

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6047708号
(P6047708)

(45) 発行日 平成28年12月21日 (2016.12.21)

(24) 登録日 平成28年12月2日 (2016.12.2)

(51) Int.Cl.	F I
G08G 1/16 (2006.01)	G08G 1/16 F
B6OW 40/08 (2012.01)	B6OW 40/08

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2013-52115 (P2013-52115)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成25年3月14日 (2013.3.14)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2014-178861 (P2014-178861A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成26年9月25日 (2014.9.25)	(73) 特許権者	504143441
審査請求日	平成27年10月8日 (2015.10.8)		国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学
			奈良県生駒市高山町8916-5
		(74) 代理人	110000578
			名古屋国際特許業務法人
		(72) 発明者	坂東 晋司
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	江川 万寿三
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異常運転行動検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自車両の走行状態及びドライバが自車両を操作したときの操作状態の少なくとも一方の状態を表す観測値を繰り返し取得する観測値取得手段(30)と、

前記観測値取得手段が前記観測値を取得する毎に、正常時の運転行動をモデル化することによって定義された複数の運転モードのうち、現時点の運転モードがいずれに該当するかを確率的に表したモード確率を、前記観測値の時系列から求めるモード確率算出手段(21)と、

正常時の運転行動をモデル化することによって前記運転モード毎に定義された行動モデルを用いて過去の観測値から推定値を求め、該推定値に対する前記観測値取得手段で取得された最新の観測値のずれを表した乖離量を求める乖離量算出手段(22)と、

前記モード確率及び前記乖離量から求めた判定値に従って、運転行動の異常を検出する異常検出手段(231)と、

を備え、

前記異常検出手段は、前記モード確率を重みとして前記乖離量を重み付け加算することで求めた期待値を前記判定値として使用し、該判定値が予め設定された閾値を超える場合に異常ありと判定することを特徴とする異常運転行動検出装置。

【請求項2】

自車両の走行状態及びドライバが自車両を操作したときの操作状態の少なくとも一方の状態を表す観測値を繰り返し取得する観測値取得手段(30)と、

10

20

前記観測値取得手段が前記観測値を取得する毎に、正常時の運転行動をモデル化することによって定義された複数の運転モードのうち、現時点の運転モードがいずれに該当するかを確率的に表したモード確率を、前記観測値の時系列から求めるモード確率算出手段(21)と、

正常時の運転行動をモデル化することによって前記運転モード毎に定義された行動モデルを用いて過去の観測値から推定値を求め、該推定値に対する前記観測値取得手段で取得された最新の観測値のずれを表した乖離量を求める乖離量算出手段(22)と、

前記モード確率及び前記乖離量から求めた判定値に従って、運転行動の異常を検出する異常検出手段(231)と、

前記乖離量算出手段にて算出された乖離量を、前記運転モード毎に平均したモード別平均乖離量を求め、該モード別平均乖離量が予め設定された閾値を超えた場合に、該運転モードに対応するドライバの操作を苦手操作として検出する苦手操作検出手段(232)と、

を備えることを特徴とする異常運転行動検出装置。

【請求項3】

前記運転モードは、ベータ過程自己回帰隠れマルコフモデル(BP-AR-HMM)を利用して設定されたものを使用することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の異常運転行動検出装置。

【請求項4】

請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の異常運転行動検出装置を構成する各手段としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両の走行状態やドライバの操作状態に基づいてドライバの異常な運転行動を検出する異常運転行動検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、車両の走行状態やドライバの操作状態を表す観測値に基づき、ドライバの異常な運転行動を検出する装置の一つとして、ドライバが正常な運転状態であるときの運転行動をモデル化した行動モデル(正常時行動モデル)と、ドライバが異常な運転状態(例えば、居眠り状態等)であるときの運転行動をモデル化した行動モデル(異常時行動モデル)を使用するものが知られている。具体的には、正常時行動モデルと異常時行動モデルを用いて、過去の観測値から現時点の観測値をそれぞれ推定し、実際に観測された現時点の観測値が、求められた二つの推定値のどちらにより近いかによって、正常、異常を判定するものである(例えば、特許文献1参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-154675号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、異常時行動モデルを生成するためには、異常な運転行動をしているときの観測値を収集する必要がある。しかし、そのようなデータは、収集すること自体が非常に困難であるという問題があった。更に、異常な運転行動には様々なバリエーションが存在するため、その全てを想定して準備することは不可能であり、精度の高い異常判定を行うことが困難であるという問題があった。

