

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第6992046号
(P6992046)

(45)発行日 令和4年1月13日(2022.1.13)

(24)登録日 令和3年12月10日(2021.12.10)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 B 3/032(2006.01)

A 6 1 B 3/032

A 6 1 B 3/103(2006.01)

A 6 1 B 3/103

請求項の数 23 (全104頁)

| | | | |
|-------------------|----------------------------------|----------|-----------------------------------|
| (21)出願番号 | 特願2019-503287(P2019-503287) | (73)特許権者 | 514108838 |
| (86)(22)出願日 | 平成29年7月24日(2017.7.24) | | マジック リープ, インコーポレイテッド |
| (65)公表番号 | 特表2019-531769(P2019-531769 A) | | M a g i c L e a p , I n c . |
| (43)公表日 | 令和1年11月7日(2019.11.7) | | アメリカ合衆国 フロリダ 3 3 3 2 2 , |
| (86)国際出願番号 | PCT/US2017/043552 | | プランテーション, ウェスト サンライズ |
| (87)国際公開番号 | WO2018/022521 | | ブルバード 7 5 0 0 |
| (87)国際公開日 | 平成30年2月1日(2018.2.1) | | 7 5 0 0 W S U N R I S E B L V D |
| 審査請求日 | 令和2年5月1日(2020.5.1) | | , P L A N T A T I O N , F L 3 3 3 |
| (31)優先権主張番号 | 62/440,286 | | 2 2 U S A |
| (32)優先日 | 平成28年12月29日(2016.12.29) | (74)代理人 | 100078282 |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 米国(US) | | 弁理士 山本 秀策 |
| (31)優先権主張番号 | 62/366,524 | (74)代理人 | 100113413 |
| (32)優先日 | 平成28年7月25日(2016.7.25) | | 弁理士 森下 夏樹 |
| | 最終頁に続く | (74)代理人 | 100181674 |
| | | | 弁理士 飯田 貴敏 |
| | | | 最終頁に続く |

(54)【発明の名称】 ライトフィールドプロセッサシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ウェアラブル眼科デバイスであって、
光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラと、
前記数値的ライトフィールド画像データにアクセスし、前記ユーザの眼に関する光学処方箋を取得し、前記光学処方箋に基づいて、ある量の正または負の屈折力を前記数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入し、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、ライトフィールドプロセッサと、
前記修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイと
を備える、デバイス。

【請求項 2】

前記屈折力は、球面または円柱屈折力を備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記修正された数値的ライトフィールド画像データは、少なくとも部分的に、前記光学処方箋に関して補正される、請求項 1 ~ 2 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記ライトフィールドプロセッサは、前記数値的ライトフィールド画像データによって表される 1 つまたは複数の波面を識別し、前記光学処方箋に基づいて、前記 1 つまたは複数の

の波面の曲率をコンピュータ的に修正することによって、前記修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 5】

前記ライトフィールドプロセッサはさらに、仮想現実または拡張現実画像コンテンツを前記数値的ライトフィールド画像データに追加するように構成される、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記光学処方箋は、近視に関する処方箋を備える、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記光学処方箋は、遠視に関する処方箋を備える、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 8】

前記光学処方箋は、乱視に関する処方箋を備える、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 9】

前記光学処方箋は、前記ユーザの眼の高次収差に関する情報を備える、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 10】

前記ライトフィールドカメラは、マイクロレンズの 2 次元アレイおよび光検出器の対応する 2 次元アレイを伴う、一体型結像カメラを備える、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 11】

前記ライトフィールドディスプレイは、マイクロレンズの 2 次元アレイおよび光源の対応する 2 次元アレイを伴う、一体型結像ディスプレイを備える、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 12】

前記ライトフィールドディスプレイは、赤外線光を前記ユーザの眼の中に投影し、前記光学処方箋を測定するように構成される、1 つまたは複数の赤外線光源を備える、請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 13】

前記ライトフィールドプロセッサは、前記修正された数値的ライトフィールド画像データをリアルタイムで生成するように構成される、請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 14】

前記ライトフィールドプロセッサは、前記光学処方箋を生成するように構成される、請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 15】

前記ライトフィールドプロセッサは、
第 1 の試験量の正または負の屈折力を前記数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することと、
前記ユーザから、前記第 1 の試験量の正または負の屈折力に関するフィードバックを受信することと、
第 2 の試験量の正または負の屈折力を前記ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することと
を行うことによって、前記光学処方箋を生成するように構成される、請求項 14 に記載のデバイス。

【請求項 16】

前記ライトフィールドプロセッサはさらに、前記物理的ライトフィールドの一部として生

10

20

30

40

50

成される場合、前記ユーザの角膜または水晶体内の障害と相互作用するであろう１つまたは複数の光線を除去することによって、前記修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、請求項１～１５のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項１７】

ウェアラブル眼科デバイスの作動方法であって、前記ウェアラブル眼科デバイスは、ライトフィールドプロセッサと、ライトフィールドディスプレイとを備え、前記方法は、前記ライトフィールドプロセッサによって、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように、ある量の正または負の屈折力をユーザの周囲の数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することであって、前記屈折力の量は、前記ユーザに関する光学処方箋に基づく、ことと、
前記ライトフィールドディスプレイによって、前記修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成することと
を含む、作動方法。

10

【請求項１８】

前記修正された数値的ライトフィールド画像データを生成することは、前記ライトフィールドプロセッサによって、前記数値的ライトフィールド画像データによって表される１つまたは複数の波面を識別することと、前記ライトフィールドプロセッサによって、前記光学処方箋に基づいて、前記１つまたは複数の波面の曲率をコンピュータ的に修正することとを含む、請求項１７に記載の作動方法。

【請求項１９】

前記ライトフィールドプロセッサによって、仮想現実または拡張現実画像コンテンツを前記数値的ライトフィールド画像データに追加することをさらに含む、請求項１７～１８のいずれか一項に記載の作動方法。

20

【請求項２０】

前記ライトフィールドプロセッサによって、前記修正された数値的ライトフィールド画像データをリアルタイムで生成することをさらに含む、請求項１７～１９のいずれか一項に記載の作動方法。

【請求項２１】

前記ライトフィールドプロセッサによって、前記光学処方箋を生成することをさらに含む、請求項１７～２０のいずれか一項に記載の作動方法。

30

【請求項２２】

前記ライトフィールドプロセッサによって前記光学処方箋を生成することは、前記ライトフィールドプロセッサによって、第１の試験量の正または負の屈折力を前記数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することと、
前記ライトフィールドプロセッサによって、前記ユーザから、前記第１の試験量の正または負の屈折力に関するフィードバックを受信することと、
前記ライトフィールドプロセッサによって、第２の試験量の正または負の屈折力を前記ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することと
を含む、請求項２１に記載の作動方法。

【請求項２３】

前記物理的ライトフィールドの一部として生成される場合、前記ライトフィールドプロセッサによって前記ユーザの角膜または水晶体内の障害と相互作用するであろう１つまたは複数の光線をコンピュータ的に除去することによって、前記ライトフィールドプロセッサによって前記修正された数値的ライトフィールド画像データを生成することをさらに含む、請求項１７～２２のいずれか一項に記載の作動方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

（優先権出願）

本願は、２０１６年７月２５日に出願され“LIGHT FIELD PROCESSOR

50

SYSTEM”と題された米国仮特許出願第62/366,524号および2016年12月29日に出願され“LIGHT FIELD PROCESSOR SYSTEM”と題された米国仮特許出願第62/440,286号に対する優先権を主張するものであり、これらの各々の全体の内容は、参照により本明細書中に援用される。

【0002】

本開示は、健康状態および病気を診断、監視、および処置するための種々の方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0003】

眼科器具および技法は、臨床医によって、眼関連病気を診断および処置するために日常的に使用される。従来の眼科デバイスの実施例は、図1に示される。図示されるデバイスの使用の間、患者は、手技の持続時間全体にわたって、具体的座位に位置付けられ得、これは、典型的には、数秒～数分にわたって続き得る。

10

【0004】

望ましくないことに、眼科デバイスは、大型で、嵩張り、かつ高価なデバイスである傾向にあり、典型的には、医師のオフィスにおいて排他的に使用される。したがって、患者は、検眼医と予約をとり、任意の診断または処置を受けるために医師を訪問することが要求され得る。これは、多くの患者が、長時間周期にわたって、可能性として、病状が悪化するまで、医師のオフィスに出向くことを遅延させ得る、妨害要因であり得る。悪化した病状は、患者がタイムリーに診断または処置される場合、病状がより容易に寛解されたであろう可能性があるときより、対処するためにさらに徹底的な療法または手技を要求し得る。さらに、大部分の眼科デバイスの大型かつ嵩張る本質は、患者に不快な位置に留めるように強制し、これは、ひいては、誤診および患者エラーのリスクを増加させ得る。

20

【0005】

故に、上記に説明される難点のうちの1つまたはそれを上回るものに対処する、健康システムの必要がある。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

ウェアラブル眼科デバイスが、本明細書に説明される。いくつかの実施形態では、ウェアラブル眼科デバイスは、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラと、数値的ライトフィールド画像データにアクセスし、ユーザの眼に関する光学処方箋を取得し、光学処方箋に基づいて、ある量の正または負の屈折力を数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入し、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、ライトフィールドプロセッサと、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイとを備える。

30

【0007】

ウェアラブル眼科デバイスを使用するための方法もまた、開示される。いくつかの実施形態では、本方法は、ライトフィールドカメラを使用して、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、数値的ライトフィールド画像データにアクセスするステップと、ユーザの眼に関する光学処方箋を取得するステップと、光学処方箋に基づいて、ある量の正または負の屈折力を数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入し、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、ライトフィールドディスプレイを使用して、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するステップとを含む。

40

本発明は、例えば、以下を提供する。

(項目1)

ウェアラブル眼科デバイスであって、

50

光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラと、

前記数値的ライトフィールド画像データにアクセスし、前記ユーザの眼に関する光学処方箋を取得し、前記光学処方箋に基づいて、ある量の正または負の屈折力を前記数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入し、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、ライトフィールドプロセッサと、

前記修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイとを備える、デバイス。

(項目2)

前記屈折力は、球面または円柱屈折力を備える、項目1に記載のデバイス。

(項目3)

前記修正された数値的ライトフィールド画像データは、少なくとも部分的に、前記光学処方箋に関して補正される、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目4)

前記ライトフィールドプロセッサは、前記数値的ライトフィールド画像データによって表される1つまたはそれを上回る波面を識別し、前記光学処方箋に基づいて、前記1つまたはそれを上回る波面の曲率をコンピュータ的に修正することによって、前記修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目5)

前記ライトフィールドプロセッサはさらに、仮想現実または拡張現実画像コンテンツを前記数値的ライトフィールド画像データに追加するように構成される、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目6)

前記光学処方箋は、近視に関する処方箋を備える、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目7)

前記光学処方箋は、遠視に関する処方箋を備える、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目8)

前記光学処方箋は、乱視に関する処方箋を備える、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目9)

前記光学処方箋は、前記ユーザの眼の高次収差に関する情報を備える、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目10)

前記ライトフィールドカメラは、マイクロレンズの2次元アレイおよび光検出器の対応する2次元アレイを伴う、一体型結像カメラを備える、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目11)

前記ライトフィールドディスプレイは、マイクロレンズの2次元アレイおよび光源の対応する2次元アレイを伴う、一体型結像ディスプレイを備える、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目12)

前記ライトフィールドディスプレイは、赤外線光を前記ユーザの眼の中に投影し、前記光学処方箋を測定するように構成される、1つまたはそれを上回る赤外線光源を備える、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目13)

前記ライトフィールドプロセッサは、前記修正された数値的ライトフィールド画像デー

10

20

30

40

50

タをリアルタイムで生成するように構成される、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目 14)

前記ライトフィールドプロセッサは、前記光学処方箋を生成するように構成される、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目 15)

前記ライトフィールドプロセッサは、

第 1 の試験量の正または負の屈折力を前記数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することと、

前記ユーザから、前記第 1 の試験量の正または負の屈折力に関するフィードバックを受信することと、

第 2 の試験量の正または負の屈折力を前記ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することと

を行うことによって、前記光学処方箋を生成するように構成される、項目 14 に記載のデバイス。

(項目 16)

前記ライトフィールドプロセッサはさらに、前記物理的ライトフィールドの一部として生成される場合、前記ユーザの角膜または水晶体内の障害と相互作用するであろう 1 つまたはそれを上回る光線を除去することによって、前記修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、前記項目のいずれかに記載のデバイス。

(項目 17)

ウェアラブル眼科デバイスを使用するための方法であって、前記方法は、

修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように、ある量の正または負の屈折力をユーザの周囲の数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することであって、前記屈折力の量は、前記ユーザに関する光学処方箋に基づく、ことと、

ライトフィールドディスプレイを使用して、前記修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成することと

を含む、方法。

(項目 18)

前記修正された数値的ライトフィールド画像データを生成することは、前記数値的ライトフィールド画像データによって表される 1 つまたはそれを上回る波面を識別し、前記光学処方箋に基づいて、前記 1 つまたはそれを上回る波面の曲率をコンピュータ的に修正することを含む、項目 17 に記載の方法。

(項目 19)

仮想現実または拡張現実画像コンテンツを前記数値的ライトフィールド画像データに追加することをさらに含む、前記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 20)

赤外線光を前記ユーザの眼の中に投影させ、前記光学処方箋を測定することをさらに含む、前記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 21)

前記修正された数値的ライトフィールド画像データをリアルタイムで生成することをさらに含む、前記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 22)

前記光学処方箋を生成することをさらに含む、前記項目のいずれかに記載の方法。

(項目 23)

前記光学処方箋を生成することは、

第 1 の試験量の正または負の屈折力を前記数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することと、

前記ユーザから、前記第 1 の試験量の正または負の屈折力に関するフィードバックを受信することと、

第 2 の試験量の正または負の屈折力を前記ライトフィールド画像データにコンピュータ

10

20

30

40

50

的に導入することと

を含む、項目 30 に記載の方法。

(項目 24)

前記物理的ライトフィールドの一部として生成される場合、前記ユーザの角膜または水晶体内の障害と相互作用するであろう 1 つまたはそれを上回る光線をコンピュータ的に除去することによって、前記修正された数値的ライトフィールド画像データを生成することをさらに含む、前記項目のいずれかに記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【0008】

図面は、本明細書に開示されるいくつかの実施例を図示し、本発明を限定するものではない。図は、正確な縮尺で描かれておらず、類似構造または機能の要素は、図全体を通して同様の参照番号によって表されることに留意されたい。

【0009】

【図 1】図 1 は、臨床医のオフィスにおいて使用されている、従来の眼科器具を図示する。

【0010】

【図 2】図 2 は、ヒトの眼の断面を図示する。

【0011】

【図 3 A】図 3 A - 3 D は、例示的眼科デバイスの種々の構成を図示する。

【図 3 B】図 3 A - 3 D は、例示的眼科デバイスの種々の構成を図示する。

【図 3 C】図 3 A - 3 D は、例示的眼科デバイスの種々の構成を図示する。

【図 3 D】図 3 A - 3 D は、例示的眼科デバイスの種々の構成を図示する。

【0012】

【図 4 A】図 4 A - 4 D は、特定のユーザのための眼科デバイスを構成するために得られた種々の眼および頭部測定を図示する。

【図 4 B】図 4 A - 4 D は、特定のユーザのための眼科デバイスを構成するために得られた種々の眼および頭部測定を図示する。

【図 4 C】図 4 A - 4 D は、特定のユーザのための眼科デバイスを構成するために得られた種々の眼および頭部測定を図示する。

【図 4 D】図 4 A - 4 D は、特定のユーザのための眼科デバイスを構成するために得られた種々の眼および頭部測定を図示する。

【0013】

【図 5】図 5 は、いくつかの実施形態による、眼科デバイスの種々のコンポーネントの概略図を示す。

【0014】

【図 6】図 6 は、ライトフィールド画像データ（例えば、写真および/またはビデオ）をユーザの視野の少なくとも一部から捕捉し、次いで、捕捉されたライトフィールド画像データを処理し、処理されたライトフィールド画像データをユーザに表示するためのライトフィールドプロセッサシステムを図示する。

【0015】

【図 7】図 7 は、図 6 のライトフィールドプロセッサシステムの実施形態の略図である。

【0016】

【図 8】図 8 は、図 6 および 7 に示されるライトフィールドプロセッサシステムを使用して、ユーザのために、近視、遠視、および/または乱視を補正するための方法を図示する、フローチャートである。

【0017】

【図 9 A】図 9 A - 9 B は、近視を患っているユーザの眼の概略断面図を図示する。

【図 9 B】図 9 A - 9 B は、近視を患っているユーザの眼の概略断面図を図示する。

【0018】

【図 10 A】図 10 A - 10 B は、遠視を患っているユーザの眼の概略断面図を図示する。

【図 10 B】図 10 A - 10 B は、遠視を患っているユーザの眼の概略断面図を図示する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

【 図 1 1 A 】 図 1 1 A - 1 1 B は、乱視を患っているユーザの眼の概略断面図を図示する。

【 図 1 1 B 】 図 1 1 A - 1 1 B は、乱視を患っているユーザの眼の概略断面図を図示する。

【 0 0 2 0 】

【 図 1 2 】 図 1 2 は、ライトフィールドプロセッサシステムを使用して、老眼を補正するための例示的方法を示す。

【 0 0 2 1 】

【 図 1 3 】 図 1 3 は、ライトフィールドプロセッサシステムを使用して、斜視および／または弱視によって生じるもの等の輻輳不全を処置するための例示的方法を図示する。

【 0 0 2 2 】

【 図 1 4 】 図 1 4 は、ライトフィールドプロセッサシステムの実施形態の略図であって、これは、外向きに面した一体型結像カメラと、ライトフィールドプロセッサと、一体型結像ディスプレイとを含み、これはまた、１つまたはそれを上回る光検出器を含む。

【 0 0 2 3 】

【 図 1 5 】 図 1 5 は、本明細書に説明されるウェアラブルデバイスが、眼位計または屈折計として機能し、装着者または患者の視力を補正または改善する、好適な屈折を判定するために使用され得る方法を図示する。

【 0 0 2 4 】

【 図 1 6 】 図 1 6 は、仮想眼位計としての使用のために構成される、ライトフィールドプロセッサシステムの装着者の光学処方箋を判定するための例示的方法を図示する。

【 0 0 2 5 】

【 図 1 7 】 図 1 7 は、検影法を実施するための眼科デバイスとして構成される、ライトフィールドプロセッサシステムの装着者の屈折誤差を測定するための例示的方法を図示する。

【 0 0 2 6 】

【 図 1 8 A 】 図 1 8 A - 1 8 C は、自動屈折計として構成される、拡張および／または仮想現実システムの例示的实施形態を図示する。

【 図 1 8 B 】 図 1 8 A - 1 8 C は、自動屈折計として構成される、拡張および／または仮想現実システムの例示的实施形態を図示する。

【 図 1 8 C 】 図 1 8 A - 1 8 C は、自動屈折計として構成される、拡張および／または仮想現実システムの例示的实施形態を図示する。

【 0 0 2 7 】

【 図 1 9 】 図 1 9 は、本明細書に説明されるシステムを使用して、黄斑変性の任意のエリアを診断、検出、および／または識別するための方法を示す。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 8 】

本発明の種々の実施形態は、ユーザにおいて、健康関連診断、監視、および治療法を実施するために使用され得る、ユーザウェアラブル健康システムを実装するためのデバイス、方法、システム、および製造品を対象とする。本発明のある実施形態の種々の目的、特徴、および利点は、発明を実施するための形態、図、および請求項に説明されるが、任意の単一実施形態が、全てのそのような目的、特徴、および利点を含む、または満たすことは、要求されない。

【 0 0 2 9 】

種々の実施形態は、図面を参照して詳細に説明されるであろうが、これは、当業者が本発明を実践することを可能にするように、例証的实施例として提供される。着目すべきこととして、以下の図および実施例は、本明細書に説明される本発明の範囲を限定することを意味するものではない。本発明のある要素は、部分的または完全に、公知のコンポーネント（または方法もしくはプロセス）を使用して実装されてもよいが、本発明の理解のために必要なそのような公知のコンポーネント（または方法もしくはプロセス）のそれらの部分のみが、説明され、そのような公知のコンポーネント（または方法もしくはプロセス）の他の部分の詳細な説明は、本発明を曖昧にしないように省略されるであろう。さらに、

10

20

30

40

50

本発明の実施形態はまた、本明細書で参照されるコンポーネントの現在および将来的公知の均等物を包含する。

【0030】

ユーザウェアラブル健康システム（例えば、ユーザの眼と相互作用する、ユーザウェアラブル眼科デバイス）を通して、患者の健康異常を診断、処置、および／または監視するための方法ならびにシステムが、本明細書に開示される。1つまたはそれを上回る実施形態では、デバイスは、1つまたはそれを上回る診断または処置計画を実施可能な頭部搭載型システムであってもよい。いくつかの他の実施形態では、デバイスは、定常（例えば、医師のオフィスに定常）であってもよい。1つまたはそれを上回る実施形態では、デバイスは、有利には、健康または眼科目的のために、多くのVR、AR、および／またはMR技法を組み合わせる、仮想現実（VR）、拡張現実（AR）、および／または複合現実（MR）システムであってもよい。VRシステムは、ユーザが体験するためのシミュレートされた環境を作成する。これは、ディスプレイを通して、コンピュータ生成された画像データまたは他の光信号をユーザに提示することによって行われることができる。本画像データは、感覚体験を作成し、これは、ユーザをシミュレートされた環境内に没入させる。VRシナリオは、典型的には、実際の実世界画像データもまた含むのではなく、コンピュータ生成された画像データのための提示を伴う。ARシステムは、概して、実世界環境をシミュレートされた要素で補完する。例えば、ARシステムは、ユーザに、ディスプレイを介して、周囲実世界環境のビューを提供してもよい。しかしながら、コンピュータ生成された画像データまたは他の光信号もまた、ディスプレイ上に提示され、実世界環境を増強させることができる。本コンピュータ生成された画像データは、実世界環境に状況的に関連する、要素を含むことができる。そのような要素は、シミュレートされたテキスト、画像、オブジェクト等を含むことができる。シミュレートされた要素は、多くの場合、リアルタイムで双方向であることができる。MRシナリオは、ARシナリオの1つのタイプであって、典型的には、自然世界の中に統合され、それに応答する、仮想オブジェクトを伴う。例えば、MRシナリオでは、AR画像コンテンツは、実世界内のオブジェクトと相互作用するように知覚されるような方法で提示されてもよい。

【0031】

いくつかの他の実施形態では、臨床医は、診断および／またはシミュレーションならびに訓練の目的のために、デバイスを装着してもよい。以下に説明される種々の実施形態は、ARシステムに関連して健康システムの新しいパラダイムについて議論するが、本明細書に開示される技法は、任意の既存および／または公知のARシステムから独立して使用されてもよいことを理解されたい。したがって、以下に議論される実施例は、例示的目的のためにすぎず、ARシステムに限定されるように読まれるべきではない。

【0032】

前述のように、本発明の実施形態は、眼科器具等のユーザウェアラブル健康診断または健康療法システム（概して、本明細書では、健康システムと称される）が、患者によって装着され、種々の健康関連（例えば、眼関連）病気に特有の1つまたはそれを上回る用途に伴ってプログラムされ得る、新しいパラダイムを提示する。いくつかの実施形態では、診断および／または処置は、光学デバイス、機械的構造、処理アルゴリズム、または前述の任意の組み合わせによって提供されてもよい。いくつかの他の実施形態では、患者装着型健康システムはさらに、増強された処置または診断目的のために、感知および／または刺激能力を伴ってもよい。いくつかの実施形態では、頭部装着型拡張現実システムは、種々の健康関連（例えば、眼科）測定、査定、診断、または処置を提供するために使用されてもよい。

【0033】

頭部搭載型拡張現実ディスプレイシステムがユーザの眼と相互作用することを前提として、多くの用途が、眼関連診断および治療法のために想定され得る。さらに、非眼診断および治療法における多くの他の用途も、同様に想定され得る。故に、本明細書に提示される本開示は、眼の診断、監視、および／または処置に限定されない。本明細書に開示される

10

20

30

40

50

実施形態はまた、限定ではないが、ユーザの心血管および神経的健康を含む、ユーザの他のエリアの健康を診断、監視、および/または処置するために適用されてもよい。

【0034】

健康システムの多くの実施形態は、種々の眼関連および他の病気に関連して議論されるであろう。健康システムの種々の実施形態の詳述に先立って、ヒトの眼の生物学的機構が、患者に影響を及ぼし得る一般的病気に対する状況を提供するために、以下に簡単に議論されるであろう。

【0035】

図2を参照すると、ヒトの眼の簡略化された断面図が、描写されており、角膜42、虹彩44、レンズ、すなわち、「水晶体」46、強膜48、脈絡膜層50、黄斑52、網膜54、および脳への視神経経路56を特徴とする。黄斑は、網膜の中心であって、これは、中程度の詳細を見るために利用される。黄斑の中心には、「中心窩」と称される、網膜の一部があり、これは、最も微細な詳細を見るために利用され、網膜の任意の他の部分より多くの光受容体（視度あたり約120錐体）を含有する。ヒトの視覚系は、受動センサタイプのシステムではない。すなわち、環境を能動的に走査するように構成される。画像を捕捉するためのフラットベッドスキャナの使用または紙から点字を読み取る指の使用に幾分類似する様式において、眼の光受容体は、刺激の一定状態に一定に応答するのではなく、刺激の変化に応答して発火する。したがって、運動が、光受容体情報を脳に提示するために要求される。実際、眼の筋肉を麻痺させるために利用されている、コブラ毒等の物質を用いた実験において、ヒト対象が、その眼が開放された状態で位置付けられ、静的場面を眼の毒誘発麻痺状態で視認する場合、盲目状態を被るであろうことが示されている。言い換えると、刺激の変化がない場合、光受容体は、入力を脳に提供せず、盲目状態を被る。これは、正常なヒトの眼が、「マイクロサッケード」と呼ばれる側方運動において、往復して移動する、すなわち、微動することが観察されていることの少なくとも1つの理由であると考えられる。

【0036】

前述のように、網膜の中心窩は、視細胞の最大密度を含有し、ヒトは、典型的には、その視野全体を通して高分解能可視化能力を持つ知覚を有するが、概して、実際には、中心窩で直近で捕捉された高分解能情報の持続的記憶とともに、何度も機械的に掃引している小高分解能中心のみを有する。若干類似する様式において、眼の焦点距離制御機構（毛様体弛緩が、毛様体結合線維の緊張を生じさせ、より離れた距離で視認するために使用されるより長い焦点距離のためにレンズを平坦化させる一方、毛様体収縮が、毛様体結合線維の弛緩を生じさせ、より短い処理で視認するために使用されるより短い焦点距離のためにより丸い幾何学形状をとることを可能にする様式で、水晶体に動作可能に結合される毛様筋）は、標的焦点距離の近側および遠側の両方に、少量の「光屈折ぼけ」と呼ばれるものを周期的に誘発するために、約1/4～1/2ジオプタだけ往復微動する。これは、遠近調節を常に補正し、固視されたオブジェクトの網膜画像をほぼ合焦させて保つことに役立つ、周期的負のフィードバックとして、脳の遠近調節制御機能性によって利用される。

【0037】

脳の可視化中枢はまた、両眼およびその構成要素の相互に対する運動から有益な知覚情報を得る。相互に対する両眼の輻輳・開散（vergence）運動（すなわち、眼の視線を輻輳させ、オブジェクトを固視するための相互に向かって、またはそこから離れる、瞳孔の回転移動）は、眼のレンズの合焦（または「遠近調節（accommodation）」）と密接に関連付けられる。正常状態下では、眼のレンズの焦点を変化させる、すなわち、眼を遠近調節させ、異なる距離におけるオブジェクトに合焦させることは、「遠近調節・輻輳・開散運動反射」として知られる関係下、自動的に、同一距離までの輻輳・開散運動における整合変化を生じさせるであろう。同様に、輻輳・開散運動の変化は、正常状態下では、遠近調節の整合変化も誘起するであろう。本反射に逆らう作用は、（従来の立体視ARまたはVR構成のいくつかにおけるように）眼疲労、頭痛、または他の形態の不快感をユーザにもたらすことが知られている。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

眼を格納する、頭部の移動もまた、オブジェクトの可視化に重要な影響を及ぼす。ヒトは、その頭部を移動させ、その周囲の世界を可視化する。多くの場合、着目オブジェクトに対して、非常に一定した頭部の再位置付けおよび再配向の状態にある。さらに、大部分の人々は、その眼視線が、特定のオブジェクトに合焦させるために中心から約 20 度を上回って移動する必要があるとき、その頭部を移動させることを好む（すなわち、人々は、典型的には、「眼の隅から」物を見ることを好まない）。ヒトはまた、典型的には、音に連動してその頭部を走査または移動させ、オーディオ信号捕捉を改善し、頭部に対する耳の幾何学形状を利用する。ヒトの視覚系は、頭部の運動および眼の輻輳・開散運動距離の関数として、異なる距離におけるオブジェクトの相対運動に関連する、「頭部運動視差」と呼ばれるものから優れた深度のキューを得る（すなわち、人物が、その頭部を横方向に移動させ、オブジェクトへの固視を維持する場合、そのオブジェクトからより遠いアイテムは、頭部と同一方向に移動するように現れる一方、そのオブジェクトの正面のアイテムは、頭部運動と反対に移動するように現れるであろう。これらは、人物に対する環境内の空間的場所に位置するものの場所に関する非常に顕著なキューであって、おそらく、立体視と同等に優れている）。頭部運動はまた、当然ながら、オブジェクトを見渡すためにも利用される。

10

【 0 0 3 9 】

さらに、頭部および眼の運動は、頭部回転の間、網膜に対する画像情報を安定化させ、したがって、オブジェクト画像情報を網膜のほぼ中心に保つ、「前庭眼反射」と呼ばれるものと協調される。頭部の回転に応答して、眼は、反射的かつ比例的に反対方向に回転され、オブジェクトに対する安定した固定状態を維持する。本補償関係の結果として、多くのヒトは、その頭部を往復して振動させながら、本を読むことができる（興味深いことに、本が、頭部がほぼ定常のまま、同一速度で往復してめくられる場合、同じことは、概して、当てはまらない。すなわち、人は、めくられている本を読むことができない可能性が高い。前庭眼反射は、頭部および眼の運動協調のうちの 1 つであって、概して、手の運動のために発達されていない）。本パラダイムは、ユーザの頭部運動が、比較的に直接、眼の運動と関連付けられ得るため、患者装着型健康システムのために重要であり得、システムは、好ましくは、本関係と協働する準備ができたものとなるであろう。したがって、患者装着型または定常ディスプレイベースの健康システムを設計するとき、ヒトの眼の特性、時として、限界が、好ましくは、それらにストレスを課すのではなく、眼の自然機構と協働する、有意義な仮想コンテンツを提供するために考慮される。さらに、ARディスプレイシステムの健康関連用途の状況では、これは、本明細書に開示されるような種々の利点を提供することができる。前述のように、健康システムのディスプレイは、ARシステムから独立して実装されてもよいが、以下の多くの実施形態は、例証的目的のためだけに、ARシステムと関連して説明される。

20

30

【 0 0 4 0 】

ここで図 3 A - 3 D を参照すると、いくつかの一般的コンポーネントオプションが、図示される。図 3 A - 3 D の実施形態は、頭部搭載型ディスプレイを図示するが、同一コンポーネントは、いくつかの実施形態では、定常健康システム内にも同様に組み込まれてもよいことを理解されたい。

40

【 0 0 4 1 】

図 3 A に示されるように、ユーザ 60 は、ユーザの眼の正面に位置付けられるディスプレイシステム 62 に結合されるフレーム 64 構造を含む、患者装着型眼科デバイスを装着して描写される。フレーム 64 は、健康システムの用途に応じて、いくつかの眼科特有の測定サブシステムに結合されてもよい。いくつかの実施形態は、1 つまたはそれを上回る眼科用途のために構築されてもよく、他の実施形態は、同様に眼科用途に対応可能な一般的 AR システムであってもよい。いずれの場合も、以下の開示は、眼科計器および/または処置のために使用される、健康システムまたは AR システムの可能性として考えられるコンポーネントを説明する。

50

【 0 0 4 2 】

1つまたはそれを上回る実施形態では、健康システムは、患者、すなわち、ユーザに装着される。いくつかの他の実施形態では、健康システムは、別の人物（例えば、医師または臨床医）によって装着されてもよく、システムの装着者ではない患者において、診断試験および/または処置プロトコルのセットを実施するために使用されてもよい。以下の用途のいずれも、患者において診断試験、処置プロトコル、および/または監視（リアルタイムまたは縦断的に）を行うためにも同様に、他の人物によって装着される健康システムのために使用されてもよいことを理解されたい。

【 0 0 4 3 】

スピーカ 6 6 が、描写される構成では、フレーム 6 4 に結合され、ユーザの外耳道に隣接して位置付けられてもよい。（一実施形態では、別のスピーカ（図示せず）が、ステレオ/調節可能音制御を提供するために、ユーザの他の外耳道に隣接して位置付けられる。）マイクロホン 5 5 もまた、フレームに結合され、ユーザまたは周囲環境からの音を検出してもよい。いくつかの実施形態では、別のマイクロホン（図示せず）も、提供されてもよい（例えば、ユーザの右手側において、フレーム 6 4 に結合される）。1つまたはそれを上回る実施形態では、健康システムは、有線導線または無線接続性 6 8 等によって、フレーム 6 4 に固定して取り付けられる、図 3 B の実施形態に示されるように、ヘルメットまたは帽子 8 0 に固定して取り付けられる、ヘッドホン内に内蔵される、図 3 C の実施形態に示されるように、リュック式構成において、ユーザ 6 0 の胴体 8 2 に除去可能に取り付けられる、または図 3 D の実施形態に示されるように、ベルト結合式構成において、ユーザ 6 0 の腰部 8 4 に除去可能に取り付けられる等、種々の構成において搭載され得る、ローカル処理およびデータモジュール 7 0 に動作可能に結合される、ディスプレイ 6 2 を有してもよい。

【 0 0 4 4 】

ローカル処理およびデータモジュール 7 0 は、屈折力効率的プロセッサまたはコントローラと、フラッシュメモリ等のデジタルメモリとを含んでもよく、両方とも、a) 画像捕捉デバイス（カメラ等）、マイクロホン、慣性測定ユニット、加速度計、コンパス、GPS ユニット、無線デバイス、および/またはジャイロ스코ープ等のフレーム 6 4 に動作可能に結合され得る、センサから捕捉される、および/または b) 可能性として、処理または読出後、ディスプレイ 6 2 への通過のために、遠隔処理モジュール 7 2 および/または遠隔データリポジトリ 7 4 を使用して入手および/または処理される、データの処理、キャッシュ、および記憶を補助するために利用されてもよい。ローカル処理およびデータモジュール 7 0 は、これらの遠隔モジュール 7 2、7 4 が、相互に動作可能に結合され、ローカル処理およびデータモジュール 7 0 へのリソースとして利用可能であるように、有線または無線通信リンク 7 6、7 8 等を介して、遠隔処理モジュール 7 2 および遠隔データリポジトリ 7 4 に動作可能に結合されてもよい。

【 0 0 4 5 】

いくつかの実施形態では、遠隔処理モジュール 7 2 は、データおよび/または画像情報を分析および処理するように構成される、1つまたはそれを上回る比較的強力なプロセッサまたはコントローラを含んでもよい。いくつかの実施形態では、遠隔データリポジトリ 7 4 は、比較的に大規模デジタルデータ記憶設備を含んでもよく、これは、インターネットまたは「クラウド」リソース構成における他のネットワーク構成を通して利用可能であってもよい。いくつかの実施形態では、全てのデータは、記憶され、全ての算出は、ローカル処理およびデータモジュールにおいて実施され、遠隔モジュールからの完全に自律的使用を可能にする。

【 0 0 4 6 】

有利には、図 3 A - 3 D に説明されるものに類似する、健康システム（または眼科用途を有する、AR システム）は、ユーザの眼および頭部への一意のアクセスを提供する。健康システムが、ユーザの眼と相互作用し、ユーザが、3 D 仮想コンテンツを知覚し、多くの実施形態では、ユーザの眼に関連する種々のバイオメトリック（例えば、眼輻輳・開散運

10

20

30

40

50

動、眼運動、網膜構造、前および後眼幾何学形状、眼移動のパターン等）を追跡することを可能にすることを前提として、得られた追跡されたデータは、有利には、本明細書にさらに詳細に説明されるように、健康関連用途において使用されてもよい。本ユーザの眼へのかつてないアクセスは、種々の健康用途の実装に有益である。健康異常のタイプに応じて、健康システムは、ユーザの眼の結像、感知（測定を含む）、および／またはそこへの刺激を提供し、病気を診断および／または処置するように構成されてもよい。

【0047】

1つまたはそれを上回る実施形態では、拡張現実ディスプレイシステムは、患者装着型、すなわち、ユーザ装着型、眼科デバイスとして使用されてもよい。眼科計器は、臨床医によって、患者の眼を視認および検査し、医療手技を実行する、および／またはユーザの眼に試験または療法を実施するために使用される。従来、眼科デバイスは、大型かつ嵩張る定常デバイスを有しており、多くの場合、患者が医師のオフィスを訪れることを要求し、そこで臨床医または医師は、患者に眼関連試験を実施する。典型的には、患者は、臨床医が一連の試験を完了するまで、眼科計器デバイス（例えば、眼科デバイスの顎置コンポーネント上に顎を載せ、頭部を正面に向けた状態等）に拘束される。したがって、現在のアプローチは、いくつかの限界を有する。

10

【0048】

試験のための重くかつ嵩張るデバイスの使用に加え、従来のアプローチは、医師が監督することを要求し、患者は、さらなる試験／進行度評価のために、臨床医のオフィスに繰り返し戻る必要があり得、かつ長時間周期にわたって、不快なまたは制限的位置に留まる必要があり得る。さらに、患者が眼科デバイスに暴露される短持続時間を前提として、患者を診断または処置するために、臨床医が収集可能なデータの量に限界が存在する。従来のアプローチは、ユーザの挙動およびユーザの配向の動的変化を考慮しない。従来のアプローチ下で実施される多くの試験は、ユーザが特定の通常静的である位置に制約されることを要求する。しかしながら、ユーザが、例えば、視野試験を受けており、限定された注意期間を有する場合、彼らは、その頭部および眼を移動させ、それによって、雑音を生成し、可能性として、不正確な試験結果を生じさせ得る。加えて、従来のアプローチは、人を引きつけるもの、関心を引くもの、または双方向なものではない。

20

【0049】

1つまたはそれを上回る実施形態では、図3A - 3Dに示されるものに類似する頭部装着型健康（例えば、眼科）デバイスは、患者によって、データを追跡し、1つまたはそれを上回る眼関連病気を識別および補正し、および／または他の健康問題を防止することに役立てるために使用されてもよい。1つまたはそれを上回る実施形態では、ARディスプレイシステムは、頭部装着型健康（例えば、眼科）デバイスとして使用されてもよい。以下に説明されるいくつかの実施形態は、頭部装着型実施形態において実装されてもよい一方、他の実施形態は、定常デバイスにおいて実装されてもよいことを理解されたい。さらに、いくつかの実施形態は、AR技術を利用して、医師監督を伴う（例えば、医療安全上の懸念、規制上の懸念等のために）、診断、監視、および／または処置のためのシステムおよび方法を実装してもよい一方、他の実施形態は、頭部装着型健康デバイスまたはARデバイスを通じた自己診断および／または監視のために実装されてもよい、または本明細書に説明されるように、特定の病気のための処置プロトコルの一部として実装されてもよい。例証目的のために、本開示は、主に、頭部装着型健康デバイス、特に、ARデバイスに焦点を当てるであろうが、同一原理は、非頭部装着型実施形態にも同様に適用されてもよいことを理解されたい。

30

40

【0050】

1つまたはそれを上回る実施形態では、ARディスプレイデバイスは、患者装着型健康デバイスとして使用されてもよい。デバイスは、典型的には、特定のユーザの頭部および／または顔特徴のためにフィットされてもよく、光学コンポーネントは、ユーザの眼に整合される。これらの構成ステップは、ユーザが、概して、頭痛、吐き気、不快感等の生理学的副作用がなく、拡張現実体験を提供されることを確実にすることに役立てるために使用

50

されてもよい。したがって、1つまたはそれを上回る実施形態では、患者装着型健康システムは、個々のユーザ毎に構成され（物理的およびデジタル的に両方で）、プログラムのセットは、ユーザのために具体的に較正されてもよい。他のシナリオでは、ARデバイスは、種々のユーザによって快適に使用されてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、患者装着型健康システムは、フィッティング補正目的のために、ユーザの眼間の距離、頭部装着型ディスプレイからユーザの眼までの距離、ユーザの前額の曲率、耳までの距離、または鼻梁の高さのうちの1つまたはそれを上回るものを把握する。これらの測定は全て、所与のユーザのために、正しい頭部装着型ディスプレイシステムを提供するために使用されてもよい。いくつかの他の実施形態では、そのような測定は、眼科機能を実施するために必要ではない場合がある。患者装着型健康システムの状況では、頭部装着型デバイスの本側面は、システムが、ユーザの物理的特徴（例えば、眼サイズ、頭部サイズ、眼間の距離等）についての測定のセットと、患者の療法および診断のために使用され得る、他のデータとをすでに有するため、有利であり得る。

【0051】

図4A - 4Dを参照すると、健康システムは、ユーザ毎にカスタマイズされてもよい。ユーザの頭部形状402が、図4Aに示されるように、頭部搭載患者装着型健康システムをフィッティングするときに考慮されてもよい。同様に、眼コンポーネント404（例えば、光学、光学のための構造等）が、図4Bに示されるように、水平および垂直の両方におけるユーザの快適性のために回転または調節されてもよい。1つまたはそれを上回る実施形態では、図4Cに示されるように、ユーザの頭部に対して設定された頭部の回転点は、ユーザの頭部の形状に基づいて調節されてもよい。同様に、瞳孔間距離（IPD）（すなわち、ユーザの眼間の距離）が、図4Dに示されるように、補償されてもよい。

【0052】

ユーザにおいて実施される種々の測定および較正に加え、患者装着型健康システムは、患者識別およびセキュア通信のために、ユーザについてのバイオメトリックデータのセットを追跡するように構成されてもよい。例えば、システムは、患者識別のために虹彩認識および/または網膜マッチングを実施し、眼移動、眼移動パターン、瞬目パターン、眼輻輳・開散運動、疲労パラメータ、眼色の変化、焦点距離の変化、および光学拡張現実体験をユーザに提供する際に使用され得る、多くの他のパラメータを追跡してもよい。保険医療用途のために使用されるARデバイスの場合、前述の側面のうちのいくつかは、一般的に利用可能なARデバイスの一部であってもよく、他の特徴は、特定の健康関連用途のために組み込まれてもよいことを理解されたい。

【0053】

ここで図5を参照すると、例示的患者装着型健康ディスプレイデバイスの種々のコンポーネントが、説明されるであろう。他の実施形態は、システムが使用される用途（例えば、特定の診断ツール）に応じて、付加的またはより少ないコンポーネントを有してもよいことを理解されたい。なお、図5は、患者装着型健康システムまたはARデバイスを通して収集および記憶され得る、種々のコンポーネントおよびバイオメトリックデータのタイプのうちのいくつかの基本概念を提供する。図5は、例証的目的のために、右側にブロック図における頭部搭載型健康システム62の簡略化されたバージョンを示す。

