(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2007-510470
(P2007-510470A)
(43)公表日　平成19年4月26日(2007.4.26)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
A61B 19/00	(2006.01)	A61B	19/00	502	3C007
A61B 17/04	(2006.01)	A61B	17/04		4C060
A61B 17/00	(2006.01)	A61B	17/00	320	
B25J 5/00	(2006.01)	B25J	5/00	D	
B25J 7/00	(2006.01)	B25J	7/00		

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 24 頁）

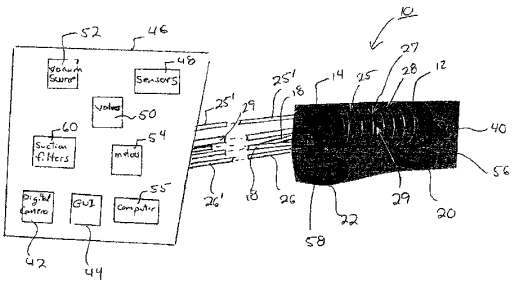
(21)出願番号　特願2006-538503 (P2006-538503)
(86)(22)出願日　平成16年11月5日 (2004.11.5)
(85)翻訳文提出日　平成18年5月1日 (2006.5.1)
(86)国際出願番号　PCT/US2004/036910
(87)国際公開番号　WO2005/046461
(87)国際公開日　平成17年5月26日 (2005.5.26)
(31)優先権主張番号　60/518,582
(32)優先日　平成15年11月7日 (2003.11.7)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　506150401
カーネギー・メロン・ユニバーシテイ
アメリカ合衆国ペンシルベニア州１５２４
３ピツツバーグ・フオーブスアベニユー４
６１５
(74)代理人　100060782
弁理士　小田島　平吉
(72)発明者　リビール，カメロン・エヌ
アメリカ合衆国ペンシルベニア州ピツツバ
ーグ
(72)発明者　パトロニク，ニコラス・エイ
アメリカ合衆国ペンシルベニア州ピツツバ
ーグ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】最小侵襲性介入用ロボット

(57)【要約】
本開示は、生きて運動する器官を、テーブルに設置されたロボットデバイスの固定基準フレーム内に置くよう不動化しようと努めるより寧ろ、該器官の運動する基準フレーム内にロボットを設置することを提示する。その課題は、心臓の場合に、ポートを通して心膜内に導入され、心外膜に取り付けられ、そして次いで外科医の直接制御下で望まれる治療用位置へ進む、よう設計された小型匍匐ロボットデバイス（１０）を含む広い種類のロボットで達成される。鼓動する心臓運動の問題は該デバイスを心外膜に直接取り付けることにより殆ど避けられる。アクセスの問題は移動用能力を組み込むことにより解決される。該デバイスと技術は他の器官そしてペット、飼育場動物、他の様な他の生体に関しても使うことが出来る。



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ゆるく拘束された身体空洞内の器官に沿い移動するためのロボットに於いて、該ロボットが、
器官に沿う移動用手段を具備しており、前記移動用手段は捕捉手段を備えており、該ロボットは又
可視的フイードバックを提供するための手段と、そして
前記ロボットの制御用の制御システムと、を具備することを特徴とする該ロボット。
【請求項２】
前記移動用手段が、複数のボデイセクションと、前記セクションが相互に対し運動することを可能にする仕方で前記ボデイセクションを直列に相互結合する手段と、備えており、前記直列に相互結合する手段が前記制御システムに応答することを特徴とする請求項１の該ロボット。
【請求項３】
前記捕捉手段が軟組織への取り付け用に前記複数のボデイ部分の少なくとも２つにより担われる吸引パッド、人造ゲコーフットヘア、又はタッキーフットの１つを有することを特徴とする請求項２の該ロボット。
【請求項４】
前記ボデイセクションを直列に相互結合する前記手段が複数のワイヤ、ケーブル又は柔軟なドライブシャフトの１つを有しており、前記ボデイセクションを相互結合する前記手段が前記制御システムを近位のボデイセクションに追加的に直列に結合することを特徴とする請求項２の該ロボット。
【請求項５】
前記制御システムがハンドルを備えておりそして前記ワイヤ、ケーブル又は柔軟なドライブシャフトが、それらの長さの少なくとも部分について、シース内に担われることを特徴とする請求項４の該ロボット。
【請求項６】
前記ロボットが、追加的に、前記移動用手段をカバーするシェルを具備することを特徴とする請求項１の該ロボット。
【請求項７】
追加して、超音波変換器、診断エイド又は他のセンサーの１つを有するツール、薬剤供給システム、治療デバイス、又は外科用ツールを具備することを特徴とする請求項１の該ロボット。
【請求項８】
可視的フイードバックを提供するための前記手段がカメラ又はフアイバースコープの１つを備えることを特徴とする請求項１の該ロボット。
【請求項９】
可視的フイードバックを提供するための前記手段が、ナビゲーション情報と、注意を受けるべき範囲の視認を提供するように位置付け可能であることを特徴とする請求項８の該ロボット。
【請求項１０】
追加して、第２のカメラ又はフアイバースコープを備えることを特徴とする請求項８の該ロボット。
【請求項１１】
生体内で使用するためのロボットに於いて、該ロボットが、該ロボットを器官の軟組織に取り付けるために該ロボットの１つの側にのみ捕捉手段を具備することを特徴とする該ロボット。
【請求項１２】
前記ロボットが移動用手段を具備しており、前記捕捉手段が前記移動用手段の部品であることを特徴とする請求項１１の該ロボット。

【請求項１３】
前記ロボットが２つのボディセクションを具備しており、各ボディセクションは吸引パッド、人造ゲコーフットヘア、又はタッキーフットの１つを担うことを特徴とする請求項１１の該ロボット。
【請求項１４】
追加して、該ロボットの、該捕捉手段を有する側より他の側、をカバーする流線型のシェルを具備することを特徴とする請求項１１の該ロボット。
【請求項１５】
生体内でロボットを使う方法に於いて、該方法が該ロボットを器官に取り付ける過程を具備することを特徴とする該方法。
【請求項１６】
前記取り付ける過程が吸引部、人造ゲコーフットヘア又はタッキーフットの１つを該器官に付ける過程を備えることを特徴とする請求項１５の該方法。
【請求項１７】
追加して、該器官に沿う該ロボットの運動を制御する過程を具備することを特徴とする請求項１５の該方法。
【請求項１８】
生体内の器官上にロボットを位置付ける方法に於いて、該方法が、
該ロボットを器官上に置く過程と、
該ロボットが該器官と同じ基準フレーム内にあるよう該ロボットを該器官に取り付ける過程と、そして
該器官と同じ基準フレーム内に留まりながら該ロボットが該器官に沿って運動出来るようにする過程と、を具備することを特徴とする該方法。
【請求項１９】
ゆるやかに拘束された身体空洞内で使用するためのロボットに於いて、該ロボットが
遠位のボディと近位のボディと具備しており、各々は捕捉デバイスを担っており、該ロボットは又
制御システムと、
前記制御システムを前記遠位のボディに直列に相互結合するためのケーブルと、を具備しており、前記ケーブルは前記近位のボディを通過しており、そして該ロボットは又
前記制御システムと前記近位のボディの間の前記ケーブルを担うシースを具備することを特徴とする該ロボット。
【請求項２０】
１方法に於いて、該方法が
制御システムと近位のボディの間と該近位のボディと遠位のボディの間とのケーブルの長さを確立する過程を具備しており、前記ケーブルは該近位のボディを通過し、該遠位のボディに結合されており、前記ケーブルは該制御システムと前記近位のボディの間で柔軟なシース内に担われており、該方法は又
捕捉デバイスの使用により該近位のボディをアンカーする過程と、
該近位と遠位のボディの間の該ケーブルの長さを増加することにより該遠位のボディを前方へ動かしそれにより前記柔軟なシースを変形させる過程と、
捕捉デバイスの該使用により該遠位のセクションをアンカーし、該近位のセクションをリリースする過程と、そして
該柔軟なシースがその変形しない状態に戻ることを可能にすることにより該近位のボディを動かす過程と、を具備することを特徴とする該方法。
【請求項２１】
身体内のサイトで結び目を結ぶ方法に於いて、該方法が
縫合糸の第１端部を身体の外部に保持する過程と、
最小侵襲性開口部を通して該身体内のサイトへ縫合糸の第２端部を送達する過程と、
該組織を穿孔するよう該縫合糸の該第２端部を担うニードルを操作する過程と、

該ニードルから該縫合糸の該第２端部を除去する過程と、
該最小侵襲性開口部を通して該身体の外部へ該縫合糸の該第２端部を送達する過程と、
該身体の外部で該結び目の少なくとも１部分を結ぶ過程と、
該最小侵襲性開口部を使って該身体の外部から該サイトへ該結び目の該部分を押す過程と、
該身体の外部で該結び目の残りを結ぶ過程と、そして
該結び目を完成するために該最小侵襲性開口部を使って該身体の外部から該サイトへ該結び目の該残りを押す過程と、を具備することを特徴とする該方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本出願はその全体で引用によりここに組み入れられる特許文献１である、２００３年１１月７日出願の、名称“最小侵襲性心臓介入用シャクトリムシロボット（Ｉｎｃｈｗｏｒｍ Ｒｏｂｏｔ ｆｏｒ Ｍｉｎｉｍａｌｌｙ Ｉｎｖａｓｉｖｅ Ｃａｒｄｉａｃ Ｉｎｔｅｒｖｅｎｔｉｏｎｓ）”の、米国特許出願番号第６０／５１８，５８２号の優先権を請求する。

【０００２】

本発明は一般的にロボットに関し、特に心臓外科治療用の最小侵襲性ロボット（ｍｉｎｉｍａｌｌｙ ｉｎｖａｓｉｖｅ ｒｏｂｏｔ）に関する。

【背景技術】

【０００３】

心臓手術（Ｈｅａｒｔ ｓｕｒｇｅｒｙ）、特にここで対象とする種類の心臓手術｛例えば、心外膜電極配置（ｅｐｉｃａｒｄｉａｌ ｅｌｅｃｔｒｏｄｅ ｐｌａｃｅｍｅｎｔ）、心房剥離（ａｔｒｉａｌ ａｂｌａｔｉｏｎ）｝は手持式の堅い内視鏡的ツール（ｈａｎｄｈｅｌｄ ｒｉｇｉｄ ｅｎｄｏｓｃｏｐｉｃ ｔｏｏｌｓ）を使った開放性アプローチ（ｏｐｅｎ ａｐｐｒｏａｃｈ）か又は最小侵襲性アプローチか何れかを介して行われるのが典型的である。