【0005】

本発明は、上記問題点を解決するために、異常時行動モデルを用いることなくドライバ

10

20

30

40

50

の異常な運転行動を検出する異常運転行動検出装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の異常運転行動検出装置は、観測値取得手段と、モード確率算出手段と、乖離量算出手段と、異常検出手段とを備える。観測値取得手段は、自車両の走行状態及びドライバが自車両を操作したときの操作状態の少なくとも一方の状態を表す観測値を繰り返し取得する。モード確率算出手段は、観測値取得手段が観測値を取得する毎に、正常時の運転行動をモデル化することによって定義された複数の運転モードのうち、現時点の運転モードがいずれに該当するかを確率的に表したモード確率を、観測値の時系列から求める。乖離量算出手段は、正常時の運転行動をモデル化することによって運転モード毎に定義された行動モデルを用いて過去の観測値から推定値を求め、その推定値に対する観測値取得手段で取得された最新の観測値のずれを表した乖離量を求める。異常検出手段は、モード確率及び乖離量から求めた判定値に従って、運転行動の異常の有無を検出する。

10

【0007】

なお、運転モード毎に定義された行動モデルは、その運転モードにおける代表的な運転挙動を表すものであり、乖離量は、その代表的な運転挙動からのずれを表したものとなる。また、モード確率は、観測された運転挙動（観測値の系列）が、各運転モードにおいてどの程度の確率で生じるか尤度として推定される各運転モードの確率を表している。

【0008】

このように本発明の異常運転行動検出装置によれば、正常時の運転行動をモデル化することで定義された運転モード、行動モデルを用いて求められるモード確率及び乖離量を統合した判定値を用いて、異常な運転行動の有無を検出している。従って、本発明の異常検出装置によれば、異常な運転行動の有無を、異常時の行動モデルを用いることなく、ロバストに精度良く検出することができる。

20

【0009】

なお、運転モード及び行動モデルは、ベータ過程自己回帰隠れマルコフモデル（B P - A R - H M M）を利用して定義されたものを使用することが望ましい。この場合、運転モードの数を、モデル化に使用するサンプルデータから決めることができ、サンプルデータの分布から人為的に運転モードの数を決める場合と比較して、運転モードの識別性を向上させることができる。

30

【0010】

また、本発明は、前述した異常運転行動検出装置の他、異常運転行動検出装置を構成要素とするシステム、異常運転行動検出装置を構成する各手段としてコンピュータを機能させるためのプログラム、異常運転行動検出方法など、種々の形態で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】運転支援システムの全体構成を示すブロック図である。

【図2】（a）が自己回帰隠れマルコフモデルのパラメータ、（b）がガウス分布のパラメータを示す説明図である。

40

【図3】判定部が実行する異常行動判定処理の内容を示すフローチャートである。

【図4】判定部が実行する苦手操作検出処理の内容を示すフローチャートである。

【図5】動作例における運転モードと観測値の関係を示した説明図である。

【図6】（a）が観測値と運転モードとの関係を例示するグラフ、（b）が走行コースを走行中に推定された運転モードと、その運転モードが推定された位置の関係を例示するグラフである。

【図7】観測値と行動モデルに基づく予測値との関係を例示するグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に本発明の実施形態を図面と共に説明する。

50

< 全体構成 >

本発明が適用された運転支援システムは、図 1 に示すように、当該システムを搭載した車両（以下「自車両」という）の走行状態やドライバが自車両を操作したときの操作状態を検出するための各種センサからなる車両センサ群 2 と、車両センサ群 2 での検出結果に従って、ドライバの異常な運転行動の有無等を検出する異常運転行動検出装置 1 と、自車両に搭載されたディスプレイや音響設備からなり、異常運転行動検出装置 1 での検出結果を、ドライバに対して視覚的（文字，図形，光等）又は聴覚的（音声，警報音等）に情報提供する情報提供装置 3 を備えている。