【0054】

図5を参照すると、好適なユーザディスプレイデバイス62の一実施形態は、フレーム64（図3A - 3D）に対応する、筐体またはフレーム108によってユーザの頭部または眼に搭載され得る、ディスプレイレンズ106を備えるように示される。ディスプレイレンズ106は、ユーザの眼20の正面に筐体108によって位置付けられ、投影された光38を眼20の中に反射させ、ビーム成形を促進する一方、また、ローカル環境からの少なくとも一部の光の伝送を可能にするように構成される、1つまたはそれを上回る半透明ミラーを備えてもよい。図示されるように、2つの広視野マシンビジョンカメラ16が、筐体108に結合され、ユーザの周囲の環境を結像する。いくつかの実施形態では、これらのカメラ16は、二重捕捉可視光/非可視（例えば、赤外線）光カメラである。

【 0 0 5 5 】

図 5 を継続して参照すると、光 3 8 を眼 2 0 の中に投影するように構成される、ディスプレイミラーおよび光学を伴う、一対の走査式レーザ成形波面（すなわち、深度のため）光プロジェクタモジュールが、示される。描写される実施形態はまた、発光ダイオード「LED」等の赤外線光源 2 6 とペアリングされる、2 つの小型赤外線カメラ 2 4 を備え、これは、ユーザの眼 2 0 を追跡し、レンダリングおよびユーザ入力をサポート可能であるように構成される。システム 6 2 はさらに、センサアセンブリ 3 9 を特徴とし、これは、3 軸加速度計能力ならびに磁気コンパスおよび 3 軸ジャイロスコープ能力を含み、好ましくは、2 0 0 H z 等の比較的到高周波数でデータを提供し得る。描写されるシステムはまた、A S I C（特定用途向け集積回路）、F P G A（フィールドプログラマブルゲートアレイ）、および / または A R M プロセッサ（高度縮小命令セット機械）等のセンサ頭部姿勢プロセッサ 3 2 を備え、これは、デジタルおよび / またはアナログ処理を実行し、リアルタイムまたはほぼリアルタイムに、ユーザ頭部姿勢を、センサアセンブリ 3 9 からのジャイロスコープ、コンパス、および / または加速度計データから計算するように構成されてもよい。システムはまた、画像頭部姿勢プロセッサ 3 6 を含んでもよく、これは、捕捉デバイス 1 6 から出力される広視野画像情報を使用して、ユーザの頭部姿勢を判定してもよい。

10

【 0 0 5 6 】

描写される実施形態はまた、G P S（全地球測位システム）サブシステム 3 7 を特徴とし、姿勢および測位分析を補助する。加えて、G P S はさらに、ユーザの環境についての遠隔ベース（例えば、クラウドベース）の情報を提供してもよい。本情報は、診断目的のために使用されてもよい。例えば、ユーザが、周囲空気内に高花粉を有するエリアに位置する場合、本情報は、特定の病気を診断および / または処置するために有用であり得る。または、別の実施例では、特定のエリア内の空気汚染についての情報は、有利には、特定のユーザのための処置オプションを検討する際に使用されてもよい。他のタイプの情報（例えば、花粉数、汚染、人口統計、環境毒素、天候および空気品質状態、生活様式統計、保険医療提供者への近接度等）も同様に、1 つまたはそれを上回る用途において使用されてもよい。

20

【 0 0 5 7 】

描写される実施形態はまた、ユーザに表示されるための仮想コンテンツを提供するように構成されるソフトウェアプログラムを起動するハードウェアを特徴とし得る、レンダリングエンジン 3 4 を含んでもよい。レンダリングエンジン 3 4 は、レンダリングされた画像データがユーザに投影され得るように（例えば、網膜走査ディスプレイに類似する様式における走査レーザ配列 1 8 を使用して）、有線または無線コネクティビティ（例えば、1 0 5、9 4、1 0 0、1 0 2、1 0 4）を介して、センサ頭部姿勢プロセッサ 3 2、画像頭部姿勢プロセッサ 3 6、眼追跡カメラ 2 4、および / または投影サブシステム 1 8 に動作可能に結合される。投影された光ビーム 3 8 の波面は、投影された光の所望の焦点距離と一致するように修正されてもよい。

30

【 0 0 5 8 】

カメラ 2 4（例えば、小型赤外線カメラ）が、眼を追跡し、レンダリングおよびユーザ入力をサポートするために利用されてもよい（例えば、ユーザが見ている場所、合焦させている深度（眼の輻輳・開散運動が焦点深度 / 遠近調節を推定するために利用され得る）等）。G P S 3 7、ジャイロスコープ、コンパス、および加速度計 3 9 が、大まかなおよび / または高速姿勢推定を提供するために利用されてもよい。カメラ 1 6 画像および姿勢が、関連付けられたクラウドコンピューティングリソースからのデータと併せて、ローカル世界をマッピングし、ユーザビューを他者および / または仮想または拡張現実コミュニティならびに / もしくは保険医療プロバイダと共有するために利用されてもよい。1 つまたはそれを上回る実施形態では、カメラ 1 6 は、包括的保険医療および / または健康増進システムもしくは保険医療監視システムの一部として、ユーザが摂取する食品、薬物、栄養素、および毒素を分析するために使用されてもよい。

40

50

【 0 0 5 9 】

図 5 を継続して参照すると、ディスプレイデバイス 6 2 は、薬品分注モジュール 2 1 を含み、薬品をユーザに送達してもよい。薬品分注モジュール 2 1 は、1 つまたはそれを上回る出口 2 2 と、出口 2 2 を通して分注された薬品を貯蔵するリザーバであり得る、少なくとも 1 つの薬品容器 2 3 とを含んでもよい。出口 2 2 は、1 つまたはそれを上回るチャネル 2 2 a によって、容器 2 3 に接続されてもよく、これは、薬品（例えば、液体または気体）を容器 2 3 から出口 2 2 に伝達する。いくつかの実施形態では、出口 2 2 は、単に、フレーム 1 0 8 内の開口部であってもよい、またはフレーム 1 0 8 に取り付けられる、もしくはそれとは一体型である、ノズルであってもよい。いくつかの実施形態では、ノズルは、噴霧器であってもよい。いくつかの実施形態では、チャネル 2 2 a は、開口部によってフレーム 1 0 8 および / または管類内に形成される。

10

【 0 0 6 0 】

1 つまたはそれを上回る実施形態では、ディスプレイデバイスは、発光モジュール 2 7 を含み、処置プロトコルに基づいて、装着者の眼の処置等のために、光を装着者に選択的に投与してもよい。発光モジュール 2 7 は、光源を備えてもよく、これは、多染色偏光、レーザ、発光ダイオード、蛍光灯、ダイクロイックランプ、フルスペクトル光源等を放出する、光エミッタを含んでもよい。いくつかの実施形態では、1 つの発光モジュール 2 7 が、両眼のために提供されてもよい。いくつかの他の実施形態では、ディスプレイデバイスは、複数の発光モジュール 2 7 を含んでもよく、各眼は、光をその眼に指向するように構成される、少なくとも 1 つの発光モジュールを有してもよい。

20

【 0 0 6 1 】

図 5 に特徴とされるディスプレイシステム 6 2 内のハードウェアの多くは、直接、ディスプレイ 1 0 6 およびユーザの眼 2 0 に隣接する、筐体 1 0 8 に結合されるように描写されるが、描写されるハードウェアコンポーネントは、例えば、図 3 D に示されるように、ベルト搭載型コンポーネント等の他のコンポーネント内に搭載または格納されてもよい。加えて、本明細書に記載されるように、複数のセンサおよび他の機能モジュールは、例証および説明を容易にするために、ともに示される。しかしながら、いくつかの実施形態は、これらのセンサおよび / またはモジュールのうちの 1 つもしくはサブセットのみを含んでもよいことを理解されたい。

【 0 0 6 2 】

いくつかの実施形態では、図 5 に特徴とされるシステム 6 2 のコンポーネントは全て、画像頭部姿勢プロセッサ 3 6、センサ頭部姿勢プロセッサ 3 2、およびレンダリングエンジン 3 4 を除き、直接、ディスプレイ筐体 1 0 8 に結合され、後者の 3 つおよびシステムの残りのコンポーネント間の通信は、超広帯域等の無線通信または有線通信によって行われてもよい。描写される筐体 1 0 8 は、好ましくは、頭部搭載型かつユーザによって装着可能である。また、これは、ユーザの耳の中に挿入され、音をユーザに提供するために利用され得るもの等、スピーカ（例えば、スピーカ 6 6、図 3 A - 3 D）を特徴としてもよい。

30

【 0 0 6 3 】

ユーザの眼 2 0 の中への光 3 8 の投影に関して、いくつかの実施形態では、カメラ 2 4 が、ユーザの眼 2 0 が見ている（例えば、2 つの眼の視線が交差する）場所を測定するために利用されてもよく、その情報は、眼 2 0 の焦点または遠近調節の状態を判定するために使用されてもよい。眼によって合焦される全ての点の 3 次元表面は、「単視軌跡」と呼ばれる。焦点距離は、有限数の深度をとってもよい、または無限に変動してもよい。物理的にまたは事実上、輻輳・開散運動距離から投影される光は、対象眼 2 0 に合焦されて現れる一方、輻輳・開散運動距離の正面または背面の光は、ぼける。

40

【 0 0 6 4 】

さらに、理論によって限定されるわけではないが、約 0 . 7 ミリメートル未満のビーム直径を伴う空間的にコヒーレントな光は、眼が合焦する場所にかかわらず、ヒトの眼によって正しく分解されることが発見されている。本理解を前提として、適切な焦点深度の錯覚を作成するために、眼の輻輳・開散運動が、カメラ 2 4 を用いて追跡されてもよく、レン

50

ダリングエンジン 3 4 および投影サブシステム 1 8 は、単視軌跡上またはそれに近接する全ての仮想オブジェクトを合焦内に、全ての他の仮想オブジェクトを可変程度の合焦外に（すなわち、意図的に作成されたぼけを使用して）レンダリングするために利用されてもよい。好ましくは、システム 6 2 は、約 6 0 フレーム / 秒またはそれを上回るフレームレートでユーザにレンダリングする。上記に説明されるように、好ましくは、カメラ 2 4 が、眼追跡のために利用されてもよく、ソフトウェアが、輻輳・開散運動幾何学形状だけではなく、また、ユーザ入力としての役割を果たすための焦点場所キューを選別するように構成されてもよい。好ましくは、そのようなディスプレイシステムは、昼間または夜間使用のために好適な明度およびコントラストを用いて構成される。

【 0 0 6 5 】

10

いくつかの実施形態では、ディスプレイシステムは、好ましくは、約 2 0 ミリ秒未満の視覚的オブジェクト整合、約 0 . 1 度未満の角度整合、および約 1 弧分の分解能の待ち時間を有し、これは、理論によって限定されるわけではないが、ヒトの眼のほぼ限界であると考えられる。ディスプレイシステム 6 2 は、位置特定システムと統合されてもよく、これは、GPS 要素、光学追跡、コンパス、加速度計、および / または他のデータソースを伴い、位置および姿勢判定を補助してもよい。位置特定情報は、関連世界のユーザのビュー内の正確なレンダリングを促進するために利用されてもよい（例えば、そのような情報は、ディスプレイシステムがそれが実世界に対して位置する場所を把握することを促進するであろう）。

【 0 0 6 6 】

20

ユーザ装着型健康システム（例えば、眼科システム）のいくつかの実施形態の一般的コンポーネントを説明したので、保険医療および診断に関連する付加的コンポーネントおよび / または特徴が、以下に議論されるであろう。以下に説明される特徴のうちのいくつかは、ユーザ装着型健康システムの種々の実施形態または健康目的のために使用される AR システムの多くの実施形態に共通であるであろう一方、その他は、健康診断および処置目的のために、付加的またはより少ないコンポーネントを要求するであろうことを理解されたい。

【 0 0 6 7 】

いくつかの実施形態では、ユーザ装着型健康システムは、ユーザの眼の遠近調節に基づいて、1 つまたはそれを上回る仮想画像を表示するように構成される。ユーザが画像が投影されている場所に合焦するように強制する、以前の 3 D ディスプレイアプローチと異なり、いくつかの実施形態では、ユーザ装着型健康システムは、投影された仮想コンテンツの焦点を自動的に変動させ、ユーザに提示される 1 つまたはそれを上回る画像のより快適な視認を可能にするように構成される。例えば、ユーザの眼が、1 m の現在の焦点を有する場合、画像は、ユーザの焦点と一致するように投影されてもよい。または、ユーザが、焦点を 3 m に偏移させる場合、画像は、新しい焦点と一致するように投影される。したがって、ユーザを所定の焦点に強制するのではなく、いくつかの実施形態のユーザ装着型健康システムまたは AR ディスプレイシステムは、ユーザの眼がより自然な様式で機能することを可能にする。

30

【 0 0 6 8 】

40

そのようなユーザ装着型健康システムは、仮想現実デバイスに対して典型的に観察される、眼精疲労、頭痛、および他の生理学的症状の発生を排除または低減させ得る。これを達成するために、患者装着型健康システムの種々の実施形態は、1 つまたはそれを上回る可変焦点要素（VFE）を通して、仮想画像を可変焦点距離に投影するように構成される。1 つまたはそれを上回る実施形態では、3 D 知覚は、画像をユーザから離れた固定焦点面に投影する、多平面焦点システムを通して達成されてもよい。他の実施形態は、可変平面焦点を採用し、焦点面は、ユーザの焦点の現在の状態と一致するように、z - 方向に往復して移動される。

【 0 0 6 9 】

多平面焦点システムおよび可変平面焦点システムの両方において、患者装着型健康システ

50

ムは、眼追跡を採用し、ユーザの眼の輻輳・開散運動を判定し、ユーザの現在の焦点を判定し、仮想画像を判定された焦点に投影してもよい。

【 0 0 7 0 】

任意の波長の光が、ユーザの眼の中に投影されてもよい。可視光に加え、赤外線光または光の他の波長も同様に、患者装着型健康システムを通して投影されてもよい。患者装着型健康システムの本側面は、以下に説明されるであろうように、健康異常に関して、結像、診断、処置、および/または補償のために使用されてもよい。

【 0 0 7 1 】

保険医療および診断の状況下では、ユーザに提示される1つまたはそれを上回る画像のタイプ、周波数、配色、場所等が、有利には、1つまたはそれを上回る障害の診断、患者監視、および/または処置のために操作されてもよい。例えば、ある病気は、他方の眼に関連して、一方の眼の補強を要求し得る。この目的を達成するために、処置プロトコルは、例えば、強い方の眼と比較して増加された刺激を弱い方の眼に提供することによって、弱い方の眼を「訓練」するために考案されてもよい。または、別の実施例では、網膜の特定の部分は、黄斑変性に起因して、減少された感度を有し得る。これに対抗するために、画像は、変調または再フォーマットされ、網膜の周縁に投影され、それによって、ユーザの減少された視野を補償してもよい。したがって、以下にさらに詳細に説明されるであろうように、仮想画像投影に関連するいくつかのパラメータを変調させる健康システムの能力は、ある健康異常を診断、監視、および/または処置するために使用されてもよい。

【 0 0 7 2 】

加えて、上記に概略された種々の原理を使用して、健康システムは、刺激 - 応答測定分析プロセスを使用して、診断を提供するように設計されてもよい。これら等のデバイスは、臨床医によって使用され得るか、または他の実施形態では、ある病気が、単に、査定される、もしくはは症状を患者によって認めさせ得るか（例えば、眼精疲労、ドライアイ、高血圧症、脳卒中または発作の発症等）のいずれかである。これは、ユーザが、その健康を能動的に制御し、ある症状の発症時、それらに先を見越して対処することによって、疾患の発症を防止することに大きく役立ち得る。そのような診断および/または査定は、例えば、現時点のデータを1つまたはそれを上回る追跡されたバイオメトリックパラメータおよび環境変化に関連する履歴データとともに分析することによって行われてもよい。1つまたはそれを上回る実施形態では、健康システムはまた、情報キューを提供する、アラートをユーザおよび/または医師もしくは他者に送信する、もしくはは他の応答手段を補助するように構成されてもよい。

【 0 0 7 3 】

健康システムは、例えば、ユーザを診断、監視、または処置するための健康システムのソフトウェア制御実装におけるように、自律的（すなわち、臨床医または他の人物からの入力または制御を伴わずに、結果を直接ユーザまたは他の人物もしくはエンティティに提供する）である、または半自律的（すなわち、臨床医または他の人物からのある程度の入力もしくは制御）であるように構成されてもよいことを理解されたい。他の実施形態では、健康システムは、臨床医または他の人物によって完全制御されてもよい（例えば、クラウドベースの実装等のネットワーク化またはあらゆる遠隔ベースにおいて、もしくはは健康システムが患者を検査するために臨床医によって装着される実装において）。

【 0 0 7 4 】

いくつかの実施形態では、健康システムは、いくつかの付加的健康関連センサとともに設計されてもよい。これらは、例えば、加速度計、ジャイロスコープ、温度センサ、圧力センサ、光センサ、非侵襲性血糖値センサ、ETCO₂、EEG、および/または他の生理学的センサ等を含み、ユーザの1つまたはそれを上回る生理学的応答を監視してもよい。

【 0 0 7 5 】

本明細書に説明されるように、健康システムは、1つまたはそれを上回る実施形態では、眼追跡モジュールを備える。眼追跡モジュールは、1つまたはそれを上回る仮想画像の投影のために、（輻輳・開散運動と遠近調節との間の直接関係を通した）適切な正常遠近調

10

20

30

40

50

節を判定するために、ユーザの眼の輻輳・開散運動を判定するように構成されてもよく、また、1つまたはそれを上回る眼関連パラメータ（例えば、眼の位置、眼移動、眼パターン等）を追跡するように構成されてもよい。本データは、以下に説明されるであろうように、いくつかの健康関連診断および処置用途のために使用されてもよい。

【0076】

本明細書の説明から明白であろうように、健康システムは、診断、監視、および療法のために使用されてもよく、これは、眼関連診断、監視、および療法を含むことができる。眼関連用途では、健康システムは、眼科システムと称され得る。また、本明細書の説明から明白であるように、デバイスのユーザ（または装着者）は、患者と称され得、診断、監視、および療法は、デバイスによって、そのユーザにおいて行われる。いくつかの他の実施形態では、ユーザは、臨床医であってもよく、患者は、ユーザによって評価および処置され得る、第三者であってもよい。また、診断および監視は、概して、健康分析と称され得ることを理解されたい。

ライトフィールドプロセッサシステム

【0077】

図6は、ユーザの視野の少なくとも一部からライトフィールド画像データ（例えば、写真および/またはビデオ）を捕捉し、次いで、捕捉されたライトフィールド画像データを処理し、処理されたライトフィールド画像データをユーザに表示するためのライトフィールドプロセッサシステム600を図示する。ライトフィールドプロセッサシステム600は、1つまたはそれを上回る外向きに面した一体型結像カメラ16と、ライトフィールドプロセッサ70と、1つまたはそれを上回る一体型結像ディスプレイ62とを含むことができる。これらのコンポーネントはそれぞれ、本明細書で議論されるウェアラブル仮想/拡張現実および健康システムの一部として提供されることができる。いくつかの実施形態では、ライトフィールド画像データは、ユーザが表示されるライトフィールド画像データ内に遅れまたは遅延を知覚しないように、実質的にリアルタイムで捕捉、処理、および表示される。

【0078】

すぐ上で述べられたように、ライトフィールドプロセッサシステム600の一側面は、従来の2次元写真および/またはビデオではなく、ライトフィールド画像データを捕捉、処理、および表示することである。空間世界は、3次元であるが、従来の写真およびビデオは、2次元画像のみを記録する。したがって、従来のカメラは、光と3次元世界内の事物の複雑な相互作用を、カメラの視野内のオブジェクト空間から検出された光強度の平坦な2次元マップに低減させる。本平坦化効果は、カメラの視野内のオブジェクト平面上の異なる点において放出、反射、および/または散乱された光線が、レンズによって画像平面上の対応する点に合焦される、結像の結果である。角度情報は、本プロセスでは、喪失される。すなわち、従来の画像における所与のピクセルにおいて記録される光強度は、視野内のオブジェクト平面上の対応する点から異なる角度配向を伴って生じる、光線の個別の強度寄与を示さない。代わりに、従来の写真およびビデオでは、画像平面内の各点において測定された強度は、視野内のオブジェクト平面上の対応する点から異なる角度配向を伴ってカメラに入射する、種々の光線の組み合わせられた強度を示す。従来のカメラにおける3次元から2次元への平坦化は、画像の情報コンテンツを有意に限定する。

【0079】

対照的に、ライトフィールドデータは、視野内の種々の点から生じる光の方向および強度についての情報を含む。したがって、従来のカメラを用いて取得される典型的写真は、2次元画像放射照度マップであるが、ライトフィールドデータは、視野内の複数の（ x 、 y ）点のそれぞれから複数の角度（ θ_x 、 θ_y ）において発出する光線の強度または放射照度についての情報を含み得るため、4次元と見なされ得る。ライトフィールドディスプレイを用いて再現されると、ライトフィールド画像は、実際の物理的場面を直接視認する場合に類似する、3次元表現を視認者に提供する。

【0080】

10

20

30

40

50

外向きに面した一体型結像カメラ 16 は、ライトフィールドデータを捕捉可能な任意のカメラまたはデバイスであることができる。1つのそのようなデバイスの実施例は、図 7 に関して本明細書に説明される。いくつかの実施形態では、1つまたはそれを上回る外向きに面した一体型結像カメラ 16 は、図 3 - 5 に示されるように、ウェアラブルシステムと統合されることができる。2つの（またはそれを上回る）外向きに面した一体型結像カメラ 16 が、提供されることができ、それぞれ、概して、数値的ライトフィールド画像データを捕捉するために使用され、これは、ユーザの眼のうちの 1 つに表示されるであろう。具体的には、左外向きに面した一体型結像カメラ 16 は、ユーザの左眼の正常視野と重複する視野を有するように提供および整合されることができる。同様に、右外向きに面した一体型結像カメラ 16 は、ユーザの右眼の正常視野と重複する視野を有するように提供および整合されることができる。

10

【0081】

ライトフィールドプロセッサ 70 は、例えば、本明細書に説明されるローカル処理およびデータモジュール 70 を使用して実装されることができる。ライトフィールドプロセッサ 70 は、捕捉された 4 次元の数値的ライトフィールド画像データを一体型結像カメラ 16 および / または非一過性コンピュータメモリから受信する。ライトフィールドプロセッサは、種々の動作を捕捉されたライトフィールド画像データ上にコンピュータ的に実施することができる。そのような動作は、正または負の球面および / または円柱屈折力を数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に追加し、数値的ライトフィールド画像データによって表される 1 つまたはそれを上回る波面を識別し、そのような波面の曲率をコンピュータ的に改変し、ライトフィールド画像データを選択された深度平面に合焦させ、プリズム屈折力をライトフィールド画像データに追加し、仮想オブジェクトまたは他の V R / A R コンテンツを画像データに追加し、オブジェクトまたは他のコンテンツを画像データから削除し、ライトフィールド画像データを上、下、左、または右に偏移させ、捕捉されたライトフィールド画像データの選択された下位部分を拡大し、画像データの空間および / または波長フィルタリングを実施すること等を含むことができる。

20

【0082】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサ 70 は、眼科処方箋またはユーザの眼の他の特性に基づいて、捕捉された数値的ライトフィールド画像データを処理する。（眼科処方箋または他の眼特性は、ライトフィールドプロセッサ 70 にユーザまたは別のデバイス（例えば、非一過性コンピュータメモリ）から入力されることができる、もしくは眼科処方箋または他の眼特性は、本明細書にさらに説明されるように、ライトフィールドプロセッサシステム 600 自体によって測定されることができる。）例えば、捕捉された数値的ライトフィールド画像データは、ユーザの視力の少なくとも 1 つの側面を改善するように処理されることができる。いくつかの実施形態では、数値的ライトフィールド画像データは、少なくとも部分的に、ユーザの近視、遠視、乱視、老眼、斜視、弱視、黄斑変性、高次屈折誤差、色収差、または微小障害を補正するように、処理されることができる。他のタイプの補正もまた、可能性として考えられる。

30

【0083】

一体型結像ディスプレイ 62 は、ライトフィールド画像データを表示可能な任意のデバイスであることができる。1つのそのようなデバイスの実施例は、図 7 に関して本明細書に説明される。いくつかの実施形態では、1つまたはそれを上回る一体型結像ディスプレイ 62 は、図 3 - 5 に示されるように、ウェアラブルシステムと統合されることができる。一体型結像ディスプレイ 62 は、ユーザがその実世界環境を視認することを可能にするように、部分的に透明であることができる。代替として、一体型結像ディスプレイは、代わりに、外向きに面した一体型結像カメラ 16 に完全に依拠し、ユーザにその実世界環境からの画像データを提供してもよい。2つの一体型結像ディスプレイ 62 が、提供されることができ、それぞれ、概して、処理されたライトフィールド画像データをユーザの眼のうちの 1 つに表示するために使用される。具体的には、左の一体型結像ディスプレイ 62 は、ライトフィールド画像データをユーザの左眼に表示するために提供および整合されるこ

40

50

とができる。同様に、右の一体型結像ディスプレイ 62 は、ライトフィールド画像データをユーザの右眼に表示するために提供および整合されることができる。

【0084】

図7は、図6のライトフィールドプロセッサシステム600の実施形態の略図である。外向きに面した一体型結像カメラ16は、マイクロレンズ702の2次元アレイと、感光ピクセルを伴う光検出器704の対応する2次元アレイとを含むことができる。光検出器アレイ704は、例えば、相補的金属酸化物半導体(CMOS)センサ、電荷結合素子(CCD)センサ、CMOSまたはCCDセンサのアレイ、もしくは光エネルギーを検出およびデジタル化可能な任意の他のデバイスであることができる。光検出器のアレイは、平面表面または湾曲表面を形成することができる(例えば、光検出器のアレイは、眼の周囲の半径方向に湾曲され、眼が見ている可能性のある任意の場所からの光の捕捉を促進することができる)。マイクロレンズアレイ702は、光をユーザの視野内のオブジェクト空間内の点706から集める。各マイクロレンズ、すなわち、レンズレットは、視野から一体型結像カメラ16に入射する光の波面の空間的に局所化された領域をサンプリングし、局所角度情報が光検出器アレイ704上に記録されることを可能にする。このように、光検出器アレイ704は、異なる角度方向から器具に到着する、光線の個別の強度を検出することができる。例えば、図7に示されるように、光708の種々の円錐が、オブジェクト空間内の異なる角度(x 、 y)において点706から生じる。各レンズレット702は、異なる角度配向を伴って点706から生じる光708の円錐を光検出器アレイ704上に合焦させる。単一点706のみが、図示されるが、各レンズレット702は、オブジェクト空間内の(x 、 y)平面上の点毎に、本機能を実施する。言い換えると、各レンズレット702は、アレイ内の他のレンズレット702によって作成された基本画像と若干異なる視点を伴う、オブジェクト空間内の場面の基本画像を作成する。各基本画像は、光検出器アレイ704内の光検出器のグループによって記録される。集合的に、基本画像の本2次元アレイは、一体画像と称されるものを形成する。一体画像は、場面の種々の可能性として考えられるライトフィールド表現のうちの1つである。これは、基本画像の2次元アレイを含み、それぞれ、若干異なる視点から捕捉される。

【0085】

一体型結像カメラ16から捕捉されたライトフィールド画像データは、一体型結像カメラによってデジタル化された後、種々の数値的形態で表されることができる。これは、ライトフィールドプロセッサ70が、数学的操作(上記に説明されるもの等)を捕捉されたライトフィールド画像データに実施することを可能にする。いったんライトフィールドプロセッサ70が、所望の数学的操作を捕捉されたライトフィールド画像データに実施すると、処理されたライトフィールド画像データは、次いで、一体型結像ディスプレイ62に通過される。いくつかの実施形態では、処理されたライトフィールド画像データは、それぞれ、処理された基本画像のセットから成る、1つまたはそれを上回る処理された一体画像の形態において、一体型結像ディスプレイ62に通過されることができる。

【0086】

図7に示されるように、一体型結像ディスプレイ62は、マイクロレンズ712の2次元アレイと、光源714の2次元アレイとを含む。一体型結像ディスプレイ62は、コントローラを含み、例えば、処理されたライトフィールド画像データを使用して、光源714のアレイを変調させてもよい。光源714のアレイは、例えば、発光ダイオード(LED)の赤色、緑色、青色(RGB)アレイであることができる。いくつかの実施形態はまた、赤外線放出光源を含み、本明細書の以降で議論される理由のいずれかのために、赤外線光を装着者の眼の中に投影してもよい。代替として、光源714のアレイは、液晶ディスプレイ(LCD)パネルまたはある他のタイプのディスプレイパネルとして実装されることができる。各光源は処理された一体画像のピクセルまたはサブピクセルに対応する光を放出するために使用されることができる。各光源714から放出された光は、次いで、レンズレット712のうちの1つによって、ユーザの眼の前の空間内の対応する点716に投影される。いくつかの実施形態では、各レンズレット712は、処理された基本画像の

うちの1つを投影する。投影された基本画像のそれぞれからの光の重複は、物理的ライトフィールドを再作成し、これは、ユーザによって視認されることができる。本物理的ライトフィールドは、ユーザによって、実際の3次元場面を視認している場合に類似する3次元として知覚される。ライトフィールドプロセッサ70が、一体型結像カメラ16によって収集された一体画像を改変すべきではない場合、一体型結像ディスプレイ62によって作成された物理的ライトフィールドは、カメラ16の視野内のオブジェクト空間内に存在する、同一物理的ライトフィールドの表現となるであろう。これは、図7に示され、光718の全ての投影された円錐の交差点は、放射照度分布をもたし、これは、オリジナル3次元場面の放射輝度を再現する。別様に、ライトフィールドプロセッサ70が、一体画像を改変するために使用される場合、一体型結像ディスプレイ62によって投影された物理的ライトフィールドは、カメラ16の視野内のオブジェクト空間内に存在する、物理的ライトフィールドの同様に改変されるバージョンとなる。

10

【0087】

図7は、ライトフィールド捕捉/処理/表示システム600の一実施形態を図示するが、他の実施形態もまた、可能性として考えられる。例えば、図7に示される一体型結像カメラ16は、ライトフィールド画像データを捕捉可能な任意のタイプのデバイスと置換され得る。同様に、図7に示される一体型結像ディスプレイ62もまた、ライトフィールド画像データを表示可能な任意のタイプのデバイスと置換され得る。

近視、遠視、乱視、および高次収差の補正

【0088】

図8は、図6および7に示されるライトフィールドプロセッサシステム600を使用して、ユーザのために、近視、遠視、および/または乱視を補正するための方法800を図示する、フローチャートである。方法800は、ブロック810から開始し、システム600のライトフィールドプロセッサ70が、ユーザの屈折力測定を受信する。屈折力測定は、球面屈折力、円柱屈折力、および/または円柱屈折力軸測定を含む、眼鏡に関するユーザの光学処方箋を備えてもよい。これらの測定は、システム600自体によって実施されてもよい(本明細書でさらに議論されるように)、またはユーザもしくは別個の診断デバイスから受信されてもよい。光学処方箋は、ライトフィールドプロセッサシステム600の初期化の間、システム600の較正の間、眼処方箋コンフィギュレータプログラムの一部として(例えば、眼位計または他の視力検査を使用して)、またはライトフィールドプロセッサシステムの使用の間の任意の時間において、判定されてもよい。バイオメトリックデータは、ユーザおよび関連付けられた光学処方箋を識別するために使用されてもよい。

20

30

【0089】

すぐ上で述べられたように、ユーザの眼の屈折力測定がライトフィールドプロセッサシステム600に入力され得る、多くの方法が存在する。いくつかの実施形態では、ユーザは、単に、ライトフィールドプロセッサシステム600に情報を提供してもよい。例えば、ユーザは、処方箋をユーザインターフェースに入力してもよい。または、他の実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム600は、自動的または双方向的に、ユーザの光学処方箋を判定するように構成されてもよい。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、眼処方箋コンフィギュレータプログラムを経由して、手動でかつ双方向的に、ユーザの処方箋を判定してもよい。ライトフィールドプロセッサ70は、収集されたライトフィールド画像データの焦点または改変された波面を調節する際、離散粒度ステップを伴って事前にプログラムされてもよい。焦点の調節または波面の改変は、球面屈折力の調節および/または円柱屈折力/軸の調節を含んでもよい。ユーザは、適切なフィードバック機構(例えば、ユーザインターフェース)を通して、ライトフィールドプロセッサシステムへの屈折力改変の所望の量を規定してもよい。または、いくつかの実施形態では、ユーザは、ユーザが快適な視認処方箋に到着するまで、処方箋値を漸次的に増加または減少させるオプションを有してもよい。

40

【0090】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム600は、眼追跡システ

50

ム、自動屈折、収差測定、または本明細書に説明されるような他のシステムを介して、眼を監視および追跡することに基づいて、ユーザ入力を要求せずに、眼毎に、ユーザの光学処方箋を自動的に測定してもよい（かつ眼毎に、リアルタイムで適用される補正を漸次的に変化させる）。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 600 は、生体フィードバックシステム（本明細書で議論される）を利用して、適用される補正処方箋を自動的に変化させてもよい。

【0091】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 600 は、ユーザの光学処方箋を第三者システムから受信するように構成されてもよい。例えば、医師は、ユーザ光学処方箋を無線で（例えば、インターネット、Bluetooth（登録商標）接続等を経由して）送信可能であってもよく、これは、受信機によって受信され、ライトフィールドプロセッサ 70 のデジタルメモリ内に記憶される。

【0092】

ブロック 820 では、システム 600 の外向きに面した一体型結像カメラ 16 が、ライトフィールド画像データを捕捉し、捕捉されたライトフィールド画像データをライトフィールドプロセッサ 70 に入力する。本明細書に議論されるように、捕捉されたライトフィールドは、一体型結像ディスプレイ 62 によって表示されることに先立って、数学的に操作されることができる。様々な数学的操作が、実施されることができるが、数学的操作のうちのいくつかは、その光学処方箋、角膜の形状または曲率、眼の長さ等のユーザの眼の 1 つまたはそれを上回る特性に基づいて、少なくとも部分的に、捕捉されたライトフィールド画像データを補正するために使用されてもよい。ライトフィールドプロセッサ 70 は、次いで、改変されたライトフィールドをユーザに表示する前に、リアルタイム変更をユーザの入射ライトフィールドに行うために使用されることができる。

【0093】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサによって適用される、具体的補正は、ユーザの視力が経時的に変化するにつれて、視力障害を動的に補正するように調節されることができる。例えば、いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 600 は、眼処方箋コンフィギュレータプログラムを始動させることによって、動的視力補正を実装してもよい。ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザアクティブ化の有無にかかわらず、ある時間のインターバルにおいて、ユーザの処方箋を判定するように構成されることができる。したがって、ライトフィールドプロセッサシステムは、第 1 の光学処方箋を第 1 の時間に動的に識別してもよく、その処方箋に基づいて、視力補正を調節してもよく、第 2 の光学処方箋を第 2 の時間において識別してもよく、その第 2 の処方箋に基づいて、視力補正を調節してもよい。

【0094】

少なくとも部分的に、ライトフィールドプロセッサ 70 によって補正され得る、一般的視力障害は、近眼（すなわち、近視）、遠眼（すなわち、遠視）、および乱視を含む。従来、これらの障害は、球面および/または円柱レンズを使用して補正されている。しかしながら、ライトフィールドプロセッサシステム 600 は、代替として、捕捉されたライトフィールドのコンピュータ的操作を介して、これらの障害を補正することができる。

【0095】

近視の場合、ユーザの視野内の 1 つまたはそれを上回るオブジェクトと関連付けられた光は、図 9A に示されるように、網膜上ではなく、網膜の正面に合焦される。これは、オブジェクトを焦点外から現れさせる。ここで図 9B を参照すると、従来、負の屈折力凹面レンズが障害を補償し、負の屈折力を導入するために使用されることができ、これは、光を網膜上で合焦させる。ライトフィールドプロセッサ 70 は、図 9B に示される補正凹面レンズと、図 6 および 7 に示される外向きに面した一体型結像カメラ 16 によって捕捉された数値的ライトフィールド画像データの数学的操作を置換することができる。例えば、図 8 のブロック 840 に示されるように、ユーザの光学処方箋が、近視を有することを示す場合、ライトフィールドプロセッサ 70 は、少なくとも部分的に、ユーザの近視を補正す

10

20

30

40

50

るように、ある量の負の球面屈折力波面曲率を選択し、捕捉されたライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入する。

【 0 0 9 6 】

遠視の場合、1つまたはそれを上回るオブジェクトと関連付けられた光は、図 1 0 A に示されるように、網膜上ではなく、網膜の背後に合焦される。これは、オブジェクトを焦点外に現れさせる。ここで図 1 0 B を参照すると、従来、正の屈折力凸面レンズが、障害を補償するために使用されることができ。ここでも、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、図 1 0 B に示される補正凸面レンズと、図 6 および 7 に示される外向きに面した一体型結像カメラ 1 6 によって捕捉されたライトフィールドの数学的操作を置換することができる。例えば、図 8 のブロック 8 3 0 に示されるように、ユーザの光学処方箋が、遠視を有することを示す場合、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、少なくとも部分的に、ユーザの遠視を補正するように、ある量の正の球面屈折力波面曲率を選択し、捕捉されたライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入する。

10

【 0 0 9 7 】

乱視は、眼が円柱屈折力を呈する（すなわち、眼の屈折力が、1つの子午線に対して測定されるとき、直交子午線に対するものと異なる）、病状である。図 1 1 A に図式的に図示されるように、これは、不規則に成形される角膜によって生じ得る。例えば、1つの子午線に沿った曲率は、垂直子午線に沿った曲率と異なり得る。ここで図 1 1 B を参照すると、従来、乱視は、適切に配向された円柱レンズの導入によって補正されることができ。ここでも、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、図 1 1 B に示される補正レンズと、図 6 および 7 に示される外向きに面した一体型結像カメラ 1 6 によって捕捉されたライトフィールドの数学的操作を置換することができる。具体的には、図 8 のブロック 8 5 0 に示されるように、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、ユーザの乱視のために、少なくとも部分的に、捕捉されたライトフィールド画像データを補正するように、ある量の円柱屈折力（ユーザの処方箋によって示される角度軸に配向される）を選択およびコンピュータ的に導入することができる。

20

【 0 0 9 8 】

しかしながら、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、焦点ぼけおよび/または乱視等の単純低次光学収差の補正に限定されない。実際、ライトフィールドプロセッサ 7 0 はまた、同様に、複雑な高次光学収差のために、コンピュータ的補正を捕捉されたライトフィールドに適用することができる。ある場合には、これらの高次収差は、全ての屈折誤差の約 1 0 % を考慮してもよい。これらの高次屈折誤差は、眼内に不規則に成形される光学表面によって生じ得、特に、屈折外科手術後に一般的である。例えば、眼の角膜および/または水晶体内の形状不規則性は、高次屈折誤差を眼を通して網膜に通過する光に導入し得る。そのような高次収差は、適切な屈折補正を用いて低減され得る。

30

【 0 0 9 9 】

本明細書に説明されるライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 の種々の実装は、これらの高次収差のために、コンピュータ的補正を入射波面に提供するために適用可能であり得る。そのようなコンピュータ的補正は、ユーザの眼の高次収差の測定に基づいて、ライトフィールドプロセッサ 7 0 によって適用されることができ。ゼルニケモード（例えば、乱視、コマ、トレフォイル、球面収差、クワトロフォイル等）によって説明される全ての収差の補正を含む、波面補正は、本明細書に説明されるライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 を利用して行われてもよい。

40

【 0 1 0 0 】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、本明細書に説明されるように、ユーザの眼の高次収差を測定する能力を有してもよい。これらの測定は、次いで、ライトフィールドプロセッサ 7 0 によって、一体型結像カメラ 1 6 によって収集されたライトフィールド画像データをコンピュータ的に改変するために使用されることができ。他の実施形態では、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、ユーザの眼の高次収差測定を外部デバイスから受信する。例えば、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0

50

0 は、1 つまたはそれを上回る送信機および受信機を含み、システムと遠隔処理モジュール 7 2 および / または遠隔データリポジトリ 7 4 との間のデータの伝送および受信を可能にしてもよい。送信機および受信機は、送受信機の中に組み合わされてもよい。いくつかの実施形態では、遠隔処理モジュール 7 2 および / または遠隔データリポジトリ 7 4 は第三者（例えば、医師または他の医療管理者）が、例えば、光学処方箋等のデータを眼科デバイスに伝送することを可能にする、第三者サーバおよびデータベースの一部であってもよい。

【0101】

いくつかの実施形態では、高次収差を補正するための方法は、近視、遠視、または乱視を補正するために、図 8 に説明される方法 8 0 0 に類似してもよい。ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、最初に、ユーザの眼の高次収差の測定を受信する。これらの測定は、ゼルニケ係数として、角膜のトポグラフィのマップとして、または任意の他の好適なフォーマットにおいて提供されることができる。ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、次いで、一体型結像カメラ 1 6 によって収集されるライトフィールド画像データを受信する。最後に、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、少なくとも部分的に、1 つまたはそれを上回る高次収差を低減させるように、捕捉されたライトフィールドデータの波面に行うための 1 つまたはそれを上回る調節を選択する。これらの補正は、コンピュータ的に適用される。

【0102】

ユーザの眼は、高次屈折誤差を被り得、これは、遠近調節の変化に伴って変動する。故に、いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、ユーザの眼の現在の遠近調節に基づいて、および / またはライトフィールド画像データの焦点面に基づいて、入射ライトフィールドに行うための異なる波面調節のセットを選択してもよい。

【0103】

いくつかの実装では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 はまた、角膜、水晶体、および / または眼の他の解剖学的構造における微視的障害の効果を低減させるように、収集されたライトフィールド画像データを改変するように構成されてもよい。これらの障害は、視覚的品質を損なわせる、複雑な屈折、反射、および散乱パターンを生成し得る。ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、これらの障害と相互作用するであろう、光線を空間的にフィルタリングし、したがって、視覚的品質を損なわせることに寄与する、それらの光学経路を遮断することができる。これは、ユーザの眼内の障害と相互作用するであろう、収集されたライトフィールド画像データ内の光線を識別し、次いで、それらの選択された光線を処理されたライトフィールドからコンピュータ的に除去することによって行われることができる。

【0104】

いったんライトフィールドプロセッサ 7 0 が、所望のコンピュータ的補正を捕捉されたライトフィールド画像データに実施すると、ブロック 8 6 0 では、一体型結像ディスプレイ 6 2 は、補正されたライトフィールド画像データをユーザに表示する。

【0105】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、オブジェクトまたは画像を視認する際のユーザの快適性レベルを判定するように構成される、生体フィードバックシステムを備えてもよい。例えば、ユーザの眼が、偏移する、遠近調節を変化させる、瞳孔サイズを変化させる、輻輳・開散運動を変化させる等の場合、これらは、ユーザがオブジェクトまたは画像を快適に視認不能であることのインジケータであり得る。遠近調節または遠近調節と関連付けられた挙動における不安定性もしくは発振は、ユーザがオブジェクトに合焦させることに苦労していることの兆候であり得る。故に、生体フィードバックシステムは、ユーザの眼の状態または性質に関連するリアルタイム入力を受信してもよい。

【0106】

種々の実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、1 つまたはそれを上回る眼追跡カメラまたは他のカメラもしくは結像システムを含み、ユーザの 1 つまたは

