

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6144351号
(P6144351)

(45) 発行日 平成29年6月7日(2017.6.7)

(24) 登録日 平成29年5月19日(2017.5.19)

(51) Int. Cl.		F I	
A 6 1 F	2/46	(2006.01)	A 6 1 F 2/46
A 6 1 B	34/20	(2016.01)	A 6 1 B 34/20
A 6 1 F	2/34	(2006.01)	A 6 1 F 2/34

請求項の数 15 (全 33 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-541887 (P2015-541887)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成25年11月7日 (2013.11.7)</p> <p>(65) 公表番号 特表2016-503319 (P2016-503319A)</p> <p>(43) 公表日 平成28年2月4日 (2016.2.4)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2013/068876</p> <p>(87) 国際公開番号 W02014/074676</p> <p>(87) 国際公開日 平成26年5月15日 (2014.5.15)</p> <p>審査請求日 平成27年6月16日 (2015.6.16)</p> <p>(31) 優先権主張番号 61/724,601</p> <p>(32) 優先日 平成24年11月9日 (2012.11.9)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 512268468 ブルー ベルト テクノロジーズ, インク . アメリカ合衆国, ペンシルベニア州 15 222, ピッツバーグ, リバティー アベ ニュー 2828, スイート 100 2828 Liberty Avenue , Suite 100, Pittsbur gh, Pennsylvania 152 22, United States of America</p> <p>(74) 代理人 100108453 弁理士 村山 靖彦</p> <p>(74) 代理人 100110364 弁理士 実広 信哉</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インプラント配置装置の誘導及び制御のためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

インプラント配置装置の作動方法であって、
 制御システムが、インプラントホストに対する理想的なインプラント位置と方向を記述する位置と方向のデータを含む、インプラント計画にアクセスし、
 前記制御システムが、インプラント配置装置と前記インプラントホストに関連した3次元(3-D)座標系を確立し、
 前記制御システムが、前記3-D座標系内の、現在のインプラント配置装置の位置と現在のインプラントホストの位置を特定する追跡情報を受信し、
 前記制御システムが、前記追跡情報と前記インプラント計画に基づいて、制御信号を生成し、
 前記制御システムが、前記インプラント計画に従って、前記インプラント配置装置のエンドエフェクタに取り外し可能になるように結合されたインプラントを配置するために、前記インプラント配置装置の動作を制御する制御信号を、前記インプラント配置装置との通信リンクを介して送信し、
 前記制御信号は、前記インプラント配置装置によって与えられるインパクトの振幅を制御する信号を含む、あるいは、前記インプラント配置装置によって与えられるインパクトの周波数を制御する信号を含み、前記インパクトの継続時間は、前記振幅および前記周波数に関連して変わる、
 ことを特徴とする方法。

10

20

【請求項 2】

前記制御信号を生成することは、前記インプラント配置装置内の伸張可能素子を制御する信号を生成することを含む、ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記制御信号を生成することは、前記インプラント配置装置によって与えられる位置づけインパクトを方向付ける信号を生成することを含み、前記位置づけインパクトは、前記インプラントの特定の軸に沿った回転を誘導する、ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

外科医が前記インプラントと前記インプラントホストとの位置を調整するのに補助するフィードバックを提供するインタフェースを、表示装置が提示することを更に備える、ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の方法。

10

【請求項 5】

前記インタフェースを提示することは、前記インプラントホスト、前記インプラント配置装置、及び、前記インプラントを示す 3 - D 画像であって、外科医が、前記インプラントと前記インプラントホストとの位置を調整するのに補助するリアルタイムのフィードバックを提供する 3 - D 画像を提示することを含む、ことを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記 3 - D 画像を提示することは、前記インプラントホストに対する前記インプラントの位置と、理想的なインプラント位置と方向を示す色符号化を含む、ことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

20

【請求項 7】

前記インタフェースを提示することは、前記インプラント配置装置の図示に関連した十文字位置調整ガイドを提示することを含む、ことを特徴とする請求項 4 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 8】

前記インプラント計画にアクセスすることは、インプラントモデルとインプラントホストモデルとを抽出することを含み、

前記 3 - D 座標系を確立することは、前記インプラントホストモデル及び前記インプラントモデルと前記インプラントホストとの位置を調整することを含む、ことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の方法。

30

【請求項 9】

追跡コンポーネントと、制御信号を受信する通信リンクと、インプラントコンポーネントに取り外し可能に結合されたエンドエフェクタと、を含むインプラント配置装置と、

追跡センサを含み、リアルタイムで、前記インプラント配置装置とインプラントホストの 3 次元位置と方向をモニタする追跡システムと、

制御システムとを備えるシステムであって、

前記制御システムは、

前記通信リンクと前記追跡システムを介して、前記インプラント配置装置と結合され、前記インプラント配置装置に制御信号を送り、現在のインプラント配置装置の位置と現在のインプラントホストの位置を特定する追跡情報を受信する通信インタフェースと、

40

1 以上のプロセッサで実行されたとき、前記追跡情報とインプラント計画に基づき、前記インプラント計画に従って、インプラントを配置する前記インプラント配置装置の動作を制御する制御信号を前記制御システムに生成させる命令を含む、メモリ装置と結合される 1 以上のプロセッサと、を含み、

前記制御信号は、前記インプラント配置装置によって与えられるインパクトの振幅を制御する信号を生成することを含む、あるいは、前記インプラント配置装置によって与えられるインパクトの周波数を制御する信号を生成することを含み、前記インパクトの継続時間は、前記振幅および前記周波数に関連して変わる、

50

システム。

【請求項 10】

前記インプラント配置装置は、前記インプラント配置装置のエンドエフェクタに取り付けられたインプラントに加えられるインパクト力を制御するためのパラメータを受信する通信リンクを含むコンピュータ制御電動インパクトである、ことを特徴とする請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記インプラント配置装置は、前記エンドエフェクタに取り付けられた、外科医に対する前記エンドエフェクタの相対位置を制御する伸張可能素子を含む、ことを特徴とする請求項 10 に記載のシステム。

10

【請求項 12】

前記インプラント配置装置の前記通信リンクは、インパクト振幅、インパクト周波数、及び、エンドエフェクタ位置を制御するパラメータを含む制御信号を受信する、ことを特徴とする請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記制御システムに通信可能なように結合され、外科医が前記インプラントと前記インプラントホストとの位置を調整するのに補助するフィードバックを提供するインタフェースを提示する表示装置を更に備える、ことを特徴とする請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記表示装置は、前記インプラントホスト、前記インプラント配置装置、及び、前記インプラントを示し、前記外科医が前記インプラントと前記インプラントホストとの位置を調整するのに補助するリアルタイムのフィードバックを提供する 3 - D アニメーションを提示する、ことを特徴とする請求項 13 に記載のシステム。

20

【請求項 15】

マシンによって実行されたとき、前記マシンに請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 つを実行させる命令を含む、ことを特徴とするマシン読み取り可能な格納媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

< 優先権主張 >

30

この出願は、2012年11月9日出願の米国仮出願番号 61 / 724、601号に対して優先権を主張し、その全体が、参照によりここに組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

整形外科的手術を補助するために、コンピュータ、ロボット、撮像を用いることは、当分野においてよく知られている。手術手順を案内するために使用される、コンピュータを用いた誘導、ロボットシステムの研究及び開発がかなり行われている。半能動的な手術ロボットの 2 つの一般的な種類が登場し、関節形成などの整形外科的手順に適用されている。半能動的ロボットの第 1 の種類は、外科医による骨切除などの計画された手順からずれる動きに抗するロボットアームに手術器具を取り付ける。この第 1 の種類は、しばしば、接触するというギリシャ語から導かれたハプティック（触覚的）あるいはハプティクス（触覚学）と言う語句によって知られている。半能動的ロボットの第 2 の種類は、切除ビット（cutting bit）の速度などの手術器具の状況を制御することに焦点を当てる。半能動的ロボットの、この第 2 の種類は、時に、ロボットアームが、外科医を妨げないので、フリーハンドロボットと呼ばれる。

40

【0003】

手術用ロボットの双方の種類は、手順の間、手術用器具と患者をしっかりとモニタするために、誘導あるいは追跡システムを利用する。誘導システムは、その中で患者と手術装置が追跡される仮想 3 次元座標系を確立するために用いられることが出来る。

【0004】

50

股関節置換は、手術ロボット、高度画像化技術、コンピュータを用いた誘導の使用が受け入れられつつある分野である。全股関節置換（THR）あるいは、関節形成（THA）手術は、寛骨臼とその周囲の領域の回復と、劣化した、大腿骨骨頭などの腰の部分を取り替えるために、1960年代初頭から行われてきた。今日、米国内だけでも年間約200,000回のTHR手術が行われ、これのうち、約40,000回が、修正手術として知られる、再施行手術である。修正手術は、脱臼、コンポーネントの摩滅と劣化、骨からのインプラント（人工物）の緩みなどの、インプラント（移植）されたコンポーネントの寿命の間に生じるだろう多くの問題により必要となる。

【0005】

大腿骨骨頭の、寛骨臼コンポーネントあるいはカップからの脱臼は、脱臼による突然の物理的及び感情的苦勞のため、THRに関連した、最も頻繁な初期問題の一つと考えられる。最初のTHR手術のあとの脱臼の発生率は、約2 - 6%であるが、修正手術に対しては、パーセンテージがいっそう高い。脱臼は、軟部組織の緩み、及び、インプラントの緩みなどの様々な原因で起こるが、最も多い原因は、大腿骨頸部が、寛骨臼カップインプラント、あるいは、インプラントを囲む軟部組織または骨の縁に衝突することである。衝突は、骨盤内での寛骨臼カップコンポーネントの誤配置の結果、最も頻繁に起こる。

【0006】

ある臨床医及び研究者は、衝突及び脱臼の発生は、カップが、特に、約15°の前傾及び、45°の外転を与えるように向けられれば、減らすことが出来ることを発見した。しかし、この発生は、また、手術のアプローチにも関連している。例えば、McCollumらは、後側方アプローチでTHAを受けた患者において、脱臼がずっと多く発生することを明らかにした外科論文に報告されたTHAの比較を引用した。McCollum, D. E. and W. J. Gray, "Dislocation after total hip arthroplasty (causes and prevention)", *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Vol. 261, p.159-170 (1990)を参照されたい。McCollumのデータは、後側方THAアプローチにおいて、横位置に患者を寝かせたとき、腰部前湾曲線は平坦になり、骨盤は、35°に曲げられることを示した。身体の縦軸に対し、カップが、15° - 20°の屈曲で向けられたなら、患者が立って、術後腰部前湾が再び得られたとき、カップは、10° - 15°後傾し、カップの配置が不安定になる。Lewinnekらは、15° ± 10°の前傾と40° ± 10°の外転の範囲に入る場合は、その範囲外の場合の6%の不安定率と比較して、1.5%の不安定率を有することを利用及び発見した手術アプローチを考慮に入れた研究を行った。Lewinnek G. E., et al., "Dislocation after total hip-replacement arthroplasties", *Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol. 60-A, No.2, p. 217-220 (March 1978)を参照されたい。Lewinnekの仕事は、本質的に、予想されるように、位置異常の程度が、脱臼に相関していることを確認する。この研究は、インプラントの性能に大きく影響を与えるとして知られている、インプラントの設計と個人の解剖学的構造などの、他の変数については注意を向けていない。

【0007】

インプラントの設計も、安定性に大きく影響を与える。多くの研究者は、大腿骨コンポーネントの頭と首との比が、インプラントの衝突の重要な要件であることを発見した。Amstutz H. C., et al., "Range of Motion Studies for Total Hip Replacements", *Clinical Orthopaedics and Related Research* Vol. 111, p. 124-130 (September 1975)を参照されたい。Krusshellらは、更に、ある長さ及び、非常に長い、モジュール式インプラントの設計は、動作の範囲に悪影響を与え得ることを発見した。Krusshell, R. J., Burke D. W., and Harris W. H., "Range of motion in contemporary total hip arthroplasty (the impact of modular head-neck components)", *The Journal of Arthroplasty*, Vol. 6, p. 97-101 (February 1991).を参照されたい。Krusshellらは、また、寛骨臼カップインプラントにおける最適に向けられた上昇縁ライナーは、インプラントの衝突に対して、関節の安定性を改善することを発見した。Krusshell, R. J., Burke D. W., and Harris W. H., "Elevated-rim acetabular components: Effect on range of motion and stability in total hip arthroplasty", *The Journal of Arthroplasty*, Vol. 6 Supplemen

10

20

30

40

50

t, p. 1-6, (October 1991).を参照されたい。Cobb らは、標準的なライナーに比べ、上昇縁ライナーの場合の脱臼に統計的に有意な減少があることを示した。Cobb T. K., Morrey B. F., Ilstrup D. M., "The elevated-rim acetabular liner in total hip arthroplasty: Relationship to postoperative dislocation", *Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol 78-A, No. 1, p. 80-86, (January 1996).を参照されたい。2年以内の脱臼の確率は、標準的なライナーの3.85%に比較して、上昇ライナーの場合には2.19%であった。有限要素モデルを用いた、Maxian らによる初期研究は、接触応力、すなわち、ポリエチレン摩滅は、上昇縁ライナーの場合、有意には増加しないことを示す。しかし、予想されるように、異なる設計のライナーについては、衝突点と後の脱臼の角度は異なっている。Maxian T. A., et al. "Femoral head containment in total hip arthroplasty: Standard vs. extended lip liners", 42nd Annual meeting, Orthopaedic Research society, p. 420, Atlanta, Ga. (Feb. 19-22, 1996)、及び、Maxian T. A., et al. "Finite element modeling of dislocation propensity in total hip arthroplasty", 42nd Annual meeting, Orthopaedic Research society, p. 259-64, Atlanta, Ga. (Feb. 19-22, 1996)を参照されたい。

