

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A) (11)特許出願公開番号

特開2003 - 275193

(P2003 - 275193A)

(43)公開日 平成15年9月30日(2003.9.30)

(51) Int. Cl ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
A 6 1 B 5/16		A 6 1 B 5/16	4 C 0 1 7
5/00		5/00	G 4 C 0 2 7
5/0205		5/04	A 4 C 0 3 8
5/04		5/08	
5/0402		5/10 310 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10数) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2002 - 88095(P2002 - 88095)

(22)出願日 平成14年3月27日(2002.3.27)

(71)出願人 500466739
財団法人奈良先端科学技術大学院大学支援財団
奈良県生駒市高山町8916番地12

(72)発明者 黒岡 武俊
奈良県生駒市高山町8916 - 5 奈良先端科学技術大学院大学内

(72)発明者 西谷 紘一
奈良県生駒市高山町8916 - 5 奈良先端科学技術大学院大学内

(74)代理人 100067828
弁理士 小谷 悦司 (外1名)

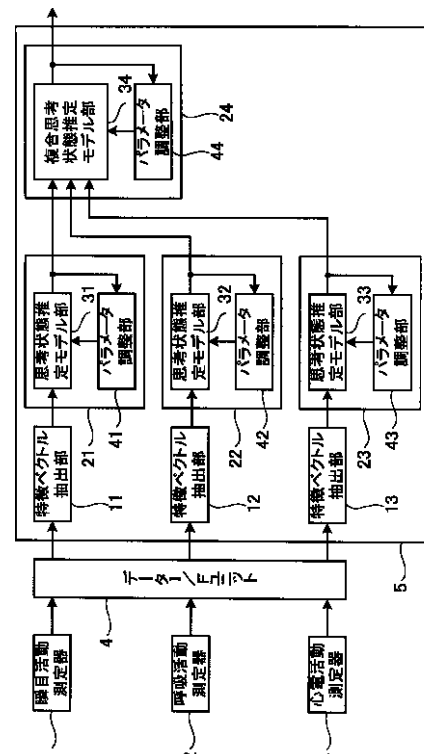
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 思考状態推定装置

(57)【要約】

【課題】 被測定者の思考状態を高精度に安定して推定することができる思考状態推定装置を提供する。

【解決手段】 特徴ベクトル抽出部 1 1 により被測定者の瞬目活動データから瞬目活動特徴ベクトルを抽出し、特徴ベクトル抽出部 1 2 により被測定者の呼吸活動データから呼吸活動特徴ベクトルを抽出し、特徴ベクトル抽出部 1 3 により被測定者の心電活動データから心電活動特徴ベクトルを抽出し、一次思考状態推定部 2 1 ~ 2 3 により各特徴ベクトルから第 1 乃至第 3 の思考状態を推定し、二次思考状態推定部 2 4 により第 1 乃至第 3 の思考状態から被測定者の思考状態を推定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定者の第1の生理指標データを基に当該生理指標の特徴を表す第1の特徴量を抽出する第1の特徴量抽出手段と、

被測定者の前記第1の生理指標データと異なる第2の生理指標データを基に当該生理指標の特徴を表す第2の特徴量を抽出する第2の特徴量抽出手段と、

前記第1及び第2の特徴量を基に思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態を推定する思考状態推定手段とを備えることを特徴とする思考状態推定装置。

【請求項2】 前記思考状態推定手段は、前記第1の特徴量を基に第1の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第1の思考状態を推定する第1の一次思考状態推定手段と、

前記第2の特徴量を基に第2の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第2の思考状態を推定する第2の一次思考状態推定手段と、

前記第1及び第2の思考状態を基に第1及び第2の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態を推定する二次思考状態推定手段とを含むことを特徴とする請求項1記載の思考状態推定装置。

【請求項3】 前記第1の一次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に前記第1の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する第1の一次調整手段をさらに含み、

前記第2の一次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に前記第2の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する第2の一次調整手段をさらに含み、

前記二次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に前記第1及び第2の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する二次調整手段をさらに含むことを特徴とする請求項2記載の思考状態推定装置。

【請求項4】 前記第1の生理指標データは、被測定者の瞬目活動を表す瞬目活動データを含み、

前記第2の生理指標データは、被測定者の呼吸活動を表す呼吸活動データを含むことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の思考状態推定装置。

【請求項5】 被測定者の前記第1及び第2の生理指標データと異なる第3の生理指標データを基に当該生理指標の特徴を表す第3の特徴量を抽出する第3の特徴量抽出手段をさらに含み、

前記思考状態推定手段は、

前記第1の特徴量を基に第1の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第1の思考状態を推定する第1の一次思考状態推定手段と、

前記第2の特徴量を基に第2の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第2の思考状態を推定する第2の一次思考状態推定手段と、

前記第3の特徴量を基に第3の生理指標データ用思考状

*態推定モデルを用いて第3の思考状態を推定する第3の一次思考状態推定手段と、

前記第1乃至第3の思考状態を基に第1乃至第3の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態を推定する二次思考状態推定手段とを含み、

前記第1の一次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に前記第1の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する第1の一次調整手段をさらに含み、

10 前記第2の一次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に前記第2の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する第2の一次調整手段をさらに含み、

前記第3の一次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に前記第3の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する第3の一次調整手段をさらに含み、

前記二次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に前記第1乃至第3の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する二次調整手段をさらに含み、

