の集合をいう。また、ポジティブおよびネガティブは、バッグのラベルであり、ポジティブのラベルは異常な運転動作を一度は必ず行っていると予測(仮定)されるバッグに付され、ネガティブのラベルはすべて正しい運転動作(基準の運転動作)であると予測されるバッグに付される。したがって、ネガティブのラベルが付されたバッグのインスタンスが存在しない地点に、ポジティブのラベルが付されたバッグのインスタンスが存在する場合に、当該インスタンスが異常な運転動作として検出される。

10

【0011】

請求項1の発明によれば、被験者の運転動作の特徴量と、マルチプル インスタンス ラーニングにより所定のラベルが付された基準の運転動作の基準特徴量の集合に基づいて、被験者の異常な運転動作を検出するので、正確かつ容易に被験者の異常な運転動作を検出することができる。

【0012】

請求項2の発明は請求項1に従属し、運転動作解析手段によって異常な運転動作が検出されたとき、当該異常な運転動作である旨を被験者に警告する警告手段をさらに備える。

20

【0013】

請求項2の発明では、警告手段(12, 22, S85)は、運転動作解析手段によって異常な運転動作が検出されたとき、当該異常な運転動作である旨を被験者に警告する。たとえば、異常な運転動作である旨の警告を、音(音声)で知らせたり、光の明滅ないし点灯で知らせたり、振動により知らせたりする。場合によっては、テキスト表示で知らせたりする。ただし、これらは、いずれか2つ以上を複合的に実行するようにしてもよい。

【0014】

請求項2の発明によれば、異常な運転動作であることを被験者に警告するので、ヒヤリハット事象や事故を未然に防止することができる。

30

【0015】

請求項3の発明は請求項1または2に従属し、基準特徴量は、模範となる運転者が運転動作を行ったときの特徴量である。

【0016】

請求項3の発明では、基準特徴量は、ベテランや教習所の教官のような模範となる運転者が運転動作を行ったときの特徴量である。

【0017】

請求項3の発明によれば、模範となる運転者を基準とするので、初心者のような被験者の異常な運転動作を容易に検出することができる。

【0018】

請求項4の発明は請求項1または2に従属し、基準特徴量は、被験者が正常な運転動作を行ったときの特徴量である。

40

【0019】

請求項4の発明では、基準特徴量は、被験者が心身ともに健全である場合のような状態で正常な運転動作を行ったときの特徴量である。たとえば、運転を開始した当初の運転動作についての特徴量が該当する。

【0020】

請求項4の発明によれば、被験者の正常な運転動作を基準として、異常な運転動作を検出するので、たとえば、被験者の疲労の蓄積による異常な運転を検出することができる。したがって、休憩すべき旨の警告が可能である。

50

【0021】

請求項5の発明は請求項1ないし4のいずれかに従属し、運転動作解析手段によって異常な運転動作が検出されたときの運転動作データを記憶する運転動作データ記憶手段をさらに備え、運転動作解析手段は、さらに、特徴量抽出手段によって抽出された特徴量と、運転動作データ記憶手段に記憶され運転動作データに基づく特徴量とが近似するとき、被験者の異常な運転動作を検出する。

【0022】

請求項5の発明では、運転動作データ記憶手段(12, 12a, S41)は、運転動作解析手段によって異常な運転動作が検出されたときの運転動作データを予め記憶する。したがって、たとえば、異常な運転動作についてのデータベースが作成される。次回以降の運転時に、運転動作解析手段は、特徴量抽出手段によって抽出された特徴量と、運転動作データ記憶手段に記憶され運転動作データに基づく特徴量とが近似するとき、被験者の異常な運転動作を検出する。

10

【0023】

請求項5の発明によれば、予め異常な運転動作の運転動作データを記憶しておき、次回以降の運転時にこれを参照して、異常な運転動作であるか否かを判断するだけなので、処理コストを低減して、迅速に異常な運転動作を判断することができる。

【0024】

請求項6の発明は請求項1ないし5のいずれかに従属し、運転動作検出手段は、少なくとも被験者の手首に装着された第1加速度センサの出力を検出する。

20

【0025】

請求項6の発明では、少なくとも被験者の手首には第1加速度センサ(14, 16)が装着される。加速度センサの出力を時系列に従って検出することにより、被験者の一連の運転動作(運転動作データ)が検出される。たとえば、被験者が或る周回コースを走行する場合の手の動きが検出される。

【0026】

請求項6の発明によれば、加速度センサの出力を検出するだけなので、運転動作を容易に検出することができる。

【0027】

請求項7の発明は請求項6に従属し、自動車に取り付けられた第2加速度センサ、および運転動作検出手段によって検出された運転動作データから、前記第2加速度センサの出力に基づく前記自動車に起因するノイズを除去する除去手段をさらに備える。

30

【0028】

請求項7の発明では、第2加速度センサ(20)が自動車のたとえばダッシュボードに取り付けられる。除去手段(12, S9, S11, S61, S63)は、運転動作検出手段によって検出された運転動作データから、第2加速度センサの出力に基づく自動車に起因するノイズ(エンジンの振動、路面状態、自動車自体の加速度など)を除去する。

【0029】

請求項7の発明によれば、自動車に起因するノイズを運転動作データから除去するので、被験者の運転動作を正確に検出することができる。

40

【0030】

請求項8の発明は、(a)被験者の運転動作についての運転動作データを検出し、(b)ステップ(a)によって検出された運転動作データを周波数解析し、(c)ステップ(b)の解析結果に基づいて被験者の運転動作の特徴量を抽出し、そして(d)特徴量を所定の空間にマッピングした場合において、ステップ(c)によって抽出された特徴量が、マルチプル インスタンス ラーニングにより所定のラベルが付された基準の運転動作についての基準特徴量の集合が存在していない地点に存在することが判断されたとき、被験者の異常な運転動作を検出する、運転動作解析方法である。

【0031】

請求項8の発明においても、請求項1の発明と同様に、正確かつ容易に被験者の異常な

50

運転動作を検出することができる。

【発明の効果】

【0032】

この発明によれば、被験者の運転動作の特徴量と、基準の運転動作の特徴量とに基づいて、異常な運転動作を検出する学習手法により、当該被験者の異常な運転動作を検出するので、正確かつ容易に被験者の異常な運転動作を検出することができる。

【0033】

この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の実施例の詳細な説明から一層明らかとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

図1を参照して、この実施例の運転動作解析装置10は、PC或いはPDAのような汎用のコンピュータ12を含む。このコンピュータ12には、複数の(この実施例では、4つの)加速度センサ14, 16, 18, 20が接続されるとともに、出力装置22が接続される。図1では、加速度センサ14, 16, 18, 20の各々がコンピュータ12に有線で接続されるように記載してあるが、実際には、無線で接続される。これは、後述するように、加速度センサ14および16は、運転者の手首に装着され、加速度センサ18は運転者の右足のつま先に装着されるため、運転の邪魔にならないようにするためである。また、加速度センサ20は、車体の所定の位置(この実施例では、ダッシュボード)に設置される。

【0035】

加速度センサ14, 16, 18, 20としては、汎用の多軸(この実施例では、3軸)加速度センサを用いることができる。たとえば、日立金属株式会社製の3軸加速度センサ(型式:H48C)を用いることができる。また、出力装置22は、この実施例では、スピーカ、ランプまたはバイブレータ、或いは、それらのうちのいずれか2つ以上で構成され、運転者に対して、音(音声)、光または振動或いはそれらのうちのいずれか2つ以上の組み合わせにより、異常な(危険な)運転動作である旨の警告を運転者に発する。ただし、出力装置22には、CRTモニタやLCDのような表示装置が含まれることもある。たとえば、この運転動作解析装置10が自動車の教習ないし運転のシミュレーター(シミュレーションゲームを含む。)のために用いられる場合に、異常な運転動作の内容(指摘)や運転技術のレベルないしスコアを画面表示することも有り得るからである。

【0036】

図2は、運転者が加速度センサ14, 16, 18を装着した状態で、自動車を運転している様子の一例を示す。ただし、図2では、自動車の一部(運転座席部分)のみを示してある。この図2からも分かるように、加速度センサ14は右手首に取り付けられ、加速度センサ16は左手首に取り付けられ、加速度センサ18は右足のつま先に取り付けられる。また、加速度センサ20は、自動車のダッシュボードに取り付けられる。