【0008】

インプラントの脱臼傾向を評価する場合に同様に重要な点は、個人の解剖学的構造の偏差である。解剖学的構造の偏差の結果、インプラントの脱臼傾向を最小化する、股関節置換コンポーネントの単一の最適な設計と方向及び最適な手術手順は存在しない。例えば、骨盤は、個人が、(CTスキャンあるいは定期的X線中のように)仰向けに寝ているか、(手術中のように)横方向に臥床の位置にあるか、あるいは、(靴を履くために体を曲げているか、通常の歩行中などのように)通常の日常的活動中における重要な位置にあるか、によって、異なる位置と方向をとることが出来る。動き、前傾、外転などの角度を計算するための「ニュートラル」平面を規定するときに、骨盤と足の相対的位置は、衝突と脱臼が起こる前に許される動きの測定量にかなり影響を与えるだろう。したがって、問題の位置と活動について、骨盤に対する太腿のニュートラルな方向と、足の動きの各区分の間の患者の骨盤に対する、太腿の関係との双方を一意に規定することが必要である。

【0009】

現在、寛骨臼インプラント配置と大きさの選択のための多くの計画は、アセテート(酢酸塩)テンプレート(acetate templates)と、骨盤の単一の前後X線(anterior-posterior x-ray)を用いて行われる。寛骨臼テンプレートを用いる方法は、寛骨臼コンポーネントの概略の大きさを決定するのに最も有用である。しかし、X線は、骨盤の2次元画像のみしか提供しないので、インプラントの配置に対しては、限定された有用性を有するのみである。また、骨盤の方向の偏差は、上記したように、より十分には考慮できない。

【0010】

現在、外科医によって使用されている手術中配置装置は、患者の矢状及び冠上の平面に対して、寛骨臼コンポーネントを位置調整するように試みる。B. F. Morrey, editor, "Reconstructive Surgery of the Joints", chapter Joint Replacement Arthroplasty, pages 605-608, Churchill Livingstone, 1996.を参照されたい。これらの装置は、患者の骨盤と胴体が、既知の方向に整列されていると仮定しており、手術台上での患者の解剖学的構造あるいは骨盤位置における個人的偏差を考慮に入れていない。これらの種類の配置装置は、望ましいインプラントの配置と実際の配置間の大きな不一致をもたらし、制限された動作範囲、衝突、後の脱臼を引き起こす。

【0011】

インプラントコンポーネントのために寛骨臼の領域をより精密に用意するためのいくつかの試みがなされている。Woolson に対して付与された米国特許番号5,007,936号は、寛骨臼が広げられ、一般に、寛骨臼カップインプラントを受け入れることが出来るようにする基準平面を確立することに向けられている。この方法は、好ましくは、寛骨臼の上方縁における12時の位置の基準点と、上方縁の基準点から既知の距離にある後方縁の点と内部壁における点などの、2つの他の基準点とからなる、3つの基準点を選択する

ことに基づいて、基準平面を確立する。上方縁の位置は、上方縁と、寛骨臼領域の他の基準点近くに集中する、一連の計算断層撮影レントゲン写真（ＣＴ）スキャンを行うことによって決定される。

【 0 0 1 2 】

Woolsonの方法では、計算は、カップ内での大腿骨頭が所定の回転を出来るように、寛骨臼カップの縁を配置されるべき平面を決定するために実行される。点と平面との間の距離が計算され、方向ジグが基準点に搭載されたとき、平面を画定するように、方向ジグは較正される。手術中、外科医は、上方縁の 1 2 時の方向と基準点を特定しなくてはならない。好適例では、ジグは、寛骨臼の内部壁の基準点に穴を掘り、ジグを寛骨臼に取り付けることによって、寛骨臼に固定される。ジグは、選択された面で、寛骨臼を広げるために、ドリルガイドを組み込む。

10

【 0 0 1 3 】

Woolsonの方法には、いくつかの難点が存在する。例えば、好適方法では、寛骨臼に穴を掘らなくてはならない。また、基準点の視覚的認識が要求され、ジグの基準点への正確な配置は、手術設定において行われる。更に、広げる装置の適切な位置調整は、インプラントが適切に配置されることを保証せず、したがって、より良い結果が保証されないまま、より長時間の、高価な術を不動のものとする。これらの問題が、Woolsonの方法が、医学界において広く受け入れられていない理由であろう。

【 0 0 1 4 】

Raab に付与された米国特許番号 5、251、127号と 5、305、203号においては、Woolson のものと同様な切除装置をより正確に位置調整するために、患者に取り付けられる前に、基準ジグが二重自己インデキシング（割出し）ねじ（double self indexing screw）に取り付けられる、コンピュータを用いた手術装置が開示されている。しかし、Woolsonとはことなり、Raabらは、断層撮影レントゲン写真によって決められた骨格形状を用いた手術の間、基準ジグと患者の方向を決定し、関連付けるために、デジタイザとコンピュータを用いる。

20

【 0 0 1 5 】

同様に、Glassman らに付与された米国特許番号 5、086、401号、5、299、288号、5、408、409号は、ロボット切除システムを使って、太腿ステム及びヘッドインプラントを受け入れられるように、人間の大腿骨を広げるための映像を用いた手術ロボットシステムを開示している。このシステムにおいては、少なくとも 3 つの位置特定ピンが、大腿骨に挿入され、位置特定ピンを含む領域の大腿骨のＣＴスキャンが実行される。移植手術中は、位置特定ピンは、Glassman の ' 4 0 1 特許のコラム 9、ライン 1 9 - 6 8 に説明されているように、患者上で特定される。手術中、ピンの位置は、広げる動作の間に、ロボット切除機を誘導するために用いられる、ロボットカッタ座標に、ＣＴスキャン座標を変換するために、コンピュータによって使用される。

30

【 0 0 1 6 】

Woolson, Raab 及び Glassmanの特許は、インプラントコンポーネントを受け入れるべき、寛骨臼領域を用意するのに、より正確で、より整合的な潜在能力を更に提供する方法と装置を提供するが、これらの参照文献のいずれも、インプラント術の間、最小限の侵襲性補助を提供しない。

40

【 0 0 1 7 】

更に、Raab 及び Glassmanの両方の方法と装置は、患者のレントゲン断層撮影を実行する前に、基準のマーカーが患者に付けられなければならない必要がある。断層撮影レントゲン写真に続いて、マーカーは、手術が実行されるまで患者に取り付けられたままにされなくてはならないか、ロボット座標系に断層撮影レントゲン写真データを変換できるように、マーカーが、正確な位置に再取り付けされなければならないかの何れかとなり、いずれも、実用上好ましくはない、及び/あるいは困難である。

【 0 0 1 8 】

したがって、動き範囲と利用性について最適な結果を確保する為に、適切な配置計画と

50

、関節準備技術を提供するための、改善されたシステムと方法を提供する継続的なニーズに加えて、改善された手術中のインプラント配置システムと方法のニーズが存在する。

【図面の簡単な説明】

【0019】

ある実施形態が、例示的な、限定的でない方法で、添付の図面に図示されている。

【0020】

【図1】例示の実施形態に従った、インプラント配置装置に誘導及び制御を提供するシステムを示すブロック図である。

【図2】例示の実施形態に従った、インプラント配置装置の誘導及び制御のためのシステムを作動させる環境を示す図である。

10

【図3】例示の実施形態に従った、インプラント配置装置の誘導及び制御の方法を示すフローチャートである。

【図4】例示の実施形態に従った、3次元座標系を確立する方法を示すフローチャートである。

【図5】例示の実施形態に従った、インプラント配置装置を制御するための制御信号を生成する方法を示すフローチャートである。

【図6】例示の実施形態に従った、インプラント配置装置を作動させる外科医に補助を提供する方法を示すフローチャートである。

【図7】例示の実施形態に従った、インプラント配置装置を示す図である。

【図8A】例示の実施形態に従った、インプラント配置装置の別のエンドエフェクタを示すブロック図である。

20

【図8B】例示の実施形態に従った、インプラント配置装置の別のエンドエフェクタを示すブロック図である。

【図9】例示の実施形態に従った、別の周囲アクチュエータの他の別の配置を示すブロック図である。

【図10A】例示の実施形態に従った、電動インパクトの繋ぎ部分を示すブロック図である。

【図10B】例示の実施形態に従った、電動インパクトの繋ぎ部分を示すブロック図である。

【図11】ここで説明される任意の1以上の方法をマシンに実行させる1組の命令が実行されるコンピュータシステムの例示的形態におけるマシンの図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0021】

<発明の概要>

本発明者は、数ある中で、ある人工インプラント術は、インプラント配置装置の誘導及びロボット制御によって、より良い結果を得ることが出来ることを認識した。股関節置換などの現在の関節置換術は、典型的には、目的の関節に人工インプラントを機械的に挿入することを含む。例えば、股関節置換手術において、人工寛骨臼カップは、患者の寛骨臼に挿入される。人工寛骨臼カップの挿入は、典型的には、適切な配置を確認するための視覚と触覚検査のみの経験のみに基づいて、寛骨臼カップを所定の場所にハンマーでたたいて、外科医が手で行っている。本発明者は、挿入前計画と結合された、誘導ロボット制御インプラント装置は、寛骨臼カップインプラントなどの人工インプラントの、再現性のある正確な配置を行うことが出来ることを認識する。

40

【0022】

以下の、非限定的な例は、ここで説明する問題を解決し、利益を提供する本システムと方法のある側面を詳細に示す。

【0023】

例1は、インプラント配置装置の誘導及び制御方法を含むことが出来る。この方法は、インプラント計画にアクセスし、3次元(3-D)座標系を確立し、追跡情報を受信し、制御信号を生成し、制御信号を送信することを含むことが出来る。インプラント計画は、

50

インプラントホスト（定義を後述する）に対し、インプラントの理想的な位置とインプラントの方向を記述する位置及び方向データを含むことが出来る。3-D座標系は、インプラント配置装置とインプラントホストに対して確立されることが出来る。追跡情報は、3-D座標系内で、現在のインプラント配置装置の位置と現在のインプラントホストの位置を特定することが出来る。制御信号は、追跡情報とインプラント計画に基づいて生成されることが出来る。制御信号は、インプラント配置装置との通信リンク上を送信されることができ、制御信号は、インプラント計画に従って、インプラントを配置する外科医を補助する、インプラント配置装置の動作を制御し、インプラントは、インプラント配置装置のエンドエフェクタ（図7で説明）と、取り外し可能なように結合される。

【0024】

10

例2においては、例1の方法は、インプラント配置装置によって供給されるインパクト（衝撃）の振幅を制御する信号を生成することにより、制御信号を生成することを任意に含むことが出来る。

【0025】

例3においては、例1あるいは例2の任意の1つの方法は、インプラント配置装置によって供給されるインパクトの周波数を制御する信号を生成することにより、制御信号を生成することを任意に含むことが出来る。

【0026】

例4においては、例1から3の任意の1つの方法は、インプラント配置装置内の伸張可能素子を制御する信号を生成することにより、制御信号を生成することを任意に含むことが出来る。

20

【0027】

例5においては、例1から4の任意の1つの方法は、インプラント配置装置によって供給される配置インパクトを方向付ける信号を生成することにより、制御信号を生成し、配置インパクトは、インプラントの特定の軸に沿った回転を誘導することを任意に含むことが出来る。

【0028】

例6においては、例1から5の任意の1つの方法は、インプラントとインプラントホストとの位置調整に際して、外科医を補助するフィードバックを提供するインタフェースを提示することを任意に含むことが出来る。

30

【0029】

例7においては、例6の方法は、インプラントホスト、インプラント配置装置及びインプラントを示す3-D画像を表示のために生成することにより、インタフェースを提示し、3-D画像は、インプラントとインプラントホストとの位置調整に際して外科医を補助するリアルタイムフィードバックを提供することを任意に含むことが出来る。

【0030】

例8においては、例7の方法は、インプラントホストに対するインプラントの位置と、理想的インプラント位置及び方向を示す色符号化を伴った3-D画像を生成することを任意に含むことが出来る。

【0031】

40

例9においては、例6から8の任意の1つの方法は、移植の間、人工物の位置調整するために補助となるインプラント配置装置の図に関連した、十文字線配列ガイドを有するインタフェースを提示することを任意に含むことが出来る。

【0032】

例10においては、例1から9の任意の1つの方法は、インプラントモデルとインプラントホストモデルを抽出することによって、インプラント計画にアクセスし、3-D座標系内で、インプラントホストモデルとインプラントモデルをインプラントホストと整列させることを任意に含むことが出来る。

【0033】

例11は、インプラント配置装置の誘導及び制御のためのシステムを含むことが出来る

50

。そのシステムは、インプラント配置装置、追跡システム、及び制御システムを含むことが出来る。インプラント配置装置は、追跡コンポーネント、制御信号を受信する通信リンク、インプラントコンポーネントと取り外し可能なように結合するエンドエフェクタを含むことができる。追跡システムは、追跡センサを含むことが出来、インプラント配置装置とインプラントホストの3次元位置及び方向をリアルタイムでモニタする。制御システムは、通信インタフェースと、メモリ装置に結合された1以上のプロセッサとを含むことが出来る。通信インタフェースは、通信リンクと追跡システムを介して、インプラント配置装置に通信可能なように結合されることができ、インプラント配置装置に制御信号を送信し、現在のインプラント配置装置位置と現在のインプラントホスト位置とを特定する追跡情報を受信することができる。メモリ装置は、1以上のプロセッサで実行されたとき、制御システムに、追跡情報とインプラント計画に基づいて、制御信号を生成させる命令を含むことが出来、制御信号は、インプラント計画に従って、インプラントを配置する際に外科医を補助するインプラント配置装置の動作を制御する。

