明　細　書

発明の名称 ：

発達月齢推定装置、発達月齢推定方法、及び発達月齢推定プログラム

技術分野

[0001]　本開示は、子供の発達月齢を推定する発達月齢推定装置、発達月齢推定方法、及び発達月齢推定プログラムに関する。

背景技術

[0002]　従来、運動、言語、知能、及び情緒などに関する子供（乳幼児等を含む）の発達には、個人差があることが知られている。子供の養育者等は、子供の現在の発達状況と、同月齢（または同年齢）の他の子供における標準的な発達状況との比較（標準的な発達状況との乖離を把握すること）を望む場合がある。また、子供の発達月齢（すなわち、検査対象の子供の発達状況を示す月数を基準とする尺度）を適切に推定することは、医療や教育の分野においても重要である。

[0003]　子供の発達月齢を推定するための技術としては、例えば、子供の発達段階に応じて設定された複数の検査項目（例えば、検査対象の月齢の子供が可能な動作や運動など）が表示された検査表を用いて、検査担当者（医療や教育の専門家等）が、用具などを使用して検査対象の子供の各検査項目に関する検査を実行し、各検査項目に対する合否を判定し、その合否の結果を図式化して検査対象の子供の発達月齢を推定する方法が知られている（非特許文献１を参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：遠城寺宗徳著「遠城寺式・乳幼異分析的発達検査法」慶應義塾大学出版会株式会社　２０２２年（改訂新装版初版第７刷）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、上記非特許文献１に開示された検査以外にも子供の発達月齢を推定するための様々な検査手法が開発されており、それぞれ独自に設定された検査項目を用いて発達月齢の推定が行われている。したがって、そのような従来技術では、子供の発達月齢を推定するための検査は、検査項目の優劣や適否にかかわらず検査手法ごとに定められた検査項目に従って実施される必要がある。そのため、従来技術では、検査項目の自由度の高い標準化された検査によって発達月齢を推定することは困難である。

[0006] また、上記非特許文献１に記載のような従来技術では、検査結果に基づく発達月齢の推定は検査担当者（すなわち、人間）が行うため、検査結果は検査担当者の主観によってばらつきが生じる場合がある。さらに、従来技術では、最終的な発達月齢の推定において人間の判断が必要となるため、検査結果を得るまでの迅速性にも欠けるという問題もある。

[0007] 本願発明者は、鋭意検討した結果、各検査項目に対する通過率（すなわち、ある月齢集団の子供においてその検査項目を達成している個体の割合）のデータを利用することで、検査項目の自由度（すなわち、選択の柔軟性）を高めつつ、発達月齢に関して客観性の高い推定結果を得ることが可能となることを見出した。なお、上記非特許文献１では、各検査項目の通過率は、検査項目の選択や並べ替えなどに利用されるにすぎず、発達月齢の推定に直接利用されてはいない。

[0008] 本開示は、以上の背景に鑑み、検査項目の自由度を高めつつ、発達月齢に関して客観性の高い推定結果を得ることを可能とする発達月齢推定装置、発達月齢推定方法、及び発達月齢推定プログラムを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するために本開示のある態様は、子供の発達月齢を推定する発達月齢推定装置であって、複数の検査項目に対する検査結果に基づき、検査対象の子供の発達月齢を推定する処理を実行するプロセッサと、前記複数の検査項目の各々に関し、所定の範囲の月齢を変数とした通過率を示す連

続確率分布に関するデータを記憶する記憶装置と、を備え、前記プロセッサは、前記複数の検査項目のうち前記検査対象の子供の検査に用いられた２以上の実施検査項目についての前記連続確率分布に関するデータと、前記実施検査項目の各々に対する検査結果に基づき発達月齢推定関数を生成し、前記発達月齢推定関数によって得られる前記通過率の分布の最頻値に基づき、前記検査対象の子供の発達月齢を推定し、前記発達月齢の推定結果を出力する構成とする。

[0010] この態様によれば、実施検査項目についての連続確率分布に関するデータと、それら実施検査項目の各々に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数を生成し、その発達月齢推定関数に基づき検査対象の子供の発達月齢を推定するため、検査項目の自由度を高めつつ、発達月齢に関して客観性の高い推定結果を得ることが可能となる。

[0011] 上記の態様において、前記プロセッサは、前記複数の検査項目の各々に関し、複数の月齢と、それら複数の月齢にそれぞれ対応する通過率のデータとを取得し、前記通過率のデータに基づき、前記連続確率分布に関するデータを生成するとよい。