【 0 0 1 3 】

車両センサ群 2 によって検出される走行状態としては、例えば、車速，縦・横加速度、先行車両との距離や相対速度等があり、操作状態としては、例えば、アクセル開度率、ブレーキ M C 圧、ステアリング操舵角等がある。これらの走行状態や操作状態を検出する個々のセンサは周知のものであるため、説明を省略する。

【 0 0 1 4 】

< 自己回帰隠れマルコフモデル >

異常運転行動検出装置 1 では、時系列データのモデリング手法の一つである自己回帰隠れマルコフモデル（AR - HMM）を適用した処理を実行するため、まず、AR - HMM で使用するパラメータについて説明する。

【 0 0 1 5 】

図 2（a）は、運転挙動の生成モデルを AR - HMM で表したものであり、 t は時刻、 x_t は時刻 t における観測値（ここでは、車両センサ群 2 から得られる検出結果）、 z_t は時刻 t における運転挙動のモード（以下「運転モード」という）のインデックスを表現したものである。なお、隠れ状態である運転モード z_t は直接観測できないため、観測値の系列 $X_t = \{ x_1, x_2, \dots, x_t \}$ から、隠れ状態（運転モード）の系列 $Z_t = \{ z_1, z_2, \dots, z_t \}$ を推測する。

【 0 0 1 6 】

以下では、個々の運転モードを小文字のアルファベット $a, b, c, \dots$ で表すものとし、運転モード z と表記した場合は、複数ある運転モード $a, b, c, \dots$ のうちいずれかを指すものとする。この運転モード自体は直接観測できないため、隠れ状態として扱われる。なお、個々の運転モード $a, b, c, \dots$ は、ある状況において観測される特定の運転挙動あるいは特定の運転操作を、その運転挙動や運転操作の傾向毎に分割したものである。つまり、運転モードは、車両センサ群 2 で観測されたデータの時系列挙動を幾つかのまとまりに分割した際のクラスインデックスであり、これは運転挙動や運転操作を構成する要素として捉えることもできる。

【 0 0 1 7 】

また、運転モード z での平常時（異常な運転をしていないとき）の平均的な運転挙動の時間変化を記述したモデルである行動モデルを A_z 、ガウス分布に従うノイズを ε 、運転モード z 間の遷移確率であるモード遷移確率を π_z とすると、自己回帰過程は（1）～（3）式によって表すことができる。但し、各運転モード $a, b, c, \dots$ における観測値の分布はそれぞれガウス分布に従うものとして、図 2（b）に示すように、運転モード z で観測される観測値の確率分布（ガウス分布）を定義するパラメータである平均を μ_z 、分散を Σ_z （以下総称して「モード分布パラメータ」ともいう）で表すものとする。また（2）（3）式において、記号「 $\sim$ 」の左辺は、右辺に示す分布からのサンプル値であることを示す。

【 0 0 1 8 】

【数 1】

$$x_{t+1} = A_z x_t + \varepsilon \quad (1)$$

$$\varepsilon \sim N(\varepsilon | \mu_z, \Sigma_z) \quad (2)$$

$$z_{t+1} \sim \pi_z \quad (3)$$

これらのパラメータ A_z , π_z , μ_z , Σ_z を定義する際には、平常運転時（異常な運転行動をしていないとき）の観測値を学習データとし、学習アルゴリズムとしては、forward-backward algorithm等の既存のアルゴリズムを利用する。概略的には、各学習データに隠れ状態を割り当てながら、同じ隠れ状態が割り当てられた学習データを利用して個々の運転モード z のモード分布パラメータ μ_z , Σ_z を算出する。学習データから推定された運転モード z の系列を用いて、個々の運転モード z 間の遷移回数をカウントして、そのカウント結果からモード遷移確率 π_z を算出するという処理の流れとなる。ベータ過程自己回帰隠れマルコフモデル（B P - A R - H M M）を利用すれば運転モードの数も含めて自動的に決定することができる。

【0019】

このような B P - A R - H M M を利用して各種パラメータを算出する方法の詳細については、例えば E. B. Fox, E. B. Sudderth, M. I. Jordan, and A. S. Willsky, "Sharing features among dynamical systems with beta processes," Advances in Neural Information Processing Systems, Vol. 22, pp. 549-557 (2009) に記述されているため、ここでは説明を省略する。