【0037】

なお、図2では、加速度センサ14, 16, 18の取付状態を分かり易く示すために、自動車のチェンジレバー、ブレーキペダルやアクセルペダルなどは省略してある。

【0038】

図面では分かり難いが、加速度センサ14, 16, 18は、マジックテープ(登録商標)付のバンドまたはリストバンドのような固定部材を用いて、手足に取り付けられる。また、加速度センサ20は、粘着テープなどの固定部材を用いて、ダッシュボードに取り付けられる。

【0039】

また、図示は省略するが、加速度センサ14-20は、それぞれ、3軸方向の加速度を検出し、水平面に置いた状態で、水平面における互いに直交する方向(左右方向、前後方向)の加速度を2つの軸(X軸およびY軸)でそれぞれ検出し、その2つの軸に垂直に直交する方向(上下方向)の加速度を残りの1つの軸(Z軸)で検出する。つまり、左右方

10

20

30

40

50

向（X軸方向）の加速度、前後方向（Y軸方向）の加速度および上下方向（Z軸方向）の加速度が検出される。ただし、この実施例では、加速度センサ14 - 20を水平面においた状態で、右方向、前方向および上方向に現れる加速度をプラスとし、左方向、後ろ方向および下方向に現れる加速度をマイナス方向とする。

【0040】

さらに、図示は省略するが、加速度センサ14は、手の甲に対する垂直方向がZ軸方向と一致し、手指を伸ばした状態の指先方向がY軸方向と一致するように、右の手首に取り付けられる。同様に、加速度センサ16は、左の手首に取り付けられる。また、加速度センサ18は、被験者の右足の甲であり、その甲に対する垂直方向がZ軸方向と一致し、足の指先方向がY軸方向と一致するように、右足のつま先に取り付けられる。さらに、加速度センサ20は、自動車の前後方向とY軸方向とが一致し、自動車の上下方向とZ軸方向とが一致するように、ダッシュボードに取り付けられる。

10

【0041】

たとえば、運転動作解析装置10では、被験者が、或るコース（経路）に従って自動車を運転したときの加速度センサ14 - 20の出力が時系列に従って検出される。この実施例では、被験者は、自動車の運転者のうち、初心者またはベテラン（模範となる者）である。図3は、初心者が自動車を運転して、或るコースを走行した場合の加速度センサ（16）の出力の時間変化を示すグラフである。ただし、図3では、簡単のため、運転動作のうち、左手の動作についてのみ示してある。また、図3においては、グラフの縦軸が加速度を示し、グラフの横軸が時間を示す。この実施例では、時間は、9桁の数値で示すが、先頭から順に、時（2桁）、分（2桁）、秒（2桁）、ミリ秒（3桁）を表わす。したがって、たとえば「142203201」と記載されている場合には、時間は「14時22分03.201秒」である。

20

【0042】

一方、図4（A）および図4（B）は、初心者が走行したコースと同じコースを、異なる2人のベテラン（ベテラン1、ベテラン2）が自動車（いずれも初心者が運転した自動車と同じ自動車）を運転して、走行した場合の加速度センサ（16）の出力の時間変化のグラフを示す。このベテラン1および2についても、運転動作のうち、左手の動作のみの検出結果を示してある。

【0043】

ここで、一般的なドライブレコーダーを用いた場合には、車体に取り付けた加速度センサの出力が所定の閾値を超えたときに、ヒヤリハット（ヒヤリとか、ハットした出来事を意味する。）が発生したと判断したり、事故が発生したと判断したりして、そのような事象を記録する。また、運転者のスイッチ操作によってヒヤリハットが発生したと判断することもある。従来では、このような事例を集めて、その後の運転に役立てようとしているが、ヒヤリハットや事故が発生するに至った原因が分からないため、ヒヤリハットや事故を未然に防止するには不十分であると言える。

30

【0044】

そこで、この実施例では、初心者のような運転者と、ベテランのような運転者との運転動作そのものを比較し、初心者の異常な運転動作を予め検出しておき、異常な運転動作を検出したときに、初心者のような運転者に警告を発して、ヒヤリハットや事故の発生を未然に防止するようにしてある。

40

【0045】

簡単に説明すると、加速度センサ14 - 20の出力に基づいて、初心者やベテランの運転動作のデータ（運転動作データ）を取得する。ただし、後述するように、加速度センサ14 - 18から出力される加速度のデータ（加速度データ）には、自動車自体にかかる加速度成分に起因するノイズが含まれる。したがって、自動車に起因するノイズ成分を除去するために、ウェーブレット(wavelet)変換する際に、特定の周波数成分（この実施例では、レベル5 - 9）についてのみ抽出するようにしてある。これにより、加速度データすなわち運転動作データがウェーブレット解析（多重解像度解析）される。

50

【 0 0 4 6 】

また、緊急回避の時などに生じる突発的な運転動作（高周波数帯帯）を検出する場合と、基本的な通常の運転動作（低周波数帯帯）を検出する場合とは、注目（着目）すべき周波数帯が異なる。かかる場合には、目的に応じた周波数成分（レベル）で、再度ウェーブレット変換することにより、運転動作データが再構成される。

【 0 0 4 7 】

ここで、ウェーブレット解析は、マザー・ウェーブレット関数を用いて、時間と周波数との両面から信号（この実施例では、加速度データ）を分解して分析する手法である。また、マザー・ウェーブレット関数（ t ）は数1を満たす関数の総称である。

【 0 0 4 8 】

【 数 1 】

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Psi(t) dt = 0, \quad \int_{-\infty}^{\infty} \Psi(t)^2 dt = 1$$

【 0 0 4 9 】

マザー・ウェーブレット関数としては、様々なものが提案されているが、この実施例では、Daubechiesのウェーブレット関数を用いてある。また、マザー・ウェーブレット関数を（ t ）とすると、離散ウェーブレット変換に基づくウェーブレット展開係数 $d_{j,k}$ は数2で示される。

【 0 0 5 0 】

【 数 2 】

$$d_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} \Psi_{j,k}(t)x(t) dt$$

$$\Psi_{j,k}(t) = 2^{-j/2} \Psi(2^{-j}t - k)$$

【 0 0 5 1 】

ただし、ウェーブレット展開係数 $d_{j,k}$ は、加速度データ $x(t)$ の時点 $2^j k$ 、周波数レベル 2^{-j} における成分を抽出したものである。このとき、加速度データ $x(t)$ の周波数レベル 2^{-j} の成分 $x_j(t)$ は、数3で表現することができる。これ以降では、周波数レベル 2^{-j} を、レベル j の成分と呼ぶことにする。

【 0 0 5 2 】

【 数 3 】

$$x_j(t) = \sum_k d_{j,k} \Psi_{j,k}(t)$$

【 0 0 5 3 】

したがって、たとえば、図3に示した初心者についての加速度データを或るレベル（重要と思われる周波数帯のみ）でウェーブレット変換すると、図5に示すような波形が得られる。また、図4（A）および図4（B）に示したベテラン1およびベテラン2についての加速度データを或るレベルでウェーブレット変換すると、図6（A）および図6（B）に示すような波形がそれぞれ得られる。ただし、レベル j の成分を抽出するには、 2^j 個のサンプルが必要である。この実施例では、サンプリング周波数が100Hzであるため、レベル j （ $j = 5 - 9$ ）の周期は $1 / (100 \times 2^{-j})$ である。以下、同じ。

【 0 0 5 4 】

詳細な説明は省略するが、重要と思われる周波数帯は、被験者の運転動作による加速度成分であり、加速度センサ14, 16, 18の出力において、自動車に起因するノイズ（加速度成分）を除去した周波数帯である。つまり、加速度センサ20の出力に基づいて自動車自体にかかる加速度成分の周波数帯を検出し、当該周波数帯を除く周波数帯（レベル）でウェーブレット変換が行われる。たとえば、自動車に起因するノイズとしては、エンジンの振動、路面状態、自動車自体の加速度などが該当する。したがって、この実施例では、エンジンの振動による加速度（レベル1 - 4の高周波数帯）および自動車自体の加速度（レベル10 - 12の低周波数帯）を除去するようにしてある。つまり、運転動作データのレベル5 - 9の成分のみが抽出されるのである。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

具体的には、レベル L (周波数レベル 2^{-L} , 2^{-L}) を含む成分を抽出したい場合には、数 4 に従って算出すればよい。したがって、たとえば、特定の周波数帯成分のみを含む成分を抽出することができる。

