

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-88892

(P2010-88892A)

(43) 公開日 平成22年4月22日(2010.4.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B 6/00 (2006.01)</b>	A 6 1 B 6/00 3 5 0 A	4 C 0 9 3
<b>A 6 1 B 19/00 (2006.01)</b>	A 6 1 B 19/00 5 0 2	

審査請求 未請求 請求項の数 38 O L 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-234539 (P2009-234539)	(71) 出願人	306037311 富士フィルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(22) 出願日	平成21年10月8日(2009.10.8)	(71) 出願人	502034198 フジフィルム メディカル システムズ ユーエスエイ インコーポレイテッド アメリカ合衆国 コネティカット州 06 902 スタンフォード ウェスト アヴ ェニュー 419
(31) 優先権主張番号	12/287, 325	(74) 代理人	100083116 弁理士 松浦 憲三
(32) 優先日	平成20年10月8日(2008.10.8)	(72) 発明者	ジェームズ アンドリュウ ツーク アメリカ合衆国、カリフォルニア州 95 663 ペンリン、イングリッシュコロニ ー 5655
(33) 優先権主張国	米国 (US)		最終頁に続く

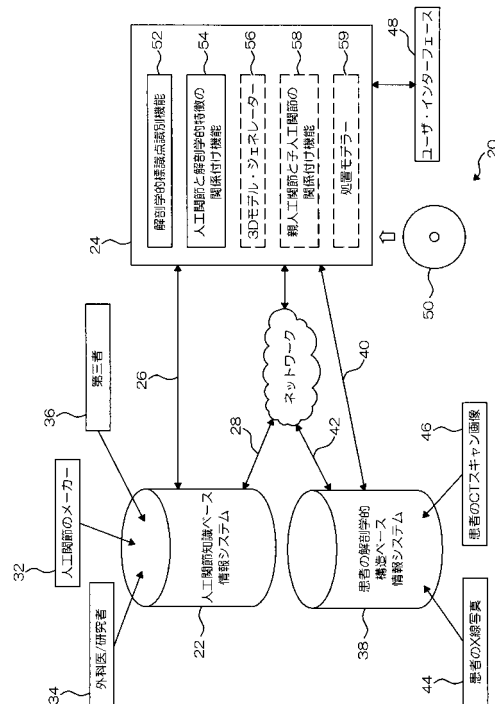
(54) 【発明の名称】 手術モデル化の方法およびシステム

(57) 【要約】

【課題】三次元モデルおよび情報に基づく二次元インターフェイスを使用する、手術モデル化の方法およびシステムを提供すること。

【解決手段】手術モデル化の方法が開示される。関連した二次元(2D)解剖画像群が表示される。複数の解剖学的標識点が関連した2D解剖画像組上で識別される。少なくとも1つの人工関節の三次元(3D)表現は、解剖学的標識点間の関係に少なくとも部分的に基づいて、2D解剖画像の縮尺に一致するように拡大縮小される。少なくとも1つの人工関節からの3D情報、ならびに複数の解剖学的標識点のうちの少なくとも1つの解剖学的標識点に基づく情報を利用して、処置ベース情報が作成される。手術モデル化のシステムも開示される。システムは、人工関節知識ベース情報システムと、患者の解剖学的構造ベース情報システムと、ユーザ・インターフェイスと、コントローラとを有する。コントローラは、解剖学的標識点識別機能、人工関節と解剖学的特徴の関係付け機能、および処置モデラーを有する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

関連した二次元（2D）解剖画像群を表示するステップと、  
 複数の解剖学的標識点を前記関連した2D解剖画像群上で識別するステップと、  
 前記解剖学的標識点間の関係に少なくとも部分的に基づいて、前記2D解剖画像の縮尺に一致するように少なくとも1つの人工関節の三次元（3D）表現を拡大縮小するステップと、

前記少なくとも1つの人工関節からの3D情報を、前記複数の解剖学的標識点の少なくとも1つに基づく情報とともに利用して、処置ベース情報を作成するステップとを含む、手術モデル化の方法。

10

## 【請求項 2】

処置ベース情報を作成するステップは、手術情報を計算するステップを含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記手術情報は、骨除去量、切断位置、人工関節挿入経路、前記少なくとも1つの人工関節と骨の接触面積、セメント量、セメントの接触面積、およびセメント位置から成る群から選択される、請求項2に記載の方法。

## 【請求項 4】

処置ベース情報を作成するステップは、前記少なくとも1つの人工関節からの情報を前記複数の解剖学的標識点からの情報と比較するステップを含む、請求項1に記載の方法。

20

## 【請求項 5】

前記少なくとも1つの人工関節からの情報を前記複数の解剖学的標識点からの情報と比較するステップが、

第1の解剖学的標識点と第2の解剖学的標識点との間の第1の距離を決定するステップと、

前記第1の解剖学的標識点と前記第2の解剖学的標識点に相当する人工関節機構との間の第2の距離を決定するステップと、

前記第1の距離と前記第2の距離との間の差としてデルタを決定するステップとを含む、請求項4に記載の方法。

30

## 【請求項 6】

前記第1の解剖学的標識点が涙痕線を含み、

前記第2の解剖学的標識点が骨盤ソケットを含み、

前記人工関節機構が寛骨臼カップの中心を含む、請求項5に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記少なくとも1つの人工関節が親人工関節および1以上の子人工関節を含み、

処置ベース情報を作成するステップが、

a) 前記親人工関節および前記1以上の子人工関節の関節可動域と、

b) 前記親人工関節、前記1以上の子人工関節、および前記複数の解剖学的標識点のうちの1以上の解剖学的標識点間の関係に基づいて、患者の関節可動域を予測するステップを含む、請求項1に記載の方法。

40

## 【請求項 8】

1以上の位置における前記患者の予測関節可動域を描写する少なくとも1つの2D画像を表示するステップをさらに含む、請求項7に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記1以上の位置が最大範囲位置を含む、請求項7に記載の方法。

## 【請求項 10】

前記患者の予測関節可動域の運動学的動画を表示するステップをさらに含む、請求項7に記載の方法。

## 【請求項 11】

前記複数の解剖学的標識点のうちの1以上の解剖学的標識点を使用して、前記関連した

50

2 D 解剖画像群から 3 D 解剖モデルを作成するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 2】

人工関節知識ベース情報システムと、  
患者の解剖学的構造ベース情報システムと、  
ユーザ・インターフェースと、  
コントローラであって、  
a) 解剖学的標識点識別機能と、  
b) 人工関節と解剖学的特徴の関係付け機能と、  
c) 処置モデラーと、を含むコントローラと、

10

を備える、手術モデル化のシステム。

【請求項 1 3】

前記人工関節知識ベース情報システムが、人工関節の 3 D モデル、前記人工関節の回転点、前記人工関節の機能軸、前記人工関節の動き、前記人工関節の向き、前記人工関節の並進移動、前記人工関節の回転、前記人工関節の支持寸法、前記人工関節の材料情報、前記人工関節の位置情報、および前記人工関節の自由度から成る群から選択された、少なくとも 1 つのデータ・フィールドを有するデータベースを含む、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 4】

前記患者の解剖学的構造ベース情報システムが、X 線写真、CT スキャン画像、患者画像、解剖学的標識点、および解剖学的機能軸から成る群から選択された、少なくとも 1 つのデータ・フィールドを有するデータベースを含む、請求項 1 2 に記載のシステム。

20

【請求項 1 5】

前記解剖学的標識点識別機能が、ユーザが前記ユーザ・インターフェースを通じて手動で 1 以上の解剖学的標識点を識別できるように構成される、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 6】

前記ユーザ・インターフェースが、前記 1 以上の解剖学的標識点が識別される関連した 2 D 解剖画像群を含む、請求項 1 5 に記載のシステム。

【請求項 1 7】

前記解剖学的標識点識別機能が、前記 1 以上の解剖学的標識点を自動的に識別するように構成される、請求項 1 2 に記載のシステム。

30

【請求項 1 8】

前記コントローラが三次元 (3 D) モデル・ジェネレーターをさらに含む、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 9】