【0020】

< 異常運転行動検出装置 >

異常運転行動検出装置 1 は、A R - H M M を定義する各種パラメータを記憶する記憶部 10 と、記憶部 10 に記憶されたパラメータ及び車両センサ群 2 から取得した観測値 x_t に従って異常な運転行動の有無や苦手な運転操作を検出するための処理等を実行する処理実行部 20 とを備える。

【0021】

記憶部 10 は、モード遷移確率 π_z を記憶するモード遷移確率記憶部 11 と、運転モード z 毎にその運転モード z のモード分布パラメータ μ_z , Σ_z を記憶するモード分布記憶部 12 と、運転モード z 毎にその運転モード z の行動モデル A_z を記憶する行動モデル記憶部 13 とを備える。

【0022】

処理実行部 20 は、車両センサ群 2 から繰り返し検出結果（観測値 x_t ）を取得する観測値取得部 24 と、モード遷移確率 π_z 及びモード分布パラメータ μ_z , Σ_z を用い、過去から現時点までに得られた観測値 x_t の時系列 X_t に基づいてモード確率 $p(z_t | X_t)$ を算出するモード確率算出部 21 と、行動モデル A_z 及びモード分布パラメータ μ_z , Σ_z を用い観測値 x_t に基づいて、運転モード z 毎に、その運転モード z からのずれの大きさを表す正規化乖離量 $d_{z,t}$ を算出する乖離量算出部 22 と、モード確率算出部 21 で算出されたモード確率 $p(z_t | X_t)$ と乖離量算出部 22 で算出された正規化乖離量 $d_{z,t}$ に基づいて異常行動を判定する判定部 23 を備えている。

【0023】

なお、処理実行部 20 は、C P U, R O M, R A M からなる周知のマイクロコンピュータを中心に構成されたものである。処理実行部 20 を構成する各部 21 ~ 24 は、C P U が実行する処理によって実現され、R O M にはその処理を実行するためのプログラムが記憶されている。

【0024】

<<モード確率算出部>>

モード確率算出部 21 では、最初の観測値 x_1 を取得したときには、モード分布記憶部 12 に記憶されたモード分布パラメータ μ_z , Σ_z を用いて、全ての運転モード z につい

て、観測値 x_1 が、それぞれの運転モード $z = \{a, b, c, \dots\}$ から生成された確率 $p(x_1 | z)$ を求め、これをモード確率 $p(z_t | X_t)$ の初期値とする。

【0025】

以後、観測値 x_t を取得すると、モード分布パラメータ μ_z, Σ_z を用いて確率 $p(x_t | z)$ を求めると共に、モード遷移確率 π_z と前サイクルで求めたモード確率 $p(z_{t-1} | X_{t-1})$ とを用いて、運転モード z 毎に今サイクルで運転モード z となる確率 $P(z)$ を推定する。更に、 $p(x_t | z)$ を尤度、 $P(z)$ を事前確率として使用し、ベイズ推定によってモード確率 $p(z_t | X_t)$ を求める。

【0026】

このようにして求められるモード確率 $p(z_t | X_t)$ は、いずれかの運転モード z に従った運転操作が行われている場合には、その運転モード（以下「該当運転モード」という） z の確率が大きな値となり、それ以外の運転モード z の確率は小さな値となる。また、運転操作がいずれの運転モード z にも従っていない場合には、突出して大きな確率を有する運転モード z が存在せず、全ての運転モード z の確率が中間的な値（上述した該当運転モード z の確率とそれ以外の運転モード z の確率との間の大きさ）となる。

【0027】

<<乖離量算出部>>

乖離量算出部 22 は、前サイクルの観測値 x_{t-1} を記憶する観測値記憶部 221 と、今サイクルの観測値（実測値） x_t が、前サイクルの観測値 x_{t-1} と行動モデル A_z を用いて予測した観測値（予測値）からどの程度ずれているのかを表す乖離量（ずれ量） $\varepsilon_{z,t}$ を運転モード z のそれぞれについて求めるずれ量算出部 222 と、ずれ量算出部 222 で算出された乖離量 $\varepsilon_{z,t}$ を、各運転モード z において、その乖離量 $\varepsilon_{z,t}$ を持った観測値 x_t が生成される確率を利用して正規化した正規化乖離量 $d_{z,t}$ を生成する正規化部 223 を備える。