10

【0034】

例12においては、例11のシステムは、インプラント配置装置のエンドエフェクタに取り付けられたインプラントに加えらるるインパクト力を制御するためのパラメータを受信するための通信リンクを含む、コンピュータによって制御された電動インパクトの形態のインプラント配置装置を任意に含むことが出来る。

【0035】

例13においては、例12のシステムは、エンドエフェクタに取り付けられる伸張可能素子を有するインプラント配置装置を任意に含むことが出来、伸張可能素子は、外科医に対するエンドエフェクタの相対位置を制御する。

20

【0036】

例14においては、例13のシステムは、インパクト振幅、インパクト周波数、及びエンドエフェクタ位置を制御するパラメータを含む制御信号を受信するように適合させられた、インパクト配置装置の通信リンクを任意に含むことが出来る。

【0037】

例15においては、例11から14の任意の1つのシステムは、制御システムと通信可能に結合された表示装置を任意に含むことが出来、その表示装置は、インプラントとインプラントホストとの位置を調整するのに外科医を補助するフィードバックを提供するインタフェースを提示するように適合させられている。

30

【0038】

例16においては、例15のシステムは、インプラントホスト、インプラント配置装置、及びインプラントを示す3-Dアニメーションを提示するように、更に適合させられた表示装置を任意に含むことができ、3-Dアニメーションは、インプラントとインプラントホストとの位置を調整するのに外科医を補助する、リアルタイムフィードバックを提供する。

【0039】

例17は、インプラント配置装置の誘導及び制御のためのマシン読み取り可能な格納媒体を含むことが出来る。一例では、マシン読み取り可能な格納媒体は、マシンで実行されたとき、マシンに、インプラント計画にアクセスさせ、3-D座標系を確立させ、追跡情報を受信させ、制御信号を生成させ、制御信号を送信させる命令を含むことが出来る。インプラント計画は、インプラントホストに対するインプラントの理想的な位置と方向を記述する位置及び方向データを含むことが出来る。3-D座標系は、インプラント配置装置及びインプラントホストに対して確立されることが出来る。追跡情報は、3-D座標系内で、現在のインプラント配置装置の位置と現在のインプラントホスト位置を特定することが出来る。制御信号は、追跡情報とインプラント計画に基づいて生成されることが出来る。制御信号は、インプラント配置装置との通信リンクで送信されることができ、制御信号は、インプラント計画に従って、インプラントを配置するにおいて、外科医を補助するインプラント配置装置の動作を制御し、インプラントはインプラント配置装置のエンドエフ

40

50

ェクタに取り外し可能なように結合されている。

【 0 0 4 0 】

例 1 8 においては、例 1 7 のマシン読み取り可能な格納媒体は、インプラント配置装置から加えられるインパクトの振幅と周波数を制御するための信号を生成する命令を任意に含むことが出来る。

【 0 0 4 1 】

例 1 9 においては、例 1 8 のマシン読み取り可能な格納媒体は、インプラント配置装置の伸張可能なエンドエフェクタを制御する信号を生成するための命令を任意に含むことが出来る。

【 0 0 4 2 】

例 2 0 においては、例 1 9 のマシン読み取り可能な格納媒体は、マシンに、インプラントホスト、インプラント配置装置及びインプラントを示す 3 次元 (3 - D) 表示を生成させる命令を任意に含むことが出来、3 - D 表示は、インプラントとインプラントホストとの位置を調整する際に、外科医を補助するリアルタイムフィードバックを提供する。

【 0 0 4 3 】

例 2 1 は、インプラント配置装置の誘導及び制御のためのシステム内で実行されたとき、例 1 から 1 0 の任意の 1 つに記載された方法を実行する命令を有するマシン読み取り可能な格納媒体を含むことができる。

【 0 0 4 4 】

< 定義 >

インプラント - 本明細書及び関連する請求項の目的のために、語句「インプラント」は、生物学的構造を置き換える、あるいは、補強するために製造された人工装置あるいは構造を示すために用いられる。例えば、全股関節置換術においては、人工寛骨臼カップ (インプラント) が、患者の摩滅した、あるいは、損傷した寛骨臼を置換する、あるいは、補強するために用いられる。語句「インプラント」は、一般に、(移植と違って) 人工の構造を示すものと考えられるが、本明細書の目的のために、インプラントは、生物学的構造を置き換える、あるいは、補強するために移植された、生物学的組織、あるいは、材料を含むことが出来る。

【 0 0 4 5 】

インプラントホスト - 本明細書と関連する請求項の目的のために、語句「インプラントホスト」は、患者を示すのに用いられる。ある例では、語句「インプラントホスト」は、また、より詳細に、特定の患者の解剖学的構造内の意図されたインプラントの位置あるいは特定の関節を示すために用いられる。例えば、全股関節置換術においては、インプラントホストは、置換あるいは修復が行われる患者の股関節を示すことが出来る。

【 0 0 4 6 】

リアルタイム - 本明細書と関連する請求項の目的のために、語句「リアルタイム」は、動作システムによって、イベントの発生あるいは入力を受け取られているとき、大急ぎで実行される計算、あるいは、動作を示すのに用いられる。しかし、語句「リアルタイム」の使用は、レイテンシがマシンの性能特性によって誘導される、意図しない結果である限りにおいて、入力と応答の間にいくらかのレイテンシを発生させる動作を排除することを意図しない。

【 0 0 4 7 】

< 詳細な説明 >

誘導され、コンピュータによって制御されたインプラント配置装置を提供し、用いる例示的システム及び方法が説明される。ある例示的实施形態では、インプラント配置装置のコンピュータを用いた誘導及び制御のためのシステムと方法は、コンピュータによって制御された電動インパクトを含むことが出来る。ある例では、コンピュータ制御可能な電動インパクトは、人工の寛骨臼カップをインプラントホスト (例えば、患者) の寛骨臼に挿入するために、外科医によって用いられることができる。他の例においては、別のインプラント配置装置が、全ひざ置換などの同様な関節形成術において、補助となるように用い

10

20

30

40

50

られることが出来る。以下の説明では、説明の目的上、多くの特定の詳細が、例示的实施形態を完全に理解するために述べられる。しかし、本発明は、これらの特定の詳細なしに実施することが出来ることは、当業者によれば明らかであろう。コンピュータ制御インプラント配置システムは、提供される例に限定されず、特に説明されない他のシナリオを含むことが出来ることも明らかであろう。

【0048】

ある例では、説明されるシステムは、追加的なインパクト（impaction）装置を備える寛骨臼配置装置を含む。その配置装置は、コンピュータに接続された追跡システムによって少なくとも2°の回転の精度で追跡されることが出来る。制御システム上で走るプログラムは、制御システムのメモリに格納される意図された手術前計画を達成するために、患者の身体（これは、また、追跡システムで追跡される）に対し、ユーザが寛骨臼を方向付けるときに、寛骨臼の方向と、任意にその位置とをモニタするための追跡システムと通信することができる。制御システムは、また、ユーザ（例えば、外科医）に、身体位置に対し、及び/あるいは、手術前計画に対しての、現在の位置及び/あるいは方向についての情報を与えるディスプレイを含むことが出来る。制御システムは、また、インパクト装置と通信することが出来る。様々なアルゴリズムは、どのインパクト装置がどのように起動されるべきかを計算するために用いられることが出来る。最も簡単なアルゴリズムは、手術前計画に一致するように、ユーザが寛骨臼インプラントの位置を調整するとき、インパクト装置を起動するとすることが出来る。更に、この起動は、トリガ、足ペダル信号、あるいは、音声命令などのユーザからの二次的な入力に依存することが出来る。

【0049】

インパクト装置は、寛骨臼配置装置に搭載され、インパクトが、既知の方法で、インプラントに力あるいはトルクを加えるようになっており、コンピュータアルゴリズムは、最終手術前計画に向かって、最適なパターンで寛骨臼コンポーネントを押しのように、一連のインパクトを最適化するために、ロボット経路計画技術を用いることが出来る。

【0050】

追加的なセンサが、配置ツールに加えられる力とトルクのフィードバックを与えるために、あるいは、利用されるインパクトパターンの結果に影響を与えるものとして、配置装置によって部分的、あるいは、完全に固定された寛骨臼インプラントへ加えられる力とトルクを測定するために、配置ツール上に展開され得る。

【0051】

<例示的システム>

図1は、例示的実施形態に従って、インプラント配置装置130の誘導と制御を行うシステム100を示すブロック図である。ある例では、システム100は、制御システム110、追跡システム120、及び、インプラント配置装置130を含むことが出来る。オプションとして、システム100は、また、表示装置140とデータベース150を含むことが出来る。ある例では、これらのコンポーネントは、整形外科的（あるいは、同様の）人工インプラント手術の間、インプラント配置装置130の誘導と制御を提供するように組み合わせられることができる。

【0052】

制御システム110は、追跡システム120から受信される情報を統括し、インプラント配置装置130へ制御を提供するように構成されている1以上のコンピューティング装置を含むことが出来る。ある例では、制御システム110は、計画モジュール112、誘導モジュール114、制御モジュール116及び通信インタフェース118を含むことが出来る。計画モジュール112は、臨床医に、手術室に入る前に、仮想的に手術の計画をする能力を与える、手術前計画サービスを提供することが出来る。背景技術は、手術的なロボットによって補助された関節置換術において使用される全股関節置換（全股関節形成（THA））において使用される様々な手術前計画手順を説明している。更に、Digioiaらへの、発明の名称“Computer-assisted Surgery Planner and Intra-Operative Guidance System,”という米国特許6、205、411号は、手術前計画への更に別のアプローチを

説明している。米国特許 6、205、411号は、ここに、その全体が参照によって組み込まれる。

【0053】

THAのような、ある例では、計画モジュール112は、仮想インプラントホストモデルに対して、インプラントの仮想モデルを操作するのに用いられることができる。インプラントホストモデルは、コンピュータを用いた断層撮影レントゲン写真(CT)、磁気共鳴画像(MRI)、陽電子放出型断層撮影(PET)あるいは、関節とその周囲の構造の超音波スキャンなどの、目的の患者の実際のスキャンから構成されることができる。あるいは、手術前計画は、患者測定あるいは他の臨床医選択入力に基づいて、モデルのグループから予め決められたインプラントホストモデルを選択することによって実行されることができる。ある例においては、手術前計画は、患者の(目的のインプラントホストの)実際の解剖学的構造を測定することによって、手術中に洗練化される。ある例では、追跡システム120に接続された先端プローブは、目的のインプラントホストの実際の解剖学的構造を測定することに用いられることができる。

10

【0054】

ある例においては、誘導モジュール114は、インプラント、インプラントホスト、及び、インプラント配置装置130の位置と方向の追跡を調整することができる。ある例では、誘導モジュール114は、また、計画モジュール112内で手術前計画の間に用いられる、仮想モデルの追跡の調整をすることができる。仮想モデルを追跡することは、追跡システム120を介して取得されたデータを用いて、仮想モデルとインプラントホストとの位置を調整するなどの動作を含むことができる。これらの例では、誘導モジュール114は、インプラント配置装置130とインプラントホストの物理的位置と方向に関し、追跡システム120から入力を受信する。インプラントホストの追跡は、複数の個々の骨の構造を追跡することを含むことができる。例えば、全ひざ置換術の間、追跡システム120は、個々の骨に取り付けられた追跡装置を用いて、大腿骨と頸骨を個々に追跡することができる。

20

【0055】

ある例では、制御モジュール116は、インプラント配置装置130を制御するための制御信号を生成するために、誘導モジュール114によって提供される情報を処理することができる。ある例では、制御モジュール116は、また、手術中、外科医を補助するために視覚的アニメーションを生成する誘導モジュール114と共に動作することができる。視覚的アニメーションは、表示装置140のような、表示装置を介して表示されることができる。ある例では、視覚的アニメーションは、他の物に囲まれて、インプラント、インプラントホスト、及び、インプラント配置装置130のリアルタイム3-D表現を含むことができる。ある例では、視覚的アニメーションは、インプラントの配置と方向について外科医を更に補助するため、色符号化されることが出来る。

30

【0056】

ある例では、通信インタフェース118は、制御システム110と、外部システム及び装置との間の通信を促進する。通信インタフェース118は、他の物も含まれるが、イーサネット、IEEE802.11無線、あるいは、ブルートゥースなどの有線及び無線通信インタフェースの両方を含むことができる。図1に示されるように、この例では、通信インタフェース118を介して接続される主要外部システムは、追跡システム120とインプラント配置装置130を含む。図示されていないが、他の装置の中でも、データベース150と表示装置140は、また、通信インタフェース118を介して、制御システム110に接続されることが出来る。ある例では、通信インタフェース118は、制御システム110内の、他のモジュール及びハードウェアシステムと、内部バスを介して通信する。

40

【0057】

ある例では、追跡システム120は、半能動ロボット手術装置の誘導と制御を補助するために、手術装置と、インプラントホストの解剖学区的構造の一部に対する位置と方向情報とを提供する。追跡システム120は、少なくとも3つの位置と少なくとも3つの角度