10

20

30

40

50

それを上回る眼を追跡する。例えば、いくつかの実施形態は、ユーザの眼を監視および追跡するように構成される光源 2 6（例えば、赤外線光源）とペアリングされる、カメラ 2 4（例えば、赤外線カメラ）を利用してもよい。これらのカメラおよびソースは、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 に動作可能に結合されることができる。そのようなカメラおよび / または結像システムは、眼の配向、眼の瞳孔サイズ、眼の輻輳・開散運動、および眼の個別の視線の対応する方向を監視することができる。いくつかの実施形態では、カメラ 2 4 は、眼の輻輳点を判定するために使用されてもよい。加えて、本明細書に説明されるように、システム 6 0 0 は、ユーザの眼の遠近調節を判定するように構成されてもよい。眼追跡システムは、複数の測定を比較することによって、眼の遠近調節における変動を検出してもよい。いくつかの実施形態では、遠近調節は、眼のレンズの形状、眼の輻輳・開散運動、瞳孔サイズ等に基づいて監視されてもよい。いくつかの実施形態では、遠近調節状態の監視は、小画像（例えば、ドットまたは複数のドット）を眼の中に投影させ、内向きに面したカメラを使用して、画像が網膜上に合焦されたかどうかを監視することを含んでもよい。遠近調節における変動は、不快な焦点深度またはぼけ画像を示し得る。したがって、ライトフィールドプロセッサシステムは、変動が停止または減少し、それによって、快適な視認処方箋に到達するまで、処方箋をコンピュータ的に増加または減少させてもよい。

【 0 1 0 7 】

いくつかの実施形態では、眼科デバイスは、ジャイロスコープセンサ、加速度計、他のセンサ、またはそれらの組み合わせを備え、頭部位置、頭部姿勢、または配向の変化を監視する。いくつかの実施形態では、システム 6 0 0 は、ユーザの頭部の移動に起因して、システムの移動および / または配向を検出するように構成される、センサアセンブリ 3 9 を備えてもよい。生体フィードバックシステムは、検出された頭部移動を受信するように構成されてもよく、移動の周波数および / または大きさが、閾値を超える場合、システムは、ユーザが画像を快適に視認不能であることを判定するように構成されてもよい。例えば、一定頭部移動は、画像の快適な視認位置の検索を示し得る。人物が良好に合焦していない可能性があるような兆候が、存在する場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザにそれについてアラートする、主観的視覚試験を実施する、または客観的および自動的に、ユーザの処方箋を評価し、視覚品質を改善するように構成されてもよい。

【 0 1 0 8 】

以下の段落は、本明細書に説明されるデバイス、システム、および方法の種々の例示的实施形態を説明する。

【 0 1 0 9 】

ウェアラブル眼科デバイスであって、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラと、数値的ライトフィールド画像データにアクセスし、ユーザの眼に関する光学処方箋を取得し、光学処方箋に基づいて、ある量の正または負の屈折力を数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入し、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、ライトフィールドプロセッサと、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイとを備える、デバイス。

【 0 1 1 0 】

屈折力は、球面または円柱屈折力を備える、先行段落に記載のデバイス。

【 0 1 1 1 】

修正された数値的ライトフィールド画像データは、少なくとも部分的に、光学処方箋に関して補正される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【 0 1 1 2 】

ライトフィールドプロセッサは、数値的ライトフィールド画像データによって表される 1 つまたはそれを上回る波面を識別し、光学処方箋に基づいて、1 つまたはそれを上回る波面の曲率をコンピュータ的に修正することによって、修正された数値的ライトフィールド

10

20

30

40

50

画像データを生成するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0113】

ライトフィールドプロセッサはさらに、仮想現実または拡張現実画像コンテンツを数値的ライトフィールド画像データに追加するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0114】

光学処方箋は、近視に関する処方箋を備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0115】

光学処方箋は、遠視に関する処方箋を備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0116】

光学処方箋は、乱視に関する処方箋を備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0117】

光学処方箋は、ユーザの眼の高次収差に関する情報を備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0118】

ライトフィールドカメラは、マイクロレンズの2次元アレイおよび光検出器の対応する2次元アレイを伴う、一体型結像カメラを備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0119】

ライトフィールドディスプレイは、マイクロレンズの2次元アレイおよび光源の対応する2次元アレイを伴う、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0120】

ライトフィールドディスプレイは、赤外線光をユーザの眼の中に投影し、光学処方箋を測定するように構成される、1つまたはそれを上回る赤外線光源を備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0121】

ライトフィールドプロセッサは、修正された数値的ライトフィールド画像データをリアルタイムで生成するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0122】

ライトフィールドプロセッサは、光学処方箋を生成するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0123】

ライトフィールドプロセッサは、第1の試験量の正または負の屈折力を数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入し、ユーザから、第1の試験量の正または負の屈折力に関するフィードバックを受信し、第2の試験量の正または負の屈折力をライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することによって、光学処方箋を生成するように構成される、先行段落に記載のデバイス。

【0124】

ライトフィールドプロセッサはさらに、物理的ライトフィールドの一部として生成される場合、ユーザの角膜または水晶体内の障害と相互作用するであろう1つまたはそれを上回る光線を除去することによって、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0125】

ウェアラブル眼科デバイスを使用するための方法であって、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように、ある量の正または負の屈折力をユーザの周囲の数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入するステップであって、屈折力の量は、ユーザに関する光学処方箋に基づく、ステップと、ライトフィールドディスプレイを使用して、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するステップとを含む、方法。

【0126】

10

20

30

40

50

屈折力は、球面または円柱屈折力を備える、先行段落に記載の方法。

【0127】

修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するステップは、光学処方箋のために、少なくとも部分的に、数値的ライトフィールド画像データを補正するステップを含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0128】

修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するステップは、数値的ライトフィールド画像データによって表される1つまたはそれを上回る波面を識別し、光学処方箋に基づいて、1つまたはそれを上回る波面の曲率をコンピュータ的に修正するステップを含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

10

【0129】

仮想現実または拡張現実画像コンテンツを数値的ライトフィールド画像データに追加するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0130】

光学処方箋は、近視に関する処方箋を備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0131】

光学処方箋は、遠視に関する処方箋を備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0132】

光学処方箋は、乱視に関する処方箋を備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0133】

光学処方箋は、ユーザの眼の高次収差に関する情報を備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

20

【0134】

光をユーザの周囲から受光し、ライトフィールドカメラを使用して、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップをさらに含み、ライトフィールドカメラは、マイクロレンズの2次元アレイおよび光検出器の対応する2次元アレイを伴う、一体型結像カメラを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0135】

ライトフィールドディスプレイは、マイクロレンズの2次元アレイおよび光源の対応する2次元アレイを伴う、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

30

【0136】

赤外線光をユーザの眼の中に投影させ、光学処方箋を測定するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0137】

修正された数値的ライトフィールド画像データをリアルタイムで生成するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0138】

光学処方箋を生成するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0139】

光学処方箋を生成するステップは、第1の試験量の正または負の屈折力を数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入するステップと、ユーザから、第1の試験量の正または負の屈折力に関するフィードバックを受信するステップと、第2の試験量の正または負の屈折力をライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入するステップとを含む、先行段落に記載の方法。

40

【0140】

物理的ライトフィールドの一部として生成される場合、ユーザの角膜または水晶体内の障害と相互作用するであろう1つまたはそれを上回る光線をコンピュータ的に除去することによって、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

50

【 0 1 4 1 】

色収差の補正

種々の実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、少なくとも部分的に、色収差を補正または補償するために使用されてもよい。色収差は、ライトフィールドプロセッサシステムの光学またはユーザの眼と異なるように相互作用する、異なる波長の光から生じるものである。色収差は、典型的には、光学材料の屈折率が、通常、光の波長の関数として幾分変動するという事実によって生じる。概して、2つのタイプの色収差が、存在する。すなわち、縦方向色収差および側方色収差である。縦方向色収差は、異なる波長の光がレンズから異なる距離に合焦するときを生じる。側方色収差は、異なる波長の光が光学システムの焦点面上の異なる位置に合焦されるときに生じる。色収差は、画像の色成分を相互に対して偏移または変位させ得る。

10

【 0 1 4 2 】

ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 によって投影され、ユーザによって視認される、ライトフィールド画像データは、典型的には、複数の色成分を備え得る。画像データの異なる色成分は、異なる波長の光を使用して投影され得る。例えば、色ライトフィールド画像データは、赤色成分、緑色成分、および青色成分を含んでもよい（但し、異なる数の色成分が使用されることができ、異なる原色も使用されることができる）。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、異なる波長の光の焦点を変化させることによって、縦方向色収差を補償するように構成されてもよい。すでに議論されたように、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、正または負の屈折力を導入することによって、ライトフィールド画像データの焦点をコンピュータ的に調節することができる。色毎に、正または負の屈折力をライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入すること（すなわち、第1の量の屈折力を第1の色成分に、異なる第2の量の屈折力を第2の色成分にコンピュータ的に導入すること等）によって、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、少なくとも部分的に、縦方向色収差を低減させるように、画像データの異なる色の焦点を調節することができる。

20

【 0 1 4 3 】

加えて、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、少なくとも部分的に、側方色収差を低減させるように、異なる色の光が投影される角度をコンピュータ的に改変するように構成されることができる。本角度偏移の量は、異なる色成分に対して異なり得る。いくつかの実施形態では、色成分に対する投影角度の変化は、画像全体を横断して一定である一方、他の実施形態では、色成分に対する投影角度の変化は、画像内の位置の関数として変動してもよい。

30

【 0 1 4 4 】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、ユーザの光学処方箋に基づいて、またはライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 自体の光学によって導入される色収差に基づいて、もしくは両方に基づいて、色収差を補償するように構成されてもよい。

【 0 1 4 5 】

ユーザの眼は、色収差を網膜において受信された画像データに課し得る。眼によって生じる色収差は、光学処方箋に基づいて判定されてもよい。光学処方箋は、縦方向色収差および/または側方色収差に関する処方箋を備えてもよい。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 自体が、ユーザの光学処方箋を判定することができる。加えて、または代替として、システムは、ユーザインターフェースを含んでもよく、それによって、ユーザは、光学処方箋を入力する、またはライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、眼処方箋コンフィギュレータプログラムを経由して、眼の色収差を判定してもよい。いくつかの実施形態では、本明細書に説明されるように、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、客観的に監視し、生体フィードバックシステムから受信された入力に基づいて、ユーザの光学処方箋を動的に調節するように構成されてもよい（例えば、リアルタイムで）。

40

50

【 0 1 4 6 】

同様に、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 もまた、色収差をその光学を通して通過するライトフィールド画像データに課し得る。システム 6 0 0 によって生じる色収差は、システムの仕様、製造要件、および / または特性評価測定に基づいて判定されてもよい。ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、画像を装着者の眼に投影させるとき、少なくとも部分的に、これらの所定の収差を補償するように構成されてもよい。

【 0 1 4 7 】

いったんユーザの眼および / またはライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 自体によって導入される色収差についての情報が、把握されると、システムは、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 のディスプレイによってユーザに投影される画像データに適用するための適切な画像修正プログラムを選択することができる。さらに以下に議論されるように、画像修正プログラムは、例えば、画像の 1 つまたはそれを上回る色成分の焦点を変化させ、縦方向色収差を補償してもよい。別の実施形態では、代替として、または組み合わせて、画像修正プログラムは、画像の 1 つまたはそれを上回る色成分の投影角度を変化させ、側方色収差を補償してもよい。

10

【 0 1 4 8 】

ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、ユーザに表示されるためのライトフィールド画像データの色成分毎に、異なる量の屈折力を提供することによって、色収差を補正するように構成されてもよい。例えば、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、ライトフィールド画像データの第 1 の色成分に関する、第 1 の屈折力調節をコンピュータ的に提供するように構成され得る。ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、ライトフィールド画像データの第 2 の色成分に関する、第 1 の屈折力調節と異なる、第 2 の屈折力調節をコンピュータ的に提供するように構成され得る。同様に、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、ライトフィールド画像データの第 3 の色成分に関する、第 1 および第 2 の屈折力調節と異なる、第 3 の屈折力調節をコンピュータ的に提供するように構成され得る。屈折力調節のいずれかは、正または負であり得る。画像データの任意の色成分に提供される屈折力調節の具体的量は、画像データの色成分と関連付けられた個別の焦点面をとにより近づけるように選択されることができる。このように、画像の各色成分の焦点深度は、縦方向色収差を低減させるように選択的に改変されてもよい。

20

【 0 1 4 9 】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、ライトフィールド画像データの異なる色成分の投影角度または位置をコンピュータ的に変動させるように構成されてもよい。投影された角度 / 位置は、画像データの異なる色成分を実質的に整合させるように変動されてもよい。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、第 1 の調節量だけ、ライトフィールド画像データの第 1 の色成分に関する投影角度および / または位置をコンピュータ的に改変してもよい。同じことは、側方色収差を低減させるように、画像データの他の色成分に関しても行われることができる (すなわち、第 2 の色成分に関する投影角度および / または位置は、第 2 の調節量だけ、コンピュータ的に改変されることができ、第 3 の色成分に関する投影角度および / または位置は、第 3 の調節量だけ、コンピュータ的に改変されることができ)。

30

40

【 0 1 5 0 】

前述の調節を行うための適切な画像修正プログラムを選択後、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、画像修正プログラムを適用し、投影されたライトフィールド画像データ内の色収差をコンピュータ的に補償してもよい。これは、リアルタイムベースで行われることができる。システム 6 0 0 は、色収差を補償するが、全ての色収差が、必ずしも、除去される必要があるわけではない。例えば、いくつかの色収差は、所与のユーザのための深度キューの現実的焦点を作成することに寄与し得る。したがって、色収差の補償は、ある程度の収差を可能にしながら、その他を補正し、改善または最適視覚品質を提供するように制御されてもよい。

【 0 1 5 1 】

50

以下の段落は、本明細書に説明されるデバイス、システム、および方法の種々の例示的实施形態を説明する。

【0152】

ウェアラブル眼科デバイスであって、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラと、複数の色成分を備える、数値的ライトフィールド画像データと、数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正し、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、ライトフィールドプロセッサであって、色成分の異なるものは、少なくとも部分的に、色収差を補償するように、異なるように修正される、ライトフィールドプロセッサと、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイとを備える、デバイス。

10

【0153】

色収差は、縦方向色収差を備える、先行段落に記載のデバイス。

【0154】

ライトフィールドプロセッサは、第1の量の屈折力を数値的ライトフィールド画像データの第1の色成分にコンピュータ的に導入し、第2の量の屈折力を数値的ライトフィールド画像データの第2の色成分にコンピュータ的に導入するように構成され、第2の量の屈折力は、第1の量の屈折力と異なる、先行段落に記載のデバイス。

【0155】

20

第1の量の屈折力および第2の量の屈折力は、第1の色成分の焦点面と第2の色成分の焦点面との間の差異を低減させる、先行段落に記載のデバイス。

【0156】

色収差は、側方色収差を備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0157】

ライトフィールドプロセッサは、側方色収差を補償するために、ライトフィールド画像データの第1の色成分を第1の角度に投影し、ライトフィールド画像データの第2の色成分を第1の角度と異なる第2の角度に投影するように構成される、先行段落に記載のデバイス。

【0158】

30

ライトフィールド画像データの色成分は、ユーザの眼に関する光学処方箋に基づいて修正される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0159】

ライトフィールド画像データの色成分は、デバイスの色収差の測定に基づいて修正される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0160】

色成分は、赤色、緑色、および青色色成分を備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0161】

ウェアラブル眼科デバイスを使用するための方法であって、光をユーザの周囲から受光し、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップであって、数値的ライトフィールド画像データは、複数の色成分を備える、ステップと、ライトフィールドプロセッサを使用して、数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正し、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するステップであって、色成分の異なるものは、少なくとも部分的に、色収差を補償するように、異なるように修正される、ステップと、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイを使用して、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するステップとを含む、方法。

40

【0162】

色収差は、縦方向色収差を備える、先行段落に記載の方法。

50

【 0 1 6 3 】

ライトフィールドプロセッサを使用して、第 1 の量の屈折力を数値的ライトフィールド画像データの第 1 の色成分にコンピュータ的に導入し、第 2 の量の屈折力を数値的ライトフィールド画像データの第 2 の色成分にコンピュータ的に導入するステップをさらに含み、第 2 の量の屈折力は、第 1 の量の屈折力と異なる、先行段落に記載の方法。

【 0 1 6 4 】

第 1 の量の屈折力および第 2 の量の屈折力は、第 1 の色成分の焦点面と第 2 の色成分の焦点面との間の差異を低減させる、先行段落に記載の方法。

【 0 1 6 5 】

色収差は、側方色収差を備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

10

【 0 1 6 6 】

ライトフィールドプロセッサを使用して、側方色収差を補償するために、ライトフィールド画像データの第 1 の色成分を第 1 の角度に投影し、ライトフィールド画像データの第 2 の色成分を第 1 の角度と異なる第 2 の角度に投影するステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

【 0 1 6 7 】

ライトフィールド画像データの色成分は、ユーザの眼に関する光学処方箋に基づいて修正される、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 1 6 8 】

ライトフィールド画像データの色成分は、デバイスの色収差の測定に基づいて修正される、先行段落のいずれかに記載の方法。

20

【 0 1 6 9 】

色成分は、赤色、緑色、および青色色成分を備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 1 7 0 】

老眼の補正

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、老眼を補償するために使用されてもよい。老眼は、眼の水晶体の遠近調節の振幅における低減であって、典型的には、加齢と関連付けられる。近いオブジェクトに関して、毛様体筋は、水晶体の形状を変化させ、遠近調節屈折力を提供し、これは、眼によって受光された光網膜上に合焦させ、画像をその上に形成する。加齢に伴って、眼の水晶体が形状を変化させ、近距離視認のために遠近調節する能力は、減少される。従来、老眼は、分割レンズ（例えば、二焦点、三焦点等）を備える多焦点補正レンズシステムを使用することによって、または連続焦点距離勾配（例えば、累進レンズ）を伴うレンズもしくは可変焦点の機械的に変形可能もしくは液晶レンズを使用することによって処置される。

30

【 0 1 7 1 】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、老眼を補助するように構成されてもよい。種々の実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、可変焦点レンズとしてコンピュータ的に機能することができる。上記に説明されるように、例えば、近視、遠視、または乱視を補正する際、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、コンピュータ的変換を捕捉されたライトフィールド画像データに適用し、球面波面曲率を追加してもよく、これは、適用されるコンピュータ的変換を変動させることによって動的に改変され得る。ライトフィールドプロセッサ 7 0 を使用して、近距離視認のための正の球面屈折力を追加することによって、システムは、老眼補正を提供することができる。近距離視認のために追加される補正は、視野全体またはその一部のみ（例えば、視野の下側部分）のライトフィールド画像データに適用されることができる。

40

【 0 1 7 2 】

いくつかの実施形態では、ユーザは、ライトフィールドプロセッサ 7 0 によって捕捉されたライトフィールドに追加される合焦屈折力を手動で調節可能であってもよい。例えば、いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、フィードバック機構（例えば、ユーザインターフェース制御）を有し、屈折力を増加または減少させて

50

もよく、これは、ライトフィールドプロセッサ 70 によって捕捉されたライトフィールドにコンピュータ的に適用される。ユーザは、自身に提示されている画像データの焦点に基づいて、フィードバックを提供することができる。

【0173】

代替として、または加えて、ライトフィールドプロセッサシステム 600 は、ユーザの眼の主観的または客観的測定に基づいて、ライトフィールドプロセッサ 70 によって追加される屈折力を自動的または双方向的に調節するように構成されてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 600 は、1 つまたはそれを上回る眼追跡カメラまたは結像システムを含み、眼を追跡する。そのようなカメラおよび/または結像システムは、眼の配向および個別の眼の視線の対応する方向を監視することができる。例えば、ユーザの眼が、下向きに見ている場合、ユーザは、書籍等の近傍オブジェクトを見ている可能性がある、または近傍オブジェクトと典型的に関連付けられる場所（視野の下側部分）内に設置された画像に対応する、投影された画像コンテンツを見ている可能性がある。視線はまた、眼の輻輳・開散運動、すなわち、対の眼の視線がある場所に輻輳する状態および装着者に対するその場所の距離に基づいて判定されてもよい。故に、輻輳・開散運動を監視することによって、視認者がオブジェクトを視認することを意図している距離が、判定され得る。ライトフィールドプロセッサシステム 600 が、ユーザが、下を見ている、または近傍オブジェクトを視認していることを検出すると、ライトフィールドプロセッサ 70 は、球面屈折力を捕捉されたライトフィールド画像データに追加し、老眼を補正することに役立てることができる。

【0174】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 600 は、ユーザの頭部位置を検出する、センサを含んでもよい。一実施形態では、視認者がオブジェクトを視認することを意図している距離は、ユーザの頭部位置（例えば、頭部姿勢、または配向）に基づいて、推定または検出されてもよい。例えば、ユーザの頭部が、前方および/または下向きに傾斜される場合、装着者は、書籍等の比較的に近いオブジェクトを見ている可能性がある、または近傍オブジェクトと典型的に関連付けられる場所（視野の下側部分）内に設置された画像に対応する、投影された画像コンテンツを見ている可能性がある。

【0175】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 600 は、本明細書のいずれかに議論されるように、ユーザの頭部位置（例えば、頭部姿勢または頭部配向、すなわち、直線、下に傾斜される、上を見ている等）および/または頭部移動を判定するように構成される、1 つまたはそれを上回る加速度計、ジャイロスコープセンサ等を伴う、センサアセンブリ 39 を備えてもよい。ライトフィールドプロセッサシステム 600 はまた、センサアセンブリ 39 に動作可能に結合され、デジタルおよび/またはアナログ処理を実行し、頭部位置、頭部姿勢、および/または配向をセンサアセンブリ 39 によって検出された移動から導出するように構成される、プロセッサ 32（例えば、頭部姿勢プロセッサ）を含んでもよい。一実施形態では、センサアセンブリ 39 は、デジタルメモリ内に記憶される、移動データを生成してもよい。いくつかの実施形態では、移動データは、視力障害を診断しながら、信号雑音を低減させるために使用されてもよい（例えば、試験の間の頭部移動の検出は、誤った試験および結果を示し得る）。プロセッサ 32 は、本移動データを読み出し、処理論理を実行し、頭部位置（例えば、頭部姿勢または配向）を判定してもよい。

【0176】

1 つまたはそれを上回る実施形態では、視線配向はまた、眼追跡システムを通して眼移動を追跡することに基づいてもよい。一実施形態では、処方箋は、眼の焦点深度を示す、ユーザ眼輻輳点のセットと相関されてもよい。例えば、ユーザの頭部位置が、不変であり得る間、ユーザの眼は、水平線の下方の輻輳点まで追跡され得る。そのような移動は、眼が近距離焦点深度に位置するオブジェクト上に合焦することを示し得る。また、前述のように、眼の輻輳・開散運動は、視認者がその注意を向けている（例えば、合焦させている）

、距離を判定することを補助することができる。本距離は、眼の視線の輻輳から確認されてもよい。故に、種々の実施形態では、ユーザの眼は、装着者からの特定の距離における輻輳点まで追跡されてもよい。

【0177】

同様に、種々の実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、眼が合焦または遠近調節される、焦点深度を判定するように構成されてもよい。いくつかの実施形態では、眼追跡システムは、ユーザの輻輳点を三角測量し、ユーザに提示されるための画像の焦点を適宜調節するために使用されてもよい。例えば、眼追跡システムは、各眼が視認している、方向（例えば、各眼から延在する線）を判定し、方向が交差する、輻輳角度を判定してもよい。輻輳点は、輻輳の判定された角度から判定されてもよい。いくつかの実施形態では、眼追跡システムは、生体フィードバックシステムの一部として含まれてもよい。上記に説明されるように、種々の実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ローカル処理モジュール70に動作可能に結合され得る、光源26（例えば、赤外線光源および赤外線カメラ）とペアリングされるカメラ24を利用して、各眼の位置を追跡してもよい。ローカル処理モジュール70は、実行されると、眼の輻輳点を判定するように構成され得る、ソフトウェアを含んでもよい。本判定から、ライトフィールドプロセッサシステムはまた、論理デバイスを実行し、ユーザの視線の配向または方向に基づいて、焦点場所または深度を判定してもよい。

【0178】

別の実施形態では、視線配向は、閃光検出を通して判定されてもよい。眼追跡システムは、眼からの1つまたはそれを上回る閃光または反射を判別し、眼の特徴（例えば、瞳孔、角膜等）に対する眼上の1つまたはそれを上回る閃光の位置を判定するように構成されてもよい。眼が移動されるにつれて、眼上の閃光の相対的位置は、変化し得る。例えば、閃光が、眼の上部に位置し、閃光と瞳孔との間の空間が、増加する場合、視線配向が下向きに傾斜しており、眼が、近距離焦点深度に遠近調節している可能性があることを示し得る。

【0179】

図12は、ライトフィールドプロセッサシステム600を使用して、老眼を補正するための例示的方法を示す。方法1200は、ユーザの処方箋に基づいて、ユーザに提示されるライトフィールド画像データを修正することを対象とする。いくつかの実施形態では、方法1200は、図3A-5に関連して説明されるもの等の患者装着型眼科デバイスによって実施されてもよい。種々の実施形態では、図6および7に説明されるライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザの光学処方箋に基づいて、老眼のための補正を提供するために使用されてもよい。

【0180】

1202では、老眼処方箋が、ユーザのために判定される。処方箋は、情報をユーザから受信することによって判定されてもよい、またはユーザに提示される波面を調節し、ユーザが所望の処方箋を選択することによって、ライトフィールドプロセッサシステム自体によって判定されてもよい。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、遠近調節の異なる焦点面に関する光学処方箋に関して試験するように構成されてもよい。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、複数の焦点深度のためにディスプレイデバイス62を通してユーザに提示されるライトフィールド画像データの波面を改変する際、離散粒度ステップを用いて事前にプログラムされてもよい。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、本明細書に説明されるように、眼位計技術を採用してもよい。処方箋は、ユーザインターフェースを通してユーザに打ち込まれてもよく、遠隔データリポジトリ74内に記憶されてもよい。処方箋は、ライトフィールドプロセッサシステムの1つまたはそれを上回るプロセッサ、例えば、遠隔処理モジュール72によって読み出されてもよい。

【0181】

別の実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、自動的に、かつ可能性として漸次的に、生体フィードバックシステムを介して、ユーザの処方箋を変化させてもよい

10

20

30

40

50

。生体フィードバックシステムは、オブジェクトまたは画像を視認する際のユーザの快適性レベルを判定するように構成されてもよい。例えば、ユーザの眼が、不安定である、偏移する、発振する、遠近調節を変化させる（例えば、不定常またはランダム様式において）等の場合、これらは、ユーザがオブジェクトを快適に視認不能であることのインジケータであり得る。故に、遠近調節、輻輳・開散運動、瞳孔サイズ等が、監視されてもよく、および／または自動屈折計または他のデバイス（例えば、走査レーザ検眼鏡（SLO））が、網膜の中心窩上に合焦されているかどうか確認するために使用されてもよい。

【0182】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、老眼補正に関する光学処方箋（例えば、追加屈折力）を第三者から受信するように構成されてもよい。例えば、医師は、ユーザの光学処方箋を無線で（例えば、インターネット、Bluetooth（登録商標）接続、病院ネットワーク等を経由して）送信可能であってもよく、これは、受信機または送受信機によって受信され、ローカル処理モジュール70のデジタルメモリ内に記憶される。

10

【0183】

1204では、システムは、補償波面に関する情報を記憶してもよい。補償波面は、遠近調節の種々の焦点深度のために、ユーザの光学処方箋に基づいてもよい。いくつかの実施形態では、情報は、焦点深度を変動させるための入力パラメータであってもよい。

【0184】

いくつかの実施形態では、各補正関数は、所望の波面補正を達成するための調節を定義する、入力パラメータのセットを備える。入力パラメータは、装着者が近距離焦点深度に合焦させるときのユーザの老眼を補正することに関する光学処方箋に基づいてもよい。システムは、異なる視認距離と対応する補正関数を相関させ、可変焦点深度における遠近調節と関連付けられた屈折誤差を補償してもよい。故に、遠近調節の異なる輻輳点および焦点深度は、異なる処方箋補正と相関されてもよい。

20

【0185】

いくつかの実施形態では、本情報はさらに、頭部位置（例えば、頭部姿勢、配向）および／または視線方向のセットと相関されてもよい。例えば、ユーザの頭部が、下向きに傾斜される場合、眼は、ある（例えば、より近い）焦点深度において遠近調節し得る。故に、種々の実施形態では、老眼に特有のプログラムが、正しい頭部位置（例えば、頭部姿勢、配向）および／または視線配向がある量の老眼補正と正しく合致され得るように、ライトフィールドプロセッサシステムに事前にプログラム（またはダウンロード）されてもよい。異なる視線方向および頭部配向が、遠近調節を補助するために、異なる処方箋補正と相関されることができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、したがって、測定された視線方向および／または頭部位置、頭部姿勢、もしくは配向に応じて、異なる光学補正を提供するように構成されてもよい。

30

【0186】

1206では、システムは、ジャイロスコープ、加速度計、慣性測定ユニット（IMU）、他のセンサ、またはそれらの組み合わせを通して、ユーザの視線の配向および／または頭部位置、頭部姿勢、もしくは配向を検出してもよい。視線配向（例えば、眼の輻輳点を含む）および／または頭部位置、頭部姿勢、もしくは配向は、装着者が近くまたは遠くを視認しているかどうか、したがって、装着者が上記に説明されるように遠近調節する必要があるかどうかを示し得る。故に、異なる補正関数が、遠近調節の異なる焦点深度のために使用されてもよい。

40

【0187】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、センサアセンブリ39と、プロセッサ32と、ユーザの頭部の移動、傾斜、および配向を検出するように構成され得る、頭部姿勢プロセッサ36とを備える。いくつかの実施形態では、センサは、ローカル処理モジュール70に動作可能に結合されてもよく、これは、論理を実行し、検出された頭部移動および／または判定された頭部位置、頭部姿勢、もしくは配向を読み出し

50

てもよい。ユーザの頭部の下向き移動は、近距離内のオブジェクトに合焦していることを示し得る。

【 0 1 8 8 】

いくつかの実施形態では、視線配向は、上記に説明されるように、眼移動を追跡することに基づいてもよい。例えば、ユーザの1つまたはそれを上回る眼の下向き移動は、近距離内のオブジェクトに合焦していることを示し得る（例えば、視点を水平線から水平線の下方に保持される書籍に偏移させる）。したがって、眼追跡システムが、ユーザの眼が下向きに偏移したことを判定する場合、適切な補正関数が、老眼処方箋に基づいて判定されてもよい。別の実施形態では、眼追跡システムは、輻輳の角度が増加している（すなわち、輻輳点が、ユーザにより近づいている）かどうかを判定するように構成されてもよい。そのような判定は、近距離内のオブジェクトに合焦していることを示し得る。したがって、ライトフィールドプロセッサシステムは、遠近調節の焦点深度を判定可能であり得る。

10

【 0 1 8 9 】

いくつかの実施形態では、システムは、カメラ24を利用して、各眼の位置を追跡してもよく、これは、ライトフィールドプロセッサ70に動作可能に結合されることができる。別の実施形態では、システムは、カメラ24を利用して、閃光検出および監視を実施してもよく、例えば、カメラ24は、眼の特徴（例えば、眼の縁、眼と眼瞼の交差点、瞳孔等）に対する閃光の位置を追跡する。ライトフィールドプロセッサ70は、実行されると、眼移動、閃光移動を追跡し、および/または眼の輻輳点を判定するように構成され得る、ソフトウェアを含んでもよい。いくつかの実施形態では、視線配向は、遠隔データリポジトリ74内に記憶されてもよい。

20

【 0 1 9 0 】

いくつかの実施形態では、遠隔処理モジュール72は、視線配向、輻輳の角度、および/または頭部位置情報と光学処方箋を相関させるように構成されてもよく、その全ての情報は、ローカルでまたは遠隔データリポジトリ74内に記憶されてもよい。

【 0 1 9 1 】

1208では、検出された視線配向および/または頭部位置に基づいて、システムは、マッピングテーブル（例えば、1204において記憶された情報）を調べ、適切な補正関数を判定し、捕捉されたライトフィールド画像データにコンピュータ的に適用し、補償された波面を生産する。例えば、視線配向もしくは方向および/または頭部位置に基づいて、システムは、眼が遠近調節している焦点深度を判定してもよい。種々の実施形態では、光学処方箋は、遠近調節と関連付けられた1つまたはそれを上回る焦点深度と相関されてもよい。例えば、異なる量の遠近調節と関連付けられた異なる輻輳点または焦点深度が、異なる光学処方箋および補正関数と相関されてもよい。

30

【 0 1 9 2 】

種々の実施形態では、1208において、システムは、遠近調節の検出された焦点深度を読み出し、1204において記憶されたマッピングを調べてもよい。マッピングに基づいて、システムは、その識別された焦点深度のための適切な補正関数を判定してもよい。

【 0 1 9 3 】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサ70は、1206においてデジタルメモリ内に記憶される、検出された視線配向を読み出ししてもよい。または、検出された視線配向を、直接、眼追跡システム、センサアセンブリ39、および/または頭部姿勢プロセッサ36から受信してもよい。ライトフィールドプロセッサ70は、論理を実行し、1206において記憶されたマッピングテーブルにアクセスし、視線配向、輻輳の角度、および/または頭部位置に基づいて、収集されたライトフィールド画像データにコンピュータ的に適用されるための適切な対応する補正関数を選択し、老眼を補償する。

40

【 0 1 9 4 】

1210では、適切な補償波面（例えば、正の球面屈折力）が、収集されたライトフィールド画像データにコンピュータ的に適用される。1212では、修正されたライトフィールド画像データが、ユーザに提示される。処理されたライトフィールド画像データは、ブ

50

ロック 1 2 1 0 において適用されるような選択された補正関数に基づいて修正される、波面を有してもよい。

【 0 1 9 5 】

故に、方法 1 2 0 0 は、ユーザの老眼を動的に補正するために実装されてもよい。ライトフィールドプロセッサによって適用される補正は、動的に再構成されることができる（例えば、ユーザの光学処方箋が変化するにつれてリアルタイムで再構成され、故に、ライトフィールドプロセッサシステムの使用の間、繰り返し更新される）。例えば、老眼処方箋補正は、種々の時間インターバルにおいて調節されてもよい。ライトフィールドプロセッサシステムは、したがって、ユーザの老眼処方箋の変化を動的に補正するように構成されてもよい。インターバルは、事前に判定され、視力障害、悪化、または変化の予期される率もしくは発生に基づいてもよい。例えば、ユーザの老眼は、ユーザの加齢に伴って変化し得る。

10

【 0 1 9 6 】

いくつかの実施形態では、1 2 1 0 において、ライトフィールドプロセッサシステムは、眼処方箋構成プログラムを実装してもよい。1 2 1 0 では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザアクティブ化を伴わずに、各インターバルにおいて、ブロック 1 2 0 2 に戻り、上記に説明されるように、生体フィードバックシステムからの入力に基づいて、処方箋を更新または調節し、手動でかつ双方向的に、ユーザの処方箋を判定するように構成されることができる。そのような手技は、プロトコルによって（例えば、1 ヶ月に 1 回、年に数回等、チェックするように構成される）、または視力、例えば、近視が、悪化していると判定されるとき、スケジュールされることができる。別の実施形態では、上記に説明されるように、生体フィードバックシステムは、ユーザの眼の移動および変化を監視し（例えば、カメラ 2 4 および光源 2 6 を介して）、ユーザが遠近調節に苦勞していることを判定してもよい。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、輻輳・分散運動、散瞳、および / または眼の天然レンズの移動ならびに / もしくは形状を監視してもよい。ライトフィールドプロセッサシステムはまた、自動屈折計または本明細書に説明されるような他の技術を使用して、網膜の中心窩上に形成される画像を監視してもよい。ライトフィールドプロセッサシステムは、次いで、眼処方箋構成プログラムを開始し、新しい光学処方箋を判定し、および / または補正関数を調節（例えば、焦点深度および補正関数のマッピングテーブルを更新する）してもよい。

20

30

【 0 1 9 7 】

1 つまたはそれを上回る実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザが、ユーザに提示される 1 つまたはそれを上回る画像の焦点を手動で調節することを可能にしてもよい。例えば、システムは、焦点を調節する際、離散ステップを用いて事前にプログラムされてもよい。ユーザは、次いで、ユーザインターフェースを通して、ライトフィールドプロセッサシステムに対する所望の焦点を規定してもよい。いくつかの実施形態では、ユーザは、ユーザが快適な視認焦点に到着するまで、処方箋を漸次的に増加または減少させる（例えば、焦点を変化させる）オプションを有してもよい。または、ライトフィールドプロセッサシステムは、可能性として、生体フィードバックシステムおよび他の診断技術（例えば、本明細書の眼位計および自動屈折計技術の説明参照）を利用することによって、自動的に、処方箋を漸次的に増加または減少させてもよい。いくつかの実施形態では、そのようなユーザ入力処方箋は、特定の視線または頭部配向と関連付けられてもよく、装着者がそのような視線または頭部配向を有するときに提供されてもよい。しかし、いくつかの実施形態では、そのようなユーザ入力処方箋は、視線または頭部配向から独立して適用されてもよく、視線、視線、および / または頭部配向の変化に伴って変化しない。

40

【 0 1 9 8 】

以下の段落は、本明細書に説明されるデバイス、システム、および方法の種々の例示的实施形態を説明する。

【 0 1 9 9 】

50

ウェアラブル眼科デバイスであって、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラと、数値的ライトフィールド画像データ内のユーザからオブジェクトまでの視認距離に基づいて、ある量の屈折力を数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することによって、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、ライトフィールドプロセッサと、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイとを備える、デバイス。

【0200】

ユーザの頭部配向を判定するために頭部搭載型加速度計センサをさらに備え、視認距離は、ユーザの頭部配向に基づいて推定される、先行段落に記載のデバイス。

10

【0201】

1つまたはそれを上回る頭部搭載型眼追跡カメラをさらに備え、ユーザの視線方向を判定し、視認距離は、ユーザの視線方向に基づいて推定される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0202】

1つまたはそれを上回る頭部搭載型眼追跡カメラをさらに備え、ユーザの視線の輻輳点を判定し、視認距離は、ユーザの視線の輻輳点に基づいて推定される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0203】

屈折力の量は、ユーザに関する光学処方箋に基づく、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

20

【0204】

ライトフィールドカメラは、一体型結像カメラを備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0205】

ライトフィールドディスプレイは、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0206】

手動制御をさらに備え、数値的ライトフィールド画像データに導入するための屈折力の量を規定する、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

30

【0207】

ライトフィールドプロセッサは、その屈折力の量を数値的ライトフィールド画像データの視野全体に導入するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0208】

ライトフィールドプロセッサは、その屈折力の量を数値的ライトフィールド画像データの視野の下側部分のみに導入するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0209】

ウェアラブル眼科デバイスを使用するための方法であって、光をユーザの周囲から受光し、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、ライトフィールドプロセッサを使用して、ある量の屈折力を数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入することによって、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するステップであって、導入される屈折力の量は、数値的ライトフィールド画像データ内のユーザからオブジェクトまでの視認距離に基づく、ステップと、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイを使用して、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するステップを含む、方法。

40

【0210】

頭部搭載型加速度計センサを使用して、ユーザの頭部配向を判定するステップをさらに含み、視認距離は、ユーザの頭部配向に基づいて推定される、先行段落に記載の方法。

50

【 0 2 1 1 】

1 つまたはそれを上回る頭部搭載型眼追跡カメラを使用して、ユーザの視線方向を判定するステップをさらに含み、視認距離は、ユーザの視線方向に基づいて推定される、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 2 1 2 】

1 つまたはそれを上回る頭部搭載型眼追跡カメラを使用して、ユーザの視線の輻輳点を判定するステップをさらに含み、視認距離は、ユーザの視線の輻輳点に基づいて推定される、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 2 1 3 】

屈折力の量は、ユーザに関する光学処方箋に基づく、先行段落のいずれかに記載の方法。

10

【 0 2 1 4 】

ライトフィールドカメラは、一体型結像カメラを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 2 1 5 】

ライトフィールドディスプレイは、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 2 1 6 】

数値的ライトフィールド画像データに導入するための屈折力の量を手動制御から受信するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 2 1 7 】

その屈折力の量を数値的ライトフィールド画像データの視野全体に導入するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

20

【 0 2 1 8 】

その屈折力の量を数値的ライトフィールド画像データの視野の下側部分にのみ導入するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 2 1 9 】

斜視 / 弱視の補正

別の一般的視覚的病気は、斜視であって、これは、両眼が、融合された立体画像を生産するために、単一輻輳点において整合不能であるものである。これは、典型的には、弱化した眼球筋肉を伴う眼がその運動をその正常対応物のものと協調不能であることから生じる。同様に、弱視も、視覚的病気であって、片眼または両眼における視力低下が存在する。本視力低下は、乳児期または幼少時の間の視覚の異常発達によって生じ得る。弱視は、時として、「怠惰な眼 (l a z y e y e) 」とも称される。

30

【 0 2 2 0 】

いくつかの実施形態では、ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、斜視または弱視から生じる障害等の輻輳不全を処置または補正するために使用されてもよい。実施例として、輻輳が、角度方式においてオフセットされる場合、補償プリズム補正が、両眼の輻輳点を 1 つにするためにコンピュータ的に適用されてもよい。補償プリズム補正は、ライトフィールドプロセッサによって、収集されたライトフィールド画像データにコンピュータ的に適用されてもよい。

40

【 0 2 2 1 】

両眼の輻輳が、角度上オフセットされる場合、以下の技法のうちの 1 つまたはそれを上回るものが、使用されてもよい。いくつかの実施形態では、眼追跡システムは、健康な眼の視線ベクトルおよび / または焦点を判定してもよい。本情報は、両眼のための標的輻輳点を判定するために外挿されてもよい。ある実施形態では、眼追跡システムおよび深度感知システムが、両眼の輻輳点を判定するために、併用されてもよい。ある実装では、1 つまたはそれを上回る眼の筋肉は、処置プロトコルを通して「再訓練」され、両眼の焦点および / または輻輳点を徐々に整合させてもよい。処置プロトコルは、弱い方の眼の筋肉を強化し、および / または弱い方の眼からの光学信号に対する神経応答を刺激するように設計される方法を含む、本明細書に説明される方法を含むことができる。

50

【 0 2 2 2 】

ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、プリズム効果または角度偏移を装着者に提供される画像内に選択的に導入するように構成されることができる。これは、いくつかの方法において、かつ異なる目的のために、行われることができる。例えば、コンピュータ的補償プリズム補正は、装着者のための光学補正として適用されることができる（例えば、装着者の片眼または両眼における輻輳不全を補償するために）。本補正は、装着者が、装着者が斜視および/または弱視を患う場合でも、両眼単一視を達成またはそれに近似させ得るように、収集されたライトフィールド画像データに適用され、装着者の障害を考慮することができる。

【 0 2 2 3 】

補償プリズム補正は、装着者に提供される画像データの場所を調節することによって達成されることができる。ライトフィールドプロセッサは、ディスプレイに提示される画像の場所を側方に（法線視線に直交または光学軸に対して法線に）偏移させることによって（画像データがそのような介入の不在下で投影されるであろう場合と比較して）、これを達成することができる。システム 6 0 0 は、装着者の眼の焦点または整合を検出し、個別の左および右画像の位置を各眼の視野内の標的点にあるように調節するように構成されることができる。例えば、システム 6 0 0 は、眼追跡を含み、各眼の視線を判定することができる。視線が判定されると、システムは、個別の左および右画像を個別の左および右眼の視野内に心合させて位置付けるように構成されることができる。いくつかの実施形態では、弱い方の眼を再訓練するために、システムは、弱い方の眼に提示される画像を所望または標的輻輳点に向かって徐々に移動させることができる。このように、弱い方の眼は、強い方の眼と同一点において適切に見るように再訓練されることができる。