前記第1の生理指標データは、被測定者の瞬目活動を表す瞬目活動データを含み、

前記第2の生理指標データは、被測定者の呼吸活動を表す呼吸活動データを含み、

前記第3の生理指標データは、被測定者の心電活動を表す心電活動データ及び被測定者の脈拍活動を表す脈拍活動データのうちの一方を含むことを特徴とする請求項1記載の思考状態推定装置。

【請求項6】 前記思考状態推定手段は、予め定められた複数の思考状態の中から一つの思考状態を推定することを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の思考状態推定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、互いに異なる複数の生理指標データから人間の思考状態を推定する思考状態推定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】人間が大規模なプラント等を運転する場合、知識や経験に基づいた冷静な判断及び問題解決が求められるが、時間的な制約や判断結果の重大性等から大きなストレスの下で作業が行われるため、人間の思考を助け、判断を間違えないように人間を支援するプラント運転支援システムが必要とされている。

【0003】上記のプラント運転支援システムを実現するためには、人間の思考状態を特定する必要があり、例えば、人間の脳波データを用いて思考状態を推定する方法が提案されている。この脳波データを用いた思考状態推定方法では、思考状態として、自信状態、推測状態及び混乱状態の3つの基本モードを定義し、人間の頭部に

貼り付けた10極の電極から得られる脳波データを用いて3つの基本モードの中から思考状態を推定していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の脳波データを用いた従来の思考状態推定方法では、一種類の脳波データのみを用いて思考状態を推定していたため、測定日による測定条件の変動等に応じて推定結果が変動し、人間の思考状態を安定して精度よく推定することができなかった。また、脳波データを測定するためには、10極の電極を頭部に貼り付ける必要があり、被測定者の精神的な負荷が大きくなるとともに、測定準備に多大な時間を要し、さらに、被測定者の動作を制約するという問題もあった。

【0005】本発明の目的は、被測定者の思考状態を高精度に安定して推定することができる思考状態推定装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係る思考状態推定装置は、被測定者の第1の生理指標データを基に当該生理指標の特徴を表す第1の特徴量を抽出する第1の特徴量抽出手段と、被測定者の第1の生理指標データと異なる第2の生理指標データを基に当該生理指標の特徴を表す第2の特徴量を抽出する第2の特徴量抽出手段と、第1及び第2の特徴量を基に思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態を推定する思考状態推定手段とを備えるものである。

【0007】本発明に係る思考状態推定装置においては、被測定者の第1の生理指標データを基に当該生理指標の特徴を表す第1の特徴量が抽出され、被測定者の第2の生理指標データを基に当該生理指標の特徴を表す第2の特徴量が抽出され、第1及び第2の特徴量を基に思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態が推定される。

【0008】このように、2種類の生理指標データを基に思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態を推定しているため、単一の生理指標データを用いて被測定者の思考状態を推定する場合に比べて、被測定者の思考状態を高精度に安定して推定することができる。

【0009】思考状態推定手段は、第1の特徴量を基に第1の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第1の思考状態を推定する第1の一次思考状態推定手段と、第2の特徴量を基に第2の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第2の思考状態を推定する第2の一次思考状態推定手段と、第1及び第2の思考状態を基に第1及び第2の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態を推定する二次思考状態推定手段とを含むことが好ましい。

【0010】この場合、第1の特徴量を基に第1の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第1の思考状態が推定され、第2の特徴量を基に第2の生理指標データ

用思考状態推定モデルを用いて第2の思考状態が推定され、第1及び第2の思考状態を基に第1及び第2の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態が推定される。

【0011】このように、各生理指標データに適した思考状態推定モデルを用いて思考状態を推定した後に、さらに、2種類の生理指標データに適した思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態を推定しているため、被測定者の思考状態をより高精度に安定して推定することができる。

【0012】第1の一次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に第1の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する第1の一次調整手段をさらに含み、第2の一次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に第2の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する第2の一次調整手段をさらに含み、二次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に第1及び第2の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する二次調整手段をさらに含むことが好ましい。

【0013】この場合、自身の推定結果を基に第1の生理指標データ用思考状態推定モデル及び第2の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータがそれぞれ調整されるとともに、自身の推定結果を基に第1及び第2の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータが調整されるため、例えば、思考状態として複数の思考状態が予め定められている場合、各思考状態を誘発させる誘発実験を行い、誘発されている思考状態を推定できるように各思考状態推定モデルのパラメータを変更することができ、被測定者の思考状態をさらに高精度に安定して推定することができる。

【0014】第1の生理指標データは、被測定者の瞬目活動を表す瞬目活動データを含み、第2の生理指標データは、被測定者の呼吸活動を表す呼吸活動データを含むことが好ましい。

【0015】この場合、被測定者の瞬目活動を表す瞬目活動データ及び被測定者の呼吸活動を表す呼吸活動データの測定は、脳波データの測定に比べて、被測定者の精神的な負荷が小さく、測定準備も迅速に行うことができ、さらに、被測定者の動作もあまり制約しないため、種々の思考状態を容易に推定することができる。

【0016】思考状態推定装置は、被測定者の第1及び第2の生理指標データと異なる第3の生理指標データを基に当該生理指標の特徴を表す第3の特徴量を抽出する第3の特徴量抽出手段をさらに含み、思考状態推定手段は、第1の特徴量を基に第1の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第1の思考状態を推定する第1の一次思考状態推定手段と、第2の特徴量を基に第2の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第2の思考状態を推定する第2の一次思考状態推定手段と、第3の

