

PCT

世界知的所有権機関

国際事務局



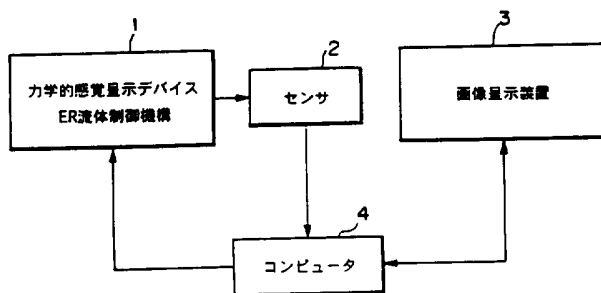
WO 9602887A1

特許協力条約に基づいて

<p>(51) 国際特許分類6 G06F 17/00</p>	<p>A1</p>	<p>(1) (43) 国際公開日 1996年2月1日(01.02.96)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP95/01426 (22) 国際出願日 1995年7月18日(18.07.95)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平6/166791 1994年7月19日(19.07.94) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 旭化成工業株式会社 (ASAHI KASEI KOGYO KABUSHIKI KAISHA)[JP/J] 〒530 大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号 Osaka, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 古荘純次(FURUSHO, Junji)[JP/J] 〒182 東京都調布市小島町1-1-1 RC-409 Tokyo, (JP) 佐野明人(SANO, Akihito)[JP/J] 〒501-04 岐阜県本巣郡北方町北方2300-2 Gifu, (JP) 井上昭夫(INOUE, Akio)[JP/J] 〒417 静岡県富士市今泉3994-14 Shizuoka, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 谷 義一(TANI, Yoshikazu) 〒107 東京都港区赤坂5-1-31 第6セイコービル3階 Tokyo, (JP)</p>	<p>(81) 指定国 CA, CN, JP, KR, RU, US, 欧州特許(DE, FR, IT).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>	

(54) Title : VIRTUAL REALITY AND REMOTE REALITY SYSTEM

(54) 発明の名称 仮想現実感および遠隔現実感システム



- 1 ... dynamic feeling exhibition device, ER fluid control system
- 2 ... sensor
- 3 ... image display device
- 4 ... computer

(57) Abstract

A virtual or remote reality system for providing the change of a dynamic feeling resulting from the change of a wave resistance by interlocking a computer-generated image (virtual world) or an actual existing world (remote world) obtained through a robot with the wave resistance of an electroviscous fluid varying with the intensity of an applied electric field on the real time basis.

(57) 要約

コンピュータによって形成された画像（仮想世界）や、ロボットを媒体とした実際に存在する世界（遠隔世界）と、印加電界強度によって変化する電気粘性流体の波動抵抗とを実時間で連動させ、波動抵抗の変化によって生じる力学的感覚の変化を操作者に呈示する仮想または遠隔現実感システム。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AL	アルバニア	DK	デンマーク	LK	スリランカ	PT	ポルトガル
AM	アルメニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RO	ルーマニア
AT	オーストリア	ES	スペイン	LS	レソト	RU	ロシア連邦
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SD	スーダン
AZ	アゼルバイジャン	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SE	スウェーデン
BB	バルバドス	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SG	シンガポール
BE	ベルギー	GB	イギリス	MC	モナコ	SI	スロヴェニア
BF	ブルキナ・ファソ	GE	イギリス	MD	モルドバ	SK	スロヴァキア共和国
BG	ブルガリア	GN	ギニア	MG	マダガスカル	SN	セネガル
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MK	マケドニア共和国	SZ	スワジランド
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	ML	マリ	TD	チャド
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MN	モンゴル	TG	トーゴ
CA	カナダ	IS	アイスランド	MR	モーリタニア	TJ	タジキスタン
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリア	MX	メキシコ	TM	トルクメニスタン
CG	コンゴ	JP	日本	NE	ニジェール	TR	トルコ
CH	スイス	KE	ケニア	NL	オランダ	TT	トリニダード・トバゴ
CI	コート・ジボアール	KR	朝鮮民主主義人民共和国	NO	ノルウェー	UA	ウクライナ
CM	カメルーン	KZ	カザフスタン	NZ	ニュージーランド	UG	ウガンダ
CN	中国	LI	リヒテンシュタイン	PL	ポーランド	US	米国
CZ	チェコ共和国					UZ	ウズベキスタン共和国
DE	ドイツ					VN	ヴェトナム

明細書

仮想現実感および遠隔現実感システム

背景技術

産業上の利用分野

本発明は、デザイン、教育、訓練、娯楽、危険作業、微細／超微細作業などの分野に利用される、いわゆる仮想現実（バーチャルリアリティ）や遠隔現実（テレリアリティ）に係り、特に、コンピュータで作りに出される仮想世界または実際に存在する遠隔世界における力学的感覚を、電気粘性流体の流動抵抗を電気的に変化させる制御機構を用いて、操作者に実時間で呈示する仮想現実感システムおよび遠隔現実感システムに関する。

本発明による仮想現実感システムまたは遠隔現実感システムは、また、運動・感覚系の中で認識された情報、すなわち、身体の動きをともなう力学的感覚に関する情報を表示する、ハプチック（触覚）インターフェイスとしても利用される。

