

明 細 書

発明の名称：

鼓膜分類装置、鼓膜分類システム、および鼓膜分類プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、鼓膜の画像から当該鼓膜の病状の有無を分類する装置に関する。

背景技術

[0002] 鼓膜の画像から当該鼓膜の病状を分類する方法として従来、例えば特表 2 0 1 9 - 5 3 4 7 2 3 号公報（特許文献 1）が知られている。従来の方法は、鼓膜の状態を撮影した画像に基づき、当該鼓膜が正常あるいは異常であるかを判断する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特表 2 0 1 9 - 5 3 4 7 2 3 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、上記従来のような方法にあつては、さらに改善すべき点があることを本発明者は見いだした。つまり正常な鼓膜を異常であると誤って判断したり、あるいは異常な鼓膜を正常であると誤って判断したり、中耳炎が急性か滲出性か判断を誤ったりというように正確な診断が困難であり、正答率に改善の余地がある。

[0005] また、医院やクリニックが診察を受け付けていない深夜や、日曜日および祝日に、鼓膜の診断を受けたいというニーズが多数ある。特に仕事と子育ての両立に忙しい親は、乳幼児や子供の耳穴の奥の異変に気付かず、鼓膜周辺の炎症を悪化させてしまい、深夜や日曜日および祝日に至って診察を希望することがよくある。

[0006] また僻地では医療サービスが充分でなく、小児科医、耳鼻科医が不在であ

る等、医院やクリニックで診察を受けることが困難である。

[0007] 一方で、中耳炎の早期発見は、適切な治療に必要不可欠である。診断の遅延は適切な治療の遅れにつながる。

[0008] 本発明は、上述の実情に鑑み、医院やクリニックといった医療サービスが限られている場合であっても、鼓膜を含む領域の病状を、適切なタイミングで、簡易的かつ正しく判断することができる技術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

[0009] この目的のため本発明による鼓膜分類装置は、鼓膜を含む画像データが入力される通信部と、画像データからアルゴリズムによって特性を抽出し鼓膜に関して急性中耳炎あるいは急性中耳炎以外であるかを分類する第1分類部と、急性中耳炎以外であると分類された画像データからアルゴリズムによって特性を抽出し、鼓膜に関して正常鼓膜あるいは滲出性中耳炎であるかを分類する第2分類部とを備え、第1および第2分類部の分類結果に基づき急性中耳炎あるいは正常鼓膜あるいは滲出性中耳炎を通信部から出力する。

[0010] かかる本発明によれば、2段階2分類を実行することから、従来よりも正答率の高い分類結果が得られる。したがって医療機関に掛かることができなくても、診察と略同等のサポートを受けることができ、適切なタイミングで症状を知ることができる。本発明の鼓膜分類装置は、ハード構成およびソフトウェア構成を特に限定されない。鼓膜分類装置は、例えばネットワーク上のサーバであったり、あるいはクラウドであったりする。

[0011] 画像に映り込んだ光彩や異物は、分類に悪影響を及ぼす。鼓膜の撮影に際し、撮影に不慣れな一般人が、撮影に必要な発光量を調整したり、光彩や異物が映り込まないように鼓膜を撮影したりすることは困難である。そこで本発明の一局面として、通信部に入力される画像データから鼓膜をトリミングして第1分類部に提供するトリミング部を備える。かかる局面によれば、分類対象の画像から光彩や異物の映り込みを除去することができるので、分類の正答率が向上する。また、効果的に機械学習を行うことができる。本発明

の他の局面として、鼓膜を撮影する際や、画像データを通信部に送信する際等、通信部に入力する前に鼓膜をトリミングしておき、該トリミングされた画像データが鼓膜分類装置の通信部に入力されてもよい。

[0012] 本発明の好ましい局面として、通信部に入力される画像データから鼓膜の所定部分をトリミングして第1分類部に提供するトリミング部を備える。かかる局面によれば、第1分類部および第2分類部の少なくとも一方が、鼓膜の全体ではなく、鼓膜の所定部分に着目することから、分類の正答率が向上したり、効果的に機械学習を行ったりすることができる。例えば、鼓膜の下半分をトリミングすることにより、滲出性中耳炎のように下半分の病変が顕著な症例を正しく分類し、さらには効果的に機械学習を行うことができる。あるいは例えば、鼓膜の中心部をトリミングする。

[0013] 本発明の鼓膜分類装置は人工知能（AI）を備える。AIのアルゴリズムのAIモデルは特に限定されない。本発明の好ましい局面として、第1分類部および第2分類部の少なくとも一方は、ラベリングされた教師データを取り込んで教師あり機械学習を行う。かかる局面によれば、鼓膜分類装置が機械学習を積むことによって正答率が益々向上する。