【 0 0 5 6 】

【 数 4 】

$$x_{\alpha,\beta}(t) = \sum_{j=\alpha,\beta} \sum_k d_{j,k} \Psi_{j,k}(t)$$

【 0 0 5 7 】

次に、ウェーブレット変換された加速度データの時間軸を一定時間毎に区切り、各区分において、各加速度データのエネルギーおよび加速度データ間の相関を計算し、運転動作の特徴量とする。たとえば、両手首に加速度センサ(3軸)を取り付けた場合、6種類の加速度データが得られる。この場合、ウェーブレット解析によって特定周波数帯(特定レベル)を抽出後、時間軸を所定時間(たとえば、1秒)毎に区切り、各区分において加速度データのエネルギー(ここでは、6種類)と加速度データとの相関(${}^6C_2 = 15$ 種類)を計算し、区分 t における特徴量 x_t とする。このような特徴量 x_t は、各被験者(初心者またはベテラン)について求められる。

10

【 0 0 5 8 】

この実施例では、ベテランの運転では起こり得ない初心者の運転動作(異常な運転動作)を抽出するために、MILが用いられる。このMILについては、「O. Maron and T. Lozano-Perez, "A Framework for Multiple-Instance Learning" In advances in Neural Information Processing Systems, 10, MIT press, 1988.」に開示されているため、詳細な説明は省略することにする。

20

【 0 0 5 9 】

従来の教師あり学習では、全てのデータに対してラベル付けがなされている必要があったのに対し、MILではいくつかのデータ(インスタンス)の集合であるバッグ(bag)と呼ばれる単位毎にラベル付けが行われる。ラベルは、“ポジティブ(Positive)”または“ネガティブ(Negative)”である。したがって、バッグ中のインスタンスのいずれか1つでも“ポジティブ”であれば、当該バッグには“ポジティブ”のラベルが付される。また、バッグ中のインスタンスのいずれか1つでも“ネガティブ”であれば、当該バッグには“ネガティブ”のラベルが付される。

30

【 0 0 6 0 】

この実施例では、或る瞬間の加速度データをインスタンスとみなし、或る一定時間(たとえば、曲がり始めから終わりまで、周回コース一周分)における加速度データの集合(運転動作データ)をバッグとみなす。初心者は、或る一定時間の運転中、少なくとも一度は変な動きを行っている(その瞬間が真のポジティブである。)と仮定することにより、初心者のバッグには“ポジティブ”とラベル付けすることができる。言い換えると、どのインスタンスが真のポジティブであるかは分からないが、少なくともどれかはポジティブであることは分かっている。逆に、ベテランは変な動きを行っていない(ポジティブなインスタンスがない。)と仮定することにより、そのバッグには“ネガティブ”とラベル付けすることができる。どのインスタンスがポジティブであるかを推定するためには、ポジティブバッグのインスタンスが密集し、ネガティブバッグのインスタンスが存在しない地点を探せばよい。たとえば、図7に示すように、各インスタンスを多次元ベクトル空間上にマッピングした場合に、ネガティブバッグが密集している領域ないし範囲から外れた位置に存在するポジティブバッグを真のポジティブバッグとみなす。ただし、ネガティブバッグは、ベテランの運転動作データであり、ポジティブバッグは、初心者の運転動作データである。

40

【 0 0 6 1 】

50

なお、図面の都合上、図7では2次元ベクトル空間で示してあるが、実際には、インスタンスは、上述したように、加速度データのエネルギー(6種類)と加速度データとの相関(15種類)を示す21次元のベクトルで表わされる。

【0062】

したがって、ネガティブバッグのインスタンスが存在しない地点にポジティブバッグのインスタンスが存在する場合には、「通常の運転動作から外れた突飛な動作(異常な運転動作)」とみなすことができる。また、ネガティブバッグのインスタンスが存在しない地点に、ポジティブバッグのインスタンスが密集している場合には、「異常な運転動作であり、かつその人がよくやる(直すべき)運転の癖」とみなすこともできる。

【0063】

ここで、試行*i*、区間*t*における動作特徴量ベクトル $x_{i,t}$ をインスタンスとし、インスタンスを試行*i*ごとにまとめたバッグ $B_i = \{x_{i,t}\}$ とする。また、最終的な目的は、異常な運転動作が生じた瞬間のインスタンス $x_{i,t}$ を抽出することである。つまり、どの時点で異常な運転動作が起きたのかを検出する。上述したように、この異常な運転動作が生じた瞬間のインスタンスが、真にポジティブなインスタンスである。

【0064】

或るポジティブバッグのインスタンス*x*の周りにどれだけネガティブバッグが存在するかの尺度として、数5を用いる。数5において、 $a - b$ は、*a*と*b*との間の距離(たとえば、ユークリッド距離)を表わす。

【0065】

【数5】

$$\text{ネガティブ非密集度} = \sum_k \sum_t \log(1 - \exp\{-\|x_{k,t}^- - x\|\})$$

$$\text{ネガティブバック} B_k = \{x_{k,t}^-\} (k = 1, \dots, N)$$

【0066】

このネガティブ非密集度の値が0に近いほど、周りにネガティブインスタンスが存在しないことを示す。つまり、インスタンス*x*が異常な運転動作をした瞬間のデータである確率が高い。

【0067】

また、逆に、インスタンス*x*の周りにポジティブバッグが密集している場合には、インスタンス*x*は異常な運転動作をする人のよくやる癖であると考えられる。ポジティブ密集度は、数6に従って算出される。

【0068】

【数6】

$$\text{ポジティブ密集度} = \sum_i \sum_t \log(\exp\{-\|x_{i,t}^+ - x\|\})$$

$$\text{ポジティブバック} B_i = \{x_{i,t}^+\} (i = 1, \dots, M)$$

【0069】

ポジティブ密集度の値が0に近いほど、周りにポジティブインスタンスが密集していることを表わす。

【0070】

以上より、ネガティブ非密集度の値が0に近いインスタンス*x*は運転動作のセオリーから外れた異常な運転動作をした場合の運転動作データである。また、ネガティブ非密集度の値が0に近く、かつポジティブ密集度の値が0に近ければ、その異常な運転動作がその人のよくやる癖になっていることを示す。

【0071】

図8(A)および図8(B)には、初心者の運転動作(左手)データの時間変化およびMILによって抽出されたその運転動作についてのネガティブ非密集度+(かつ)ポジティブ密集度(Diverse Density:以下、単に「DD」という。)の時間変化を示すグラフである。ただし、図8(A)に示すグラフは、図5に示した初心者の運転

10

20

30

40

50

動作データのグラフと同じである。ここで、図 8 (B) に示す D D の値が 0 に近ければ、異常な運転動作と言える。したがって、点線で囲んで示すように、たとえば、D D の値が 0 に近い時間における運転動作データ (加速度データで構成される運転動作の特徴ベクトル) を得ることにより、異常な運転動作 (ここでは、左手の動き) を知ることができる。

【 0 0 7 2 】

図 9 (A) および図 9 (B) は、初心者の運転動作 (右手および左手) データの時間変化および M I L によって抽出されたその運転動作についての D D の時間変化を示すグラフである。図示は省略するが、この運転動作データを取得したとき、初心者は、切ったハンドルを戻す際、ハンドルから完全に両手を離れた瞬間があった。瞬間的にハンドルから手を離す際、ハンドル中心から放射方向に大きな加速度が生じていることが、点線で囲んで示すように、同じ時間帯における図 9 (A) の運転動作データの変化から分かる。ベテランは、切ったハンドルを戻す際、ハンドルを滑らすことはするが、完全に手を離してしまうことはない。つまり、切ったハンドルを戻す際に両手を離すような動きはベテランの運転動作には全く現れないため、M I L はそのような動きを異常なものとして検出しているのである。

【 0 0 7 3 】

ただし、この実施例では、瞬間的に発生する異常な運転動作 (以下、「突発的な運転動作」ということがある。) および比較的長い時間で発生する異常な動作 (以下、「継続的な運転動作」ということがある。) を検出するため、特定のレベル (レベル 5 - 9) の成分を抽出するようにウェーブレット変換した運転動作データを、高周波数帯 (レベル 5 - 6) と、低周波数帯 (レベル 7 - 9) とで再構成するようにしてある。