【０００４】

幾つかの最近の開発努力は他の処置の中でも心臓手術を行うよう意図されたロボットに集中している。心臓手術用の商業的に入手可能なロボットシステムはカリフオルニア州、マウンテンビュー（Ｍｏｕｎｔａｉｎ Ｖｉｅｗ，ＣＡ）のイントゥイッティブサージカル（Ｉｎｔｕｉｔｉｖｅ Ｓｕｒｇｉｃａｌ）から入手可能なダビンチシステム（ｄａ Ｖｉｎｃｉ Ｓｙｓｔｅｍ）である。そのシステムは遠隔操作的（ｔｅｌｅｏｐｅｒａｔｉｖｅ）である、すなわち、入力デバイス上の外科医の手の運動が身体内に配置された腹腔鏡式マニュピレーター（ｌａｐａｒｏｓｃｏｐｉｃ ｍａｎｕｐｉｌａｔｏｒ）により鏡写し（ｍｉｒｒｏｒｅｄ）されることを意味する。この様なシステムは従来の腹腔鏡式機器より優れた器用さ（ｄｅｘｔｅｒｉｔｙ）を提供出来るが、それはその心臓について或る形の安定性を要求し、肺を虚脱（ｃｏｌｌａｐｓｉｎｇ）させることを要求し、限定した手術範囲（ｏｐｅｒａｔｉｖｅ ｆｉｅｌｄ）しか有せずそして嵩張って高価である。

【０００５】

心外膜（ｅｐｉｃａｒｄｉｕｍ）の閉鎖胸部内視鏡的可視化（Ｃｌｏｓｅｄ－ｃｈｅｓｔ ｅｎｄｏｓｃｏｐｉｃ ｖｉｓｕａｌｉｚａｔｉｏｎ）はサントス他（Ｓａｎｔｏｓ ｅｔ ａｌ．）により非特許文献１で初めて説明され、続く報告書は平坦胸部トラウマ（ｂｌｕｎｔ ｃｈｅｓｔ ｔｒａｕｍａ）、心外膜浸出（ｅｐｉｃａｒｄｉａｌ ｅｆｆｕｓｉｏｎ）そして肺ガンステージング（ｌｕｎｇ ｃａｎｃｅｒ ｓｔａｇｉｎｇ）を評価するためにその技術を使った。ラットアウフ他（Ｌａｔｔｏｕｆ）は左心室ペーシングリード（ｌｅｆｔ ｖｅｎｔｒｉｃｕｌａｒ ｐａｃｉｎｇ ｌｅａｄｓ）の心外膜埋入（ｅｐｉｃａｒｄｉａｌ ｉｍｐｌａｎｔａｔｉｏｎ）用にその技術を利用した。これらの報告書の各々では、内視鏡アクセスは左胸膜空間（ｌｅｆｔ ｐｌｅｕｒａｌ ｓ

ｐａｃｅ）の切開（ｂｒｅａｃｈ）を伴う開胸（ｔｈｏｒａｃｔｏｍｙ）を要した。サブキシフォイド穿刺（ｓｕｂｘｉｐｈｏｉｄ ｐｕｎｃｔｕｒｅ）を介した心膜空間（ｐｅｒｉｃａｒｄｉａｌ ｓｐａｃｅ）への直接アクセスはカテーテル切開処置（ｃａｔｈｅｔｅｒ ａｂｌａｔｉｏｎ ｐｒｏｃｅｄｕｒｅ）中に益々実用されている技術である。これらの報告書では、一旦アクセスが達成されると、カテーテル操作は透視装置（ｆｌｕｏｒｏｓｃｏｐｙ）のみによりガイドされる。我々は固定を達成能力不足のために失敗して来たこのアプローチを使う標準的ペーシングリード埋入（ｓｔａｎｄａｒｄ ｐａｃｉｎｇ ｌｅａｄ ｉｍｐｌａｎｔａｔｉｏｎ）に於ける切迫した企図（ｃｕｒｓｏｒｙ ａｔｔｅｍｐｔｓ）を知っている。

【０００６】

最小侵襲性アクセスの挑戦は、心肺のバイパス（ｃａｒｄｉｏｐｕｌｍｏｎａｒｙ ｂｙｐａｓｓ）を避ける目標により更に複雑化し、この目標は鼓動する心臓（ｂｅａｔｉｎｇ ｈｅａｒｔ）上の手術を必要にさせる。かくして心臓が鼓動中に心外膜上の任意の位置の安定な操作を可能にする計測（ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔａｔｉｏｎ）が必要となる。例えば、特許文献２を参照して頂きたい。心臓の局部的不動化（Ｌｏｃａｌ ｉｍｍｏｂｉｌｉｚａｔｉｏｎ）は、圧力（ｐｒｅｓｓｕｒｅ）と吸引（ｓｕｃｔｉｏｎ）で動作するエンドスタブデバイス（Ｅｎｄｏｓｔａｂ ｄｅｖｉｃｅ）及びエンドオクトパスデバイス（ｅｎｄｏ－Ｏｃｔｐｕｓ ｄｅｖｉｃｅ）の様な内視鏡的スタビライザー（ｅｎｄｏｓｃｏｐｉｃ ｓｔａｂｉｌｉｚｅｒｓ）を用いて追随されるのが一般的なアプローチである。しかしながら、心筋層（ｍｙｏｃａｒｄｉｕｍ）上に作用する最終力はその心臓の電気生理学的及び血流力学的動作（ｅｌｅｃｔｒｏｐｈｓｉｏｌｏｇｉｃａｌ ａｎｄ ｈｅｍｏｄｙｎａｍｉｃ ｐｅｒｆｏｒｍａｎｃｅ）の変化を引き起こし、血流力学的損傷（ｈｅｍｏｄｙｎａｍｉｃ ｉｍｐａｉｒｍｅｎｔ）を避けるために取られねばならない注意に関する議論が続いた［非特許文献２］。代わりとして、ロボット支援内視鏡的手術（ｒｏｂｏｔ－ａｓｓｉｓｔｅｄ ｅｎｄｏｓｃｏｐｉｃ ｓｕｒｇｅｒｙ）の数人の研究者は心外膜を視認式に追跡しそれによりツール先端を動かすことにより心臓鼓動運動（ｈｅａｒｔ ｂｅａｔ ｍｏｔｉｏｎ）の積極的補償（ａｃｔｉｖｅ ｃｏｍｐｅｎｓａｔｉｏｎ）を研究しているが（非特許文献３，４）、この研究問題はなお閉じていない。鼓動する心臓の運動は複雑である。心臓表面をモデル化する又は追跡する挑戦に加えて、積極的補償は、比較的大きな作業空間に亘り少なくとも３自由度での操作を可能にするために、高バンド幅駆動（ｈｉｇｈ－ｂａｎｄｗｉｄｔｈ ａｃｔｕａｔｉｏｎ）用に可成りの支出を要するだろう（上記非特許文献３参照）。

【特許文献１】米国特許出願公開第６０／５１８，５８２号明細書

【特許文献２】米国特許出願公開第２００４０１７２０３３号明細書

【非特許文献１】Ｓａｎｔｏｓ ｅｔ ａｌ．Ａｎｎ Ｔｈｏｒａｃ Ｓｕｒｇ １９７７；２３：４６７－４７０

【非特許文献２】Ｆａｌｋ、ｅｔ ａｌ．Ｅｎｄｏｓｃｏｐｉｃ ｃｏｒｏｎａｒｙ ａｒｔｅｒｙ ｂｙｐａｓｓ ｇｒａｆｔｉｎｇ ｏｎ ｔｈｅ ｂｅａｔｉｎｇ ｈｅａｒｔ ｕｓｉｎｇ ａ ｃｏｍｐｕｔｏｒ ｅｎｈａｎｃｅｄ ｔｅｌｅｍａｎｉｐｕｌａｔｉｏｎ ｓｙｓｔｅｍ、Ｈｅａｒｔ Ｓｕｒｇ Ｆｏｒｕｍ ２：１９９－２０５、１９９９

【非特許文献３】Ｃａｖｕｓｏｇｌｕ ＭＣ、ｅｔ ａｌ．Ｒｏｂｏｔｉｃｓ ｆｏｒ ｔｅｌｅｓｕｒｇｅｒｙ：ｓｅｃｏｎｄ ｇｅｎｅｒａｔｉｏｎ Ｂｅｒｋｅｌｅｙ／ＵＣＳＦ ｌａｐａｒｏｓｃｏｐｉｃ ｔｅｌｅｓｕｒｇｉｃａｌ ｗｏｒｋｓｔａｔｉｏｎ ａｎｄ ｌｏｏｋｉｎｇ ｔｏｗａｒｄｓ ｔｈｅ ｆｕｔｕｒｅ ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎｓ、Ｉｎｄｕｓｔｒｉａｌ Ｒｏｂｏｔ ３０：２２－２９，２００３

【非特許文献４】Ｏｒｔｍａｉｅｒ ＴＪ．、Ｍｏｔｉｏｎ ｃｏｍｐｅｎｓａｔｉｏｎ ｉｎ ｍｉｎｉｍａｌｌｙ ｉｎｖａｓｉｖｅ ｒｏｂｏｔｉｃ ｓｕｒｇｅｒｙ、Ｐｈ．Ｄ．ｄｉｓｓｅｒｔａｔｉｏｎ、Ｔｅｃｈｎｉｃａｌ Ｕｎｉｖｅｒｓｉｔｙ ｏｆ Ｍｕｎｉｃｈ、Ｇｅｒｍａｎｙ、２００３

【非特許文献５】Ｓｉｔｔｉ Ｍ，Ｆｅａｒｉｎｇ ＲＳ（２００３）、Ｓｙｎｔｈｅｔｉｃ ｇｅｃｋｏ ｆｏｏｔ－ｈａｉｒ ｍｉｃｒｏ／ｎａｎｏ－ｓｔｒｕｃｔｕｒｅｓ ａｓ ｄｒｙ ａｄｈｅｓｉｖｅｓ、Ｊ Ａｄｈｅｓｉｏｎ Ｓｃｉ Ｔｅｃｈｎｏｌ １７（８）：１０５５－１０７３