前記 3 D モデル・ジェネレーターが、前記関連した 2 D 解剖画像群から少なくとも 2 つの画像を利用して、3 D 解剖モデルを作成するように構成される、請求項 1 8 に記載のシステム。

【請求項 2 0】

前記 3 D 解剖モデルが三次元で配置された解剖学的標識点を含む、請求項 1 9 に記載のシステム。

40

【請求項 2 1】

前記人工関節と解剖学的特徴の関係付け機能が、前記人工関節知識ベース情報システムから、前記 3 D 解剖モデルと 3 D 人工関節モデルとの間の 3 D 関係を決定するように構成される、請求項 2 0 に記載のシステム。

【請求項 2 2】

前記コントローラが、親人工関節と子人工関節の関係付け機能をさらに含む、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 2 3】

50

前記親人工関節と子人工関節の関係付け機能が、前記人工関節知識ベース情報システムならびに前記3D解剖モデルから、前記人工関節モデルと子人工関節モデルとの間の3D関係を決定するように構成される、請求項22に記載のシステム。

【請求項24】

前記処置モデラーが手術情報を計算するように構成される、請求項12に記載のシステム。

【請求項25】

前記手術情報が、骨除去量、切断位置、人工関節挿入経路、前記少なくとも1つの人工関節と骨の接触面積、セメント量、セメント接触面積、およびセメント位置から成る群から選択される、請求項24に記載のシステム。

10

【請求項26】

前記処置モデラーが、前記少なくとも1つの人工関節からの情報を、前記複数の解剖学的標識点からの情報と比較するように構成される、請求項12に記載のシステム。

【請求項27】

前記処置モデラーが、

a) 親人工関節および1以上の子人工関節の関節可動域と、

b) 前記親人工関節、前記1以上の子人工関節、および前記解剖学的標識点識別機能によって識別される複数の解剖学的標識点のうち1以上の解剖学的標識点の関係に基づいて、患者の関節可動域を予測するように構成される、請求項12に記載のシステム。

20

【請求項28】

関連した二次元(2D)解剖画像群を表示する命令と、

複数の解剖学的標識点を前記関連した2D解剖画像群上で識別する命令と、

前記解剖学的標識点間の関係に少なくとも部分的に基づいて、前記2D解剖画像の縮尺に一致するように少なくとも1つの人工関節の三次元(3D)表現を拡大縮小する命令と、

前記少なくとも1つの人工関節からの3D情報を、前記複数の解剖学的標識点のうち少なくとも1つの解剖学的標識点に基づく情報とともに利用して、処置ベース情報を作成する命令とを含む、手術モデル化のための機械可読媒体上で具体化される機械実行可能命令群。

30

【請求項29】

処置ベース情報を作成することが手術情報を計算することを含む、請求項28に記載の機械実行可能命令群。

【請求項30】

前記手術情報が、骨除去量、切断位置、人工関節挿入経路、前記少なくとも1つの人工関節と骨の接触面積、セメント量、セメント接触面積、およびセメント位置から成る群から選択される、請求項29に記載の機械実行可能命令群。

【請求項31】

処置ベース情報を作成することが、前記少なくとも1つの人工関節からの情報を前記複数の解剖学的標識点からの情報と比較することを含む、請求項28に記載の機械実行可能命令群。

40

【請求項32】

前記少なくとも1つの人工関節からの情報を前記複数の解剖学的標識点からの情報と比較することが、

第1の解剖学的標識点と第2の解剖学的標識点との間の第1の距離を決定することと、

前記第1の解剖学的標識点と前記第2の解剖学的標識点に相当する人工関節機構との間の第2の距離を決定することと、

前記第1の距離と前記第2の距離との間の差としてデルタを決定することとを含む、請求項31に記載の機械実行可能命令群。

【請求項33】

前記第1の解剖学的標識点が涙痕線を含み、

50

前記第 2 の解剖学的標識点が骨盤ソケットを含み、  
前記人工関節機構が寛骨臼カップの中心を含む、請求項 3 2 に記載の機械実行可能命令群。

【請求項 3 4】

前記少なくとも 1 つの人工関節が親人工関節および 1 以上の子人工関節を含み、  
前記処置ベース情報を作成することが、  
a) 前記親人工関節および前記 1 以上の子人工関節の関節可動域と、  
b) 前記親人工関節、前記 1 以上の子人工関節、および前記複数の解剖学的標識点のうちの 1 以上の解剖学的標識点の間の関係に基づいて、患者の関節可動域を予測することを含む、請求項 2 8 に記載の機械実行可能命令群。

10

【請求項 3 5】

1 以上の位置における前記患者の予測関節可動域を描写する少なくとも 1 つの 2 D 画像を表示することをさらに含む、請求項 3 4 に記載の機械実行可能命令群。

【請求項 3 6】

前記 1 以上の位置が最大範囲位置を含む、請求項 3 4 に記載の機械実行可能命令群。

【請求項 3 7】

前記患者の予測関節可動域の運動学的動画を表示することをさらに含む、請求項 3 4 に記載の機械実行可能命令群。

【請求項 3 8】

前記複数の解剖学的標識点のうちの 1 以上の解剖学的標識点を使用して、前記関連した 2 D 解剖画像群から 3 D 解剖モデルを作成することをさらに含む、請求項 2 8 に記載の機械実行可能命令群。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

請求の発明は、手術モデル化の方法に関し、より具体的には、三次元モデルおよび情報に基づく二次元インターフェースを使用する、手術モデル化の方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

ベビーブーム世代が高齢化するにつれて、股関節置換手術の数が増加すると予想される。2001年には、国立健康統計センターによれば、米国の病院で約165,000例の股関節置換術が行われ、326,000例の膝関節置換術が行われた。関節置換術患者の大多数は依然として60歳以上に分類されるものの、より多数の人々が10年または20年早く手術を受けることを決断している。

30

【0003】

股関節置換手術を受けようとする人々の約70パーセントは、関節の滑らかで摩擦の少ない動きを可能にする保護クッションとして作用する組織である軟骨を損傷する、一般的な慢性疾患である重度の変形性関節症を持っている。変形性関節症は、長期的な膝関節炎の主要原因であり、膝関節置換の最も一般的な理由である。65歳以下では、女性がこの疾患をもつ可能性は男性の5倍である。

40

【0004】

外科医が関節を置換するときの共通の目標は、不快感および回復時間を最小限に抑え、新しい関節を適切に取り付けながら関節移植片を成功裡に取り付けるのにかかる時間を低減して、置換関節の寿命を最大限にする材料および技術を使用して可能な限り最良の患者の関節可動域を提供することである。この目的のため、外科医が最良の関節置換の選択肢を適切に選択し、それがどのようにして移植され、動き、患者に影響を与えるかを実際の手術に先立って見積もることができるように、術前モデル化は関節置換プロセスの重要なステップである。

【0005】

50

残念なことに、多くの現行の術前技術は、人工関節をアセテート描写 (acetate portrayals) し、それを次に二次元 X 線写真の上に重ねることに基づく静的な二次元要件に適合する、人工関節を選択することにのみ焦点を置いている。例えば、股関節置換の場合、寛骨臼移植片の配置およびサイズ選択のための現行の計画は、アセテート・テンプレート (acetate templates) と、骨盤の単一の前後軸 X 線写真とを使用して行われる。寛骨臼のテンプレート化は、寛骨臼構成要素のおおよそのサイズを判断するのに最も一般的に行われるものであるが、移植片の理想位置を精密に決定すること、またはそのような配置が患者に対して与える影響にはほとんど労力が払われていない。

#### 【0006】

精密なモデル化がなければ、外科医は、実際の手術において、現在ある骨および/または組織のどこを除去するか、ならびにどの程度除去するかを決める際、不確実性に直面することがある。そのような不確実性により、経験の浅い外科医の場合のリスクが高くなり、また、経験を積んだ外科医も、より古い技術を用いた手術経験により一層の自信を持っているため、より新しい改良された関節置換の選択肢を使用しない。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

したがって、外科医が外科的関節置換術をより精密にモデル化できるようにする方法およびシステムが依然として必要とされている。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