[0014] 本発明の鼓膜分類システムは、上述した鼓膜分類装置と、鼓膜を撮影するイヤースコープと、イヤースコープから鼓膜の画像データを受け取り鼓膜分類装置の通信部へ出力する端末とを具備する。かかる局面によれば、医療技術に長けていない一般家庭において、家庭内のイヤースコープおよび端末を操作して、鼓膜の症状を知ることができる。端末は例えば分類結果を簡易表示したり、分類結果に関連する情報をオプションとして表示したりすることができる。イヤースコープは耳穴の奥底を撮影できるものであればよく、医療機器に限定されず、撮影部および画像に関して相当の解像度（DPI）を取扱可能があれば足りる。好ましくは、イヤースコープは好ましくは400万画素数以上の画像を撮影可能な撮影部を有する。より好ましくは、イヤースコープは800万画素数以上の画像を撮影可能な撮影部を有する。端末のデバイスやハード構成は、特に限定されない。

- [0015] 本発明の一局面として端末は、イヤースコープで撮影される画像を表示する画面と、画面上で当該画面中央部に鼓膜が表示されるよう誘導する誘導手段とを有し、中央部に鼓膜が撮影された画像データを鼓膜分類装置に出力する。かかる局面によれば、端末が誘導手段を有することから、医療技術に長けていない使用者であっても、鼓膜画像D'を容易に撮影することができる。誘導手段は特に限定されないが、例えば端末の画面の中央に表示される円形の枠である。
- [0016] 本発明の一局面として、イヤースコープは耳穴クリーニング構造に備え付けのデジタルカメラである。かかる局面によれば、デジタルカメラを備える耳穴クリーニング器具で、鼓膜の症状を知ることができる。
- [0017] 本発明の好ましい局面として鼓膜分類システムは、鼓膜分類装置および端末と相互通信可能な医療機関用端末を具備する。かかる局面によれば、医療機関から診察と略同等のサポートを受けることができる。
- [0018] 画像に映り込んだ光彩や異物は、分類に悪影響を及ぼす。鼓膜の撮影に際し、撮影に不慣れな一般人が、撮影に必要な発光量を調整したり、光彩や異物が映り込まないように鼓膜を撮影したりすることは困難である。そこで本発明の好ましい局面として、イヤースコープまたは端末は、鼓膜を含む画像から当該鼓膜をトリミングして画像データを作成するトリミング部を有する。かかる局面によれば、分類対象の画像から光彩や異物の映り込みを除去することができるので、分類の正答率が向上する。また、効果的に機械学習を行うことができる。鼓膜分類装置からみてトリミングはイヤースコープ側で実行される。あるいは他の局面で、トリミングは鼓膜分類装置側で実行されてもよい。
- [0019] 本発明の好ましい局面として誘導手段は、画面に表示される画像が分類に適しているか否かを、画面に表示する。かかる局面によれば、撮影に不慣れな使用者であっても鼓膜画像を撮影することができる。
- [0020] 本発明の好ましい局面として端末は、第1および第2分類部の分類結果に関する確率を、画面に表示する。かかる局面によれば、使用者に注意を喚起

することができる。他の局面として、確率に閾値を設けておき、閾値以上であれば、医院やクリニックへ行くことを促す通知を画面に表示してもよい。

[0021] 本発明の分類方法における各操作（処理）は、各種のマシン可読記憶媒体に記憶されているコンピュータ実行可能なプログラムの方式で実現することもできる。本発明の鼓膜分類プログラムは、コンピュータに、鼓膜を含む画像データを分類させるプログラムであって、画像データから、アルゴリズムによって特性を抽出し、鼓膜に関して急性中耳炎あるいは急性中耳炎以外であるかを分類する第1分類ステップと、急性中耳炎以外であると分類された画像データから、アルゴリズムによって特性を抽出し、鼓膜に関して正常鼓膜あるいは滲出性中耳炎であるかを分類する第2分類ステップと、第1および第2分類ステップの分類結果に基づき、急性中耳炎あるいは正常鼓膜あるいは滲出性中耳炎を出力するステップを、コンピュータに実行させる。

[0022] 本発明は、コンピュータに分類を実行させるプログラムコード、コンピュータに読み取り可能なプログラムプロダクト、プログラムコードを記憶する記憶媒体を含む。記憶媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、半導体記憶器などを含んでも良いが、これらに限定されない。プログラムコードが記憶されている記憶媒体は、直接又は間接的にシステム又は装置に提供され、該システムあるいは装置のコンピュータ、ROM、RAM、あるいは中央処理ユニット（CPU）は上述のプログラムコードを読み出して実行する。本発明の実施方式はプログラムに限定されず、その他のソフトウェア、ファームウェアにより実現可能である。本発明は、装置である他、方法であってもよい。