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【０００７】

従来技術の解は、ツールが外科医か、又はテーブルに固定される或いは床に立っているロボットか、によって保持されるからだけで起こる問題に向けられている。本開示は異なるアプローチを取る。テーブル設置のロボットデバイス（ｔａｂｌｅ－ｍｏｕｎｔｅｄ ｒｏｂｏｔｉｃ ｄｅｖｉｃｅ）の固定した基準フレーム（ｆｉｘｅｄ ｆｒａｍｅ ｏｆ ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ）内でそれを安定化するため心臓表面を不動化（ｉｍｍｏｂｉｌｉｚｅ ｔｈｅ ｈｅａｒｔ ｓｕｒｆａｃｅ）しようと試みるより寧ろ、我々は該デバイスを鼓動する心臓（ｂｅａｔｉｎｇ ｈｅａｒｔ）の運動する基準フレーム（ｍｏｖｉｎｇ ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ ｆｒａｍｅ）内に設置した。その課題は、ポートを通して心膜内に導入され、心外膜面に取り付けられ、そして次いで外科医の直接制御下で、治療用に、望まれる位置へ進むよう設計された小型匍匐ロボットデバイス（ｍｉｎｉａｔｕｒｅ ｃｒａｗｌｉｎｇ ｒｏｂｏｔｉｃ ｄｅｖｉｃｅ）で達成される。鼓動する心臓運動の問題は該デバイスを直接心外膜に取り付けることにより殆ど避けられる。アクセスの問題は移動能力（ｃａｐａｂｉｌｉｔｙ ｆｏｒ ｌｏｃｏｍｏｔｉｏｎ）を組み入れることにより解決される。

【０００８】

改良されたアクセスと精密な操作はこのアプローチの唯一の利点ではない。最小侵襲性心臓手術用のポートアクセスは、手動の及びロボット支援された処置の両者用に一般的に使われる堅い内視鏡に殆ど適合するために、経胸腔式（ｔｒａｎｓｔｈｏｒａｃｉｃ）が典型的であった。心臓への経胸腔式アクセスは、左肺の収縮（ｄｅｆｌａｔｉｏｎ）、一般的気管内麻酔（ｇｅｎｅｒａｌ ｅｎｄｏｔｒａｃｈｅａｌ ａｎｅｓｔｈｅｓｉａ）、そして差動肺換気（ｄｉｆｆｅｒｅｎｔｉａｌ ｌｕｎｇ ｖｅｎｔｉｌａｔｉｏｎ）を要する。しかしながら、思うに、種々の現在及び近く起こる処置が、適当な計測を用いて、胸膜空間（ｐｌｅｕｒａｌ ｓｐａｃｅ）への侵襲無しに、経心膜式（ｔｒａｎｓｐｅｒｉｃａｒｄｉａｌｌｙ）に行われ得る。例は、とりわけ、細胞移植（ｃｅｌｌ ｔｒａｎｓｐｌａｎｔａｔｉｏｎ）、新脈管形成（ａｎｇｉｏｇｅｎｅｓｉｓ）用の遺伝子治療（ｇｅｎｅ ｔｈｅｒａｐｙ）、再同期化（ｒｅｓｙｎｃｈｒｏｎｉｚａｔｉｏｎ）用心外膜電極配置、心外膜心房剥離（ｅｐｉｃａｒｄｉａｌ ａｔｒｉａｌ ａｂｌａｔｉｏｎ）、心膜内薬剤供給（ｉｎｔｒａｐｅｒｉｃａｒｄｉａｌ ｄｒｕｇ ｄｅｌｉｖｅｒｙ）、そして心室から冠状動脈へのバイパス（ｖｅｎｔｒｉｃｌｅ－ｔｏ－ｃｏｒｏｎａｒｙ ａｒｔｅｒｙ ｂｙｐａｓｓ）を含むが、それらに限定されない。

【０００９】

何れかのスタート点から心外膜上の何れかの望ましい位置へ移動するデバイスの能力は最小侵襲性心臓手術の心膜切開位置からの独立を可能にする。又該デバイスの使用は治療サイトの位置に無関係に、何れかの心膜内処置へのサブキシフォイドの経心膜式アプローチ（ｓｕｂｘｉｐｈｏｉｄ ｔｒａｎｓｐｅｒｉｃａｒｄｉａｌ ａｐｐｒｏａｃｈ）を可能にする。結果として、左肺の収縮は最早不要であり、全体的より寧ろ局部な又は領域的な麻酔技術の使用が実行可能となる。これらの利点は救急外来患者の心臓手術への道を開く可能性を有する。“シナージー（ｓｙｎｅｒｇｙ）”｛例えば、１つの手術時間（ｏｐｅｒａｔｉｖｅ ｓｅｓｓｉｏｎ）中の多数処置（ｍｕｌｔｉｐｌｅ ｐｒｏｃｅｄｕｒｅｓ）｝のための機会は特に価値あることになる。ここで開示した技術は生体（ｌｉｖｉｎｇ ｂｏｄｙ）内の他の器官へ適用可能であり、単に最初の適用に過ぎない人の心臓に限定する必要はない。

【実施例１】

【００１０】
本開示により作られたロボットの１実施例が図１及び２で図解される。図１及び２はカーネギーメロン大学の医学計測ラボ（Ｍｅｄｉｃａｌ Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔａｔｉｏｎ Ｌａｂ ａｔ Ｃａｒｎｅｇｉｅ Ｍｅｌｌｏｎ Ｕｎｉｖｅｒｓｉｔｙ）で設計され、作られたプロトタイプデバイス１０を図解するが、それは限定でなく図解の目的でここでは説明される。該デバイス１０は遠位のボデイ１２と近位のボデイ１４を形成する２つのガラス充填ポリカーボネートシェル（ｇｌａｓｓ－ｆｉｌｌｅｄ ｐｏｌｙｃａｒｂｏｎａｔｅ ｓｈｅｌｌｓ）から成るが、各ボデイは１３ｍｍの円形足跡（ｆｏｏｔｐｒｉｎｔ）と１４ｍｍの高さを有する。その寸法は該デバイス１０が標準の２０ｍｍ直径カニューラ（ｃａｎｎｕｌａ）又はポート内に適合することを可能にする。該ボデイセクション（ｂｏｄｙ ｓｅｃｔｉｏｎｓ）１２，１４の各々は、生物学的組織への把持（ｇｒｉｐｐｉｎｇ）用に独立の吸引ライン（ｓｕｃｔｉｏｎ ｌｉｎｅｓ）１６，１８と吸引パッド（ｓｕｃｔｉｏｎ ｐａｄｓ）２０，２２をそれぞれ装備している。該吸引ライン１６，１８と吸引パッド２０，２２は１種の捕捉手段（ｍｅａｎｓ ｆｏｒ ｐｒｅｈｅｎｓｉｏｎ）を図解する。

【００１１】
該ボデイセクション（ｂｏｄｙ ｓｅｃｔｉｏｎｓ）１２，１４の相互に対する並進と回転（ｒｏｔａｔｉｏｎ）は、該デバイス１０の縦軸に沿って走る３本のニチノール線（ｎｉｔｉｎｏｌ ｗｉｒｅｓ）２４，２５，２６の長さを手動で調節することにより、外部制御システム、この実施例ではハンドル１５（図３Ａ－３Ｄ及び図４Ａ－４Ｃに示す）から制御される。ニチノールの超弾性（ｓｕｐｅｒ－ｅｌａｓｔｉｃｉｔｙ）は永久変形無しに該ワイヤが引っ張り及び圧縮｛すなわち引き（ｐｕｌｌｉｎｇ）と押し（ｐｕｓｈｉｎｇ）｝をサポートすることを可能にする。それは或る他のシステムでは必要とする形状回復部品（ｓｈａｐｅ ｒｅｓｔｏｒｉｎｇ ｃｏｍｐｏｎｅｎｔｓ）（ばねの様な）のニーヅを取り除く。これらのワイヤ２４，２５，２６の軸線は１２０度間隔で１０ｍｍ直径の円の周で該ボデイセクション１２，１４と交差する。該ワイヤ２４，２５，２６は該遠位のボデイ１２に固定され、該デバイスのハンドル１５へと該近位のボデイ１４を自由に外方へ通過する。該近位のボデイ１４とハンドル１５の間で、該ワイヤ２４，２５，２６は、例えば柔軟なプラスチック管の様な、シース（ｓｈｅａｔｈｅｓ）、それぞれ２４’、２５’、２６’内に含まれるが、該管の端部は該近位のボデイ１４及びハンドル１５に取り付けられる。該３本の独立に駆動されるワイヤ２４，２５，２６は該遠位のボデイ１２と該近位のボデイ１４の間で３自由度、すなわち２つの角度的と１つの並進的な自由度、を提供する。該２つの角度的自由度は該デバイス１０が心臓（又は他の器官）の湾曲に適合するのみならず、横に回る｛すなわち、ヨー（ｙａｗ）｝、ことを可能にする。

【００１２】
該シース２４’、２５’、２６’は、該ハンドルで、該ワイヤ、それぞれ２４，２５，２６に印加された力を近位のボデイ１４か、又は遠位のボデイ１２か何れかに伝達するよう該ワイヤ２４，２５，２６の弓なり化（ｂｏｗｉｎｇ）を防止し、該ハンドル１５と近位のボデイ１４の間のワイヤ２４，２５，２６の長さが一定に留まることを保証する。かくして、該ハンドルでそのシースを出るワイヤの長さが変わる時、該近位のボデイ４と該遠位のボデイ１２の間のそのワイヤの長さは同じ量だけ変わる。

【００１３】
シャクトリムシ類似（Ｉｎｃｈｗｏｒｍ－ｌｉｋｅ）の移動は、図３Ａ－３Ｄに示す様に、該固定されたハンドルでの該ワイヤの長さを変えながら、該２つのボデイセクションにより印加される吸引力を交番することにより達成される。シース２４’、２５’、２６’と囲まれたワイヤ２４，２５，２６の形状は、ハンドル１５と近位のボデイ１４の間にスラック（ｓｌａｃｋ）がある限り該デバイス１０の移動に影響せぬが、該スラックの幾らかは各前方ステップで取り上げられるであろう。該図では、太い（ｈｅａｖｙ）黒線はどの吸引パッドがアクチブ（ａｃｔｉｖｅ）であるかを示す。該ハンドル１５と近位のボデイ１４の間のシースと囲まれたワイヤとの形状が各前方ステップと共に変化するが、そ