用語説明

本発明に言う仮想世界とは、コンピュータによりディスプレイ上に作り出される画像（例えば、コンピュータグラフィックスなど）の世界を言う。この種の画像は、ブラウン管、スクリーン、フラットディスプレイ、3次元ディスプレイなどのいずれに形成されるものであってもよい。これら視覚ディスプレイ上に作り出された画像と、力学的感覚呈示デバイスにおける電気粘性流体の流動抵抗は、遠隔世界の場合と同様、実時間で連動しているが、遠隔世界の場合のような現実的な力学的作用は伴わない。なお、本発明で言う実時間とは、画像処理や電氣的または力学的伝達のための極めて短い時間の遅れは含むが、実質的に殆ど遅れが

ないことを指す。

本発明で言う遠隔世界とは、原子力、海洋、防災、宇宙などの分野における、危険な環境下での極限作業や、医療、電子部品、マイクロマシニングなどの分野における微細／超微細作業などの力学的作用がなされる世界である。すなわち、力学的感覚呈示システムの操作者から、ロボット、マニピレータなどの機械的媒体を介して、力学的作用がなされる離れた世界であり、操作者のいる世界と同一の物理法則が働く現実の世界である。したがって、力学的感覚呈示システムの操作者が置かれた世界と、力学的作用がなされる遠隔世界とは、実時間で連動していることになる。

本発明にいう仮想現実感システムとは、コンピュータによって作り出された仮想の世界に、あたかも自分が存在して行動や作業をしているような、実時間の臨場感を抱かせるシステムである。従来は、視覚や聴覚に訴えるものが主体であったが、本発明によるシステムは、それら以外に、特に力学的感覚に訴えるものである。

また、本発明に言う遠隔現実感システムとは、極めて微細な世界や、危険な世界、あるいは環境の悪い世界などの、特異な実在世界の中に起こる事象を、ロボットなどの機械的媒体を通して、実時間の臨場感をもって各種の感覚、特に力学的感覚に訴えるものである。

本発明に言うトレイグジスタンスシステムとは、仮想現実感システムと遠隔現実感システムとの双方を含む概念である。

本発明に言う力学的感覚とは、触覚や体感、すなわち、人間の手足の操作にともなう感覚、あるいは人間の体に対する外部物体の作用にともなう感覚を意味する。触覚は、例えば、押す、引く、触れる、握る、回す、叩く、蹴るなどの作用にともなう、柔らかい、固い、重い、軽い、強い、弾力的、粘性的などの感覚であり、体感は、例えば、押しつける、引きつける、締め付けるなどの作用にと

もなう同様の感覚である。

本発明による力学的感覚呈示デバイスは、人間の手足や体に疑似した、グローブ、フィンガ、アーム、グリップ、エルボ、などの形態で用いられる。電気粘性流体を用いた本発明による力学的感覚呈示デバイスは、従来の純機械的な装置に比べて、単純でコンパクトな構造にすることが可能である。

本発明に言う力学的諸量とは、位置、角度、歪量、速度、力、圧力、加速度などであり、これらを検知するセンサは、一般に、力学的感覚呈示デバイスに取り付けられる。また、遠隔世界で力学的作用を行なう出力系にも取り付けられることが多い。

本発明に言う電気粘性流体とは、電界を印加した際に、その粘性が瞬間的かつ可逆的に変化する流体であり、分散系電気粘性流体と均一系電気粘性流体とに大別される。分散系電気粘性流体は、誘電体粒子を絶縁油に分散させたものであり、均一系電気粘性流体は、粒子を用いないものである。分散系電気粘性流体に用いられる粒子としては、以下のものがある。

(1) 無機粒子

イオン分極可能な水、酸、アルカリ、あるいは有機電解質などを含んだ、シリカまたはゼオライトなど。

(2) 有機粒子

イオン交換樹脂やセルロースなど。

(3) 半導体粒子

水を含まずイオン分極よりは電子分極を生じ易い炭素やポリアニリン、あるいは金属フタロシアニンなど。

(4) 表面に絶縁性薄膜を被覆した、金属粒子や導電ポリマー性粒子。

(5) 異方導電性や非線形光学特性をもつ材料からなる粒子。

また、絶縁油としては、一般に、シリコン油、フルオロカーボン油、鉱物油、

パラフィン、芳香族エステル油、脂肪族環状化合物エステル油、天然油などの電気絶縁性および機械・物理・化学的特性が安定なものが使用される。

一方、均一系電気粘性流体としては、液晶性、粘度異方性、両親媒性、強誘電性、高双極子能率などをもつ物質、あるいはその溶液が用いられる。中でも液晶、特に高分子液晶が好ましい。

分散系電気粘性流体は、一般に、電界印加時に、剪断応力が剪断速度によらず大略一定である、いわゆるビンガム流動を示す。一方、均一系電気粘性流体は、一般に、剪断応力が剪断速度に比例する、いわゆるニュートン流動を示す。