【 0 0 7 4 】

図 1 0 (A) は図 3 に示した初心者の運転動作データをウェーブレット変換し、自動車に起因するノイズを除去した後、高周波数帯 (レベル 5 および 6) についてのみ抽出して、運転動作データを再構成した場合のグラフを示す。また、図 1 0 (B) は図 3 に示した初心者の運転動作データをウェーブレット変換し、自動車に起因するノイズを除去した後、低周波数帯 (レベル 7 - 9) についてのみ抽出して、運転動作データを再構成した場合のグラフを示す。

【 0 0 7 5 】

同様に、図 1 1 (A) は図 4 (A) に示したベテラン 1 の運転動作データをウェーブレット変換し、自動車に起因するノイズを除去した後、高周波数帯 (レベル 5 および 6) についてのみ抽出して、運転動作データを再構成した場合のグラフを示す。また、図 1 1 (B) は図 4 (A) に示したベテラン 1 の運転動作データをウェーブレット変換し、自動車に起因するノイズを除去した後、低周波数帯 (レベル 7 - 9) についてのみ抽出して、運転動作データを再構成した場合のグラフを示す。

【 0 0 7 6 】

さらに、図 1 2 (A) は図 4 (B) に示したベテラン 2 の運転動作データをウェーブレット変換し、自動車に起因するノイズを除去した後、高周波数帯 (レベル 5 および 6) についてのみ抽出して、運転動作データを再構成した場合のグラフを示す。また、図 1 2 (B) は図 4 (B) に示したベテラン 2 の運転動作データをウェーブレット変換し、自動車に起因するノイズを除去した後、低周波数帯 (レベル 7 - 9) についてのみ抽出して、運転動作データを再構成した場合のグラフを示す。

【 0 0 7 7 】

このようにして、周波数の違いに応じて、検出対象とする異常な運転動作に応じて、抽出するレベルを適宜変化させるので、初心者の異常な運転動作を正確に検出して、ヒヤリハット事象や事故の発生前に警告を発することができる。

【 0 0 7 8 】

具体的には、図 1 に示したコンピュータ 1 2 が図 1 3 および図 1 4 に示すようなオフライン処理または図 1 5 および図 1 6 に示すようなリアルタイム処理を実行する。図 1 3 および図 1 4 に示すオフライン処理では、たとえば、予め取得 (検出) しておいた初心者お

10

20

30

40

50

よびベテランの運転動作データに基づいて、初心者の異常な運転動作を抽出して、ハードディスク12aのようなメモリに記憶する。つまり、異常な運転動作（特徴ベクトル）についてのデータベースを構築する。そして、図15および図16に示すリアルタイム処理において、オフライン処理で得られた結果（データベース）を用いて、初心者の運転動作が異常であるか否かを判断するようにしてある。

【0079】

図13に示しように、コンピュータ12はオフライン処理を開始すると、一定フレーム数（たとえば、512フレーム）の運転動作データを取得する。ここでは、初心者について予め検出しておいた運転動作データのうち、最初の512フレーム分を取得する。512フレーム分の運転動作データを取得するのは、後述するウェーブレット変換処理において最低限必要なデータ量だからである。続くステップS3では、ステップS1で取得した512フレーム分の運転動作データを用いてウェーブレット変換する。ここでは、ウェーブレット変換を実行することにより、レベル5-9の成分が抽出される。

【0080】

続くステップS5では、ウェーブレット変換した運転動作データを、周波数レベル毎に分解する。次のステップS7では、周波数レベル個数 i を初期化する（ $i = 1$ ）。続いて、ステップS9では、ノイズと予想される周波数帯かどうかを判断する。ここでは、自動車や路面に起因するノイズが否かが判断される。ここで、自動車や路面に起因するノイズとしては、エンジンの振動、路面状態による上下の振動、車体自体の加速度などが該当する。具体的には、ウェーブレット変換においては、エネルギー保存の法則が成り立つため、どの周波数帯の成分がどの程度含まれているのかをエネルギー分析することにより知ることができる。このため、自動車のダッシュボードに設置した加速度センサ20の加速度データをウェーブレット解析することで、自動車や路面に起因するノイズがどの周波数帯に多く分布しているのかを知ることができる。この周波数帯に相当するレベルであるか否かを判断するのである。上述したように、この実施例では、レベル1-4およびレベル10-12が除去される。

【0081】

ステップS9で“NO”であれば、つまり自動車に起因するノイズと予想される周波数帯でなければ、そのままステップS13に進む。ステップS9で“YES”であれば、つまり自動車に起因するノイズと予想される周波数帯であれば、ステップS11で、当該周波数帯（レベル）を運転動作データから除去して、ステップS13に進む。ステップS13では、全周波数レベルについて処理済みであるかどうかを判断する。つまり、個数 i が12以上であるかどうかを判断する。

【0082】

ステップS13で“NO”であれば、つまり全周波数レベルについて処理済みでなければ、次のレベルについての処理を実行すべく、ステップS15で、周波数レベル個数 i を1加算して（ $i = i + 1$ ）、ステップS9に戻る。一方、ステップS13で“YES”であれば、つまり全周波数レベルについて処理済みであれば、図14に示すステップS17で、突発的な運転動作を抽出するかどうかを判断する。

【0083】

ステップS17で“NO”であれば、つまり継続的な運転動作を抽出する場合には、ステップS19で、低周波数帯成分のみを用いて、運転動作データを再構成して、ステップS23に進む。たとえば、ステップS19では、レベル7-9の周波数帯を抽出するように、運転動作データが再構成される。一方、ステップS17で“YES”であれば、つまり突発的な運転動作を抽出する場合には、ステップS21で、高周波数帯成分のみを用いて、運転動作データを再構成し、ステップS23に進む。たとえば、ステップS21では、レベル5-6の周波数帯を抽出するように、運転動作データが再構成される。

【0084】

ステップS23では、運転動作特徴量（特徴量 x_t ）を抽出する。具体的には、再構成した運転動作データにおいて、上述したように、時間軸を1秒毎に区切り、各区間でそれ

10

20

30

40

50

ぞれ加速度データのエネルギーおよび加速度データの相関を計算し、区間 t における特徴量 x_t とする。

【0085】

次のステップ S 2 5 では、すべての運転動作データについて処理済みであるかどうかを判断する。つまり、試行 i についての運転動作特徴量をすべて抽出したかどうかを判断する。ステップ S 2 5 で “NO” であれば、つまりすべての運転動作データについて処理済みでなければ、ステップ S 2 7 で、次の一定フレーム数の運転動作データを取得して、図 1 3 に示したステップ S 3 に戻る。一方、ステップ S 2 5 で “YES” であればつまりすべての運転動作データについて処理済みであれば、ステップ S 2 9 で、解析対象運転動作データを生成する。つまり、初心者についてのポジティブバッグを生成する。

10

【0086】

また、ステップ S 3 1 では、模範運転動作データを取得する。ここでは、ベテランについてのネガティブバッグを取得する。ただし、ネガティブバッグは、予め取得しておいたベテランの運転動作データに基づいて、ステップ S 1 ~ S 2 7 と同じ処理を実行することによって得られる。

【0087】

続いて、ステップ S 3 3 で、M I L により、異常な運転動作を抽出する。つまり、ポジティブバッグから真のポジティブなインスタンスを抽出する。そして、ステップ S 3 5 で、当該異常な運転動作に対応する特徴ベクトル（運転特徴ベクトル）をハードディスク 1 2 a に記憶して、オフライン処理を終了する。つまり、異常な運転動作についてのデータベースを作成する。ただし、運転特徴ベクトルは、コンピュータ 1 2 のハードディスク 1 2 a に記憶される必要はなく、図示は省略するが、コンピュータ 1 2 に装着された記録媒体（ディスク記録媒体、メモリスティック、USBメモリなど）に記憶されてもよい。または、コンピュータ 1 2 に直接またはインターネットのようなネットワークを介して接続されるデータベース（図示せず）に記憶されるようにしてもよい。

20

【0088】

また、上述したように、図 1 5 および図 1 6 には、コンピュータ 1 2 のリアルタイム処理が示される。以下、リアルタイム処理について説明するが、オフライン処理と同様の処理については簡単に説明することにする。

【0089】

たとえば、自動車の運転が開始されると、図 1 5 に示すように、コンピュータ 1 2 は、リアルタイム処理を開始し、ステップ S 5 1 で、運転動作データの取得を開始する。つまり、加速度センサ 1 4 - 2 0 からの加速度データの記録を開始する。このとき、たとえば、コンピュータ 1 2 は、一定時間毎に、記録時の時間とともに、加速度データを記憶する。なお、コンピュータ 1 2 は、その内部に備えるタイマ（図示せず）から時間を取得する。