50

に基づいて、追跡データを含むか、あるいは、提供する追跡装置を含むことが出来る。その追跡装置は、インプラントホストに関連した1以上の第1の追跡マーカと、手術装置（例えば、インプラント配置装置130）に関連した1以上の第2のマーカとを含むことが出来る。マーカあるいは、マーカの一部は、赤外線源、無線（RF）源、超音波源、及び/あるいは、送信器の1以上とすることが出来る。追跡システム120は、したがって、赤外追跡システム、光学追跡システム、超音波追跡システム、慣性追跡システム、有線システム及び/あるいは、RF追跡システムとすることができる。1つの例示的追跡システムは、ここに説明するOPTOTRAK（登録商標）3-D動き及び位置測定追跡システムとすることが出来るが、当業者によれば、他の精度及び/あるいは、解像度の他の追跡システムが使えることが理解されるだろう。

10

【0058】

Brisson らへの、発明の名称“Methods and Systems to Control a Shaping Tool,” という米国特許6、757、582号は、手術環境における、追跡システム120のような追跡システムの使用に関し、更なる詳細を提供する。米国特許6、757、582号（‘582特許）は、その全体が、参照によってここに組み込まれる。

【0059】

ある例では、外科医は、手術中、インプラントをインプラントホスト内に挿入することを補助するために、インプラント配置装置130を用いることが出来る。例えば、THA中において、外科医は、インプラントホストの寛骨臼内に人工の寛骨臼カップをしばしば挿入するだろう。人工の寛骨臼カップを挿入することは、しばしば、手動の、あるいは、電力供給されたインパクト装置を含む。手動のインパクト装置を用いるとき、外科医は、人工の寛骨臼カップ（例えば、インプラント）を適切な位置に置くために、木槌でインパクトの端をたたくだろう。ある手動でのインパクト装置は、追跡システム120などの追跡システムと結合される一方、外科医に提供される補助は、手動インパクト装置の位置に限定される。現在手に入るシステムは、インプラントを理想的なインプラント位置（手術前及び手術中計画で決められるように）に挿入するように外科医を補助するためにインパクト装置の誘導された制御を提供する能力に欠ける。インプラント配置装置130などの、例示的な誘導されたインプラント配置装置の更なる詳細が、図7を参照して、以下に提供される。

20

【0060】

< 例示的動作環境 >

図2は、例示的实施形態に従って、インプラント配置装置130の誘導と制御のためのシステム200を作動させる環境を示す図である。ある例では、システム200は、システム100に対し、上記したものと同様のコンポーネントを含むことが出来る。例えば、システム200は、制御システム110、追跡システム120、インプラント配置装置130、表示装置140A及び140Bなどのような、1以上の表示装置を含むことが出来る。システム200は、また、足制御器170と共に、インプラントホスト10、追跡マーカ160、162、164を示す。

30

【0061】

ある例では、追跡マーカ160、162、及び164は、インプラントホスト10、インプラント配置装置130、及び、手術台などのような基準（追跡マーカ164）の位置と方向を追跡するために、追跡システム120によって使用されることが出来る。この例では、追跡システム120は、追跡マーカ160、162及び164の位置と方向をモニタするために光学追跡を用いる。追跡マーカ（160、162、及び164）のそれぞれは、6自由度までの位置と方向を決定するために、容易に処理される目標を提供する3以上の追跡範囲を含む。追跡システム120は、インプラントホスト10とインプラント配置装置130（及び、参照によって、インプラント）が、空間的に追跡されることが出来るような、局所的3-D座標系を提供するように較正されることが出来る。例えば、追跡システム120が、追跡マーカ160のような追跡マーカ上の3つの追跡範囲を映し出すことが出来る限りにおいて、追跡システム120は、3-D座標系内の点を生成するため

40

50

に、画像処理アルゴリズムを利用することができる。続いて、追跡システム 1 2 0 (あるいは、制御システム 1 1 0 内の誘導モジュール 1 1 4 (図 1)) は、インプラントホスト 1 0 あるいはインプラント配置装置 1 3 0 などの、追跡マーカが取り付けられる装置と関連した正確な 3 - D 位置及び方向を三角法で測定するために、3 点を使用することができる。一度、インプラント配置装置 1 3 0 の正確な位置と方向が分かったら、システム 2 0 0 は、(インプラントホスト 1 0 内にあるが、外科医あるいは追跡システム 1 2 0 には見えないインプラントを、追跡システム 1 2 0 が視覚化可能とする能力がなくとも) インプラントに関連した位置と方向を正確に計算するために、インプラント配置装置 1 3 0 の既知の特性を使用することができる。

【 0 0 6 2 】

システム 1 0 0 (図 1) と 2 0 0 の動作と能力が、図 3 - 6 を参照して、以下に更に説明される。

【 0 0 6 3 】

< 例示的方法 >

図 3 は、例示的实施形態に従って、インプラント配置装置 1 3 0 (図 2) の誘導と制御のための方法 3 0 0 を示すフローチャートである。ある例では、方法 3 0 0 は、3 1 0 において、インプラント計画にアクセスし、3 2 0 において、3 - D 座標系を確立し、3 3 0 において、追跡情報を受信し、3 3 5 において、インプラントの位置と方向を決定し、3 4 0 において、計画された位置が達成されたか判定し、3 4 5 において、制御信号を生成し、3 5 0 において、制御信号を送信する、動作を含むことができる。オプションとして、方法 3 0 0 は、3 0 5 において、インプラント計画を作成し、3 1 5 において、通信リンクを初期化し、3 5 5 において、外科医にフィードバックを提供するような動作も含むことができる。一般に、方法 3 0 0 を参照して説明された動作は、制御システム 1 0 0 (図 1) 内で実行される。しかし、ある例では、いくつかの動作は、追跡システム 1 2 0 (図 2) のようなシステム 1 0 0 あるいは 2 0 0 の他のコンポーネント内で実行される。更に、ある例では、いくつかの記載された動作は、インプラント配置装置 1 3 0 (図 2) へ、誘導と制御を提供するためには要求されないことがある。

【 0 0 6 4 】

ある例では、方法 3 0 0 は、任意に、3 0 5 において、インプラント計画を生成するときに臨床医を補助する計画モジュール 1 1 2 (図 1) を用いて開始することができる。インプラント計画を生成することは、CT、MRI、あるいは、インプラントホスト 1 0 (図 2) の適切な解剖学的構造の同様な医学的スキャンから仮想的インプラントホストモデルを生成することを含むことができる。インプラント計画を生成することは、また、仮想インプラントホストモデルに対して、仮想インプラントモデルを操作することを含むことができる。更に、インプラント計画を生成することは、インプラントホスト 1 0 内にインプラントを挿入する前に実行される骨形成術を計画することを含むことができる。ある例では、この動作で生成されるインプラント計画は、インプラントホスト 1 0 などのインプラントホスト内の理想的インプラント位置に関する詳細な位置と方向データを提供することができる。

【 0 0 6 5 】

3 1 0 において、方法 3 0 0 は、動作 3 0 5 において生成されたインプラント計画のようなインプラント計画にアクセスする制御システム 1 1 0 (図 1) を用いて継続することができる。あるいは、制御システム 1 1 0 は、データベース 1 5 0 (図 1) に格納されたインプラント計画にアクセスすることができる。ある例では、インプラント計画内の、インプラント、好ましい(理想的な)インプラント位置、インプラントホスト 1 0 に関するデータは、インプラント配置装置 1 3 0 (図 2) などのインプラント配置装置へ、誘導と制御を提供するために、必要に応じて、誘導モジュール 1 1 4 と制御モジュール 1 1 6 に対して利用可能とされることができる。

【 0 0 6 6 】

3 1 5 において、方法 3 0 0 は、任意に、通信インタフェース 1 1 8 を介して、インプ

10

20

30

40

50

ラント配置装置 130 及び/あるいは追跡システム 120 (図 1) との通信リンクを初期化する、制御システム 110 を用いて継続することができる。通信リンクを初期化することは、ある例では、インプラント配置装置 130 の制御能力を確かめることを含むことができる。例えば、システム 100 と 200 (図 1 及び 2) は、伸張機能を持つ、あるいは、その機能を持たない、コンピュータ制御電動インパクトの使用に適している。その伸張機能とは、インプラント挿入を補助するための制御可能な入れ子式の伸張器具である。インプラント配置装置 130 との通信リンクを初期化することは、接続された装置が電動伸張能力を含むか否かを判定することができる。

【 0067 】

320 において、方法 300 は、手術中、手術器具及びインプラントホスト 10 (図 2) を追跡するための 3-D 座標系を確立する制御システム 110 を用いて継続することができる。ある例では、制御システム 110 は、局所的 3-D 座標系を確立するために、追跡システム 120 (図 2) と共に動作する。ある例では、制御システム 110 は、3-D 座標系を確立するために、追跡マーカ 160、162 及び 164 (図 2) などの追跡マーカを含む、位置調整及び較正動作を介して、臨床医に段階を進ませることが出来る。3-D 座標系を確立することは、追跡システム 120 に関連した先端プローブを使用することも含むことができる。動作 320 の更なる詳細が、図 4 を参照して、以下に説明される。

【 0068 】

330 において、方法 300 は、追跡システム 120 (図 1) から追跡情報を受信する制御システム 110 を用いて継続することができる。この例では、動作 330 において、方法 300 は、手術中フェーズに入る。手術中フェーズにおいては、手術器具、インプラントホスト 10 (図 2)、及びインプラントは、臨床医が手術を行うのを補助するために追跡されることが出来る。動作 330 で受信された追跡情報は、インプラントホスト 10 とインプラント配置装置 130 (図 1 及び 2) などのシステム 100 あるいは 200 のコンポーネントの位置と方向情報を含むことができる。他の例では、動作 330 で受信された追跡情報は、単に、追跡マーカ 160 (図 2) 上の追跡範囲の特定された位置など、各追跡されたコンポーネントについて検出された基準点からなることができる。これらの例においては、誘導モジュール 114 (図 1) は、追跡されるコンポーネントに関連した位置と方向データを計算するために、その基準点を用いることができる。

【 0069 】

ある例においては、335 において、方法 300 を用いて、インプラント位置と方向を決定する誘導モジュール 114 (図 1) で継続することができる。ある他の例においては、インプラント位置と方向を決定することは、追跡システム 120 (図 2) 内で行われることができる。ある例では、インプラント位置と方向は、インプラント配置装置 130 (図 2) の既知の位置と方向、及び、インプラント配置装置 130 とインプラント間の既知の関係に基づいて計算される。例えば、追跡システム 120 は、インプラント配置装置 130 に関連した 3-D 座標系内の点の位置と方向を提供することができる。インプラント配置装置 130 の手術前較正は、エンドエフェクタに取り付けられたインプラントの位置と方向を決定可能とするように、インプラント配置装置 130 のエンドエフェクタの相対位置を決定することができる。この関係を較正することにより、誘導モジュール 114 は、インプラント配置装置 130 の追跡された位置を受信して、インプラントの正確な位置を追跡することができる。

【 0070 】

340 において、方法 300 は、インプラントホスト 10 (図 2) に対して、インプラントが計画された(例えば、理想的な)位置に届いたかを判定する制御システム 110 を用いて継続することができる。理想的なインプラント位置が達成されたならば、方法 300 は終了することができる。インプラントが理想的なインプラント位置に到達していない場合、345 において、方法 300 は、インプラント配置装置 130 (図 2) を誘導し、制御する制御信号を生成する制御モジュール 116 (図 1) を用いて継続することができる。制御信号生成に関する更なる詳細が、図 5 を参照して、以下に説明される。

【0071】

350において、方法300は、インプラント配置装置130(図1)に制御信号を、通信インタフェース118を介して送信する制御モジュール116を用いて継続する。動作330から350で表される、追跡情報を受信し、インプラント位置を決定し、制御信号を生成し、制御信号を送信する処理は、数ミリ秒ごとの頻度で起こることができ、制御システム110(図2)からインプラント配置装置130に送られる制御パラメータの高速な変更を可能とする。ここに与えられる周期時間は、単に例示であり、専用処理ハードウェアあるいは最適化アルゴリズムの適用によって変更することが出来る。更に、振動鎮静時間などの物理的制限も、動作の制御周期のタイミングに影響を与える。制御パラメータを高速に変更可能であることは、インプラントホスト10(図2)内でのインプラントの配置と方向についての正確な制御を可能とする。

10

【0072】

355において、方法は、任意に、外科医がインプラントを配置することを更に補助するためのフィードバックを提供する制御システム110(図2)を用いて継続することが出来る。図6を参照して、以下に更に詳細に説明するように、外科医に提供されるフィードバックは、視覚的、聴覚的、触覚的とすることが出来る。

【0073】

上記したように、方法300は、動作340で、インプラントが理想的な位置と方向に届いたことを判定するまで、動作330-355を繰り返すことが出来る。ある例では、方法300は、また、インプラント術の間、臨床医によって停止、あるいは、一時停止されることが出来る。一時停止されると、制御システム110(図2)は、臨床医にインプラント術を継続可能とさせることが出来る。方法300が停止されると、臨床医は、誘導と制御方法を停止する前までに到達した位置のインプラントを引き抜く、あるいは、取り外すというオプションを提示されることが出来る。ある例においては、インプラント配置装置130(図2)は、図3を参照して説明した動作を開始し、後に一時停止するように構成されることが出来るトリガアクチュエータを含むことが出来る。