特徴量を基に第3の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第3の思考状態を推定する第3の一次思考状態推定手段と、第1乃至第3の思考状態を基に第1乃至第3の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態を推定する二次思考状態推定手段とを含み、第1の一次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に第1の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する第1の一次調整手段をさらに含み、第2の一次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に第2の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する第2の一次調整手段をさらに含み、第3の一次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に第3の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する第3の一次調整手段をさらに含み、二次思考状態推定手段は、自身の推定結果を基に第1乃至第3の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータを調整する二次調整手段をさらに含み、第1の生理指標データは、被測定者の瞬目活動を表す瞬目活動データを含み、第2の生理指標データは、被測定者の呼吸活動を表す呼吸活動データを含み、第3の生理指標データは、被測定者の心電活動を表す心電活動データ及び被測定者の脈拍活動を表す脈拍活動データのうちの一方を含むことが好ましい。

【0017】この場合、第1の特徴量を基に第1の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第1の思考状態が推定され、第2の特徴量を基に第2の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第2の思考状態が推定され、第3の特徴量を基に第2の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて第3の思考状態が推定され、第1乃至第3の思考状態を基に第1乃至第3の生理指標データ用思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態が推定される。

【0018】このように、各生理指標データに適した思考状態推定モデルを用いて思考状態を推定した後に、さらに、3種類の生理指標データに適した思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態を推定しているため、被測定者の思考状態をより高精度に安定して推定することができる。

【0019】また、自身の推定結果を基に第1の生理指標データ用思考状態推定モデル、第2の生理指標データ用思考状態推定モデル及び第3の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータがそれぞれ調整されるとともに、自身の推定結果を基に第1乃至第3の生理指標データ用思考状態推定モデルのパラメータが調整されるので、例えば、思考状態として複数の思考状態が予め定められている場合、各思考状態を誘発させる誘発実験を行い、誘発されている思考状態を推定できるように各思考状態推定モデルのパラメータを変更することができ、被測定者の思考状態をさらに高精度に安定して推定することができる。

【0020】さらに、被測定者の瞬目活動を表す瞬目活動データ、被測定者の呼吸活動を表す呼吸活動データ、被測定者の心電活動を表す心電活動データ及び被測定者の脈拍活動を表す脈拍活動データの測定は、脳波データの測定に比べて、被測定者の精神的な負荷が小さく、測定準備も迅速に行うことができ、さらに、被測定者の動作もあまり制約しないので、種々の思考状態を容易に推定することができる。

【0021】思考状態推定手段は、予め定められた複数の思考状態の中から一つの思考状態を推定することが好ましい。この場合、推定すべき思考状態が予め定められているので、被測定者の思考状態をより高精度に安定して推定することができる。また、自身の推定結果を基に思考状態推定モデルのパラメータを調整することができる場合、各思考状態を誘発させる誘発実験を行い、誘発されている思考状態を推定できるように各思考状態推定モデルのパラメータを変更することができ、被測定者の思考状態をさらに高精度に安定して推定することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態による思考状態推定装置について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の一実施の形態による思考状態推定装置の構成を示すブロック図である。

【0023】図1に示す思考状態推定装置は、瞬目活動測定器1、呼吸活動測定器2、心電活動測定器3、データI/F(インターフェイス)ユニット4、及びコンピュータ5を備える。コンピュータ5は、ROM(リードオンリメモリ)51、CPU(中央演算処理装置)52、RAM(ランダムアクセスメモリ)53、外部記憶装置54、通信部55、入力部56、表示部57及び記録媒体駆動装置58を備える。

【0024】瞬目活動測定器1は、例えば、瞬目活動を測定するための公知の円盤電極等から構成され、この円盤電極が被測定者の目の上部及び下部に装着される。呼吸活動測定器2は、例えば、呼吸活動を測定するための公知のベルト状の測定器等から構成され、この測定器が被測定者の脇下部の胴周りに装着される。心電活動測定器3は、例えば、心電活動を測定するための公知の円盤電極等から構成され、この円盤電極が被測定者の胸部の左上部及び右下部に装着される。

【0025】データI/Fユニット4は、瞬目活動測定器1から出力される瞬目活動データ、呼吸活動測定器2から出力される呼吸活動データ、心電活動測定器3から出力される心電活動データを収集してコンピュータ5へ出力する。データI/Fユニット4としては、例えば、BIOPAC Systems社製のMP150システムを用いることができ、サンプリング周波数100Hzで各生理指標データを測定することができる。

【0026】コンピュータ5は、通常のパーソナルコン

ピュータ等から構成され、例えば、IBM社製ThinkPad A21p (Type 2629) を用いることができる。コンピュータ5内部の各ブロックは内部バスに接続され、このバスを介して種々のデータ等が入出力され、CPU52の制御の下、種々の処理が実行される。

【0027】ROM51には、BIOS (Basic Input/Output System) 等のシステムプログラム等が記憶される。外部記憶装置54は、ハードディスクドライブ等から構成され、外部記憶装置54には所定のOS (Operating System) 及び後述する思考状態推定プログラム等が記憶される。CPU52は、外部記憶装置54から思考状態推定プログラム等を読み出し、後述する思考状態推定処理等を実行し、各ブロックの動作を制御する。RAM53は、CPU52の作業領域等として用いられる。