30

【0090】

続くステップ S 5 3 では、一定フレーム数（たとえば、5 1 2 フレーム）以上の運転動作データを取得したかどうかを判断する。ステップ S 5 3 で “NO” であれば、つまり一定フレーム数の運転動作データを取得していなければ、そのまま同じステップ S 5 3 に戻る。一方、ステップ S 5 3 で “YES” であれば、つまり一定フレーム数の運転動作データを取得すれば、ステップ S 5 5 で、現フレームを含む過去一定フレーム分の運転動作データを用いて、ウェーブレット変換する。

40

【0091】

続くステップ S 5 7 では、ウェーブレット変換された運転動作データを、レベル j 毎に分解する。次に、ステップ S 5 9 で、周波数レベル個数 i を初期化する（ $i = 1$ ）。続いて、ステップ S 6 1 では、ノイズと予想される周波数帯かどうかを判断する。ステップ S 6 1 で “YES” であれば、ステップ S 6 3 で、当該周波数帯（レベル）を除去して、ステップ S 6 5 に進む。一方、ステップ S 6 1 で “NO” であれば、そのままステップ S 6 5 に進む。

50

【 0 0 9 2 】

ステップ S 6 5 では、全周波数レベルについて処理済みであるかどうかを判断する。ステップ S 6 5 で “ N O ” であれば、ステップ S 6 7 で、周波数レベル個数 i を 1 加算 ($i = i + 1$) して、ステップ S 6 1 に戻る。一方、ステップ S 6 5 で “ Y E S ” であれば、図 1 6 に示すステップ S 6 9 で、突発的な運転動作の抽出かどうかを判断する。ステップ S 6 9 で “ N O ” であれば、ステップ S 7 1 で、低周波数帯成分のみを用いて、運転動作データを再構成し、ステップ S 7 5 に進む。一方、ステップ S 6 9 で “ Y E S ” であれば、ステップ S 7 3 で、高周波数帯成分のみを用いて、運転動作データを再構成し、ステップ S 7 5 に進む。

【 0 0 9 3 】

ステップ S 7 5 では、所定のレベルのみを抽出した運転動作データから、運動動作特徴量 (特徴量 $\times i$) を抽出する。続くステップ S 7 7 では、簡易処理かどうかを判断する。たとえば、自動車教習所のような練習所においては、比較的簡易な処理で異常な運転動作かどうかを判断し、公道を走行するような場合においては、厳格な処理で異常な運転動作かどうかを判断するのである。これは、運転動作解析装置 1 0 の管理者等が設定する事項である。ただし、簡易処理は、処理コストを低減できる利点があるが、未知の運転動作については対応できない欠点がある。一方、厳格な処理は、未知の運転動作についても対応できる利点はあるが、インスタンスの数が増えると、処理コストが増大してしまうという欠点がある。

【 0 0 9 4 】

なお、厳格な処理のみを実行するようにした場合には、オフライン処理 (図 1 3 - 図 1 4) は不要である。

【 0 0 9 5 】

ステップ S 7 7 で “ Y E S ” であれば、つまり簡易処理であれば、ステップ S 7 9 で、オフライン処理で抽出された異常運転特徴ベクトルとの距離 (近似度) を算出して、ステップ S 8 3 に進む。つまり、テンプレートマッチングを実行する。一方、ステップ S 7 7 で “ N O ” であれば、つまり簡易処理でなければ、ステップ S 8 1 で、模範運転動作データを用いて、ネガティブ非密集度を計算して、ステップ S 8 3 に進む。ただし、模範運転動作データは、リアルタイムで取得してもよく、予めオフラインで取得しておいてもよい。なお、リアルタイムで取得する場合には、ベテランが運転する自動車に搭載される加速度センサの出力 (運転動作データ) を検出するコンピュータと、直接またはネットワークを介してコンピュータ 1 2 は接続される。ただし、ネガティブ非密集度を計算する前に、模範運転動作データについても前処理により、高周波数帯または低周波数帯が抽出される。

【 0 0 9 6 】

ステップ S 8 3 では、閾値を超えるかどうかを判断する。ここで、簡易処理を実行した場合には、距離が所定距離 (第 1 閾値) を超えて接近 (近似) しているかどうかを判断する。つまり、距離が第 1 閾値以下かどうかを判断する。一方、厳密な処理を実行した場合には、ネガティブ非密集度が第 2 閾値を超えて 0 に近いかどうかを判断する。ステップ S 8 3 で “ N O ” であれば、つまり閾値 (第 1 閾値, 第 2 閾値) を超えていなければ、異常な運転動作ではないと判断して、ステップ S 8 7 に進む。一方、ステップ S 8 3 で “ Y E S ” であれば、つまり閾値 (第 1 閾値, 第 2 閾値) を超えている場合には、ステップ S 8 5 で、異常な運転動作であることを運転者 (被験者) に警告して、ステップ S 8 7 に進む。たとえば、音 (音声)、振動、点灯する光の色または光の明滅の各々、または、それらのうちのいずれか 2 つ以上によって、異常な運転動作である旨を警告する。

【 0 0 9 7 】

ステップ S 8 7 では、リアルタイム処理の終了であるかどうかを判断する。たとえば、自動車の運転を終了したか (エンジンをオフしたか) どうかを判断する。ステップ S 8 7 で “ N O ” であれば、つまりリアルタイム処理の終了でなければ、そのまま図 1 5 に示したステップ S 5 3 に戻る。ステップ S 8 7 で “ Y E S ” であれば、つまりリアルタイム処

10

20

30

40

50

理の終了であれば、リアルタイム処理を終了する。

【0098】

この実施例によれば、予め登録しておいた異常な動作との近似度を検出するだけなので、処理コストを低減することができる。また、リアルタイムに模範となる運転者の運転動作の特徴量と比較することも可能であるため、データベースにない異常な運転動作であっても、正確に判断することもできる。

【0099】

なお、上述の実施例のオフライン処理では、異常な運転動作についての運転特徴ベクトルを記憶するようにしてあるが、初心者の運転動作のよくやる癖を記憶するようにしてもよい。かかる場合には、ステップS33において、MILにより異常な運転動作を抽出する場合に、ネガティブ非密集度とポジティブ密集度との両方が0に近い場合の運転特徴ベクトルを取得すればよい。つまり、DDが0に近い場合の運転特徴ベクトルを取得すればよい。

10

【0100】

また、上述の実施例のオフライン処理では、異常な運転動作についての運転特徴ベクトルを記憶するようにしてあるが、異常な運転動作をヒヤリハット事象として記憶するようにしてもよい。かかる場合には、従来のドライブレコーダーと、運転動作解析装置10とを連係させることにより、ヒヤリハット事象の発生を正確に判断することが可能である。しかも、自動でヒヤリハット事象のデータベースを作成することができる。

【0101】

20

さらに、上述の実施例のリアルタイム処理では、簡易処理(S79)または厳格な処理(S81)を実行するようにしたが、簡易処理を実行した場合に、異常な運転動作を検出することができないときに、厳格な処理を実行するようにしてもよい。

【0102】

さらにまた、上述の実施例では、予め異常な運転動作を検出して、これをヒヤリハット事象として、データベース化して、その後の運転動作に役立てるようにしてあるが、これに限定される必要はない。

【0103】

たとえば、自動車教習所において、教習生と教官との運転動作データをそれぞれ取得し、教習生の運転動作データをポジティブバッグとし、教官の運転動作データをネガティブバッグとし、MILにより、教習生の正しくない(異常な)運転動作を検出してそれを示したり、教官の運転動作を満点とした場合の教習生の運転動作を点数で示したりすることもできる。これは、オフライン処理でも、オンライン処理でも実現可能である。

30

【0104】

また、初心者やベテランの別に拘わらず、運転者が心身ともに健全な状態で運転した際の運転動作データを予め記憶しておき、これをネガティブバッグとする。ただし、運転者が運転を開始した当初の運転動作データを記憶して、これをネガティブバッグとしてもよい。一方、当該運転者が自動車を運転している時間が一定時間(たとえば、15分~30分)が経過する毎に、当該運転者の運転動作データを検出し、検出した運転動作データをポジティブバッグとする。そして、MILにより、真のポジティブのインスタンスを検出した場合には、運転者の疲労が蓄積され、運転が乱れてきたと判断して、休憩すべき旨の警告を発することもできる。