20

【0074】

以下の方法は、図3を参照して、上で紹介された動作に関する更なる詳細を提供する。以下の方法で説明する動作は、任意であり、以下の例で説明されるものとは、異なる順番で、あるいは、異なるシステムで実行されることが出来る。更に、図3を参照して上記した動作は、インプラント配置装置130(図2)などのインプラント配置装置に誘導と制御を提供するのに、その全部が必要とは限らない。更に、上記した動作の順番は、単に例示的なもので、説明された動作は、上記したのとは異なる順番、及び、異なるシステム上で実行されることが出来る。

30

【0075】

図4は、例示的实施形態に従って、3次元(3-D)座標系を確立するための方法320を示すフローチャートである。ある例では、方法320は、410におけるシステム較正、420におけるインプラントホスト10の登録、430におけるインプラント配置装置130の登録、440における、インプラントホストモデルとインプラントホスト10との位置調整、450における、インプラントモデルとインプラントホスト10(図2)との位置調整などの動作を含むことが出来る。方法320は、図3で紹介された動作320に対応する。方法320を参照して説明した動作は、動作320の例示的实施形態を表す。

40

【0076】

方法320は、システム較正を行う制御システム110と追跡システム120(図2)を用いて、動作410において開始することが出来る。追跡システム120の較正は、追跡システム120の視野内の追跡マーカの正確な追跡を可能とする。ある例では、追跡システム120は、先端プローブと、追跡システムを較正する較正器具を含むことが出来る。追跡システム120あるいは制御システム110は、追跡システム120と共に、あるいは、追跡システム120のみは、較正器具を用いての先端プローブの較正へと臨床医を

50

進ませることが出来る。較正器具は、3-D座標系の正確な方向を提供でき、先端プローブは、インプラントホスト10及びインプラント配置装置130(図2)などの追跡されるべき他のコンポーネントを登録(例えば、較正)するために用いられることが出来る。追跡システム120あるいは制御システム110は、追跡システム120と共に、あるいは、追跡システム120のみは、任意に較正器具を用いた先端プローブの較正へと臨床医を進めさせることが出来る。較正処理は、先端プローブ(特に、その先端)に関連した3-D座標系の正確な位置と方向を規定する。プローブは、インプラントホスト10とインプラント配置装置130などの追跡されるべき他のコンポーネントの登録(例えば、較正)をするのに用いられることが出来る。

【0077】

420において、方法320は、インプラントホスト10を追跡システム120(図2)に登録することを促進する制御システム110を用いて継続することが出来る。ある例では、追跡マーカ162(図2)などの追跡マーカは、インプラントホスト10に取り付けられることが出来る。取り付けられた追跡マーカを用いて、臨床医は、重要な解剖学的構造を追跡システム120に登録するために、インプラントホスト10上の目印の位置を特定するために較正された先端プローブを用いることが出来る。登録は、手術において含まれるだろうインプラントホスト10の解剖学的構造に対する位置と方向に追跡マーカ162の位置を変換するために必要な情報を、制御システム110及び/あるいは追跡システム120に提供する。例えば、THAでは、登録手順は、インプラントホスト10の寛骨臼の相対位置の特定をすることが出来る。

【0078】

430において、方法320は、追跡システム120(図2)によって確立される3-D座標系内へのインプラント配置装置130の登録を促進する制御システム110及び/あるいは追跡システム120を用いて継続することが出来る。ある例では、インプラント配置装置130の登録は、インプラント配置装置130上の目印の位置を特定するために、3-D座標系に較正された先端プローブを用いることを含むことが出来る。追跡システム120は、インプラント配置装置130上の重要な寸法と相対的位置を登録するために、先端プローブによって特定された目標点と共に、インプラント配置装置130に取り付けられた追跡マーカ160(図2)の位置情報を用いる。

【0079】

440において、方法320は、仮想インプラントホストモデルとインプラントホスト10(図2)との位置を調整する制御システム110を用いて継続することが出来る。上記したように、インプラント計画は、インプラント位置と方向の手術前計画に用いられることができる、仮想インプラントホストモデルを含むことが出来る。ある例では、仮想インプラントホストモデルは、インプラント配置装置130(図2)の誘導と制御を補助するために、追跡システム120によって確立される3-D座標系内で位置調整されることが出来る。仮想インプラントホストモデルの位置調整は、インプラントホスト10の登録中に、インプラントホスト10上で集められた目印の位置から行うことが出来る。位置調整された仮想インプラントホストモデルは、外科医が、表示装置140(図2)などの表示装置上に、3-D画像化によってインプラント位置を画像化するのを補助するために用

【0080】

450において、方法320は、仮想インプラントモデルとインプラントホスト10(図2)との位置を調整する制御システム110を用いて継続することが出来る。仮想インプラントホストモデルと同様に、仮想インプラントモデルは、インプラントホスト10などのインプラントホスト内でのインプラントの理想的位置を特定するために、手術前計画中に使用されることが出来る。インプラント配置装置130を適切に誘導し、制御するために、計画に用いられる仮想インプラントモデルは、追跡システム120(図2)によって確立される3-D座標系内で計画中に特定される理想的位置に位置調整されることが出来る。ある例においては、仮想インプラントモデルは、また、外科医が、挿入中に、イン

10

20

30

40

50

プラント位置を視覚化することを補助することに使用されることが出来る。

【 0 0 8 1 】

図 5 は、例示的实施形態に従って、インプラント配置装置 1 3 0 (図 2) を制御する制御信号を生成するための方法 3 4 5 を示すフローチャートである。ある例では、方法 3 4 5 は、5 1 0 において、インパクトの振幅を決定し、5 2 0 において、インパクトの周波数を決定し、5 3 0 において、インパクトの継続時間を決定し、5 4 0 において、伸張あるいは収縮パラメータを決定し、5 5 0 において、方向パラメータを決定し、5 6 0 において、解放パラメータとタイミングを決定するような動作を含むことが出来る。図 5 に示される制御信号生成動作は、図 7 を参照して、以下に説明されるような、コンピュータ制御電動インパクト装置に指示される。異なる種類のインプラント配置装置を用いる例においては、異なる組の制御信号生成動作が適用可能である。

10

【 0 0 8 2 】

この例においては、方法 3 4 5 は、理想的なインプラント位置に対する現在のインプラント位置と方向などのパラメータに基づいて、インパクトの振幅を決定する制御モジュール 1 1 6 (図 1) を用いて、5 1 0 において開始することが出来る。インパクトの振幅は、ここでは、インプラントに、インプラント配置装置 1 3 0 (図 2) によって加えられる力の強度を示すために用いられる。5 2 0 において、方法 3 4 5 は、インプラント配置装置 1 3 0 へ送られるインパクトの周波数を決定する制御モジュール 1 1 6 を用いて、継続することが出来る。インパクトの周波数は、ここでは、インプラント配置装置 1 3 0 が、どのような頻度で、計画された振幅のインパクトを与えるかを示すために用いられる。

20

【 0 0 8 3 】

5 3 0 において、方法 3 4 5 は、現在の振幅と周波数パラメータを用いて与えるインパクトの継続時間を決定する制御モジュール 1 1 6 (図 1) を用いて、継続することが出来る。他の例においては、継続時間は、臨床医が、どの程度の時間、インプラント配置装置 1 3 0 (図 2) の特定の方向を維持すべきかを決定することを補助するために計算されることが出来る。ある例においては、制御システム 1 1 0 は、加えられる振幅と周波数に関連した可変な継続時間で、パルス - 測定 - パルス - 測定制御方法を利用することが出来る。更に他の例においては、設定されたインパクト継続時間は、外科医を位置調整手順に関わらせ続け、自律的動き間の進展をチェックする時間を与えるために用いられることが出来る。

30

【 0 0 8 4 】

ある例においては、インプラント配置装置 1 3 0 (図 2) は、装置の一部を伸張及び/あるいは収縮させる能力を含むことが出来る。これらの例においては、方法 3 4 5 は、動作 5 4 0 を含むことが出来る。5 4 0 においては、方法 3 4 5 は、インプラント配置装置 1 3 0 に送られるべき伸張あるいは収縮パラメータを決定する制御モジュール 1 1 6 (図 1) を用いて継続することが出来る。例えば、コンピュータ制御電動インパクト装置で、人工の寛骨臼カップを挿入する間に、装置は、インプラントを有するインパクトヘッド (例えば、エンドエフェクタ) を適切な位置に伸張する間、外科医が適切な位置調整を単純に維持することができるように設計されることが出来る。

【 0 0 8 5 】

5 5 0 において、方法 3 4 5 は、インプラント配置装置 1 3 0 (図 1) に送られるべき方向パラメータを決定する制御モジュール 1 1 6 を用いて継続することが出来る。ある例においては、インプラント配置装置 1 3 0 は、エンドエフェクタ上のインプラントの方向を制御する能力を有することができる。人工の寛骨臼カップの例におけるように、エンドエフェクタは、インプラントの周囲の局所化された部分にインパクトが向けられるように構成されることが出来る。インパクトを周囲の小さな部分に局所化することは、インプラントに回転力を誘導することが出来る。他の例においては、インプラント配置装置 1 3 0 のエンドエフェクタは、他の方向の調整を促進するために、旋回の支点となる、あるいは、回転することが出来るようにすることが出来る。

40

【 0 0 8 6 】

50

最後に、560において、方法345は、解放パラメータとタイミングを決定する制御モジュール116(図1)を用いて終了することが出来る。ある例では、インプラント配置装置130(図2)は、インプラントが理想的な位置に到達したら、いったんインプラントを解放する機構を含むことが出来る。解放パラメータは、インプラント配置装置130にインプラント保持機構を解放するように命令する、あるいは、エンドエフェクタからインプラントを取り外すために解放アクチュエータのトリガをかけるパラメータを含むことが出来る。ある例においては、解放アクチュエータは、インプラントを解放するために、エンドエフェクタ内に、単純な空気シリンダあるいは、電動シリンダを含むことが出来る。

【0087】

図6は、例示の実施形態に従って、インプラント配置装置130(図2)を操作する外科医に補助を提供する方法350を示すフローチャートである。ある例では、方法350は、610において、インプラント配置装置130の位置と方向を決定し、615において、インプラントホスト10(図2)の位置調整と方向決定を行い、620において、3-D表現を生成し、625において、十文字位置調整ガイドを表示し、630において、3-D表現を表示し、635において、理想的インプラント位置を表示し、640において、インプラントホストモデルを表示し、645において、音声位置調整インジケータを生成し、650において、触覚制御信号を生成するような処理を含むことが出来る。以下の動作は、コンピュータを用いた誘導と制御の多くの潜在的な利益の一つを強調するものであり、その一つは、部分的に、あるいは、完全にインプラントホスト10の解剖学的構成とインプラントの側面の視界が妨げられる手順中に、それらの両方を視覚化することにより、臨床医を補助する能力である。

【0088】

ある例において、方法350は、インプラント配置装置130(図1)の位置と方向を決定する誘導モジュール114を用いて、610において開始することが出来る。ある例においては、インプラント配置装置130の位置と方向は、インプラントの位置と方向を決定するために、既に、計算されているだろう(図3の動作335を参照)。615において、方法350は、必要ならば、インプラントホスト10(図2)の位置と方向を決定する誘導モジュール114を用いて、継続することが出来る。動作610と同様に、動作615は、インプラントホスト10に対するインプラント位置を決定するために、以前に実行されているかもしれない。

【0089】

620において、方法350は、インプラントホスト10(図2)と共に、インプラントとインプラント配置装置130のようなコンポーネントの3-D表現を生成する制御システム110を用いて、継続することが出来る。生成された表現は、外科医に、リアルタイムの視覚化を提示するために用いられることが出来る。625において、方法350は、外科医がインプラント配置装置130の位置調整を行うことを補助するために十文字位置調整ガイドを生成し、表示する制御システム110を用いて、継続することができる。ある例では、現在のインプラント位置、理想的な(計画された)インプラント位置、インプラント配置装置130の位置と方向、及び、インプラントホスト10の位置と方向は、十文字位置調整ガイドを生成するために用いられることができる。ある例においては、十文字位置調整表示上の2次元(例えば、xとy)は、インプラント計画に対して位置調整された球座標系におけるインプラント配置装置130の方位角と仰角に対応することができる。XYプロットの中心は、インプラント計画に対応し、インプラント配置装置130のXY座標は、インプラント配置装置130とインプラント計画間の方位角と仰角の差である。あるシナリオでは、この定義は、インプラント配置装置130の動きと、スクリーン上の十文字の動きとの間の非直感的相関に導く。したがって、角度基準平面は、重力あるいは、ユーザの面している方向など、大域的基準に対して位置調整されることが出来る。これらの基準により、ユーザの左が、スクリーンの左向きの動きに対応し、インプラント配置装置130の上方向(重力に対し)の動きは、十文字の上方への動きとして扱う。この

10

20

30

40

50

ような基準座標の変換は、ロボットあるいは手術誘導の当業者には明らかである。

【0090】

630において、方法350は、表示装置140(図2)のような表示装置上に3-D表現を表示する制御装置110を用いて、継続することができる。ある例では、動作620で生成される3-D表現は、他の物も含め、インプラント配置装置130(図2)のインプラント位置と方向を、外科医が視覚化するのを補助するために、表示されることが出来る。ある例においては、3-D視覚化は、外科医に更なるフィードバックを提供するために色符号化されることが出来る。例えば、インプラント、インプラントホスト10(図2)及びインプラント配置装置130などの各異なるコンポーネントは、異なる色として表現されることが出来る。他の例では、インプラントは、インプラントホスト10に対する整列を示すために、色符号化されることが出来る。この例では、色符号化は、インプラントが正しく位置調整されたか、されないかを示すために、赤から緑に(これらの間の様々な色合いで)変化することが出来る。635において、方法350は、インプラントホスト10、実際のインプラント及び、インプラント配置装置130などの様々な他の3-D表現に対し、理想的なインプラント位置を表示する制御システム110を用いて、継続することができる。640において、方法350は、表示に、インプラントホストモデルの3-D視覚化を加える制御システム110を用いて、継続することが出来る。ある例では、表示装置140上に表示される3-D視覚化の性質は、外科医によって、足制御器170(図2)を介して制御されることが出来る。表示を制御することは、外科医が、さまざまな透視図をスクロールし、ある時に、どのコンポーネントが表示されるかを制御することを可能にする。