【0028】通信部55は、例えば、LAN (Local Area Network) カード等から構成され、データI/Fユニット4から出力される各種生理指標データを受信してCPU52等へ出力する。入力部56は、キーボード、マウス等から構成され、測定者が種々のデータ及び操作指令等を入力するために使用される。表示部57は、液晶表示装置等から構成され、CPU52の制御の下に種々の操作画面及び測定結果画面等を表示する。

【0029】記録媒体駆動装置58は、CD-ROMドライブ、フロッピーディスクドライブ等から構成される。なお、思考状態推定プログラムは、CD-ROM、フロッピーディスク等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体59に記録し、記録媒体駆動装置58により記録媒体59から思考状態推定プログラムを読み出して外部記憶装置54にインストールして実行するようにしてもよい。また、思考状態推定プログラムが所定のネットワークを介して図1に示す思考状態推定装置に接続された他のコンピュータ等に記憶されている場合、当該コンピュータからネットワークを介して思考状態推定プログラムをダウンロードして実行するようにしてもよい。

【0030】図2は、図1に示す思考状態推定装置のコンピュータ5の主要機能の構成を示すブロック図である。図2に示すように、コンピュータ5は、思考状態推定プログラムを実行することにより、特徴ベクトル抽出部11~13、一次思考状態推定部21~23及び二次思考状態推定部24として機能する。各一次思考状態推定部21~23は思考状態推定モデル部31~33及びパラメータ調整部41~43をそれぞれ含み、二次思考状態推定部24は複合思考状態推定モデル部34及びパラメータ調整部44を含む。なお、本実施の形態では、上記の各機能をコンピュータ5及び思考状態推定プログラム等を用いて実現しているが、専用のハードウェアを用いて各機能を実現するようにしてもよい。

【0031】特徴ベクトル抽出部11は、データI/Fユニット4から瞬目活動データを入力され、瞬目活動デ

ータから瞬目活動特徴ベクトルを抽出する。例えば、特徴ベクトル抽出部11は、一定時間 (例えば、5.12秒毎) の瞬目活動データを高速フーリエ変換し、周波数帯域0~15Hzにおける78次元の瞬目活動特徴ベクトル $x_{EOG} = [r_{EOG,1}, r_{EOG,2}, \dots, r_{EOG,77}, r_{EOG,78}]^T$ を一次思考状態推定部21へ出力する。

【0032】特徴ベクトル抽出部12は、データI/Fユニット4から呼吸活動データを入力され、呼吸活動データから呼吸活動特徴ベクトルを抽出する。例えば、特徴ベクトル抽出部12は、一定時間 (例えば、5.12秒毎) の呼吸活動データを高速フーリエ変換し、周波数帯域0~2.5Hzにおける27次元の呼吸活動特徴ベクトル $x_{RSP} = [r_{RSP,1}, r_{RSP,2}, \dots, r_{RSP,26}, r_{RSP,27}]^T$ を一次思考状態推定部22へ出力する。

【0033】特徴ベクトル抽出部13は、データI/Fユニット4から心電活動データを入力され、心電活動データから心電活動特徴ベクトルを抽出する。例えば、特徴ベクトル抽出部13は、一定時間 (例えば、5.12秒毎) の心電活動データを高速フーリエ変換し、周波数帯域0~30Hzにおける155次元の心電活動特徴ベクトル $x_{ECG} = [r_{ECG,1}, r_{ECG,2}, \dots, r_{ECG,154}, r_{ECG,155}]^T$ を一次思考状態推定部23へ出力する。

【0034】なお、抽出される特徴量は、上記の例に特に限定されず、他の特徴量を抽出するようにしてもよく、例えば、呼吸活動データの場合、特徴ベクトル抽出部12及び一次思考状態推定部22の代わりに、呼吸開始から5秒間の全呼吸データ (624データ) を特徴量とし、この特徴量をSOM (SelfOrganizing Map) アルゴリズムによって学習し、学習後のSOMマップのノードと各思考状態の時間帯の呼吸曲線特徴量との類似度を求め、最も類似度の高いノードの座標と類似度を算出するようにしてもよい。

【0035】一次思考状態推定部21は、78次元の瞬目活動特徴ベクトル x_{EOG} を思考状態推定モデル部31に入力させ、思考状態推定モデル部31の出力を第1の思考状態として二次思考状態推定部24へ出力する。思考状態推定モデル部31は、瞬目活動データ用思考状態推定モデルであり、例えば、3層のニューラルネットワークモデル (NNモデル) から構成され、78次元の瞬目活動特徴ベクトル x_{EOG} を入力層とし、3次元の思考状態ベクトル $y_{EOG} = g_{EOG}(x_{EOG})$ を出力層とし、中間層のノード数は10である。パラメータ調整部31は、思考状態推定モデル部31の出力を基に思考状態推定モデル部31のパラメータを調整する。

【0036】一次思考状態推定部22は、27次元の呼吸活動特徴ベクトル x_{RSP} を思考状態推定モデル部32に入力させ、思考状態推定モデル部32の出力を第2の思考状態として二次思考状態推定部24へ出力する。思考状態推定モデル部32は、呼吸活動データ用思考状態推定モデルであり、例えば、3層のニューラルネットワ

ークモデルから構成され、27次元の呼吸活動特徴ベクトル x_{RSP} を入力層とし、3次元の思考状態ベクトル $y_{RSP} = g_{RSP}(x_{RSP})$ を出力層とし、中間層のノード数は4である。パラメータ調整部31は、思考状態推定モデル部31の推定結果を基に思考状態推定モデル部31のパラメータを調整する。