【 0 2 2 4 】

コンピュータ的に適用するためのプリズム補正の量を判定するために、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、画像および光が装着者の弱い方の眼の網膜上に投影されていた場所を監視するように構成されることができる。（これは、本明細書に説明されるように、統合された眼結像能力を使用して行われることができる。）プリズム補正が、光が網膜の所望の部分に照らすことを可能にする場合、これは、正しい量である。該当しない場合、より多いまたはより少ない量が、必要とされる。本明細書に説明されるように、自動屈折計技術または他の技術（例えば、走査レーザ眼底検査（SLO））が、補償プリズム補正が装着者の不整合視覚を低減または補正したかどうかを判定するために使用されることができる。いくつかの実施形態では、システム 6 0 0 は、ユーザが外斜視または内斜視逸脱を有するかどうかを判定する（またはそれを示す入力を受信する）ように構成される。いったん本逸脱が、デバイスによって把握されると、プリズム補正は、視力障害が実質的に補正されるまで、ライトフィールド画像データにコンピュータ的に適用されることができる。これは、自動的に判定されてもよい、またはユーザ入力に基づいて判定されることができる。いくつかの実施形態では、補正または好適なプリズム補正を自動的に判定するために、システム 6 0 0 は、1 つまたはそれを上回る内向きに面したカメラを含み、角度逸脱（例えば、固視における偏移）を測定し、ディスプレイを使用して、一方の眼を閉塞しながら、他方の眼におけるプリズム処方箋を変化させることができる。いくつかの実施形態では、ユーザ入力を使用して、補正または好適なプリズム補正を判定するために、システム 6 0 0 は、マドックス桿試験に類似する試験を実装するように構成されることができる。例えば、システム 6 0 0 は、デジタルフィルタを提供し、試験のために光をフィルタリングすることができる。別の実施例として、システム 6 0 0 は、画像ソースを 2 つの異なる深度平面から提供することができる。（これは、光を装着者の眼の中に投影するように構成される、光源 7 1 4 を使用して行われることができる。）ユーザ入力に基づいて、システム 6 0 0 は、満足の行く状態が満たされる（例えば、第 1 の画像が第 2 の画像と整合される）まで、プリズム補正を調節することができる。

【 0 2 2 5 】

別の実施例として、コンピュータ的補償プリズム補正は、治療目的のために適用されるこ

10

20

30

40

50

とができる（例えば、眼を徐々に再訓練し、標的輻輳点に到着させるため）。装着者の個別の眼への異なる特性の画像の提示を強調する、眼を再訓練するための方法もまた、本明細書で議論される。

【0226】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム600は、眼追跡システムを含む。眼追跡システムは、装着者の眼の視線を判定するように構成されることができる。眼追跡システムは、装着者の眼の性質を感知するように構成される、1つまたはそれを上回るセンサを含むことができる。いくつかの実施形態では、1つまたはそれを上回るセンサは、本明細書に説明されるように、カメラを含む。種々の実施形態では、カメラを含む、1つまたはそれを上回るセンサは、閃光および/またはブルキンエ画像を結像し、視線を判定するように構成されることができる。眼追跡システムは、少なくとも部分的に、1つまたはそれを上回るセンサを用いて入手された情報に基づいて、装着者の眼の視線の方向を判定するように構成される、分析モジュールを含むことができる。

10

【0227】

いくつかの実施形態では、システム600は、1つまたはそれを上回る外向きに面したカメラを含む。ある実装では、1つまたはそれを上回る外向きに面したカメラは、図5を参照して本明細書に説明されるカメラ16に類似することができる。

【0228】

システム600は、装着者または他の人物が入力をデバイスに提供することを可能にするように構成される、1つまたはそれを上回るユーザインターフェース特徴を含むことができる。ユーザインターフェース特徴は、システムと統合されることができる。いくつかの実装では、ユーザインターフェース特徴は、システムと物理的に統合されない、デバイスまたはコンポーネントによって提供される。例えば、ユーザインターフェース特徴は、デバイスと通信するデバイスまたはシステムによって提供されることができる。これは、デバイスと有線または無線通信する、スマートフォン、コンピュータ、タブレット、または他の算出デバイスであることができる。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェース特徴は、デバイスにリンクされる（例えば、有線または無線通信ネットワークを通して、もしくはデバイスに物理的にリンクされる、またはデバイスと統合される、コンポーネントを通して）異なるデバイスとシステムの組み合わせによって提供されることができる。ユーザインターフェース特徴は、タッチスクリーンを伴うデバイス上に提示されることができ、タッチスクリーンとの相互作用は、システム600への入力を提供する。音声認識および/または仮想タッチスクリーン技術もまた、採用されることができる。ユーザインターフェース特徴は、タッチに敏感な容量特徴、キーボード、ボタン、マイクロホン、光検出器、またはグラフィカルユーザインターフェースによって提供される種々のソフトウェア実装特徴を含むことができる。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェース特徴は、ジェスチャ検出コンポーネントを含み、装着者がジェスチャを通してユーザ入力を提供することを可能にする。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェース特徴は、視線検出コンポーネントを含み、装着者が眼の視線を通してユーザ入力を提供することを可能にする（例えば、これは、装着者がある時間にわたってボタンを固視すると、または装着者がボタンに固視しているときに瞬目すると、ボタンまたは他の要素を選択することを含むことができる）。そのようなシステムは、本明細書に説明される他のデバイスおよびシステムのためにも使用されることができる。ユーザインターフェース特徴は、タッチスクリーンを用いて、デバイス上に提示されることができ、タッチスクリーンとの相互作用は、入力をウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムに提供する。

20

30

40

【0229】

いくつかの実装では、装着者、臨床医、医師、または他のユーザは、インターフェース特徴を使用して、視覚試験および/または療法の側面を制御することができる。これは、例えば、適用されるコンピュータ的プリズム補正の量、画像のコンピュータ的側方偏移の量を変化させる、増強された画像の特性を修正する、または輻輳不全の試験もしくは処置を別様に構成するために行われることができる。

50

【 0 2 3 0 】

図 1 3 は、ライトフィールドプロセッサシステムを使用して、斜視および / または弱視によって生じるもの等の輻輳不全を処置するための例示的方法 1 3 0 0 を図示する。説明を容易にするために、方法 1 3 0 0 は、本明細書に説明されるように、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 によって実施されるように説明されるであろう。方法 1 3 0 0 は、強い方の眼を閉塞または強調解除することによって、怠惰な眼または不整合眼を「再訓練」するプロセスを含む。多くの処置プロトコルは、ユーザの特定の処方箋に基づいて考案され得、正確なパラメータおよび / または技法は、変動し得ることを理解されたい。

【 0 2 3 1 】

ブロック 1 3 0 2 では、ライトフィールドプロセッサシステム 6 0 0 は、両眼の焦点および／または輻輳点における差異を判定する。本明細書に議論されるように、本差異は、ユーザ入力に基づいて、またはライトフィールドプロセッサシステムによって実施される処方箋試験に基づいて判定されてもよい。眼追跡および／または視線検出もまた、使用されることができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、例えば、焦点点および／または輻輳点を判定するために、本明細書に説明される方法のいずれかを実施するように構成されることができる。

【 0 2 3 2 】

ブロック１３０４では、ライトフィールドプロセッサシステム６００は、装着者の視力障害を処置することに役立てるための処置プロトコルを選択する。いくつかの実施形態では、処置プロトコルは、医師または臨床医によって考案されてもよい、または処置プロトコルは、外部の場所で考案され、ライトフィールドプロセッサシステム上にダウンロードされてもよい。処置プロトコルは、種々のパラメータを備えてもよい。例えば、処置プロトコルは、処置が投与される周波数を伴ってもよい。処置プロトコルは、装着者に提示されるための画像のタイプに関する情報および／または各眼に示される２つのディスプレイまたは画像における差異を含んでもよい。例えば、処置プロトコルは、両眼分離視提示に基づくことができ、異なる特性の画像が、装着者に表示される（例えば、異なる画像または左および／または右眼に示される画像のバージョンが改変された同一画像）。いくつかの実装では、弱い方の眼に示される画像は、増強されることができ、および／または強い方の眼に示される画像は、減退されることができる。例えば、弱い方の眼に示される画像は、装着者により関心を引くまたは注目を引くように改変されることができ（例えば、明るくされる、色が増強される、３次元的に増強される、鮮明化された焦点、より高い分解能、増強されたコントラスト、移動する、より高いリフレッシュレート等）。同様に、強い方の眼に示される画像は、装着者にあまり関心を引かないまたはあまり注目を引かないように改変されることができ（例えば、暗くされる、くすんだ色、平坦化される、ぼかされる、より低い分解能、より低いコントラスト、静的、より低いリフレッシュレート等）。種々の実装では、弱い方の眼に示される画像のみが、改変される一方、強い方の眼に示される画像は、改変されない。種々の実装では、強い方の眼に示される画像のみが、改変される一方、弱い方の眼に示される画像は、改変されない。種々の実装では、弱い方の眼および強い方の眼の両方に示される画像が、改変される。処置プロトコルは、プロトコルの持続時間に関する情報を含んでもよい。処置プロトコルは、双方向仮想オブジェクトを採用し、それによって、「処置」をユーザがより享受可能なものにし、療法計画に対するユーザコンプライアンスを増加させてもよい。処置プロトコルは、動的画像（例えば、映画、ゲーム等）を採用し、処置をより享受可能なものにし、それによって、コンプライアンスを増加させてもよい。

【 0 2 3 3 】

ブロック 1306 では、ライトフィールドプロセッサシステムは、少なくとも部分的に、処置プロトコルに付随する、スケジューラに基づいて、処置プロトコルを開始するための時間または時間枠を検出または判定してもよい。例えば、処置プロトコルは、眼の再訓練が毎日 10 PM または 8 AM ~ 9 AM の間に実施されるようにプログラムされてもよい。処置プロトコルは、例えば、1 週間に 1 回のみ処方されてもよい。処置プロトコルは、1

週間に少なくとも2回、1週間に少なくとも5回、毎日、および/または1日に少なくとも1回、2回、3回、4回、もしくは5回等の1日に複数回等、より多くの処置セッションを伴うことができる。いくつかの実施形態では、処置プロトコルは、眼がより多くのまたはより少ない不整合状態になることの検出に応答するようにプログラムされてもよい。種々の実施形態では、処置プロトコルは、眼が前の処置プロトコルから回復したときに生じるようにプログラムされてもよい。

【0234】

ブロック1308では、ライトフィールドプロセッサシステムは、片眼または両眼の視野を改変する。これは、例えば、部分的または完全に、眼をコンピュータ的に閉塞する（例えば、各眼に提示される画像データの全部または一部をブラックアウトすることによって）ことを含むことができる。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、異なる画像を各眼に、時として、視野内の異なる場所において提示し、弱い方の眼を強化するか、または脳内の画像融合のために適切な輻輳・開散運動を助長するかのいずれかであってもよい。これは、単に、一例示的技法であって、多くの他の技法が、眼の筋肉を強化または再訓練するために使用されてもよいことを理解されたい。閉塞は、部分的または完全閉塞であってもよい。装着者に提示される画像への完全または部分的焦点ぼけ、ぼけ、減衰、または他の改変も同様に、使用されてもよい。

【0235】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック1308をスキップしてもよい。例えば、いくつかの処置プロトコルでは、強い方の眼および弱い方の眼の個別の視野は、改変されない。ライトフィールドプロセッサシステムは、異なる視覚的特性の画像を装着者の眼に提示し、弱い方の眼が強度を得ることを促してもよい。

【0236】

本明細書に説明されるように、個別の眼に示されるコンテンツは、眼の一方または両方の視野が改変されるかどうかにかかわらず、同様に異なることができる。例えば、より好奇心をそそるコンテンツが、弱い方の眼に示されることができる。これは、より明るい、より高い分解能、より完全、移動する、より高いコントラスト、3次元、色が増強された、複数の深度平面から生じる等の画像を弱い方の眼に投影させることによって遂行されてもよい。別の実施例として、あまり好奇心をそそらないコンテンツが、強い方の眼に示されることができる。これは、より暗い、より低い分解能、欠失部分、静的、より低いコントラスト、平坦化された、くすんだ色、単一深度平面から生じる等の画像を強い方の眼に投影させることによって遂行されてもよい。好奇心をそそるコンテンツは、強い方の眼に投影され得るあまり好奇心をそそらないコンテンツと同時に、弱い方の眼に投影され、それによって、弱い方の眼が強度を得ることを促すことができる。

【0237】

ブロック1310では、ライトフィールドプロセッサシステムは、弱い方の眼の注意を引く、刺激性画像を投影する。これらの刺激性画像は、処方された場所において、および/または増強された視覚的特性、すなわち、色飽和、コントラスト、分解能、深度キュー、3次元効果、明度、強度、焦点等を伴って提示され、それによって、眼が標的場所において合焦および/または輻輳することを促し、および/または弱い方の眼からの視覚的コンテンツがそれを強化することを促してもよい。仮想画像は、経時的に、かつ処置プロトコルによって指定された率で移動され、複数の深度平面を横断して輻輳・開散運動の点において眼を1つにすることができる。眼が、輻輳・開散運動の共通点において整合すると、各眼からの画像が融合し、脳には、2つの代わりに、1つの画像が見える。これは、例えば、ゲームの形態で達成されてもよい。

【0238】

種々の実施形態では、例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、処置または治療目的のために、画像を両眼（両眼分離視）に同時に提示するように構成されることができる。個別の眼に提示される画像は、視覚的特性が異なり得る。本差異は、弱い方の眼のパフォーマンスを経時的に増加させることができる。例えば、立体視画像を装着者に提供す

10

20

30

40

50

るために、左および右画像が、装着者に提示されることができる。処置の間、弱い方の眼に対応する画像は、強い方の眼に対して増強されることができる。画像の増強は、例えば、限定ではないが、画像の明度を増加させる、画像のコントラストを増加させる、画像の色飽和を増加させる、画像の強度を増加させる、画像の3次元効果を増加させる、コンテンツを画像に追加すること等を含むことができる。同様に、強い方の眼に対応する画像は、減退されることができる。画像の減退は、例えば、限定ではないが、画像の色飽和を減少させる、画像の強度を減衰または減少させる、画像を平坦化する、画像をぼかす、画像を焦点ぼけさせる、画像を陰影化する、画像を部分的または完全に閉塞すること等を含むことができる。ある実装では、画像を焦点ぼけさせることは、画像を個別の眼に異なる深度平面からコンピュータ的に提示することによって遂行されることができる。いくつかの実施形態では、処置は、弱い方の眼に対する画像を増強し、強い方の眼に対する画像を減退させることを含むことができる。ある実施形態では、処置は、弱い方の眼に対する画像を増強させる一方、強い方の眼に対する画像を改変しないことを含むことができる。種々の実施形態では、処置は、強い方の眼に対する画像を減退させる一方、弱い方の眼に対する画像を改変しないことを含むことができる。画像の増強および/または減退は、徐々におよび/または断続的に適用されることができる。例えば、画像の品質は、30~60秒毎におよび/またはライトフィールドプロセッサシステムが眼がより不整合状態になったことを検出すると、徐々に増強または減退されることができる。別の実施例として、画像は、ある時間周期にわたって増強または減退されることができる、次いで、その効果は、第2の時間周期にわたって除去されることができる。これは、処置周期にわたって交互されることができる。

10

20

【0239】

処置はまた、いくつかの実施形態では、画像が提示される深度平面を変動させることを含むことができる。これは、ブロックストリングに類似することができ、複数の深度平面が、輻輳不全を伴う眼を再訓練するために使用される。画像は、種々の深度平面から投影され、それによって、眼が、可変深度において、輻輳し、画像上に合焦することを可能にする。可変深度平面はまた、鉛筆腕立て伏せに類似する処置を提供するために使用されることができる。本処置は、画像を第1の深度平面において（例えば、約1フィート離してまたはより遠くに）提示し、次いで、画像を装着者に対して第2の深度平面までより近づけることを含む。画像の移動は、深度平面を装着者に対して第1の深度平面から第2の深度平面により近づけるように徐々に移動させることを含むことができる。画像が、本より近い深度平面に提示される間、画像の深度は、装着者が合焦させること困難である領域内の画像上に合焦させることを練習し得るように、調節されることができる（例えば、装着者は、画像上に輻輳させることが困難である）。本処置はまた、画像を第1および第2の深度平面からより離れた第3の深度平面に提供することを含む。画像が、第2の深度平面に提示されている間、装着者は、第2の深度平面における画像と第3の深度平面に提示されている画像との間で合焦を交互させることができる。これは、例えば、眼筋を強化することができる。これらの方法は、処置の間、画像の増強および/または減退と組み合わせられることができる。

30

【0240】

処置は、いくつかの実施形態では、片眼または両眼の選択的閉塞を含むことができる。これは、視覚的に刺激する画像を網膜の標的部分に提示し、処置の有効性を増加させるために行われることができる。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、選択的閉塞を使用し、装着者によって見られるオブジェクトの一部を遮断するように構成される。選択的閉塞はまた、眼内の画像を断続的に閉塞することを含む。これは、眼への画像を交互させるために行われることができる（例えば、画像を左眼に提示し、次いで、右眼に提示することを交互させる）。

40

【0241】

処置は、いくつかの実施形態では、補償プリズム補正に対する微調節を含み、眼の輻輳に徐々に影響を及ぼすことができる。例えば、補償プリズム補正および/または側方画像偏

50

移の量が、処置の間、低減され、弱い方の眼に影響を及ぼし、標的点到輻輳させることができる。補償プリズム補正および/または側方画像偏移の量は、単一処置の間または複数の処置を経て経時的に低減されることができる。

【0242】

ブロック1312では、システムは、可能性として、遠近調節、輻輳・開散運動等のための眼の機能における正常特性を検出することによって、処置プロトコルのために処方された時間の終了を検出する。そのような時間において、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック1314において、処置を中断する。これは、閉塞または強調解除が適用されていた場合、装着者に提供される画像データの閉塞または強調解除を終了させることを含むことができる。いくつかの実施形態では、装着者は、装着者のスケジュールに基づいて、処置プロトコルを手動で投与してもよい。同様に、多くの他のそのような処置プロトコルが、想定され得る。

10

【0243】

加えて、または代替として、処方された処置プロトコルは、パフォーマンスパラメータの監視に基づいて、終了または調節されることができる。パフォーマンスパラメータが、所望の値、状態、または範囲に到達すると、処置プロトコルは、終了または調節されることができる。いくつかの実施形態では、パフォーマンスパラメータは、生体フィードバックパラメータである。例えば、いくつかの実施形態では、ブロック1312において、ライトフィールドプロセッサシステムは、処置の間、装着者のパフォーマンスを追跡することによって、処置が中断されるべきであることを判定する。装着者が、疲労の兆候またはコンプライアンスの欠如を示すと、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック1314において、処置を中断する。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者の視線を検出するように構成される、眼追跡システムを含むことができる。眼追跡システムは、処置の間、装着者のパフォーマンス（例えば、提示されている画像に正常に合焦する装着者の能力）が経時的に低下していることを検出し得る。これは、装着者が疲れており、さらなる訓練または処置が限定された利点を有するであろうことを示し得る。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者のパフォーマンスを経時的に追跡し、装着者の輻輳不全が経時的に低下しているかどうかを判定することができる（例えば、単一処置の間および/または複数の処置セッションにわたって）。怠惰な眼が、ドリフティングより多く揺動している場合、システムは、より強い療法を開始してもよい。または、怠惰な眼が、強い方の眼とほぼ整合される場合、システムは、処置を終了してもよい。

20

30

【0244】

いくつかの実施形態では、ブロック1312において、ライトフィールドプロセッサシステムは、処置が中断されるべきであることを示す入力をユーザ、臨床医、または外部ソースから受信する。そのようなユーザ入力が、受信されると、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック1314において、処置を中断する。

【0245】

いくつかの実施形態では、ブロック1312において、ライトフィールドプロセッサシステムは、投与される処置プロトコルの間、ユーザのパフォーマンスを自動的に検出する。ブロック1312では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック1304に戻り、投与される処置プロトコルの間、装着者の検出されたパフォーマンスに基づいて、処置プロトコルを更新または調節するように構成されることができる。例えば、弱い方の眼の輻輳の角度が、処置の間、改善しない場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、処置プロトコルパラメータを調節し、ブロック1304において、方法1300の再開を進めることができる。このように、ライトフィールドプロセッサシステムは、試験の間、装着者のパフォーマンスをフィードバックとして使用して、処置プロトコルを調節し、および/または処置を終了すべきときを判定することができる。

40

【0246】

種々の実装では、ライトフィールドプロセッサシステムは、終了に先立って、処置プロト

50

コルを終了させるように構成されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムが、眼精疲労（例えば、輻輳の角度が弱い方の眼に対して悪化する）を検出する場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック 1 3 1 4 に進むことによって、ブロック 1 3 1 2 において、処置プロトコルを終了するように構成されることができる。

【 0 2 4 7 】

弱視または「怠惰な眼」は、眼のうちの一方が他方より弱い、病状である。これは、入力を弱い方の眼より強い方の眼に偏らせる脳の選好によって生じ得る。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、図 1 3 を参照して説明される方法 1 3 0 0 に類似する方法を実施し、視覚的刺激を増強させ、それによって、弱い方の眼を徐々に強化し、および / または光の強度を選択的に調光する、または強い方の眼に入射する視覚的刺激のレベルを減少させることによって、眼帯の効果を再現するようにプログラムされてもよい。例えば、斜視を参照して上記に説明されるような他の処置および訓練システムならびに技法もまた、採用されてもよい。

10

【 0 2 4 8 】

種々の実施形態では、注意散漫を低減させるために、ライトフィールドプロセッサシステムを通じた装着者の眼の正面の世界のビューは、検査および / または処置の間、ブラックアウトまたは別様に不可視にされる。

【 0 2 4 9 】

図 1 4 は、ライトフィールドプロセッサシステムの実施形態の略図であって、これは、外向きに面した一体型結像カメラ 1 6 と、ライトフィールドプロセッサ 7 0 と、1 つまたはそれを上回る光検出器もまた含む、一体型結像ディスプレイ 6 2 とを含む。図 1 4 に示される外向きに面した一体型結像カメラ 1 6 およびライトフィールドプロセッサ 7 0 は、本明細書のいずれかに説明されるものに類似することができる。

20

【 0 2 5 0 】

図 7 に関して前述のように、一体型結像ディスプレイ 6 2 は、マイクロレンズ 7 1 2 の 2 次元アレイと、光源 7 1 4 の 2 次元アレイとを含む。光源 7 1 4 のアレイは、例えば、発光ダイオード（LED）の赤色、緑色、青色（RGB）アレイであることができる。いくつかの実施形態はまた、本明細書で議論される理由のいずれかのために、赤外線光を装着者の眼の中に投影させるための赤外線放出光源を含んでもよい。代替として、光源 7 1 4 のアレイは、液晶ディスプレイ（LCD）パネルまたはある他のタイプのディスプレイパネルとして実装されることができる。各光源は、処理された一体画像のピクセルまたはサブピクセルに対応する光を放出するために使用されることができる。各光源 7 1 4 から放出される光は、次いで、レンズレット 7 1 2 のうちの 1 つによって、ユーザの眼の前の空間内の対応する点 7 1 6 に投影される。いくつかの実施形態では、各レンズレット 7 1 2 は、1 つの処理された基本画像を投影する。投影された基本画像のそれぞれからの光の重複は、物理的ライトフィールドを再作成し、これは、ユーザによって視認されることができる。

30

【 0 2 5 1 】

図 1 4 では、一体型結像ディスプレイ 6 2 は、加えて、光検出器 7 1 5 の 2 次元アレイ（光源 7 1 4 とともに介在される陰影ボックスとして図示される）を含む。光検出器 7 1 5 は、可視および / または赤外線光に敏感であることができる。光検出器 7 1 5 は、光を装着者の眼から収集し、収集された光をデジタル化するために使用されることができる。いくつかの実施形態では、光検出器 7 1 5 は、その任意の解剖学的部分を含む、装着者の眼を結像する。いくつかの実施形態では、光検出器 7 1 5 は、光源 7 1 4 とともに、その間に介在される。光検出器 7 1 5 および光源 7 1 4 は、光を同一のレンズレット 7 1 2 のセットから受光してもよい。代替として、光検出器 7 1 5 および光源 7 1 4 は、光検出器 7 1 5 が光源 7 1 4 と異なる 1 つまたはそれを上回るレンズを使用するように十分に物理的に離間されてもよい（例えば、別個のクラスタ内において）。その関連付けられたレンズを伴う光検出器 7 1 5 の 1 つまたはそれを上回るグループは、光を装着者の眼から捕捉するために、1 つまたはそれを上回るカメラを形成することができる。いくつかの実施形態

40

50

では、１つまたはそれを上回るカメラは、ライトフィールド画像データを装着者の眼から捕捉するためのライトフィールドカメラである。図１４に示される光検出器７１５は、本明細書で議論される目的のいずれかのために、光を装着者の眼から収集するために使用されることができる。例えば、本明細書で議論される自動屈折計および収差計実施形態では、光検出器７１５は、装着者の網膜から反射された光を捕捉およびデジタル化するために使用されることができる。これらの信号は、次いで、ライトフィールドプロセッサ７０によって処理され、装着者の視力についての情報（例えば、その光学処方箋および／または高次収差）を判定することができる。いくつかの実施形態では、光検出器７１５は、ライトフィールドデータを捕捉する。他の実施形態では、光検出器７１５は、従来の２Ｄ画像を捕捉する。

10

【０２５２】

図１４は、光検出器７１５が一体型結像ディスプレイ６２と統合される、実施形態を図示するが、これは、要求されない。他の実施形態では、光検出器７１５は、一体型結像ディスプレイ６２の側面またはそれらが装着者の眼の適正なビューを取得する（例えば、ビームスプリッタ、ミラー、プリズム等を使用して）ように構成され得る任意の場所に提供されることができる。

【０２５３】

以下の段落は、本明細書に説明されるデバイス、システム、および方法の種々の例示の実施形態を説明する。

【０２５４】

ウェアラブル眼科デバイスであって、ユーザの左眼のために、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、左の外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラと、ユーザの右眼のために、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、右の外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラと、ユーザの視線の輻輳点に基づいて、ユーザの眼のうちの１つのために、平行移動偏移をライトフィールドカメラによって捕捉された数値的ライトフィールド画像データに導入することによって、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、ライトフィールドプロセッサと、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイとを備える、デバイス。

20

30

【０２５５】

平行移動偏移をコンピュータ的に導入することは、プリズム屈折力をコンピュータ的に導入することを含む、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【０２５６】

ライトフィールドカメラは、一体型結像カメラを備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【０２５７】

ライトフィールドディスプレイは、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【０２５８】

ウェアラブル眼科デバイスを使用する方法であって、ユーザの左眼のために、左の外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、ユーザの右眼のために、右の外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、ライトフィールドプロセッサを使用して、ユーザの視線の輻輳点に基づいて、ユーザの眼のうちの１つのために、平行移動偏移をライトフィールドカメラによって捕捉された数値的ライトフィールド画像データに導入することによって、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイを使用して、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するステップと

40

50

を含む、方法。

【0259】

平行移動偏移をコンピュータ的に導入するステップは、プリズム屈折力をコンピュータ的に導入するステップを含む、先行段落に記載の方法。

【0260】

ライトフィールドカメラは、一体型結像カメラを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0261】

ライトフィールドディスプレイは、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0262】

他の眼異常の補正

本明細書に説明されるシステム（例えば、図6、7、および14におけるシステム600）はまた、「METHODS AND SYSTEMS FOR DIAGNOSING AND TREATING HEALTH AILMENTS」と題され、2016年3月16日に出願された米国特許出願第15/072,290号（その全内容は、参照することによって本明細書に組み込まれる）に説明される技法のいずれかを使用して、種々の他の眼異常または歪曲を検出、診断、査定、補正、および/または処置するために使用されることができる。例えば、本明細書に説明されるシステムは、米国特許出願第15/072,290号に説明され、ここで簡単に要約されるように、コントラスト試験、視野試験、または色盲試験を実施するために使用されることができる。

【0263】

いくつかの実施形態では、本明細書に説明されるシステム（例えば、システム600）は、装着者のコントラスト感度を試験するように構成されてもよい。コントラスト感度試験は、画像内の異なる輝度を区別する装着者の能力を査定するために使用されてもよい。コントラスト感度試験は、加齢黄斑変性、弱視、および/または白内障等の病状の存在を示し得る。

【0264】

システム（例えば、システム600）は、一体型結像ディスプレイ62を使用して、静的または可変画像を投影させることによって、コントラスト感度試験を投与してもよい。システムは、次いで、装着者からの応答を検出することができる。画像は、そのコントラストが徐々に減少する高コントラスト画像またはそのコントラストが徐々に増加する低コントラスト画像であってもよい。例えば、白色背景に対して提示される濃灰色画像は、画像が白色またはほぼ白色になるまで、徐々に明色化されてもよい。装着者は、画像が背景色との類似性に起因してもはや判別され得なくなるときを示すように指示されてもよい。試験は、装着者のコントラスト感度のより正確な推定を得るために、同一または異なる画像を用いて、複数回繰り返されてもよい。例えば、画像は、明色化される度に、異なる数字/文字/形状に変化してもよく、装着者は、各変化の後、画像の数字/文字/形状を報告するように求められてもよい。画像間の色変動および/またはグレア試験も同様に、組み込まれてもよい。

【0265】

いくつかの実施形態では、システムは、静的画像を使用して、装着者のコントラスト感度を評価してもよい。例えば、システムは、ペリ・ロブソンコントラスト感度チャート等の画像を使用してもよい。ペリ・ロブソンチャートは、白色背景に対して、複数列の大文字を含有する。左上文字は、黒色で印字され、各連続列および/または文字は、より薄い灰色の陰影で印字され、右下列の文字は、白色に近い陰影で印字される。システムは、ペリ・ロブソンチャートまたは類似シーケンスの文字、数字、形状、または他のパターンの増加または減少コントラストを投影してもよい。装着者は、文字または数字のシーケンスを読み取り、もしくは形状またはパターンを説明し、本明細書に説明される応答方法のいずれかを介して、応答を提供するように求められてもよい。システムは、次いで、装着者が

10

20

30

40

50

、文字、数字、形状、または他のパターンの存在を正確に検出可能である、最低コントラストに基づいて、装着者のコントラスト感度を判定してもよい。

【0266】

可変画像を使用する、いくつかの実施形態では、装着者は、自動的に、または医療従事者等の別のユーザによって、画像が出現または消失する時を示し、および／または装着者が異なる輝度の画像間を区別することができるかどうかを示すようにプロンプトされてもよい。静的画像を使用する、他の実施形態では、ユーザは、可視文字、数字、形状、または他のパターン等の画像の観察されるコンテンツを示すようにプロンプトされてもよい。ユーザは、次いで、ユーザインターフェースを通して、装着者の応答を入力してもよい。

【0267】

コントラスト感度試験は、需要に応じた離散試験において実施されてもよい、もしくは周期的におよび／または繰り返し経時的に実施されてもよい。繰り返される分析は、前の結果の履歴分析を通した漸次的に減少または増加するコントラスト感度の追跡ならびに異常の監視または検出を可能にし得る。したがって、コントラスト感度試験機能は、眼科診断のためだけに装着されるデバイスの中に組み込まれてもよい、または検査が規則的インターバルおよび／または種々の時刻、週、月、年等において、自動的に実施され得るように、エンターテインメント、仕事、または他の目的のため等、定期的に装着されるデバイスの一部であってもよい。いくつかの実施形態では、定期的にスケジュールされた試験の頻度は、コントラスト感度試験結果の傾向に基づいて、自動的に調節されてもよい。システムが、装着者が減少されたコントラスト感度を被っていることを検出する場合、システムは、さらなる試験を開始し、および／または臨床医にコンタクトしてもよい。例えば、システムは、装着者が、暗条件下において視覚困難を有している、または合焦することに苦勞していることと関連付けられた遠近調節／輻輳・開散運動変動を呈していることを検出する場合、臨床医にコンタクトしてもよい。拡張または仮想現実システムでは、システムは、外向きに面した一体型結像カメラ16を使用して、アラートを装着者に提供してもよい。アラートは、コントラスト感度における障害に起因して装着者に不可視である危険状態の検出に基づいてもよい。システムは、一体型結像カメラ16からの画像と、装着者が低減されたコントラスト感度を有する光条件等の装着者の既知のコントラスト感度データの相関に基づいて、不可視危険の存在を判定してもよい。暗い夜間条件の間の入来暗色オブジェクトまたは地面の穴等の装着者に見える可能性が低い危険が検出されると、システムは、装着者にアラートしてもよい。アラートは、視覚的、聴覚的、または触覚的通知を含んでもよい。

【0268】

いくつかの実施形態では、本明細書に説明されるシステムは、視野障害を検出、診断、および／または補償するように構成されてもよい。視野試験は、対象の視野の種々の場所における定常および／または移動オブジェクトならびに／もしくは画像を見る対象の能力を分析することによって、中心視および／または周辺視における視力障害を検出するために使用されてもよい。視野試験は、暗点、角膜への外傷、硝子体断裂、外傷誘発性白内障、網膜出血、網膜剥離、黄斑変性、または眼球内出血（トーション症候群）等の種々の病状の存在を示し得る。

【0269】

システム（例えば、システム600）は、視野内の種々の場所における画像を検出する対象の能力を判定することによって、視野試験を投与してもよい。システムは、例えば、一体型結像ディスプレイ62を使用して、光を装着者の眼の中に投影し、画像を眼内に形成してもよい。システムは、次いで、装着者からの応答を検出することができる。画像は、例えば、視野の健康部分内に投影される場合、明確に見えるが、障害部分内に投影される場合、見えないであろう可能性が高い、小ドットであってもよい。いくつかの実施形態では、装着者は、自動的に、または医療従事者等の別のユーザによって、装着者に画像が見えたかどうかおよび／または装着者が画像を観察した時間を示すようにプロンプトされてもよい。ユーザは、次いで、例えば、本明細書で議論されるユーザインターフェースのい

10

20

30

40

50

ずれかを通して、装着者の応答を入力してもよい。いくつかの実施形態では、システムは、ユーザによる画像の特性（例えば、数字、色、文字、形状等）の照合を要求し、着者に画像が見えたことを確実にしてもよい。

【0270】

いくつかの実施形態では、システムは、視野の周縁における装着者の視野知覚を評価するために使用されてもよい。例えば、システムは、定常固定標的を光学軸の近傍に提供してもよい。装着者の視線が、固定標的に固視される間、画像は、装着者の視野の外側のディスプレイの外側部分に投影されてもよい。画像は、次いで、視野に進入するまで、固定標的に向かって内向きに移動されてもよい。装着者は、本明細書に説明される応答方法のいずれか等によって、標的が可視になるときを示すように指示されてもよい。いくつかの実施形態では、装着者は、形状、見掛けオブジェクトの数、または他の特徴等の画像の特性を説明するように指示されてもよい。試験は、視野の左、右、上、および/または下等、装着者の視野の周縁の種々の象限または場所内で繰り返されてもよい。

10

【0271】

視野試験は、需要に応じた離散試験において実施されてもよい、または周期的におよび/または繰り返し経時的に実施されてもよい。繰り返される分析は、前の結果の履歴分析を通して、視野障害の進行度を追跡することを可能にし得る。したがって、視野試験機能は、眼科診断のためだけに装着されるデバイスの中に組み込まれてもよい、または検査が規則的インターバルおよび/または種々の時刻、週、月、年等において自動的に実施され得るように、エンターテインメント、仕事、または他の目的等のために定期的に装着されるデバイスの一部であってもよい。いくつかの実施形態では、定期的にスケジュールされた試験の頻度は、視野試験結果の傾向に基づいて、自動的に調節されてもよい。

20

【0272】

拡張または仮想現実システムでは、システムは、アラートを装着者に提供するために、外向きに面した一体型結像カメラ16を使用してもよい。アラートは、視野障害に起因して装着者に不可視の危険条件の検出に基づいてもよい。システムは、一体型結像カメラ16からの画像と、装着者が低減された周辺視を有する象限等の装着者の既知の視野データの相関に基づいて、不可視危険の存在を判定してもよい。入来オブジェクト、地面の穴、または他の条件等の障害象限内の危険が、検出されると、システムは、装着者にアラートしてもよい。アラートは、視覚的、聴覚的、または触覚的通知を含んでもよい。

30

【0273】

本明細書に説明されるシステムはまた、色試験を投与し、具体的色を検出する際の装着者の障害を試験してもよい。例えば、システム（例えば、システム600）は、石原色試験を投与してもよく、これは、赤色-緑色知覚障害に関して試験するように設計される。試験は、一連の着色板（「石原板」）を示すことを含む。色板は、ドットの円形を含有し、これは、ランダムサイズおよびランダムまたは均一色で現れる。各円形内には、ドットのパターンがあり、これは、数字または形状を形成する。いくつかの円形では、数字または形状は、正常色覚を伴う視認者にのみ明確に可視であるが、赤色-緑色知覚障害を有する視認者には、見るのが困難または不可能である。他の円形では、数字または形状は、赤色-緑色知覚障害を伴う視認者にのみ可視である。いくつかの実施形態では、色板は、装着者の既知の病状および/または前の応答に基づいて、選択および/または修正されてもよい。色または他の刺激は、漸次的に変化され、装着者の色覚障害の境界を判定してもよい。すなわち、色相が、複数の色相を通して、第1の色から第2の色に変化してもよい。例えば、検出された赤色-緑色知覚障害を伴う装着者は、赤色から橙色または紫色に徐々に変化する板を提示されてもよく、各漸次的変化に対する装着者の応答は、記録されてもよい。

40

【0274】

1つまたはそれを上回る実施形態では、システムは、前述のプロセスフローに類似する様式において、色板のそれぞれの仮想画像を提供し、色板に関するユーザ入力を受信することによって、石原色試験を投与するようにプログラムされてもよい。色板の画像は、一体型結像ディスプレイ62によって提供されてもよい。

50

【 0 2 7 5 】

システムは、色試験に応答して装着者から受信された入力に基づいて、ユーザが赤色 - 緑色視力障害または他の障害を有するかどうかを自動的に判定してもよい。色板に関するユーザ入力は、ユーザが数字、文字、形状、または他の画像特性の説明を入力するための任意の好適な方法によって生産および／または受信されてもよい。例えば、入力は、キーボード、数字パッド、または石原板で利用される数字に対応するキーもしくは仮想ボタンを有するタッチスクリーン等のユーザインターフェースを通して受信されてもよい。いくつかの実施形態では、システムは、装着者から発話された入力を受信し、音声認識を使用して、試験に対する装着者の応答を判定するように構成されてもよい。ユーザインターフェースはさらに、装着者が数字または形状が観察されなかったことを示すオプションを有してもよい。

10

【 0 2 7 6 】

いくつかの実施形態では、システムは、装着者から意識的入力を伴わずに、装着者に投影された石原板内の数字または形状が見えたかどうかを判定するように構成されてもよい。例えば、システムは、数字または形状が見えたことのインジケーションである十分に長時間周期にわたって、石原板内の数字または形状の場所における装着者の視線の固視を検出してよい（例えば、内向きに面したカメラを使用して）一方、装着者による長時間の画像の走査は、数字または形状が見えないことを示し得る。例えば、システムは、最大 1 秒、5 秒、10 秒、またはそれを上回る長い周期にわたって、装着者の視線を追跡してもよい。

20

【 0 2 7 7 】

種々の実施形態では、システムは、異なる色を検出するための装着者の能力を試験する、石原板以外のパターンおよび／または画像を使用してもよい。例えば、システムは、RGB アノマロスコプとして機能するように構成されてもよい。2つの画像および／または光源の色マッチングに基づく試験が、色検出試験を提供するために使用される。1つのソースまたは画像は、固定対照色を有することができる一方、他のソースまたは画像は、視認者によって調節可能である（例えば、明度が調節され得る、固定スペクトル画像）。視認者は、種々の対照色を提示され得、調節可能画像を対照画像にマッチングさせる、またはマッチングが行われ得ないことを判定するように試みる。

【 0 2 7 8 】

種々の実施形態では、システムは、繰り返しおよび／または周期的に、色試験を投与するように構成されてもよい。例えば、システムは、1日あたり数回、または1週間、1ヶ月、もしくは1年あたり1回もしくはそれを上回る回数等、周期的に装着者の色覚を試験し、結果を経時的に比較してもよい。いくつかの実施形態では、定期的にスケジュールされた試験の頻度は、傾向が認められる色盲試験結果に基づいて、および／または装着者が色を区別することに困難を有することの検出に基づいて、自動的に調節されてもよい。そのような場合、システムは、種々の時刻および種々の光条件において、装着者の色覚を試験することによって、装着者の色検出障害の重症度または時間変動をより良好に検出可能であり得る。同様に、システムは、装着者の色覚を繰り返し異なる深度平面、遠近調節度、および／または網膜のエリアにおいて試験することによって、より完全および／または正確な結果を取得可能であり得る。故に、システムは、色覚試験を投与するとき、深度平面、遠近調節、および／または網膜のエリアを変動させることが可能であり得る。数ヶ月または数年等のより長い時間周期にわたって繰り返される試験は、黄斑変性または任意の他の進行性病状等に起因した装着者の色検出障害の任意の改善または変性の追跡を可能にし得る。

30

40

【 0 2 7 9 】

システムはまた、装着者の色検出障害を補償する等の治療機能のために構成されてもよい。治療機能は、画像および／または世界からの光の色、強度、および／または他の品質をコンピュータ的に修正することを含んでもよい。例えば、システムは、低減された検出の色を含有する画像の一部内の光の強度をコンピュータ的に増加させることによって、増色

50

機構として機能してもよい。いくつかの実施形態では、システムは、装着者がより良好に検出可能である色の光を提示するように、光の波長をコンピュータ的に変化させる、または異なる波長の光を追加すること等によって、そのような領域の色をコンピュータ的に偏移させてもよい。

【0280】

拡張現実デバイスを備える、実施形態では、システムは同様に、周囲世界からの光の装着者のビューを修正してもよい。拡張現実システムは、リアルタイムまたはほぼリアルタイムで、デバイスに入射する光の色を検出してもよく、光の一部をコンピュータ的に修正し、または付加的光を投影し、装着者の色検出障害を補正してもよい。例えば、システムは、外向きに面した一体型結像カメラ16を使用して、装着者の周囲の世界を結像してもよい。システムは、少なくとも部分的に、装着者の色検出障害を軽減させるように、一体型結像ディスプレイ62を使用して、同一または異なる色の付加的光を投影し、低減された検出能力のエリア内の強度を拡張させてもよい。システムはさらに、ラベル機能を組み込んでもよく、既知の障害色の名称が、その色であることが判定された外光の領域にわたって拡張されてもよい。いくつかの実施形態では、重畳が、色合いを画像に追加すること等により、所望の振幅の光を投影させることによって、ディスプレイの一部内の色を増強させるために使用されてもよい。

【0281】

眼位計

図15は、本明細書に説明されるウェアラブルデバイスが、眼位計または屈折計として機能し、装着者または患者の視力を補正または改善する好適な屈折を判定するために使用され得る方法を図示する。例えば、本明細書に説明されるライトフィールドプロセッサシステムは、図15に示される眼位計を実装するために使用されることができる。眼位計からの試験の結果は、例えば、装着者または患者の光学処方箋を判定するために使用されることができる（例えば、眼鏡またはコンタクトレンズ内の補正レンズのため、もしくはライトフィールドプロセッサシステムにおいて使用するため）。そのようなシステムは、眼検査を投与するために使用されてもよく、本検査は、典型的には、医師または臨床医のオフィスにおいて投与されてもよいことを理解されたい。1つまたはそれを上回る実施形態では、患者の個々のライトフィールドプロセッサシステムは、可能性として、医師監督を伴って使用されてもよい、または医師のオフィスは、診断目的のために使用され得る、ライトフィールドプロセッサシステムのその独自のバージョンを有してもよい。図15は、拡張現実に関連して議論されるが、類似特徴は同様に、仮想現実アイウェア等の仮想現実デバイス内に含まれることができる。