従来の技術

コンピュータで作り出された仮想の世界や、実在するが極めて微細な世界や危険な世界の中に、あたかも自分が存在して直接作業をするような実時間臨場感を抱かせる、いわゆる仮想現実（バーチャルリアリティ）や遠隔現実（テレリアリティ）の技術が盛んになりつつある。操作者である人間に高い臨場感を与えるためには、高機能的力学的感覚呈示デバイスが不可欠である。また、それと関連するセンサ、アクチュエータ、コンピュータシステムなど、システム全体にわたる幅広い研究が必要である。

仮想現実感システムで使用される力学的感覚呈示デバイスに関しては、下記のような技術が報告されている。

(1) M. M i n s k y 他による、ACM SIGGRAPH、Vol. 24、235、1990は、仮想的な物体の表面のテクスチャを指に伝える「仮想やすり」を開示している。移動可能な全ての方向の位置を検出するセンサを備え、各方向の軸にモータとブレーキが取り付けられた、大型の特殊なジョイスティックが作り出す抵抗感でテクスチャを表現し、仮想の物体の表面の状態を手で感じ取られるように工夫されている。

(2) 岩田他による、ACM SIGGRAPH、Vol. 24、165、1990は、仮想の物体に触れた際の力学的感覚を、特殊なデスクトップ・マニピュレータを通して、操作者の手や指に伝える装置を開示している。このデスクトップ・マニピュレータは、金属製の小さなパンタグラフを幾つも組み合わせた巧妙な形状を有し、それに指先を入れることによって、モータと機械的機構を用いて発生させた力を操作者の手や指に伝える。

(3) 橋本他による、日本ロボット学会誌、Vol. 10、903、1992は、人間の手の動作を解析するためのグローブを開示している。このグローブは、3指10自由度をもつ、ワイヤ伝達モータ駆動のグローブであり、センサグローブと呼ばれている。

(4) 佐藤他による、電子情報通信学会論文誌、D-2、Vol. 7、887、1991は、指に連結した数本の糸の張力をソレノイドで調整することによって、立体視用メガネを通して見たディスプレイの画像に指で触れたときの感覚を表現する技術を開示している。

(5) ラトガース大学の服部による、“人工現実感の世界”、工業調査会、151、1991は、指先が仮想的な物体に触れた際に生じる力を機械的に発生させ、そこにあたかも物体があるような感覚を指に伝える技術を開示している。これは、親指、人差し指、中指の3本の指に、マイクロ・シリンダを取り付け、これらのマイクロ・シリンダにリアルタイムで空気を送り込むポンプと連結し、指先が仮想的な物体に触れた際に空気圧を送り込んで、指を押し戻す力を発生させるものである。

(6) 特表平6-507032 (PCT/GB92/00729)、および田中他による日本機械学会、第71期通常総会講演会講演論文集、No. 4、373、1994は、操作者の手に直接装着して、力学的感覚の呈示を行なう流体グローブを開示している。この流体グローブは、流体(空気)の圧力制御を用い

て、ロボットの把持動作などに応じた作業感覚（触覚）を実現するものである。

また、電気粘性流体を機械出力制御に用いることは、以下の文献に記載されている。

(1) ドイツ特許DE 3 8 3 0 8 3 6 C 2は、航空機のパワーシュミレータに電気粘性流体を利用する技術を開示している。これは、自動車のパワーステアリングと同様、筋力操作の補助や、オーバーアクションの防止のための一種のサーボ支援装置に関わるものである。

(2) 池田他による、第11回日本ロボット学会学術講演会予稿集、987、1993は、生体アクチュエータの出力制御に電気粘性流体を利用する技術を開示している。これは、人工筋肉的な機械出力の調整装置に関わるものである。

電気粘性流体を利用したこれらの装置は、いずれも機械出力の制御に関わるものであり、力学的感覚の呈示、特に、仮想現実感システムの力学的感覚呈示に関するものではない。

上述した従来の力学的感覚呈示デバイスは、種々の問題点を有する。例えば、モータを用いた装置は、大がかりとなり、自由度の数が限られ、応答性が悪い。また、ソレノイドや空気圧シリンダを用いた装置は、制御性が悪く、微妙な感覚の呈示が難しかった。

発明の開示

本発明の目的は、多自由度で、微妙な力学的感覚をも呈示できる、臨場感に優れた、コンパクトな力学的感覚呈示デバイスを有するトレイグジスタンスシステムを提供することである。

この目的を達成するために、本発明者らは、電氣的にその粘性を変化できる電気粘性流体を、単なる機械出力の制御に用いるのではなく、粘性変化に基づく流動抵抗の変化を、感覚呈示に適應することを思いつき、その方法について鋭意

検討を重ねた結果、本発明に到った。

本発明によれば、画像の形で与えられた環境への、操作者の行動に応答して、力学的感覚を前記操作者に呈示するトレイグジスタンスシステムであって、

与えられた画像信号に基づいて前記画像を表示する画像呈示装置と、

前記力学的感覚に対応する力覚信号を発生するコンピュータと、

前記力覚信号に基づいて電気粘性流体の流動抵抗を電氣的に変化させる制御手段と、前記流動抵抗によって制御された力を前記操作者に及ぼす力覚付与手段とを有する力学的感覚呈示デバイスが提供される。