【0028】

具体的には、ずれ量算出部 222 では、(4) 式に従って乖離量 $\varepsilon_{z,t}$ を算出し、正規化部 223 では、(5) 式に従って、正規化乖離量 $d_{z,t}$ を算出する。

【0029】

【数 2】

$$\varepsilon_{z,t} = x_t - A_z x_{t-1} \quad (4)$$

$$d_{z,t} = \frac{1}{N(\varepsilon_{z,t} | \mu_z, \Sigma_z)} \quad (5)$$

$N(\varepsilon_{z,t} | \mu_z, \Sigma_z)$ は、運転モード z において乖離量が $\varepsilon_{z,t}$ となる観測値 x_t が生成される確率を表しており、乖離量 $\varepsilon_{z,t}$ が平均値 μ_z からはずれるほど小さな値となる。このため、(5) 式では、その逆数をとることにより、乖離量 $\varepsilon_{z,t}$ が平均値 μ_z からはずれるほど、大きな値をとる正規化乖離量 $d_{z,t}$ に変換している。以下では、正規化乖離量 $d_{z,t}$ のことを単に乖離量と呼ぶ。

【0030】

<<判定部>>

判定部 23 では、異常行動判定処理 231 と、苦手操作検出処理 232 を実行する。

まず、異常行動判定処理 231 について説明する。本処理は、車両センサ群 2 から取得した観測値 x_t に基づいて、モード確率 $p(z_t | X_t)$ 及び乖離量 $d_{z,t}$ が算出される毎に起動する。

【0031】

本処理が起動すると、図 3 に示すように、(6) 式に従って、モード確率 $p(z_t | X_t)$ を重みとして乖離量 $d_{z,t}$ を重み付け加算することによって乖離量の期待値 E_t を算出する (S110)。

【0032】

10

20

30

40

50

【数 3】

$$E_t = \sum_z d_{z,t} p(z_t | X_t) \quad (6)$$

この期待値 E_t は、運転操作がいずれかの運転モード z （該当運転モード）に従っている場合、モード確率 $p(z_t | X_t)$ は、該当運転モード z の確率だけが大きく、それ以外の運転モード z の確率が低く抑えられる。乖離量 $d_{z,t}$ は、該当運転モード z で小さく、その他の運転モード z で大きくなるが、上述のようなモード確率 $p(z_t | X_t)$ が乗じられることで期待値 E_t は小さな値に抑えられる。一方、運転操作がいずれの運転モード z にも従っていない場合、モード確率 $p(z_t | X_t)$ は、突出して大きな確率を有する運転モード z が存在せず、いずれの運転モード z の確率も中間的な大きさを有したものとなる。このため期待値 E_t は大きな値となる。

10

【0033】

次に、S110にて算出された期待値 E_t が予め設定された閾値以上であるか否かを判断する（S120）。

期待値 E_t が閾値に満たない場合は、運転行動の異常は検出されないものとして本処理を終了する。一方、期待値 E_t が閾値以上である場合は、運転行動の異常が検出されたものとして、その旨を、情報提供装置3を介して報知する処理を実行して（S130）、本処理を終了する。

【0034】

20

次に、苦手操作検出処理232について説明する。本処理は、所定個（所定サイクル分の）乖離量 $d_{z,t}$ が蓄積される毎に起動する。この所定個は、本処理によって得られる平均値が、統計的に十分に信頼性のある値となるように設定される。

【0035】

本処理が起動すると、図4に示すように、蓄積された乖離量 $d_{z,t}$ に基づき、運転モード z 毎に、乖離量 $d_{z,t}$ の平均値（モード別平均乖離量）を算出し（S210）、算出されたモード別平均乖離量が予め設定された閾値以上となる運転モード z が存在するか否かを判断する（S220）。

【0036】

モード別平均乖離量が閾値以上となる運転モード z が存在しなければ、そのまま本処理を終了する。一方、モード別平均乖離量が閾値以上となる運転モード z が存在すれば、その運転モードに対応するドライバの操作を苦手操作であるとして抽出し、その旨を、情報提供装置3を介して報知する処理を実行して（S240）本処理を終了する。