手術モデル化の方法が開示される。関連した二次元 (2D) 解剖画像群が表示される。その関連した 2D 解剖画像群上で複数の解剖学的標識点が識別される。少なくとも 1 つの人工関節の三次元 (3D) 表現は、解剖学的標識点間の関係に少なくとも部分的に基づいて、2D 解剖画像の縮尺に一致するように拡大縮小される。少なくとも 1 つの人工関節からの 3D 情報を、複数の解剖学的標識点の少なくとも 1 つに基づき情報とともに利用して、処置ベース情報が (procedure-based information) 作成される。

#### 【0009】

手術モデル化のシステムも開示される。そのシステムは、人工関節知識ベース情報システム (prosthesis knowledge-based information system) と、患者の解剖学的構造ベース情報システム、ユーザ・インターフェースと、コントローラとを有する。コントローラは、解剖学的標識点識別機能と、人工関節と解剖学的特徴の関係付け機能 (prosthesis-to-anatomical-feature relator) と、処置モデラー (procedure modeler) とを有する。

#### 【0010】

手術モデル化のための機械可読媒体上で具体化された機械実行可能命令群 (machine executable instructions) がさらに開示される。機械実行可能命令群は、関連した二次元 (2D) 解剖画像群を表示する命令を含む。機械実行可能命令群はさらに、その関連した 2D 解剖画像群上で複数の解剖学的標識点を識別する命令を含む。機械実行可能命令群はさらに、少なくとも 1 つの人工関節の三次元 (3D) 表現を、解剖学的標識点間の関係に少なくとも部分的に基づいて、2D 解剖画像の縮尺に一致するように拡大縮小する命令を含む。機械実行可能命令群はまた、少なくとも 1 つの人工関節からの 3D 情報を、複数の解剖学的標識点の少なくとも 1 つに基づき情報とともに利用して、処置ベース情報を作成する命令を含む。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図 1】手術モデル化のシステムの一実施形態を示す概略図である。

10

20

30

40

50

【図 2】人工関節の一実施形態を示す概略図である。

【図 3】二次元画像上で識別された解剖学的標識点の一実施形態を示す概略図である。

【図 4】三次元的に拡大縮小された人工関節の二次元表現を表示するユーザ・インターフェースの一実施形態を示す図である。

【図 5】異なる視点からの二次元解剖画像の実施形態を示す概略図である。

【図 6】図 4 の三次元的に拡大縮小された人工関節を回転させたものの二次元表現を表示するユーザ・インターフェースの一実施形態を示す図である。

【図 7】図 5 の人工関節に関して三次元的に拡大縮小された子人工関節の二次元表現を表示するユーザ・インターフェースの一実施形態を示す図である。

【図 8】複数の三次元的に拡大縮小された人工関節の二次元表現を表示するユーザ・インターフェースの一実施形態を示す図である。

10

【図 9】図 9 A および 9 B は、手術モデル化の一部としての処置ベース情報を作成する一実施形態を示す図である。

【図 10】手術モデル化の一部としての処置ベース情報を作成する別の実施形態を示す図である。

【図 11】手術モデル化の方法の一実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

説明を分かりやすくするために、場合に応じて図面中で対応する特徴を示すために同じ参照番号を用いており、また、特徴をより良く示すため、図面中の様々な要素は必ずしも縮尺どおりに描かれていない。

20

【0013】

図 1 は、手術モデル化のシステム 20 の一実施形態を概略的に示す。システム 20 は、人工関節知識ベース情報システム 22 を有する。いくつかの実施形態では、人工関節知識ベース情報システム 22 は、スタンドアロン型のデータベースか、または、システムのコントローラ 24 が、直接アクセス可能 (26) な、もしくは例えばネットワーク 30 を通じて遠隔アクセス可能 (28) な機械可読ファイルの組であってもよい。他の実施形態では、人工関節知識ベース情報システム 22 は、局所的にもしくは内部で利用可能なデータベース、または機械可読ファイルの組であってもよい。人工関節知識ベース情報システム 22 は、ランダム・アクセス・メモリ (RAM)、読み出し専用メモリ (ROM)、書換可能フラッシュ・メモリ、磁気媒体、およびオプションで CD や DVD などの光学的読み出し/書き込み可能媒体、またはそれらのあらゆる組合せを含むがそれらに限定されない、様々なコンピュータ可読媒体上に存在してもよい。人工関節知識ベース情報システム 22 のための 1 以上のコンピュータ可読媒体は、システム 20 に恒久的に組み込まれるか、または取外し可能に組み込まれてもよい。

30

【0014】

人工関節知識ベース情報システム 22 は、1 以上の人工関節と関連付けられた三次元 (3D) 情報を格納する。例えば、人工関節知識ベース情報システム 22 は、人工関節の体積、表面積、および形状を定義する情報を格納してもよい。人工関節の回転点の定義、または人工関節の 1 以上の機能軸のような、人工関節に関連する解剖学的情報も格納されてもよい。人工関節知識ベース情報システム 22 は、使用法に関する注記、人工関節の特徴、及び人工関節の寸法など、人工関節の表示情報を格納してもよい。人工関節知識ベース情報システム 22 はまた、モデル上に表示可能な、人工関節モデルに関する特定位置を格納してもよい。人工関節知識ベース情報システム 22 はさらに、人工関節材料情報を格納してもよい。他の実施形態では、人工関節知識ベース情報システム 22 は、1 つの人工関節 (親人工関節) が別の人工関節 (子人工関節) にどのように関係するかを定義する情報を格納してもよい。2 つ以上の関連した人工関節を一緒に使用した際の互いの相対的に必要な位置、および相対的に移動可能である場合に想定できる自由度を規定して、2 以上の関連した人工関節についての位置情報を定義してもよい。

40

【0015】

50

例えば、図 2 は、股関節置換術に使用可能なくつかの人工関節要素の一実施形態を示す。人工関節ステム 60 は親人工関節として定義されてもよく、その表面積、体積、および形状は、人工関節知識ベース情報システム 22 に格納されてもよい。人工関節ステム（柄）は、システム 20 内で定義可能かつ表示可能である機能軸 62 を有してもよい。この実施形態では、他の人工関節要素の 1 つは、人工関節ステムの首部 66 に付着する人工関節ボール 64 である。この場合、ボール 66 の位置はステム 60 の位置によって制約されるので、ボール 66 は親ステム人工関節 60 の子人工関節として定義されてもよい。この実施形態におけるさらなる人工関節要素は、骨盤ソケット内に取り付けることができる寛骨臼カップ 68 である。寛骨臼カップ 68 は、関連付けられた回転中心 70 を有してもよい。この実施形態における別の人工関節要素は、ボール 64 の軸受面となるように寛骨臼カップ 68 に嵌合する軸受ライナー 72 である。軸受ライナー 72 は、寛骨臼カップ 70 の子人工関節として、またはボール 64 を通じてステム 60 の子として定義されてもよい。同様に、寛骨臼カップ 70 は、ボール 64 および軸受ライナー 72 を通じてステム 60 の子として、またはステム親人工関節に対して定義された関係を有するそれ自体の親人工関節として定義されてもよい。様々な親および子人工関節に関して、人工関節知識ベース情報システム 22 において指定された関係は、それらが互いにどのように相関するか、またそれらが互いに対してどのように固定され、または可動であるのかを定義する。

10

#### 【0016】

図 1 に戻ると、人工関節知識ベース情報システム 22 に格納される情報は、人工関節のメーカー 32 によって、または外科医、臨床医、もしくは研究者 34 によって、更新または提供されてもよい。他の実施形態では、人工関節知識ベース情報システム 22 に格納される情報は、そのような能力を有さないメーカーまたは外科医に代わって既存の人工関節をモデル化することができるサービス提供者など、第三者 36 によって提供されてもよい。