前記トレイグジスタンスシステムは、さらに、前記力学的感覚呈示デバイスの力学的諸量を検知するセンサを有し、該センサの出力信号が前記コンピュータにフィードバックされ、前記コンピュータは、前記センサの出力信号によって、前記力学的感覚呈示デバイスおよび前記画像呈示装置の少なくとも一方を制御してもよい。

前記力学的感覚呈示デバイスは、さらに、前記力覚付与手段を駆動する駆動系を有してもよい。

画像の形で与えられた前記環境が遠隔世界であり、該遠隔世界を撮像し前記画像信号を出力する撮像手段と、該遠隔世界の力学的作用を検出し、その出力信号を前記コンピュータにフィードバックする遠隔世界センサとを具備し、

前記コンピュータは、前記撮像手段から出力された前記画像信号および前記遠隔世界センサの出力信号の少なくとも一方に基いて、前記力覚信号を発生し、前記力学的感覚呈示デバイスに供給してもよい。

画像の形で与えられた前記環境が仮想世界であり、前記コンピュータは、該仮想世界の画像を予め格納しており、前記仮想世界の画像に基いて前記画像信号を前記画像呈示装置に供給するとともに、前記仮想世界の画像に基いて前記力覚信号を前記力学的感覚呈示デバイスに供給してもよい。

前記電気粘性流体は、電界印加時にビンガム流動を示す電気粘性流体であってもよい。

前記電気粘性流体は、電界印加時にニュートン流動を示す電気粘性流体であってもよい。

前記電気粘性流体は、電界印加時にニュートン流動を示す電気粘性流体とビンガム流動を示す電気粘性流体の双方であってもよい。

本発明の特徴は、力学的感覚呈示デバイスとして、電気粘性流体を用いたデバイスを採用した点にある。電気粘性流体は、印加する電界の強さに応じて、その粘性を変化するため、その流動抵抗を電界強度によって制御することができる。この力学的感覚呈示デバイスを用いることによって、出力側の質量を小さくすることが可能となり、出力／慣性の比を極めて高くとることができる。このため、仮想世界や遠隔世界で生じる力学的感覚を、現実に近い感覚で呈示することができる。また、多自由度の動きを行なう力学的感覚呈示デバイスをも、簡単かつコンパクトな構成で実現することが可能となる。この力学的感覚呈示デバイスと画像呈示装置とを、コンピュータで連動することによって、優れた力学的感覚呈示機能を有する、コンパクトな仮想現実感システムや遠隔現実感システムが実現できる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明による仮想現実感システムを模式的に示すブロック図である。

図2は、本発明による遠隔現実感システムを模式的に示すブロック図である。

図3は、パッシブ力学的感覚呈示デバイスの作動形態を示すブロック図である。

図4は、アクティブ力学的感覚呈示デバイスの作動形態を示すブロック図である。

図5は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例1に使用される、グローブ型力学的感覚呈示デバイスの基本部分となる、形状再生ボールの構成を示す斜視図である。

図6は、図5の形状再生ボールの表面部分の構造を示す断面図である。

図7は、図5の形状再生ボールが、データグローブに接着された状態を示す斜視図を中心として、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例1の全体構成を示す図である。

図8は、上下左右360度の方向にピンを有する形状再生ボールを、データグローブで握った状態を示す一部断面斜視図である。

図9は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例2を示すブロック図であり、特に、本発明を適用した自動車運転シミュレーションシステムのハンドル装置に使用される、パッシブな力学的感覚呈示デバイスの断面を示す。

図10は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例3で用いる、力学的感覚呈示デバイスの構成を示す概略図であり、電気粘性流体を用いた油圧システムを採用した遠隔現実感システムで使用する力学的感覚呈示デバイスの作動原理を示している。

図11は、実施例3の全体構成を示すブロック図であり、特に、図10の油圧システムにおける、ホイストンブリッジを構成する4つの電気粘性流体バルブ、および一つのピストンの断面を示している。

図12は、図11に示すホイストンブリッジの操作者側のグリップ部分を示す断面図である。

図13は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例4を示すブロック図であり、特に、本発明を適用した自動車運転シミュレーションシステムのハンドル装置に使用される、アクティブな力学的感覚呈示デバイスの断面を示す。

図14および15は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例5

を示す図であり、図14は、XY平面での力学的感覚を呈示できる力学的感覚呈示デバイスを示す斜視図、図15は、この力学的感覚呈示デバイスを使用した仮想現実感システムを示すブロック図である。

図16～18は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例6を示す図であり、図16は力学的感覚呈示デバイスを中心とした全体構成を示すブロック図、図17は電極ユニットを示す断面図、図18は5本の指で仮想物体9を把持するときの状態を示す図である。

図19は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例7で用いられる力学的感覚呈示デバイスを示す部分断面図である。

図20は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例8を示す概略図であり、本発明を仮想つりゲームに適用した例である。