30

【0037】

<動作>

ここでは、理解を容易にするために、運転モード z が a 、 b の二つからなり、観測値 z_t が二つのパラメータで表現されている場合について説明する。

【0038】

時刻 $t = 1$ で、図5(a)に示すような観測値 x_1 が観測されたとする。但し、図中の楕円は、運転モード a のときに得られる観測値の分布（モード分布パラメータ μ_a 、 Σ_a で定義される）及び運転モードが b のときに得られる観測値の分布（モード分布パラメータ μ_b 、 Σ_b で定義される）を表す。

40

【0039】

このとき、二つの分布のうちどちらから x_1 が生成されたかを考える。

運転モード a の分布から生成された確率を $p(x_1 | a)$ 、運転モード b の分布から生成された確率を $p(x_1 | b)$ で表すものとする、図5(a)の場合は、 $p(x_1 | a) > p(x_1 | b)$ となり、観測値 x_1 に対応する隠れ状態（即ち、運転モード）は a である可能性が高いことがわかる。

【0040】

次に、時刻 $t = 2$ で、図5(b)に示すような観測値 x_2 が観測されたとする。

50

このとき、 $t = 1$ の場合と同様に、二つの分布のうちどちらから x_2 が生成されたかを考えると、 $p(x_2 | a) < p(x_2 | b)$ となり、観測値 x_2 に対応する隠れ状態は b である可能性が高いことになる。

【0041】

但し、異常運転行動検出装置 1 では、運転モード a から運転モード b への状態遷移が起こる確率（モード遷移確率） π_z を考慮してモード確率 $p(z_t | X_t)$ を求めている。つまり、モード遷移確率 π_z が小さい場合（つまり、運転モード a に留まっている確率が高い場合）、確率 $p(x_2 | b)$ が大きかったとしても、運転モード b に関するモード確率 $p(z_t | X_t)$ は小さな値に抑えられる。従って、図 5 (b) に示すような、観測値系列 x_1, x_2 が観測された場合、異常運転行動装置 1 では、この観測値系列 x_1, x_2 から推定される隠れ状態系列が a, b になるとは限らず、モード遷移確率 π_z の影響によって a, a となる可能性が高くなる。

10

【0042】

図 6 (a) は、観測値 x_t を例示するグラフであり、ここではアクセル開度率 (accel)、ブレーキ M/C 圧 (brake)、ステアリング操舵角 (steering) が用いられている。図示されているように、同じ運転モード z となる部分では、観測値 x_t が同様の傾向となることがわかる。なお、運転モード z は、その時々でモード確率 $p(z_t | X_t)$ が最も高いものが選択されるものとする。

【0043】

図 6 (b) は、周回する走行コースを走行したときに得られた観測値 x_t から運転モード z を推定した結果を、そのときの走行位置に対応づけて記載したものである。運転モード z とコース形状、ひいてはコース形状に応じた運転操作との間に関連性があることがわかる。

20

【0044】

図 7 は、運転モード a から運転モード b に切り替わる部分で観測された観測値 x_t （ここでは、ブレーキ M/C 圧、ステアリング操舵角を示す）と、行動モデル A_z から算出される予測値 $A_z \cdot x_{t-1}$ とを比較したグラフである。図示されているように、予測値 $A_z \cdot x_{t-1}$ に対する観測値 x_t の乖離量が許容範囲（図では、モード a 正常範囲）内であれば、その運転モード z でのドライバの運転行動に異常はないと判断され、図示はされていないが、許容範囲を超えて乖離量が大きくなった場合に、ドライバの運転行動に異常があると判断されることになる。

30

【0045】

< 効果 >

以上説明したように、異常運転行動検出装置 1 では、正常時の運転行動をモデル化することで定義された運転モード z 、行動モデル A_z を用いて求められるモード確率 $p(z_t | X_t)$ 及び乖離量 $d_{z,t}$ を統合した期待値 E_t を用いて、異常な運転行動の有無を検出している。従って、異常運転行動検出装置 1 によれば、異常な運転行動の有無を、異常時の運転行動をモデル化した異常時行動モデルを用いることなく検出することができる。しかも、モード確率 $p(z_t | X_t)$ の算出には、モード遷移確率 π が考慮されているため、異常な運転行動の有無を、モード遷移の異常も含めて、ロバストに精度良く検出することができる。