10

20

【0091】

645において、方法350は、音声位置調整インジケータを生成する制御システム110(図2)を用いて、継続することが出来る。音声位置調整インジケータは、インプラント計画に従って、インプラント位置調整終了あるいはインプラント配置装置130(図2)位置調整終了を示すことが出来る。最後に、650において、方法350は、インプラント配置装置130に送信するハプティック(触覚)制御信号を生成する制御システム110を用いて、終了することが出来る。ハプティック制御信号は、外科医に触覚的なフィードバックを提供するために、インプラント配置装置130に振動を生成するように命令することが出来る。ある例では、ハプティックな触覚的なフィードバックは、インプラント計画に対し、インプラント配置装置130の特に悪い位置調整結果を示すために用いられることが出来る。あるいは、ハプティックな触覚的なフィードバックは、インプラントがうまく配置できたことを示すために用いられることが出来る。

30

【0092】

<例示的インプラント配置装置>

図7は、例示的实施形態に従った、インプラント配置装置130を示す図である。ある例では、インプラント配置装置130は、本体705、ハンドル710、バッテリー715、チャック720、入れ子式の配置アーム730、安定化ハンドル735、エンドエフェクタ740、インプラント保持装置745、トリガ750、追跡マーカ760、手動インパクト面770及び通信リンク780などのコンポーネントを含むことが出来る。図7に示される例示的インプラント配置装置130は、THA術に用いられることが出来る、コードレスコンピュータ制御インパクトである。他の術のために設計された他のインプラント配置装置は、この例で説明されたものと同様のコンポーネントを含むことが出来る。

40

【0093】

この例では、インプラント配置装置130の主要コンポーネントは、主本体705、ハンドル710、バッテリー(例えば、電力源)715、チャック720、及びトリガ750を含む。主本体705は、エンドエフェクタ740上で望ましいインパクトを生成するのに要求されるモータと他の制御回路を含む。チャック720は、入れ子式の配置アーム730などの取替え可能な配置アームを可能とするように構成されることが出来る。ある例では、トリガ750は、インプラント配置装置130が、制御システム110から制御

50

信号を受信していても、臨床医がインプラント手順を制御できるように、手動無効化を提供する。

【0094】

この例においては、インプラント配置装置130は、入れ子式の配置アーム730を含む。入れ子式の配置アーム730は、動原体に近い固定部732と末端の可動部734を含む。ある例では、安定化ハンドル735は、入れ子式の配置アーム730の動原体に近い固定部732に取り付けられることが出来る。末端可動部734は、末端に取り付けられたエンドエフェクタ740を含む。エンドエフェクタ740は、挿入の間、インプラントへの任意の潜在的な損傷を減らすために、インプラントと噛み合うように構成されることが出来る。エンドエフェクタ740は、挿入の間、エンドエフェクタ740に対して、インプラントを固定位置に保持するように構成されることが出来る保持装置745を含むことが出来る。

10

【0095】

インプラント配置装置130は、追跡システム120(図2)によって、インプラント配置装置130の位置と方向が追跡可能となる追跡マーカ760を含むことが出来る。ある例では、追跡マーカ760は、3つ以上の追跡球765A・・・765N(まとめて、追跡球765と呼ぶ)を含むことが出来る。追跡球765は、能動的あるいは受動的装置とすることが出来る。例えば、能動的追跡球は、赤外センサを使ってインプラント配置装置130を追跡するための、購入可能なOPTOTRAK(登録商標)動きと位置測定及び追跡システムなどの追跡システムを可能にする赤外LEDを含むことが出来る。他の追跡システムは、受信できる波長を放射する(あるいは、対応する波長を反射する)追跡球の使用を示す、他の波長に応答するカメラを用いることが出来る。

20

【0096】

この例では、インプラント配置装置130は、手動インパクト面770を含むことが出来る。手動インパクト面770は、コンピュータを用いた誘導と制御が適切に動作していない場合に、外科医が手動インパクトに戻すことを可能にする。

【0097】

最後に、インプラント配置装置130は、通信リンク780を含むことが出来る。この例では、通信リンク780は、有線接続として図示されている。しかし、他の例では、通信リンク780は、他の中でも、IEEE802.11あるいは、ブルートゥースなどの任意の適切な無線プロトコルで実装されることが出来る。

30

【0098】

図8A-8Bは、例示的实施形態に従った、インプラント配置装置130の他のエンドエフェクタ800を示すブロック図である。他のエンドエフェクタ800は、末端可動部734とエンドエフェクタ740との間に配置される一連のアクチュエータ815A-815C(まとめて、アクチュエータ815と呼ぶ)を含むことが出来る。アクチュエータ815は、エンドエフェクタ740の外縁に沿った局所化部分上に力(例えば、インパクト)を誘導することが出来る。上記したように、エンドエフェクタ740の周囲周りに力を向けるようなアクチュエータ位置は、インパクトの間、インプラント上に望ましい回転を誘導することが出来る。図8Bは、アクチュエータ815がエンドエフェクタ740の周りにどのように配置されるかの断面図を示す。

40

【0099】

図9は、例示的实施形態に従った、周囲アクチュエータ915A-915Cの他の別の配置を示すブロック図である。この例では、周囲アクチュエータ915A-915Cは、末端可動部734と動原体に近い固定部732との間に配置される。

【0100】

図10A-10Bは、例示的实施形態に従った、電動インパクトの繋ぎ(関節)部を示すブロック図である。この例においては、入れ子式の配置アーム730の一部は、繋ぎジョイント905を含むことが出来る。図示された例は、入れ子式の配置アーム730の末端可動部734内に繋ぎジョイントを含む。他の例においては、繋ぎジョイント905は、

50

入れ子式の配置アーム 730 の動原体に近い固定部 732 内に含まれることが出来る。繋ぎジョイント 905 は、手術中、インプラントを配置するのを補助するために、電力駆動され、あるいは、手動操作されることが出来る。

【0101】

<モジュール、コンポーネント及び論理回路>

ここに説明されるコンピュータシステムのある実施形態は、ロジックあるいは、いくつかのコンポーネント、モジュール、あるいは、機構を含むことが出来る。モジュールは、ソフトウェアモジュール（例えば、マシン読み取り可能な媒体あるいは伝送信号に実装されるコード）あるいは、ハードウェアモジュールの何れかからなる。ハードウェアモジュールは、ある動作を実行することが出来る有形のユニットで、ある方法で、構成され、あるいは、配置されることが出来る。例示的实施形態においては、1以上のコンピュータシステム（例えば、スタンドアロン、クライアントあるいはサーバコンピュータシステム）あるいは、コンピュータシステムの1以上のハードウェアモジュールは、ここに説明されるような、ある動作を実行するように操作されるハードウェアモジュールとして、ソフトウェア（例えば、アプリケーション/あるいはアプリケーション部分）によって構成される。

10

【0102】

様々な実施形態において、ハードウェアモジュールは、機械的に、あるいは、電氣的に実装されることが出来る。例えば、ハードウェアモジュールは、ある動作を実行するように固定的に構成される（例えば、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）あるいは、アプリケーション専用集積回路（ASIC）のような専用プロセッサ）専用回路あるいはロジックを備えることが出来る。ハードウェアモジュールは、また、ソフトウェアによって、ある動作を実行するように、一時的に構成される、プログラム可能な論理回路あるいは回路（例えば、汎用プロセッサあるいは、他のプログラム可能なプロセッサに包含されるような）を備えることができる。専用で固定的に構成される回路で、あるいは、一時的に構成される回路（例えば、ソフトウェアによって構成される）でハードウェアモジュールを機械的に実装することの決定は、コストと時間を考慮して行うことが出来ることが理解されるだろう。

20

【0103】

したがって、語句「ハードウェアモジュール」は、有形なものを含み、ある仕方で動作し、及び/あるいは、ここで説明した、ある動作を実行するために、物理的に構成され、固定的に構成され（例えば、結線で結合され）、あるいは、一時的に構成され（例えば、プログラムされた）ているものであることを理解されたい。ハードウェアモジュールが一時的に構成されている（例えば、プログラムされている）実施形態を考慮すると、ハードウェアモジュールのそれぞれは、必ずしも、任意の一時点で、構成され、あるいは、実現される必要はない。例えば、ハードウェアモジュールが、ソフトウェアを用いて構成された汎用プロセッサを備える場合、汎用プロセッサは、異なる時点で、それぞれの異なるハードウェアモジュールとして構成されることが出来る。ソフトウェアは、したがって、例えば、ある時点で、特定のハードウェアモジュールを構成し、異なる時点で、異なるハードウェアモジュールを構成するように、プロセッサを構成することができる。

30

40

【0104】

ハードウェアモジュールは、他のハードウェアモジュールへ情報を提供したり、他のハードウェアモジュールから情報を受け取ったりすることができる。したがって、説明したハードウェアモジュールは、通信可能なように結合されているとみなすことが出来る。複数のそのようなハードウェアモジュールが同時に存在する場合、通信は、ハードウェアモジュールを接続する信号伝送によって（例えば、適切な回路及びバスを介して）達成されることが出来る。複数のハードウェアモジュールが異なる時点で構成され、あるいは、実現される実施形態においては、そのようなハードウェアモジュール間の通信は、例えば、複数のハードウェアモジュールがアクセスするメモリ構造に情報を格納したり、情報を検索したりすることによって達成されることが出来る。例えば、あるハードウェアモジュール

50

ルは、動作を実行し、通信可能なように結合されているメモリ装置に、その動作の出力を格納することができる。更なるハードウェアモジュールは、後に、格納された出力を検索し、処理するために、メモリ装置へアクセスすることができる。ハードウェアモジュールは、また、入力あるいは出力装置との通信を開始することができ、資源（例えば、情報の集合）に操作を加えることができる。

【0105】

ここに説明された例示的方法の様々な動作は、問題の動作を実行するように一時的に構成され（例えば、ソフトウェアによって）、あるいは、固定的に構成される1以上のプロセッサによって、少なくとも部分的に、実行されることが出来る。一時的に構成されるか、固定的に構成されるかによって、そのようなプロセッサは、1以上の動作あるいは機能を10 実行するために動作する、プロセッサ実装モジュールを構成することが出来る。ここに示すモジュールは、ある例示的实施形態においては、プロセッサ実装モジュールを備える。

【0106】

同様に、ここに説明される方法は、少なくとも部分的に、プロセッサ実装とすることができる。例えば、方法の動作の少なくともいくつかは、1つのプロセッサ、複数のプロセッサ、あるいは、プロセッサ実装モジュールによって実行されることが出来る。動作のあるものの実行は、単一マシン内にあるもののみならず、複数のマシンに展開しているものなど、1以上のプロセッサ間に分散することができる。ある例示的实施形態においては、プロセッサあるいは複数のプロセッサは、単一の場所（家庭環境内、オフィス環境内、あるいは、サーバファームとして）配置されることが出来る一方、他の実施形態では、複数のプロセッサは、複数の場所に渡って分散されることが出来る。20

【0107】

1以上のプロセッサは、また、「クラウドコンピューティング」環境において、あるいは、「ソフトウェア・アズ・ア・サービス」（SaaS）として、問題の動作の実行をサポートするために動作することが出来る。例えば、動作の少なくともいくつかは、これらの動作にネットワークを介して（例えば、インターネット）、あるいは、1以上の適切なインタフェースを介して（例えば、API）、アクセスできる場合、（複数のプロセッサを含むマシンの例としての）コンピュータのグループによって実行されることが出来る。30

【0108】

<電子装置及びシステム>

例示的实施形態は、デジタル電子回路、あるいは、コンピュータハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、あるいは、これらの組み合わせで実装されることが出来る。例示的实施形態は、例えば、プログラム可能なプロセッサ、コンピュータ、あるいは、複数のコンピュータなどのデータ処理装置によって実行され、あるいは、その動作を制御する、例えば、マシン読み取り可能な媒体などの情報担体に有形に実装された、例えば、コンピュータプログラムなどの、コンピュータプログラム製品を用いて実装されることが出来る。インプラント配置装置130（図7）のある例示的实施形態は、インプラント配置装置130によって実行される実行可能な命令を格納するマシン読み取り可能な媒体を含むことが出来る。40

【0109】

コンピュータプログラムは、コンパイル、あるいは、インタプリタ言語を含むプログラム言語の任意の形態で記述されることができ、スタンドアロンプログラム、あるいは、モジュール、サブルーチン、あるいは、コンピューティング環境での使用に適した他のユニットを含む任意の形態で展開され得る。コンピュータプログラムは、一つのサイトで、あるいは、複数のサイトに分散され、通信ネットワークで相互結合された、1つのコンピュータあるいは、複数のコンピュータ上で実行されるために展開され得る。

【0110】

例示的实施形態においては、動作は、入力データに操作を加え、出力を生成することにより機能を実現するコンピュータプログラムを実行する1以上のプログラム可能なプロセ50

ッサによって実現されることが出来る。方法の動作は、また、専用のロジック回路（例えば、FPGAあるいはASIC）によって実現されることができ、例示的实施形態の装置は、専用のロジック回路として実装されることが出来る。