の長さが一定に留まることに注意されたい。

【００１４】

図３Ａと図３Ｂの間では、近位の吸引パッド２２はオンに替わるが、ワイヤ２４，２５，２６は前方へ動かされ、遠位のボデイ１２を同じ量だけ前方へ移動させる。図３Ｃでは、該近位の吸引パッド２２はオフに替わり、該遠位の吸引パッド２０がオンに替わる。図４Ｄで、該シース２４’，２５’，２６’の圧縮はリリースされ、該近位のボデイ１４に該遠位のボデイ１２を“キャッチアップ（ｃａｔｃｈ　ｕｐ）”させる。今度はもう１つの前方へのステップが該過程を繰り返すことにより行われさせる。ターン（ｔｕｒｎｉｎｇ）は図４Ａ－４Ｃに示す様にサイドワイヤ（ｓｉｄｅ　ｗｉｒｅｓ）の長さを差動式（ｄｉｆｆｅｒｅｎｔｉａｌｌｙ）に変えることにより達成される。ハンドルに於ける該ワイヤの駆動は、吸引ラインへの弁の開閉と共に、手動で行われてもよい。

【００１５】

もう１つの実施例が図５で図解される。図５で、図１及び２と同様な機能と構造を有する部品は同様な参照番号を有する。図５の実施例は幾つかの面で前の実施例と異なる。例えば、近位のボデイ１４と遠位のボデイ１２の間ではワイヤ２４，２５，２６は、該２４，２５，２６がターン時弓なり化（ｂｏｗｉｎｇ）するのを防止し、該ワイヤが相互に等距離を保持することを保証するために、アイレット（ｅｙｅｌｅｔｓ）２８により支持ばね（ｓｕｐｐｏｒｔ　ｓｐｒｉｎｇ）２７に取り付けられる。該支持ばね２７は回復力（ｒｅｓｔｏｒｉｎｇ　ｆｏｒｃｅ）が該ワイヤ２４，２５，２６のそれに比較して無視出来るように、非常に低いばね定数（例えば、ｋ＝０．０１２Ｎ／ｍｍ）を有してもよい。該ばね２７とアイレット２８の代わりに、複数の平らでワッシャーに似た構造体３１（図５Ｂ参照）がワイヤ２４，２５，２６間で適当な間隔を保持するため提供されてもよい。該複数のワッシャーに似た構造体３１はばね（示されてない）により相互から分離されてもよい。

【００１６】

該デバイスの長さを通して長手方向に走る、１．６ｍｍ直径の商業品のフアイバースコープ２９が、調整ミラー４０の使用を伴って又は伴わないでもよい、視覚的フイードバックを提供するために該遠位のボデイ１２に固定されてもよい。該フアイバースコープ２９からの画像はデジタルビデオカメラ４２で取り込まれ、グラフイカルユーザーインターフエース（ｇｒａｐｈｉｃａｌ　ｕｓｅｒ　ｉｎｔｅｒｆａｃｅ）{ジーユーアイ（ＧＵＩ）}４４の１部として表示されるが、該カメラ及び該インターフエースの両者は制御システム４６の１部である。該制御システム４６は、吸引ライン１６，１８により供給される真空をモニターするためのセンサー４８と，どの吸引パッド２０，２２が動作するかを決定するための電子的に制御される弁５０と，そして真空源５２と、を有する。該制御システム４６は又ワイヤ２４，２５，２６の運動の制御用にモーター５４を含んでもよい。コンピュータ５５は、移動及び他の機能を制御するために、該ジーユーアイ４４経由の外科医による情報入力に応答して種々の部品を制御するために提供されてもよい。この様な設計はモーター５４，ソレノイド弁５０、他が、デバイス１０の外部に配置されることを可能にする。該ロボット１０は使い捨て可能か又は再使用可能か何れかの消毒出来るデバイスであってもよいと想定される。

【００１７】

図５の実施例では、該吸引パッド２０，２２は柔軟な足部、それぞれ、５６，５８により該ボデイ１２，１４に結合される。それは該吸引パッド２０，２２に器官の表面に適合するより大きい自由を与える。メッシ（ｍｅｓｈｅｓ）（示されてない）が大きな粒子を入れないために該吸引パッドの底部をカバーする、一方吸引フイルター６０が流体及び小さな粒子を除去するため提供される。

【００１８】

本発明の１側面は該ロボットの基準フレームを、外科医のそれから運動する器官のそれへ変える（ｃｈａｎｇｉｎｇ）ことである。基準のその変化をもたらすため使われる該ロボットの精確な形と構造は本発明のこの側面には重要ではない。例えば、開示される実施

例では移動（ｌｏｃｏｍｏｔｉｏｎ）は、手動か、又はモーターの賦活を通してか、何れかでのワイヤの進展（ａｄｖａｎｃｅｍｅｎｔ）により成就されるが、局所的（すなわち該ロボット上に位置付けられた）電気モーター（つなぎ綱を用いて又は用いずに操作される）、局所的超音波モーター（つなぎ綱を用いて又は用いず操作される）のみならず空圧的駆動器（ｐｎｅｕｍａｔｉｃ ａｃｔｕａｔｏｒｓ）（典型的にはつなぎ綱を用いて操作される）の様な他の移動手段（ｏｔｈｅｒ ｍｅａｎｓ ｏｆ ｌｏｃｏｍｏｔｉｏｎ）が提供されてもよい。開示された実施例の捕捉手段は吸引である。代わりの捕捉手段は人造のゲコーフットヘア（ｇｅｃｋｏ ｆｏｏｔ ｈａｉｒ）（非特許文献５）又は“タッキー（ｔａｃｋｙ）”フット（ｆｏｏｔ）を有してもよい。治療用の駆動は移動用と同じ代わりを全て有してもよい。最後に、該デバイスは、上記で開示したワイヤ又は空圧ラインを有するつなぎ綱、この場合つなぎ綱は局所的モーター又はカメラからのビデオ用の電気ワイヤを有するが、を用いて動作しても良く、或いは該デバイスはつなぎ綱無しで動作してもよい。つなぎ綱無しのモデルはバッテリー、コイルの経皮式充電（ｔｒａｎｓｃｕｔａｎｅｏｕｓ ｃｈａｒｇｉｎｇ ｏｆ ａ ｃｏｉｌ）、他により電力を与えられ、局所的計算（ｌｏｃａｌ ｃｏｍｐｕｔｉｎｇ）により又は無線周波伝送（ｒａｄｉｏ ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ ｔｒａｎｓｍｉｓｓｉｏｎｓ）により、制御され得る。該ロボットの基準フレームを外科医のそれから運動する器官のそれへ変えることは、ゆるく拘束された身体空洞（ｌｏｏｓｅｌｙ ｂｏｕｎｄｅｄ ｂｏｄｙ ｃａｖｉｔｙ）内で動くことが出来るよう設計された広い種類のロボットによりもたらされ得ることは当業者に理解されるであろう。ゆるく拘束された身体空洞とは、心臓又は胃の様な或る器官内の空間に加えて、例えば、肝臓を取り巻く腹膜空間（ｐｅｒｉｔｏｎｅａｌ ｓｐａｃｅ）、肺を取り巻く胸膜空間（ｐｌｅｕｒａｌ ｓｐａｃｅ）、心臓を取り巻く心膜空間他、の様な器官を取り巻く空間を称する。

【００１９】

図６Ａはエンドエフェクター（ｅｎｄ ｅｆｆｅｃｔｏｒ）（ツール）を図解するが、それはこの例では遠位のボデイ１２内の凹部（ｒｅｃｅｓｓ）３２内に担われるニードル３０である。又遠位のボデイ１２は、レンズ、ミラー、光ファイバー、他の或る組み合わせを有するか又は有しないファイバースコープ又はカメラの様な画像提供手段を担っている。該ニードル３０はサブキシフォイドビデオペリカーディオスコピックアクセス（ｓｕｂｘｉｐｈｏｉｄ ｖｉｄｅｏｐｅｒｉｃａｒｄｉｏｓｃｏｐｉｃ ａｃｃｅｓｓ）を経由した心臓再同期化治療（ｃａｒｄｉａｃ ｒｅｓｙｎｃｈｒｏｎｉｚａｔｉｏｎ ｔｈｅｒａｐｙ）｛シーアルテー（ＣＲＴ）｝用に心外膜電極リード配置（ｅｐｉｃａｒｄｉａｌ ｅｌｅｃｔｒｏｄｅ ｌｅａｄ ｐｌａｃｅｍｅｎｔ）を行うため使われる。該ニードル３０を装備したロボット１０は、恒久的及び１時的の両種の、種々の心外膜ペーシングリード（ｅｐｉｃａｒｄｉａｌ ｐａｃｉｎｇ ｌｅａｄｓ）と共に使われ得る最小侵襲性縫合（ｓｕｔｕｒｉｎｇ）技術を行うことが出来る。

【００２０】

ニードル３０は該デバイス１０の長軸線に沿って走り、横に入れられ、遠位のボデイ１２の正中線（ｍｉｄｌｉｎｅ）の下に配置されたドライブシャフト（示されてない）を有する、縫合用の高強度ニードル（ｈｉｇｈ－ｓｔｒｅｎｇｔｈ ｎｅｅｄｌｅ）である。このドライブシャフトの遠位の（作動する）端部ではドライブシャフトに対し９０°に曲げられたセグメント（概略５ｍｍ）である該ニードル３０は円の半径を形成している。該ニードル３０は半円形の縫合部分内で終了する。該遠位のボデイ１２の前端の下方半分は半円形チャンネル３２を有し、該ニードル３０はそれが使われない時は該チャンネル内に後退し、心臓組織及び該ニードル３０の両者を該チャンネルが保護する。

【００２１】

縫合糸（ｓｕｔｕｒｅ ｔｈｒｅａｄ）３６の近位の端部は該身体の外部に留まる。該糸３６の遠位の端部は鋭利化されたキャップ（ｓｈａｒｐｅｎｅｄ ｃａｐ）３８に接続され、該キャップは該ニードル３０の端部上に良く合って（ｓｎｕｇｌｙ）嵌合する。外科医が望ましい作業サイトに該遠位のボデイ１２を位置付けると、縫合動作は、該ニード