発明の効果

[0023] このように本発明によれば、医療機関に掛かることなく、高い正答率で、鼓膜の病状を知ることができるので、時間や場所に拘わらず適切なタイミングで鼓膜を含む領域の病状を把握でき、診断の手遅れが予防される。また医療サービスの地域差が解消される。さらに医療現場で利用されることによって診断の効率が向上し、現場の省力化に資する。

図面の簡単な説明

- [0024] [図1]本発明の一実施形態になる鼓膜分類システムを示す模式的な全体図である。
- [図2]同実施形態の鼓膜分類装置が実行する分類結果を例示する図である。
- [図3]鼓膜を含む画像およびトリミング画像を示す写真である。
- [図4]同実施形態の鼓膜分類装置が実行する分類アルゴリズムを示す模式図である。
- [図5]対比例 1 の鼓膜分類装置が実行する分類を示す模式図である。
- [図6]同実施形態の端末に表示される画面であって、当該端末画面が誘導手段を表示する。
- [図7]同実施形態の鼓膜分類装置が実行する分類アルゴリズムを確率[%] とともに示す模式図である。
- [図8]同実施形態の端末に表示される画面であって、当該端末画面に表示される分類結果を指標化して表示する。

発明を実施するための形態

- [0025] 以下、本発明の実施の形態を、図面に基づき詳細に説明する。図 1 は、本発明の一実施形態になる鼓膜分類システムを示す模式的な全体図である。鼓膜分類システムは、イヤースコープ 10 と、端末 20 と、鼓膜分類装置 30 を有する。イヤースコープ 10 は棒状の本体 11 と、本体先端に設けられる耳穴クリーニング構造 12 と、耳穴クリーニング構造 12 に附設される発光部 14 および撮影部 15 を有する。撮影部は例えばデジタルカメラである。
- [0026] 端末 20 は、画面 21 を有し、イヤースコープ 10 と相互通信可能である。画面 21 には、撮影部 15 で撮影される画像 B が投影される。画像 B は一例として円形の枠 C を備える。
- [0027] イヤースコープ 10 の使用者は、手で本体 11 を握り、被検者、例えば子供、の外耳道 H に耳穴クリーニング構造 12 を差し込み、外耳道 H 内周面の耳垢を除去する。あるいは使用者は、発光部 14 を発光させ、撮影部 15 で外耳道 H 内を撮影し、画面 21 に外耳道 H 内を投影する。

- [0028] 使用者は、枠Cの中心に鼓膜Dの画像（以下、鼓膜画像D'という）がくように、画面21を確認しながらイヤースコープ10を動かすとよい。枠Cは鼓膜画像D'を撮影するように使用者を誘導する目印になる。撮影部15が映し出す画像Bが時々刻々と画面21に投影される。画像Bに含まれる鼓膜画像D'を確認しながらイヤースコープ10を動かし、鼓膜画像D'が枠C中央で大きく投影されると、使用者は、画像のピンボケや手振れを回避しつつ、光反射・グレア・色飛びによって画像が一部白くなってしまうこと（光彩F）の少ない鼓膜画像D'を選んでキャプチャーするとよい。尚、使用者は、特に限定されず、撮影技術に熟達している必要はなく、医療関係者である必要もなく、一般人である。
- [0029] 端末20は、無線通信あるいは有線通信、例えばインターネット等のネットワーク手段NWを介して、外部の鼓膜分類装置30（具体的には通信部33）と相互通信可能である。端末20は、広く一般に普及する携帯電話端末、例えばスマートフォン、タブレット端末、あるいはW i - f i（登録商標）やb l u e t o o t h（登録商標）といった他の通信機能を備える端末、を代用可能である。使用者は、キャプチャーされた画像B（厳密には画像Bの画像データ）を鼓膜分類装置30に提出することにより、鼓膜Dが正常鼓膜、あるいは急性もしくは滲出性中耳炎に掛かっているか、鼓膜分類装置30に分類してもらうことができる。かかる分類は、判断、あるいは診断、と言い換えることができる。
- [0030] 鼓膜分類装置30は、独自のアルゴリズムを駆動する人工知能（A I）を有する分類部31と、多数の画像データ（画像と同義である）を記憶するメモリ部32と、外部と相互通信する通信部33を備える。本実施形態の鼓膜分類装置30は、インターネットに接続されるサーバである。メモリ部32には、正常な鼓膜であるとラベリングされた正常鼓膜の画像データが多数記憶される。また急性中耳炎であるとラベリングされた急性中耳炎の画像データが多数記憶される。また滲出性中耳炎であるとラベリングされた滲出性中耳炎の画像データが多数記憶される。これらのデータは、ラベリングされた

教師データとして、分類部31の機械学習に利用される。分類部31は、複数の教師データを教材として機械学習を行い、分類の正答率を向上させる。なお、正答率とは、鼓膜分類装置30とは別の外部機関、例えば人間である医師、が分類部31の分類結果の正誤を採点して蓄積したものと同義であると理解されたい。