40

【0105】

さらに、同一の被験者に、基本部分は同じであるが運転席のレイアウトが異なる自動車を運転させ、初心者であっても異常な動作を起こし難い運転席のレイアウトを選択することができる。かかる場合には、運転席のレイアウトの異なる自動車をベテランのような運転者が運転したときの運転動作データを記憶して、これをネガティブとする。そして、初心者のような被験者が運転する場合の運転動作データをポジティブとする。各運転席のレイアウト毎に、MILにより、真のポジティブの存在を検出し、たとえば、真のポジティブが存在しない場合の運転席のレイアウトを異常な動作を起こしにくいものとして選択す

50

ることができる。

【0106】

さらにまた、上述の実施例では、両手首および右足のつま先に加速度センサを装着して、被験者の運転動作を検出するようにしたが、たとえば、初心者の運転動作の特徴量とベテランの運転動作の特徴量とに基づいて初心者の異常な運転動作を検出するようにしてあるため、左手首、右手首、右足のつま先のいずれか1に加速度センサを装着するだけでも、初心者の異常な運転動作を検出することも可能である。ただし、安全面を考慮して、上述の実施例では、上記3箇所の動きを検出するようにしてある。

【0107】

また、上述の実施例では、被験者の運転動作を検出するために加速度センサを用いるようにしたが、これに限定されるべきではない。モーションキャプチャシステムを用いることもできる。たとえば、モーションキャプチャシステムとしては、VICON社 (<http://www.vicon.com/>) の光学式のモーションキャプチャシステムを適用することができる。かかる場合には、マーカを両手首、右足のつま先に貼り付けておき、これを赤外線照射機能を有する複数台のカメラで撮影し、その撮影結果から3次元の動き(位置)を時系列に従って追跡(検出)することができる。なお、基本的には、被験者は運転席で留まっているため、比較的少ない台数のカメラを設ければよく、しかも、自動車に起因するノイズを無視することができると考えられる。ただし、モーションキャプチャシステムは光学式のものに限られず、種々の公知のものが適用され得る。

【図面の簡単な説明】

【0108】

【図1】図1はこの発明の運転動作解析装置の一例を示す図解図である。

【図2】図2は図1実施例に示す加速度センサを取り付けて被験者が自動車を運転する様子の一例を示す図解図である。

【図3】図3は初心者が或るコースを自動車で走行した場合の運転動作データの時間変化を示すグラフである。

【図4】図4はベテランが初心者の走行したコースと同じコースを同じ自動車で走行した場合の運転動作データの時間変化を示すグラフである。

【図5】図5は図3に示す運転動作データをレベル1-12についてウェーブレット変換したグラフである。

【図6】図6は図4に示す運転動作データをレベル1-12についてウェーブレット変換したグラフである。

【図7】図7はネガティブバッグとポジティブバッグとを多次元ベクトル空間上にマッピングした例を示す図解図である。

【図8】図8は初心者の運転動作データ(左手のみ)の時間変化のグラフおよびそのDDの時間変化のグラフである。

【図9】図9は初心者の運転動作データ(両手)の時間変化のグラフおよびそのDDの時間変化のグラフである。

【図10】図10は初心者の運転動作データを高周波数帯のみまたは低周波数帯のみを抽出して再構成した場合の時間変化のグラフである。

【図11】図11はベテラン1の運転動作データを高周波数帯のみまたは低周波数帯のみを抽出して再構成した場合の時間変化を示すグラフである。

【図12】図12はベテラン2の運転動作データを高周波数帯のみまたは低周波数帯のみを抽出して再構成した場合の時間変化を示すグラフである。

【図13】図13は図1に示すコンピュータのオフライン処理の一部を示すフロー図である。

【図14】図14は図1に示すコンピュータのオフライン処理の他の一部であって、図13に後続するフロー図である。

【図15】図15は図1に示すコンピュータのリアルタイム処理の一部を示すフロー図である。

10

20

30

40

50

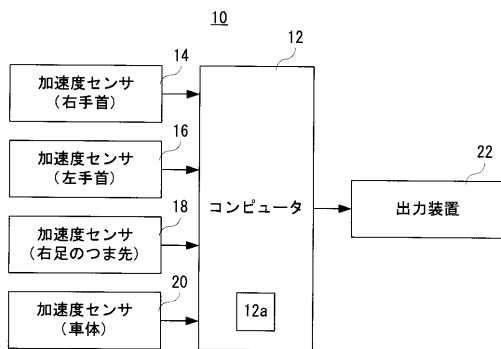
【図16】図16は図1に示すコンピュータのリアルタイム処理の他の一部であって、図15に後続するフロー図である。