20

#### 【0017】

手術モデル化のシステム 20 はまた、患者の解剖学的構造ベース情報システム 38 を有する。いくつかの実施形態では、患者の解剖学的構造ベース情報システム 38 は、スタンドアロン型のデータベースか、または、システムのコントローラ 24 が、直接アクセス可能（40）な、もしくは例えばネットワーク 30 を通じて遠隔アクセス可能（42）な機械可読ファイル群であってもよい。他の実施形態では、患者の解剖学的構造ベース情報システム 38 は、局所的にもしくは内部で利用可能なデータベース、または機械可読ファイル群であってもよい。患者の解剖学的構造ベース情報システム 38 は、ランダム・アクセス・メモリ（RAM）、読み出し専用メモリ（ROM）、書換可能フラッシュ・メモリ、磁気媒体、およびオプションで CD や DVD などの光学的読み出し/書込み可能媒体、またはそれらのあらゆる組合せを含むがそれらに限定されず、様々なコンピュータ可読媒体上に存在してもよい。患者の解剖学的構造ベース情報システム 38 のための 1 以上のコンピュータ可読媒体は、システム 20 に恒久的に組み込まれるか、または取り出し可能に組み込まれてもよい。

30

#### 【0018】

患者の解剖学的構造ベース情報システム 38 は、1 人または複数の患者の解剖学的構造と関連付けられた情報を格納する。これは、X 線写真 44 あるいは CT スキャン画像 46 などの患者画像を含んでもよい。患者の解剖学的構造ベース情報システム 38 に格納される解剖学的情報はまた、患者画像の 1 つもしくは複数と関連付けられた解剖学的標識点および/または解剖学的機能軸を含んでもよい。患者の解剖学的構造ベース情報システム 38 はまた、例えばユーザ・インターフェース 48 および/またはコントローラ 24 を通じて、外科医または他の医療従事者によって提供されるような、患者に関する注記を格納してもよい。患者の解剖学的構造ベース情報システム 38 はさらに、各患者について、人工関節知識ベース情報システム 22 から可能な移植として選択された 1 以上の人工関節に対するリンクを格納してもよい。さらに、患者の解剖学的構造ベース情報システム 38 は、システム 20 の動作中にコントローラ 24 によって生成される、患者の画像 44、46 お

40

50

よびそれに関連付けられた1以上の人工関節に基づく情報を格納してもよい。システム20が展開してもよい手術モデル化に関連する特定のタイプの情報を、そのような機能性を検討しながらより詳細に後述する。

#### 【0019】

システムはまた、例えば機械可読媒体50からの機械可読命令を実行することができるプロセッサ24を有する。機械可読媒体50の非限定例としては、ディスク、ハード・ドライブ、光学ドライブ、磁気ドライブ、CD、DVD、フラッシュ・メモリ、RAM、ROM、またはそれらのあらゆる組合せが挙げられる。機械可読媒体50は、コントローラから取外し可能であるか、コントローラ24に対して遠隔で利用可能であるか、コントローラ24に恒久的に組み込まれるか、またはコントローラ24に統合されてもよい。コントローラ24は、マイクロプロセッサ、コンピュータ、特定用途向け集積回路(ASIC)、アナログ回路構成、デジタル回路構成、またはそれらのあらゆる組合せもしくは複数個のそれらのものであってもよい。コントローラ24は、単一ユニットであっててもよく、または分散型デバイスであっててもよい。

10

#### 【0020】

システム20は、関連した二次元(2D)解剖画像群をユーザ・インターフェース48上に表示する。関連した2D画像群は、例えば、患者のX線写真、または患者のCTスキャンから得た画像であっててもよい。関連した2D解剖画像群のうちの2以上がユーザ・インターフェース上に一度に表示されてもよく、または1つの画像が一度に表示されてもよい。コントローラ24は解剖学的標識点識別機能52を有する。対象となる実際の解剖学的標識点は、考慮されている特定の人工関節、および人工関節が取って代わる関連付けられた解剖学的構造に応じて変わり得る。例えば、股関節置換の場合、対象の解剖学的標識点は、骨盤ソケット、涙痕線(tear drop line)、大転子、小転子、大腿骨頭、転子間稜(femoral ridge)、および解剖学的機能軸を含んでもよい。ある実施形態では、解剖学的標識点識別機能52は、表示画面上に提示された1以上の画像における標識点の位置を示すことによって、1以上の解剖学的標識点をユーザが手動で識別できるように構成される。他の実施形態では、解剖学的標識点識別機能52は、いくつかの解剖学的標識点を自動的に識別するように構成されてもよい。様々な自動的な標識点識別方法が当業者には知られている。さらなる実施形態では、解剖学的標識点識別機能52は、手動および自動的方法の組合せを使用して、解剖学的標識点を識別するように構成されてもよい。解剖学的標識点識別機能52はまた、縮尺の表現のため、患者画像に寸法を入力できるように構成されてもよい。図3は、二次元解剖画像74上で識別されている2つの解剖学的標識点の一例を示す。涙痕線76は画像内における骨盤の真の傾き/回転を表す。骨盤ソケット78は骨盤内における大腿骨の回転中心である。システムのユーザに対して表示される1以上の2D画像74は、X線写真または3DCT画像の組から得た2D画像スライスなど、元の2D画像であっててもよい。

20

30

#### 【0021】

図1に戻ると、コントローラ24は、人工関節知識ベース情報システム22から1以上の所望の人工関節をユーザが選択できるように構成されてもよい。3D人工関節の2D表現は、ユーザ・インターフェース48の1以上の患者画像上に表示される。コントローラ24はまた、人工関節と解剖学的特徴の関係付け機能54を有する。人工関節と解剖学的特徴の関係付け機能54は、2D表現を作成する前に、解剖画像の縮尺に一致するように3D人工関節を拡大縮小するように構成されてもよい。人工関節と解剖学的特徴の関係付け機能54は、解剖学的特徴点識別機能52からの測定値に基づいて画像の縮尺を決定してもよい。一例として、図4は、三次元的に拡大縮小された人工関節80の二次元表現を表示するユーザ・インターフェースの一実施形態を示す。拡大縮小された人工関節80はまた、人工関節80の1以上の回転軸を概略的に示す特徴要素82A、82Bを含んでもよい。ユーザ・インターフェース48は、拡大縮小された人工関節80が画像84内で動き回ることができるように構成されてもよい。

40

#### 【0022】

50

図 1 に戻ると、システムは、オプションで、3Dモデル・ジェネレーター 56 を有してもよい。3Dモデル・ジェネレーター 56 は、関連した2D解剖画像群から少なくとも2つの画像を利用して、3D解剖モデルを作成するよう構成されてもよい。図 5 は、図 8 6 A、8 6 B それぞれの上に重ねられた3D人工関節 90 の2D表現を有する大腿骨 88 の2つの2D解剖画像を概略的に示す。説明を容易にするため、2つの解剖学的標識点 92、94 が図上で識別されており、解剖学的標識点 92、94 の間の縮尺が決定されている。図 9 2、9 4 の間の角度差の決定、縮尺についての知識、および1以上の解剖学的標識点の位置についての知識に基づいて、3Dモデル・ジェネレーターは、様々な既知の3D解剖モデルに対する既知の地点の適合を展開するか、または、2D画像からの既知の制約に従うように最も適合する3Dモデルを修正することができる。その結果は、より精密な手術計画に使用することができる3D解剖モデル 96 である。二次元画像群から三次元モデルを生成する様々な技術が当業者には知られている。3D解剖モデル 96 は、3D内にある解剖学的標識点 92、94 を含んでもよい。さらに、人工関節と解剖学的特徴の関係付け機能 54 は、3D親人工関節に対する3D内にある解剖学的標識点間の関係を表示してもよい。例えば、切断線 91 など、人工関節 90 上の仮想基準線は、大腿骨頭 92 などの解剖学的標識点に対して自動的に参照付けられてもよい。例えば 93 A、93 B、および 93 C など、切断線に対する距離が表示されてもよい。切断線 91 は、人工関節知識ベース情報システム 22 からの規格ごとに人工関節にリンクされてもよく、またオプションで、モデル化システム 20 を使用して医療従事者によって修正されてもよい。人工関節を取り付けるための切断線の決定は、システムによって作成される処置ベース情報の一例にすぎない。