【0282】

従来の眼位計は、眼検査のための検眼医療従事者によって使用され、患者の屈折誤差を判定し、したがって、屈折を補正し、任意の眼球異常を補償する。本情報を使用して、検眼医療従事者は、患者の眼の光学処方箋を判定し、患者の視力を改善または補正することができる。従来の眼位計は、典型的には、試験され得る異なるレンズを備え、通常、可変サイズのアルファベットの眼試験チャートを提示し、患者の視力を試験することを伴う。患者は、眼試験チャートを見て、異なる屈折力のレンズが、患者の眼の正面に設置され、患者の視力が改善されたかどうかを判定する。従来の設定は、嵩張る傾向にあり、医師がレンズにおける次のステップサイズを個々に選択することを要求する。臨床医は、典型的には、画像明確性に関して患者のフィードバックを求め、レンズを適宜変化させる。

【0283】

対照的に、ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステム1500のいくつかの実施形態が、嵩張る眼位計設定を伴わずに、これらの同一機能を実施するために使用されてもよい。ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステム1500は、画像を装着者の眼に投影するように構成される、拡張（または仮想）現実ディスプレイプラットフォーム1502を含む。いくつかの実施形態では、拡張または仮想現実ディスプレイプラットフォーム1502は、本明細書に説明されるライトフィールドプロセッサシステム600のい

ずれかであることができる。ディスプレイプラットフォーム 1502 は、例えば、図 5 を参照して本明細書に説明されるように、ディスプレイレンズ 106 と同様に構成されることができる。ライトフィールドプロセッサシステムのため等のいくつかの実装では、ディスプレイプラットフォーム 1502 はまた、世界または環境からの光をディスプレイプラットフォーム 1502 を通して（例えば、その正面におけるレンズを通して、および／または一体型結像カメラ 16 を介して）装着者の眼に通過させるように構成されることができる。このように、装着者には、ディスプレイプラットフォーム 1502 を用いて投影された画像が、装着者に世界内で見えるものと重畳されて見える。いくつかの実施形態では、物理的眼試験チャートではなく、仮想眼試験チャート 1520 が、ディスプレイプラットフォーム 1502 を使用して（例えば、一体型結像ディスプレイ 62 を介して）、装着者に投影されてもよい。眼位計に類似する機能性を提供するために、画像の焦点が、ライトフィールドプロセッサ 70 によって、コンピュータ的に変動されることができる（本明細書に議論されるように）。ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステム 1500 は、画像の焦点を変動させることによって光学処方箋の漸次的変化を自動的に提供することによって、眼検査を投与または提供するように構成されることができる。これは、ディスプレイプラットフォーム 1502 内のライトフィールドプロセッサ 70 によって、画像データに適用される屈折力をコンピュータ的に変動させることによって行われることができる。

【0284】

本明細書に説明されるように、ライトフィールドプロセッサシステム 1500 は、それに提供される画像データの 1 つまたはそれを上回る光学性質をコンピュータ的に改変するように構成される、ライトフィールドプロセッサ 70 を含むことができる。例えば、ライトフィールドプロセッサ 70 は、例えば、ライトフィールド画像データ内の波面の曲率を改変する、または別様に、正もしくは負の球面／円柱屈折力を導入することによって、屈折力を画像データに加算またはそこから減算することができる。ライトフィールドプロセッサ 70 は、したがって、球面、円柱、および軸等の可変光学補正または高次収差補正を提供することができる。

【0285】

ある実装では、ディスプレイプラットフォーム 1502 は、ディスプレイ 62 を含み、これはまた、光を装着者の眼の中に投影するだけでなく、また、光をそこから捕捉する能力を含んでもよい（例えば、図 14 に関して本明細書に議論されるように）。受光された光は、結像または別様に検出されることができる。これは、眼検査において利用されてもよく、ディスプレイ 62 は、装着者の網膜を結像し、網膜に形成された画像を監視するように構成される。眼の遠近調節状態を判定するために、網膜からの反射（例えば、装着者の眼の中に投影された画像からの反射）が、ディスプレイ 62 を使用して測定されることができる。これは、眼の遠近調節状態の高速測定をもたらしすることができる。例えば、点ソース画像のシーケンス（例えば、赤外線帯域内の可視波長帯域外）が、種々の見掛け深度から、ディスプレイ 62 によって、装着者の眼の中に投影されることができ、ディスプレイ 62 は、同時に、網膜からの反射を測定することができる。ライトフィールドプロセッサシステム 1500 は、最もコリメートされた反射に基づいて、最明、最小、または最良合焦画像に対応する深度平面を判定することによって、眼の遠近調節状態をリアルタイムで判定するように構成されることができる。（ライトフィールドプロセッサ 70 が、画像データを異なる見掛け深度平面から提供するために使用されることができる。）ライトフィールドプロセッサシステム 1500 は、光のビームを光学ソース（例えば、ディスプレイ 62）から装着者の眼の中に投影するように構成されることができる。投影されたビームの一部は、装着者の眼の種々の解剖学的特徴によって、反射、散乱、および／または回折され、1 つまたはそれを上回る結像デバイスによって受信されることができる。電子ハードウェアプロセッサ（例えば、ライトフィールドプロセッサ 70）が、装着者の眼から受光された光を分析し、装着者の眼の種々の構造を検査するために使用されることができる。これは、レンズの形状、縮瞳状態、輻輳・開散運動、動的遠近調節等を含み得る、眼

10

20

30

40

50

の遠近調節状態の判定または近似をもたらすことができる。いくつかの実施形態では、コンピュータ的屈折補正は、ライトフィールドプロセッサ 70 を使用して、拡張または仮想現実デバイス 1500 によって提供されることができる。

【0286】

いくつかの実装では、眼検査を行うために、ユーザ/装着者は、可変サイズ、形状、色、明度、コントラスト等の種々の画像を提示されてもよく、ユーザ/装着者は、ライトフィールドプロセッサシステムユーザインターフェース 1504 を通して、画像の明確性に関する入力を提供してもよい。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、少なくとも部分的に、画像が装着者の網膜に合焦されているかどうかを検出することに基づいて、画像の明確性を自動的に判定するように構成される。これは、ユーザの網膜を結像し、投影された画像の網膜からの反射を測定、分析、および/または観察することによって行われることができる。ユーザ/装着者が、特定の画像がクリアではない、または画像が快適に見えないことを示す場合、従来の眼位計におけるように、レンズを物理的に変化させるのではなく、画像の焦点が、対応または均等物光学処方箋の漸次的変化を提供するように自動的にコンピュータ的に変動されてもよい。したがって、眼検査は、ローカルでまたは遠隔で、ライトフィールドプロセッサシステムを通してシームレスに行われ得る。例えば、臨床医または医師は、一例として、限定ではないが、電話を経由して、ビデオ会議を使用して、ネットワーク化された通信プログラムを経由して、または同等物によって等、眼検査を遠隔で投与することができる。また、いくつかの実装では、眼検査は、臨床医からの直接相互作用の有無にかかわらず、または臨床医のわずかなもしくは最小限の労力および時間を伴って、行われてもよいことを理解されたい。

【0287】

いくつかの実施形態では、光学処方箋の調節は、遠近調節および/または輻輳・開散運動を試みる間、眼の物理的变化に基づいて、ライトフィールドプロセッサシステムによって自動的に実施されてもよい。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、弱化している眼の症状である、眼挙動のあるパターンを検出するようにプログラムされてもよい。少なくとも部分的に、追跡された眼挙動に基づいて、眼調節は、ライトフィールドプロセッサシステムによって、自動的に行われてもよい。システムは、例えば、装着者が遠近調節することに苦労していることを検出することに応じて、そのような本明細書に説明されるような眼位計検査を開始してもよい、またはシステムは、装着者または臨床医に、装着者が遠近調節することに苦労していることをアラートしてもよい。いくつかの実施形態では、システムは、遠近調節における微変動（例えば、レンズ形状、輻輳・開散運動、瞳孔サイズ等の小および/または高速変化）を検出することによって、装着者が遠近調節することに苦労していることを検出する。ある実装では、遠近調節することに苦労していることは、本明細書に説明されるように、装着者の網膜上に投影された画像の合焦状態を監視することによって検出されることができる。網膜からの反射が、変動している場合、システムは、装着者が遠近調節することに苦労していることを判定するように構成されることができる。システムは、装着者に画像を提示し、異なる光学補正を試験し、ユーザに、光学補正が画像を改善するかどうかに関するフィードバックを提供するように求め得る。いくつかの実装では、装着者にフィードバックを提供するように求めるのではなく、またはフィードバックを求めることに加え、システムは、装着者の網膜上の画像を観察、測定、および/または分析することによって、画像が合焦しているかどうかを判定するように構成されることができる。前述のように、コンピュータ的光学補正が、検査の間、異なる試験補正を実装するために使用されてもよい。いくつかの実施形態では、システムは、一度に片眼ずつ、画像を装着者の眼に提示することによって、装着者の斜位を判定するために使用されることができる。ある実装では、システムは、標的上の装着者の輻輳・開散運動を監視するために使用されることができる。近い画像（例えば、近深度平面から投影された画像）上に合焦しようとしているとき、装着者が、外斜位にある場合、システムは、装着者が老眼または疲労し得る可能性があること、および/または装着者が斜視または弱視を有し得るかどうかを判定するように構成されることができる。システムはまた、画像を

10

20

30

40

50

種々の異なる深度平面から提供することによって、視野の種々の試験を投与するように構成されることができる。

【0288】

ライトフィールドプロセッサシステムによって提供される画像は、記憶された画像であることができる。ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステム1500は、眼検査を行うため、または装着者に関する光学処方箋を判定するために好適な1つまたはそれを上回る記憶された画像を含む、データ記憶装置を含むことができる。記憶された画像は、眼チャート等内で使用される、文字、数字、記号等であってもよい。画像は、無限遠または別様に大見掛け距離において、例えば、少なくとも20、40、60、80、または100フィート離れて等、所望の深度平面において、視認者に提示されてもよい。本明細書に説明されるように、記憶された画像は、装着者に投影するために、補正された波面を生産するように処理されることができる。補正された波面は、装着者の眼の光学処方箋または異常を考慮するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、ディスプレイプラットフォーム内のライトフィールドプロセッサ70は、光学処方箋を考慮するために、調節を装着者に見える画像にコンピュータ的に提供するために使用される。ライトフィールドプロセッサ70はまた、例えば、画像を構成する強度パターンを改変し、例えば、直線が湾曲に現れる、歪曲または魚眼を補償してもよい。例えば、ピンクッション歪曲を補償するために、ある程度の樽歪曲が、画像を構成する強度パターンに導入されてもよい。同様に、樽歪曲を補償するために、ある程度のピンクッション歪曲が、画像を構成する強度パターンに導入されてもよい。画像を構成する強度パターンへの他のタイプの修正も、空間光変調器または光源を駆動し、所望の強度パターンを生産するために使用される、ソフトウェアによって導入されてもよい。いくつかの実施形態では、ウェアラブル拡張または仮想現実デバイス1500は、ディスプレイプラットフォーム1502を使用し、可変サイズの画像を装着者に、または可変深度平面からの画像を装着者に投影するように構成されることができる。いくつかの実装では、画像は、可変サイズの文字または形状を含み、および/または可変深度平面から投影されることができる。種々の実装では、装着者に投影される文字および/または形状のサイズおよび/または深度平面は、眼検査の間、変動されることができる。いくつかの実施形態では、システムは、異なる明度およびグレア条件下における機能視力の客観的測定を含む、明度またはグレア試験を投与するように構成されることができる。種々の実施形態では、システムは、明度視力試験を投与し、種々の明光条件下、機能視力を判定するように構成されることができる。例えば、システムは、3つまたはそれを上回る明光条件、すなわち、1)高-直接の真上からの太陽光、2)中-部分的に曇った日、および3)低-明るい真上からの商業用電灯をシミュレートするように構成されることができる。視力測定は、標準的眼チャート(例えば、眼チャート1520)を使用してこれらの3つの条件下で測定されるであろうものに類似することができる。そのような試験の結果は、機能的視力の査定であってもよい。そのような試験は、明光に対する感度、羞明、損なわれた暗所視、および同等物を試験するために使用されることができる。いくつかの実施形態では、システムは、個々の色を試験するように構成されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、個々の色(例えば、赤色、緑色、青色、黄色等)に関する屈折誤差を判定するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、システムは、種々の深度平面を試験するように構成されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、個々の深度平面に関する屈折誤差を判定するように構成されることができる。これは、少なくとも部分的に、深度平面に基づいて変化する、光学処方箋をもたらすことができる。老眼のための屈折補正もまた、判定されてもよい。

【0289】

いくつかの実施形態では、ウェアラブル拡張(または仮想現実)デバイス1500は、1つまたはそれを上回る外向きに面したカメラを含むことができる。ある実装では、1つまたはそれを上回る外向きに面したカメラは、図5を参照して本明細書に説明されるカメラ16または図6-7を参照して本明細書に説明される一体型結像カメラ16に類似するこ

10

20

30

40

50

とができる。拡張現実ディスプレイデバイス内の外向きに面したカメラは、周囲環境の画像を捕捉し、例えば、文字または記号等の試験画像を重畳すべき場所を判定するように構成されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、標準的スネレンチャートまたは他の視力チャート等の眼チャートの画像を検眼医のオフィスの壁に対応する装着者の視野内のエリアにわたって重畳し得る。別の実施例では、外向きに面したカメラは、検眼医のオフィスの壁上に実際にある、標準的スネレンチャートまたは他の視力チャート等の眼チャートの画像を捕捉するように構成されることができる。ウェアラブル拡張または仮想現実デバイス 1500 は、次いで、画像を提示するために、少なくとも部分的に、所望の深度平面に基づいて、捕捉された画像を修正するように構成されることができる。例えば、入手された画像は、ディスプレイプラットフォーム 1502 によって、遠近調節無限遠に投影されることができる。次いで、ユーザインターフェース 1504 を通して、画像からの光は、ライトフィールドプロセッサ 70 によって、従来の眼位計を用いてレンズを物理的に変化させることに類似する、機能性を提供するようにコンピュータ的に操作されることができる。例えば、球面、円柱、または高次収差補正が、導入されることができる。円柱が、追加されるべき場合、適切な軸もまた、判定されることができる。このように、眼検査は、装着者の光学処方箋を判定するために行われることができる。いくつかの実施形態では、システムは、本明細書のいずれかに説明されるように、操作された画像の観察、測定、および/または分析を通して、光学処方箋を客観的に測定または推定し、装着者の網膜上に合焦しているかどうかを判定するように構成される。

【0290】

ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステム 1500 は、装着者または他の人物が入力をデバイスに提供することを可能にするように構成される、1つまたはそれを上回るユーザインターフェース特徴 1504 を含むことができる。ユーザインターフェース特徴 1504 は、図 15 に図示されるように、デバイス 1500 と統合されることができる。いくつかの実装では、ユーザインターフェース特徴 1504 は、デバイス 1500 と物理的に統合されない、デバイスまたはコンポーネントによって提供される。例えば、ユーザインターフェース特徴 1504 は、デバイス 1500 と通信する、デバイスまたはシステムによって提供されることができる。これは、デバイス 1500 と有線または無線通信する、スマートフォン、コンピュータ、タブレット、または他の算出デバイスであることができる。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェース特徴 1504 は、例えば、有線または無線通信ネットワークを通して、もしくはデバイスに物理的にリンクされる、またはデバイスと統合される、コンポーネントを通して、デバイスにリンクされた異なるデバイスとシステムの組み合わせによって提供されることができる。タッチスクリーン、音声認識システム、または仮想タッチスクリーンは、インターフェースのいくつかの実施例である。故に、ユーザインターフェース特徴 1504 は、タッチに敏感な容量特徴、キーボード、ボタン、マイクロホン、光検出器、カメラ、および/またはグラフィカルユーザインターフェースによって提供される種々のソフトウェア実装特徴を含むことができる。ユーザインターフェース特徴 1504 は、タッチスクリーンを伴うデバイス上に提示されることができる、タッチスクリーンとの相互作用は、入力をウェアラブル拡張または仮想現実デバイス 1500 に提供する。種々の実施形態では、仮想タッチスクリーンは、ユーザの眼に投影された画像を通して提供され、センサが、ユーザが、身体、例えば、指を移動させることを感知する。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェース特徴 1504 は、ジェスチャ検出コンポーネントを含み、装着者がジェスチャを通してユーザ入力を提供することを可能にする。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェース特徴 1504 は、視線検出コンポーネントを含み、装着者が眼の視線を通してユーザ入力を提供することを可能にする（例えば、これは、装着者がある時間にわたってボタンを固視すると、またはボタンに固視されるとき、装着者が瞬目すると、ボタンまたは他の要素を選択することを含むことができる）。そのようなユーザインターフェースシステムは、本明細書に説明される他のデバイスおよびシステムのために採用されることができる。

【0291】

ライトフィールドプロセッサシステムでは、ユーザインターフェース特徴 1504 は、装着者によって、装着者によって知覚されるような画像の品質に関するフィードバックを提供するために使用されることができる。装着者は、ユーザインターフェース特徴 1504 を通して、例えば、適用される屈折力（例えば、球面、円柱、および軸の漸次的値、および/または高次収差補正）への変化が漸次的に提供されるにつれて、装着者が、ユーザに投影されている画像を快適に視認することができるかどうかに関するフィードバックを提供することができる。このように、装着者に関する適切な光学処方箋が、判定されることができる。

【0292】

いくつかの実装では、臨床医または医師はまた、インターフェース特徴 1504 を使用して、画像が装着者に投影されている焦点および/または深度平面もしくはは投影されている画像のサイズを変動させることができる。そのような変化は、所望に応じて、漸次的に使用されることができる。

10

【0293】

図 16 は、仮想眼位計として使用するために構成される、ライトフィールドプロセッサシステムの装着者の光学処方箋を判定するための例示的方法 1600 を図示する。説明を容易にするために、方法 1600 は、図 15 を参照して本明細書に説明される拡張（または仮想）デバイス 1500 等のライトフィールドプロセッサシステムによって実施されるように説明されるであろう。しかしながら、本明細書に開示される種々の拡張現実（または仮想）デバイスまたは他の類似デバイスのコンポーネントまたは下位部分が、方法 1600 における任意のステップ、ステップの組み合わせ、またはステップの一部を実施するために使用されてもよいことを理解されたい。

20

【0294】

ブロック 1602 では、眼科デバイスは、眼試験プログラムを開始する。眼試験プログラムは、眼科デバイスによって提供される機能の記憶されたプロセスまたはシーケンスであることができる。眼試験プログラムの開始は、眼試験または他の眼検査を以前に受けた装着者等の開始光学処方箋を判定する、または読み出すことを含むことができる。いくつかの実装では、眼試験プログラムは、装着者の眼の眼球異常についての情報を統合することができ、眼球異常についての情報は、装着者または臨床医によって打ち込まれる、前の眼試験プログラムから判定される、またはデータ記憶装置（例えば、ライトフィールドプロセッサシステムの一部であるデータ記憶装置またはネットワーク化されたデータ記憶装置）から読み出されることができる。眼試験プログラムの開始は、装着者に投影されるための潜在的画像の画像またはシーケンスを判定することを含むことができる。眼試験プログラムの開始は、臨床医または医師が眼検査を投与するかどうか、または検査が装着者によって自己投与されるかどうかを判定することを含むことができる。いくつかの実施形態では、眼科デバイスは、装着者または臨床医から受信された入力に応答して、眼試験プログラムを開始する。

30

【0295】

ブロック 1604 では、ライトフィールドプロセッサシステムは、画像を装着者の眼に投影する。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、標的サイズのアルファベット、文字、および/または形状を装着者に投影することができる。画像は、記憶された画像であることができる、または画像は、ライトフィールドプロセッサシステムによって入手されることができる。画像は、装着者の視力を判定することを補助するように構成される、要素を含むことができ、視力要素は、例えば、限定ではないが、アイコン、記号、文字、形状、または同等物を備える。画像の視力要素は、画像内に種々のサイズを有することができる、および/または視力要素のサイズは、ライトフィールドプロセッサシステムによって変動されることができる。

40

【0296】

ブロック 1606 では、ライトフィールドプロセッサシステムは、画像に関するユーザ入力を受信する。ユーザ入力は、装着者が画像を明確に視認可能であるかどうかを示しても

50

よい。1つまたはそれを上回る実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、受信されたユーザ入力、装着者が投影された画像を明確に見ることができることを示すまで、サイズが増加する、比較的、小文字を投影させることによって開始してもよい。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、スネレンチャートのような従来の眼チャート等の眼チャートを提示するように構成される。そのような実施形態では、受信されたユーザ入力は、装着者が明確に見ることができる、投影されたチャートの一部または複数部分を含むことができる。

【0297】

ブロック1608では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザが画像（例えば、投影された眼チャート）を快適に視認することができるかどうかを判定する。いくつかの実施形態では、システムは、ユーザインターフェースを通して、ユーザが画像を快適に視認することができるかどうかに関するユーザ入力を受信するように構成される。上記に説明されるように、そのようなユーザインターフェースの実施例は、音声認識システム、タッチスクリーン、または仮想タッチシステムを含んでもよい。

【0298】

いくつかの実施形態では、ブロック1606において受信されたユーザ入力は、装着者の物理的および/または光学特性の分析を通して自動的に判定される。例えば、自動的に判定されるユーザ入力は、装着者の網膜を観察、測定、および/または分析することによって、画像が合焦しているかどうかの分析を含む。本明細書に説明されるように、網膜からの反射を測定することによって、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者の眼によって形成される画像の焦点の品質または程度を査定するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、一对のスポットを装着者の眼の中に投影するように構成されることができる。これらの投影されたスポットの反射は、測定および分析され、画像の焦点の品質を判定することができる。例えば、網膜上の投影されたスポットの画像が、整合される場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者が投影された画像上に合焦させている、または装着者が標的場所において適切に遠近調節していることを判定し得る。

【0299】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、少なくとも部分的に、弛緩遠近調節および/または輻輳・開散運動の検出に基づいて、装着者が画像を快適に視認することができることを判定するように構成される。本明細書に説明されるように、ライトフィールドプロセッサシステムは、眼を監視するように構成される、眼検出および/または追跡コンポーネントを含むことができる。そのようなコンポーネントは、装着者の遠近調節、輻輳・開散運動、および/または瞳孔サイズを検出可能であり得る。レンズ遠近調節は、例えば、網膜上の画像のサイズを測定する、自動屈折計（本明細書のいずれかにより詳細に説明されるように）によって検出されてもよい。輻輳・開散運動および瞳孔サイズは、1つまたはそれを上回る内向きに面したカメラを用いて、測定されることができる。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザが標的オブジェクトまたは画像上に合焦することを試みているとき、眼の変動を監視する。例えば、眼が、定常刺激上に合焦すると、眼のレンズの屈折力は、急速かつ持続的に変化する。人物が、定常オブジェクト上に合焦させることに苦労しているとき、これらの変動は、増加し得る。本変動の増加は、ライトフィールドプロセッサシステムによって測定および/または観察され、装着者が標的画像またはオブジェクト上に合焦していないことを判定することができる。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、これらの変動を監視し、装着者がオブジェクト上に正常に合焦するまで、投影された画像を移動させる（例えば、投影されている見掛け深度平面を変化させる）ように構成されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、画像を装着者の比較的、近傍の見掛け深度平面から投影し、ライトフィールドプロセッサシステムが、装着者が画像上に正確に合焦させていることを判定するまで、画像を後方に動かす（例えば、装着者と深度平面との間の距離を増加させる）ことができる。

10

20

30

40

50

【 0 3 0 0 】

眼の遠近調節反射の監視は、ライトフィールドプロセッサシステムによって、装着者が現在の処方箋で快適であるかどうか、または装着者が光学補正を必要とするかどうかを判定するために採用されることができる。自動屈折計は、レンズを通して、その実施例が本明細書のいずれかに説明される、網膜上に投影される画像のサイズを監視することによって、装着者が遠近調節しているかどうかを判定するために使用されることができる。遠近調節を監視するそのような方法は、装着者が遠近調節しているかどうかを判定するために使用されることができ、これは、装着者が光学補正を必要とするかどうかを査定する際に有用であり得る。

【 0 3 0 1 】

輻輳・開散運動は、輻輳・開散運動が遠近調節反射を試験するために監視される場合、光学補正が同様に必要とされるかどうかを判定することを補助するために採用されることができる。内向きに面したカメラおよび処理電子機器を使用して、ライトフィールドプロセッサシステムは、左および右眼の個別の視線の変化を追跡し、輻輳・開散運動を判定するように構成されることができる。そのような輻輳・開散運動情報は、装着者の眼が種々の深度平面に提示される画像に対して予期されるように応答するかどうかを判定するために使用されることができる。例えば、比較的に近い深度平面における画像が提示されるとき、両眼が、略平行であって、輻輳していない場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者が画像を快適に見ていない、または装着者が視力障害を有することを示すものとして、本結果を解釈するように構成されることができる。異なる深度平面のための輻輳・開散運動は、特定の深度平面のための適切な輻輳・開散運動に合致する眼が査定され得るかどうか判定されることができる。同様に、潜在的に、輻輳・開散運動が、無限遠にある深度平面に対して内向きであるように観察される場合、装着者は、光学補正を必要とし得る。

【 0 3 0 2 】

別の実施例として、ライトフィールドプロセッサシステムは、画像が装着者に投影されるとき、装着者の瞳孔のサイズまたは装着者の瞳孔のサイズの変化を判定することによって、遠近調節反射を試験することができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、眼、特に、虹彩を結像する、内向きに面したカメラを使用して、瞳孔サイズの変化を追跡するように構成されることができる。本情報は、装着者の眼が種々の深度平面に提示される画像に対して予期されるように応答するかどうかを判定するために使用されることができる。例えば、瞳孔のサイズは、より近いオブジェクトを見ているとき、収縮することが予期される（より離れたオブジェクトと比較して）。したがって、ライトフィールドプロセッサシステムは、画像を近い深度平面から提示し、装着者の瞳孔の応答追跡するように構成されることができる。瞳孔が、収縮しない、または十分に収縮しない場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者が画像を快適に見ていないことを示すものとして、本結果を解釈するように構成されることができる。

【 0 3 0 3 】

故に、画像を視認する際の装着者の快適性を判定するために、ライトフィールドプロセッサシステムは、特定の画像がユーザに投影されるとき、遠近調節反射の検査の一部として、装着者の遠近調節、輻輳・開散運動、および/または瞳孔サイズを判定することができる。同様に、装着者の快適性も、画像が種々の深度平面を通して投影されるとき、判定されることができる。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、測定された遠近調節、輻輳・開散運動、および/または瞳孔サイズと予期される遠近調節、輻輳・開散運動、および/または瞳孔サイズを比較することができる。測定された特性のうちの1つまたはそれを上回るものが、1つまたはそれを上回る予期される特性の標的範囲内にある場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者が画像を快適にまたは正しく見ている（例えば、装着者が、予期される、適正な、または正常視力を用いて、画像を見ている）ことを判定することができる。測定された特性のうちの1つまたはそれを上回るものが、1つまたはそれを上回ることが予期される特性の標的範囲外である場合

10

20

30

40

50

、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者が画像を快適にまたは正しく見ていない（例えば、装着者が、損なわれた視力を用いて、画像を見ている）ことを判定し得る。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、測定された特性に関する情報と、ブロック 1606 におけるユーザ入力から受信またはから判定された情報を組み合わせ、装着者が投影された画像を快適に見ているかどうかを判定する。例えば、比較的に近い見掛け深度平面からの画像を視認するとき、装着者の眼は、相互に向かって輻輳または移動することが予期され、瞳孔は、収縮することが予期され、レンズの凸面性は、増加することが予期される。これらの予期のうちの 1 つまたはそれを上回るものからの逸脱は、ユーザが投影された画像を快適にまたは正しく見ていない（例えば、装着者が、損なわれた視力を用いて、画像を見ている）ことを示すものとして解釈されることができる。

10

【0304】

ライトフィールドプロセッサシステムが、例えば、ユーザインターフェースを通して入力をユーザから受信すること、またはユーザの遠近調節および/または輻輳・開散運動を査定することのいずれかによって、装着者が画像を快適に視認不能であることを判定する場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック 1610 に進み、焦点を変化させ、処方箋を漸次的に増加させる（例えば、より正または負の球面を加算または減算し、より正または負の球面波面を得る）。システムはまた、乱視を試験し、したがって、軸および円柱を漸次的に変化させることができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、次いで、ブロック 1606 に戻り、ユーザ入力を受信または判定し、再び、ユーザが画像を

20

【0305】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック 1610 において、少なくとも部分的に、ブロック 1606 においてユーザ入力から受信されたフィールドバック、および/またはブロック 1608 において、もしくは本明細書のいずれかに説明されるように判定された客観的査定に基づいて、光学補正を調節するように構成される。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック 1610 において、少なくとも部分的に、投影された画像を視認するときの装着者の遠近調節、輻輳・開散運動、遠近調節反射、および/または瞳孔サイズの測定に基づいて、光学補正を調節するように構成される。したがって、ある実装では、ライトフィールドプロセッサシステムは、主観的および客観的試験を使用して、眼検査を行い、装着者に関する光学処方箋を判定するように構成されることができる。

30

【0306】

いくつかの実施形態では、眼検査の主観的要素は、画像を投影させ、次いで、コンピュータライトフィールドプロセッサ 70 等を通して、ジオプタ変化（例えば、 $\pm 0.01\text{D}$ 、 $\pm 0.1\text{D}$ 、 $\pm 0.125\text{D}$ 、 $\pm 0.25\text{D}$ 、 $\pm 0.5\text{D}$ 、 $\pm 1.0\text{D}$ 、またはジオプタ屈折力の実質的連続変化）を伴う画像を投影させ、画質が変化したかどうかに関するユーザ入力を受信することを含むことができる。ある実装では、ライトフィールドプロセッサシステムはまた、ジオプタ値が変化されると、装着者の眼の変化（例えば、遠近調節、輻輳・開散運動、瞳孔サイズ等）を判定するように構成されることができる。本客観的試験データは、装着者の主観的応答と組み合わせられ、ジオプタ値の変化が装着者のために視覚的品質の変化をもたらすかどうかを判定することができる。

40

【0307】

ライトフィールドプロセッサシステムが、装着者が画像を快適に視認可能であることを判定する場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック 1612 に進み、装着者の眼の処方箋を判定する。いくつかの実装では、同一プロセスは、両眼のために繰り返されてもよい（例えば、両眼は、同一補正を各眼にともに適用する、または異なる補正を左および右眼に個々に適用するように処置されることができる）ことを理解されたい。いくつかの実施形態では、これは、不同視を処置するために使用されることができ、2つの異

50

なる光学処方箋が、装着者の個別の2つの眼に適用される。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者によって視認されているものおよび/または装着者によって実施されているアクティビティに応じて、光学処方箋間で動的に切り替えるように構成されることができる。例えば、不同視のためのレンズは、装着者が、近距離、中距離、および遠距離の混合である、画像を視認するときと比較して、主に近いまたは主に遠い画像を視認するとき、装着者を疲労させ得る。故に、ライトフィールドプロセッサシステムは、少なくとも部分的に、装着者の不同視、近視、または遠視を処置することに関する既知の光学処方箋に基づいて、適用される光学処方箋をリアルタイムで動的に変化させるように構成されることができる。

【0308】

方法1600は、図15を参照して本明細書に説明されるデバイス1500または本明細書に説明される他の類似デバイス等のライトフィールドプロセッサシステムに情報を提供するために使用されることができる。したがって、ライトフィールドプロセッサシステムは、本明細書に説明されるように、装着者の光学処方箋に基づいて、投影されている画像の焦点または他の側面を変化させるように構成されることができる。いくつかの実施形態では、装着者が、エンターテインメント、仕事、または他の目的のために使用する、同一ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムが、本明細書に説明される眼検査を実施するために使用されることができる。

【0309】

方法1600は、異なる深度のための光学処方箋、光学補正、または屈折補正を判定するために使用されることができる。例えば、遠見掛け深度平面に関する第1の光学処方箋、中深度(中間)平面に関する第2の光学処方箋、ならびに近見掛け深度平面、または遠および近、遠および中、近および中に関する第3の光学処方箋が、存在することができる。

【0310】

方法1600およびシステムは、装着者が老眼を患う、装着者の視力を補正または改善するために使用されることができる。異なる光学補正が、異なる深度平面に適用され、関連付けられたコンテンツが、それらの深度平面から投影されることができる。または、ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザの頭部または眼の感知される配向に基づいて、遠距離(該当する場合)および近距離に関する処方箋の提供間で切り替えるように構成されることができる。本明細書に説明されるように、配向センサまたは他のセンサが、ユーザの頭部または眼の配向を判定するために使用されることができる。

【0311】

方法1600は、リアルタイムで実施され、装着者の光学処方箋を自動的に判定してもよい。本情報は、ライトフィールドプロセッサシステム内に記憶され、将来的試験のために使用されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、検査に基づいて、装着者に関する装着者の現在の光学処方箋を更新するように構成されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、眼を監視し、装着者の眼挙動を経時的に記録するように構成されることができる。少なくとも部分的に、本情報に基づいて、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者の光学処方箋を経時的に動的に調節されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、画像を既知の深度に提示するときの眼の挙動を測定されることができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、画像に対する予期される眼応答からの逸脱を判定し、眼が予期されるように挙動するかどうかを判定されることができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、検査を開始する、および/または装着者の光学処方箋を更新する、もしくはライトフィールドプロセッサシステムが、判定された逸脱が範囲(例えば、標的、すなわち、予期される挙動の容認可能範囲)外であることを判定する場合、更新された眼検査を開始またはスケジュールするように構成されることができる。

【0312】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、光学処方箋を目立つように判定するように構成されることができる。例えば、これは、眼検査が行われている

10

20

30

40

50

間、ライトフィールドプロセッサシステムが代替機能性を装着者に提供しない場合に生じ得る。言い換えると、これは、装着者が眼検査のみに集中することが要求される場合に生じ得る。

【0313】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、光学処方箋を目立たないように判定するように構成されることができる。例えば、これは、装着者が他のことを行なっている（例えば、映画を鑑賞している、テキストを読んでいる、画像を見ている等）間、ライトフィールドプロセッサシステムが装着者の眼挙動の測定を入手するように構成される場合に生じ得る。ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者がこれらの他のアクティビティを実施している間、装着者の眼の特性を測定し、装着者の眼の測定された特性を比較し、装着者の眼の予期される特性からの逸脱を判定するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、システムは、少なくとも部分的に、これらの判定された逸脱に基づいて、光学処方箋を判定するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、装着者の眼の予期される特性は、少なくとも部分的に、見掛け深度平面および装着者に投影されている画像性質に基づくことができる。いくつかの実施形態では、そのような逸脱が、検出されると、システムは、ユーザに、システムによって適用される検査を受ける、または試験光学補正が十分もしくは不十分であることを確認するように求め得る。いくつかの実装では、ライトフィールドプロセッサシステムは、これらの他のアクティビティを実施しながら、遠近調節および輻輳・開散運動を試みている間、装着者の眼の物理的变化を追跡するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、本情報は、遠近調節および輻輳・開散運動を試みている間に入手された測定と比較され、光学処方箋を判定することができる。

10

20

【0314】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者の光学処方箋を客観的に測定するように構成されることができる。種々の実装では、これは、装着者から画質に関するフィードバックを受信せずに、遂行されてもよい。ある実装では、これは、可変サイズの画像をユーザに投影せずに、遂行されてもよい。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、画像を仮想無限深度から投影するように構成されることができる（例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、画像を無限遠に置く）。ライトフィールドプロセッサシステムは、次いで、装着者の遠近調節反射、遠近調節、輻輳・開散運動、および／または瞳孔サイズを測定する。少なくとも部分的に、装着者の遠近調節、輻輳・開散運動、および／または瞳孔サイズと、予期されるものからの装着者の遠近調節、輻輳・開散運動、および／または瞳孔サイズの逸脱とに基づいて、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者の光学処方箋を客観的に判定することができる。例えば、画像が無限遠に置かれているとき、装着者の眼が、+1Dに遠近調節している場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、光学処方箋を客観的に判定することができる。

30

【0315】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、適切なジオプタ補正を判定する、および／または少なくとも部分的に、ディスプレイプラットフォームの構成に基づいて、適切なジオプタ補正を考慮するように較正されることができる。例えば、装着者に投影されている画像の深度平面を調節するとき、ライトフィールドプロセッサシステムは、正しく較正され、深度平面の変化とジオプタまたは屈折力の変化を相関させるように構成されることができる。いくつかの実施形態では、較正の間、装着者の虹彩が、分析される。虹彩は、患者を一意に識別するために使用されることができ、本一意の識別は、関連付けられた患者記録にアクセスし、人物およびその医療記録／処方箋等と相関させるために使用されることができる。

40

【0316】

種々の実施形態では、注意散漫を低減させるために、ライトフィールドプロセッサシステムを通した装着者の眼の正面の世界のビューは、検査の間、遮断される、または別様に不可視である。これは、例えば、画像が視認者に提示されるときに生じ得るが、本アプロー

50

チは、必要ではない。

【0317】

ライトフィールドプロセッサシステムは、医療設備または検眼医オフィスもしくは他の場所における試験のために医師または臨床医によって提供される、システムであってもよい。他の実施形態では、システムは、ユーザに属してもよく、エンターテインメント（例えば、ゲームおよび映画）および／または仕事上の作業等の他の目的のために採用されてもよい。上記に説明されるように、検査をユーザのシステム上に実装する1つの利点は、検査が、1年全体を通して複数回（少なくとも2、3、4、5、6、8、10、12、16、18、24、またはそれを上回る回数）、便宜的に受けられ得ることである。いくつかの実施形態では、検査の頻度および／またはスケジュールは、少なくとも部分的に、装着者の視力の低下率に基づくことができる。例えば、低下率が、増加する場合、検査の頻度は、増加することができる。同様に、検査が、検眼医、眼科医、看護師、技術者、医療アシスタント等の医療従事者の有無にかかわらず、実施されることができる。

10

【0318】

以下の段落は、本明細書に説明されるデバイス、システム、および方法の種々の例示の実施形態を説明する。

【0319】

ウェアラブル眼科デバイスであって、数値的ライトフィールド画像データにアクセスし、漸次的量の正または負の屈折力を数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入し、それによって、眼検査を行うことによって、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、ライトフィールドプロセッサと、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイとを備える、デバイス。

20

【0320】

ライトフィールドディスプレイは、マイクロレンズの2次元アレイおよび光検出器の対応する2次元アレイを伴う、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落に記載のデバイス。

【0321】

ライトフィールド画像データは、可変サイズの文字を備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0322】

ユーザから物理的ライトフィールドの明確性に関する入力を受信するように構成される、ユーザインターフェースをさらに備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

30

【0323】

ライトフィールドプロセッサは、ユーザ入力に基づいて、ライトフィールド画像データの屈折力を漸次的に変化させるように構成される、先行段落に記載のデバイス。

【0324】

ライトフィールドプロセッサは、ユーザの眼の観察に基づいて、ライトフィールド画像データの屈折力を漸次的に変化させるように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0325】

ライトフィールドディスプレイは、赤外線光をユーザの眼の中に投影し、その遠近調節状態を測定するように構成される、1つまたはそれを上回る赤外線光源を備え、漸次的量の正または負の屈折力が、遠近調節状態に基づいて判定される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

40

【0326】

1つまたはそれを上回る赤外線光源は、異なる輻輳・開散運動の2つまたはそれを上回る赤外線ビームをユーザの眼の中に投影し、その遠近調節状態を測定するように構成される、先行段落に記載のデバイス。

【0327】

光をユーザの周囲から受光し、付加的数値的ライトフィールド画像データを生成するよう

50

に構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラをさらに備え、ライトフィールドプロセッサは、眼検査の結果に基づいて、付加的数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0328】

ウェアラブル眼科デバイスを使用する方法であって、ライトフィールドプロセッサを使用することによって、数値的ライトフィールド画像データにアクセスし、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成し、漸次的量の正または負の屈折力を数値的ライトフィールド画像データにコンピュータ的に導入し、それによって、眼検査を行うステップと、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイを使用して、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するステップとを含む、方法。

10

【0329】

ライトフィールドディスプレイは、マイクロレンズの2次元アレイおよび光検出器の対応する2次元アレイを伴う、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0330】

ライトフィールド画像データは、可変サイズの文字を備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0331】

ユーザインターフェースを使用して、ユーザから物理的ライトフィールドの明確性に関する入力を受信するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

20

【0332】

ユーザ入力に基づいて、ライトフィールド画像データの屈折力を漸次的に変化させるステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

【0333】

ユーザの眼の観察に基づいて、ライトフィールド画像データの屈折力を漸次的に変化させるステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0334】

ライトフィールドディスプレイ内の1つまたはそれを上回る赤外線光源を使用して、赤外線光をユーザの眼の中に投影させ、その遠近調節状態を測定するステップと、遠近調節状態に基づいて、漸次的量の正または負の屈折力を判定するステップとをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

30

【0335】

1つまたはそれを上回る赤外線光源を使用して、異なる輻輳・開散運動の2つまたはそれを上回る赤外線ビームをユーザの眼の中に投影させ、その遠近調節状態を測定するステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

【0336】

外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、光をユーザの周囲から受光し、付加的数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、眼検査の結果に基づいて、付加的数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正するステップとをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

40

【0337】

検影法

本明細書に説明されるウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムは、検影器として使用され、装着者または患者の視力障害を判定することができる。特に、ライトフィールドプロセッサシステムは、検影器として動作するとき、近視、遠視、乱視、および/または他の視力障害を検出するために使用されることができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、例えば、中立化等の検影法技法を使用することによって、患者の眼の屈折誤差を判定するように構成されることができる。中立化は、眼を横断して掃引される光ビームまたはスポットが、画像を網膜に形成し、網膜を横断して移動することを実質的に停

50

止するまで、眼の正面の屈折力を調節することを含む。ライトフィールドプロセッサシステムは、中立化が達成されるまで、異なる光学補正を伴うビームを提供するように構成されてもよい。ライトフィールドプロセッサシステムは、したがって、識別された視力障害を補正するための光学処方箋を判定するように構成されることができる。そのようなデバイスは、眼検査を投与するために使用されてもよく、本検査は、典型的には、医師または臨床医のオフィスにおいて、もしくは装着者によって自宅で自動的に投与されてもよいことを理解されたい。1つまたはそれを上回る実施形態では、患者の個々のライトフィールドプロセッサシステムは、可能性として、医師監督を伴って使用されてもよい、または医師のオフィスは、診断目的のために使用され得る、ライトフィールドプロセッサシステムのその独自のバージョンを有してもよい。種々の実施形態では、本ライトフィールドプロセッサシステムは、本明細書に開示されるデバイスと同様に構成されることができる。