ル３０をその後退した貯蔵チャンネル３２から進め（図５Ｂ参照）、そして次いで該ドライブシャフトを回転し、その縫合糸３６を有する該半円形ニードル３０と該鋭利化されたキャップ３８とにアーク内の組織を通過させ、該ニードル３０の先端上になお該縫合キャップ３８を有して再び出て行かせる。該ロボット１０の中心を外れた作業ポートを通過する最小侵襲性鉗子（ｍｉｎｉｍａｌｌｙ ｉｎｖａｓｉｖｅ ｆｏｒｃｅｐｓ）（示されてない）が、該糸３６を把持し、該ニードル３０の先端から該糸３６とそのキャップ３８を揚げ、該キャップ３８と該糸３６の遠位の端部とを、カニューラを通して該身体の外部へ全体の行程を引き込めるために、使われる。ここで該外科医は彼自身の手で該縫合糸（ｓｕｔｕｒｅ）を結び（ｋｎｏｔ）、該糸の単１スロー（ａ ｓｉｎｇｌｅ ｔｈｒｏｗ）｛こま結びの半分（ｈａｌｆ ｏｆ ａ ｓｑｕａｒｅ ｋｎｏｔ）｝を結ぶ（ｔｙｉｎｇ）。一旦該単一スローが結ばれると、外科医は、該結び目をフオークのノッチ内に静止させながら、該結び目に対するよう、僅かにフオークされた先端を有するワイヤを置き（ｐｌａｃｅ ａ ｗｉｒｅ ｗｉｔｈ ａ ｓｌｉｇｈｔｌｙ ｆｏｒｋｅｄ ｔｉｐ ａｇａｉｎｓｔ ｔｈｅ ｋｎｏｔ）、該結び目を心外膜に対し全行程に亘り戻るよう押すために該ワイヤを使う（ｕｓｅ ｔｈｅ ｗｉｒｅ ｔｏ ｐｕｓｈ ｔｈｅ ｋｎｏｔ ａｌｌ ｔｈｅ ｗａｙ ｂａｃｋ ａｇａｉｎｓｔ ｔｈｅ ｅｐｉｃａｒｄｉｕｍ）。次いで彼は第２スロー（ｓｅｃｏｎｄ ｔｈｒｏｗ）を結び、該第２スローが第１スローに出会うまで前へ該第２スローを押すために該ワイヤを使い、該結び目（ｋｎｏｔ）を完成する。鋭利化されたキャップに装備された縫合糸の充分な供給を与えられて、この技術は、ニードルからそれを回収するため使われる同じ鉗子を使って、該ニードルの先端上に各鋭利化されたキャップを置くことにより、必要な多くの回数繰り返されることが可能である。

【００２２】

ロボット１０は別の電極チャンネルを有し、該チャンネルは該電極とそのワイヤリードが身体の外部から心臓に縫合されるべき心膜内へ通過することを可能にする。該ニードル３０，鉗子、ワイヤ“フオーク”、鋭利化されたキャップ付縫合糸、そして縫合技術用に必要な全てのサポート計測部は殺菌用に設計される。該身体外部からの駆動は該鉗子用に最も実行可能なオプションであり、何故ならば該鉗子は該縫合糸の先端を外科医の手へ戻るよう持って来るよう完全に引き戻し可能でなければならないからである。縫合用のニードルの駆動は該ロボット内部のモーターにより、或いはカニューラを通して走るワイヤを使って該ボデイの外部から、局所的に行われてもよい。縫合用に可視的フイードバックが移動時使われる同じデバイスにより提供されてもよい。

【００２３】

もう１つのエンドエフェクター（ツール）が図７Ａ及び７Ｂで図解される。前の図で使われた様に類似部品は同じ引用番号を担っている。図７Ａと７Ｂのデバイスでは、ワッシャー類似の構造体３１とスペーサーばねは明確化の目的で除かれた。読者は複数のワッシャー類似の構造体３１とスペーサーばねが図７Ａと７Ｂの実施例で使われてもよいことを理解するであろう。このエンドエフェクター、ニードル７０を使った実験が豚で行われた。正中線で心膜と横隔膜（ｄｉａｐｈｒａｇｍ）の間の接合部の１５ｍｍの心膜開口部を通して、該デバイス１０が完全な心膜（ｉｎｔａｃｔ ｐｅｒｉｃａｒｄｉｕｍ）内部に手動で導入された。吸引が両吸引パッドに印加された。右心室の鼓動する前壁（ｂｅａｔｉｎｇ ａｎｔｅｒｉｏｒ ｗａｌｌ ｏｆ ｔｈｅ ｒｉｇｈｔ ｖｅｎｔｒｉｃｌｅ）の心外膜との安定な接触が３０秒の間視覚的に確認された。該デバイス１０は該鼓動する左心室の前壁上で左前部下降冠状動脈（ｌｅｆｔ ａｎｔｅｒｉｏｒ ｄｅｓｃｅｎｄｉｎｇ ｃｏｒｏｎａｒｙ ａｒｔｅｒｙ）を横切って進められた。該鼓動する左心室の心外膜との一貫した安定な接触が観察された。次いで該デバイス１０は更に左心耳（ｌｅｆｔ ａｔｒｉａｌ ａｐｐｅｎｄａｇｅ）上を進められ、鼓動する左心房の表面への安定な固定が確認された。

【００２４】

完全な心膜内部の該デバイス１０の成功裡の移動が下記範囲、すなわち、鼓動する右心

室の前壁、鼓動する左心室の前外側壁（ａｎｔｅｒｏｌａｔｅｒａｌ ｗａｌｌ ｏｆ ｔｈｅ ｂｅａｔｉｎｇ ｌｅｆｔ ｖｅｎｔｒｉｃｌｅ）、そして左心耳の前壁、で確認された。目立つ心外膜又は心膜損傷は観察されなかった。本プロトタイプはボデイ１２，１４間に外方シェルを有しないので、心膜が、該ボデイ間で１，２ｍｍ垂れ下がることを防止する物はなく、そしてテーパーが付けられてない該近位のボデイ１２の先行エッジが心膜上で幾分引きかかる（ｓｎａｇ）傾向があった。又どんなにスムーズであっても、心膜嚢（ｐｅｒｉｃａｒｄｉａｌ ｓａｃ）はそれが接触した該デバイス１０の全表面に接着（ａｄｈｅｒｅ）する傾向を示した。これは空気への露出による該嚢の乾燥により主に引き起こされるように見える。規定の食塩溶液の時々の注入（ｉｎｆｕｓｉｏｎｓ）が潤滑用に用いられ、それは該問題の緩和に成功した。

【００２５】

実験中に組織マーク付け用染料（ｔｉｓｓｕｅ－ｍａｒｋｉｎｇ ｄｙｅ）の２回の心筋層注射が行われた。各場合に該デバイス１０は望まれるサイトまで歩き（ｗａｌｋｅｄ）、吸引を用いて両ボデイを下方へロックし、次いで外科医は作業ポートを通して２７ジーカスタムニードル（２７Ｇ ｃｕｓｔｏｍ ｎｅｅｄｌｅ）７０を進めさせることにより手動で該注射を行った。第１注射用に、該デバイス１０は、左前部下降冠状動脈と対角線ブランチのテークオフとの分岐（ｂｉｆｕｒｃａｔｉｏｎ ｏｆ ｔｈｅ ｌｅｆｔ ａｎｔｅｒｉｏｒ ｄｅｓｃｅｎｄｉｎｇ ｃｏｒｏｎａｒｙ ａｒｔｅｒｙ ａｎｄ ｔｈｅ ｔａｋｅｏｆｆ ｏｆ ｔｈｅ ｄｉａｇｏｎａｌ ｂｒａｎｃｈ）上に位置付けられ、該ニードル７０は２－３ｍｍだけ左心室心筋層内へ進められ、０．５ｃｃの染料が注射された。注射中印加された最大の力は０．７２Ｎであった。次いで該デバイス１０は対角線冠状動脈（ｄｉａｇｏｎａｌ ｃｏｒｏｎａｒｙ ａｒｔｅｒｙ）上を動かされ、０．５ｃｃの染料のもう１回の注射が該左心室の前外側壁上で行われた。第２注射中該ニードルに印加された最大力は１．１５Ｎであった。該ニードル７０が引き抜かれた後出血は観察されなかった。成功した注射の確認は手術後の検査で行われた。

【００２６】

該デバイスはつなぎ留められている（ｔｅｔｈｅｒｅｄ）ので、該つなぎ綱（ｔｅｔｈｅｒ）を引くことが、テスト用に心膜嚢内にどうにか挿入され得る追加ハードウエアの開発を要することなく、該デバイスを外す接線力を印加する予備実験で実行可能な方法を提供した。該デバイスが心臓上に保持されている間に、該つなぎ綱を引くことにより心外膜から該デバイスを外すに必要な力が力ゲージで測定された。３本のドライブワイヤとそれらのシースから成る該つなぎ綱の部分に小さなクランプが付けられ、このクランプは手持ち式のデジタル力ゲージに取り付けられた。次いで外科医が前記デバイスが外されるまで該力ゲージ上で引き、該ゲージが各トライヤル中に遭遇する最大力を記録した。このテストは、吸引が該遠位のボデイにのみ印加された場合に３回、吸引が該近位のボデイのみに印加された場合に３回、そして吸引が両ボデイに印加された場合に３回行われた。その結果は表１に提示される。これらのテストから生じた該デバイスへの損傷は無かった。

【００２７】

【表１】

表1

印加された吸引を有するボデイ	トライアル数	平均(N)	標準偏差(N)
遠位のボデイ	3	1.62	0.37
近位のボデイ	3	3.23	0.70
両方	3	4.48	0.43

【００２８】

この実験中、我々は、もし該デバイスが該心外膜から偶然外れた場合使われ得る再取り付け用の技術を提示した。このテストは、該デバイスが完全な心膜の内部にある間に行っ

た。このテストでは、全ての吸引はオフに切り替えられ、該つなぎ綱を手動でツイストすることにより、該デバイスは意図的に回転され、心外膜上でその右側上に横たわるよう残された。両パッド２０，２２内の吸引は次いでオンに切り替えられた。反時計方向の運動で該つなぎ綱を手動でツイストすることにより、該デバイスは起こされたので、もう１度それは該吸引を使って心外膜表面を正しく把持し、前の様に取り付けられた儘になった。このテストが行われた最初の時に、該デバイス１０を見るためビデオデバイスが使われ、その存在により心膜を幾らか持ち上げたので、それは該デバイス１０の上及びその周りでそれが通常ある程低くは落ち着かなかった。従って、この影響を避けるために、該ビデオデバイスは該心膜から除かれ、今度は該試みをモニターする外部ビデオレコーダーのみを用いて該テストは繰り返された。該デバイスの起こし及び再取り付けの両試みが成功裡に行われ、組織の損傷は無く、デバイスへの損傷も無かった。