【0111】

コンピューティングシステムは、クライアントとサーバを含むことが出来る。クライアントとサーバは、一般に、互いに離れており、典型的には、通信ネットワークを介して相互作用する。クライアントとサーバの関係は、それぞれのコンピュータ上で走り、互いにクライアント-サーバ関係を有するコンピュータプログラムによって生じる。プログラム可能なコンピューティングシステムを展開する実施形態では、ハードウェアアーキテクチャとソフトウェアアーキテクチャの両方を考慮する必要があることが理解されるだろう。特に、ある機能を、固定的に構成されたハードウェア（例えば、ASIC）で、一時的に構成されるハードウェア（例えば、ソフトウェアとプログラム可能なプロセッサとの組み合わせ）で、あるいは、固定的及び一時的に構成されたハードウェアの組み合わせでのいずれで実装するかを選択は、設計上の選択であることが理解されるだろう。以下には、様々な例示的实施形態で展開されることのできるハードウェア（例えば、マシン）とソフトウェアのアーキテクチャを述べる。

10

【0112】

<例示的マシンアーキテクチャとマシン読み取り可能な媒体>

図11は、ここで説明した方法の任意の1以上をマシンに実現させる命令が実行されるコンピュータシステム1100の例示的形態のマシンのブロック図である。他の実施形態では、マシンは、スタンドアロンとして動作し、あるいは、他のマシンに接続（例えば、ネットワーク接続）されることが出来る。ネットワーク接続された展開においては、マシンは、サーバ-クライアントネットワーク環境では、サーバあるいはクライアントマシンの役割で、あるいは、ピアツーピア（あるいは分散）ネットワーク環境におけるピアマシンとして動作することが出来る。マシンは、パーソナルコンピュータ（PC）、タブレットPC、セットトップボックス（チューナー）（STB）、PDA、携帯電話、ウェブ装置、ネットワークルータ、スイッチ、あるいは、ブリッジ、あるいは、実現される動作を特定する命令（シーケンシャル、あるいは、他の）を実行することの出来る任意のマシンとすることが出来る。更に、単一のマシンのみが図示されているが、語句「マシン」は、また、ここに説明した方法の任意の1以上を実現する命令の一群（あるいは、複数の組）を、単独で、あるいは、共同して実行するマシンの任意の集合を含むように受け取られるべきである。

20

30

【0113】

例示的コンピュータシステム1100は、プロセッサ1102（例えば、中央演算装置（CPU）、グラフィック処理ユニット（GPU）あるいは、それらの両方）、主メモリ1104及び静的メモリ1106を含み、これらは、相互にバス1108を介して通信する。コンピュータシステム1100は、更に、ビデオ表示装置1110（例えば、液晶ディスプレイ（LCD）あるいは、陰極線管（CRT））を含むことが出来る。コンピュータシステム1100は、また、英数字入力装置1112（例えば、キーボード）、ユーザインタフェース（UI）誘導装置（あるいは、カーソル制御装置）1114（例えば、マウス）、ディスクドライブ装置1116、信号生成装置1118（例えば、スピーカ）及びネットワークインタフェース装置1120を含む。

40

【0114】

<マシン読み取り可能な媒体>

ディスクドライブ装置1116は、ここで説明した任意の1以上の方法と機能を具体化する、あるいは、これによって用いられる命令及びデータ構造（例えば、ソフトウェア）1124の1以上の組を格納するマシン読み取り可能な媒体1122を含む。命令1124は、また、コンピュータシステム1100、また、マシン読み取り可能な媒体を構成する主メモリ1104及びプロセッサ1102によって実行される間、主メモリ1104、静的メモリ1106内、及び/あるいは、プロセッサ1102内に、完全に、あるいは、

50

少なくとも部分的に存在することが出来る。

【0115】

マシン読み取り可能な媒体1122は、例示的实施形態において、単一の媒体として示されているが、語句「マシン読み取り可能な媒体」は、1以上の命令あるいはデータ構造を格納する単一媒体あるいは複数媒体（例えば、集約された、あるいは、分散されたデータベース、及び/あるいは、関連したキャッシュとサーバ）を含むことが出来る。語句「マシン読み取り可能な媒体」は、また、マシンによる実行のために、命令を格納し、符号化し、あるいは、担持出来、本発明の方法の任意の1以上をマシンに実現させる、あるいは、そのような命令によって用いられる、あるいは、それらに関連したデータ構造を格納し、符号化し、あるいは、担持出来る任意の有形の媒体を含むと取られるべきである。語句「マシン読み取り可能な媒体」は、したがって、固体メモリ、及び、光及び磁気媒体、に限定はされないが、これらを含むと取られるべきである。マシン読み取り可能な媒体の特定の例は、例として、半導体メモリ装置（例えば、消去可能なプログラム可能リードオンリーメモリ（EPROM）、電氣的に消去可能なプログラム可能リードオンリーメモリ（EEPROM））及びフラッシュメモリ装置、内蔵ハードディスク、取り外し可能なディスクなどの磁気ディスク、磁気光学ディスク、CD-ROM及びDVD-ROMディスクを含む不揮発性メモリを含む。「マシン読み取り可能な格納媒体」は、また、他のものを含み、レジスタメモリ、プロセッサキャッシュ及びRAMなどの一時的なものとして解釈される装置を含むべきである。マシン読み取り可能な媒体とマシン読み取り可能な格納媒体の、ここに提供された定義は、マシン読み取り媒体が、更に、「非一時的」として特徴付けられたとしても適用可能である。例えば、非一時的マシン読み取り可能な格納媒体などの「非一時的」の任意の追加は、引き続き、他のメモリ装置を含み、レジスタメモリ、プロセッサキャッシュ、RAMを含むことを意図している。

10

20

【0116】

< 伝送媒体 >

命令1124は、更に、伝送媒体を用いて、通信ネットワーク上を伝送され、受信されることが出来る。命令1124は、ネットワークインタフェース装置1120と複数の既知の伝送プロトコル（例えば、HTTP）の任意の一つを用いて、伝送されることが出来る。通信ネットワークの例は、LAN、WAN、インターネット、携帯電話網、従来型電話（POTS）網、無線データ網（WiFi及びWiMax網）を含む。語句「伝送媒体」は、マシンによる実行のために命令を格納し、符号化し、あるいは、担持することのできる任意の非有形媒体を含み、デジタルあるいはアナログ通信信号、あるいは、そのようなソフトウェアが通信を促進することの出来る他の非有形媒体を含むと取られるべきである。

30

【0117】

インプラント配置装置の誘導と制御のための方法とシステムが説明された。本発明は、特定の例示的实施形態を参照して説明されたが、発明のより広い精神と範囲から離れることなく、これらの実施形態に様々な変形や変更がなされえることは明らかであろう。したがって、明細書と図面は、制限的な意味ではなく例示的なものとみなされるべきである。

【0118】

実施形態は、特定の例示的实施形態を参照して説明されたが、発明のより広い精神と範囲から離れることなく、これらの実施形態に様々な変形や変更がなされえることは明らかであろう。したがって、明細書と図面は、制限的な意味ではなく例示的なものとみなされるべきである。一部をなす添付の図面は、主題が実施される特定の実施形態を、例示的な方法で、限定的ではなく示す。図示された実施形態は、当業者が、ここに開示された示唆を実施出来るように、十分詳細に説明されている。他の実施形態は、構造的及び論理的差し替えや変更が、この開示の範囲を離れることなくなされるように、用いられ、これらから導かれることが出来る。したがって、詳細な説明は、限定的な意味で取られるべきではなく、様々な実施形態の範囲は、請求項に与えられる均等物の最大範囲と共に、添付の請求項によってのみ規定される。

40

【0119】

50

発明の主題のそのような実施形態は、語句「発明」によって、単に、利便のために、及び、2以上のものが実際に開示されている場合、この出願の範囲を任意の単一の発明あるいは発明概念に自発的に限定する意図なしに、個々に、及び/あるいは、集合的に参照されることが出来る。したがって、特定の実施形態、あるいは、例が図示され、ここに説明されたが、同じ目的を達成するために計画された任意の配置は、図示された特定の実施形態の差し替えとすることが出来ることが理解されるべきである。この開示は、様々な実施形態の任意の、及び、全ての適応形態、あるいは、変形をカバーすることを意図する。上記実施形態と、ここには特に説明されていない他の実施形態との組み合わせは、上記説明を読んだなら、当業者には明確であろう。

【0120】

10

この文書の中で参照した全ての公開公報、特許、特許文書は、個々に参照によって組み込んだかのごとく、その全体が、ここに参照によって組み込まれる。この文書と、参照によって組み込まれた、それらの文書との間に不整合な語句の使用があった場合には、組み込まれた参照文献での使用は、この文書のそれに対し補助的なものと考えられるべきであり、矛盾した不整合の場合には、この文書の使用が優先される。

【0121】

この文書では、特許文書に良く見られるように、語句「a」あるいは「an」が、「少なくとも1つ」あるいは、「1以上」という他の例あるいは使用とは独立して、1以上を含むように用いられている。この文書では、語句「あるいは」は、他に示されない限り、非排他的あるいは、「AあるいはB」が、「AしかしBでない」、「BしかしAでない」及び「A及びB」を含むように参照するのに用いられている。添付の請求項では、語句“including”及び“in which”は、それぞれの語句“comprising”及び“wherein”の通常の英語の意味の等価物として使用されている。また、以下の請求項では、語句“including”及び“comprising”は、開かれた意味であり、すなわち、請求項のこれらの語句の後にリストアップされるものに加えた構成要素を含むシステム、装置、製品あるいは処理は、依然、その請求項の範囲に入るとみなされる。更に、以下の請求項では、語句「第1の」、「第2の」、「第3の」などは、単にラベルであり、これらのものに順番的要求を課すことを意味するものではない。

20

【0122】

開示の要約書が、本開示の主題の概要を素早く提示するために提供されるが、請求項の範囲や意味を解釈したり、限定するためにではない。更に、前述の詳細な説明においては、開示を滑らかにするために、様々な特徴が単一の実施形態と一緒にグループ化されたと見ることが出来る。開示のこの方法は、請求項に記載された実施形態が、各請求項に明示的に記載されているより多くの特徴を要求することを意図することを反映しているとは解釈されるべきではない。

30

<付記>

(付記1)

インプラントホストに対する理想的なインプラント位置と方向を記述する位置と方向のデータを含む、インプラント計画にアクセスし、

インプラント配置装置と前記インプラントホストに関連した3次元(3-D)座標系を確立し、

40

前記3-D座標系内の、現在のインプラント配置装置の位置と現在のインプラントホストの位置を特定する追跡情報を受信し、

前記追跡情報と前記インプラント計画に基づいて、制御信号を生成し、

前記インプラント計画に従って、前記インプラント配置装置のエンドエフェクタに取り外し可能になるように結合されたインプラントを、外科医が配置するのを補助するために、前記インプラント配置装置の動作を制御する制御信号を、前記インプラント配置装置との通信リンクを介して送信する、ことを特徴とする方法。

(付記2)

前記制御信号を生成することは、前記インプラント配置装置によって与えられるインパ

50

クトの振幅を制御する信号を生成することを含む、ことを特徴とする付記 1 に記載の方法。

(付記 3)

前記制御信号を生成することは、前記インプラント配置装置によって与えられるインパクトの周波数を制御する信号を生成することを含む、ことを特徴とする付記 1 に記載の方法。

(付記 4)

前記制御信号を生成することは、前記インプラント配置装置内の伸張素子を制御する信号を生成することを含む、ことを特徴とする付記 1 に記載の方法。

(付記 5)

前記制御信号を生成することは、前記インパクト配置装置によって与えられる位置づけインパクトを方向付ける信号を生成することを含み、前記位置づけインパクトは、前記インプラントの特定の軸に沿った回転を誘導する、ことを特徴とする付記 1 に記載の方法。

(付記 6)

前記外科医が、前記インプラントと前記インプラントホストとの位置を調整するのを補助するフィードバックを提供するインタフェースを提示することを更に備える、ことを特徴とする付記 1 に記載の方法。

(付記 7)

前記インタフェースを提示することは、前記インプラントホスト、前記インプラント配置装置、及び、前記インプラントを示す 3 - D 画像であって、前記外科医が、前記インプラントと前記インプラントホストとの位置を調整するのを補助するリアルタイムのフィードバックを提供する 3 - D 画像を提示することを含む、ことを特徴とする付記 6 に記載の方法。

(付記 8)

前記 3 - D 画像を提示することは、前記インプラントホストに対する前記インプラントの位置と、理想的なインプラント位置と方向を示す色符号化を含む、ことを特徴とする付記 7 に記載の方法。

(付記 9)

前記インタフェースを提示することは、前記インプラント配置装置の図示に関連した十文字位置調整ガイドを提示することを含む、ことを特徴とする付記 6 に記載の方法。

(付記 10)

前記インプラント計画にアクセスすることは、インプラントモデルとインプラントホストモデルを抽出することを含み、

前記 3 - D 座標系を確立することは、前記インプラントホストモデルと前記インプラントモデルと前記インプラントホストとの位置を調整することを含む、ことを特徴とする付記 1 に記載の方法。

(付記 11)