10

【0338】

いくつかの実施形態では、ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムは、検影法を実施し、装着者の眼を横断して掃引される光を使用して、視力障害を識別するために使用されてもよい。検影法を実施するように構成され得る、デバイスの実施例は、本明細書に説明されており、例えば、限定ではないが、図5、6、7、14、および15を参照して本明細書に説明されるデバイスを含む。ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムは、光のビームを装着者の眼の中に投影するように構成されることができる。いくつかの実装では、ライトフィールドプロセッサシステムは、世界または環境からの画像データを装着者の眼に表示するように構成されることができる。このように、装着者には、装着者の正面における世界内のオブジェクトが見え、例えば、検影法試験のタイプに応じて、潜在的に、遠いまたは近いオブジェクトを固視することができる。眼の中に投影されるビームの焦点は、変動される、または別様に、光学補正とともに提供されることができる。したがって、ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムは、検影法を実施し、装着者の眼の屈折誤差を測定するように構成されることができる。

20

【0339】

いくつかの実施形態では、ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムは、光を装着者の眼の中に投影するように構成される、少なくとも1つの光源（例えば、図14では714）を含む。検影法のために使用される光源は、装着者の眼を横断して掃引される、光ビームを提供するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムはまた、装着者の眼を横断して掃引されている少なくとも1つの光源からの光ビームに応答して、網膜から反射された光を測定するように構成される、1つまたはそれを上回るセンサ（例えば、図14における715）を含む。種々の実施形態では、センサは、眼を結像する。センサは、眼に施行され、例えば、眼を結像するように構成される、眼追跡センサまたは他の内向きに面した光学センサもしくはカメラを備えてもよい。ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムは、検影法を実施し、装着者の眼の屈折誤差を測定するように構成されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、光ビームを装着者の眼を横断して1つまたはそれを上回る方向に掃引し、反射、すなわち、装着者の眼の背後（例えば、網膜、眼底等）からの反射を検出、測定、または結像し、反射の観察または測定を通して、視力障害を判定するように構成されることができる。光学補正は、ライトフィールドプロセッサ70によって、光ビームにコンピュータ的に導入されることができ、反射は、観察され、そのような光学補正が装着者の屈折誤差をオフセットするために十分であるときを判定することができる。

30

40

【0340】

少なくとも1つの光源（例えば、図14における714）は、ライトフィールドプロセッサシステムの装着者の眼を横断して、またはその周囲で移動される、光ビームを提供するように構成されることができる。ある実装では、光源は、眼を横断して移動される、比較的狭いビームまたは光のストリップを提供する。光のビームは、伸長である、その光学経路の方向に直交する断面を有してもよく、本断面は、1つの方向において、垂直方向よ

50

り長い。故に、光のビームは、ある実施形態では、光のストリップを眼上に形成し得る。光源によって提供される光は、1つまたはそれを上回る方向に移動されるように構成されることができる。光源によって提供される光が、比較的狭いビームまたは光のストリップであるとき、ビームまたは光のストリップの配向は、変化されることができる。したがって、光源は、近視、遠視、乱視、色素、加齢黄斑変性、および他の視力障害を識別するために使用され得る、光を提供するように構成されることができる。

【0341】

センサ（例えば、図14における光検出器715のうちの1つまたはそれを上回るもの）は、ライトフィールドプロセッサシステムの装着者の眼の後方または網膜から反射される光（例えば、検影法反射、網膜反射、または反射）を感知し、種々の実施形態で、眼の画像を形成するように構成されることができる。故に、センサは、出された光、可能性として、眼の画像に应答して、信号を提供し得る、画像センサまたはカメラ、1つまたはそれを上回る光検出器、もしくは他のデバイスであることができる。いくつかの実施形態では、センサは、装着者の眼からの反射を優先的に通過させ、他の波長帯域内の光を優先的に遮断するように調整される、1つまたはそれを上回るフィルタ（例えば、反射のために予期される波長の帯域を通過させるように調整された帯域通過フィルタ）を含むことができる。フィルタは、物理的フィルタおよび/または信号もしくは画像処理ソフトウェア内に適用されるフィルタであることができる。

10

【0342】

光源およびセンサ（例えば、カメラ）は、光源によって提供される光の特性、方向、配向、および/または位置についての情報を処理し、センサによって検出された光の特性、方向、配向、および/または位置についての情報を処理するように構成される、制御システム（例えば、ライトフィールドプロセッサ70）に結合されることができる。本情報から、制御システムは、装着者の眼の1つまたはそれを上回る視力障害を判定するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、制御システムは、少なくとも部分的に、センサによって検出された光の分析に基づいて、光源によって提供される光（例えば、方向、配向、ならびにビームに提供される光学補正等）を修正するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、制御システムは、事前に定義されたルーチンを実施し、視力障害を判定するように構成される。いくつかの実施形態では、制御システムは、ルーチンの間の任意の時点でセンサによって検出された光の分析の結果に基づいて、検影法ルーチンを適合させることができる。

20

30

【0343】

ライトフィールドプロセッサシステムは、画像を装着者に投影するように構成されることができる。本明細書に説明されるように、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者に、遠いおよび近い両方の異なる見掛け深度平面に対応する画像を提供することができる。故に、装着者は、ディスプレイを固視し、遠いおよび近いオブジェクトをシミュレートする、画像を見ることができる。このように、装着者は、弛緩遠近調節を有することができるか、または試験に応じて遠近調節を呈してもよいかのいずれかである。

【0344】

ライトフィールドプロセッサシステムは、したがって、静的および/または動的検影法を提供するように構成されることができる。静的検影法に関して、例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者が弛緩遠近調節を有するとき、屈折誤差を判定するように構成されることができる。動的検影法に関して、例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者が異なる距離に遠近調節している間、検影法を実施するように構成されることができる。これは、検影法を実施する間、装着者が合焦する、仮想画像またはオブジェクトを提供することによって遂行されることができる。画像またはオブジェクトまでの見掛け距離は、眼の遠近調節が本明細書に説明される方法およびシステムを通して追跡される間、変化されることができる。画像までの距離は、本明細書に説明されるような様式において、見掛け深度平面を変動させることによって、ライトフィールドプロセッサ70によって、変化されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサは、眼の

40

50

中に投影される画像データの波面の曲率を変動させ、具体的焦点距離および関連付けられた深度平面に対応させることができる。眼から深度平面までの見掛け距離は、したがって、把握されることができる。ある場合には、投影されたビームを制御する、ライトフィールドプロセッサ70は、選択またはコンピュータ的に調節され得る、可変屈折力を有する。故に、見掛け深度平面は、そのような場合、所望に応じて、変化または調節されることができる。代替として、または加えて、オブジェクトまでの見掛け距離もまた、本明細書に説明されるように、ライトフィールドプロセッサシステムのディスプレイを通して見える、実際のオブジェクトを装着者の正面および装着者の視野内の世界内に設置することによって変化されることができる（例えば、一体型結像カメラ16を介して）。これらのアプローチのいずれも、例えば、標的距離の変化に対する装着者の遠近調節応答を判定するために使用されることができる。これらのアプローチはまた、例えば、眼の近点を判定するために使用されることができる。これは、とりわけ、眼の遠点を判定する、静的検影法と比較されることができる。

【0345】

ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムは、装着者または他の人物が入力をデバイスに提供することを可能にするように構成される、1人またはそれを上回るユーザインターフェース特徴を含むことができる。ユーザインターフェース特徴は、デバイスと統合されることができる。いくつかの実装では、ユーザインターフェース特徴は、デバイスと物理的に統合されない、デバイスまたはコンポーネントによって提供される。例えば、ユーザインターフェース特徴は、デバイスと通信する、デバイスまたはシステムによって提供されることができる。これは、デバイスと有線または無線通信する、スマートフォン、コンピュータ、タブレット、または他の算出デバイスであることができる。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェース特徴は、例えば、有線または無線通信ネットワークを通して、もしくはデバイスに物理的にリンクされた、またはデバイスと統合される、コンポーネントを通して、デバイスにリンクされた異なるデバイスとシステムの組み合わせによって提供されることができる。ユーザインターフェース特徴は、タッチスクリーンを伴うデバイス上に提示されることができ、タッチスクリーンとの相互作用は、入力をウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムに提供する。音声認識システムならびに仮想タッチ能力は、加えて、または代替として、含まれてもよい。故に、ユーザインターフェース特徴は、タッチに敏感な容量特徴、キーボード、ボタン、マイクロホン、光検出器、装着者による指し示し等のジェスチャを追跡するためのカメラまたは追跡センサ、もしくはグラフィカルユーザインターフェースによって提供される種々のソフトウェア実装特徴を含むことができる。種々の実施形態では、仮想タッチスクリーンは、ユーザの眼に投影された画像を通して提供され、センサが、ユーザが、身体、例えば、指を移動させることを感知する。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェース特徴は、ジェスチャ検出コンポーネントを含み、装着者が、ジェスチャを通してユーザ入力を提供することを可能にする。いくつかの実施形態では、ユーザインターフェース特徴は、視線検出コンポーネントを含み、装着者が、眼の視線を通してユーザ入力を提供することを可能にする（例えば、これは、装着者がある時間にわたってボタンを固視すると、または装着者がボタンに固視しているときに瞬目すると、ボタンまたは他の要素を選択することを含むことができる）。そのようなユーザインターフェースシステムは、本明細書に説明される他のデバイスおよびシステムのために採用されることができる。

【0346】

いくつかの実装では、装着者、臨床医、または医師は、インターフェース特徴を使用して、検影法試験の側面を制御することができる。これは、行われる、例えば、画像の特性もしくは提供されている光および/または光もしくは画像が投影されている深度平面を変化させるために行われることができる。これは、装着者に提供されている光および光学補正を改変し、装着者に関する適切な光学処方箋を判定するために使用されることができる。

【0347】

いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、静的および動的両方

10

20

30

40

50

の検影法を提供するように構成されてもよい。画像の焦点は、ライトフィールドプロセッサ70を通して動的に修正されることができ、両タイプの検影法が、同一デバイスを用いて実施されてもよい。ライトフィールドプロセッサシステムはまた、網膜までの光の静的または掃引経路を提供してもよいことを理解されたい。これは、一体型結像ディスプレイ62等の光源によって投影される光ビームであってもよい。いくつかの実装では、ライトフィールドプロセッサシステムは、網膜を横断して光を掃引する、または別様に、網膜上の光を移動させるように構成される、付加的コンポーネントを備えてもよい。ライトフィールドプロセッサシステムは、検影法を実施し、屈折誤差を客観的に判定するために使用されることができ、これは、患者からの主観的フィードバックを使用して、屈折誤差を判定する、他の器具よりも有利であり得る。

10

【0348】

静的検影法を提供するために、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者の眼の遠近調節が弛緩されるときに使用される。これは、例えば、装着者の眼内への毛様体筋麻痺点眼薬の使用を通して遂行されることができ、光スポットまたはビームが、装着者の眼を横断して提供および移動されることができ、波面の形状を改変し得る、コンピュータ的屈折補正が、視力障害を中立化または補償するために適用されることができ、いくつかの実施形態では、静的検影器として動作するとき、固視するために使用される視認のためのライトフィールドプロセッサシステムによって提供される画像は、遠く、例えば、事実上無限遠にある、見掛け深度平面から提供されることができ、いくつかの実施形態では、静的検影器として動作するとき、眼を横断して掃引される、ライトフィールドプロセッサシステムによって提供される光は、静的見掛け深度平面から提供されることができ、仮想画像が投影される、見掛け深度平面は、無限遠～約0.1mに設置されることができ、ある実装では、ライトフィールドプロセッサシステムは、噴霧器または他の送達デバイスを含み、散瞳させる、および/または装着者の眼の遠近調節を緩やかにさせるために使用される、点眼薬または噴霧を送達する。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、毛様体筋麻痺点眼薬を装着者の眼内に噴霧するように構成されることができ。

20

【0349】

動的検影法を提供するために、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者の眼が遠近調節することを可能にされるときに使用されることができ、画像が、装着者に表示されることができ、またはオブジェクトが、装着者が固視するために提供されることができ、画像またはオブジェクトの見掛け距離は、遠近調節を誘発するように変動されることができ、いくつかの実施形態では、装着者の眼の遠近調節が、観察および/または測定されることができ、本技法を使用して、遠近調節の遅れまたは進みが、測定されてもよい。

30

【0350】

本明細書に説明されるライトフィールドプロセッサシステムは、静的検影法と動的検影法との間で切り替えるために使用されることができ、これは、ライトフィールドプロセッサシステムが使用中に遂行されることができ、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者が視認するための画像を種々の見掛け深度平面から提供し、静的および動的両方の検影法が実施されることを可能にするように構成されることができ、例えば、ライトフィールドプロセッサシステムによって提供される画像は、静的検影法と動的検影法との間で切り替えるように動的に修正されることができ。

40

【0351】

前の実施形態における場合のように、入力、装着者によって受信され、診断を判定してもよい。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムはまた、掃引光に対する網膜の応答を測定するように構成される、眼走査モジュールを含んでもよい。本応答は、検影法特有のアルゴリズムに基づいて記録および分析され、診断を患者に提供してもよい。例えば、アルゴリズムは、少なくとも部分的に、光が眼を横断して掃引され、反射が、観察および測定される、検影法に基づくことができ、屈折誤差は、反射の観察または測定された特性と関連付けられる。いくつかの実装では、反射移動の方向は、屈折誤

50

差を判定するために使用されることができる。例えば、反射が、眼を横断して掃引される光と同一方向に移動する、すなわち、「追随」移動を実証する場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者の眼が遠視であると判定し得る。同様に、反射が、眼を横断して掃引される光と反対方向に移動する、すなわち、「対抗」移動を実証する場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者の眼が近視であると判定し得る。反射が、光が眼を横断して掃引される方向と平行ではない方向に移動する場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者の眼が乱視であると判定し得る。加えて、眼に提供される光の移動の方向に対する反射の移動の方向は、正または負の屈折力が視力障害を補正するために要求されるかどうかを示すことができる。例えば、「追随」移動は、正の屈折力が屈折誤差を補正するために要求され得ることを示し、「対抗」移動は、負の屈折力が要求され得、かつ円柱屈折力を示す斜め移動が要求され得ることを示す。上記に説明されるように、異なる光学補正（例えば、球面および/または可変軸を伴う円柱）が、装着者の処方箋および好適な屈折補正を判定するために提供されることができる。

10

【0352】

いくつかの実装では、反射の速度もまた、ライトフィールドプロセッサシステムの仮想作業距離と組み合わせられ、視力障害の特性を判定するために使用されてもよい。例えば、反射の速度は、眼の屈折異常または屈折誤差と関連されることができる（例えば、より高速の速度は、眼のより低い屈折異常またはより小さい屈折誤差を示す）。

【0353】

いくつかの実装では、反射の幅もまた、視力障害の特性を判定するために使用されてもよい。例えば、反射の幅は、眼の屈折誤差と関連されることができる（例えば、より広い反射は、眼のより低い屈折異常またはより小さい屈折誤差を示す）。

20

【0354】

いくつかの実装では、ソース光ビームに対する反射の配向もまた、視力障害の特性を判定するために使用されてもよい。例えば、ソース光ビームに対する反射の配向の回転は、乱視を示し得る。

【0355】

いくつかの実装では、反射の相対的明度もまた、視力障害の特性を判定するために使用されてもよい。例えば、反射の相対的明度は、眼の屈折誤差を判定するために使用されることができる（例えば、より明るい反射は、眼のより低い屈折異常またはより小さい屈折誤差を示す）。

30

【0356】

反射の前述の特性の任意の組み合わせも同様に、屈折誤差を判定するために使用されてもよい。同様に、反射の前述の特性の変化も、単独で、または相互の任意の組み合わせにおいて、屈折補正が判定された屈折誤差を改善または悪化させるかどうかを判定するために使用されてもよく、屈折補正は、ライトフィールドプロセッサシステムによって適用される、および/または光学補正を導入する屈折光学コンポーネントもしくは他のコンポーネントの加算または減算から生じる。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、屈折補正が判定された屈折誤差を改善または悪化させるかどうかをリアルタイムで判定するように構成されることができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、遠近調節、輻輳・開散運動、および/または瞳孔サイズならびにこれらの物理的特性における変動を測定し、装着者が正常視力を用いて画像を見ることが可能であるかどうかを査定することによって、遠近調節反射を測定または監視するように構成されることができる。例えば、眼の遠近調節、輻輳・開散運動、および/または瞳孔サイズは、定常標的を固視するとき、変動する。これらの変動は、眼が画像上に合焦させることに苦労しているとき、増加する。故に、ライトフィールドプロセッサシステムは、眼の特性における変動を監視し、本生体フィードバックを使用して、装着者によって見られる画像の品質（例えば、装着者がオブジェクトまたは画像を正常視力を用いて見ているかどうか）を査定するように構成されることができる。

40

【0357】

50

図 17 は、眼科デバイスとして構成され、検影法を実施する、ライトフィールドプロセッサシステムの装着者の屈折誤差を測定するための例示的方法 1700 を図示する。説明を容易にするために、方法 1700 は、本明細書に説明されるもの等のライトフィールドプロセッサシステムによって実施されるように説明されるであろう。しかしながら、本明細書に開示される種々のライトフィールドプロセッサシステムまたは他の類似デバイスのいくつかのコンポーネントまたは下位部分は、方法 1700 におけるいくつかのステップ、ステップの組み合わせ、またはステップの一部を実施するために使用されてもよい。

【0358】

ブロック 1702 では、ライトフィールドプロセッサシステムは、検影法プログラムを開始する。検影法プログラムは、ライトフィールドプロセッサシステムによって提供される機能の記憶されたプロセスまたはシーケンスであることができる。検影法プログラムの開始は、検影法試験または他の眼検査を以前に受けた装着者等のために、開始光学処方箋を判定または読み出すことを含むことができる。いくつかの実装では、検影法プログラムは、装着者の眼の眼球異常についての情報を統合することができ、眼球異常についての情報は、装着者または臨床医によって打ち込まれる、前の検影法プログラムから判定される、またはデータ記憶装置（例えば、ライトフィールドプロセッサシステムの一部であるデータ記憶装置またはネットワーク化されたデータ記憶装置）から読み出されることができる。検影法プログラムの開始は、装着者に投影されるための光ビームを含むことができる。検影法プログラムの開始は、臨床医または医師が眼検査を投与するかどうかまたは検査が装着者によって自己投与されるかどうかを判定することを含むことができる。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、装着者または臨床医から受信された入力にตอบสนองして、検影法プログラムを開始する。

【0359】

ブロック 1704 では、光のビームは、装着者の眼を通して掃引される。光は、例えば、ビーム（例えば、眼の中に投影されるスポット）であることができる。光は、コリメートされる、収束する、または発散してもよい。光は、眼を横断して掃引される、または別様に、眼の周囲で移動されることができる。光のビームは、試験されるためのある量の光学補正 / 屈折力を提供され（例えば、球面および / または円柱（可変軸を伴う））、焦点ばけ誤差および乱視を判定することができる。

【0360】

ブロック 1706 では、ライトフィールドプロセッサシステムの眼走査コンポーネントは、掃引される光にตอบสนองした装着者の眼の応答（例えば、装着者の眼からの反射）を測定するように構成される。眼走査コンポーネントは、本明細書に説明されるカメラまたは他のセンサ（例えば、ライトフィールドプロセッサ 70 によって制御されるような一体型画像ディスプレイ 62）であることができる。眼走査コンポーネントは、反射の測定を分析し、屈折誤差を判定するように構成されることができる。例えば、コンポーネント（例えば、カメラ）は、パターン認識測定、応答パターン識別、センサ測定、反射追跡、明度測定、速度追跡、配向判定、または同等物のために構成される、分析モジュールを含むことができる。検影器プログラムは、パターン認識アルゴリズムを用いて事前にコード化され、パターンを識別する、および / または所与のパターンを分析してもよい。検影器プログラムは、装着者からの前の画像を用いて事前にコード化され、履歴分析の変化を識別してもよい。

【0361】

ブロック 1708 では、装着者の眼の応答は、種々の視力障害の対応する応答値を保持する、相関テーブルと比較されてもよい。例えば、ブロック 1708 では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ブロック 1706 において測定された情報と、種々の視力障害に関する測定の予期される値に対応する相関テーブルまたは他のデータを比較する。比較は、ブロック 1706 において測定された反射の特性に基づいて、屈折誤差を判定するために使用されることができる。

【0362】

ブロック 1710 では、値は、任意の視力障害を判定するために比較される。特性および視力障害とのその関係の実施例は、本明細書に前述されている。例えば、反射の方向、速度、明度、および / または幅が、屈折誤差を判定するために使用されることができる。反射の形状は、乱視等の他の視力障害を判定するために使用されることができる。いくつかの実施形態では、試験は、装着者が合焦させることに苦労している場合、またはブロック 1710 からブロック 1702 の点線によって現れるように、その視力に関する問題が生じるとき、開始されることができる。

【0363】

種々の実施形態では、注意散漫を低減させるために、ライトフィールドプロセッサシステムを通じた装着者の眼の正面の世界のビューは、検影法の間、遮断される、または別様に、不可視である。これは、例えば、画像が装着者に提示されるときに生じ得るが、本アプローチは、必要ではない。いくつかの実施形態では、眼追跡、頭部姿勢（例えば、頭部配向および視線方向）追跡、および / または眼または顔組織の追跡が、装着者が注意散漫または疲労しているかどうかを監視するために採用されることができる。システムは、眼追跡システムを監視する結果に基づいて、注意散漫を動的にフィルタリング除去するように構成されることができる。

10

【0364】

ライトフィールドプロセッサシステムは、医療設備または検眼医オフィスもしくは他の場所における試験のために医師または臨床医によって提供される、システムであってもよい。他の実施形態では、システムは、装着者に属してもよく、エンターテインメント（例えば、ゲームおよび映画）および / または仕事上の作業等の他の目的のために採用されてもよい。上記に説明されるように、検影法を装着者のシステム上に実装する 1 つの利点は、手技が、1 年全体を通して複数回（少なくとも 2、3、4、5、6、8、10、12、16、18、24、またはそれを上回る回数）、便宜的に受けられことができることである。いくつかの実施形態では、手技の頻度またはスケジュールは、検影法試験の結果および / または結果の傾向に基づいて、改変されることができる。例えば、試験結果が、視力障害が悪化していることを示す場合、またはシステムが、装着者がその視力を用いて苦労していることを検出する場合（例えば、遠近調節変動、輻輳・開散運動変動等の分析を通して）、手技の頻度またはスケジュールは、手技の頻度を増加させる、および / または手技間の時間を短縮するように改変されることができる。同様に、手技は、検眼医、眼科医、

20

30

【0365】

以下の段落は、本明細書に説明されるデバイス、システム、および方法の種々の例示の実施形態を説明する。

【0366】

ウェアラブル眼科デバイスであって、光のビームから成る物理的ライトフィールドを生成し、光のビームをユーザの眼を横断して掃引し、それによって、網膜反射を生産するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイと、網膜反射を受光し、数値的画像データを生成するように構成される、頭部搭載型光検出器アレイと、ある量の正または負の屈折力を光のビームにコンピュータ的に導入し、光のビームに対する網膜反射応答に基づいて、ユーザの眼に関する光学処方箋を判定するように構成される、ライトフィールドプロセッサとを備える、デバイス。

40

【0367】

光検出器アレイは、ライトフィールドカメラの一部であって、数値的画像データは、数値的ライトフィールド画像データを備える、先行段落に記載のデバイス。

【0368】

ライトフィールドディスプレイは、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0369】

50

光検出器アレイは、ライトフィールドディスプレイと統合される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0370】

ライトフィールドディスプレイは、ライトフィールドカメラと共有される、マイクロレンズアレイを備える、先行段落に記載のデバイス。

【0371】

光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラをさらに備え、ライトフィールドプロセッサは、光学処方箋に基づいて、数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

10

【0372】

ウェアラブル眼科デバイスを使用するための方法であって、光のビームから成る物理的ライトフィールドを生成し、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイを使用して、光のビームをユーザの眼を横断して掃引し、それによって、網膜反射を生産するステップと、頭部搭載型光検出器アレイを使用して、網膜反射を受光し、数値的画像データを生成するステップと、ライトフィールドプロセッサを使用して、ある量の正または負の屈折力を光のビームにコンピュータ的に導入し、光のビームに対する網膜反射応答に基づいて、ユーザの眼に関する光学処方箋を判定するステップとを含む、方法。

【0373】

光検出器アレイは、ライトフィールドカメラの一部であって、数値的画像データは、数値的ライトフィールド画像データを備える、先行段落に記載の方法。

20

【0374】

ライトフィールドディスプレイは、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0375】

光検出器アレイは、ライトフィールドディスプレイと統合される、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0376】

ライトフィールドディスプレイは、ライトフィールドカメラと共有される、マイクロレンズアレイを備える、先行段落に記載の方法。

30

【0377】

外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、光学処方箋に基づいて、数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正するステップとをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0378】

自動屈折計

1つまたはそれを上回る実施形態では、本明細書に説明される眼科デバイス（例えば、ライトフィールドプロセッサシステム600）は、自動屈折計として機能するように構成されてもよい。自動屈折計は、人物の屈折誤差の客観的測定を提供する。患者からの主観的応答を伴い得る、眼位計とは対照的に、自動屈折計は、ユーザからの応答に依拠しない。毛様体筋麻痺薬剤（例えば、眼点眼薬）が、毛様体筋を弛緩位置に保ち、ユーザの遠近調節の喪失をもたらすために使用されてもよい。眼の本弛緩位置は、網膜のより一貫したビューを提供する。患者は、自動屈折計デバイスによって投影される画像を視認するように求められてもよい。画像は、機械が読取を行うにつれて、深度平面を横断して合焦内および合焦外に移動し、画像が網膜上に来たときを判定してもよい。機械は、結果を平均し、処方箋を判定してもよい。

40

【0379】

この目的を達成するために、眼科デバイスは、ディスプレイ（例えば、ライトフィールドプロセッサ70によって制御されるような一体型結像ディスプレイ62）を使用して、1

50

つまたはそれを上回る画像を可変見掛け深度に提供し、眼走査モジュール（例えば、図 14 における光センサ 715）を通して走査し、眼が可変見掛け深度の画像に合焦される間、網膜の画像を捕捉してもよい。前の実施例の場合におけるように、種々のアルゴリズムが、患者が画像上に合焦させるときを判定し、続いて、ユーザに関する光学処方箋を判定するために使用されてもよい。眼科デバイスのプロセッサが、可視または赤外線光を使用して、いくつかの客観的屈折検査を実施するために使用されてもよい。1つまたはそれを上回る実施形態では、画質分析/コントラストピーク検出技法が、分析において使用されてもよい。同様に、シャイネルのダブルピンホール整合、シャックハルトマングリッド整合、および/または検影法反射中立化も同様に、使用されてもよい。

【0380】

いくつかの実施形態では、図 14 におけるライトフィールドプロセッサシステム 600 は、自動屈折計として構成されることができる。すでに議論されたように、システム 600 は、ユーザの眼と整合されるように、頭部に搭載されることができる。自動屈折計システムは、患者の両眼の屈折を同時に試験可能な両眼自動屈折計であり得る。

【0381】

一体型結像ディスプレイ 62 は、ライトフィールドプロセッサ 70 と併せて使用され、可変量の波面曲率を伴う光を眼に伝送することができる。例えば、一体型結像ディスプレイ 62 は、正の発散または負の発散を伴う光ビームならびにコリメートされたビームを含む、異なる量の発散を伴う光ビームを眼に伝送することができる。発散の量は、一体型結像ディスプレイ 62 に提供される画像データの波面曲率に基づいて、ライトフィールドプロセッサ 70 によって制御されることができる。これは、物理的レンズがビームの発散を変化させることを要求せずに、コンピュータ的に行われることができる。光源 714 によって提供される光は、可視または赤外線スペクトル内であることができる。

【0382】

すぐ上で説明されたように、一体型結像ディスプレイ 62 は、正の発散を伴うビームから、負の発散を伴うコリメートされたビームまで、異なる発散の範囲を伴う、光のビームを眼に制御可能に提供するために使用されることができる。一体型結像ディスプレイ 62 から出力される、光のビームは、ユーザの眼に向かって視軸に沿って伝搬する。いくつかの実施形態では、これらのビームは、ビームスプリッタを通して伝送されてもよく、一体型結像ディスプレイ 62 と眼との間に提供されることができる。そのようなビームスプリッタは、眼の視軸と整合され得、別個のカメラが眼を視認することを可能にし得る。

【0383】

すでに議論されたように、自動屈折計システムは、可変程度の発散を伴う光のビームを使用して、画像データを眼に提供することができる。本画像データが、眼に提供されるにつれて、一体型結像ディスプレイ 62 内の光検出器 715（またはビームスプリッタカメラを通して眼を視認する、別個のカメラ）が、眼の網膜を監視するために使用されることができる。光検出器 715 は、網膜画像をライトフィールドプロセッサ 70 に提供することができる。ライトフィールドプロセッサ 70 は、次いで、画像処理アルゴリズムを網膜画像上で実施し、自動屈折計システムによって投影された画像データが眼の網膜上で最良合焦されるときを判定することができる。そのような画像処理アルゴリズムは、例えば、コントラストピーク検出を含むことができる。（眼の網膜上に投影された画像データは、概して、画像データがぼけているとき、比較的に低コントラストを有し、画像データが眼によって鮮明に合焦されているとき、ピークコントラストを有するであろう。）ライトフィールドプロセッサは、眼が光を網膜上に合焦させることを可能にするために要求される、発散の程度（正、コリメートされた、または負かどうか）に基づいて、眼の屈折力を計算することができる。ライトフィールドプロセッサ 70 は、眼の球面屈折力だけではなく、また、円柱屈折力および軸も計算するために、複数の子午線における画質を判定することができる。

【0384】

ライトフィールドプロセッサは、自動屈折計システムの動作を制御することができる。一

10

20

30

40

50

例示的实施形態では、制御方法は、光源 7 1 4 のうちの 1 つまたはそれを上回るものに、第 1 の発散値（正、コリメートされた、または負かどうか）を有する光のビームを使用して、画像を眼に向かって投影させることを含むことができる。ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、次いで、カメラ光検出器 7 1 5 を使用して、眼の網膜の画像を捕捉することができる。ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、捕捉された網膜画像を分析し、第 1 の発散値を有する光のビームを使用するときの網膜上に形成される画像の品質のメトリックを判定することができる。

【 0 3 8 5 】

ライトフィールドプロセッサは、次いで、光源 7 1 4 のうちの 1 つまたはそれを上回るものに、第 1 の発散値と異なる第 2 の発散値を有する光のビームを使用して、画像を眼に向かって投影させることができる。ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、次いで、再び、光検出器 7 1 5 を使用して、眼の網膜の画像を捕捉し、網膜画像を分析し、第 2 の発散値を有する光のビームを使用するときの網膜上に形成される画像の品質のメトリックを判定することができる。ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、次いで、第 1 の画質メトリックと第 2 の画質メトリックを比較することができる。本比較に基づいて、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、種々の最適化アルゴリズムのいずれかを使用して、画像を眼に向かって投影させるときに使用するための第 3 の発散値を選択することができる。ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、次いで、第 3 の発散を有する光のビームを使用するときの網膜上に形成される画像の品質を示す、第 3 の画質メトリックを計算することができる。本プロセスは、画質メトリックが、最大限にされる、または別様に、十分であると判定されるまで、反復的に実施されることができる。最後に、ライトフィールドプロセッサは、本画質メトリックに対応する発散値に基づいて、眼の屈折力を算出することができる。加えて、ライトフィールドプロセッサ 7 0 は、自動屈折計システムが、閾値を上回る屈折誤差を識別する場合、本明細書に説明される眼位計方法の実行を開始することができる。眼位計システムは、自動屈折計システムによる測定 of 正確度に関するチェックまたはその逆として使用されることができる。このように、本明細書に説明される自動屈折計システムおよび眼位計システムは、ともに使用され、患者の視力を特性評価することができる。

【 0 3 8 6 】

図 1 8 A は、自動屈折計として構成される、拡張および / または仮想現実システムの別の例示的实施形態を図示する。自動屈折計システムは、図 1 4 に図示される自動屈折計システム 6 0 0 の特徴の全てを含むことができる（但し、ライトフィールドプロセッサ 7 0 および一体型結像カメラ 1 6 は、示されない）。加えて、図 1 8 A に図示される自動屈折計システムは、眼 5 8 の前のシステムの光学経路に沿って位置する、シャイネルのピンホールディスク 1 8 6 0 を含むことができる。シャイネルのディスク 1 8 6 0 は、例えば、一体型結像ディスプレイ 6 2 と眼 5 8 との間に位置することができる。これは、2 つまたはそれを上回る小開口を伴う、不透明ディスクである。図 1 8 A に図示されるように、コリメートされた光のビームが、シャイネルのディスク 1 8 6 0 に入射すると、ビームは、2 つの開口を通して通過可能な光線を除き、眼に伝送されないように遮断される。正視眼の場合、2 つの開口のそれぞれを通して伝送される光線は、眼 5 8 の網膜上の共通スポットに合焦される。したがって、光センサ 7 1 5 によって撮影された網膜画像は、単一スポットを露見させるであろう。

【 0 3 8 7 】

図 1 8 A は、シャイネルのディスク 1 8 6 0 を通して通過する、コリメートされたビームの正視眼に及ぼす影響を図示するが、図 1 8 B および 1 8 C はそれぞれ、遠視眼および近視眼に及ぼす同一影響を示す。図 1 8 B に見られるように、遠視眼の屈折力は、シャイネルのディスク 1 8 6 0 の 2 つの開口を通して伝送される光線を単一スポットに合焦させるために十分に強力ではない。したがって、光センサ 7 1 5 によって撮影される網膜画像は、リメートされたビームが遠視眼の正面のシャイネルのディスクを照明する場合、2 つの明確に異なるスポットを露見させるであろう。図 1 8 C に見られるように、近視眼の屈折力は、強力すぎて、これは、シャイネルのディスク 1 8 6 0 の 2 つの開口を通して伝送さ

10

20

30

40

50

れる光線が網膜の正面に合焦される結果をもたらす。これは、2つの明確に異なるスポットが網膜上に形成される結果ももたらす。

【0388】

自動屈折計システム600は、したがって、単一スポットが眼の網膜上に形成されるまで、シャイネルのディスクに入射する光のビームの発散を変動させることができる。眼58の屈折力が、単一スポットを網膜上に形成するために要求されるビーム発散に基づいて、計算されることができる。

【0389】

ライトフィールドプロセッサ70は、自動屈折計システム600の動作を制御することができる。一例示的实施形態では、制御方法は、光源714のうちの1つまたはそれを上回るものに、第1の発散値（正、コリメートされた、または負かどうか）を有する光のビームをシャイネルのディスク1860上に投影させることを含むことができる。ライトフィールドプロセッサ70は、次いで、光センサ715を使用して、眼58の網膜の画像を捕捉することができる。ライトフィールドプロセッサ70は、網膜画像を分析し、明白であるスポットの数を判定することができる。単一スポットのみが明白である場合、プロセッサは、第1の発散値に基づいて、眼58の屈折力を計算することができる。代替として、複数のスポットが明白である場合、プロセッサ2606は、第1の発散値と異なる、第2の発散値を選択することができる。ライトフィールドプロセッサ70は、次いで、第2の発散値を有する光のビームをシャイネルのディスク1860上に投影させることができる。ライトフィールドプロセッサ70は、再び、光センサ715を使用して、眼58の網膜の画像を捕捉し、網膜画像を分析し、明白であるスポットの数を判定することができる。単一スポットが明白である場合、ライトフィールドプロセッサ70は、第2の発散値に基づいて、眼58の屈折力を計算することができる。そうでなければ、第3の発散値が、選択されることができ、プロセスは、単一スポットが網膜上に形成されるまで、反復的に繰り返されることができる。ライトフィールドプロセッサ70は、次いで、その発散値に基づいて、眼58の屈折力を算出することができる。

【0390】

本明細書に説明される自動屈折計または他の診断方法のいずれも、ユーザがコンテンツを鑑賞している間、リアルタイム調節のために使用され、コンテンツが合焦されていることを確実にすることができる。加えて、ユーザの屈折誤差の監視は、長期ベース（例えば、数週間、数ヶ月、または数年）で実施され、ユーザの屈折誤差の縦断的監視および分析を提供することができる。定期的にスケジュールされた試験の頻度は、試験の傾向に基づいて自動的に調節されてもよい。

【0391】

以下の段落は、本明細書に説明されるデバイス、システム、および方法の種々の例示的实施形態を説明する。

【0392】

ウェアラブル眼科デバイスであって、光のビームから成る物理的ライトフィールドを生成し、光のビームをユーザの眼の中に指向し、それによって、網膜反射を生産するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイと、網膜反射を受光し、数値的画像データを生成するように構成される、頭部搭載型光検出器アレイと、ライトフィールドディスプレイを制御し、数値的画像データを使用して、網膜反射を分析し、網膜反射の分析に基づいて、ユーザの眼に関する光学処方箋を判定するように構成される、ライトフィールドプロセッサとを備える、デバイス。

【0393】

ライトフィールドプロセッサはさらに、数値的画像データの分析に基づいて、ある量の正または負の屈折力を光のビームにコンピュータ的に導入するように構成される、先行段落に記載のデバイス。

【0394】

光検出器アレイは、ライトフィールドカメラの一部であって、数値的画像データは、数値

10

20

30

40

50

的ライトフィールド画像データを備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0395】

ライトフィールドディスプレイは、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0396】

光検出器アレイは、ライトフィールドディスプレイと統合される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0397】

少なくとも2つのピンホールを伴うディスクをさらに備え、ディスクは、光のビームがピンホールを通して通過するように、眼の正面に位置付けられる、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

10

【0398】

ライトフィールドプロセッサは、網膜反射を分析し、網膜上の光の焦点を判定するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0399】

光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラをさらに備え、ライトフィールドプロセッサは、網膜反射の分析に基づいて、数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0400】

ウェアラブル眼科デバイスを使用する方法であって、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイを使用して、光のビームから成る物理的ライトフィールドを生成し、光のビームをユーザの眼の中に指向し、それによって、網膜反射を生産するステップと、頭部搭載型光検出器アレイを使用して、網膜反射を受光し、数値的画像データを生成するステップと、ライトフィールドディスプレイを制御し、数値的画像データを使用して、網膜反射を分析し、ライトフィールドプロセッサを使用して、網膜反射の分析に基づいて、ユーザの眼に関する光学処方箋を判定するステップとを含む、方法。

20

【0401】

ライトフィールドプロセッサを使用して、数値的画像データの分析に基づいて、ある量の正または負の屈折力を光のビームにコンピュータ的に導入するステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

30

【0402】

光検出器アレイは、ライトフィールドカメラの一部であって、数値的画像データは、数値的ライトフィールド画像データを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0403】

ライトフィールドディスプレイは、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0404】

光検出器アレイは、ライトフィールドディスプレイと統合される、先行段落のいずれかに記載の方法。

40

【0405】

少なくとも2つのピンホールを伴うディスクを通して、光のビームを伝送するステップをさらに含む、ディスクは、眼の正面に位置付けられる、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0406】

ライトフィールドプロセッサを使用して、網膜反射を分析し、網膜上の光の焦点を判定するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0407】

外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、網膜反射の分析に基づいて、数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正するステップとをさら

50

に含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0408】

収差計

1つまたはそれを上回る実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム600は、収差計として機能してもよい。収差計は、可能性として、焦点ぼけ、規則的乱視、および高次収差（例えば、球面収差、コマ、トレフォイル、不規則的乱視）を含む、眼内の不規則性を測定する。高次収差さえ、視覚の品質に有意な影響を及ぼし得、深度知覚、コントラスト、色覚、暗視等に影響を及ぼし得る。低次収差に加えた高次収差の識別は、より正確な処方箋アイウェアを生産することに役立ち得る。

【0409】

屈折誤差を識別するために、収差計は、光のビームを眼の中に送光し得る。いくつかの実施形態では、光のビームは、赤外線光である。光は、眼の角膜およびレンズを通して通過し、網膜によって反射される。反射された光は、次いで、収差計によって測定され、眼の屈折誤差（高次屈折誤差を含む）に関するデータを生成してもよい。収差計は、多くの場合、レーザ視力補正外科手術を実施するためのデータを集めるために使用される。収差計によって作成されたマップは、角膜を精密に再成形する、レーザ光の送達を指向する。

【0410】

いくつかの実施形態では、収差計システムは、ライトフィールドプロセッサシステム600の要素を含むことができる。例えば、収差計システムは、ライトフィールドプロセッサ70と、一体型結像ディスプレイ62とを含むことができる。いくつかの実施形態では、一体型結像ディスプレイは、図14に図示される種類のものであって、これは、光センサ715を含む。ライトフィールドプロセッサシステム600の一体型結像ディスプレイ62は、所望の波面を有する光を生産するために使用されてもよい。前の実施形態の場合におけるように、適用される刺激に対する応答が、測定されてもよい。異なる周波数の波面が、適用されてもよいことを理解されたい。同様に、可視または非可視光が、眼の中に投影されてもよい。1つまたはそれを上回る実施形態では、捕捉されたデータは、任意の異常を判定するように処理されてもよい。

【0411】

一体型結像ディスプレイ62から出力される、光の波面は、ユーザの眼に向かって視軸に沿って伝搬する。いくつかの実施形態では、一体型結像ディスプレイ62は、平面波面を有する光のプローブビームを出力する。しかし、一体型結像ディスプレイ62はまた、ライトフィールドプロセッサによって制御され、正または負の屈折力を有するプローブビームを出力することができる。プローブビームは、眼58に入射し、最終的に、網膜によって後方散乱される。プローブビームが眼を通して伝搬するにつれて、その平面波面は、眼58の光学内の不規則性または不完全性に影響され得る。そのような不規則性または不完全性は、波面も同様に不規則にさせ得る。

【0412】

いったん後方散乱されたプローブビームが眼から出射すると、一体型結像ディスプレイ62に向かって後方伝搬する。眼から出射する、これらの波面は、典型的には、不規則的である。収差波面の具体的形状は、眼58内の不規則性または不完全性に依存する。システムは、近似的に眼の瞳孔平面における波面をマイクロレンズのアレイ712に中継する、中継レンズシステムを含んでもよい。

【0413】

マイクロレンズ712のアレイは、光センサ715と併せて、波面収差計として作用することができる、これは、これらの波面の形状を測定および特徴付けることが可能である。具体的には、シャックハルトマンタイプ波面センサである。レンズレット712のアレイは、多くの異なる場所において、入射波面を空間的にサンプリングする。例えば、CCDまたはCMOS要素であり得る、光センサ715は、検出器として作用することができる。各レンズレットは、光のスポットを検出器上に合焦させる。検出器上の各スポットの精密な場所は、対応するレンズレットの場所における波面の局所曲率に依存する。検出器は、

10

20

30

40

50

したがって、スポットのアレイから成る、画像を作成する。本画像は、ライトフィールドプロセッサ70によって分析され、各スポットの精密な場所を判定することができ、これは、順に、対応するレンズレットの場所における波面曲率を示す。このように、ライトフィールドプロセッサ70は、レンズレットアレイによってサンプリングされた各空間場所における波面の曲率を判定することができる。測定された波面の形状に基づいて、プロセッサは、低次および高次両方の収差を含む、眼の収差を計算することができる。これらの収差は、例えば、ゼルニケ係数として数値的に表されることができる。

【0414】

いったんライトフィールドプロセッサ70は、眼58の収差を判定すると、それらの測定を、例えば、数値的またはグラフィカル形態において出力することができる。測定は、補正光学処方箋等の眼58のための処置計画を判定するために使用されることができる。加えて、眼58の収差の測定は、ライトフィールドプロセッサによって、一体型結像カメラ16からの入射画像データをコンピュータ的に補正し、したがって、より鮮明な画像をユーザに提供するために使用されることができる。例えば、いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサ70は、仮想および/または拡張現実画像データを眼58の中に投影するにつれて、一体型結像ディスプレイ62によって出力される波面の形状をコンピュータ的に制御するために使用されることができる。このように、ユーザに提供される画像データは、ユーザの自身の眼の高次および/または低次収差に基づいて、特別に補正されることができる。