【００２９】

該デバイスが心膜から回収され得る容易さが、引き抜き中遭遇する最大力を測定することによりテストされた。該デバイスは、該心膜内部に正常に位置付けられ、遠位のボデイが入り口切開（ｅｎｔｒｙ　ｉｎｃｉｓｉｏｎ）から概略１０ｃｍの所で、左心房の近くになるようその足部上に直立して立った。全ての吸引はオフに切り替えられた。次いで該デバイスは該つなぎ綱を引くことにより該心膜から完全に引き抜かれた。このテストは３回繰り返され、回収中測定されたピーク力を各トライアル中記録された。測定された平均ピーク力は２．４８±０．５１Ｎであった。

【００３０】

図８はデバイス１０の自給式設計を図解しており、該近位のボデイ１４は図の上左に示され、遠位のボデイ１２は下右に示されている。この設計は移動用に２つのモーターを有する。１つのモーターは該近位のボデイ１４の垂直円柱状ボデイ内に配置され、もう１つのモーターは該近位１４と遠位１２の各ボデイをつなぐアーム内に見える水平円柱７４内に配置される。明確なために、下記で論じられる流線型のハウジングは図８には示されない。該モーターは電力とインストラクション（ｉｎｓｔｒｕｃｔｉｏｎ）をつなぎ綱（示されてない）を通してか、又は搭載したバッテリー（ｏｎｂｏａｒｄ　ｂａｔｔｅｒｙ）と搭載したコンピュータ（ｏｎｂｏａｒｄ　ｃｏｍｐｕｔｏｒ）（示されてない）から、受ける。

【００３１】

図９Ａと９Ｂは心膜嚢との能率的相互作用のためにカプセル状（ｃａｐｓｕｌａｒ）の又はピル類似（ｐｉｌｌ－ｌｉｋｅ）の設計を有するデバイス１０を図解する。該デバイス１０は２ピースのハードカバリングを有し、その１つのピースは、ピル用に屡々使われる種類のゼラチンカプセル（ｇｅｌａｔｉｎ　ｃａｐｓｕｌｅ）の様なもう１つの内部で摺動する。図９Ａはステップの拡張された位相（ｅｘｔｅｎｄｅｄ　ｐｈａｓｅ）、すなわち該遠位のボデイ１２と該近位のボデイ１４の間の最大距離での該デバイスを図解し、一方図９Ｂは該ステップの収縮された位相（ｃｏｎｔｒａｃｔｅｄ　ｐｈａｓｅ）、すなわち該近位のボデイ１４と該遠位のボデイ１２の間の最小距離の場合を図解する。

【００３２】

図１０Ａ及び１０Ｂは心膜嚢との能率的相互作用（ｓｔｒｅａｍｌｉｎｅ　ｉｎｔｅｒａｃｔｉｏｎ）のために設計された１ピース外部シェルを有するデバイス１０のもう１つの設計を図解する。この設計は、もしその設計が移動中心膜のピンチングを引き起こすと分かったならば、図９Ａ及び９Ｂの設計の代わりに使われてもよい。図１０Ａはステップの拡張された位相を図解し、図１０Ｂはステップの収縮された位相を図解する。

【００３３】

図１１Ａ及び１１Ｂは、もしチッピングに対するより強い安全ガードが必要な場合、展開可能な舷外浮材類似（ｄｅｐｌｏｙａｂｌｅ　ｏｕｔｒｉｇｇｅｒ－ｌｉｋｅ）の支柱８０が使われる設計を図解する。該舷外浮材類似の支柱８０，８２は示された水平位置から該デバイス１０の両側の遠位のボデイ１２に隣接する垂直位置へ折りたたみ可能（ｆｏｌｄａｂｌｅ）である。一旦該デバイス１０が心膜内で展開されると、該支柱８０，８２

はチッピング（ｔｉｐｐｉｎｇ）に対しガードするため水平位置から図に示す垂直位置へ動かされててもよい。もし該支柱８０，８２が心膜を引きかける何等かの傾向を明示するなら、図に示す様に該デバイス１０及び該支柱８０，８２の両者をカバーするために伸張する膜（ｓｔｒｅｔｃｈａｂｌｅ　ｍａｍｂｒａｎｅ）８４が展開される。図１１Ａはステップの伸張された位相を図解し、一方図１１Ｂは該ステップの収縮された位相を図解する。

【００３４】

図１２に転ずると、本発明の１側面の動作時、該デバイス１０は心膜に入り、作業ポートを有する堅い又は柔軟な内視鏡を使って心臓の心外膜上に置かれる。該内視鏡は胸骨（ｓｔｅｒｎｕｍ）のキシフォイドプロセス（ｘｉｐｈｏｉｄ　ｐｒｏｃｅｓｓ）の下のポート又は限定切開部（ｌｉｍｉｔｅｄ　ｉｎｃｉｓｉｏｎ）を通して心膜嚢内へ導入される。

【００３５】

一旦直接視認の確認下で内視鏡を用いて適切に位置付けられると、該デバイス１０は吸引を使って心外膜を把持するだろう。該吸引力は、直接に、又は適応性の又は柔軟な足部それぞれ５６，５８を通して該ボデイ１２，１４に取り付けられてもよい２つの独立吸引パッド２０，２２（図５参照）を通して印加される。該真空圧力は、弁５０の作用と吸引ラインそれぞれ１６，１８を通して真空源５２により該吸引パッド２０，２２に供給される。該真空源は－０．０８Ｎ／ｍｍ^{2}の真空圧力を提供するが、該圧力は食品医薬品局（ＦＤＡ）承認の心臓安定器（ｃａｒｄｉａｃ　ｓｔａｂｉｌｉｚｅｒｓ）での使用について有効で安全であるとされている。この圧力により発生される吸引力は我々の応用に有効となり、心外膜組織を損傷させない。移動時、該真空圧力は、共に制御システム４６内に配置された外部圧力センンサー４８によりモニターされ、コンピュータ制御されたソレノイド弁５０により調整された。この圧力に基づき、ボデイ１２，１４の１つを外すよう計算された法線方向及び接線方向の力はそれぞれ１．７６Ｎ及び０．８７Ｎであり。家禽モデル（ｐｏｕｌｔｒｙ　ｍｏｄｅｌ）から該デバイスを外すために力ゲージを使ったベンチテストは２．０１Ｎ及び０．８６Ｎの法線方向及び接線方向力を検証した。該デバイスにより抵抗され得る接線力はプロフアイルを減じることにより著しく増加される。

【００３６】

該デバイス１０は移動及び治療の管理中に外科医に可視的フイードバックを提供する。それは該デバイス１０の遠位の端部１２から該制御システム４６内に配置されたカメラ４２へ画像を中継する光フアイバーを使って達成され得る。代わりに、シーシーデービデオカメラ（ＣＣＤ　ｖｉｄｅｏ　ｃａｍｅｒａ）が該デバイス１０の遠位の端部１２へ直接設置されることも出来る。固定マウント上の１つの視認センサーを用いて必要なビジョン（ｖｉｓｉｏｎ）の全てを提供することは可能である。しかしながら、もっとありそうなことは、視認用ヘッドが運動用に駆動されるか、又は１つがナビゲーション用の情報を提供するために器官の表面に接線方向に（前方を見ている）、もう１つが注意（ａｔｔｅｎｔｉｏｎ）を受ける範囲の視認を提供するために該表面の法線方向に（下方を見ている）、と２つの画像形成用デバイスが組み込まれるか、何れかである。“注意（Ａｔｔｅｎｔｉｏｎ）”は、サイトのテスティング、視認又は検査他、又は器官に或いは器官の部分に捧げられる考慮に帰着する何等かの他の活動の、全ての形に加えて、全ての種類の介入を含む広い用語であるよう意図されている。

【００３７】

該デバイス１０は、幾つかの基本的面で、すなわち（１）それが手術用テーブル（ｏｐｅｒａｔｉｎｇ　ｔａｂｌｅ）のそれより寧ろ心臓の基準フレーム内で動作し、（２）それが肋間のアプローチ（ｉｎｔｅｒｃｏｓｔａｌ　ａｐｐｒｏａｃｈ）より寧ろサブキシフォイド（ｓｕｂｘｉｐｈｏｉｄ）を使って導入され、総合的気管内麻酔（ｇｅｎｅｒａｌ　ｅｎｄｏｔｒａｃｈｅａｌ　ａｎｅｓｔｈｅｓｉａ）｛ジーイーテイエイ（ＧＥＴＡ）｝を解消し、（３）それが移動能力を有し、そして（４）それが比較的低廉で、ことによると使い捨て可能である、面で従来技術のロボット手術システムと異なる。完全に心膜

内で行われ得る手術処置用に、デバイス１０はこれらの手術システムの制限の多くを取り除くであろう。

【００３８】

該デバイス１０で管理される治療は心臓の安定化を要せず、何故ならば該デバイス１０は、固定手術用テーブルのそれより寧ろ心臓の表面と同じ基準フレーム内に配置されるからである。これは、追加の切除を要する内視鏡的安定器（ｅｎｄｏｓｃｏｐｉｃ ｓｔａｂｉｌｉｚｅｒｓ）か又は処置の複雑さとリスクを増大させる心肺バイパス（ｃａｒｄｉｏｐｕｌｍｏｎａｒｙ ｂｙｐａｓｓ）か、何れかのニーヅを取り除く。

【００３９】

今日使用中の遠隔操作手術システム（ｔｅｌｅｏｐｅｒａｔｉｖｅ ｓｕｒｇｉｃａｌ ｓｙｓｔｅｍ）は腹腔鏡式マニピュレーター（ｌａｐａｒｏｓｃｏｐｉｃ ｍａｎｉｐｕｌａｔｏｒ）及びカメラを使い、幾つかの肋間の（肋骨間の）切開を通して心膜嚢に導入される。これらの機器は心臓に到達する前に胸膜空間を通過せねばならず、それは肺の虚脱（ｃｏｌｌａｐｓｉｎｇ）を要する。心臓への該デバイス１０の送達は肺の虚脱を要しないが、何故ならばそれはキシフォイドプロセスの下に直接作られる切開を通して胸郭空洞に導入されるからである。次いで内視鏡は、心膜の裸範囲に到達するまで、胸骨の下の組織及び筋膜を通るよう押され、決して胸膜空間に入らない。該スコープは又心膜を破るため使われ、該デバイス１０を心外膜へ直接送達する。該デバイス１０は肺の虚脱を要しないので、それは又患者の差動換気（ｄｉｆｆｅｒｅｎｔｉａｌ ｖｅｎｔｉｌａｔｉｏｎ）を要せず、従って総合的気管内麻酔｛ジーイーテイエイ（ＧＥＴＡ）｝の代わりに局部又は領域麻酔が使われることが可能である。結果として、可能な利点は該デバイス１０が或る心臓血管の介入が救急外来患者ベースで行われることを可能にすることであり、それは幾らかでも前には決して無かったことである。