40

【0046】

また、異常運転行動検出装置 1 では、運転モード z 及び行動モデル A_z は、ベータ過程自己回帰隠れマルコフモデル (BP - AR - HMM) を学習させた結果を用いて定義している。その結果、運転モード z の数が、学習データを用いた学習の過程で自動的に決まり、コンピュータが処理し易いモード数が設定されることになるため、学習データの分布から人為的に運転モードの数を決める場合と比較して、運転モードの識別性を向上させることができる。

【0047】

また、異常運転行動検出装置 1 では、個々の運転モード z 毎に乖離量 $d_{z,t}$ の平均値を

50

求め、その平均値が閾値を超えた場合に、その運転モード z に対応するドライバの操作を苦手操作として抽出し報知するようにされている。即ち、BP - AR - HMMで抽出された運転モード z のそれぞれは、運転行動を統計的に説明するに運転の要素を表現しており、更には、その運転要素に対応するプリミティブなドライバの操作要素を表現していると考えられる。このため、平均的に乖離量の大きい運転モード z は、ドライバの苦手操作であるとみなすことができる。

【 0 0 4 8 】

< 他 の 実 施 形 態 >

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されることなく、種々の形態を採り得ることは言うまでもない。例えば、一つの構成要素が有する機能を複数の構成要素に分散させたり、複数の構成要素が有する機能を一つの構成要素に統合したりしてもよい。また、上記実施形態の構成の少なくとも一部を、同様の機能を有する公知の構成に置き換えてもよい。

【 0 0 4 9 】

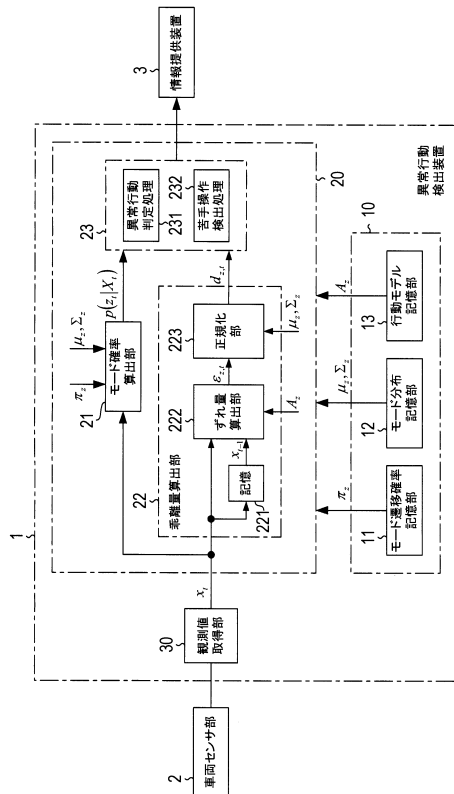
例えば、上記実施形態では、判定部 23 での判定結果に従って、情報提供装置 3 がその判定結果を報知するように構成しているが、判定部 23 での判定結果に従って、ドライバの運転操作をアシストするようにブレーキやステアリングを制御するように構成してもよい。

【符号の説明】

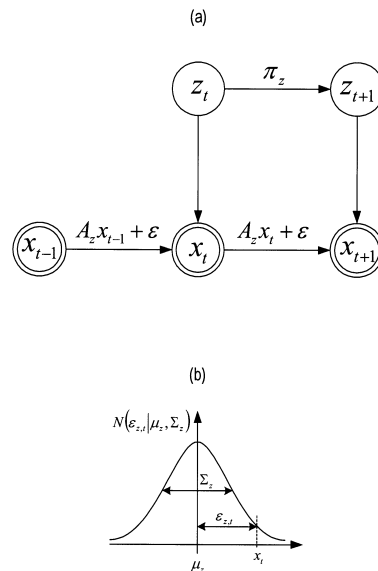
【 0 0 5 0 】

1 ... 異常運転行動検出装置 2 ... 車両センサ群 3 ... 情報提供装置 10 ... 記憶部 11 ... モード遷移確率記憶部 12 ... モード分布記憶部 13 ... 行動モデル記憶部 20 ... 処理実行部 21 ... モード確率算出部 22 ... 乖離量算出部 23 ... 判定部 221 ... 観測値記憶部 222 ... ずれ量算出部 223 ... 正規化部 231 ... 異常行動判定処理 232 ... 苦手操作検出処理