[0031] 分類部31は、鼓膜画像D'を含む画像（画像データと同義、以下同じ）を入力されると、当該鼓膜画像D'から分類のための特性を抽出し、該特性をアルゴリズム処理して、当該鼓膜画像D'が正常鼓膜、あるいは急性中耳炎、あるいは滲出性中耳炎のいずれであるか分類し、当該分類結果を出力する。特性とは、鼓膜画像D'の色味分布や、該分布の形状の大きさ等をいい、アルゴリズムに則って分類部31の内部で規定される。

[0032] 通信部33はネットワーク手段NW等、無線通信あるいは有線通信を介して、外部から画像データを入力され、該画像データを分類部31に出力する。また通信部33は同様の通信手段を介して、医療機関40のコンピュータ端末と相互通信可能である。あるいは鼓膜分類装置30は医療期間に設置されるコンピュータであってもよい。いずれにしてもメモリ部32には、ラベリングされた教師データが徐々に蓄積される。これにより分類部31の機械学習の学習量が増え、分類の正答率が向上する。また端末20から鼓膜分類装置30に新しく入力される鼓膜画像D'は、後で医療機関40の医師によってラベリングされる。これによりメモリ部32には教師データが徐々に蓄積される。

[0033] 分類部31は、トリミング部、第1分類部、第2分類部を有する。本実施形態では図3に示すように、分類部31内のトリミング部がアルゴリズムによって（a）の画像Bから鼓膜画像D'をトリミングする。これによって画像Bに映り込んだ鼓膜画像D'から離れた光彩Fや、外耳道H内周面の色味や、体毛・耳垢などの異物Gが分類に影響を及ぼさない。（b）はトリミング後の鼓膜画像D'に係る画像データを表す。

[0034] 図4は、分類部31内の第1分類部および第2分類部が順次実行するアル

ゴリズムを示す模式図である。かかるアルゴリズムは、ResNet (Residual Network) や、VGG16 (Visual Geometry Group 16-layer) や、DenseNet (Densely Connected Convolutional Network) や、その他のAIモデルによって実行される。

[0035] 第1に、分類部31内の第1分類部31bは鼓膜画像D'を2分類する。具体的には鼓膜画像D'が急性中耳炎あるいは急性中耳炎以外であるか分類する。この2分類は、鼓膜画像D'全体の画素における赤味画素の割合の大小、茶味画素（にごりともいう）の領域の大きさ、その他の特性に基づいて判断される。

[0036] 第2に、分類部31内の第2分類部31cは急性中耳炎以外の鼓膜画像D'を2分類する。具体的には急性中耳炎以外の鼓膜画像D'が正常鼓膜あるいは滲出性中耳炎であるか分類する。この2分類は、全体の画素における茶味画素の割合の大小、その他の特性に基づいて判断される。このような2段階の分類によって、鼓膜画像D'は従来よりも高い正答率で3分類される。

[0037] 図2は、本実施形態の鼓膜分類装置が実行する分類結果を例示する図である。鼓膜分類装置30が出力する分類結果は、ネットワーク手段NWを經由して端末20に送信され、画面21に表示される。また分類結果毎に鼓膜分類装置30によって計算される確率[%]も表示される。なお、ここでいう確率[%]とは、分類部31が算出する数値である。

[0038] 端末20はネットワーク手段NW等、無線通信あるいは有線通信を介して、医療機関40と相互通信可能である。端末20の利用者は、医療機関40の職員と、鼓膜画像D'の分類結果や、分類の妥当性や、今後の診断や措置等について、質疑応答することができる。

[0039] 分類結果が正常鼓膜である場合、分類結果とともに正常鼓膜である確率X[%]も合わせて表示される。分類結果が急性中耳炎である場合、分類結果とともに急性中耳炎である確率Y[%]も合わせて表示される。分類結果が滲出性中耳炎である場合、分類結果とともに滲出性中耳炎である確率Z[%]

」も合わせて表示される。確率X、Y、Z [%] は、前に分類部31が実行した分類結果と、その分類結果に対して医師が行うラベリングの照合、換言すると正答率、に基づく。

[0040] ここで附言すると、図2において、画像Bの周縁や、画像Bを包囲する背景の色を変化させたり、文字の太さや色を変化させたり、大小の目盛等のインジケータを表示する等の数値や度合いを指標化したり、記号やマーカを併せて表示したりすることによって警告を発するようにしてもよい。例えば図2(a)の正常であると分類された画像Bに関し、画像Bを白色で縁取りする。また図2(b)の急性中耳炎であると分類された画像Bに関し、確率Y [%] と表示することに代えて、急性中耳炎が疑わしい場合(確率Y [%] < 50 [%]) では画像Bをピンクなどの薄い色で縁取りする。また急性中耳炎がほぼ確実である場合(確率Y [%] ≥ 50 [%]) では画像Bを能赤などの濃い色で縁取りする。図2(c)の滲出性中耳炎に関しても同様である。これにより、画面21を見る者に鼓膜Dの症状が切迫していることを確実に知らせることができる。なおインジケータやマーカとともに確率X、Y、Z [%] を表示してもよい。