【0037】一次思考状態推定部23は、155次元の心電活動特徴ベクトル x_{ECG} を思考状態推定モデル部33に入力させ、思考状態推定モデル部33の出力を第3の思考状態として二次思考状態推定部24へ出力する。思考状態推定モデル部33は、心電活動データ用思考状態推定モデルであり、例えば、3層のニューラルネットワークモデルから構成され、155次元の心電活動特徴ベクトル x_{ECG} を入力層とし、3次元の思考状態ベクトル $y_{ECG} = g_{ECG}(x_{ECG})$ を出力層とし、中間層のノード数は10である。パラメータ調整部33は、思考状態推定モデル部31の出力を基に思考状態推定モデル部31のパラメータを調整する。

【0038】ここで、基本モードについて説明する。図1に示す思考状態推定装置は、予め定められた複数の思考状態の中から一つの思考状態を推定し、この複数の思考状態が基本モードとなる。本実施の形態では、基本モードとして、例えば、自信状態(mode A)、推測及び思案状態(mode B)及び混乱状態(mode C)を用いている。

【0039】自信状態(mode A)は、推理や判断に対して自信をもって解答を進めている状態であり、この状態では、被測定者は何らかの明確な方針をもって問題に対応している。推測及び思案状態(mode B)は、検討すべき解答方針をいくつか思いついたが、絞り込みできずに推測及び思案している状態であり、自信状態(mode A)と比較して、この状態では、被測定者は確信を持たずに思考を進めている。混乱状態(mode C)は、解答方針が考えつかない、又は、試行錯誤したが、解答に行き詰まった混乱又は不安の状態である。また、本実施の形態では、上記の3つの基本モードに加えて、基準となる閉眼安静状態(mode R)を定義している。なお、基本モードは、上記の例に特に限定されず、他の思考状態を基本モードとしてもよく、例えば、喜怒哀楽等の感情的な心理状態等を用いてもよい。

【0040】上記のように基本モードが予め設定されている場合、パラメータ調整部31は、各基本モードの誘発実験を行って自信状態(mode A)で $y_{EOG} = [1, 0, 0]^T$ 、推測及び思案状態(mode B)で $y_{EOG} = [0, 1, 0]^T$ 、混乱状態(mode C)で $y_{EOG} = [0, 0, 1]^T$ 、閉眼安静状態(mode R)で $y_{EOG} = [0, 0, 0]^T$ になるように、バックプロバゲーション法を用いて、思考状態推定モデル部31すなわちニューラルネットワークモデルのパラメータを調整し、ニューラルネットワークを再構築する。

【0041】また、同様に、自信状態(mode A)で $y_{RSP} = [1, 0, 0]^T$ 、推測及び思案状態(mode B)で $y_{RSP} = [0, 1, 0]^T$ 、混乱状態(mode C)で $y_{RSP} = [0, 0, 1]^T$ 、閉眼安静状態(mode R)で $y_{RSP} = [0, 0, 0]^T$ になるように、バックプロバゲーション法を用いて、パラメータ調整部32は思考状態推定モデル部32のパラメータを調整し、パラメータ調整部33は思考状態推定モデル部33のパラメータを調整し、各ニューラルネットワークを再構築する。

【0042】二次思考状態推定部24は、3つの思考状態ベクトル $y_{EOG}, y_{RSP}, y_{ECG}$ を連結したデータ $x_{new} = [y_{EOG,a}, y_{EOG,b}, y_{EOG,c}, y_{RSP,a}, y_{RSP,b}, y_{RSP,c}, y_{ECG,a}, y_{ECG,b}, y_{ECG,c}]^T$ を複合思考状態推定モデル部34に入力させ、複合思考状態推定モデル部34の出力を被測定者の思考状態として出力する。複合思考状態推定モデル部34は、瞬目活動データ、呼吸活動データ及び心電活動データ用思考状態推定モデルであり、例えば、3層のニューラルネットワークモデルから構成され、データ x_{new} を入力層とし、3次元の思考状態ベクトル $y_{new} = g_{new}(x_{new})$ を出力層とし、中間層のノード数は8である。

【0043】パラメータ調整部34は、複合思考状態推定モデル部34の出力を基に複合思考状態推定モデル部34のパラメータを調整する。例えば、上記のように基本モードが予め設定されている場合、パラメータ調整部34は、各基本モードの誘発実験を行って自信状態(mode A)で $y_{new} = [1, 0, 0]^T$ 、推測及び思案状態(mode B)で $y_{new} = [0, 1, 0]^T$ 、混乱状態(mode C)で $y_{new} = [0, 0, 1]^T$ 、閉眼安静状態(mode R)で $y_{new} = [0, 0, 0]^T$ になるように、バックプロバゲーション法を用いて、複合思考状態推定モデル部44すなわちニューラルネットワークモデルのパラメータを調整し、ニューラルネットワークを再構築する。

【0044】なお、思考状態推定装置の構成は、上記の例に特に限定されず、種々の変更が可能であり、例えば、二次思考状態推定部を省略して一次思考状態推定部21~23の出力のうち被測定者がどの基本モードにあるかを最も明確に示している出力(例えば、出力データの各要素間の偏差が最大になるもの)を選択したり、一次思考状態推定部21~23を省略して特徴ベクトル抽出部11~13の各出力を連結した260次元の特徴ベクトルを二次思考状態推定部へ直接入力したり、心電活動データを用いずに特徴ベクトル抽出部13及び一次思考状態推定部23を省略して瞬目活動データ及び呼吸活動データに適した二次思考状態推定部を用いるようにしてもよい。