[0012] この態様によれば、複数の月齢にそれぞれ対応する通過率のデータに基づき、連続確率分布に関するデータを容易に取得することができる。

[0013] 上記の態様において、前記プロセッサは、前記通過率のデータに基づきベータ分布の確率密度関数の２つのパラメータを決定し、前記ベータ分布の確率密度関数の積分によって得られる累積分布関数に基づき、前記連続確率分布に関するデータを生成するとよい。

[0014] この態様によれば、ベータ分布の確率密度関数に基づき、子供の発達月齢の推定に適した連続確率分布に関するデータを取得することができる。

[0015] 上記の態様において、前記プロセッサは、前記複数の検査項目の各々に関する前記通過率のデータの月齢区間を設定し、前記月齢区間を０から１の範囲に変換するとよい。

[0016] この態様によれば、ベータ分布の確率密度関数に基づき、連続確率分布に

関するデータを適切に取得することができる。

[0017] 上記の態様において、前記プロセッサは、前記実施検査項目の各々について、前記連続確率分布に関するデータおよび前記検査結果に基づき前記通過率の確率関数をそれぞれ設定し、前記発達月齢推定関数は、前記実施検査項目の各々の前記確率関数の積を含むとよい。

[0018] この態様によれば、実施検査項目の各々についての連続確率分布に関するデータおよび検査結果に基づき、検査対象の子供の発達月齢を容易に推定することができる。

[0019] 上記の態様において、前記発達月齢の推定結果を表示する表示装置を更に備えるとよい。

[0020] この態様によれば、発達月齢推定装置のユーザは、発達月齢の推定結果を容易に確認することができる。

[0021] 上記課題を解決するために本開示のある態様は、子供の発達月齢を推定する発達月齢推定装置による発達月齢推定方法であって、前記発達月齢推定装置は、検査対象の子供の発達月齢を推定するための複数の検査項目のうち、前記検査対象の子供の検査に用いられた２以上の実施検査項目についての連続確率分布に関するデータと、前記実施検査項目の各々に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数を生成し、前記発達月齢推定関数によって得られる通過率の分布の最頻値に基づき、前記検査対象の子供の発達月齢を推定し、前記発達月齢の推定結果を出力する構成とする。

[0022] この態様によれば、実施検査項目についての連続確率分布に関するデータと、それら実施検査項目の各々に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数を生成し、その発達月齢推定関数に基づき検査対象の子供の発達月齢を推定するため、検査項目の自由度を高めつつ、発達月齢に関して客観性の高い推定結果を得ることが可能となる。

[0023] 上記課題を解決するために本開示のある態様は、子供の発達月齢を推定する発達月齢推定処理をコンピュータに実行させる発達月齢推定プログラムであって、前記発達月齢推定処理には、検査対象の子供の発達月齢を推定する

ための複数の検査項目のうち、前記検査対象の子供の検査に用いられた２以上の実施検査項目についての連続確率分布に関するデータと、前記実施検査項目の各々に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数を生成し、前記発達月齢推定関数によって得られる通過率の分布の最頻値に基づき、前記検査対象の子供の発達月齢を推定し、前記発達月齢の推定結果を出力する手順が含まれる構成とする。

[0024] この態様によれば、実施検査項目についての連続確率分布に関するデータと、それら実施検査項目の各々に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数を生成し、その発達月齢推定関数に基づき検査対象の子供の発達月齢を推定するため、検査項目の自由度を高めつつ、発達月齢に関して客観性の高い推定結果を得ることが可能となる。

発明の効果

[0025] 以上の態様によれば、検査項目の自由度を高めつつ、発達月齢に関して客観性の高い推定結果を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]実施形態に係る発達月齢推定装置を含む発達月齢推定システムの構成図

[図2]複数の検査項目に関する通過率のデータの一例を示す説明図

[図3]通過率のデータに関する（Ａ）確率分布及び（Ｂ）累積分布の例を示す説明図

[図4]各検査項目に対する月齢区間の設定例を示す説明図

[図5]検査項目確認画面における表示内容の一例を示す説明図

[図6]発達月齢推定関数に基づく通過率の確率分布の一例を示す説明図

発明を実施するための形態

[0027] 以下、本開示に係る発達月齢推定システム、発達月齢推定装置、発達月齢推定装置によって発達月齢を推定する方法、及び発達月齢を推定する処理を実行するためのプログラムに関する実施形態について、図面を参照しながら説明する。