発明を実施するための最良の形態

実施例

以下、実施例をもって本発明の内容を具体的に説明するが、その前に、本発明によるトレイグジスタンスシステムの概要を説明する。

図1および2は、本発明によるトレイグジスタンスシステムを模式的に示したブロック図であり、図1は仮想現実感システムを示し、図2は遠隔現実感システムを示す。

図1に示す仮想現実感システムは、力学的感覚呈示デバイス1と、センサ2と、画像呈示装置3と、コンピュータ4を具備している。センサ2は、力学的感覚呈示デバイス1に接続され、その力学的諸量を検出して、検出量をコンピュータ4にフィードバックする。ただし、センサ2は、このシステムに必ずしも必要なものではない。画像呈示装置3は、仮想世界を画像表示して、本仮想現実感システムの操作者に呈示する。

図2に示す遠隔現実感システムは、図1に示す仮想現実感システムに、遠隔現実世界で作業するロボット5と、ロボット5の位置や動きを検出するセンサ6と、遠隔世界を撮像するカメラ7とを加えた構成を備え、画像呈示装置3は、仮想世界の代わりに、遠隔世界を画像表示する。センサとしては、遠隔世界の力学的作用を検出する力学的センサが用いられている。また、力学的感覚呈示デバイス1は、ロボット5の操作手段と一体化されている。カメラ7によって撮像された遠隔世界からの画像信号は、画像呈示装置3およびコンピュータ4に、それぞれ直接供給してもよいし、画像呈示装置3を経由してコンピュータ4に与えてもよい。逆に、コンピュータ4を経由して画像呈示装置3に与えてもよい。センサ6からの信号は、コンピュータ4にフィードバックされ、力学的感覚呈示デバイス1および/または画像呈示装置3の制御に供される。

これらのシステムにおける力学的感覚呈示デバイス1は、電気粘性流体の流動抵抗を電氣的に変化させる制御機構を有するが、パッシブ力学的感覚呈示デバイスと、アクティブ力学的感覚呈示デバイスとに分類される。

図3は、パッシブ力学的感覚呈示デバイスを示す。これは、電気粘性流体（ER流体）11の粘性を、制御機構12によって電氣的に制御し、流動抵抗を変化させて、力学的感覚呈示出力13とする。パッシブ力学的感覚呈示デバイスとしては、以下のような機構が使用される。

(a) 平行板または同心二重（または多重）円筒状の固定電極間に、電気粘性流体を介在させ、その電気粘性流体に電界を印加して、その粘性を制御し、流動抵抗（または流体圧力）を変化させる機構。

(b) 一方が固定され、他方が可動な、平行板または同心二重（多重）円筒状の電極間に、電気粘性流体を介在させ、その電気粘性流体に電界を印加して、その粘性を制御し、可動電極が移動する際の流動抵抗（または剪断応力）を変化させる機構。この場合の可動電極の動きは、可動電極が平行板の場合はスライド

運動となり、円筒の場合は、同心円の軸を中心とした回転となる。

これらの制御機構を取り入れた、具体的な力学的感覚呈示デバイスとしては、二重または多重の同心円筒タイプのオリフィス、シリンダとピストンの組み合わせ、一対または複数対の平行板タイプのスリット、スライダ、ディスク、フランジなどが一般的である。

図4は、アクティブ力学的感覚呈示デバイスを示す。このデバイスは、電気粘性流体11を、制御機構12によって電氣的に制御して、流動抵抗を変化させ、この流動抵抗によって、さらに駆動系14の出力を制御して、それを力学的感覚呈示出力15とする。

すなわち、アクティブ力学的感覚呈示デバイスは、駆動系の力学的出力を電気粘性流体の流動抵抗で制御する。その機構は、パッシブ力学的感覚呈示デバイスの場合と同様であり、出力形態としても、円筒タイプや平行板タイプが一般的である。

アクティブ力学的感覚呈示デバイスの駆動系としては、モータ、ソレノイド、空気圧、油圧、ワイヤなどの外部駆動型のものや、スプリング、板バネ、ワイヤバネ、ゴム、エラストマなどの自己形状回復力を用いた内部駆動型のものが、単独または組み合わせて用いられる。

コンピュータ4は、力学的感覚呈示デバイス1と画像呈示装置3とを、予め入力されたデータベースおよびプログラムに基づいて連動させるものである。コンピュータ4は、センサ2からの信号、および/または画像呈示装置3からの信号を処理し、その処理結果を力学的感覚呈示デバイス1に供給する機能を持つ。さらに、コンピュータ4は、予めインプットされたデータベースおよびプログラム、あるいはセンサ2からの信号に基づき、電気粘性流体に印加する電界強度を演算し、この演算結果によって電界を変化させて、電気粘性流体の流動抵抗を制御する。図2に示す遠隔現実感システムにあっては、さらに、遠隔世界との連動