【0415】

以下の段落は、本明細書に説明されるデバイス、システム、および方法の種々の例示的实施形態を説明する。

【0416】

ウェアラブル眼科デバイスであって、光のビームから成る物理的ライトフィールドを生成し、光のビームをユーザの眼の中に指向し、それによって、網膜反射を生産するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイと、網膜反射を受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドカメラと、ライトフィールドディスプレイを制御し、数値的ライトフィールド画像データを使用して、網膜反射の分析に基づいて、眼の高次収差を判定するように構成される、ライトフィールドプロセッサとを備える、デバイス。

【0417】

ライトフィールドプロセッサはさらに、ある量の正または負の屈折力を光のビームにコンピュータ的に導入するように構成される、先行段落に記載のデバイス。

【0418】

ライトフィールドディスプレイは、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0419】

ライトフィールドカメラは、ライトフィールドディスプレイと統合される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0420】

ライトフィールドディスプレイは、ライトフィールドカメラと共有される、マイクロレンズアレイを備える、先行段落に記載のデバイス。

【0421】

ライトフィールドカメラは、シャックハルトマンセンサを備える、先行段落に記載のデバイス。

【0422】

光をユーザの周囲から受光し、付加的数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラをさらに備え、ライトフィールドプロセッサは、眼の高次収差に基づいて、付加的数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバ

10

20

30

40

50

イス。

【 0 4 2 3 】

ウェアラブル眼科デバイスを使用する方法であって、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイを使用して、光のビームから成る物理的ライトフィールドを生成し、光のビームをユーザの眼の中に指向し、それによって、網膜反射を生産するステップと、頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、網膜反射を受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、ライトフィールドディスプレイを制御して、数値的ライトフィールド画像データを使用して、網膜反射を分析し、ライトフィールドプロセッサを使用して、網膜反射の分析に基づいて、眼の高次収差を判定するステップとを含む、方法。

【 0 4 2 4 】

ライトフィールドプロセッサを使用して、ある量の正または負の屈折力を光のビームにコンピュータ的に導入するステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

【 0 4 2 5 】

ライトフィールドディスプレイは、一体型結像ディスプレイを備える、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 4 2 6 】

ライトフィールドカメラは、ライトフィールドディスプレイと統合される、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 4 2 7 】

ライトフィールドディスプレイは、ライトフィールドカメラと共有される、マイクロレンズアレイを備える、先行段落に記載の方法。

【 0 4 2 8 】

ライトフィールドカメラは、シャックハルトマンセンサを備える、先行段落に記載の方法。

【 0 4 2 9 】

外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、光をユーザの周囲から受光し、付加的数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、ライトフィールドプロセッサを使用して、眼の高次収差に基づいて、付加的数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正するステップとをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 4 3 0 】

黄斑変性

1つまたはそれを上回る実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステム 600 は、黄斑障害を検出、診断、および/または補償するように構成されてもよい。黄斑障害（例えば、孔、嚢胞、変性等）は、異常、死点、または光に対する低減された感度の領域もしくはユーザの視野内の光に対する感度の欠如をもたらす、網膜内の黄斑および中心窩組織における損傷である。黄斑障害の一般的形態は、加齢黄斑変性（AMD）、シュタルガルト病、ベスト病、および他の変性状態を含む。加齢黄斑変性は、網膜色素上皮層の萎縮によって特徴付けられる、「ドライ型」AMDと、網膜内の異常血管成長からの合併症に起因して生じる失明である、「ウェット型」AMDとを含む。黄斑障害は、視野の種々の部分における異常、死点、または光に対する低減された感度の領域、ならびにコントラストまたは色感度の喪失をもたらし得る。高頻度において、異常、死点、または低減された感度の領域は、周縁ではなく、視野の中心の近傍に生じる。

【 0 4 3 1 】

ライトフィールドプロセッサシステム 600 は、網膜の一部の能力を判定し、画像を検出することによって、黄斑障害を検出または診断するように構成されてもよい。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、図 6、7、および 14 に示される一体型結像ディスプレイ等のユーザディスプレイデバイス 62 を含んでもよく、これは、光を装着者の眼の中に投影し、画像を眼内に形成することができる。ユーザディスプレイデバイス 62 は、ディスプレイレンズ、画面等 106 を含んでもよく、これは、筐体またはフレーム 108 によってユーザの頭部または眼に搭載されてもよい。

10

20

30

40

50

【0432】

システムは、次いで、装着者からの応答を検出することができる。例えば、画像は、網膜の健康な部分に投影される場合、明確に見えるが、障害部分に投影される場合、見えない可能性が高い、小ドットであってもよい。いくつかの実施形態では、装着者は、自動的に、または医療従事者等の別のユーザによって、装着者に画像が見えたかどうかを示すようにプロンプトされてもよい。ユーザは、次いで、ユーザインターフェースを通して、装着者の応答を入力してもよい。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、意識的入力を要求せずに、一体型結像ディスプレイデバイス62内の正確度光センサ715、別個の眼追跡カメラ24、または類似検出方法を使用して、不随意的反応が、焦点または視線の変化等の画像の投影もしくは継続眼走査に反応して生じるかどうかを観察することによって、正確度を増加させてもよい。眼追跡カメラ24は、図5に図示されるように、内向きに面した（すなわち、ユーザの眼に向かって指向される）カメラであってもよい。いくつかの実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、手動入力によって、または装着者の視線を意図的に画像もしくは投影された仮想ボタン画像に指向することによって等、直接、画像が観察されたかどうかを示すように装着者にプロンプトしてもよい。仮想ボタン画像は、ディスプレイレンズ106によって投影されてもよく、ボタンの装着者の選択は、眼追跡カメラ24によって、またはジェスチャ認識を通して検出されてもよい。

10

【0433】

いくつかの実施形態では、上記に説明される試験は、網膜の異なる部分において、または網膜の同一部分において異なる画像を用いて繰り返され、黄斑障害のエリアを検出してもよい。例えば、画像が装着者によって見られる網膜の特定の部分は、健康であると判定され得る一方、同一画像が見られない網膜の部分は、障害があると判定され得る。別の実施例では、主に、赤色光等のより長い波長の可視光から成る、画像が、最初に、投影されてもよい。主に、青色光等のより短い波長の可視光から成る、画像が、次いで、網膜の同一部分に投影されてもよく、装着者に対する可視性の任意の相違は、装着者における色感度の喪失を示し得る。いくつかの実施形態では、コントラスト、飽和、色相、強度、周期性、または空間周波数、もしくは任意の他の特性が異なる、複数の画像が、黄斑障害に起因する種々の感度喪失を診断するように、装着者の網膜上の異なる場所において装着者に提示されてもよい。装着者の網膜の画像は、上記に説明される試験の結果に加え、黄斑障害診断の信頼性を改善するために使用されてもよい。そのような画像は、例えば、図14に関して説明されるシステム、検眼鏡または眼底鏡、光干渉断層法、もしくは他の結像技術によって取得されてもよい。

20

30

【0434】

黄斑障害試験は、需要に応じた離散試験において実施されてもよい、もしくは周期的におよび／または繰り返し経時的に実施されてもよい。繰り返される分析は、加齢または他の黄斑変性等の進行性黄斑障害の追跡を可能にし得る。したがって、黄斑障害診断機能は、眼科診断のためだけに装着されるデバイスの中に組み込まれてもよい、または検査が規則的インターバルおよび／または種々の時刻、週、月、年等において自動的に実施され得るように、エンターテインメント、仕事、または他の目的等のために、定期的に装着されるデバイスの一部であってもよい。いくつかの実施形態では、装着者は、アラート音および／または視覚的に表示されるメッセージ等によって、自動検査が投与される前に通知されてもよい。黄斑障害試験の結果は、評価および／または診断のために、デバイスにおいて、リアルタイムで評価されてもよい、もしくはクラウドまたは他のネットワークを介して伝送され、遠隔で評価されてもよい。異常または他の黄斑障害の遠隔評価および／または診断は、デバイスに返送され、以下に説明される処置または補償方法を有効にしてもよい。装着者の眼の一意の特性が、デバイスによって記録され、識別照合のために使用され、伝送されるデータのセキュリティおよびプライバシーを確実にしてもよい。例えば、光センサ715は、虹彩を結像してもよく、ライトフィールドプロセッサ70は、パターン認識を実施し、装着者の識別が、試験結果が対応する人物の識別に対応するかどうかを判定し

40

50

てもよい。システムは、次いで、装着者が試験結果が対応する人物である場合、試験結果のみを表示してもよい。

【0435】

ライトフィールドプロセッサシステムは、直接、光を網膜の中に投影させ、具体的には、黄斑の周縁における健康細胞を標的化することによって、黄斑変性を補償することに役立ち得る。光が投影される場所を変化させることによって、デバイスは、健康細胞を選択的に標的化し、ユーザの視力の品質を改善することができる。1つまたはそれを上回る実施形態では、光投影源は、画像をユーザの眼の異なる部分の中に投影するように構成されるLED光源を伴う、一体型結像ディスプレイを備える。システムは、光を網膜の異なる部分上に選択的に投影するように構成され得る、他のタイプのディスプレイを備えてもよい。本技術は、画像のピクセルを健康網膜細胞上に選択的に投影するために活用され、損傷エリアに投影される光を低減させる、最小限にする、またはその本質を改変してもよい。例えば、異常に投影されるピクセルは、拡大される、またはより明るくされてもよい。また、本技法はまた、投影される画像データ自体への修正を要求し得、ライトフィールドプロセッサは、ユーザが画像を視認するときに有意な差異に気づかないように、画像の本質を改変し得ることを理解されたい。

10

【0436】

ライトフィールドプロセッサシステムは、世界からの装着者の光のビューを修正してもよい。システムは、デバイスに入射する光をリアルタイムまたはほぼリアルタイムで検出してもよく、光の一部を修正し、または付加的光を投影し、装着者の黄斑障害を補正してもよい。例えば、システムは、一体型結像カメラ16等の外向きに面したカメラを使用して、世界を結像してもよい。システムは、次いで、世界の画像を装着者に投影してもよい。投影された画像データは、ピクセルが健康網膜細胞に選択的に投影され得るように改変されてもよい一方、異常に投影されるピクセルは、低減される、最小限にされる、拡大される、明るくされる、または別様に、拡大、強度、色相、飽和、空間周波数、もしくは他の品質において改変されてもよい。システムはまた、概して、黄斑変性に起因する可変光条件に対する調節困難を伴う装着者のために、明るい部屋を暗くし、および/または夜間ビューを明るくするために使用されてもよい。

20

【0437】

ライトフィールドプロセッサシステムは、外向きに面したカメラを使用して、アラートを装着者に提供してもよい。アラートは、黄斑障害に起因して装着者に不可視の危険状態の検出に基づいてもよい。システムは、外向きに面したカメラからの画像と網膜上の異常の場所等の装着者の既知の黄斑障害データの相関に基づいて、不可視危険の存在を判定してもよい。盲点内において、入来オブジェクト、地面の穴、または他の状態等の危険が、検出されると、システムは、装着者にアラートしてもよい。アラートは、視覚的、聴覚的、または触覚的通知を含んでもよい。完全盲目の場合、システムは、所望のアイテム（例えば、椅子、テーブル、ベッド等）の存在を検出し、可聴通知等によって近接度情報を装着者に提供するように構成されてもよい。

30

【0438】

1つまたはそれを上回る実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザの眼の解剖学的構造を診断または評価し、黄斑変性の場所を判定してもよい。ここで図19を参照すると、黄斑変性の任意のエリアを診断、検出、および/または識別するための例示的プロセスフロー1900が、提供される。1902では、黄斑変性診断/評価プログラムが、開始されてもよい。上記に説明される多くの実施形態の場合におけるように、プログラムは、事前にコード化される、またはライトフィールドプロセッサシステムの中にダウンロードされてもよい。1904では、画像が、例えば、1つまたはそれを上回る一体型結像ディスプレイ62を通して、ユーザの眼の特定の部分に投影される。例えば、画像（例えば、小ドット、小形状等）が、ユーザの眼の中心に指向される（例えば、網膜の中心に形成される）。

40

【0439】

50

1906では、システムは、任意のタイプのユーザインターフェースを通して、ユーザによって見られるような画像の品質に関する入力を受信してもよい。例えば、ユーザは、画像の品質を1~10で評価するように求められてもよい。または、別の実施形態では、画像は、増加または減少する視覚的刺激とともに投影されてもよく、ユーザは、画像が出現する、もしくはユーザの視覚から消失する、視覚的刺激が低減される、および/または移動するときを識別する必要がある。いくつかの実施形態では、システムは、装着者が回答するために要求される時間を検出してもよく、回答までに長い時間がかかる装着者は、刺激を見ることに困難を有し得る。同様に、Pelli-Robsonまたは正弦波格子試験等の多くのそのような技法が、使用されてもよい。1908では、受信されたユーザの入力に基づいて、システムは、ユーザの眼のその部分の健康を判定してもよい。

10

【0440】

1910では、システムは、眼の他の部分も同様に、診断および/または評価される必要があるかどうかを判定してもよい。該当する場合、ステップ1904-1908が、繰り返される。眼の種々の他の部分も同様に、試験された後、1912では、ユーザの眼の種々の部分の健康の結果が、分析され、任意の異常が、識別されてもよい。

【0441】

1つまたはそれを上回る実施形態では、ARシステムは、偏心固視の測定のための小網線標的を含有する、ビズスコプのように挙動する。光投影源は、画像を患者の網膜上に投影してもよく、患者は、標的の中心を見るように求められてもよい。網線標的の中心に対する中心窩反射の位置は、患者が偏心固視を有するかどうかとその範囲を示し得る。同様に、偏心固視の方向および程度も、前述のプロセスを通して判定されてもよい。

20

【0442】

ユーザが、1つまたはそれを上回る異常を有することが判定される場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、画像の大部分が健康抹消網膜細胞を通して視認され、異常に対して投影された任意のピクセルが調節されるように、修正された画像をユーザの眼に投影するように構成されてもよい。投影されるための画像は、ユーザが画像を健康な細胞を通して視認するが、画像自体の有意な変化に気づかないように、所定のアルゴリズムを通して修正される必要があることを理解されたい。

【0443】

以下の段落は、本明細書に説明されるデバイス、システム、および方法の種々の例示的实施形態を説明する。

30

【0444】

ウェアラブル眼科デバイスであって、光のビームから成る物理的ライトフィールドを生成し、光のビームをユーザの眼の網膜の選択された下位部分に指向し、それによって、網膜反射を生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイと、網膜反射を受光し、数値的画像データを生成するように構成される、頭部搭載型光検出器アレイと、ライトフィールドディスプレイを制御し、数値的画像データを使用して、光検出器アレイからの網膜反射を分析し、網膜反射の分析に基づいて、網膜の選択された下位部分の健康を判定するように構成される、ライトフィールドプロセッサとを備える、デバイス。

【0445】

ユーザから網膜の選択された下位部分の健康に関する入力を受信するように構成される、ユーザインターフェースをさらに備える、先行段落に記載のデバイス。

40

【0446】

光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラをさらに備え、ライトフィールドプロセッサは、ライトフィールド画像データの選択された部分を偏移させ、網膜の健康な部分に入射するように、網膜の健康に基づいて、数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【0447】

ウェアラブル眼科デバイスを使用するための方法であって、光のビームから成る物理的ラ

50

イトフィールドを生成し、光のビームをユーザの眼の網膜の選択された下位部分に指向し、それによって、網膜反射を生成するステップと、頭部搭載型光検出器アレイを使用して、網膜反射を受光し、数値的画像データを生成するステップと、ライトフィールドディスプレイを制御し、数値的画像データを使用して、光検出器アレイからの網膜反射を分析するステップと、ライトフィールドプロセッサを使用して、網膜反射の分析に基づいて、網膜の選択された下位部分の健康を判定するステップとを含む、方法。

【0448】

ユーザインターフェースから網膜の選択された下位部分の健康に関する入力を受信するステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

【0449】

光をユーザの周囲から受光し、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、ライトフィールド画像データの選択された部分を偏移させ、網膜ライトフィールドプロセッサを使用して、網膜の健康な部分に入射するように、網膜の健康に基づいて、数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正するステップと、をさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0450】

外向きに面したカメラからの画像データの再レンダリング

本明細書に説明される種々のシステムは、1つまたはそれを上回る外向きに面したカメラを含み、画像情報を周囲環境から捕捉してもよく、本画像情報は、続いて、システムの装着者に提示される画像および/またはビデオとして表示されてもよい。いくつかの実施形態では、システムによって装着者に提示される画像情報は、カメラによって元々捕捉された画像情報に対して修正された画像情報を提供するように再レンダリングされてもよい。修正は、カメラによって捕捉された画像情報を受信し、画像情報を処理し、表示される画像および/またはビデオを生成する光変調器に後に通信される変更を含める、プロセッサ（例えば、画像プロセッサ）によって実施されてもよい。いくつかの実施形態では、世界の装着者のビューおよびそのビュー内の特定の特徴は、所望に応じて、診断または治療目的のために修正されてもよい。

【0451】

図5を参照すると、頭部搭載型健康システムは、1つまたはそれを上回る外向きに面したカメラ16を含み、装着者の周囲の世界を結像してもよい。システムは、カメラ16によって捕捉された画像情報（例えば、画像および/またはビデオ）を処理し、装着者への表示のために、画像情報を再レンダリングしてもよい。いくつかの実施形態では、デバイスは、世界の再レンダリングされた画像を装着者に投影するように、光をディスプレイデバイス108から装着者の眼に投影してもよい。本明細書に説明される再レンダリング技法は、ライトフィールドカメラから収集されたライトフィールド画像情報または任意の他のタイプのカメラによって収集された任意の他のタイプの画像情報に適用されることができる。同様に、再レンダリングされた画像情報は、ライトフィールドディスプレイデバイス（再レンダリングされる画像情報がライトフィールド画像データから成る場合）または任意の他のタイプのディスプレイデバイスによって表示されることができる。

【0452】

いくつかの実施形態では、再レンダリングステップでは、プロセッサ（例えば、ライトフィールドプロセッサ70）は、装着者に表示されるであろう、画像の性質を選択的に修正するように構成されてもよい。例えば、プロセッサは、それらの部分が健康網膜細胞に投影される一方、非健康網膜細胞に投影される画像の部分が、低減される、最小限にされる、拡大される、明るくされる、または別様に、拡大、強度、色相、飽和、空間周波数、もしくは他の品質において改変され得るように、装着者の網膜内の健康および非健康細胞の分布に基づいて、画像の一部を選択的に改変するように構成されてもよい。同様に、画像の任意の所望の部分は、装着者の任意の既知の眼科状態を緩和および/または補償するために要求されるような拡大、強度、色相、飽和、空間周波数、または任意の他の品質にお

10

20

30

40

50

いて修正されてもよい。画像の波面もまた、いくつかの実施形態では、合焦関連状態を緩和させるように、修正および/または再成形されてもよい。他の実施例では、システムはまた、概して、例えば、ユーザの世界のビューの全部または一部を、所望に応じて、世界のより暗いまたはより明るいビューを提示し得る、再レンダリングされたコンテンツで代用することによって、可変光条件を調節することが困難な装着者のために、明るい部屋を暗くする、および/または夜間ビューを明るくするために使用されてもよい。画像データは、公知の画像処理技法を使用して、暗化または明化されることができる。別の実施例では、システムは、色を修正または偏移させ、色盲装着者を含む、装着者の視力を増強させてもよい。システムは、拡張現実ディスプレイまたは仮想現実ディスプレイを含んでもよく、本明細書に開示されるような画像情報の再レンダリングは、コンテンツをいずれかのタイプのディスプレイ上に表示する際に適用されてもよいことを理解されるであろう。

10

【0453】

図5を継続して参照すると、いくつかの実施形態では、健康システムは、装着者の周囲（例えば、正面）の世界を結像する、1つまたはそれを上回るに前向きおよび外向きに面したカメラ16を有してもよい。システムは、画像の領域の強度、色相、飽和、および/または空間周波数等の画像の種々の特性を判定するように構成されてもよい。システムは、ディスプレイデバイス108を介して、外向きに面したカメラ16によって捕捉された情報に基づいて、世界の画像を処理し、上記に説明されるように、明度、拡大、色、波面、および/または他のパラメータのいくつかの修正を伴って、装着者に再現してもよい。いくつかの実施形態では、ディスプレイデバイスは、部分的画像のみを装着者の眼に投影してもよく、部分的画像は、ディスプレイ（例えば、いくつかの拡張現実実施形態におけるように）を通して装着者の眼に通過する光を拡張させ、所望の修正を生産する。例えば、拡張現実システムは、装着者の既知の色検出障害に基づいて、画像の一部の色を偏移させてもよい。別の実施例では、拡張現実システムは、装着者の既知のコントラスト感度障害に基づいて、画像の2つまたはそれを上回る部分間の明度における差異を増強させてもよい。

20

【0454】

以下の段落は、プロセッサによって、本明細書に説明されるシステムを使用して収集される画像情報に適用され得る、再レンダリング技法の種々の具体的実施例を説明する。

【0455】

調光は、再レンダリング動作であって、これは、システムの装着者に表示されることに先立って、外向きに面したカメラによって収集された画像情報に実施されることができる。例えば、画像情報の視野の全部または一部が、コンピュータ的に調光されることができる。または、言い換えると、画像情報の明度が、捕捉された画像情報をユーザに表示することに先立って、プロセッサによってコンピュータ的に低減されることができる。捕捉された画像情報のコンピュータ的調光は、ユーザ入力に応答して手動で実施されることができる。代替として、捕捉された画像情報のコンピュータ的調光は、周囲光条件（カメラ16または別のセンサによって検出されるように）に基づいて、自動的に実施されることができる。画像情報の調光は、多くの異なるシナリオにおいて有益であり得る。例えば、明るい光は、偏頭痛を誘起する、または発作を受けやすい人々もしくは自閉症または社会的不安症を患う人々において、感覚過負荷を生じさせる、主要な要因であり得る。したがって、ユーザに表示することに先立って収集された画像情報の調光は、これらおよび他の病状を患う人々にとって、明るい光に対する負の応答を防止することに役立ち得る。

30

40

【0456】

いくつかの実施形態では、画像情報によって包含される視野全体が、調光される。他の実施形態では、調光は、視野の異なる部分に選択的に適用されることができる。例えば、いくつかの実施形態では、眼追跡技術（例えば、本明細書に説明されるシステムおよび技法を使用して提供される）が、ユーザが固視している視野の場所を判定するために使用されることができ、画像情報は、その点に対応する視野の部分内で選択的に調光されることができる。逆に言えば、画像情報は、ユーザが固視している場所以外の視野の部分内で選択

50

的に調光され得る。これは、例えば、ユーザが能動的に視認している画像情報の視野の部分のための協調を提供するために行われることができる。画像情報の視野の一部の選択的調光は、ユーザが見ている場所に基づいて、眼追跡技術によって制御されることができ、代替として、ジェスチャまたは他のユーザ入力にも同様にに基づいて制御されることができる。

【 0 4 5 7 】

調光とは逆に、明度の増加は、別の再レンダリング動作であって、これは、システムの装着者に表示されることに先立って、外向きに面したカメラによって収集される画像情報に実施されることができる。画像情報の明度は、プロセッサによってコンピュータ的に増加されることができる。代替として、または加えて、画像情報の明度は、画像情報を捕捉するために使用されるセンサの感度を増加させることによって、またはユーザの視野内の場面を可視または赤外線光で照明し、次いで、場面からの光の反射を画像情報の一部として捕捉することによって、増加されることができる。

10

【 0 4 5 8 】

いくつかの実施形態では、画像情報によって包含される視野全体の明度は、プロセッサによって増加される。他の実施形態では、明度は、視野の異なる部分に対して選択的に増加されることができる。例えば、眼追跡技術を使用して、ユーザが見ている視野の部分の明度は、選択的に増加されることができる。逆もまた、可能性として考えられ、ユーザが見ている場所以外の視野の部分の明度が、選択的に増加されることができる。選択的に明るくされる視野の部分はまた、ユーザジェスチャまたは他の制御入力等によって、他の方法において制御されることができる。

20

【 0 4 5 9 】

画像情報の明度の増強は、いくつかの異なる方法において使用されることができる。例えば、画像情報の増強された明度は、季節性情動障害を患う者を支援するために使用されることができる。いくつかの実施形態では、本明細書に説明されるシステムは、他のセンサと併用され、かつそれに通信可能に結合されることができ、これは、体温、心拍数、血圧、移動等のユーザの生理学的パラメータを検出する。プロセッサは、本感覚入力を監視し、感覚入力から推測され得る、ユーザの気分、生産性、注意力等に基づいて、画像情報の明度を自動的に増強させることができる。加えて、明滅明度は、血流および眼球脈管構造を増加させることが示されている。したがって、プロセッサは、ユーザの眼内の血流を刺激するように、画像情報の明度を選択された周波数で明滅させることができる。

30

【 0 4 6 0 】

ぼかしは、別の再レンダリング動作であって、これは、システムの装着者に表示されることに先立って、外向きに面したカメラによって収集される画像情報に実施されることができる。ぼかしは、例えば、低域通過デジタルフィルタを捕捉された画像情報の全部または一部に適用することによって、プロセッサによってコンピュータ的に実施されることができる。低域通過フィルタは、例えば、ガウスぼかしフィルタであることができる。ぼかしフィルタの適用は、画像雑音を低減させることによって、画質を改善することができる。加えて、より柔らかい画像および混成された詳細および色と組み合わせられる、雑音の低減は、感覚過負荷の潜在性を低減させ得、これは、自閉症および/または社会的不安症を患う人々に利点であり得る。ぼかしは、画像情報の視野全体または単にその一部に適用されることができる。ぼかしが、画像情報の視野の一部のみに選択的に適用される場合、その部分は、ユーザが固視している場所に基づいて選択されることができる。例えば、眼追跡技術が、ユーザが見ている場所を判定するために使用されることができ、ぼかしは、視野のその部分またはユーザが見ている場所以外の視野の部分に適用されることができる。代替として、ユーザは、ジェスチャまたは他の制御入力を用いて、ぼかされるべき視野の一部を選択することができる。

40

【 0 4 6 1 】

ぼかしと逆に、鮮明化は、別の再レンダリング動作であって、これは、システムの装着者に表示されることに先立って、外向きに面したカメラによって収集される画像情報に実施

50

されることができる。再び、鮮明化動作も、画像情報の視野全体または単にその一部に適用されることができる。鮮明化動作が、画像情報の視野の一部のみに適用される場合、その部分は、眼追跡技術を使用して、ユーザが見ている場所に基づいて選定されることができる。例えば、鮮明化動作は、ユーザが見ている視野の部分またはユーザが見ている場所以外の視野の部分に適用されることができる。または、ジェスチャもしくは他の制御入力もまた、鮮明化のための画像情報の視野の一部を選択するために使用されることができる。

【0462】

縁検出および/または縁拡張は、さらに他の再レンダリング動作であって、これは、システムの装着者に表示されることに先立って、外向きに面したカメラによって収集される画像情報に実施されることができる。再び、これらの動作は、画像情報の視野全体または単にその一部にコンピュータ的に実施されることができる。

10

【0463】

縁検出および/または縁拡張動作は、オブジェクトまたは特徴認識アルゴリズムと併用されることができる。これもまた、再レンダリング動作として画像情報に適用されることができる。これらのタイプのアルゴリズムは、画像情報によって示される視野内のオブジェクトを認識することができる。プロセッサは、次いで、任意の認識されるオブジェクトのために、拡張現実タグまたはラベルを挿入することができる。例えば、タグまたはラベルは、画像情報の中に挿入され、それにわたって重畳される、または認識されるオブジェクトの周囲またはその近傍に提供されることができる。タグまたはラベルは、オブジェクトについての任意の所望のタイプの情報を提供することができる。加えて、プロセッサは、拡張現実特徴を適用してもよく、これは、画像情報の視野内の認識されるオブジェクトをハイライトする。例えば、オブジェクトが認識される場合、その縁が、太くされることができる。代替として、ユーザの注意を引く傾向にあるであろう、任意の他の拡張現実特徴が、オブジェクトに追加されることができる。

20

【0464】

オブジェクト認識アルゴリズムもまた、オブジェクトを識別するために使用されることができる。これは、ユーザによって視認されると、物理的または感情的反応を誘起する。例えば、本明細書に説明されるシステムは、他のセンサと併用され、それに通信可能に結合されることができる。これは、体温、心拍数、血圧等のユーザの生理学的パラメータを検出する。センサの出力は、ユーザが視認している何らかのものに対する物理的または感情的応答を有するときを判定するために監視されることができる。オブジェクト認識および眼追跡技術が、物理的または感情的応答が生じたとき、ユーザが具体的オブジェクトを視認していたかどうかを判定するために使用されることができる。システムは、次いで、応答を誘起したオブジェクト、時間、画像データ等を示すデータを出力し、および/または通知をユーザに提供することができる。本タイプの機能性は、多くの異なるタイプの人々に有益であり得る。例えば、これは、アルツハイマー病を患う人々が日々の生活の中で苦労しているものを判定することに役立ち得る。または、例えば、強迫性障害または外傷後ストレス障害を患う人々が反応を誘起するものを判定することに役立ち得る。

30

【0465】

いくつかの実施形態では、オブジェクトが、オブジェクト認識アルゴリズムによって認識される場合、プロセッサは、認識されるオブジェクトと拡張現実オブジェクトまたは特徴を置換または改変し得る。例えば、閉症ユーザが、社会的環境において苦労している場合、捕捉された画像情報の視野内で認識される人々は、漫画化された拡張現実キャラクタと置換され得る。これは、自閉症ユーザが、社会的環境において相互作用する際、より快適に感じることに役立ち得る。加えて、プロセッサは、あるタイプの暴露療法を実装することができる。これは、動画が経時的に極端ではなくなり、それによって、ユーザが経時的に実在の人々との関わりに対してより快適となることを可能にする。

40

【0466】

色改変は、付加的再レンダリング動作であって、これは、ユーザに表示される前に、捕捉された画像情報に実施されることができる。種々のそのようなコンピュータ的色改変が、

50

可能性として考えられる。すなわち、画像情報内の選択された色が、別の色にマッピングされることができる。ホワイトバランスが、改変されることができる。色温度が、改変されることができる等である。任意のタイプの色盲を患うユーザの場合、プロセッサは、ユーザのためのコントラストを改善するような方法において、画像情報内の色を改変することができる。例えば、システムは、色盲を患う人物が見ることができない2つの色をコンピュータ的に減衰させることができる。刺激色を減衰させ、最大スペクトル重複を低減または除去することによって、錐体内で刺激される信号間の区別が、改善されることができる。

【0467】

加えて、青色光暴露は、意思決定を改善することが示されている。したがって、いくつかの実施形態では、青色の色合いが、本効果を利用するように、画像情報にコンピュータ的に追加されることができる。別の実施例として、赤色光暴露は、網膜上のミトコンドリアの酸素生成に影響を及ぼし得、これは、黄斑変性の影響を低減させることに役立ち得る。したがって、いくつかの実施形態では、赤色の色合いは、本効果を利用するように、画像情報にコンピュータ的に追加されることができる。

【0468】

捕捉された画像情報に適用され得る、付加的再レンダリング動作は、ズームイン、ズームアウト、および画像情報の側方への偏移を含む。これらの動作は、ジェスチャまたは他のユーザ入力によって、もしくはユーザが見ている場所に基づいて（眼追跡技術によって示されるように）を含む、種々の方法において制御されることができる。画像情報をコンピュータ的に拡大するとき、ピクセルの加重平均が、その詳細の多くを喪失することなく、画像を縮尺増加可能であるように、例えば、ガウス関数を使用して計算されることができる。画像情報の拡大および側方偏移は、黄斑変性を患う者を含む、多くの人々にとって有益であり得る。例えば、ユーザが見ている画像情報の視野内の場所は、黄斑死点の相対的影響を低減させるように拡大され（視認標的の仮想サイズを増加させることによって）、および/またはユーザの眼内の健康網膜細胞上に現れるように偏移されることができる。ズームインに加え、システムはまた、ズームアウトすることができる。例えば、外向きに面したカメラは、装着者の通常視野を超えて延在するより大きい視野から、画像情報を捕捉するために使用されることができ、次いで、システムは、本より大きい視野からの画像情報をユーザの通常視野内に適合するようにコンピュータ的に圧縮することができる。

【0469】

加えて、画像情報の視野の側方偏移は、眼の不随意的移動であり得る、眼振を患う者を支援することができる。例えば、眼追跡技術が、眼振患者の眼移動を監視するために使用されることができ、画像情報の視野は、ユーザのための視野を安定化させることに役立つように、不随意的眼移動と同期して偏移されることができる。画像情報を不随意的眼移動と同期して移動させるのではなく、画像情報は、代替として、ある持続時間にわたって、若干同期からずれて（例えば、若干より低速の周波数において）療法の形態として、移動され、不随意的眼移動を減速させてもよい。類似技法が、患者の視野が発振する視力障害である、動揺視を患う者を支援するために使用されることができる。プロセッサは、その視覚を安定化させることに役立つように、画像情報の視野をユーザの眼と同期して発振させることができる。加えて、療法は、画像情報の視野の発振を経時的に減速させ、その発振量を低減させるように、ユーザの眼を訓練することに役立てることによって、提供されることができる。

【0470】

さらに別再レンダリング動作は、システムの外向きに面したカメラによって捕捉された画像情報の分解能をコンピュータ的に増加させることである。これは、公知のアップサンプリング技法を使用して遂行されることができる。より高い分解能画像情報が、次いで、ユーザに表示されることができる。画像情報の分解能をデジタル的に増加させることによって、システムの装着者は、視力において知覚された増加を体験することができる。

【0471】

いくつかの実施形態では、これまで議論された再レンダリング動作は、ユーザへの表示のために、外向きに面したカメラによって捕捉された画像情報にリアルタイムで適用されてもよい。しかしながら、実施され得る付加的動作は、画像情報の非リアルタイムの再生である。例えば、時間的に先行して（例えば、数秒、数分、数時間、数日等先行して）収集された画像情報が、ユーザに再生されることができる。そのような場合、システムは、メモリを含んでもよく、これは、任意の所望の先行時点からの画像情報がコマンドに応じた再生のために選択され得るように、捕捉された画像情報を継続ベースで記録する。先行画像情報は、通常時間で再生されることができる、または通常速度より低速もしくは高速で再生されることができる。ユーザは、ジェスチャまたは他の制御入力を用いて、本機能性を制御することができる。

10

【 0 4 7 2 】

前述の再レンダリング動作のいずれも、自動的に、またはユーザ入力に基づいて、実施されることができる。本明細書に説明されるシステムは、ユーザが、設定、選好、機能等を制御するためにナビゲートし得る、双方向要素またはメニュー等の種々の入力制御、眼追跡、ジェスチャ制御、頭部姿勢、音声等を含むことができる。加えて、これらの機能はまた、眼底カメラ、ダイオードレーザ、画像センサ、赤外線電荷結合デバイス（ＣＣＤ）カメラ、および高分解能デジタルＣＣＤカメラを使用することによって実施されることができる、その全ては、デバイス上に取り付けられ得る。

【 0 4 7 3 】

以下の段落は、本明細書に説明されるデバイス、システム、および方法の種々の例示の実施形態を説明する。

20

【 0 4 7 4 】

ウェアラブル眼科デバイスであって、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラと、数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正し、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するように構成される、ライトフィールドプロセッサと、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するように構成される、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイとを備える、デバイス。

【 0 4 7 5 】

ライトフィールドプロセッサは、数値的ライトフィールド画像データの少なくとも一部をコンピュータ的に調光するように構成される、先行段落に記載のデバイス。

30

【 0 4 7 6 】

ライトフィールドプロセッサは、数値的ライトフィールド画像データの少なくとも一部をコンピュータ的に明るくするように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【 0 4 7 7 】

ライトフィールドプロセッサは、ユーザの気分のインジケーションに基づいて、明度を制御するように構成される、先行段落に記載のデバイス。

【 0 4 7 8 】

ライトフィールドプロセッサは、明度を明滅させ、ユーザの眼内の血流を増強させるように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

40

【 0 4 7 9 】

ライトフィールドプロセッサは、数値的ライトフィールド画像データの少なくとも一部をコンピュータ的に拡大するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【 0 4 8 0 】

ライトフィールドプロセッサは、数値的ライトフィールド画像データの少なくとも一部をコンピュータ的にぼかすように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【 0 4 8 1 】

ライトフィールドプロセッサは、数値的ライトフィールド画像データ内の縁をコンピュータ的に検出または増強させるように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

50

【 0 4 8 2 】

ライトフィールドプロセッサは、ライトフィールドディスプレイに、前の時間的瞬間からの数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを再生させるように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【 0 4 8 3 】

ライトフィールドプロセッサは、ライトフィールド画像データを通常速度より高速または低速で再生させるように構成される、先行段落に記載のデバイス。

【 0 4 8 4 】

ライトフィールドプロセッサは、ライトフィールドカメラによって捕捉された数値的ライトフィールド画像データ内のオブジェクトを検出するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

10

【 0 4 8 5 】

ライトフィールドプロセッサは、検出されたオブジェクトと拡張現実特徴を置換または修正するように構成される、先行段落に記載のデバイス。

【 0 4 8 6 】

ライトフィールドプロセッサは、検出されたオブジェクトが検出可能な物理的または感情的応答をユーザから誘発するかどうかを判定するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【 0 4 8 7 】

ライトフィールドプロセッサは、数値的ライトフィールド画像データ内の色をコンピュータ的に改変するように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

20

【 0 4 8 8 】

ライトフィールドプロセッサは、数値的ライトフィールド画像データ内の青色をコンピュータ的に増加させ、ユーザの意思決定を増強させるように構成される、先行段落に記載のデバイス。

【 0 4 8 9 】

ライトフィールドプロセッサは、数値的ライトフィールド画像データ内の赤色をコンピュータ的に増加させ、網膜の健康を増強させるように構成される、先行段落のいずれかに記載のデバイス。

【 0 4 9 0 】

ウェアラブル眼科デバイスを使用する方法であって、外向きに面した頭部搭載型ライトフィールドカメラを使用して、光をユーザの周囲から受光し、数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、ライトフィールドプロセッサを使用して、数値的ライトフィールド画像データをコンピュータ的に修正し、修正された数値的ライトフィールド画像データを生成するステップと、頭部搭載型ライトフィールドディスプレイを使用して、修正された数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを生成するステップとを含む、方法。

30

【 0 4 9 1 】

数値的ライトフィールド画像データの少なくとも一部をコンピュータ的に調光するステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

40

【 0 4 9 2 】

数値的ライトフィールド画像データの少なくとも一部をコンピュータ的に明るくするステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 4 9 3 】

ユーザの気分のインジケーションに基づいて、明度を制御するステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

【 0 4 9 4 】

明度を明滅させ、ユーザの眼内の血流を増強させるステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【 0 4 9 5 】

50

数値的ライトフィールド画像データの少なくとも一部をコンピュータ的に拡大するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0496】

数値的ライトフィールド画像データの少なくとも一部をコンピュータ的にぼかすステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0497】

数値的ライトフィールド画像データ内の縁をコンピュータ的に検出または増強させるステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0498】

ライトフィールドディスプレイに、前の時間的瞬間からの数値的ライトフィールド画像データに対応する物理的ライトフィールドを再生させるステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

10

【0499】

ライトフィールド画像データを通常速度より高速または低速で再生するステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

【0500】

ライトフィールドカメラによって捕捉された数値的ライトフィールド画像データ内のオブジェクトを検出するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0501】

検出されたオブジェクトと拡張現実特徴を置換または修正するステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

20

【0502】

検出されたオブジェクトがユーザから検出可能な物理的または感情的応答を誘発するかどうかを判定するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0503】

数値的ライトフィールド画像データ内の色をコンピュータ的に改変するステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0504】

数値的ライトフィールド画像データ内の青色をコンピュータ的に増加させ、ユーザの意思決定を増強させるステップをさらに含む、先行段落に記載の方法。

30

【0505】

数値的ライトフィールド画像データ内の赤色をコンピュータ的に増加させ、網膜の健康を増強させるステップをさらに含む、先行段落のいずれかに記載の方法。

【0506】

コンピュータビジョンおよびセンサベースの誘起イベントの検出

本明細書に説明される実施形態のうちのいくつかでは、ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザの病状または感情的状態等の誘起イベントに基づいて、またはユーザの環境内のイベントまたは検出された状態に基づいて、診断または処置プロトコルを開始、終了、修正等する。他の誘起イベントもまた、適用可能であってもよい。ある場合には、そのような誘起イベントは、コンピュータビジョンシステムによって検出されることができる。

40

【0507】

誘起イベントは、種々の技法を使用して検出されることができる。誘起イベントは、ユーザの反応に基づいて判定されてもよい。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、内向きに面した結像システムまたは生理学的センサによって入手されたデータを分析することができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、データを使用して、ユーザの感情的状態を判定することができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザがある感情的状態（怒り、恐怖、不快感等）にあるかどうかを判定することによって、誘起イベントの存在を検出することができる。実施例として、ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザの散瞳、心拍数、呼吸数、または発汗率を分析し、ユーザの感情的状態

50

を判定することができる。

【0508】

誘起イベントもまた、コンピュータビジョン技法を使用して検出されることができる。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、外向きに面した結像システムによって入手された画像を分析し、場面再構成、イベント検出、ビデオ追跡、オブジェクト認識、オブジェクト姿勢推定、学習、インデックス化、運動推定、または画像復元等を実施することができる。

【0509】

1つまたはそれを上回るコンピュータビジョンアルゴリズムが、これらのタスクを実施するために使用されてもよい。コンピュータビジョンアルゴリズムの非限定的実施例は、スケール不変特徴変換 (SIFT)、スピードアップロバスト特徴 (SURF)、配向FASTおよび回転BRISK (ORB)、バイナリロバスト不変スケラブルキーポイント (BRISK)、高速網膜キーポイント (FREAK)、Viola-Jonesアルゴリズム、Eigenfacesアプローチ、Lucas-Kanadeアルゴリズム、Horn-Schunckアルゴリズム、Mean-shiftアルゴリズム、視覚的同時位置推定およびマッピング (vSLAM) 技法、シーケンシャルベイズ推定器 (例えば、カルマンフィルタ、拡張カルマンフィルタ等)、バンドル調節、適応閾値化 (および他の閾値化技法)、反復最近傍点 (ICP)、セミグローバルマッチング (SGM)、セミグローバルブロックマッチング (SGBM)、特徴点ヒストグラム、種々の機械学習アルゴリズム (例えば、サポートベクトルマシン、k最近傍アルゴリズム、単純ベイズ、ニューラルネットワーク (畳み込みまたは深層ニューラルネットワークを含む)、または他の教師あり/教師なしモデル等) 等を含む。

【0510】

これらのコンピュータビジョン技法のうちの1つまたはそれを上回るものはまた、他の環境センサ (例えば、マイクロホン等) から入手されたデータとともに、誘起イベントの存在を検出するために使用されることができる。

【0511】

誘起イベントは、1つまたはそれを上回る基準に基づいて検出されてもよい。これらの基準は、ユーザによって定義されてもよい。誘起イベントの存在はまた、ユーザの相互作用によって示されてもよい。例えば、ユーザは、ある姿勢 (例えば、手ジェスチャまたは身体姿勢) を行う、またはユーザ入力デバイスを作動させ、誘起イベントの存在を示してもよい。