[0028] 図１に示すように、発達月齢推定システム１は、子供の発達月齢を推定す

る発達月齢推定装置２と、インターネット等の通信ネットワーク３を介して発達月齢推定装置２に対して通信可能に接続されるユーザ端末４とを含む。

[0029] 発達月齢推定装置２は、子供の発達月齢を推定するための処理（以下、「発達月齢推定処理」という）を実行するためのコンピュータから構成される。本実施形態では、発達月齢推定装置２は、ユーザが使用するクライアント（ここでは、ユーザ端末４）からのリクエストに応じて子供の発達月齢を推定する処理を実行するサーバから構成される。

[0030] 発達月齢推定装置２による発達月齢推定処理は、過去に実施された複数の検査項目の各々に関する検査結果のデータ、及び現在の検査対象である子供に対して実施される検査項目（以下、「実施検査項目」という）に関する検査結果に基づき実行される。実施検査項目に関する検査は、検査担当者よって従来の検査手法と同様に行うことができる。

[0031] 過去の検査結果のデータは、子供の発達月齢を推定するために設定された検査項目に毎に得られる。発達月齢推定システム１では、発達月齢を推定するための検査項目として、例えば、上述の非特許文献１において採用されている検査項目を利用することができる。ただし、これに限らず、発達月齢推定システム１では、他の公知の検査手法（例えば、W. K. Frankenburg, M. D. 著「DENVER II デンバー発達判定法」社団法人 日本小児保健協会　２０１６年（第2版2刷）；中村淳子、大川一郎、野原理恵、芹澤奈菜美著「田中ビネー知能検査Ｖ」田研出版株式会社　２００３年；鈴木治太郎著「改訂版 鈴木ビネー知能検査」古市出版 ２００７年；新版K式発達検査研究会（編集）「新版K式発達検査法2001年版」ナカニシヤ出版　２００８年；津守真、稲毛教子著「乳幼児精神発達診断法」大日本図書　１９６１年；田中美郷ほか. 改訂版 随意運動発達検査, 音声言語医学, 1990, 31: p172-185；佐竹恒夫著「質問一応答関係検査」エスコアール　１９９７年を参照）において採用されている任意の検査項目を利用することができる。

[0032] 特に、発達月齢推定システム１では、検査結果として複数の月齢に対する通過率（例えば、ある月齢の子供がその検査項目を達成している割合）のデ

ータの信頼性が確立されている検査項目を利用するとよい。なお、発達月齢推定システム１では、新たな検査項目について複数の月齢に対する通過率のデータが得られた場合には、その新たな検査項目を採用することもできる。

[0033] なお、本実施形態において、「子供」は主として、暦年齢にして０～１２歳となる、学齢前の乳幼児と学童期の児童を指す。ただし、本開示に係るシステム、装置、方法、及びプログラムを用いた発達月齢の推定は、子供に限定されず、任意の暦年齢の人物（青年期や成人期を含む）に適用することが可能である。

[0034] ユーザ端末４は、ユーザによって使用されるスマートフォン、タブレット端末、またはＰＣなどの通信機能を有する情報処理装置から構成される。ユーザには、例えば、医療や教育の専門家が含まれるが、これに限らず、ユーザはそのような専門家以外の者（例えば、子供の家族）であってもよい。また、図１では、１つのユーザ端末４のみが示されているが、発達月齢推定システム１には複数のユーザ端末が含まれ得る。

[0035] 本実施形態では、ユーザ端末４が発達月齢推定装置２に発達月齢推定処理を実行させる構成としたが、これに限らず、ユーザ端末４が発達月齢推定装置として機能（すなわち、発達月齢推定処理を実行）してもよい。つまり、発達月齢推定装置２は、サーバに限定されず、ユーザ端末４と同様にスマートフォン、タブレット端末、またはＰＣなどの情報処理装置によって構成され得る。その場合、発達月齢推定装置２は、必ずしも通信ネットワークに接続される必要はなく、ユーザによって直接操作され得る。また、発達月齢推定システム１における発達月齢推定処理は、クラウド（すなわち、仮想的なリソースやサービスの集合体）によって実現されてもよい。

[0036] 発達月齢推定装置２は、通信部１１、入力部１２、表示部１３、記憶部１４、及び制御部１５を有する。

[0037] 通信部１１は、アンテナや通信回路等を含み、公知の通信プロトコルにしたがって他の装置（ここでは、ユーザ端末４など）と通信ネットワーク３を介して無線通信または有線通信を行う。

[0038] 入力部１２は、発達月齢推定装置２に対する操作命令等を入力するための公知の入力装置（例えば、キーボードなど）を含む。ただし、発達月齢推定装置２への操作命令等の入力が他の装置（例えば、ユーザ端末４）から行われる場合には、入力部１２は省略されてもよい。