【符号の説明】

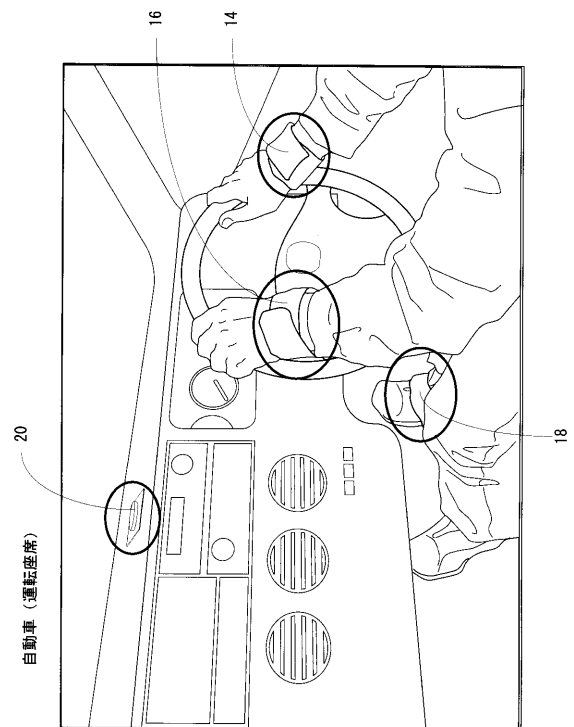
【0109】

- 10 ... 運転動作解析装置
- 12 ... コンピュータ
- 14, 16, 18, 20 ... 加速度センサ
- 22 ... 出力装置

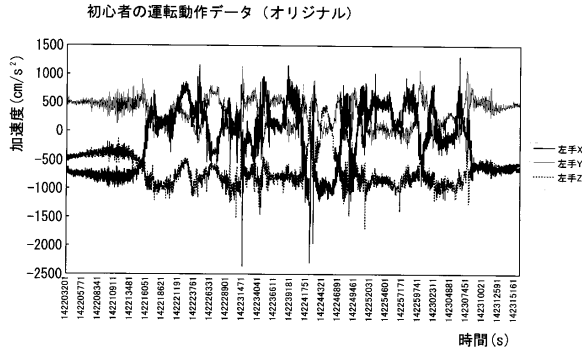
【図1】



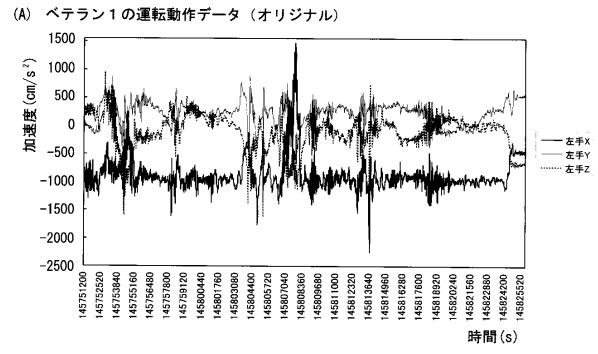
【図2】



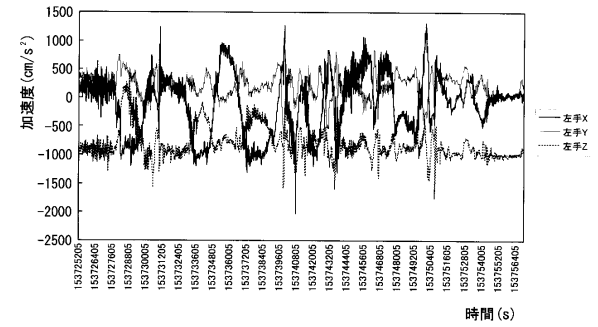
【図3】



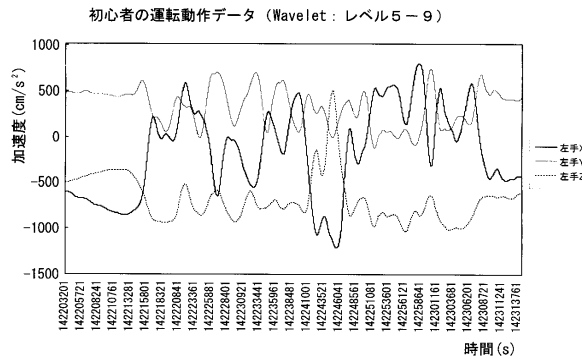
【図4】



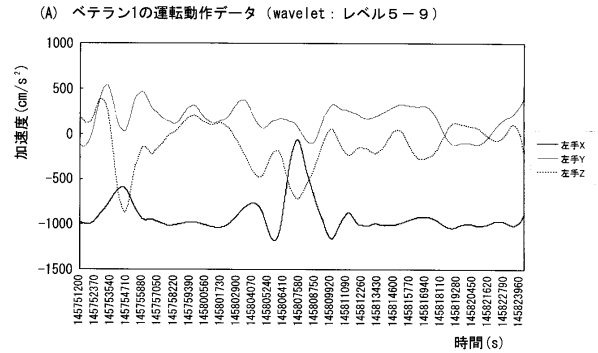
(B) ベテラン2の運動動作データ (オリジナル)



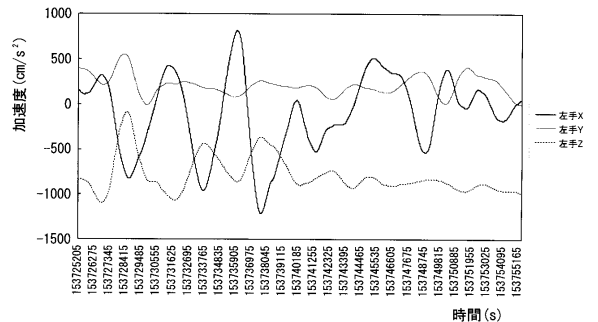
【図5】



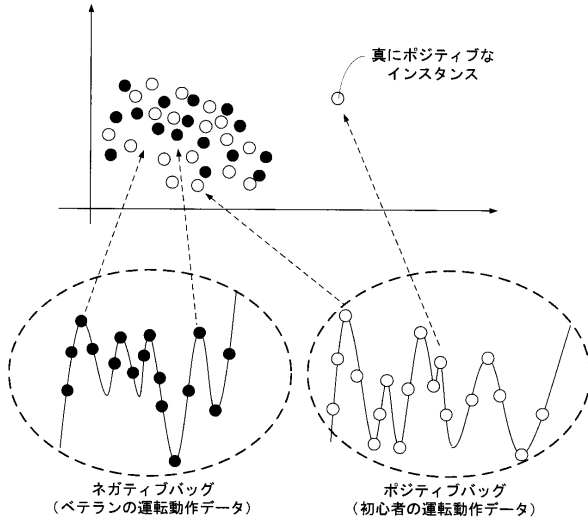
【図6】



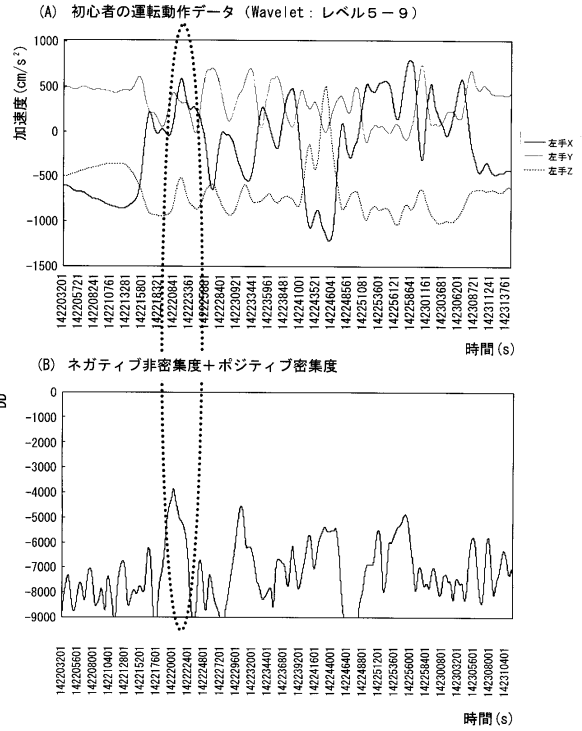
(B) ベテラン2の運動動作データ (wavelet: レベル5-9)



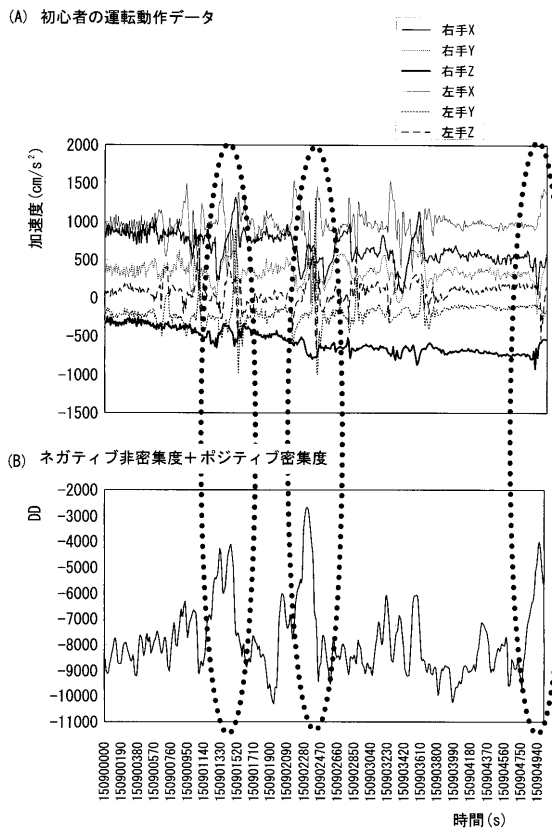
【図7】



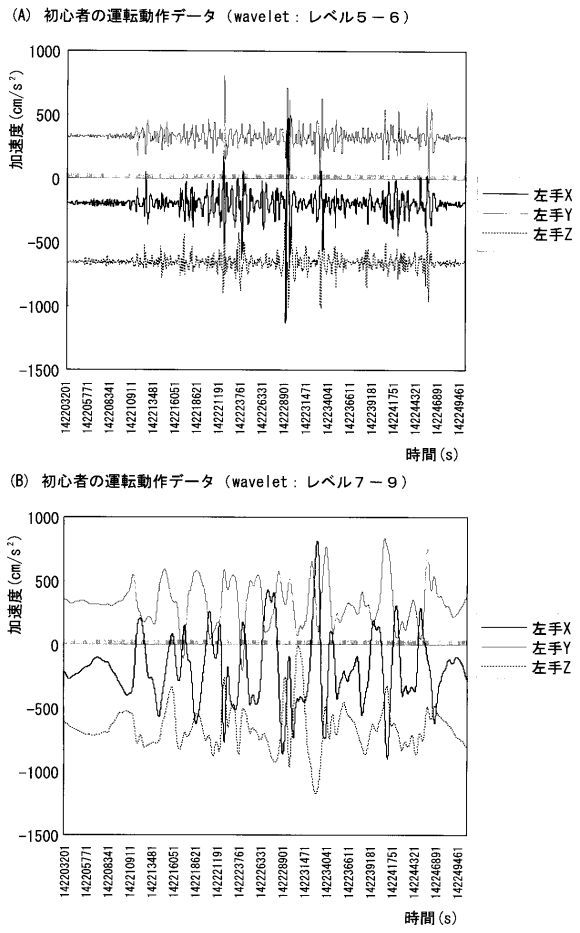
【図8】



【図9】

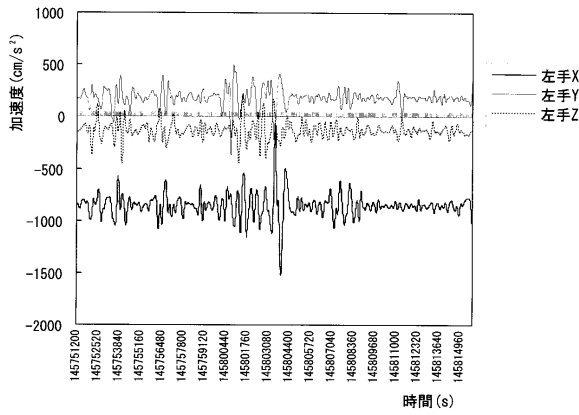


【図10】

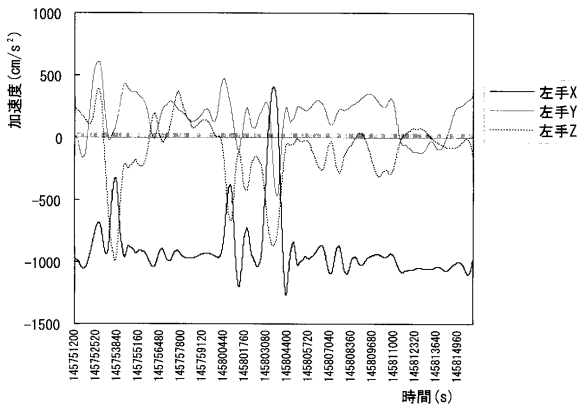


【図 1 1】

(A) ベテラン 1 の運動動作データ (wavelet: レベル 5-6)