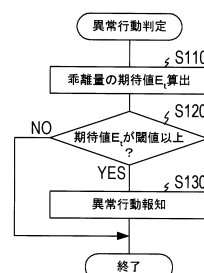
【 図 1 】



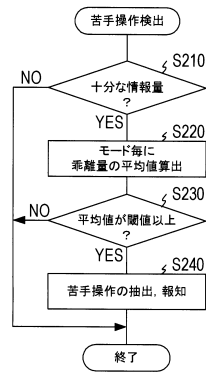
【圖 2】



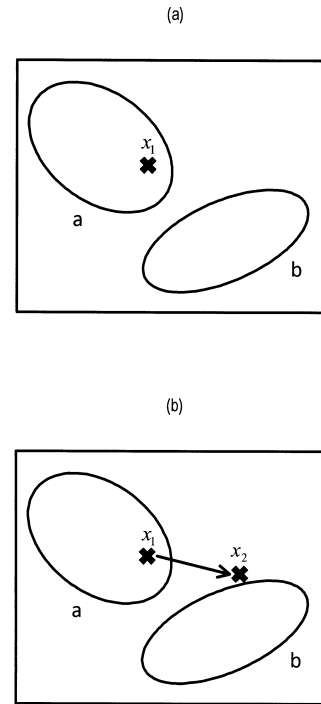
【圖 3】



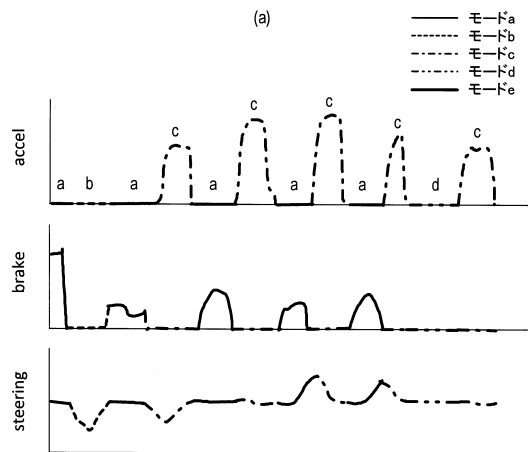
【図4】



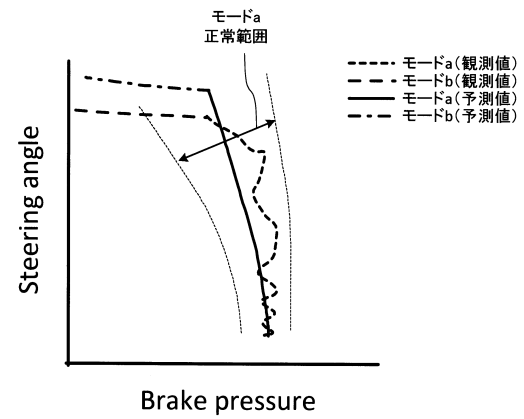
【図5】



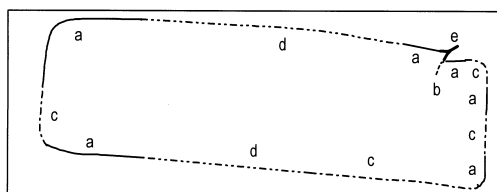
【図6】



【図7】



(b)



フロントページの続き

- (72)発明者 久保 孝富
奈良県生駒市高山町8916番地の5 国立大学法人奈良先端科学技術
大学院大学内
- (72)発明者 濱田 龍之介
奈良県生駒市高山町8916番地の5 国立大学法人奈良先端科学技術
大学院大学内
- (72)発明者 池田 和司
奈良県生駒市高山町8916番地の5 国立大学法人奈良先端科学技術
大学院大学内

審査官 高田 基史

- (56)参考文献 特開2009-157606(JP,A)
特開平11-099847(JP,A)
濱田 龍之介 Ryunosuke HAMADA, 運転行動予測に向けた運転操作時系列データへのノンパラ
メトリックベイズ法の適用 Towards driving behavior prediction: Applying nonparametric
Bayesian approach to driving operation time series data, 電子情報通信学会技術研究報告
Vol. 112 No. 484 IEICE Technical Report, 日本, 一般社団法人電子情報通信
学会 The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 2013年
3月 7日, 第112巻, 265-270ページ

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G08G 1/00-99/00
B60W 10/00-50/16