をもコンピュータ 4 が担う。なお、この機能は、コンピュータ 4 を補助するための別のコンピュータが担うこともできる。

力学的感覚呈示デバイス 1 として、剪断応力が剪断速度によらずほぼ一定である、ビンガム流動を示す電気粘性流体を用いた場合、固体摩擦的な抵抗の再現・呈示に優れている。このため、押す、引く、握る、回す、蹴る、などの初期（始動）や最終（停止）操作における抵抗感覚が、現実に近い状態で呈示される。一方、剪断応力が剪断速度に比例する、ニュートン流動を示す電気粘性流体を用いた場合、粘性的な抵抗の再現・呈示に優れている。したがって、触れる、探る、絞る、回す、などの操作や、連続操作過程での抵抗感覚が、現実に近い状態で呈示される。ビンガム流動を示す電気粘性流体と、ニュートン流動を示す電気粘性流体とを組み合わせ用い、かつ独立に制御することによって、全ての操作を現実により近い感覚で呈示できる。

力学的感覚呈示デバイス 1 によって呈示される感覚は、電気粘性流体の流動抵抗のみに基づくパッシブな力、あるいは、駆動系の出力とこの流動抵抗との組み合わせによるアクティブな力で表現される。電気粘性流体は、それ自体では駆動力を発生するものではないから、パッシブな力は、操作者の出す力以上の大きな力が発生する心配はない。したがって、パッシブな力は、安全な力学的感覚呈示デバイスを構成するに適している。しかし、現実的な力学的感覚呈示には、他の駆動力を組み合わせたアクティブな力の発現が、より適している場合が多い。

本発明に用いる力学的感覚呈示デバイスは、電気粘性流体の流動抵抗を電気的に変化させて呈示するものであり、電気粘性流体は、電気的に応答よくその粘性を変化する。従来の方学的感覚呈示デバイスのように、多くの機械部品を使用することもなく、コンパクトで、応答も速い。また、モータなどに較べ、出力側部品の質量を極めて小さくすることが可能であり、大きな出力／慣性の比を得ることができる。そのため、所望の加速度、振動数、あるいは波形などの出力を得

ることができる。たとえば、叩く、さする、撫でる、つつく、揉む、痺れるなどのことばで表現される微妙な力を発現、あるいは再現することが可能である。換言すれば、力に様々の色を付けることが可能となり、これまでにない優れた力学的感覚の呈示が可能となる。この結果、臨場感に優れた仮想現実感システムあるいは遠隔現実感システムを実現できる。

なお、これらのトレイグジスタンスシステムには、力学的感覚呈示デバイス1や画像呈示装置3以外の、聴覚、臭覚、味覚や、痛い、痒いなどの触覚を呈示する装置を、コンピュータ4、あるいは別のコンピュータを介して、連動させることも可能である。

以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

実施例1

図5-7は、本発明による仮想現実感システムの実施例を示す図である。この実施例は、電気粘性流体を用いたグローブ型力学的感覚呈示デバイスを備えた、仮想現実感システムの例である。

図5は、グローブ型力学的感覚呈示デバイスの基本部分となる、形状再生ボール101の内部構造を示す斜視図である。ボール102の表面には、円筒状の穴103が多数設けられ、各穴103には、ピン104が、絶縁性の部分的スペーサ105によって、穴103の内壁面と一定の間隙を保って、挿入されている。この間隙および穴の奥部には、電気粘性流体106が充填されている。電気粘性流体106は、ピン104の動きに応じて、ボール内部の流体溜め（図示されず）や部分的スペーサ105の隙間を通して、容易に移動できるようになっている。ボール102は負電極、ピン104は正電極になっており、各ピン104には独立に電圧を印加できるように配線されている。なお、ボール102は、その直径が40mmのアルミニウム製のボールである。また、穴103は、直径が5mmの穴であり、ピン104は、直径4mm、長さ25mmのアルミニウム製のピン

で、樹脂製の平釘頭を有している。したがって、ピン104と穴103の内壁面との間隙は、0.5mmとなるが、この間隙は、テフロン製のスペーサ105によって保たれている。

図6は、形状再生ボール101の表面部分の断面構造を示す。ボール102は、全体を柔らかいゴムボール状のラバー107で包まれており、ピン104の平釘頭がラバー107の内壁面に接着されている。なお、ラバー107の直径は55mmである。電気粘性流体106は、上述したように、スペーサ105によって一定の間隔に保たれた、ピン104と穴103の間隙、および穴103の奥部に充填されるとともに、ラバー107の内壁面とボール102の表面との間隙にも充填されている。

図7は、ラバー107とデータグローブ108との関係を示す図である。データグローブ108は、指の曲げ角などを計測するためのもので、データグローブ108の内側に、ラバー107が接着されている。したがって、手を握ったり開いたりする動作に応じて、ピン104が穴103を内を往復する。この際、エアシリンダなどの外部駆動系を用いる必要は全くない。

電気粘性流体106は、電界の強さに応じて粘性が変化する。すなわち、ピン104と穴102との間隙に充填された、電気粘性流体106に電界を印加すると、その粘性が電界強度に応じて増減する。したがって、電界強度によって、電気粘性流体106の流動抵抗を変化させて、ピン104の動きを重くしたり軽くしたり、自在に制御することができる。

この形状再生ボール101を用いた力学的感覚呈示デバイス1と、画像呈示装置3とを、図7に示すようにコンピュータ4で連動させると、現実的な感覚をもって仮想物体を把持することができる。