【0512】

加えて、または代替として、基準はまた、ユーザの挙動に基づいて学習されてもよい。例えば、ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザがライトフィールドプロセッサシステムをオフにするときを監視することができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザが、あるタイプの仮想コンテンツ (例えば、映画内のあるタイプの場面) に応答して、多くの場合、ライトフィールドプロセッサシステムをオフすることを観察することができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、故に、ユーザの挙動に基づいて、ユーザの挙動を学習し、誘起イベントを予測してもよい。別の実施例として、ライトフィールドプロセッサシステムは、仮想コンテンツとのユーザの以前の相互作用に基づいて、ユーザの感情的状態を関連付けることができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザが仮想オブジェクトと相互作用するとき、本関連付けを使用して、誘起イベントが存在するかどうかを予測することができる。

【0513】

誘起イベントの機械学習

種々の機械学習アルゴリズムが、誘起イベントを学習するために使用されることができる。いったん訓練されると、機械学習アルゴリズムは、ライトフィールドプロセッサシステムによって記憶されることができる。機械学習アルゴリズムのいくつかの実施例は、回帰アルゴリズム (例えば、通常の最小2乗回帰等)、インスタンススペースのアルゴリズム (

例えば、学習ベクトル量子化等）、決定ツリーアルゴリズム（例えば、分類および回帰ツリー等）、Bayesianアルゴリズム（例えば、Naive Bayes等）、クラスタ化アルゴリズム（例えば、k - 平均クラスタ化等）、関連付けルール学習アルゴリズム（例えば、アプリアリアルゴリズム等）、人工ニューラルネットワークアルゴリズム（例えば、Perceptron等）、ディープ学習アルゴリズム（例えば、ディープBoltzmannマシン、またはディープニューラルネットワーク等）、次元削減アルゴリズム（例えば、主成分分析等）、アンサンブルアルゴリズム（例えば、スタック汎化等）、および/または他の機械学習アルゴリズムを含む、教師ありまたは教師なし機械学習アルゴリズムを含むことができる。いくつかの実施形態では、個々のモデルは、個々のデータセットのためにカスタマイズされてもよい。例えば、ウェアラブルデバイスは、基本モデルを生成または記憶してもよい。基本モデルは、データタイプ（例えば、特定のユーザ）、データセット（例えば、取得される付加的画像のセット）、条件付き状況、または他の変形例に特有の付加的モデルを生成する開始点として使用されてもよい。いくつかの実施形態では、ウェアラブルライトフィールドプロセッサシステムは、複数の技法を利用し、集約されたデータの分析のためのモデルを生成するように構成されてもよい。他の技法は、事前に定義された閾値またはデータ値を使用することを含んでもよい。

【0514】

基準は、閾値条件を含むことができる。環境センサによって入手されたデータの分析が、閾値条件を超えたことを示す場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、誘起イベントの存在を検出し得る。閾値条件は、定量的および/または定質的測定を伴ってもよい。例えば、閾値条件は、誘起イベントが生じる尤度と関連付けられたスコアまたはパーセンテージを含むことができる。ライトフィールドプロセッサシステムは、環境センサのデータから計算されたスコアと閾値スコアを比較してもよい。スコアが、閾値レベルより高い場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、誘起イベントの存在を検出し得る。他の実施形態では、ライトフィールドプロセッサシステムは、スコアが閾値より低い場合、誘起イベントの存在を信号伝達してもよい。

【0515】

閾値条件はまた、「A」、「B」、「C」、「D」等の文字グレードを含んでもよい。各グレードは、状況の深刻度を表し得る。例えば、「A」は、最も深刻であり得る一方、「D」は、最も深刻ではないものであり得る。ライトフィールドプロセッサシステムは、ユーザの環境内のイベントが十分に深刻であることを判定するが（閾値条件と比較して）、ライトフィールドプロセッサシステムは、誘起イベントの存在を示し、措置を講じてもよい（例えば、診断または処置プロトコルを開始、終了、または改変する）。

【0516】

閾値条件は、ユーザの物理的環境内のオブジェクト（または人々）に基づいて判定されてもよい。例えば、閾値条件は、ユーザの心拍数に基づいて判定されてもよい。ユーザの心拍数が、閾値数（例えば、1分あたりある数の拍数）を超える場合、ライトフィールドプロセッサシステムは、誘起イベントの存在を信号伝達してもよい。さらに別の実施例として、閾値条件は、ユーザの環境内のあるオブジェクトの存在に基づいて判定されてもよい。

【0517】

閾値条件はまた、仮想コンテンツに基づいて、または仮想コンテンツとのユーザの相互作用に基づいて、判定されてもよい。例えば、閾値条件は、ユーザの一連の仮想コンテンツを鑑賞している持続時間であってもよい。

【0518】

結論

本明細書に議論されるように、開示される頭部搭載型ディスプレイは、有利には、健康関連診断、監視、および治療法をユーザにおいて実施するために使用され得る、ユーザのウェアラブル診断または健康システムの一部を形成し得る。いくつかの実施形態では、健康関連診断、監視、および治療法は、眼科診断分析、監視、および療法を含んでもよい。しかしながら、本明細書の本開示に照らして、診断または健康システムは、眼科用途に限定

10

20

30

40

50

されず、概して、健康関連診断、監視、および治療法に適用されてもよいことを理解されるであろう。

【0519】

本明細書に説明される、ならびに／または添付される図に描写されるプロセス、方法、およびアルゴリズムはそれぞれ、具体的かつ特定のコンピュータ命令を実行するように構成される、1つまたはそれを上回る物理的コンピューティングシステム、ハードウェアコンピュータプロセッサ、特定用途向け回路、および／もしくは電子ハードウェアによって実行される、コードモジュールにおいて具現化され、それによって完全もしくは部分的に自動化され得ることを理解されたい。例えば、コンピューティングシステムは、具体的コンピュータ命令とともにプログラムされた汎用コンピュータ（例えば、サーバ）または専用コンピュータ、専用回路等を含むことができる。コードモジュールは、実行可能プログラムにコンパイルおよびリンクされる、動的リンクライブラリ内にインストールされ得る、または解釈されるプログラミング言語において書かれ得る。いくつかの実装では、特定の動作および方法が、所与の機能に特有の回路によって実施され得る。

10

【0520】

さらに、本開示の機能性のある実装は、十分に数学的、コンピュータ的、または技術的に複雑であるため、（適切な特殊化された実行可能命令を利用する）特定用途向けハードウェアまたは1つもしくはそれを上回る物理的コンピューティングデバイスは、例えば、関与する計算の量もしくは複雑性に起因して、または結果を実質的にリアルタイムで提供するために、機能性を実施する必要がある。例えば、ビデオは、多くのフレームを含み、各フレームは、数百万のピクセルを有し得、具体的にプログラムされたコンピュータハードウェアは、商業的に妥当な時間量において所望の画像処理タスクまたは用途を提供するようにビデオデータを処理する必要がある。

20

【0521】

コードモジュールまたは任意のタイプのデータは、ハードドライブ、ソリッドステートメモリ、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読取専用メモリ（ROM）、光学ディスク、揮発性もしくは不揮発性記憶装置、同一物の組み合わせ、および／または同等物を含む、物理的コンピュータ記憶装置等の任意のタイプの非一過性コンピュータ可読媒体上に記憶され得る。いくつかの実施形態では、非一過性コンピュータ可読媒体は、ライトフィールドプロセッサ70、ローカル処理およびデータモジュール70、遠隔処理モジュール72、および遠隔データリポジトリ74のうちの1つまたはそれを上回るものの一部であってもよい。本方法およびモジュール（またはデータ）はまた、無線ベースおよび有線／ケーブルベースの媒体を含む、種々のコンピュータ可読伝送媒体上で生成されたデータ信号として（例えば、搬送波または他のアナログもしくはデジタル伝搬信号の一部として）伝送され得、種々の形態（例えば、単一もしくは多重化アナログ信号の一部として、または複数の離散デジタルパケットもしくはフレームとして）をとり得る。開示されるプロセスまたはプロセスステップの結果は、任意のタイプの非一過性有形コンピュータ記憶装置内に持続的もしくは別様に記憶され得る、またはコンピュータ可読伝送媒体を介して通信され得る。

30

【0522】

本明細書に説明される、および／または添付される図に描写されるフロー図における任意のプロセス、ブロック、状態、ステップ、もしくは機能性は、プロセスにおいて具体的機能（例えば、論理もしくは算術）またはステップを実装するための1つもしくはそれを上回る実行可能命令を含む、コードモジュール、セグメント、またはコードの一部を潜在的に表すものとして理解されたい。種々のプロセス、ブロック、状態、ステップ、または機能性は、組み合わせられる、再配列される、追加される、削除される、修正される、または別様に本明細書に提供される例証の実施例から変更されることができる。いくつかの実施形態では、付加的または異なるコンピューティングシステムもしくはコードモジュールが、本明細書に説明される機能性のいくつかまたは全てを実施し得る。本明細書に説明される方法およびプロセスはまた、任意の特定のシーケンスに限定されず、それに関連する

40

50

ブロック、ステップ、または状態は、適切な他のシーケンスで、例えば、連続して、並行して、またはある他の様式で実施されることができ。タスクまたはイベントが、開示される例示的实施形態に追加される、またはそれから除去され得る。さらに、本明細書に説明される実装における種々のシステムコンポーネントの分離は、例証を目的とし、全ての实施形態においてそのような分離を要求するものとして理解されるべきではない。説明されるプログラムコンポーネント、方法、およびシステムは、概して、単一のコンピュータ製品においてともに統合される、または複数のコンピュータ製品にパッケージ化され得ることを理解されたい。

【0523】

前述の明細書では、本発明は、その具体的实施形態を参照して説明された。しかしながら、種々の修正および変更が、本発明のより広義の精神および範囲から逸脱することなくそこ行われ得ることが明白となるであろう。例えば、本明細書に開示される实施形態のための投影される光および画像は、液晶ディスプレイ、マイクロミラーベースのディスプレイ（例えば、DLPディスプレイ）、走査ファイバディスプレイ（FSD）、およびOLEDディスプレイを含む、種々のタイプのディスプレイによって提供されてもよい。

【0524】

明細書および図面は、故に、限定的意味ではなく、例証的であると見なされるべきである。

【0525】

実際、本開示のシステムおよび方法は、それぞれ、いくつかの革新的側面を有し、そのうちのいかなるものも、本明細書に開示される望ましい属性に単独で関与しない、またはそのために要求されないことを理解されたい。上記に説明される種々の特徴およびプロセスは、相互に独立して使用され得る、または種々の方法で組み合わせられ得る。全ての可能な組み合わせおよび副次的組み合わせが、本開示の範囲内に該当することが意図される。

【0526】

別個の实施形態の文脈において本明細書に説明されるある特徴はまた、単一の实施形態における組み合わせにおいて実装されてもよい。逆に、単一の实施形態の文脈において説明される種々の特徴もまた、複数の实施形態において別個に、または任意の好適な副次的組み合わせにおいて実装されてもよい。さらに、特徴がある組み合わせにおいて作用するものとして上記に説明され、さらに、そのようなものとして最初に請求され得るが、請求される組み合わせからの1つまたはそれを上回る特徴は、いくつかの場合では、組み合わせから削除されてもよく、請求される組み合わせは、副次的組み合わせまたは副次的組み合わせの変形例を対象とし得る。いかなる単一の特徴または特徴のグループも、あらゆる实施形態に必要もしくは必須ではない。

【0527】

見出しは、熟読のための編成上の補助として、本願全体を通して使用される。これらの見出しは、概して、見出しに記載される特定のトピックに関連し得る、方法、装置、および構造の実施例とともにグループ化し得る。しかしながら、見出し下に議論される種々の特徴は、特定のトピックに関連し得るが、見出しは、所与の見出し下に議論される特徴が、見出しに列挙されたトピックまたは複数のトピックに対してのみの可用性を限定されることを示すものと理解されるべきではないことを理解されるであろう。

【0528】

実際、種々の図（例えば、図5）に示されるように、種々の健康分析および/または療法のための構造は、同一健康システム内に共存してもよい。さらに、本明細書に開示されるように、同一特徴は、複数の健康分析および/または療法を促進するために適用されてもよい。例えば、薬品を送達するために使用される構造はまた、本明細書に開示されるように、種々の診断のために利用されてもよい。その結果、いくつかの实施形態による、健康システムは、異なる見出し下に開示される特徴の組み合わせを含む、本明細書に開示される構造特徴の種々の組み合わせを含んでもよい。加えて、健康システムは、異なる見出し下に開示されるものを含む、本明細書に開示される健康分析および療法の種々の組み合わせを実施するように構成されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 5 2 9 】

とりわけ、「～できる (c a n)」、「～し得る (c o u l d)」、「～し得る (m i g h t)」、「～し得る (m a y)」、「例えば (e . g .)」、および同等物等、本明細書で使用される条件文は、別様に具体的に記載されない限り、または使用されるような文脈内で別様に理解されない限り、概して、ある実施形態がある特徴、要素、アクション、および/またはステップを含む一方、他の実施形態がそれらを含まないことを伝えることが意図される。したがって、そのような条件文は、概して、特徴、要素、および/もしくはステップが、1つもしくはそれを上回る実施形態に対していかようにも要求されること、または1つもしくはそれを上回る実施形態が、著者の入力または促しの有無を問わず、これらの特徴、要素、および/もしくはステップが任意の特定の実施形態において含まれる、もしくは実施されるべきかどうかを決定するための論理を必然的に含むことを示唆することを意図されない。用語「～を備える」、「～を含む」、「～を有する」、および同等物は、同義語であり、非限定的方式で包括的に使用され、付加的要素、特徴、行為、動作等を除外しない。また、用語「または」は、その包括的意味において使用され(およびその排他的意味において使用されず)、したがって、例えば、要素のリストを接続するために使用されると、用語「または」は、リスト内の要素のうちの1つ、いくつか、または全てを意味する。加えて、本願および添付される請求項で使用されるような冠詞「a」、「an」、および「the」は、別様に規定されない限り、「1つまたはそれを上回る」または「少なくとも1つ」を意味するように解釈されるべきである。同様に、動作は、特定の順序で図面に描写され得るが、これは、望ましい結果を達成するために、そのような動作が示される特定の順序で、もしくは連続的順序で実施される、または全ての図示される動作が実施される必要はないと認識されるべきである。さらに、図面は、フローチャートの形態で1つまたはそれを上回る例示的プロセスを図式的に描写し得る。しかしながら、描写されない他の動作も、図式的に図示される例示的方法およびプロセス内に組み込まれることができる。例えば、1つまたはそれを上回る付加的動作が、図示される動作のいずれかの前に、その後に、それと同時に、またはその間に実施されることができる。加えて、動作は、他の実装において再配列される、または再順序付けられ得る。ある状況では、マルチタスクおよび並列処理が、有利であり得る。さらに、上記に説明される実施形態における種々のシステムコンポーネントの分離は、全ての実施形態におけるそのような分離を要求するものとして理解されるべきではなく、説明されるプログラムコンポーネントおよびシステムは、概して、単一のソフトウェア製品においてともに統合される、または複数のソフトウェア製品にパッケージ化され得ることを理解されたい。加えて、他の実装も、以下の実施例の範囲内である。いくつかの場合では、実施例に列挙されるアクションは、異なる順序で実施され、依然として、望ましい結果を達成することができる。

【 0 5 3 0 】

故に、請求項は、本明細書に示される実装に限定されることを意図されず、本明細書に開示される本開示、原理、および新規の特徴と一貫する最も広い範囲を与えられるべきである。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

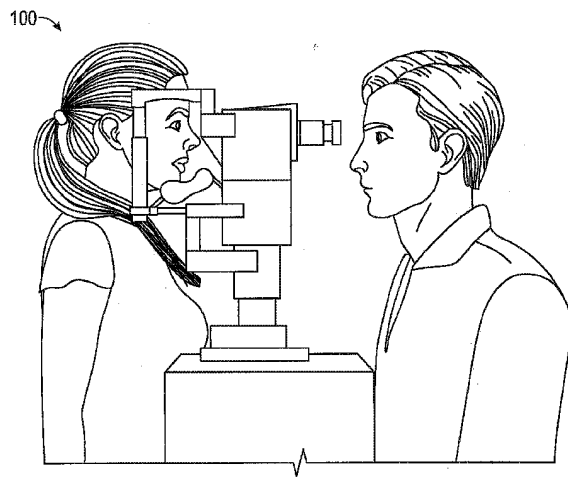


FIG. 1

【図 2】

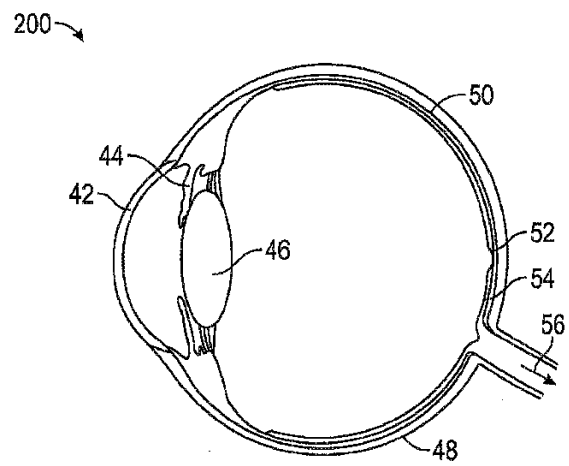


FIG. 2

【図 3 A】

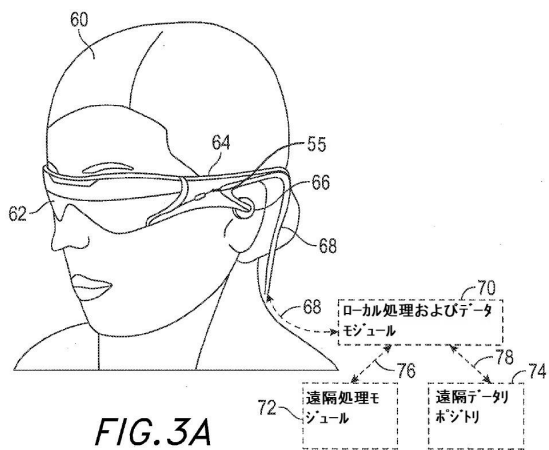


FIG. 3A

【図 3 B】

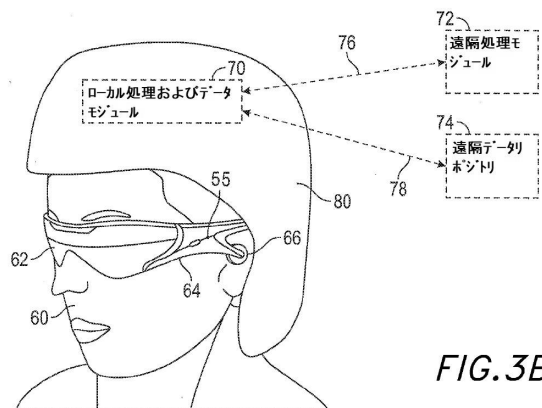


FIG. 3B

10

20

30

40

50

【図 3 C】

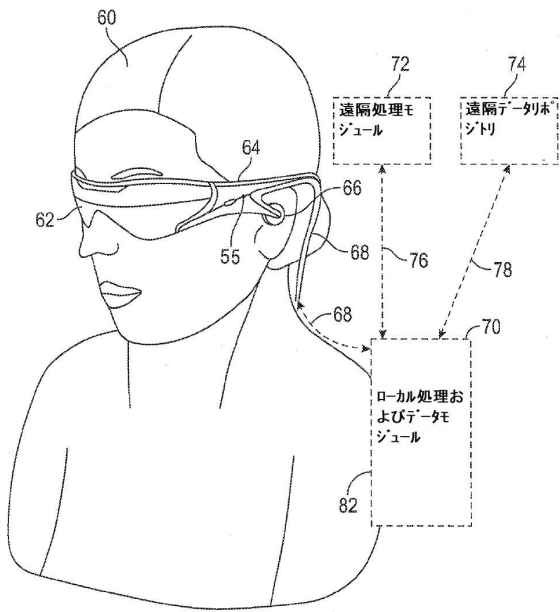


FIG. 3C

【図 3 D】

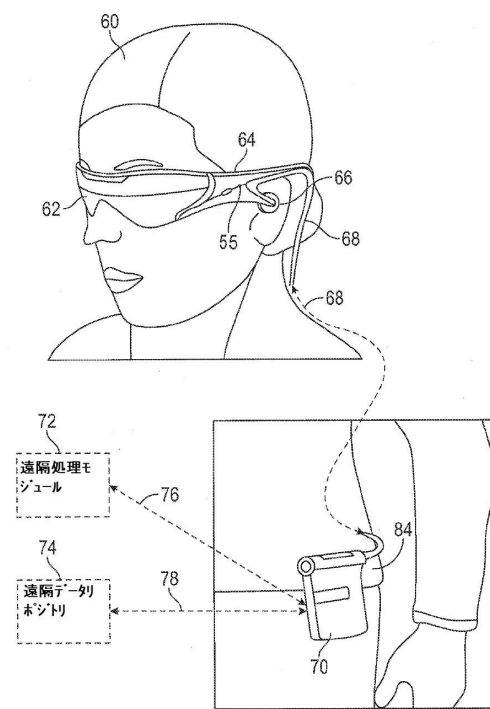


FIG. 3D

【図 4 A】

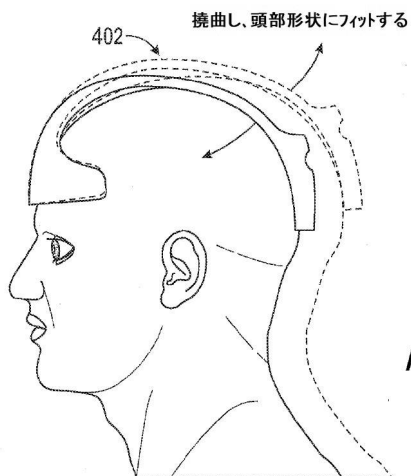


FIG. 4A

【図 4 B】

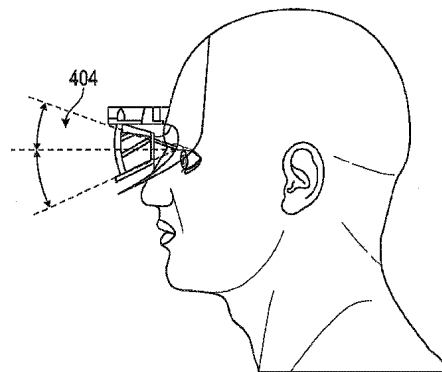


FIG. 4B

10

20

30

40

50

【図 4 C】

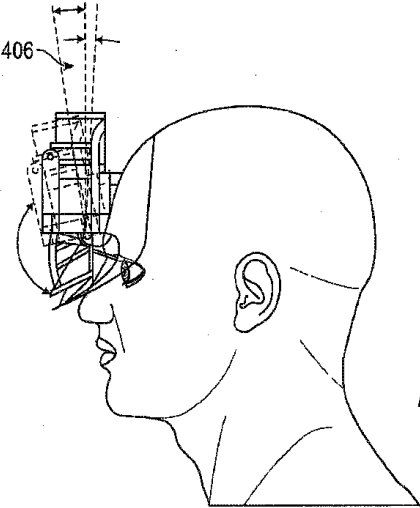


FIG.4C

【図 4 D】

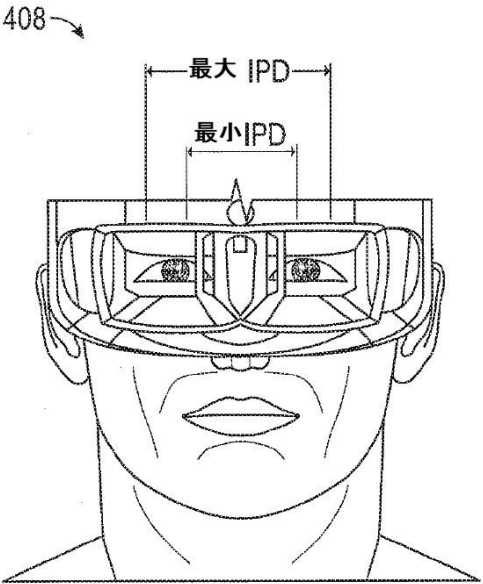


FIG.4D

【図 5】

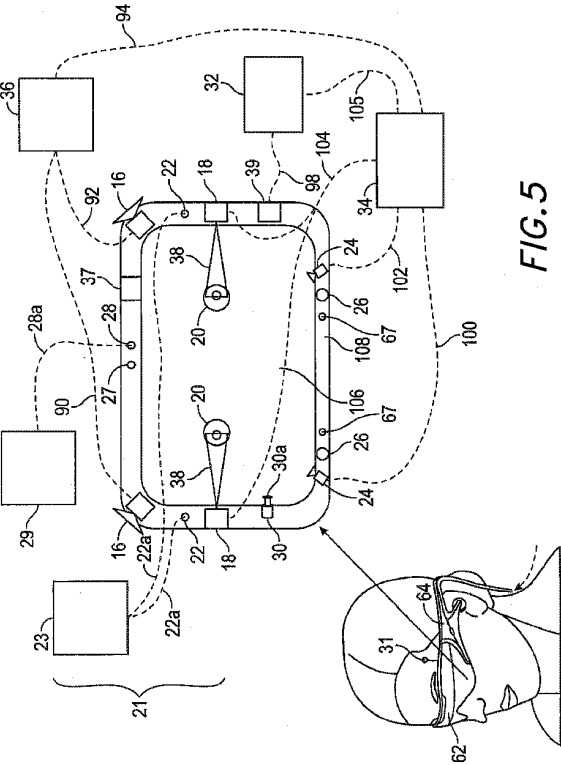


FIG.5

【図 6】

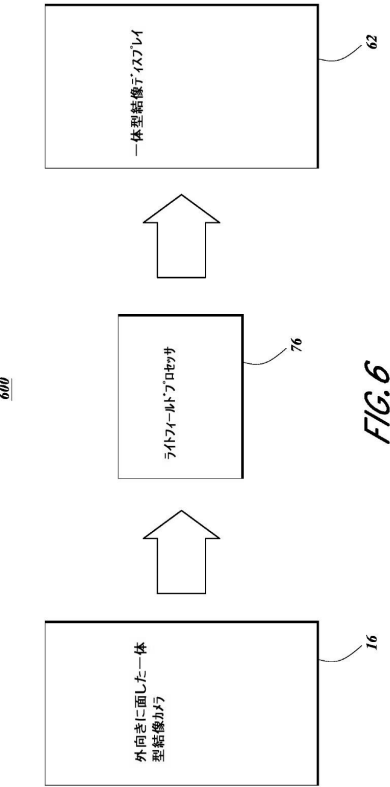


FIG.6

10

20

30

40

50

【図 7】

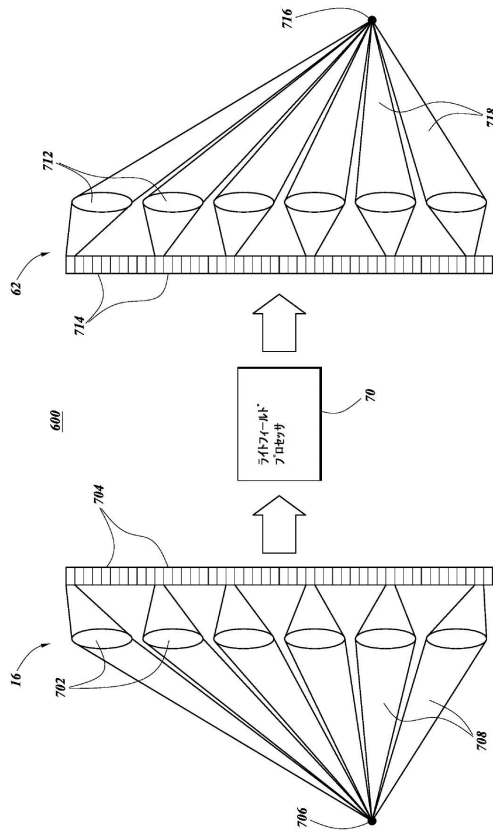


FIG. 7

【図 8】

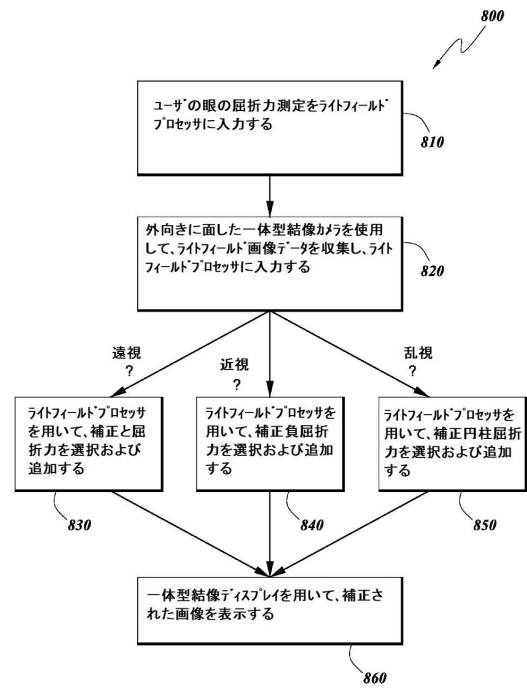


FIG. 8

【図 9 A】

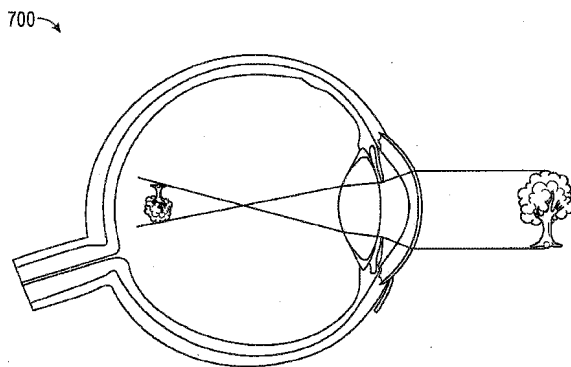


FIG. 9A

【図 9 B】

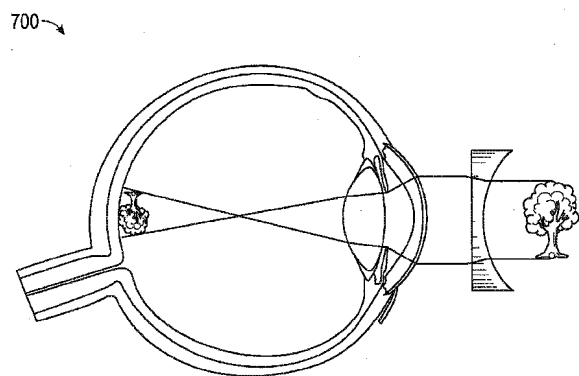


FIG. 9B

10

20

30

40

50

【図 10 A】

800

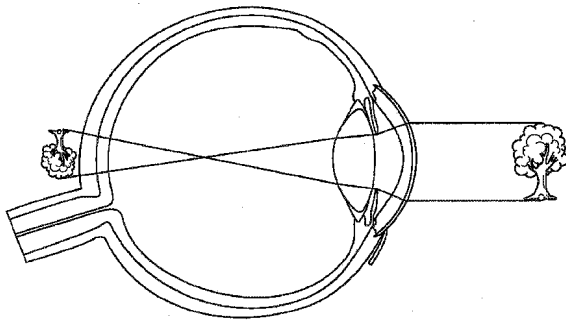


FIG. 10A

【図 10 B】

800

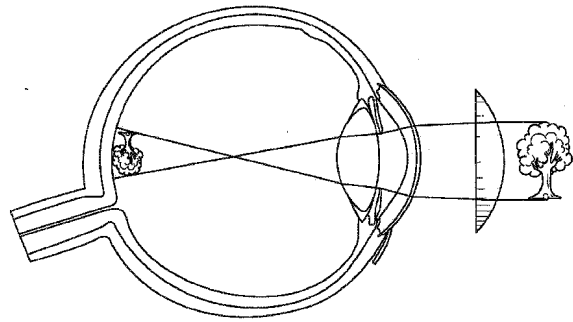


FIG. 10B

10

【図 11 A】

900

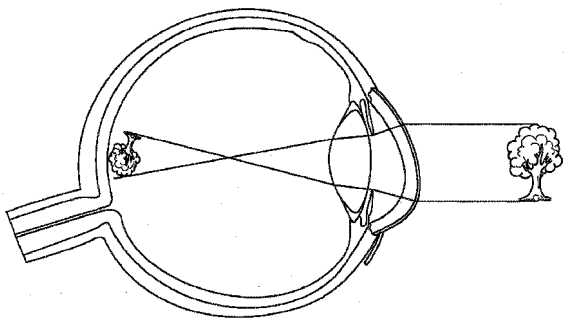


FIG. 11A

【図 11 B】

900

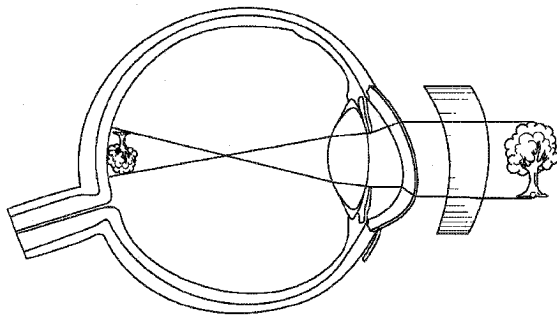


FIG. 11B

20

30

40

50

【図 12】

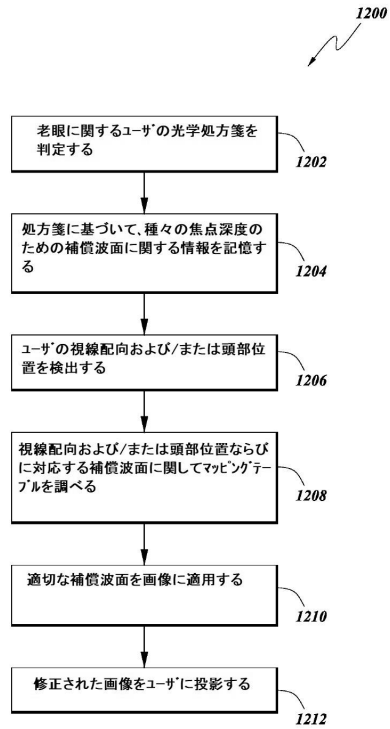


FIG. 12

【図 13】

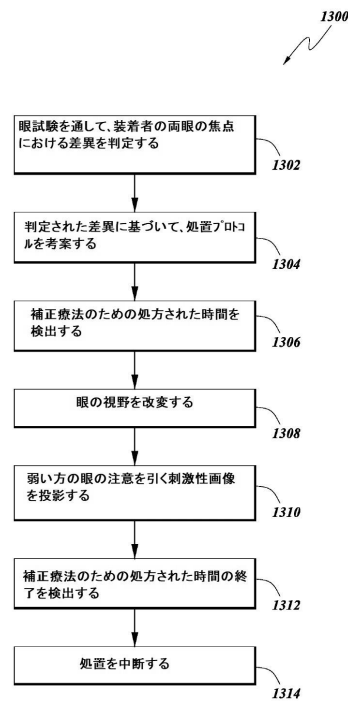


FIG. 13

【図 14】

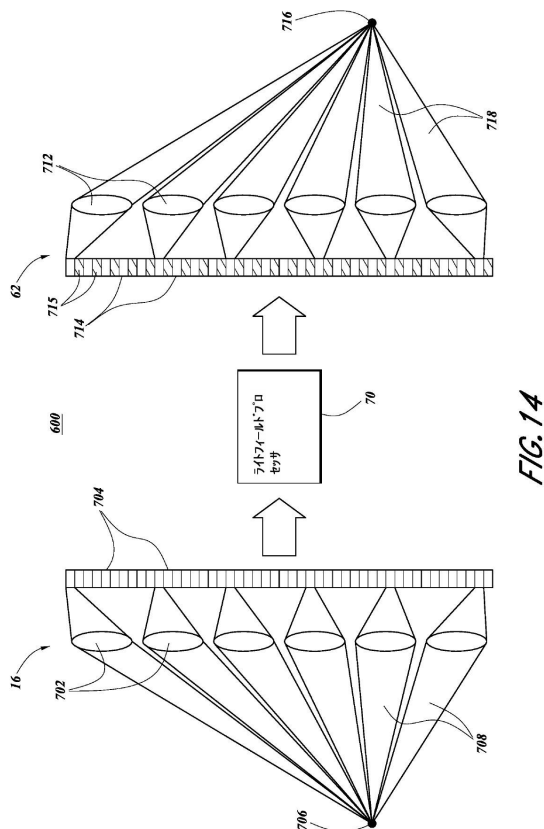


FIG. 14

【図 15】

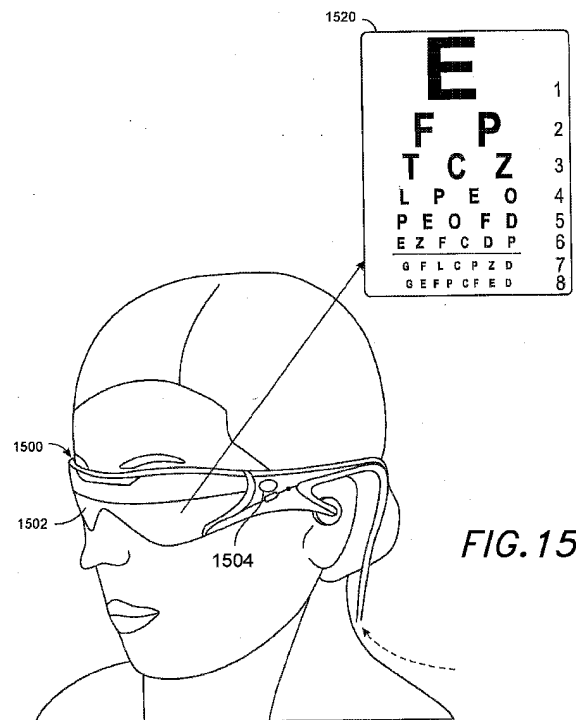


FIG. 15

10

20

30

40

50

【図 16】

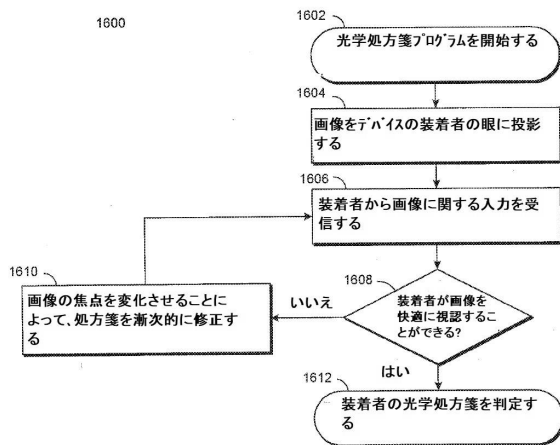


FIG. 16

【図 17】

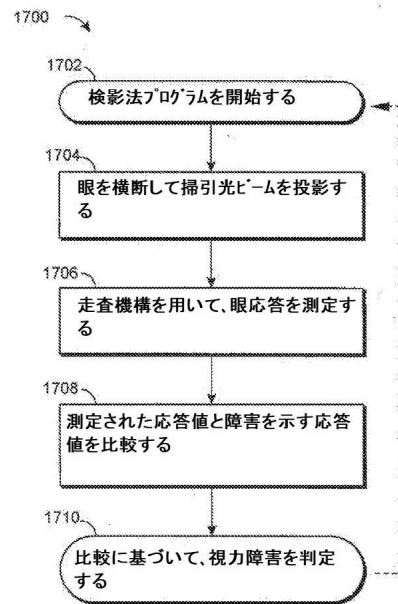


FIG. 17

【図 18 A】

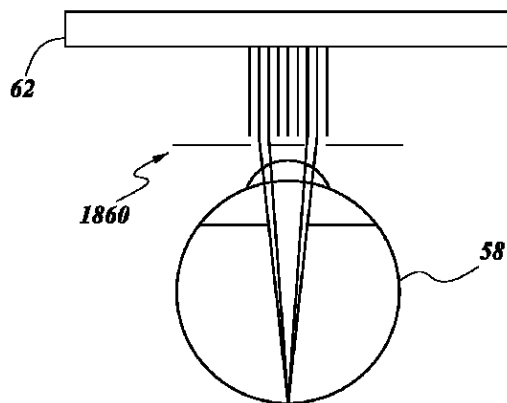


FIG. 18A

【図 18 B】

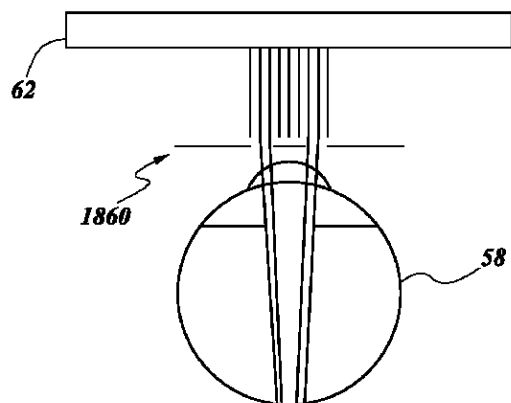


FIG. 18B

10

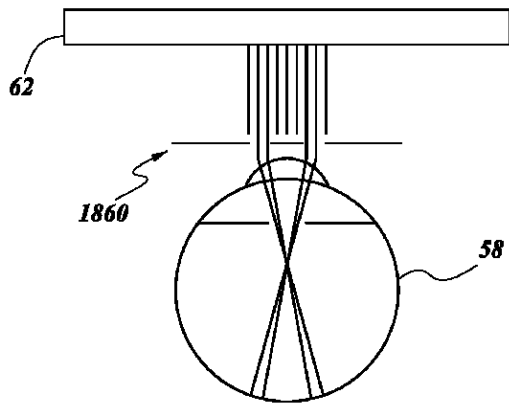
20

30

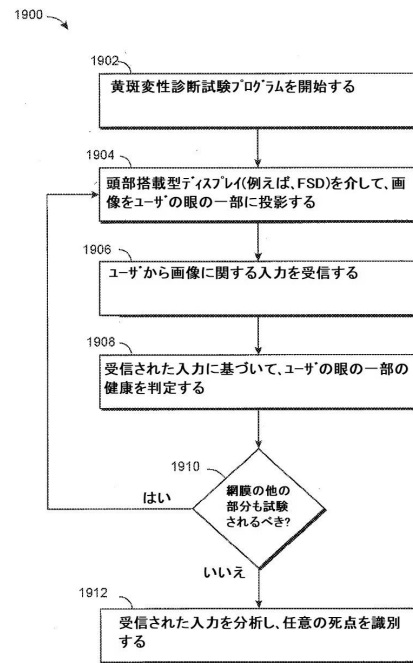
40

50

【図 18C】



【図 19】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(74)代理人 100181641

弁理士 石川 大輔

(74)代理人 230113332

弁護士 山本 健策

(72)発明者 マクナマラ, ジョン グラハム

アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ ブール
バード 7500

(72)発明者 サメック, ニコル エリザベス

アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ ブール
バード 7500

(72)発明者 ロバイナ, ナスターシャ ユー.

アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ ブール
バード 7500

(72)発明者 ベーレンロッド, エリック

アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03055, ミルフォード, センター ロード 60

(72)発明者 ハリセス, クリストファー エム.

アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03031, アマースト, ノーザン ブールバード 10,
ノースウッド エグゼク パーク, ユニット ナンバー 20

審査官 増淵 俊仁

(56)参考文献 特表2012-513604(JP,A)

特表2014-508016(JP,A)

米国特許出願公開第2016/0066780(US,A1)

米国特許出願公開第2014/0340390(US,A1)

米国特許出願公開第2016/0116979(US,A1)

米国特許出願公開第2015/0178923(US,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

A61B 3/00-3/18