[0039] 表示部１３は、発達月齢推定装置２で使用される情報や、発達月齢推定装置２で生成された情報などを表示（すなわち、出力）するための公知の装置（例えば、液晶ディスプレイなどの表示装置）を含む。ただし、発達月齢推定装置２からの情報の出力が他の装置（例えば、ユーザ端末４）に対して行われる場合には、表示部１３は省略されてもよい。また、そのような情報は、音声によって（すなわち、図示しないスピーカから）出力されてもよい。

[0040] 記憶部１４は、発達月齢推定装置２の処理に必要なデータや情報を記憶するためのストレージ等の記憶装置を含む。なお、記憶部１４は、発達月齢推定装置２と一体に設けられる必要はなく、ネットワーク等を介して発達月齢推定装置２に接続された外部の記憶装置によって構成されてもよい。後述するように、記憶部１４には、検査項目データ２１、分布関数データ２２、検査結果データ２３、及び発達月齢推定関数データ２４などが記憶される。

[0041] 制御部１５は、１以上のプロセッサ（ＣＰＵ、ＭＰＵ等）を含み、そのプロセッサが所定の制御プログラム（発達月齢推定プログラムの一例）を実行することにより、発達月齢の推定に必要な処理を実行することができる。また、制御部１５は、発達月齢推定装置２の動作を統括的に制御することができる。

[0042] 制御部１５において、検査項目データ収集部３１は、他のデータベース（図示せず）に保存されたデータ等から過去に実施された複数の検査項目に関するデータを収集し、検査項目データ２１として記憶部１４に記憶する。検査項目データ２１には、例えば図２に示すように、過去に実施された複数の検査項目に関し、複数の月齢に対する通過率のデータが含まれる。

[0043] 図２では、例えば、検査項目No. １３４の「２～３歩あるく」に関する通過率が示されている。より詳細には、図２には、「２～３歩あるく」につい

て、生後１１ヶ月の子供のうち４４．２％が達成しており（すなわち、「２～３歩あるく」ことが可能であり）、生後１３ヶ月の子供のうち６８．３％が達成しており、生後１５ヶ月の子供のうち８９．５％が達成しており、生後１７ヶ月の子供のうち９８．０％が達成していることが示されている。他の検査項目の通過率についても検査項目No．１３４と同様である。

[0044] 検査項目データ２１には、上述のように公知の検査手法において採用されている検査項目についてのデータが含まれる。また、検査項目データ２１には、新たな検査項目について得られたデータが含まれ得る。なお、記憶部１４に記憶された検査項目データ２１の少なくとも一部は、予め発達月齢推定システム１の管理者等によって入力されたデータであってもよい。

[0045] 制御部１５において、分布関数推定部３２は、各検査項目に関する通過率について、検査項目データ２１に基づき確率密度関数および累積分布関数を生成する。

[0046] 本実施形態では、連続確率分布としてベータ分布が用いられる。各検査項目の通過率に関する確率密度関数f(x;α,β)は、次の式（１）で表される。詳細は後述するが、ベータ分布を採用するにあたり、各検査項目において通過率が得られた月齢区間は、０～１の確率変数の範囲に対応するようにそれぞれ変換される。

[0047] [数1]

$$f(x;\alpha,\beta)=\frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha,\beta)} \quad \cdots (1)$$

[0048] ここで、

ｘ：確率変数（０≦ｘ≦１）

α，β：正の実数

[0049] ただし、式（１）におけるベータ関数Ｂ（α，β）は、次の式で表される。

[0050]

[数2]

$$B(\alpha,\beta)=\int_0^1 t^{\alpha-1}(1-t)^{\beta-1}dt$$

[0051] さらに、式（１）に示したベータ分布の確率密度関数f(x;α,β)を積分することにより、次の式（２）で表されるベータ分布の累積分布関数F(x;α,β)が得られる。

[0052] [数3]

$$F(x;\alpha,\beta)=\frac{\int_0^x t^{\alpha-1}(1-t)^{\beta-1}dt}{B(\alpha,\beta)} \quad \cdots (2)$$

[0053] このようなベータ分布の確率密度関数f(x;α,β)によれば、例えば図３（Ａ）に示すように、分布関数推定部３２は、２つのパラメータα、βを決定することにより、確率密度分布のピークや分散を適切に制御することができる。そして、分布関数推定部３２は、検査項目データ２１における各検査項目の通過率の値（すなわち、過去の検査結果から得られた実測値）にフィッティングさせるようにパラメータα、βを決定することにより、例えば図３（Ｂ）に示すように、累積分布関数F(x;α,β)に基づき、各検査項目の通過率に関する適切な連続確率分布を得ることができる。