【0045】本実施の形態では、特徴ベクトル抽出部11が第1の特徴量抽出手段に相当し、特徴ベクトル抽出

部12が第2の特徴量抽出手段に相当し、特徴ベクトル抽出部13が第3の特徴量抽出手段に相当し、一次思考状態推定部21~23及び二次思考状態推定部24が思考状態推定手段に相当する。また、一次思考状態推定部21が第1の一次思考状態推定手段に相当し、一次思考状態推定部22が第2の一次思考状態推定手段に相当し、一次思考状態推定部23が第3の一次思考状態推定手段に相当し、二次思考状態推定部24が二次思考状態推定手段に相当する。

【0046】また、思考状態推定モデル31が第1の生理指標データ用思考状態推定モデルに相当し、パラメータ調節部41が第1の一次調整手段に相当し、思考状態推定モデル32が第2の生理指標データ用思考状態推定モデルに相当し、パラメータ調節部42が第2の一次調整手段に相当し、思考状態推定モデル33が第3の生理指標データ用思考状態推定モデルに相当し、パラメータ調節部43が第3の一次調整手段に相当し、複合思考状態推定モデル34が第1及び第2の生理指標データ用思考状態推定モデル並びに第1乃至第3の生理指標データ用思考状態推定モデルに相当し、パラメータ調節部44

が二次調整手段に相当する。
【0047】次に、上記のように構成された思考状態推定装置の動作について説明する。図3は、図2に示す思考状態推定装置の思考状態推定処理を説明するためのフローチャートである。なお、図3に示す思考状態推定処理は、外部記憶装置54に記憶されている思考状態推定プログラム等をCPU52等により実行することにより行われる。

【0048】まず、被測定者に瞬目活動測定器1、呼吸活動測定器2及び心電活動測定器3を取り付けた状態で、ステップS1において、特徴ベクトル抽出部11~13は、データI/Fユニット4を介して入力される瞬目活動データ、呼吸活動データ及び心電活動データを例えば、5.12秒毎に高速フーリエ変換し、周波数帯域0~15Hzにおける78次元の瞬目活動特徴ベクトル x_{EOG} 、周波数帯域0~2.5Hzにおける27次元の呼吸活動特徴ベクトル x_{RSP} 及び周波数帯域0~30Hzにおける155次元の心電活動特徴ベクトル x_{ECG} をそれぞれ一次思考状態推定部21~23へ出力する。

【0049】次に、一次思考状態推定部21~23は、現在、誘発実験が行われているか否かを判断し、誘発実験が行われている場合にステップS5へ移行し、誘発実験が行われていない場合にステップS3へ移行する。この誘発実験の判断は、例えば、測定者が入力部56等を用いて誘発実験を行っていること及びその基本モードを入力した場合に、誘発実験が行われているとCPU52が判断する。

【0050】誘発実験が行われている場合、ステップS5において、一次思考状態推定部21~23は、瞬目活動特徴ベクトル x_{EOG} 、呼吸活動特徴ベクトル x_{RSP} 及び

心電活動特徴ベクトル x_{ECG} を思考状態推定モデル部31~33に入力させ、思考状態推定モデル部31~33は、思考状態ベクトル y_{EOG} 、 y_{RSP} 、 y_{ECG} をパラメータ調整部31~33及び二次思考状態推定部24へ出力する。

【0051】次に、ステップS6において、パラメータ調整部31~33は、自信状態(mode A)で $y_{RSP} = [1, 0, 0]^T$ 、推測及び思案状態(mode B)で $y_{RSP} = [0, 1, 0]^T$ 、混乱状態(mode C)で $y_{RSP} = [0, 0, 1]^T$ 、閉眼安静状態(mode R)で $y_{RSP} = [0, 0, 0]^T$ になるように、バックプロバゲーション法を用いて、思考状態推定モデル部31~33のパラメータを調整し、各ニューラルネットワークを再構築する。

【0052】次に、ステップS7において、二次思考状態推定部24は、思考状態ベクトル y_{EOG} 、 y_{RSP} 、 y_{ECG} を連結したデータ x_{new} を、複合思考状態推定モデル部34に入力させ、複合思考状態推定モデル部34は、3次元の思考状態ベクトル y_{new} をパラメータ調整部44へ出力する。

【0053】次に、ステップS8において、パラメータ調整部44は、自信状態(mode A)で $y_{new} = [1, 0, 0]^T$ 、推測及び思案状態(mode B)で $y_{new} = [0, 1, 0]^T$ 、混乱状態(mode C)で $y_{new} = [0, 0, 1]^T$ 、閉眼安静状態(mode R)で $y_{new} = [0, 0, 0]^T$ になるように、バックプロバゲーション法を用いて、複合思考状態推定モデル部44のパラメータを調整し、ニューラルネットワークを再構築する。

【0054】上記の誘発実験時の処理により、誘発されている思考状態を推定できるように思考状態推定モデル部31~33及び複合思考状態推定モデル部44のパラメータを変更することができるので、後述する思考状態の推定処理において被測定者の思考状態を高精度に安定して推定することができる。