【００４０】

該デバイス１０の移動能力はそれが心外膜上の事実上どんな位置と向きにも到達することを可能にする。これは入り口切開の近くの比較的小さい作業空間に限定される堅い腹腔鏡の場合とは異なる。加えて、これらのシステムは１つの処置の中で手術範囲（ｏｐｅｒａｔｉｖｅ ｆｉｅｌｄ）を変えるためにツールの除去と再挿入を要する。他方、デバイス１０は心臓のもう１つの領域に簡単に移動することによりその作業空間を容易に変更出来る。

【００４１】

ダビンチ手術システムは非常に高価であり、外科医のコンピュータ化されたコンソールと多数の大きなロボットアームを有する患者サイドのカート（ｐａｔｉｅｎｔ－ｓｉｄｅ ｃａｒｔ ｗｉｔｈ ｍｕｌｔｉｐｌｅ ｌａｒｇｅ ｒｏｂｏｔｉｃ ａｒｍｓ）とから成る。心膜内で行い得る処置用には、デバイス１０はこのシステムへの小さな、極端に低コストの代替えを提供するであろう。

【００４２】

エンドエフェクターの適切な開発を伴って、テーイーエム（ＴＥＭ）は、細胞移植、遺伝子治療、心房剥離そして再同期化心筋層脈管再生のための電極配置の様な、心外膜的心臓処置を行うことが出来るであろう。超音波変換器、診断エイド又は他のセンサーの様なデバイス、薬剤供給システム、治療デバイス（ｔｈｅｒａｐｅｕｔｉｃ ｄｅｖｉｃｅ）、光ファイバー、カメラ又は外科ツール（複数を含む）が該デバイス１０により担われてもよい。

【００４３】

本開示の提示の中に含まれるが心臓より他の器官用の処置が開発されることが可能である。加えて、本開示の提示の中に含まれるが、人間の他の生体、例えば、ペット、飼育場動物、競走馬、他の処置も、開発されることが可能である。かくして、本発明がその好ましい実施例と連携して説明されたが、当業者は多くの変型と変更が可能であることを認識するであろう。本発明は、現在の好ましい実施例を表明するよう意図された前記説明によってでなく、前記する請求項によってのみ限定されるよう意図されている。

【００４４】
本開示が容易に理解され、容易に実用されるために、本開示は今、限定でなく図解の目的で、下記図面と連携して説明される。
【図面の簡単な説明】
【００４５】
【図１】遠位のボデイと近位のボデイの前方等角図であり、それらは、制御ワイヤ及び吸引ラインと一緒に、ロボットの１実施例を構成する。
【図２】図１の該遠位の及び近位のボデイの後方等角図である。
【図３Ａ－３Ｄ】該ロボットの前方への移動を図解する。
【図４Ａ－４Ｃ】該ロボットのサイドからサイドのターンを図解する。
【図５Ａ－５Ｂ】図５Ａは本開示のロボット及び制御システムのもう１つの実施例を図解し、一方図５Ｂはワッシャー類似のサポートスペーサーを図解する。
【図６Ａ－６Ｂ】図６Ａは該遠位のボデイ内の凹部の貯蔵位置内に引き込められた１種のエンドエフェクター、半円ニードルの例であり、一方図６Ｂは動作時の該ニードルを図解する。
【図７Ａ－７Ｂ】もう１つの種類のエンドエフェクターの例である。
【図８】本開示のデバイスの自給式の実施例を図解する。
【図９Ａ－９Ｂ】本開示の流線型デバイスの１例を図解する。
【図１０Ａ－１０Ｂ】本開示の流線型デバイスのもう１つの例を図解する。
【図１１Ａ－１１Ｂ】安定化支柱を有する本開示のデバイスの実施例を図解する。
【図１２】処置を行うため心臓の表面上を移動するロボットの概念的図解である。

【図１】

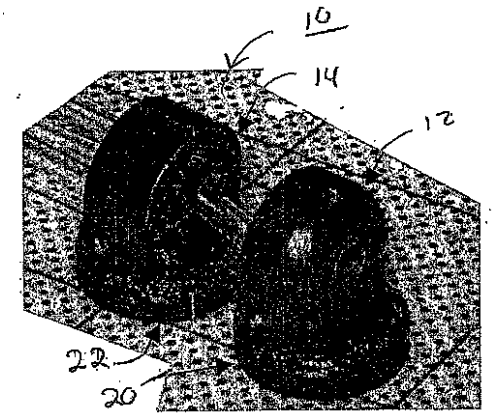


FIG. 1

【図２】

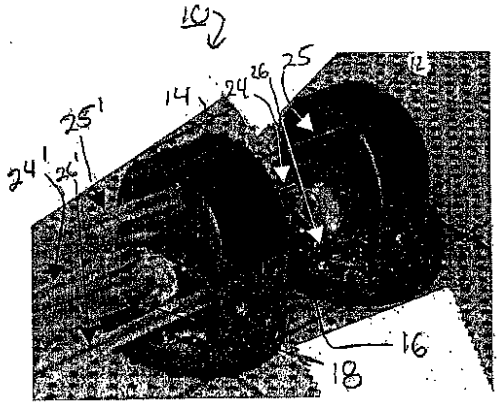
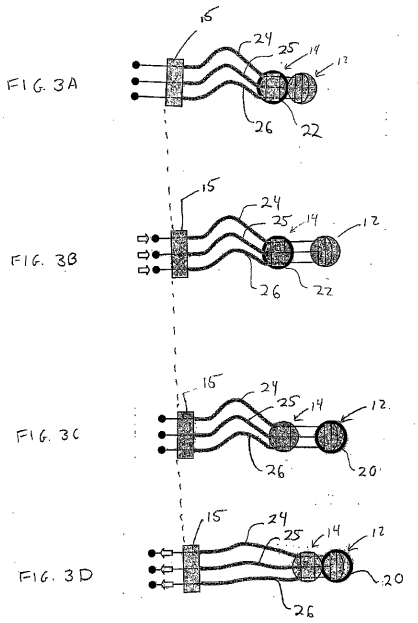
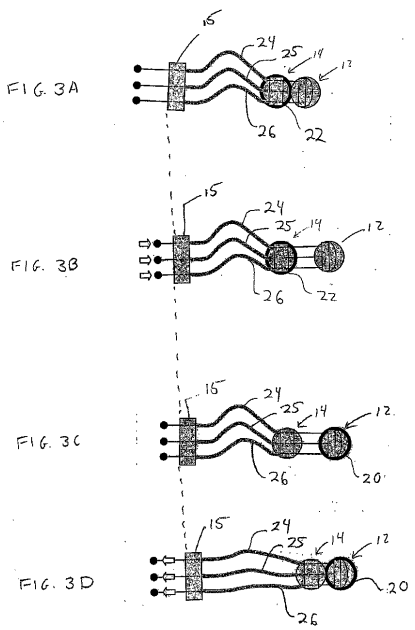