[0054] 例えば、分布関数推定部３２は、検査項目データ２１における各検査項目の各通過率の値と、累積分布関数F(x;α,β)によって求められた対応する月齢（より厳密には月齢が変換された確率変数の所定値）における通過率との残差平方和が最小となるように、パラメータα、βを決定することができる。

[0055] なお、パラメータα、βの決定には、汎用の科学計算ライブラリが利用されてもよい。例えば、パラメータα、βの決定には、PythonのScipyライブラリにおけるoptimizeモジュールのminimize関数において、BFGS法（Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno法）やL-BFGS-B法（Limited-memory Broyden-Fletc

her-Goldfarb-Shanno with Box constraints）が利用されてもよい。

[0056] その後、分布関数推定部３２は、０～１の確率変数の範囲を月齢区間に逆変換し、月齢を変数とした通過率の累積分布関数F(x;α,β)のデータ（連続確率分布に関するデータの一例）を得ることができる。

[0057] 各検査項目について得られたベータ分布の確率密度関数f(x;α,β)および累積分布関数F(x;α,β)のデータは、分布関数データ２２として記憶部に順次記憶される。

[0058] 分布関数推定部３２は、検査項目データ２１に新たな検査項目が追加された場合や、既存の検査項目に関する通過率のデータが更新された場合に、上述のような確率密度関数および累積分布関数の生成を行うことができる。

[0059] ここで、図４を参照して、各検査項目において通過率に有意な変化が生じる月齢区間を、０～１の確率変数の範囲に対応するように変換する処理（以下、「月齢変換処理」という）について説明する。なお、以下に示す処理方法以外にも、通過率データに対応する月齢全てを含み、かつ、妥当なパラメータα、βを決定しうるものであれば、異なる処理方法を用いて月齢区間を決定してもよい。さらに、一度得られたパラメータα、βを参照することで月齢区間を再定義し、新たにパラメータα、βを決定してもよい。また、これらの処理方法は必ずしも全ての検査項目に対して一律に適用する必要はなく、検査項目ごとに十分に妥当なパラメータα、βが決定されるような月齢区間が定義できれば、用いる処理方法が異なっても差し支えない。

[0060] 月齢変換処理では、まず、分布関数推定部３２は、検査項目データ２１における処理対象の検査項目のデータ群における月齢Ｘの最小値x_minおよび最大値x_maxを特定する。ここでは、検査項目のデータ群は、図４中に示した２つの白丸印（〇）にそれぞれ対応する月齢および通過率から構成されるものとする。同様に、分布関数推定部３２は、その検査項目のデータ群における通過率Ｙの最小値y_minおよび最大値y_maxを特定する。

[0061] そこで、分布関数推定部３２は、ＸＹ平面上で（x_min, y_min）と（x_max, y_max）とを通る直線（すなわち、図４中の丸印（〇）を結ぶ実線およびそ

れを延長した破線を参照）を作成し、その直線と直線y=0，y=1との交点（図４中の四角印（■）を参照）のＸ座標を計算する。

[0062] 続いて、分布関数推定部３２は、それらの交点のＸ座標を両端とする区間Ｗを、その区間の中点（図４中の黒丸印（●）を参照）を中心に2倍に広げた区間２Ｗの両端のＸ座標を計算する。さらに、分布関数推定部３２は、それらのＸ座標を含み且つ両端が整数である最小の区間を、対象の検査項目に関して月齢変換処理の対象となる月齢区間として決定することができる。分布関数推定部３２は、決定した月齢区間を、その両端がそれぞれ０および１となるように変換することができる。

[0063] 再び図１を参照すると、制御部１５において、実施検査項目設定部３３は、検査項目データ２１に含まれる検査項目の中から実施検査項目を設定する。例えば、実施検査項目設定部３３は、検査担当者によって選択された（例えば、ユーザ端末４から入力された）複数の検査項目を実施検査項目として設定することができる。

[0064] ここで、発達月齢推定装置２では、複数の検査項目についてそれぞれ取得した累積分布関数$F(x;\alpha,\beta)$に基づき、各検査項目が対象とする月齢区間（すなわち、各検査項目の通過率に有意な変化が生じる月齢区間）を予め算出することができる。そして、発達月齢推定装置２は、例えば図５に示すように、各検査項目について算出した月齢区間を示す検査項目確認画面を生成しておくことができる。発達月齢推定装置２は、検査担当者が実施検査項目を選択する際に、その検査項目確認画面を外部装置（ここでは、ユーザ端末４）に送信し、そのディスプレイに表示させることができる。