10

20

#### 【0023】

3D解剖モデル 96 を展開する実施形態はまた、人工関節と解剖学的特徴の関係付け機能 54 が、3D解剖モデル 96 と、人工関節知識ベース情報システム 22 からの3D人工関節モデルとの間の3D関係を決定できるように構成されてもよい。三次元での関係を決定する場合、人工関節と解剖学的特徴の関係付け機能 54 は、上述した従来技術の欠点を解消した3D関係の2D表現をさらに精密に作成できる。解剖モデル 96 と人工関節との間の精密な3D関係を利用して、システムは、異なる画像内で人工関節を動かすだけでなく、例えば6方向の自由度で人工関節を回転させるように構成されてもよい。回転はまた、オプションで、所望の軸に、例えば人工関節の機能軸に制約されてもよい。図 6 は、図 4 の三次元的に拡大縮小された人工関節を回転させたものの二次元表現を表示するユーザ・インターフェースの一実施形態を示す。図 4 の軸線 82 A、82 B は図 6 では整列されているが、2D図 9 8 の人工関節 80 は、3D解剖モデル 96 と3D人工関節モデルとの関係に基づく3D計算に基づいて、精密に調節されている。

30

#### 【0024】

図 1 に戻ると、プロセッサ 24 は、オプションで、親人工関節と子人工関節の関係付け機能 (prosthesis - parent - to - prosthesis - child - relator) 58 を有してもよい。親人工関節と子人工関節の関係付け機能 58 は、人工関節知識ベース情報システム 22 から、ならびに3D解剖モデルから、親人工関節モデルと子人工関節モデルとの3D関係を決定するように構成されてもよい。図 7 が示すように、親人工関節 80 が一旦配置され、その位置が3D内で既知となると、子人工関節 100 がその制約に従って3Dモデルに含まれてもよい。子人工関節 100 (ボール) の場合、子人工関節は親人工関節 80 (ステム) に対して固定される。システム 20 は、この3D関係の精密な2D表現を表示することができ、また、システム 20 を操作する医療従事者は、単に親を動かしてそれに対応する子の動きを作り出せばよい。図 8 は、親人工関節 80 に関連付け可能な複数の子人工関節 100、102、104 がありうるという概念を示す。人工関節知識ベース情報システム 22 は、この例では、軸受ライナー 102 および寛骨臼カップ 104 を画像内で、ボール 100 およびステム 80 の位置と互換性を持つ位置にのみ操作することができるように、様々な人工関節間の関節可動域を定義してもよい。他の実施形態では、特定の人工関節が、人工関節知識ベース情報システム 22 にお

40

50

いて親人工関節および子人工関節の両方として定義されてもよい。例えば、図8の寛骨臼カップ104は、他の人工関節とは独立して3D解剖モデルに対する位置に動かされる親人工関節として構成することができる。軸受ライナー102は寛骨臼カップ104の子人工関節であり得る。それとは独立して、ステム80は、ボール100が落ち着く位置を定義する別個の親人工関節であり得る。しかし、ある点では、ボール100およびステム80の組合せと、カップ104およびライナー102の組合せとの間の関係を理解することが有用なことがある。この場合、カップ104およびライナー102は、選ばれた配置が所望の規格内であるかを判断する目的で、ステム人工関節の子人工関節にされてもよい。人工関節の配置が、人工関節知識ベース情報システム22によって指定された許容関係内でない場合、ユーザに対して警告を表示することができ、または人工関節を強制的に補正するようにずらすことができる。

10

#### 【0025】

図1に戻ると、システムはまた、処置モデラー59を有する。処置モデラー59は、少なくとも1つの人工関節からの3D情報を、複数の解剖学的標識点の少なくとも1つに基づく情報とともに利用して、処置ベース情報を作成する。いくつかの実施形態では、処置ベース情報を計算することは手術情報を計算することを含んでもよい。手術情報は、人工関節の移植に必要な骨除去量を決定することを含むことができる。これは、実証されているように骨切断線を決定すること、および/または残りの骨から除去する必要がある骨の体積を決定することを含むことができる。これは、3D解剖モデルと3D人工関節の交点を決定することによって実現することができる。3D人工関節の空間を占める骨を含む3D解剖モデルの部分は、いくつかの実施形態では、除去する必要がある骨の量にほぼ等しい。他の実施形態では、処置ベース情報を計算することは人工関節挿入経路を決定することを含んでもよい。さらなる実施形態では、処置ベース情報を計算することは、少なくとも1つの人工関節と接触する骨の面積を決定することを含んでもよい。これは、3D解剖モデルの骨と交差する人工関節の表面積を計算することによって、3D空間内で決定することができる。人工関節の接触面積を知ることによって、また、システム20が、人工関節をそれと接触している骨に付着させるのに必要なことがあるセメントの量を決定できるようになる。さらなる実施形態は、人工関節に接触するセメントの所望位置を指定してもよく、システム20は、セメントの接触位置を表示するとともに、セメントの位置が実際に骨と接触するか否かを判断するように構成することができる。やはり、これは、3D人工関節モデルと3D解剖モデルとの間の3D比較によって可能になる。

20

30

#### 【0026】

他の実施形態では、システムによって作成される処置ベース情報は、少なくとも1つの人工関節からの情報を、複数の解剖学的標識点からの情報と比較することによって生成されてもよい。一例として、図9Aは、人工関節移植に対する術前分析の一実施形態を示し、図9Bは、その術後分析の一実施形態を示す。涙痕線106および骨盤ソケット108は解剖学的標識点として識別されている。骨盤ソケット108は涙痕線106まで下方に突出(110)していてもよい。上述したようなモデル化システムを使用して、人工関節ステム112およびそれに関連した人工関節寛骨臼カップ114を3D内で拡大縮小し、図9Bに示されるように患者画像の組の中に配置してもよい。寛骨臼カップの中心は、涙痕線106まで下方に突出(116)していてもよい。突出110、116がそれぞれ涙痕線106と交差する点の差は、水平方向のオフセット118、すなわちデルタ変化が起こるところである。モデル化システム20によって、人工関節を解剖学的標識点と比較することによるそのような術前および術後の比較が可能になる。

40

#### 【0027】

さらなる実施形態では、システムによって作成される処置ベース情報は、親人工関節および1以上の子人工関節の関節可動域に基づく患者の関節可動域、ならびに親人工関節、1以上の子人工関節、および3D解剖モデルの間の関係を予測することを含んでもよい。図10は、基準大腿骨位置122を実線で、横方向に旋回した大腿骨124を破線で示す、ユーザ・インターフェース120の一実施形態を概略的に示す。処置モデラー59は、

50

そのような操作を表示画面上で実証し、3D解剖モデルを使用してさまざまな骨要素が同じ空間を占めていないことを確認できるように構成されてもよい(例えば、大腿骨がさらに回転した場合に大腿骨の頂部が骨盤に接触する位置126を参照)。さらに、処置モデラー59は、付着させる相手である骨130に対する人工関節128の位置を一定に保つように構成することができる。システム20はまた、開始角度132を終了角度134と比較して、関節可動域136を決定するように構成されてもよい。さらなる実施形態は、特定範囲にわたってこの運動を動画化するように構成されてもよい。

#### 【0028】

システム20およびその等価物は、医療従事者に、人工関節知識ベース情報システム22からの様々な人工関節を対象患者の2Dまたは3D解剖モデル上で試験適合させることができるようにするとともに、適合する人工関節が適切に作動し組み込まれるかを見るため、重要な処置ベース情報を決定できるようにすることによって、外科処置を効率的にモデル化する能力を提供する。ユーザが見るための二次元表現を作成する前に三次元での関係計算を行うことで、回転、拡大縮小、および奥行きの違いが説明されることが確保される。

10

#### 【0029】

図11は、手術モデル化の方法の一実施形態を示す。関連した二次元(2D)解剖画像群が表示される(138)。画像群は、ユーザ・インターフェースを通じて、すべて同時に、一度に1つずつ、または一度に複数表示されてもよい。2D画像は、X線写真またはCTスキャン画像など、様々な2Dまたは3Dの供給源由来であってもよい。複数の解剖学的標識点が2D解剖画像群上で識別される(140)。2D解剖画像が3D画像の組由来である場合、3D解剖モデルが既に利用可能であってもよい。