[0041] 本実施形態の鼓膜分類装置30および対比例の鼓膜分類装置につき正答率を調査した。これら鼓膜分類装置の正答率の結果を表1に示す。

[0042] [表1]

No.	検証内容	分類種類	データ種類	第1回(今回)正答率	第2回正答率
1	「正常鼓膜」「急性中耳炎」「滲出性中耳炎」の3クラス分類	多	鼓膜近辺	68.26%	91.12%
2	「正常鼓膜」「急性中耳炎」「滲出性中耳炎」の3クラス分類	多	鼓膜下半分	62.41%	65.74%
3	「急性中耳炎」「急性中耳炎以外」の二値分類	二	鼓膜近辺	99.88%	—
4	「正常鼓膜」「滲出性中耳炎」の二値分類	二	鼓膜近辺	95.50%	—
5	「正常鼓膜」「滲出性中耳炎」の二値分類	二	鼓膜下半分	96.07%	100%

[0043] まず複数件(複数人分・耳の数)の教師データを機械学習させた。次に鼓膜分類装置30に複数件の鼓膜画像D'を分類させた(今回)。さらに複数件

（複数人分・耳の数）の教師データを機械学習させた。次に鼓膜分類装置 30 に複数件の鼓膜画像 D' を分類させた（第 2 回）。第 2 回の分類を実行せず、第 1 回（今回）の分類のみ実行する場合、第 2 回の正答率は表示されない。

[0044] 本実施形態の分類結果の正答率を表 1 の N o. 3 および N o. 4 に示す。本実施形態の 2 段階 2 分類によれば、正答率は 1 段階 99.98 [%] および 2 段階 99.50 [%] というように従来よりも高い正答率が得られることがわかった。この理由として、急性中耳炎の鼓膜 D は急性中耳炎以外の鼓膜 D よりも赤味が強く、滲出性中耳炎の鼓膜 D は滲出性中耳炎以外の鼓膜 D よりも顕著なにごり領域がみられるためと考えられる。

[0045] 対比例の正答率についても調査した。対比例の分類工程を図 5 に示す。

[0046] 対比例の鼓膜分類装置は、入力される鼓膜画像を 1 段階で正常鼓膜あるいは急性中耳炎あるいは滲出性中耳炎に分類する 1 段階多分類（3 分類）のアルゴリズムを備える。対比例の 1 段階 3 分類によれば、表 1 の N o. 1 に示すように正答率は第 1 回（今回）で 68.26 [%]、第 2 回で 91.12 [%] であった。このように対比例の鼓膜分類装置の正答率（N o. 1）は、本実施形態の鼓膜分類装置の正答率（N o. 3 および N o. 4）よりも劣っていた。これにより、本実施形態のような二分類を複数段階実行する方法が、従来よりも正答率が向上することがわかった。

[0047] 次に、本実施形態の変形例について説明する。変形例の鼓膜分類装置 30 は、図 3 に示すように鼓膜 D の約下半分をトリミングする。そしてトリミングされた半円画像 D'' を上述したように分類する。滲出性中耳炎は、鼓膜 D の下半分において顕著なにごり領域を呈する。このため、鼓膜 D の約下半分（例えば、鼓膜 D の中央領域の下半分）をトリミングすることで、分類結果の正答率が向上する。また鼓膜 D の下半分の画像にラベリングを付し、教師データとして、分類部 31 に機械学習させることで、分類部 31 自身の正答率の向上を図ることができる。

[0048] 本実施形態の変形例の正答率は N o. 5 に表示されるように、第 1 回（今

回)で96.07 [%]であり、鼓膜画像D'の場合(N o. 4)よりも優れている。また第2回で100 [%]であり、正答率が向上した。

[0049] 対比例の変形例の正答率はN o. 2に表示されるように、第1回(今回)で62.41 [%]であり、鼓膜画像D' (N o. 1)の場合よりも却って劣ってしまった。また第2回で65.74 [%]であり、正答率は向上したもの、本実施形態の正答率(N o. 5)を超えるに至らなかった。