FIG. 2

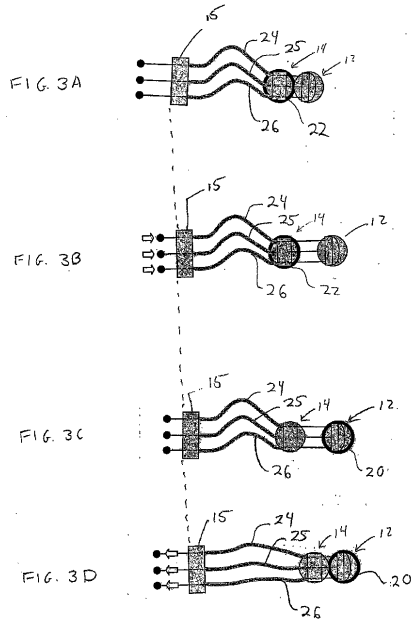
【図３Ａ】



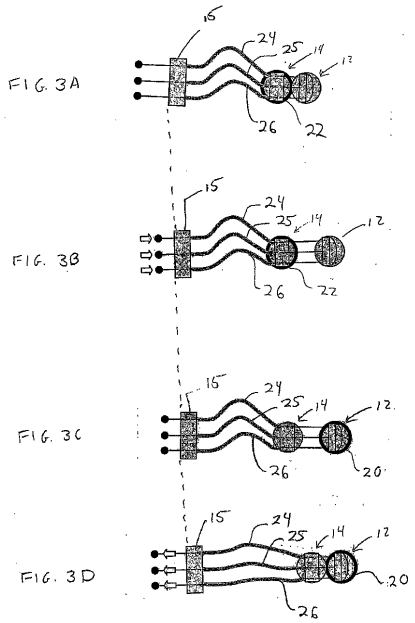
【図３Ｂ】



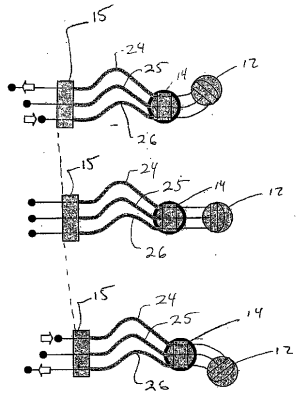
【図３Ｃ】



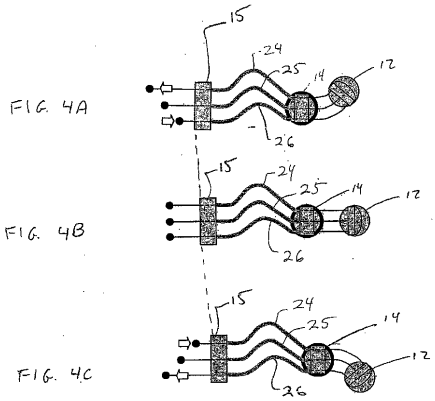
【図３Ｄ】



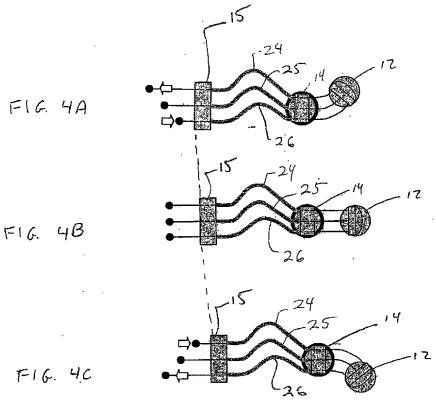
【図４Ａ】



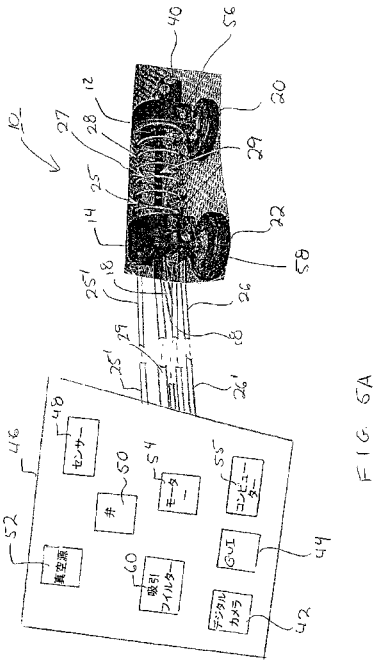
【図４Ｂ】



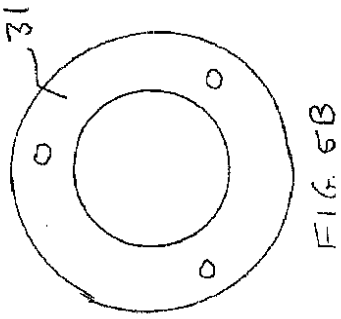
【図４Ｃ】



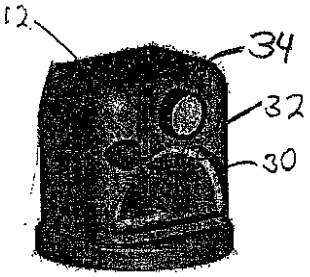
【図５Ａ】



【図５Ｂ】



【図６Ａ】



【図６Ｂ】

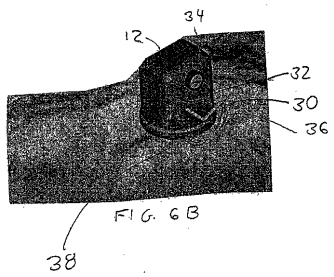


FIG. 6B

【図７Ａ】

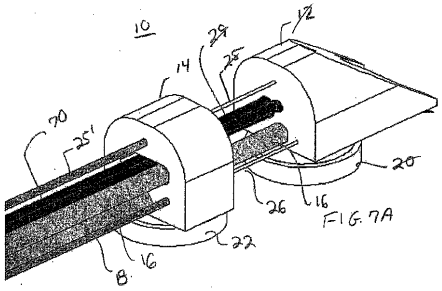


FIG. 7A

【図７Ｂ】

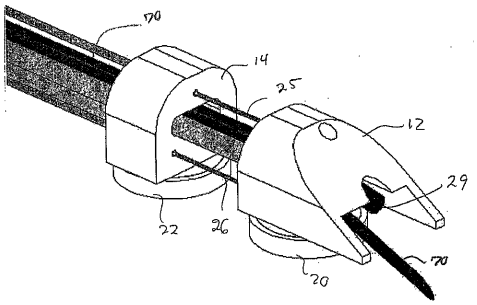


FIG. 7B

【図８】

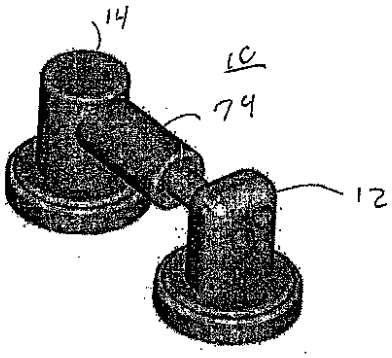
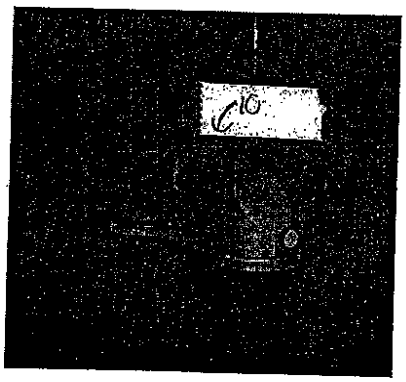


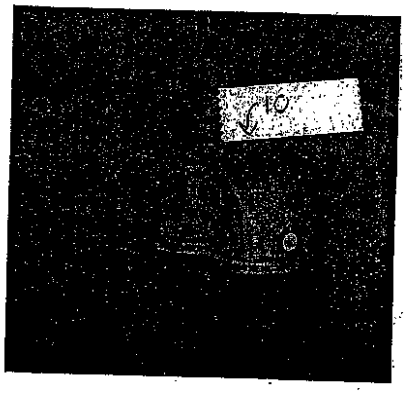
FIG. 8

【図９Ａ】



FIGS. 9A

【図９Ｂ】



FIGS. 9B

【図１０Ａ】

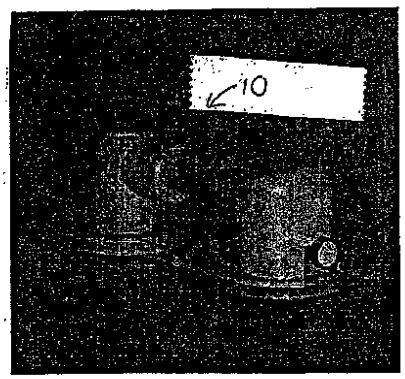


FIG. 10A

【図１０Ｂ】

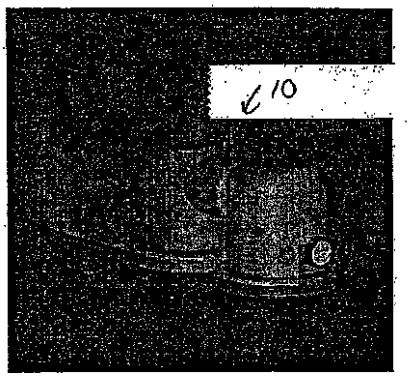


FIG. 10B

【図１１Ａ】

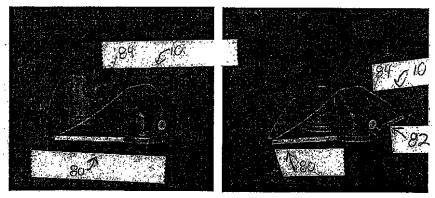


FIG. 11A FIG. 11B

【図１１Ｂ】

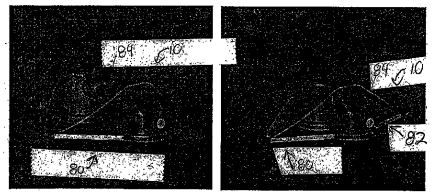


FIG. 11A FIG. 11B

【図１２】

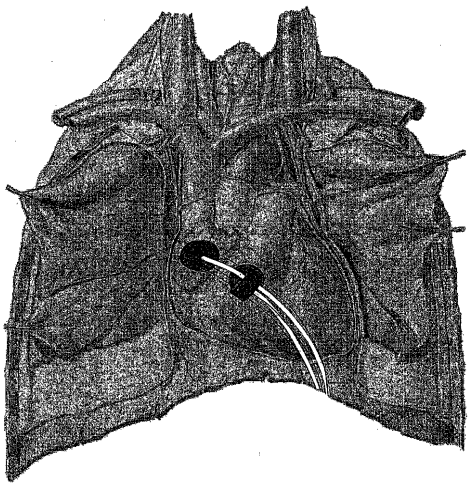


FIG. 12

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US2004/036910

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 A61B1/005 A61M25/01 A61B19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 A61B A61M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ, BIOSIS, EMBASE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/107478 A1 (WENDLANDT JEFFREY MICHAEL) 8 August 2002 (2002-08-08) abstract	1-14,19
X	US 2003/065250 A1 (CHIEL HILLEL J ET AL) 3 April 2003 (2003-04-03) abstract	1-14,19
A	SITTI METIN ; FEARING RONALD S: "Synthetic gecko foot-hair micro/nano-structures as dry adhesives" JOURNAL OF ADHESION SCIENCE AND TECHNOLOGY, vol. 17, no. 8, 2003, pages 1055-1073, XP002319306 cited in the application the whole document	3,13

-/---

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 February 2005	31/03/2005

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Clevorn, J

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US2004/036910

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	PATRONIK N A ET AL: "Development of a tethered epicardial crawler for minimally invasive cardiac therapies" BIOENGINEERING CONFERENCE, 2004. PROCEEDINGS OF THE IEEE 30TH ANNUAL NORTHEAST SPRINGFIELD, MA APRIL 17-18, 2004, PISCATAWAY, NJ, USA,IEEE, 17 April 2004 (2004-04-17), pages 239-240, XP010706390 ISBN: 0-7803-8285-4 the whole document	1-14,19

1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2004/036910

Box II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. [X] Claims Nos.: 15-18,20,21
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

Rule 39.1(iv) PCT - Method for treatment of the human or animal body by surgery

2. [ ] Claims Nos.:
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:

3. [ ] Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. [ ] As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.

2. [ ] As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. [ ] As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. [ ] No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

[ ] The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

[ ] No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/US2004/036910

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002107478 A1	08-08-2002	US 6517477 B1	11-02-2003
		AU 2002351327 A1	09-07-2003
		CA 2470606 A1	03-07-2003
		EP 1455882 A1	15-09-2004
		WO 03053505 A1	03-07-2003
		US 2004143159 A1	22-07-2004
		AU 2050401 A	07-08-2001
		CA 2396869 A1	02-08-2001
		EP 1255482 A2	13-11-2002
		JP 2003521297 T	15-07-2003
		WO 0154565 A2	02-08-2001
		US 2003060680 A1	27-03-2003
US 2003065250 A1	03-04-2003	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2004)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LU,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ゼナテイ，マルコ・エイ
アメリカ合衆国ペンシルベニア州ピツツバーグ
(72)発明者 ステツトン，ジヨージ・デイ
アメリカ合衆国ペンシルベニア州ピツツバーグ

Ｆターム(参考) 3C007 AS35 CS08 HT04 KT02 WA18 WA19 WA21 WC11 XG01
4C060 BB01 MM25