20

#### 【0030】

親人工関節の三次元(3D)表現は、解剖学的標識点間の関係に少なくとも部分的に基づいて、2D解剖画像の縮尺に一致するように拡大縮小される(142)。少なくとも1つの人工関節からの3D情報、ならびに複数の解剖学的標識点の少なくとも1つに基づく情報を利用して、処置ベース情報が作成される(144)。上述したように、これは、手術情報の計算(146)、患者の関節可動域の予測(148)、患者の関節可動域の動画化(150)、および/または、例えば人工関節移植の術前画像および術後画像を得るための、少なくとも1つの人工関節からの情報と複数の解剖学的標識点からの情報との比較(152)を含んでもよい。

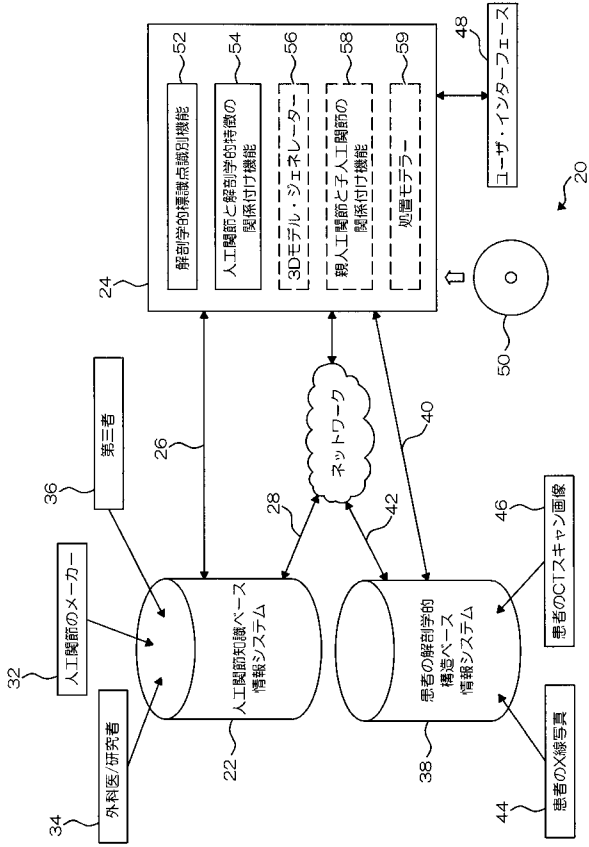
30

#### 【0031】

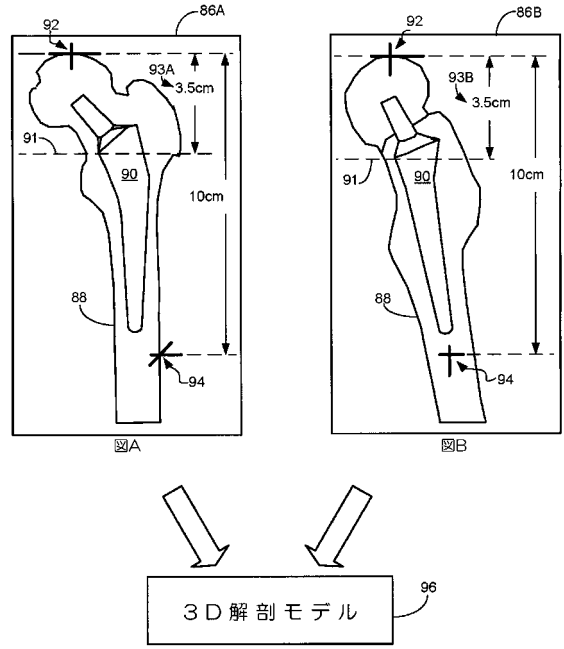
手術モデル化のシステムおよび方法の利点を本明細書にて考察してきた。考察した実施形態は、本明細書において一例として記載してきた。上述の詳細な開示は、単に一例として提示しているものであり、限定的ではないことが当業者には明白であろう。本明細書には明示していないが、当業者にとって様々な変更、改良、および修正がありうる。これらの変更、改良、および修正がここに示唆されるものとし、また、請求する発明の趣旨および範囲内にあるものとする。それに加えて、列挙した要素または手順の処理順序、または数字、文字、もしくは他の表記の使用は、したがって、請求項において指定されるような場合を除いて、請求項をいかなる順序にも制限するものではない。したがって、本発明は、以下の請求項およびその均等物によってのみ制限される。