【0055】一方、誘発実験が行われていない場合、ステップS3において、一次思考状態推定部21~23は、ステップS6においてパラメータが最適化された思考状態推定モデル部31~33に瞬目活動特徴ベクトル x_{EOG} 、呼吸活動特徴ベクトル x_{RSP} 及び心電活動特徴ベクトル x_{ECG} を入力させ、思考状態推定モデル部31~33は、思考状態ベクトル y_{EOG} 、 y_{RSP} 、 y_{ECG} を二次思考状態推定部24へ出力する。

【0056】次に、ステップS4において、二次思考状態推定部24は、思考状態ベクトル y_{EOG} 、 y_{RSP} 、 y_{ECG} を連結したデータ x_{new} を、ステップS8においてパラメータが最適化された複合思考状態推定モデル部34に入力させ、複合思考状態推定モデル部34は、3次元の思考状態ベクトル y_{new} を推定された思考状態として出力する。したがって、 $y_{new} = [1, 0, 0]^T$ の場合

は被測定者の思考状態が自信状態 (mode A) であり、 $y_{new} = [0, 1, 0]^T$ の場合は被測定者の思考状態が推測及び思案状態 (mode B) であり、 $y_{new} = [0, 0, 1]^T$ の場合は被測定者の思考状態が混乱状態 (mode C) であり、 $y_{new} = [0, 0, 0]^T$ の場合は被測定者の思考状態が閉眼安静状態 (mode R) であることがわかる。

【0057】上記の処理により、3種類の瞬目活動データ、呼吸活動データ及び心電活動データに対して瞬目活動データに適した思考状態推定モデル部31、呼吸活動データに適した思考状態推定モデル部32及び心電活動データに適した思考状態推定モデル部33を用いて思考状態を推定した後に、さらに、3種類の瞬目活動データ、呼吸活動データ及び心電活動データに適した複合思考状態推定モデル部34を用いて被測定者の思考状態を推定しているの、被測定者の思考状態を高精度に安定して推定することができる。また、瞬目活動データ、呼吸活動データ及び心電活動データの測定は、脳波データの測定に比べて、被測定者の精神的な負荷が小さく、測定準備も迅速に行うことができ、さらに、被測定者の動作もあまり制約しないので、種々の思考状態を容易に推定することができる。

【0058】なお、本発明に用いられる生理指標データは、上記の例に特に限定されず、脈拍活動データ、発汗活動データ、体温活動データ等の他の生理指標データを任意に組み合わせて用いてもよい。また、脈拍活動データは心電活動データと同様の生理指標となるので、心電活動データの代わりに脈拍活動データを用いてもよい。また、心電活動データを用いずに、瞬目活動データ及び呼吸活動データのみを用いてもよい。

【0059】また、上記の説明では、一次思考状態推定部21~23及び二次思考状態推定部24により思考状態を二段階で推定したが、三段階以上の多段により思考状態を推定するようにしてもよい。

*【0060】また、本発明による思考状態推定装置は、種々の用途のシステムに適用することができ、例えば、推定した思考状態から被測定者の混乱状態等を検出し、この状態の被測定者に対する適切な対応処置等のアドバイスを行うプラント運転支援システムや、推定した思考状態からトレーニングメニューを変更したり被測定者の弱点を見出すプラント運転訓練システム等に適用することができる。

【0061】

【発明の効果】本発明によれば、2種類の生理指標データを基に思考状態推定モデルを用いて被測定者の思考状態を推定しているの、単一の生理指標データを用いて被測定者の思考状態を推定する場合に比べて、被測定者の思考状態を高精度に安定して推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態による思考状態推定装置の構成を示すブロック図である。

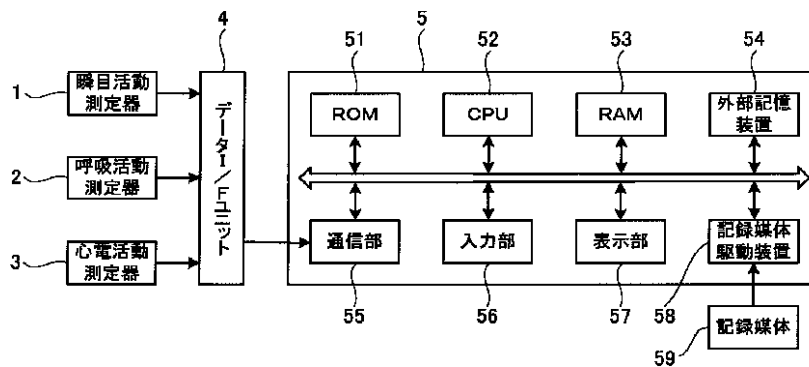
【図2】 図1に示す思考状態推定装置のコンピュータの主要機能の構成を示すブロック図である。