[0050] 図1を参照して、本実施形態の鼓膜分類装置30は、鼓膜Dを含む鼓膜画像D'が外部から入力される通信部33と、鼓膜画像D'から、アルゴリズムによって特性を抽出し、鼓膜Dに関して、急性中耳炎あるいは急性中耳炎以外であるかを分類する第1分類部31b(図3)と、第1分類部31bで急性中耳炎以外であると分類された鼓膜画像D'から、アルゴリズムによって特性を抽出し、鼓膜Dに関して、正常あるいは滲出性中耳炎であるかを分類する第2分類部31cとを備え、これら第1分類部31bおよび第2分類部31cの分類結果に基づき、急性中耳炎あるいは正常あるいは滲出性中耳炎を通信部33から外部へ出力する。かかる鼓膜分類装置30によれば、図4に示す2段階2分類のアルゴリズムによって、従来よりも分類の正答率が向上する。

[0051] かかる鼓膜分類装置30の作用効果を以下のフェーズ毎に説明する。

[0052] 第1フェーズで、鼓膜分類装置30は、上述したA1の独自アルゴリズムによって、鼓膜Dを分類する。これにより医療機関40に直接出向いて耳鼻咽喉科医師の診察を受けることなく、鼓膜Dの症状を判断してもらうことができる。例えば医療技術に長けていない一般家庭において、子供の鼓膜Dを家族が撮影して、鼓膜Dの疾患判定に利用される。

[0053] 第2フェーズで、医療機関40は、診察に用いられる器具としてイヤースコープ10および端末20を具備し、鼓膜分類装置30と相互通信接続される。これにより、鼓膜分類装置30は、イヤースコープ10で撮影される鼓膜画像D'を診断するための診断サポートツールとして、医療機関40の耳鼻咽喉科医師に利用される。また耳鼻咽喉科医師によって画像Bが利用され

る。あるいは例えば医療技術に長けていない一般家庭において、子供の鼓膜Dを家族が撮影して、医療機関40の耳鼻咽喉科医師による受診アドバイス等、診察と略同等のサポートを受けることができ、適切なタイミングで症状を知ることができる。

[0054] 第3フェーズで、上述した第1フェーズおよび第2フェーズの鼓膜分類装置30は、診断サポートツールとして利用されたり、医療機器として利用されたりする。鼓膜分類装置30はAI機械学習を積むことにより耳鼻咽喉科医師と同じレベルで分類できるようになる。例えば薬の処方プログラムをAIアルゴリズムに組み込み、本実施形態の診断サポートツールに基づいて処方薬の処方を可能にする。例えば、鼓膜分類装置30が図示しない薬局（のコンピュータ）と相互通信接続される。

[0055] また図3（a）（b）を参照して、本実施形態の鼓膜分類装置30は、外部から通信部33に入力される画像Bから鼓膜Dの画像部分をトリミングして第1分類部31bに提供するトリミング部を備える。発光部14（図1）が外耳道Hを照らす際、外耳道H出口側に光彩Fや異物Gが映り込み易い。本実施形態によれば、外耳道H出口側の画像が除去されることから、光彩Fや異物Gも画像から除去される。したがって効果的に機械学習を行うことができる。

[0056] また図3（a）（c）を参照して、本実施形態の変形例の鼓膜分類装置30は、通信部33に入力される画像Bから鼓膜Dの画像下半分をトリミングして第1分類部31bに提供するトリミング部を備える。これにより、滲出性中耳炎のように下半分の病変が顕著な症例を正しく分類し、さらには効果的に機械学習を行うことができる。

[0057] また本実施形態の鼓膜分類装置30は、分類対象の画像Bをメモリ部32に記憶しておき、後で医療機関40によって分類を正しくラベリングされる。そして第1分類部31bおよび第2分類部31cの少なくとも一方は、ラベリングされた教師データを取り込んで教師あり機械学習を行う。これにより、鼓膜分類装置30は機械学習を積み正答率が益々向上する。

- [0058] また本実施形態の鼓膜分類システムは、鼓膜分類装置30と、鼓膜Dを撮影するイヤースコープ10と、イヤースコープ10から鼓膜Dの画像Bを受け取り鼓膜分類装置30の通信部33へ出力する端末20とを具備する。これにより、医療技術に長けていない一般家庭において、イヤースコープ10および端末20を操作して、鼓膜Dの症状を知ることができる。
- [0059] また本実施形態の端末20は、イヤースコープ10で撮影される画像を表示する画面21を備え、画面21上で当該画面中央部に鼓膜Dが表示されるよう誘導する枠Cを表示し、中央部の枠C内に鼓膜Dが撮影された画像Bを通信部33に入力する。これにより、医療技術に長けていない使用者であっても、鼓膜画像D'を適切に撮影することができる。
- [0060] また本実施形態の撮影部15は、耳穴クリーニング構造12に備え付けのデジタルカメラである。これにより、普段使いされる日用品としての耳穴クリーニング構造に搭載されるデジタルカメラを利用して、鼓膜の症状を知ることができる。
- [0061] また本実施形態の通信部33および端末20は、医療機関40と相互通信可能なことから、医療機関に掛かることができなくても、診察と略同等のサポートを受けることができ、適切なタイミングで症状を知ることができる。
- [0062] 次に使用者の端末20に設けられる画面21について補足説明する。端末20は、イヤースコープ10と通信し、イヤースコープ10が撮影する画像Bをリアルタイムで画面21に投影する。
- [0063] 図6は、同実施形態の端末画面を例示する図であって、誘導手段としての画面21を表す。使用者がイヤースコープ10を被検者の耳に挿入して撮影される外耳道Hの画像Bは、ネットワークNW（図1）を介して、端末20から鼓膜分類装置30にリアルタイムで出力される。鼓膜分類装置30の分類部31は、画像Bが鼓膜D全体を含み鼓膜分類に利用可能であるか否かをリアルタイムで判断する誘導手段としてのプログラム（撮影誘導プログラム）を具備する。具体的には、前述した図3に表される鼓膜画像D'を含むか否かを判断する。イヤースコープ10が被検者の耳に挿入開始される際、画