40

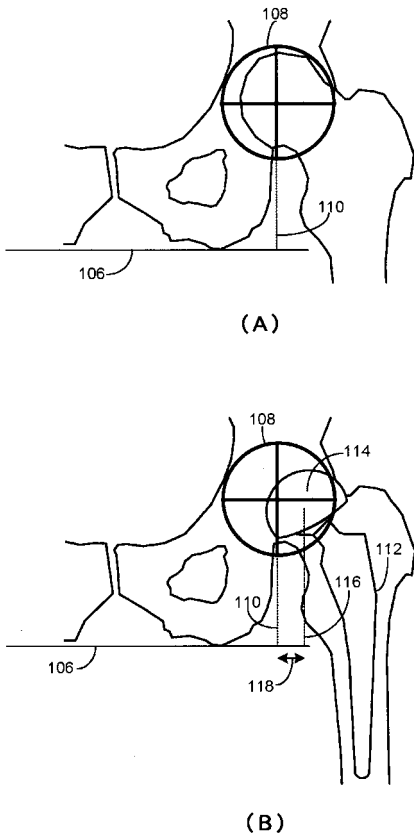
【 図 1 】



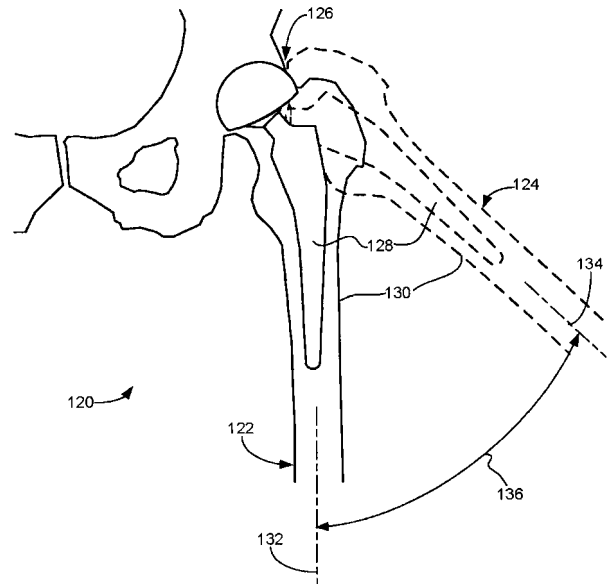
【 図 5 】



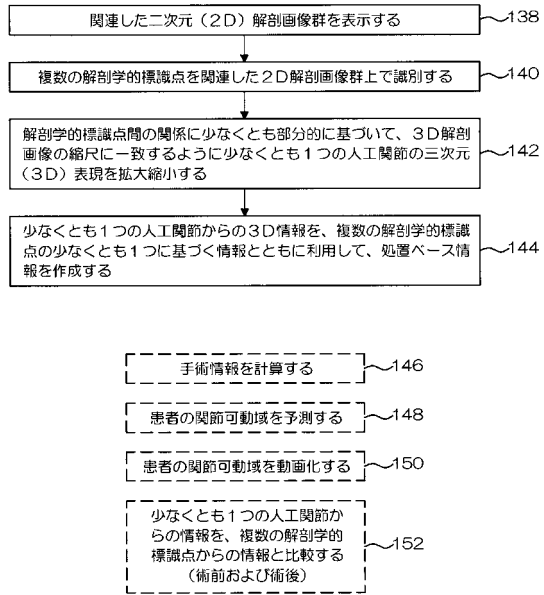
【 図 9 】



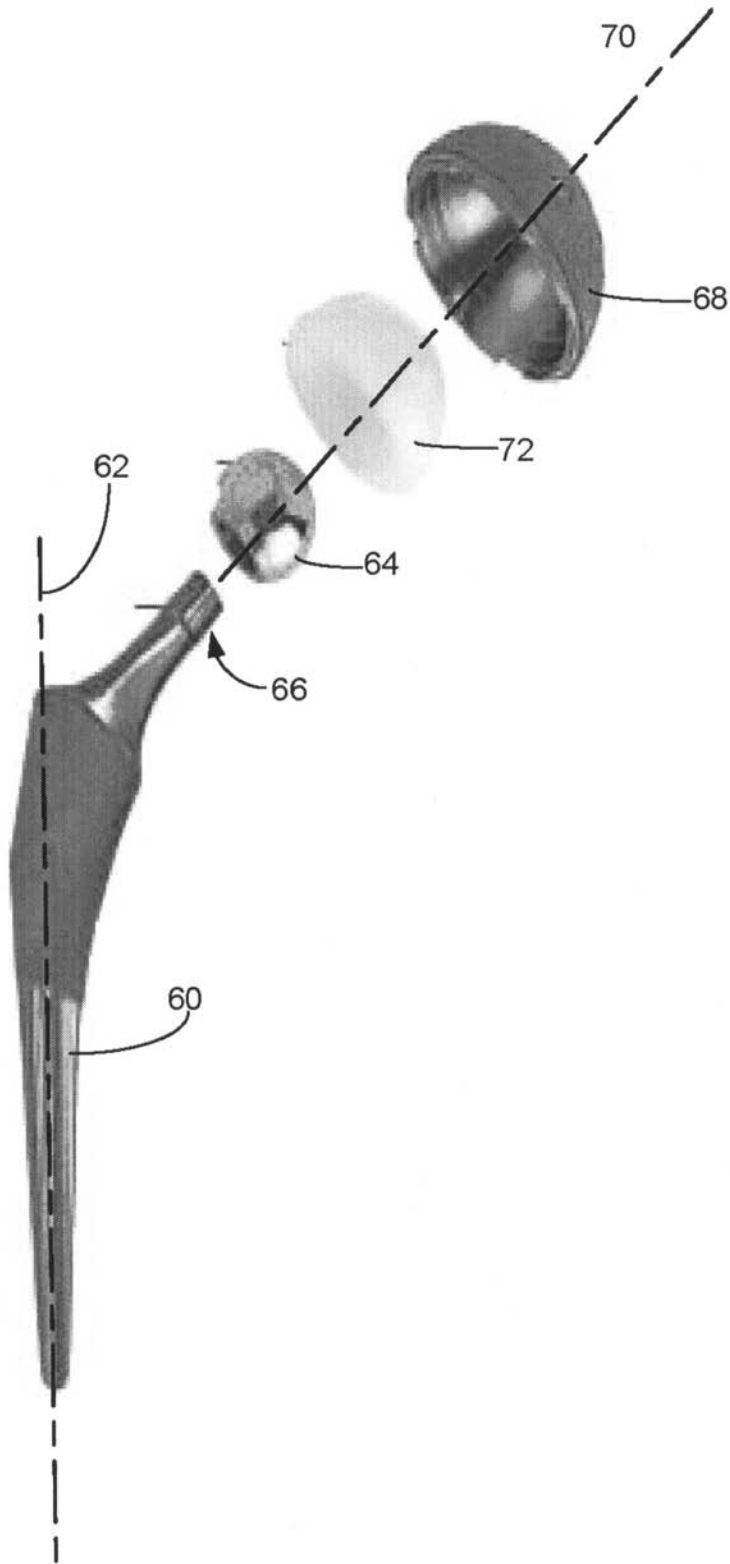
【 図 10 】



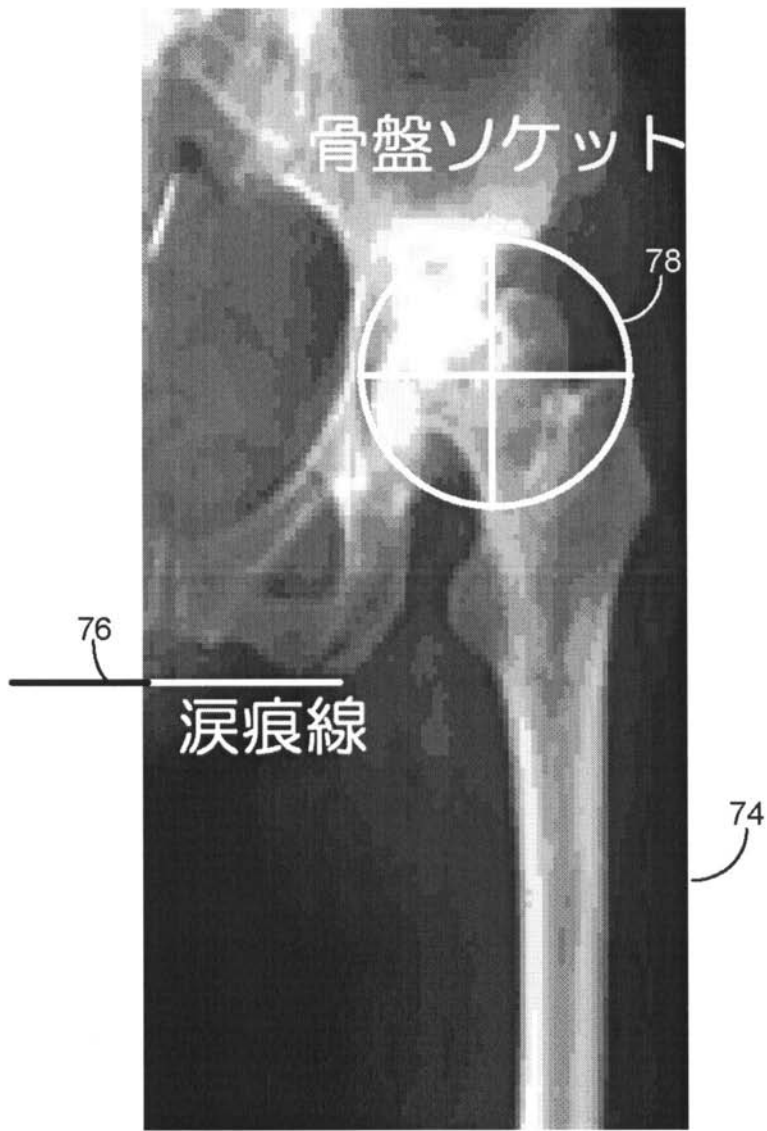
【 図 1 1 】



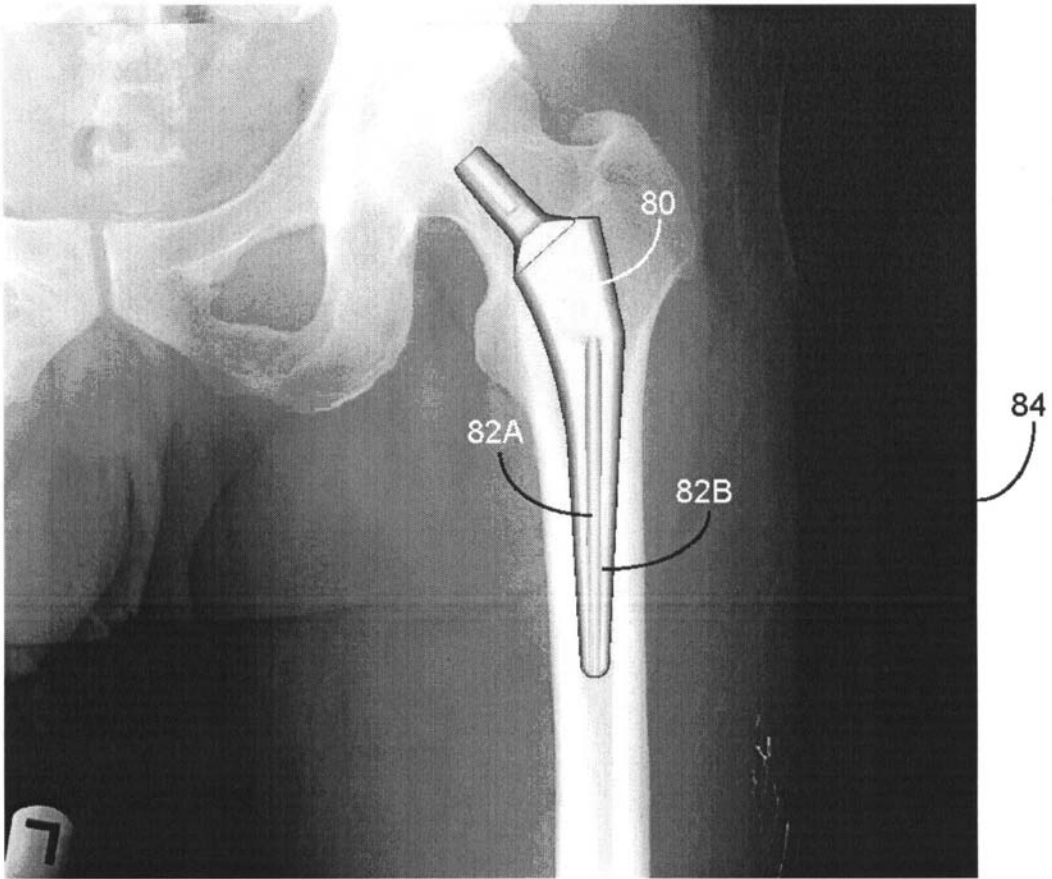
【 図 2 】



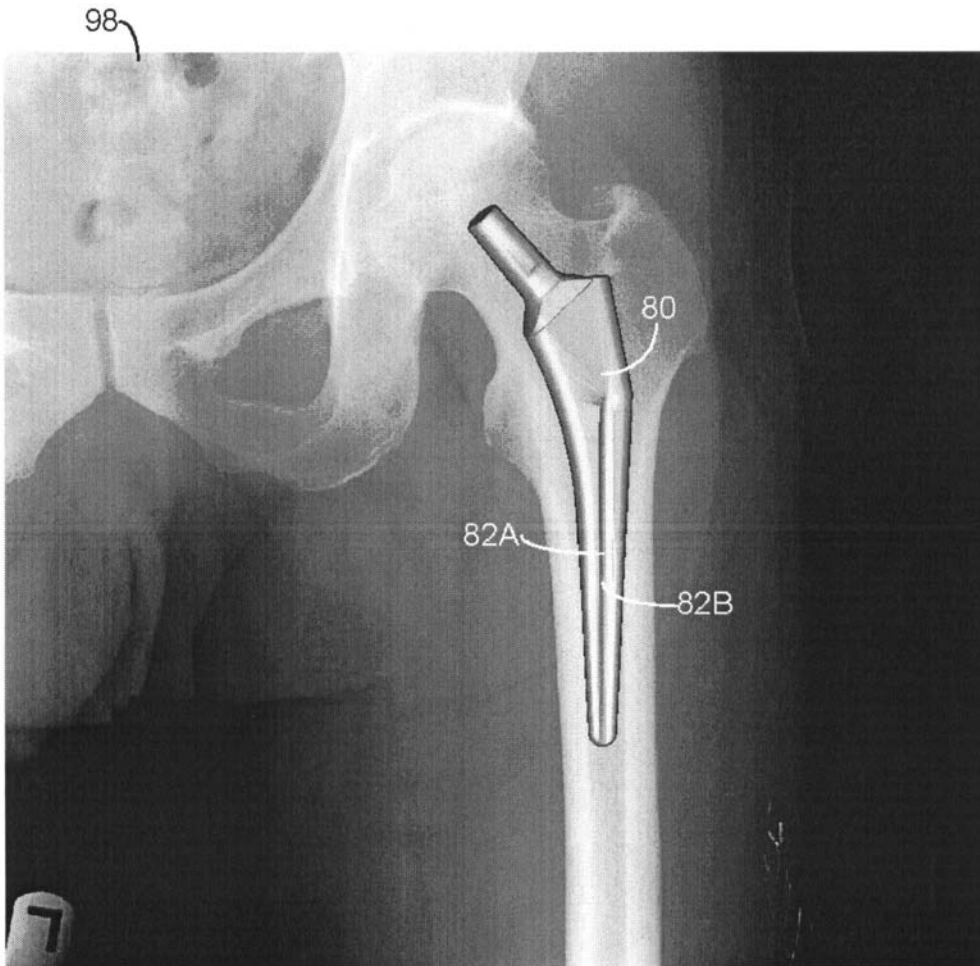
【図3】