まず、指を徐々に閉じていく。コンピュータ4の中に構築され、画像呈示装置3に映し出された仮想物体に、接触した指に対応するピンから順に電圧を印加

してロックしていく。ここで、指の動きは、データグローブ 108 に取り付けられた光ファイバ型センサ 2 によって計測され、コンピュータ 4 に入力されコンピュータ 4 によって、各ピン 104 に印加される電圧が制御される。最終的には、仮想物体と指が接触する箇所全てのピンに電圧が印加され、それらのピンがロックされる。これによって、操作者は、画像に映し出された仮想物体を、あたかも実際に把持しているかのような感覚を、視覚と力学的感覚の両方から得ることになる。逆に、指を開いていく際には、電圧は解除され、各ピン 104 は自由に動くことになる。こうして、データグローブ 108 は、操作者の握力で開いた状態となる。

図 8 は、形状再生ボール 101 の変形例を示す部分断面図である。この形状再生ボール 101 は、上下左右 360 度の方向に、ピン 104 をもっているため、より現実的な把持感覚を呈示することができる。仮想物体（この場合は直方体）109 に接触した指の部分のピン（斜線部）から順に電圧を印加してロックしていく。

図 8 に示すような力学的感覚呈示デバイスは、極めて多くの自由度をもつため、指先のみならず、指の腹部や掌の部分に対して、仮想物体の接触・把持の感覚を呈示できる。特に、指が機械的に包み込まれるような状態に拘束されていないので、装着感もよい。さらに、本力学的感覚呈示デバイスはコンパクトであるため、実空間を自由に移動させて使用することができる。

使用する電気粘性流体 106 として、イオン交換樹脂粒子（三菱化成（株）、MCI ゲル・K08P、Na 型、粒径約 $3\ \mu\text{m}$ 、含水率 6 wt %）をシリコーン油（100 cst）に、粒子濃度 30 vol % で分散させた、分散系電気粘性流体を用いた場合、固い仮想物体を掴み始める際や、掴んで握りしめる際の感覚が現実に近い形で得られる。一方、液晶シリコーンからなる均一系の電気粘性流体（旭化成（株）、試作サンプル AD01）を用いた場合、柔らかい仮想物体を握

る際の感覚呈示に優れ、人と握手するような感覚が得られる。

本実施例の仮想現実感システムは、駆動系を使用していない、パッシブな力学的感覚呈示であるが、従来の空気圧を用いたシステムより精細な力の再現が可能となる。また、光ファイバ型センサ 2 を取り外した状態でも、他の感覚呈示装置、例えば、音声呈示装置と連動して手指を動かすことも可能である。この場合、電気粘性流体 106 への電界印加は、コンピュータ 4 に内蔵されたデータベースおよびプログラムに基づいて行われ、操作者は、音声を聴きながら、画像呈示装置 3 によって呈示される画像の動きを見て、手指を動かしていく。このようなシステムは、安全な、指先機能リハビリ装置や微細作業訓練装置として利用できる。微細作業訓練装置は、拡大画像に対する微細操作や、微弱な把持力で行う操作などの訓練に利用する装置である。

実施例 2

図 9 は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例 2 を示す断面図である。この実施例は、本発明による仮想現実感システムを、自動車運転シミュレーションシステムに適用した例である。このシミュレーションシステムは、ハンドル操作に対応して仮想運転状態の画像が変化し、それに応じた力学的感覚がハンドルに呈示されるようになっている。

図 9 において、回転自在のハンドル 110 の回転軸に、垂直に取り付けられた円板 111 は、1.0 mm の一定間隙を保ちながら、上下から平行に 2 枚の固定円板 112 および 113 で挟まれている。ここで、ハンドル 110 は、直径 320 mm のハンドルである。また、円板 111 は、直径 250 mm のアルミニウム製の円板であり、円板 112 および 113 は、直径 200 mm のアルミニウム製の円板である。これら 2 枚の固定円板 112 および 113 と、円板 111 との間隙には、電気粘性流体 106 が充填されておいる。そして、図 9 に示すように、

円板 1 1 1 と固定円板 1 1 2 との間に充填された電気粘性流体 1 0 6 と、円板 1 1 1 と円板 1 1 3 との間に充填された電気粘性流体 1 0 6 とには、それぞれ独立に電界が印加されるようになっている。

コンピュータ 4 に予めインプットされた基本データベースおよびプログラムに従い、自動車の仮想運転状態の画像がディスプレイ 3 に映し出される。ハンドル操作を検出するセンサ 2、およびアクセル・ブレーキ操作を検出するセンサ 2 a からの信号がコンピュータ 4 にフィードバックされ、それぞれの操作に連動して画像が変化する。電気粘性流体 1 0 6 に印加する電界の強さは、画像およびアクセル・ブレーキ操作と連動して、コンピュータ 4 で演算される。コンピュータ 4 は、演算した電界強度に応じて電気粘性流体 1 0 6 に印加する電界を制御し、電気粘性流体 1 0 6 の粘性抵抗を変化させる。この結果、ハンドル 1 1 0 に力学的感覚が呈示されるようになっている。