[0065] 検査項目確認画面では、各検査項目（図５中の検査項目No．３１３～３８２を参照）の一覧と共に、各検査項目が対象とする月齢区間の範囲を示す図形（ここでは、月齢区間を表示するためのバー、以下、「月齢区間表示バー」という）が示されている。月齢区間表示バーの長さは、特定の通過率の範囲（例えば、2.5%～97.5%）に対応するように設定される。また、月齢区間表示バーには、通過率が最大となる月齢を示す記号（ここでは、黒丸（●）

）が示されている。

[0066] 検査担当者は、月齢区間表示バーの長さと、それらの下方に示された月齢を示す横軸の数値とを参照することにより、各検査項目が対象とする（すなわち、発達月齢の推定に有効な）月齢区間の範囲を把握することができる。また、検査担当者は、月齢区間表示バーの長さや、通過率が最大となる月齢を示す記号の位置を確認することにより、選択しようとしている検査項目が今回の検査に適切なものであるか否かを判断することができる。検査担当者は、検査項目確認画面において、所望の検査項目（例えば、文字）を選択する操作（例えば、タッチパネルディスプレイにおけるタッチ操作）を行うことにより、実施検査項目として設定することができる。もしくは、同様の手法により事前に評価を行い、妥当であると結論された検査項目に限って以降の処理に用いることも可能である。

[0067] なお、実施検査項目は、必ずしも検査担当者によって選択される必要はない。例えば、実施検査項目設定部３３は、検査項目データ２１に含まれる検査項目の中からランダムに実施検査項目を設定してもよいし、発達月齢の推定結果に沿いながら順次最適な実施検査項目を選択するような特定のアルゴリズムを用いてもよい。

[0068] 制御部１５において、検査結果取得部３４は、検査対象の子供の検査用に選択された各実施検査項目に関し、それぞれの検査結果を取得する。例えば、検査担当者は、各実施検査項目に関する検査を実施し、その検査結果をユーザ端末４から発達月齢推定装置２に入力することができる。ただし、検査結果は、検査担当者の代わりに自動検査装置によって入力されてもよい。例えば、自動検査装置は、検査用に予め準備された学習済みモデルを備え、各実施検査項目について検査対象の子供の動作が撮影された動画に基づき検査結果を取得することができる。検査結果取得部３４によって取得された検査結果は、検査結果データ２３として記憶部に順次記憶される。

[0069] 検査結果データ２３には、例えば、各実施検査項目について「達成」または「未達成」を示す識別子が含まれる。ただし、検査結果データ２３には、

各実施検査項目について「部分達成」（すなわち、完全に達成されたか否かの判断が難しい状態）を示す識別子が含まれてもよい。

[0070] 制御部１５において、発達月齢推定関数生成部３５は、検査対象の子供の検査に用いられた２以上の実施検査項目についての累積分布関数F(x;α,β)のデータと、各実施検査項目に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数を生成する。

[0071] 発達月齢推定関数の生成に関し、各実施検査項目の月齢ごとの推定通過率分布関数Ei(m)を次のように定義する。

[0072] [数4]

$$Ei(m) = 0 (m < M_{lower})$$
$$Ei(m) = F(x;\alpha,\beta) \ (M_{lower} \leqq m \leqq M_{upper})$$
$$Ei(m) = 1 \ (m > M_{upper})$$

[0073] ただし、

ｍ：月齢

M_{lower}：各実施検査項目が対象とする月齢区間における月齢の下限値（整数値）

M_{upper}：各実施検査項目が対象とする月齢区間における月齢の上限値（整数値）

[0074] また、検査結果に応じた通過率の確率関数Pi(m)を次のように定義する。ただし、「部分達成」の場合については省略されてもよい。

[0075] [数5]

「未達成」の場合　$Pi(m) = 1 - Ei(m)$
「部分達成」の場合　$Pi(m) = \sqrt{Ei(m) \times (1 - Ei(m))}$
「達成」の場合　$Pi(m) = Ei(m)$

[0076] ただし、

ｉ：各実施検査項目のインデックス番号

[0077] 発達月齢推定関数P(m)は、ベイズの定理に基づき、上述の確率関数Pi(m)を

用いて次の式（３）のように表すことができる。

[0078] [数6]

$$P(m) = \frac{P1(m) \times P2(m) \times \cdots \times Pn(m)}{\int_{M_{lower}}^{M_{upper}} P1(m) \times P2(m) \times \cdots \times Pn(m)\, dm} \quad \cdots (3)$$