【図3】 図2に示す思考状態推定装置の思考状態推定処理を説明するためのフローチャートである。

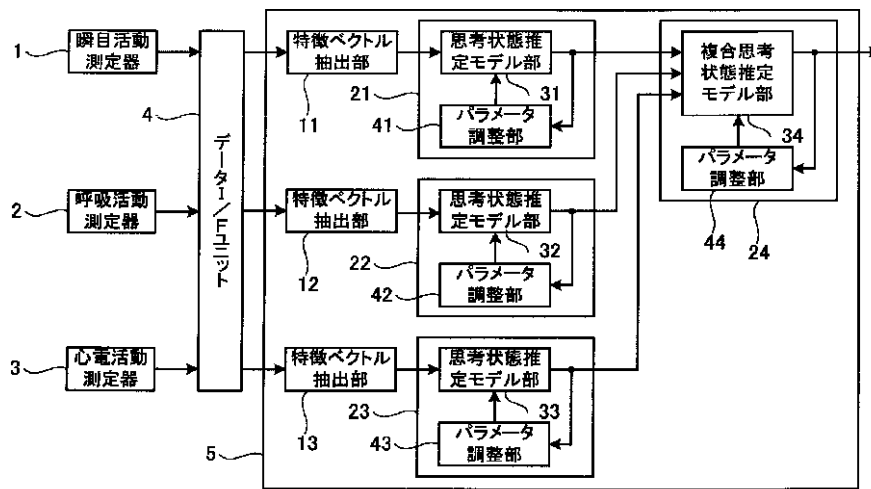
【符号の説明】

- 1 瞬目活動測定器
- 2 呼吸活動測定器
- 3 心電活動測定器
- 4 データI/Fユニット
- 5 コンピュータ
- 11~13 特徴ベクトル抽出部
- 21~23 一次思考状態推定部
- 24 二次思考状態推定部
- 31~33 思考状態推定モデル部
- 34 複合思考状態推定モデル部
- 41~43, 44 パラメータ調整部

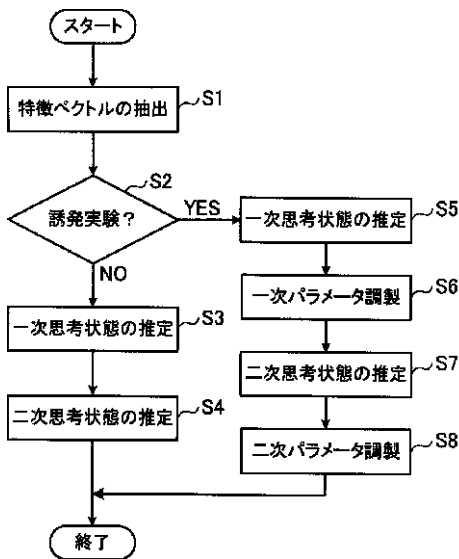
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コード ⁸ (参考)	
A 6 1 B	5/0452	A 6 1 B	5/04	3 1 0 M
	5/08			3 1 2 C
	5/11		5/02	C

(72)発明者 山下 裕
 奈良県生駒市高山町8916 - 5 奈良先端科学技術大学院大学内

(72)発明者 安東 雅人
 奈良県生駒市高山町8916 - 5 奈良先端科学技術大学院大学内

F ターム(参考) 4C017 AA10 AA14 AA18 AA19 AB07
AB10 AC16 BC11 FF30
4C027 AA00 AA01 AA02 BB00 CC00
EE01 GG00 GG11 KK03
4C038 PP00 PQ00 PS00 PS07 SS00
ST04 SV01 SX07 VA04 VB40
VC20

专利名称(译)	思考状态推定装置		
公开(公告)号	JP2003275193A	公开(公告)日	2003-09-30
申请号	JP2002088095	申请日	2002-03-27
申请(专利权)人(译)	财团法人奈良先端科学技术大学院大学支援财团		
[标]发明人	黒岡武俊 西谷紘一 山下裕 安東雅人		
发明人	黒岡 武俊 西谷 紘一 山下 裕 安東 雅人		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/0205 A61B5/04 A61B5/0402 A61B5/0452 A61B5/08 A61B5/11 A61B5/16		
FI分类号	A61B5/16 A61B5/00.G A61B5/04.A A61B5/08 A61B5/10.310.Z A61B5/04.310.M A61B5/04.312.C A61B5/02.C A61B5/11		
F-TERM分类号	4C017/AA10 4C017/AA14 4C017/AA18 4C017/AA19 4C017/AB07 4C017/AB10 4C017/AC16 4C017/BC11 4C017/FF30 4C027/AA00 4C027/AA01 4C027/AA02 4C027/BB00 4C027/CC00 4C027/EE01 4C027/GG00 4C027/GG11 4C027/KK03 4C038/PP00 4C038/PQ00 4C038/PS00 4C038/PS07 4C038/SS00 4C038/ST04 4C038/SV01 4C038/SX07 4C038/VA04 4C038/VB40 4C038/VC20 4C117/XA01 4C117/XB09 4C117/XC19 4C117/XC20 4C117/XD06 4C117/XD26 4C117/XE06 4C117/XE13 4C117/XE17 4C117/XE23 4C117/XE24 4C117/XF01 4C117/XF16 4C117/XF19 4C117/XG01 4C117/XH04 4C117/XH16 4C117/XJ03 4C117/XJ05 4C117/XJ09 4C117/XJ13 4C117/XJ21 4C117/XJ32 4C117/XJ42 4C117/XJ60 4C117/XL18 4C117/XM01 4C117/XM04 4C127/AA00 4C127/AA01 4C127/AA02 4C127/BB00 4C127/CC00 4C127/EE01 4C127/GG00 4C127/GG11 4C127/KK03		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种思想状态估计装置，其能够高度准确且稳定地估计被测者的思想状态。 解决方案：特征向量提取单元11从对象的眨眼活动数据中提取眨眼活动特征向量，特征向量提取单元12从对象的呼吸活动数据中提取呼吸活动特征向量，特征矢量提取单元13从测量对象的心电活动数据中提取心电活动特征矢量，并且主要思维状态估计单元21至23从各个特征矢量中估计第一至第三思维状态。下一思维状态估计单元24从第一思维状态到第三思维状态估计被测者的思维状态。