像Bが鼓膜画像D'を含まず、画像Bは鼓膜分類に利用可能ではないとして、画面21に青色の円環22を表示する。円環22は、画像Bの枠Cの半分の径である。また画面21中、枠Cの外側領域Jは例えば薄灰色等の無地色である。

[0064] 画像Bが入力される撮影誘導プログラムにおいて、青丸の円環22で包囲される領域が鼓膜Dを表示すると判断する場合、撮影誘導プログラムは、画像Bが鼓膜分類に利用可能であると判断し、円環22の色彩を青色から緑色に変換する。そして外側領域Jに判定操作ボタン23を表示する。これにより適正に撮影された鼓膜画像は円環22で縁取りされる。

[0065] 本実施形態の撮影誘導プログラムによれば、鼓膜Dの撮影に不慣れな使用者に対し、鼓膜Dの撮影を補助することができる。なお上述した円環22の大きさおよび円形状と、その色彩は、単なる一例であり、鼓膜分類に利用可能であるか否かを視覚的に変化で表示するものであればよい。

[0066] 使用者が判定操作ボタン23を指でタッチすると、端末20は鼓膜分類装置30（の通信部33）に分類指令を出力する。鼓膜分類装置30は、端末20から入力される画像データを2段階2分類し、分類結果を画面21に表示する。

[0067] 図7は分類部31における2段階2分類における各分類結果としての確率[%]を例示する図である。

[0068] 図8は画面21に表示される分類結果を例示する図である。

[0069] 前述した図4で示す第1分類部31bによる2分類は、より具体的にはアルゴリズムによって、図7に示すように2分類それぞれの確率（数値）[%]を算出する。第2分類部31cも同様である。

[0070] 例示的に、第1分類部31bの分類結果が急性中耳炎である10[%]であり急性中耳炎ではない90[%]である場合に、さらに第2分類部31cへ進み、その分類結果が正常である70[%]であり滲出性中耳炎である30[%]であると結果を出力する。かかる結果、表2に示すように、第1分類部31bの分類結果の急性中耳炎ではない90[%]を、第1分類部31

bの分類結果で按分して、最終的な分類結果の確率として、正常の確率 $X = 63\%$ 、急性中耳炎である確率 $Y = 10\%$ 、滲出性中耳炎である確率 $Z = 27\%$ を算出する。分類結果表示部としての画面21は、これらの確率の大小を3分類毎の確率 X 、 Y 、 $Z\%$ を合計 100% になるようインジケータで指標化して表示する。

[0071] [表2]

分類	二分類	式	割率	備考
急性	10%	左記の割合	10%	二分類の割合①
正常	70%	90×0.7	63%	二分類の割合②
滲出性	30%	90×0.3	27%	二分類の割合②
		計	100%	

[0072] さらに分類結果表示部としての画面21は、図8に示すように、画像Bを包囲する円環の枠Cに、分類毎の確率 $\%$ を異なる3色のインジケータで指標化して表示する。

[0073] 図8に例示される、正常な鼓膜の鼓膜画像D'では、当該鼓膜画像D'の分類結果を表示する枠Cの円環に、正常を表す青色のインジケータCx（ 63% ）が最も多い割合で表示され、滲出性中耳炎を表す橙色のインジケータCz（ 27% ）が少ない割合で表示され、急性中耳炎を表す赤色のインジケータCy（ 10% ）が僅かに表示される。インジケータCx、Cy、Czは確率の大きさ順に適宜並べ変えられる。

[0074] 本実施形態によれば、分類結果が画面21の枠Cにインジケータで表示され、画像BがインジケータCx、Cy、Cz縁取りされることから、使用者に注意を喚起することができる。

[0075] なお上述した異なる3色は例示であり、各色は適宜変更・選択可能である。オプションで、分類に使用された画像に関する日時および左右の耳の識別が表示されてもよい。