[0079] ただし、

ｎ：実施検査項目の数

M_{lower}：各実施検査項目が対象とする月齢区間における月齢の下限値の最小値（整数値）

M_{upper}：各実施検査項目が対象とする月齢区間における月齢の上限値の最大値（整数値）

[0080] 制御部１５において、発達月齢推定部３６は、発達月齢推定関数P(m)によって得られる値（すなわち、各月齢において、与えられた検査項目とそれらの実施結果を得た場合の条件付き確率）の分布の最頻値に基づき、検査対象の子供の発達月齢を推定することができる。発達月齢推定関数P(m)に基づく確率分布では、例えば図６に示すようにピーク（すなわち、最頻値）が生じ、発達月齢推定部３６は、そのピークに対応する月齢の値に基づき検査対象の子供の発達月齢を推定することができる。発達月齢推定部３６は、発達月齢の推定結果を示すにあたり、ピークに対応する月齢の値を出力してもよいし、ピークに対応する月齢の値を含む（例えば、ピークに対応する月齢の値を中央値とする）所定の範囲を出力してもよい。

[0081] なお、発達月齢推定関数P(m)に基づく確率分布のピークの位置は、式（３）の分子に相当する尤度関数に依存する。したがって、式（３）に示した発達月齢推定関数P(m)は、分母を省略して尤度関数のみによって表されてもよい。

[0082] また、全ての実施検査項目の検査結果が「達成」となった場合は、発達月齢の推定値のピークならびに推定範囲の上限を得ることはできないが、発達月齢の推定範囲の下限値は得ることは可能である。全ての実施検査項目の検

査結果が「未達成」となった場合についても、発達月齢の推定値のピークならびに推定範囲の下限を得ることはできないが、発達月齢の推定範囲の上限値は得ることは可能である。いずれの場合についても、発達月齢推定部３６は、表示部１３やユーザ端末４に対して上記の結果を出力することは可能だが、適切な推定結果が得られないとしてエラーメッセージを出力してもかまわない。

[0083] さらに、発達月齢推定部３６は、検査結果に矛盾があると判定した場合にも表示部１３やユーザ端末４に対してエラーメッセージを出力することができる。例えば、発達月齢推定部３６は、図５に示した検査項目において、ある月齢区間を対象とする実施検査項目の結果が「未達成」となり、かつ、その未達成の実施検査項目よりも高い月齢区間を対象とする実施検査項目の結果が「達成」となった場合に、検査結果に矛盾があると判定することができる。

[0084] 制御部１５における各部３１－３６の機能の少なくとも一部は、１以上のプロセッサが所定の制御プログラムを実行することにより実現可能である。また、制御部１５は、発達月齢推定装置２の動作を統括的に制御可能である。

[0085] 上記構成を有する発達月齢推定システム１では、検査担当者は、ユーザ端末４から発達月齢推定装置２にアクセスして、発達月齢推定処理を実行させることができる。その発達月齢推定処理において、検査担当者は、所望の検査項目（すなわち、実施検査項目）を、ユーザ端末４から発達月齢推定装置２に対して入力（すなわち、選択）することができる。さらに、検査担当者は、各実施検査項目の検査結果を、ユーザ端末４から発達月齢推定装置２に対して入力することができる。このとき、検査担当者は、検査対象となる子供に対して複数の実施検査項目を順次実施しながら（すなわち、各実施検査項目の検査結果を順次取得しながら）、発達月齢推定装置２に対して検査結果を入力することができる。

[0086] 検査担当者による検査結果の入力が完了すると、発達月齢推定装置２は、

それら各実施検査項目についての累積分布関数F(x;α,β)のデータと、各実施検査項目に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数を生成する。続いて、発達月齢推定装置２は、生成した発達月齢推定関数によって得られる確率分布の最頻値に基づき、検査対象の子供の発達月齢を推定する。さらに、発達月齢推定装置２は、発達月齢の推定結果をユーザ端末４に送信し、ユーザ端末４のディスプレイに表示させる。

[0087] なお、ユーザ端末４が発達月齢推定装置として機能する場合には、上述の発達月齢推定処理は、全てユーザ端末４によって実行され得る。

[0088] このように、発達月齢推定システム１では、実施検査項目についての月齢を変数とした通過率の累積分布関数F(x;α,β)のデータと、それら実施検査項目の各々に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数P(m)を生成し、その発達月齢推定関数P(m)に基づき検査対象の子供の発達月齢を推定するため、検査項目の自由度を高めつつ、発達月齢に関して客観性の高い推定結果を得ることが可能となる。

[0089] 以上、本開示を特定の実施形態に基づいて説明したが、これらの実施形態はあくまでも例示であって、本開示はこれらの実施形態によって限定されるものではない。上述の実施形態に示した発達月齢推定装置、発達月齢推定方法、及び発達月齢推定プログラムの各構成要素は、必ずしも全てが必須ではなく、少なくとも当業者であれば本開示の範囲を逸脱しない限りにおいて適宜取捨選択することが可能である。