【 図 4 】



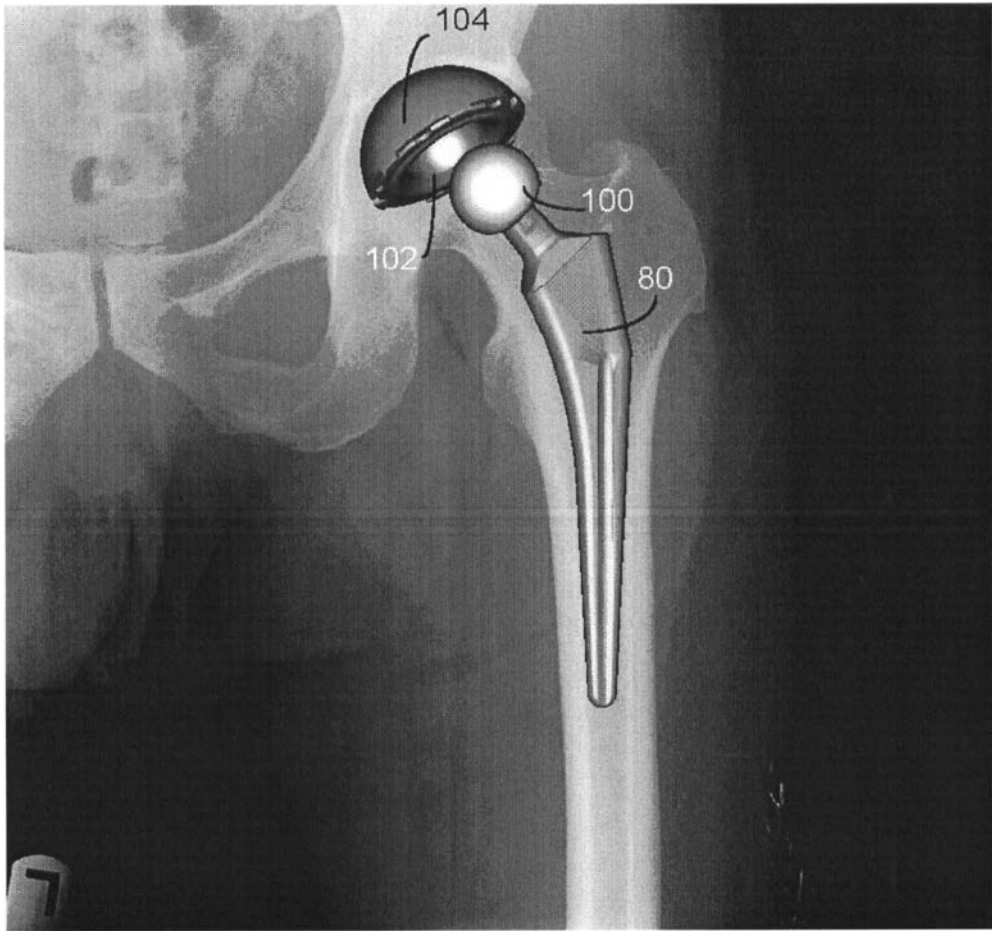
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 マイカ アーロン フォースタイン

アメリカ合衆国、カンザス州 66604 トピカ、ボズウェルアベニュー 1606

(72)発明者 エミール マイケル サラガ ジュニア

アメリカ合衆国、ノースカロライナ州 27539 エイペックス、ブルッククロスドライブ 4  
041

Fターム(参考) 4C093 AA22 AA25 AA26 CA18 CA21 DA10 FF13 FF22 FF24 FF32  
FF42 FG13 FG16 FH03 FH06 FH08

【外国語明細書】

2010088892000001.pdf