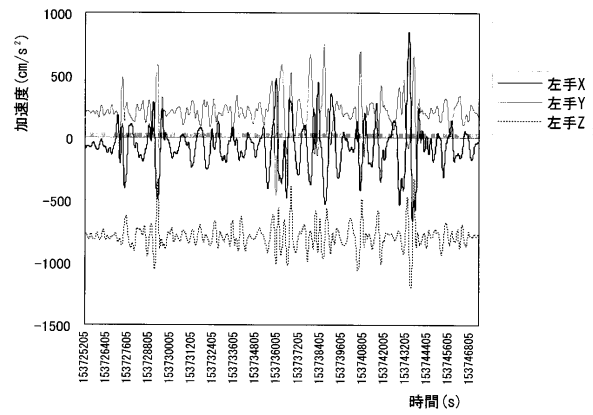


(B) ベテラン 1 の運動動作データ (wavelet: レベル 7-9)

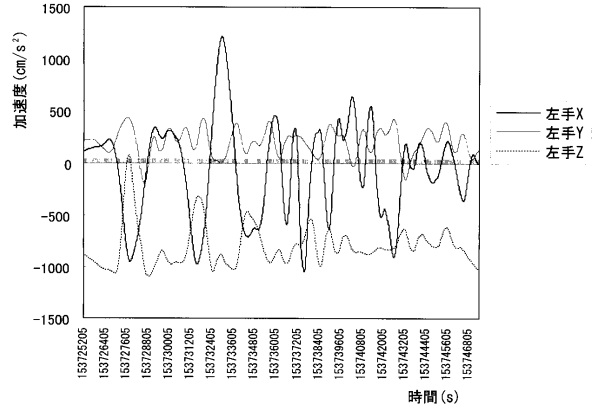


【図 1 2】

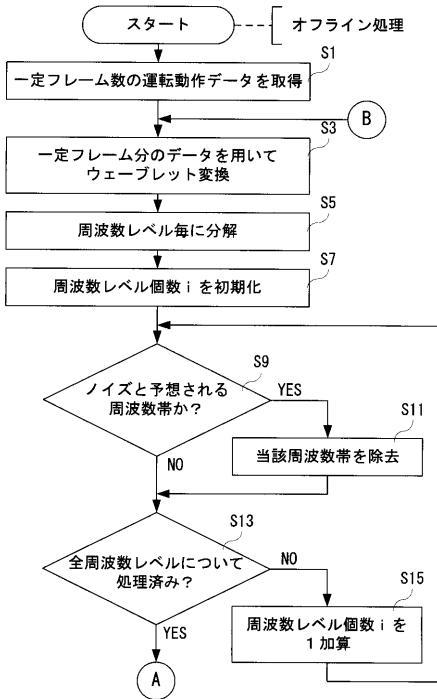
(A) ベテラン 2 の運動動作データ (wavelet: レベル 5-6)



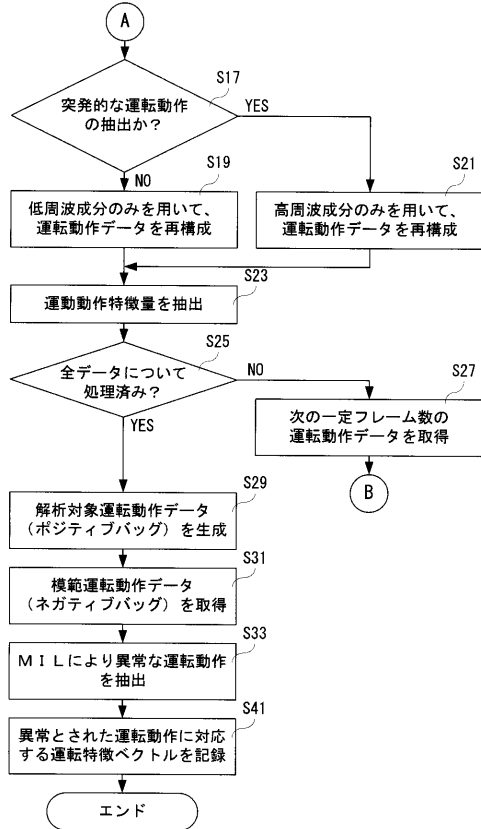
(B) ベテラン 2 の運動動作データ (wavelet: レベル 7-9)



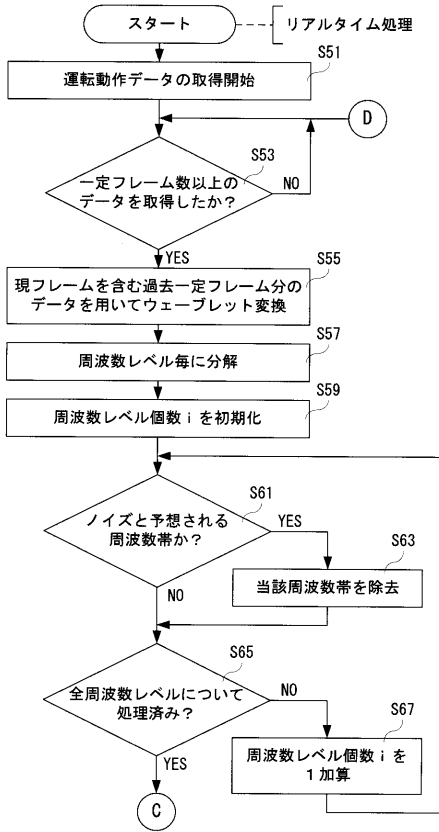
【図 1 3】



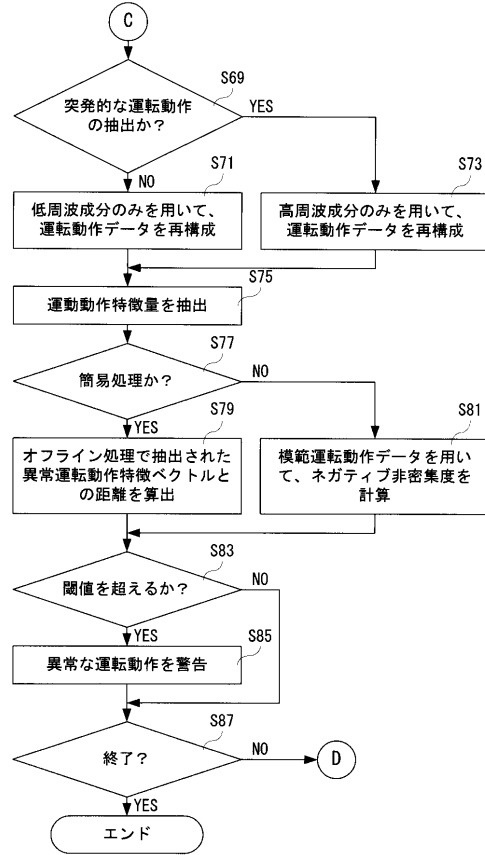
【図 1 4】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

- (72)発明者 野間 春生
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 鳥山 朋二
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 小暮 潔
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 池田 貴俊

- (56)参考文献 特開平05-155269(JP,A)
特開2002-211265(JP,A)
特開2005-173635(JP,A)
特開2006-130046(JP,A)
特開2006-143159(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G08G 1/16
A61B 5/18
B60R 21/00
G09B 9/052