[0090] 例えば、本開示において子供の発達段階を示す「月齢」は、必ずしも月を単位として示す必要はなく、例えば、年を単位として或いは年及び月を単位として示されてもよい。また、月齢区間についても必ずしも整数値である必要はなく、小数値を含んでいてもかまわない。さらに、本実施形態では、各検査項目の通過率に関する連続確率分布としてベータ分布を採用したが、他の確率密度分布関数であっても、既存の通過率データを用いることでその分布を指定するパラメータを一意かつ適切に決定できるものであれば、代替として用いることも可能である。

符号の説明

[0091] １　：発達月齢推定システム

２　：発達月齢推定装置

３　：通信ネットワーク

４　：ユーザ端末

１１：通信部

１２：入力部

１３：表示部

１４：記憶部

１５：制御部

２１：検査項目データ

２２：分布関数データ

２３：検査結果データ

２４：発達月齢推定関数データ

３１：検査項目データ収集部

３２：分布関数推定部

３３：実施検査項目設定部

３４：検査結果取得部

３５：発達月齢推定関数生成部

３６：発達月齢推定部

請求の範囲

[請求項1] 子供の発達月齢を推定する発達月齢推定装置であって、

複数の検査項目に対する検査結果に基づき、検査対象の子供の発達月齢を推定する処理を実行するプロセッサと、

前記複数の検査項目の各々に関し、所定の範囲の月齢を変数とした通過率を示す連続確率分布に関するデータを記憶する記憶装置と、

を備え、

前記プロセッサは、

前記複数の検査項目のうち前記検査対象の子供の検査に用いられた２以上の実施検査項目についての前記連続確率分布に関するデータと、前記実施検査項目の各々に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数を生成し、

前記発達月齢推定関数によって得られる前記通過率の分布の最頻値に基づき、前記検査対象の子供の発達月齢を推定し、

前記発達月齢の推定結果を出力する、発達月齢推定装置。

[請求項2] 前記プロセッサは、

前記複数の検査項目の各々に関し、複数の月齢と、それら複数の月齢にそれぞれ対応する通過率のデータとを取得し、

前記通過率のデータに基づき、前記連続確率分布に関するデータを生成する、請求項１に記載の発達月齢推定装置。

[請求項3] 前記プロセッサは、前記通過率のデータに基づきベータ分布の確率密度関数の２つのパラメータを決定し、

前記ベータ分布の確率密度関数の積分によって得られる累積分布関数に基づき、前記連続確率分布に関するデータを生成する、請求項２に記載の発達月齢推定装置。

[請求項4] 前記プロセッサは、

前記複数の検査項目の各々に関する前記通過率のデータの月齢区間を設定し、

前記月齢区間を０から１の範囲に変換する、請求項３に記載の発達月齢推定装置。

[請求項5] 前記プロセッサは、

前記実施検査項目の各々について、前記連続確率分布に関するデータおよび前記検査結果に基づき前記通過率の確率関数をそれぞれ設定し、

前記発達月齢推定関数は、前記実施検査項目の各々の前記確率関数の積を含む、請求項１に記載の発達月齢推定装置。

[請求項6] 前記発達月齢の推定結果を表示する表示装置を更に備えた、請求項１に記載の発達月齢推定装置。

[請求項7] 子供の発達月齢を推定する発達月齢推定装置による発達月齢推定方法であって、

前記発達月齢推定装置は、

検査対象の子供の発達月齢を推定するための複数の検査項目のうち、前記検査対象の子供の検査に用いられた２以上の実施検査項目についての連続確率分布に関するデータと、前記実施検査項目の各々に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数を生成し、

前記発達月齢推定関数によって得られる通過率の分布の最頻値に基づき、前記検査対象の子供の発達月齢を推定し、

前記発達月齢の推定結果を出力する、発達月齢推定方法。

[請求項8] 子供の発達月齢を推定する発達月齢推定処理をコンピュータに実行させる発達月齢推定プログラムであって、

前記発達月齢推定処理には、

検査対象の子供の発達月齢を推定するための複数の検査項目のうち、前記検査対象の子供の検査に用いられた２以上の実施検査項目についての連続確率分布に関するデータと、前記実施検査項目の各々に対する検査結果とに基づき発達月齢推定関数を生成し、

前記発達月齢推定関数によって得られる通過率の分布の最頻値に基

づき、前記検査対象の子供の発達月齢を推定し、

前記発達月齢の推定結果を出力する手順が含まれる、発達月齢推定プログラム。