[0076] 以上、図面を参照して本発明の実施の形態を説明したが、本発明は、図示した実施の形態のものに限定されない。図示した実施の形態に対して、本発明と同一の範囲内において、あるいは均等の範囲内において、種々の修正や

変形を加えることが可能である。

[0077] 図示しない変形例として、図1に示されるネットワーク手段NWで鼓膜分類装置30と端末20を通信接続する構成に代えて、図1に示される鼓膜分類装置30は、端末20に搭載されるプログラムであってもよい。プログラムは、例えば端末20に格納されるアプリケーションソフトウェア、であって、端末20内で上述したアルゴリズム処理を実行する。

[0078] 図示しない変形例として、端末20の画面21は、分類結果表示部として様々なオプションを追加し、代替することが可能である。上述した色分けや形状といった各種の表示は、音声や光によるものであってもよい。

産業上の利用可能性

[0079] 本発明は、医療産業において有利に利用される。

符号の説明

- [0080] 10 イヤースコープ
- 11 本体
 - 12 耳穴クリーニング構造
 - 14 発光部
 - 15 撮影部
 - 20 端末
 - 21 画面
 - 22 円環（誘導手段）
 - 30 鼓膜分類装置
 - 31 （第1および第2）分類部
 - 32 メモリ部
 - 33 通信部
 - 40 医療機関
 - B 画像
 - C 枠（誘導手段）
 - C_x, C_y, C_z 分類結果のインジケータ

D 鼓膜
D' 鼓膜画像
H 外耳道

請求の範囲

- [請求項1] 鼓膜を含む画像データが入力される通信部と、
前記画像データから、アルゴリズムによって特性を抽出し、前記鼓膜に関して、急性中耳炎あるいは急性中耳炎以外であるかを分類する第1分類部と、
急性中耳炎以外であると分類された前記画像データから、アルゴリズムによって特性を抽出し、前記鼓膜に関して、正常鼓膜あるいは滲出性中耳炎であるかを分類する第2分類部とを備え、
前記第1および第2分類部の分類結果に基づき、急性中耳炎あるいは正常鼓膜あるいは滲出性中耳炎を前記通信部から出力する、鼓膜分類装置。
- [請求項2] 前記通信部に入力される前記画像データから鼓膜をトリミングして前記第1分類部に提供するトリミング部を備える、請求項1に記載の鼓膜分類装置。
- [請求項3] 前記通信部に入力される前記画像データから鼓膜の所定部分をトリミングして前記第1分類部に提供するトリミング部を備える、請求項1に記載の鼓膜分類装置。
- [請求項4] 前記第1分類部および前記第2分類部の少なくとも一方は、ラベリングされた教師データを取り込んで教師あり機械学習を行う、請求項1に記載の鼓膜分類装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の鼓膜分類装置と、
鼓膜を撮影するイヤースコープと、
前記イヤースコープから鼓膜の画像データを受け取り前記鼓膜分類装置へ出力する端末とを具備する、鼓膜分類システム。
- [請求項6] 前記端末は、前記イヤースコープで撮影される画像を表示する画面と、前記画面上で当該画面の中央部に鼓膜が表示されるよう誘導する誘導手段とを有し、前記中央部に鼓膜が撮影された画像データを前記通信部へ出力する、請求項5に記載の鼓膜分類システム。

- [請求項7] 前記イヤースコープは、耳穴クリーニング構造に備え付けのデジタルカメラである、請求項5に記載の鼓膜分類システム。
- [請求項8] 前記鼓膜分類装置および前記端末と相互通信可能な医療機関用端末を具備する、請求項5に記載の鼓膜分類システム。
- [請求項9] 前記イヤースコープまたは前記端末は、鼓膜を含む画像から当該鼓膜をトリミングして前記画像データを作成するトリミング部を有する、請求項5に記載の鼓膜分類システム。
- [請求項10] 前記誘導手段は、前記画面に表示される画像が前記分類に適しているか否かを、前記画面に表示する、請求項6に記載の鼓膜分類システム。
- [請求項11] 前記端末は、前記第1および第2分類部の分類結果に関する確率を、前記画面に表示する、請求項5に記載の鼓膜分類システム。
- [請求項12] コンピュータに、鼓膜を含む画像データを分類させるプログラムであって、
前記画像データから、アルゴリズムによって特性を抽出し、前記鼓膜に関して、急性中耳炎あるいは急性中耳炎以外であるかを分類する第1分類ステップと、
急性中耳炎以外であると分類された前記画像データから、アルゴリズムによって特性を抽出し、前記鼓膜に関して、正常鼓膜あるいは滲出性中耳炎であるかを分類する第2分類ステップと、
前記第1および第2分類ステップの分類結果に基づき、急性中耳炎あるいは正常鼓膜あるいは滲出性中耳炎を出力するステップを、前記コンピュータに実行させる、鼓膜分類プログラム。