追跡コンポーネントと、制御信号を受信する通信リンクと、インプラントコンポーネントに取り外し可能に結合されたエンドエフェクタと、を含むインプラント配置装置と、

追跡センサを含み、リアルタイムで、前記インプラント配置装置とインプラントホストの 3 次元位置と方向をモニタする追跡システムと、

制御システムとを備えるシステムであって、

前記制御システムは、

前記通信リンクと前記追跡システムを介して、前記インプラント配置装置と結合され、前記インプラント配置装置に制御信号を送り、現在のインプラント配置装置の位置と現在のインプラントホストの位置を特定する追跡情報を受信する通信インタフェースと、

1 以上のプロセッサで実行されたとき、前記追跡情報とインプラント計画に基づき、外科医が、前記インプラント計画に従って、インプラントを配置するのを補助する前記インプラント配置装置の動作を制御する制御信号を前記制御システムに生成させる命令を含むメモリ装置と結合される 1 以上のプロセッサと、

10

20

30

40

50

を含むシステム。

(付記 1 2)

前記インプラント配置装置は、前記インプラント配置装置のエンドエフェクタに取り付けられたインプラントに加えられるインパクト力を制御するためのパラメータを受信する通信リンクを含むコンピュータ制御電動インパクトである、ことを特徴とする付記 1 1 に記載のシステム。

(付記 1 3)

前記インパクト配置装置は、前記エンドエフェクタに取り付けられた、前記外科医に対する前記エンドエフェクタの相対位置を制御する伸張可能素子を含む、ことを特徴とする付記 1 2 に記載のシステム。

10

(付記 1 4)

前記インプラント配置装置の前記通信リンクは、インパクト振幅、インパクト周波数、及び、エンドエフェクタ位置を制御するパラメータを含む制御信号を受信する、ことを特徴とする付記 1 3 に記載のシステム。

(付記 1 5)

前記制御システムに通信可能なように結合され、前記外科医が前記インプラントと前記インプラントホストとの位置を調整するのを補助するフィードバックを提供するインタフェースを提示する表示装置を更に備える、ことを特徴とする付記 1 1 に記載のシステム。

(付記 1 6)

前記表示装置は、前記インプラントホスト、前記インプラント配置装置、及び、前記インプラントを示し、前記外科医が前記インプラントと前記インプラントホストとの位置を調整するのを補助するリアルタイムのフィードバックを提供する 3 - D アニメーションを提示する、ことを特徴とする付記 1 5 に記載のシステム。

20

(付記 1 7)

マシンによって実行されたときにマシンに処理を実行させる命令を含むマシン読み取り可能な格納媒体であって、前記処理は、

インプラントホストに対する理想的なインプラントの位置と方向を記述する位置と方向データを含むインプラント計画にアクセスし、

インプラント配置装置と前記インプラントホストに関連して、3次元(3-D)座標系を確立し、

30

前記 3 - D 座標系内の、現在のインプラント配置装置の位置と現在のインプラントホストの位置を特定する追跡情報を受信し、

前記追跡情報と前記インプラント計画に基づいて、制御信号を生成し、

外科医が、前記インプラント配置装置のエンドエフェクタと取り外し可能なように結合されたインプラントを、前記インプラント計画に従って配置するのを補助する前記インプラント配置装置の動作を制御する制御信号を、前記インプラント配置装置との通信リンクを介して送信する、ことを特徴とするマシン読み取り可能な格納媒体。

(付記 1 8)

前記制御信号を生成する命令は、前記インパクト配置装置によって加えられるインパクトの振幅と周波数を制御する信号を生成する追加的な命令を含む、ことを特徴とする付記 1 7 に記載のマシン読み取り可能な格納媒体。

40

(付記 1 9)

前記制御信号を生成する命令は、前記インパクト配置装置上の伸張可能なエンドエフェクタを制御する信号を生成する追加的な命令を含む、ことを特徴とする付記 1 8 に記載のマシン読み取り可能な格納媒体。

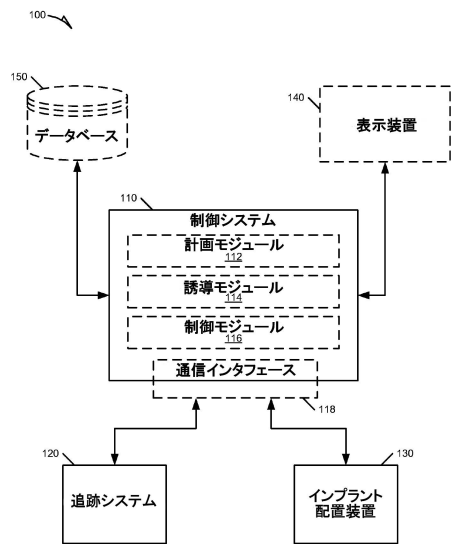
(付記 2 0)

前記インプラントホスト、前記インプラント配置装置、及び前記インプラントを示し、前記外科医が前記インプラントと前記インプラントホストとの位置を調整するのを補助する、リアルタイムのフィードバックを提供する 3次元(3-D)表現を、前記マシンに生成させる命令を更に含む、ことを特徴とする付記 1 7 に記載のマシン読み取り可能な格納

50

媒体。

【図1】



【図2】

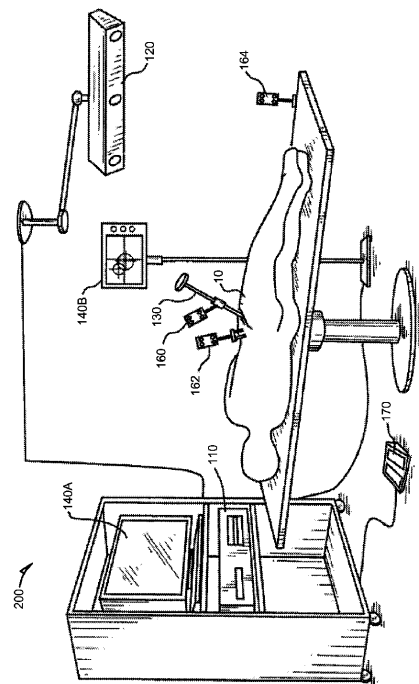
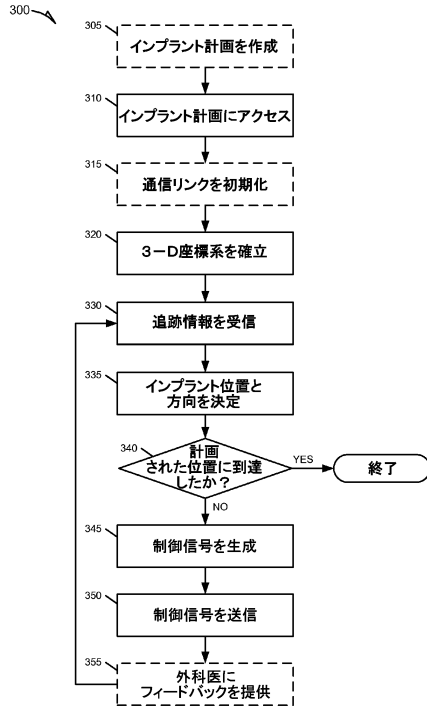
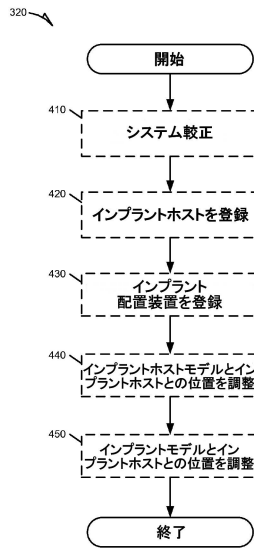


FIG. 2

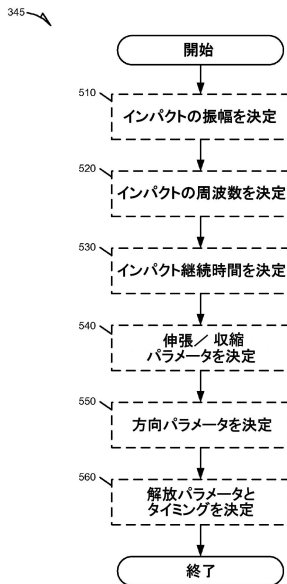
【図3】



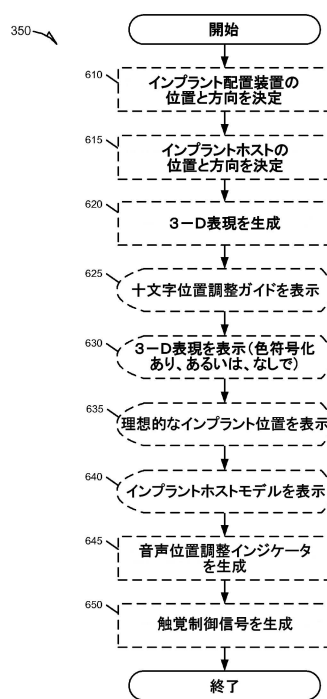
【図4】



【図5】



【図6】



【 図 7 】

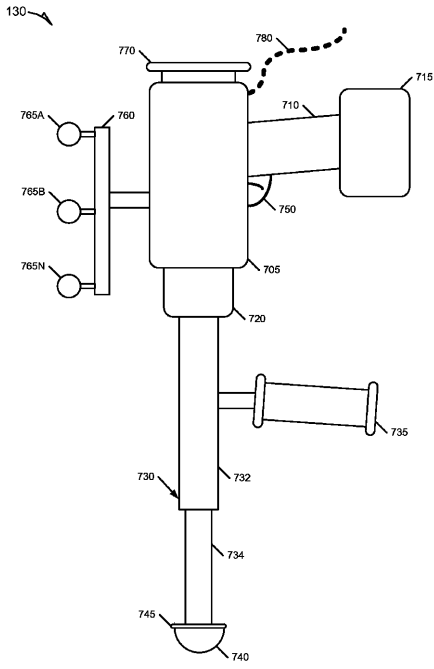


FIG. 7

【 図 8 A 】

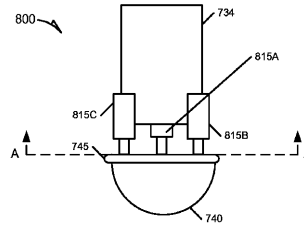


FIG. 8A

【 図 8 B 】

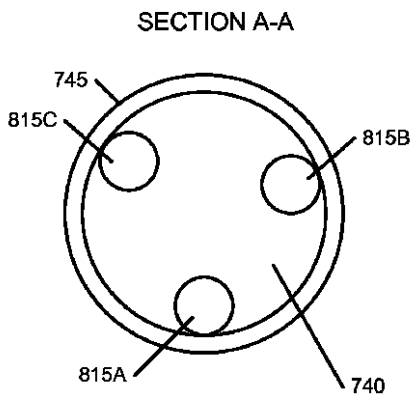


FIG. 8B

【 図 9 】

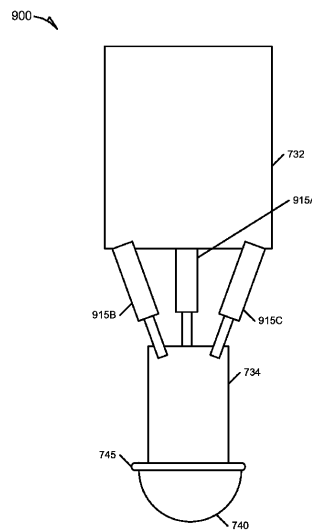


FIG. 9

【図10A】

1000 ↗

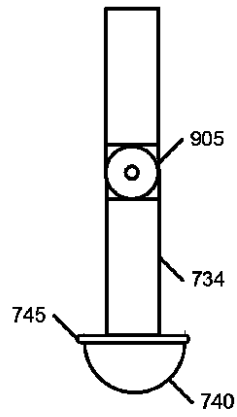


FIG. 10A

【図10B】

1000 ↗

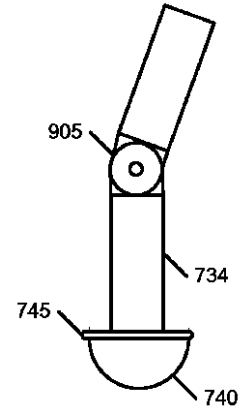
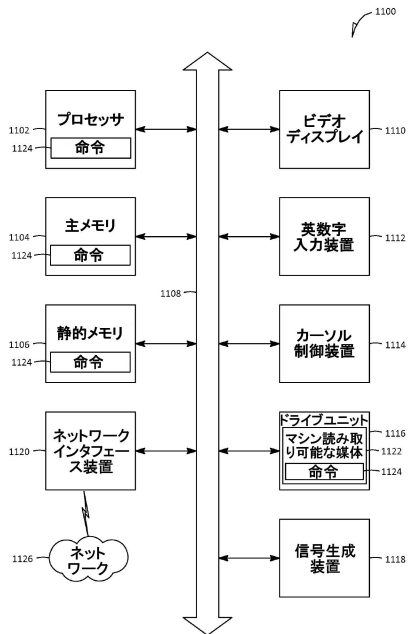


FIG. 10B

【図11】



フロントページの続き

(74)代理人 100133400

弁理士 阿部 達彦

(72)発明者 ニコウ, コンスタンティノス

アメリカ合衆国, ペンシルベニア州 15146, モンロービル, ヒルズデール ドライブ 1375

(72)発明者 ジャラマズ, プラニスラヴ

アメリカ合衆国, ペンシルベニア州 15217, ピッツバーグ, ビーラー ストリート 5162

(72)発明者 マックヤンドレス, ベンジャミン オリバー

アメリカ合衆国, ペンシルベニア州 15206, ピッツバーグ, ジャクソン ストリート 5529

審査官 石川 薫

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0082462 (US, A1)

米国特許出願公開第2002/0183851 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61F 2/46

A61B 34/20

A61F 2/34