実施例 1 で用いた、ニュートン流動をする液晶シリコン系の電気粘性流体を用いた場合、ハンドル 1 1 0 を急激に大きく回す際や、緩やかに回し続ける際の感覚の再現性に極めて優れている。一方、ビンガム流動をするイオン交換樹脂粒子系の電気粘性流体を用いた場合、低速で運転する際のハンドルの重い感覚や、細かなハンドルさばきの感覚の再現性に優れている。また、円板 1 1 1 および上部の円板 1 1 2 の間に液晶シリコン系の電気粘性流体を用い、円板 1 1 1 および下部の円板 1 1 3 の間にイオン交換樹脂系の電気粘性流体を用いた場合、上記の操作に合わせて、独立に印加電圧を制御することによって、パッシブな力学的感覚呈示ではあるが、極めて現実の運転状況に近い感覚が得られる。

実施例 3

図 1 0 は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例で使用する、力学的感覚呈示デバイスを示す概念図である。この実施例は、遠隔地の物体をロボッ

ト・グリップで操作する遠隔現実感システムの例であり、図10は、その力学的感覚呈示デバイスの作動原理を示す。

この遠隔現実感システムは、電気粘性流体106を循環液とする油圧システムを駆動系に用い、電気粘性流体106に印加する電界の強さによって、ピストン出力の方向や大きさを制御し、このピストン出力を、操作者側のマニピレータに、力学的感覚として呈示するものである。図10において、電気粘性流体106は、ポンプ114から出て、ホイストンブリッジ115を循環し、容器116に戻るようになっている。

図11は、ホイストンブリッジ115の構成を示す断面図である。ホイストンブリッジ115は、二重円筒型の電極を有する4つの電気粘性流体バルブ117、118、119および120と、ピストン121とから構成されている。これら4つのバルブへの電圧印加を制御することによって、ピストン120を自由に動かすことができる。たとえば、電気粘性流体106を循環させながら、バルブ117と119に電圧を印加し、これらのバルブ部分の電気粘性流体の粘度を増大させて、実質的にバルブを閉状態にするとともに、バルブ118と120には電圧を印加せずに、開状態にすると、ピストン121は上向きに動く。逆に、バルブ117と119の電圧を解除し、バルブ118と120に電圧を印加すると、ピストン121は上向きに動く。このように、印加電界を制御することによって、ピストン121の方向、速度、および出力を自由に調整できる。なお、ピストン121の出力の最大値は、ポンプ114および電気粘性流体106の能力によって決定される。

図12は、ホイストンブリッジ型のピストン121を用いた、力学的感覚呈示デバイスを示す。シリンダ144およびピストンロッド121aの端部には、指サック145が取り付けられている。この力学的感覚呈示デバイスは、図11の力学的感覚呈示デバイス1として、コンピュータ4に接続される。

遠隔地の物体およびロボット5のグリップ部分をカメラ7で監視し、画像呈示装置3に映しながら、グリップに取り付けた圧力センサ6からの信号と、ピストン121の動きとを、コンピュータ4で連動させることにより、遠隔地の物体への接触感を操作者に呈示することができる。

このホイストンブリッジ115は、細いフレキシブルな配管で、コンパクトに作製でき、一つのポンプで、多くのホイストンブリッジに電気粘性流体を供給することが可能である。したがって、この方式によれば、多自由度の動きをする遠隔世界を、より現実的な感覚で呈示する力学的感覚呈示デバイスを、簡便かつコンパクトに作製することができる。本実施例による遠隔現実感システムは、油圧や空気圧を機械的な流体弁で制御する従来システムに較べて、応答性がよく、臨場感に優れた力学的感覚を呈示し、かつ装置を非常にコンパクトに作製できる利点がある。

実施例4

図13は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例4を示す部分断面図であり、本発明をアクティブな力学的感覚を呈示する自動車運転シミュレーションシステムに適用した例である。図9に示す実施例3は、パッシブな力学的感覚を呈示する自動車運転シミュレーションシステムであったが、本実施例は、さらにアクティブな力学的感覚を呈示するようにしたものである。

図13において、ハンドル110の回転軸122には、円筒電極123を取り付けた上下2個の円板124が固定されており、回転軸122は、上下2カ所のベアリング125で支持されている。また、回転軸122には、リング状の深溝126を設けた上下2個のフランジ127が、ベアリング125aを介して、回転自在に取り付けられている。各円筒電極123は、フランジ127の深溝126に、この深溝126の内壁面と1.0mmの間隙を保持した状態で、それぞれ

回転自在に挿入されている。また、各フランジ127は、ベルト128を介してモータ129に接続され、反対方向に同一速度で回転するようになっている。

電気粘性流体106は、深溝126と円筒電極123との間隙に所定量注入されており、上下の円筒電極123には、それぞれ独立に電圧が印加できるようになっている。また、回転軸122の下端には、ハンドル110の位置および動きを、角度および回転加速度の形で検出する、加速度センサ2が取り付けられている。

いま、円筒電極123には電圧を印加しない状態で、モータ129によって上下のフランジ127を同一速度で回転させると、上下の円筒電極123には、同じ大きさで反対方向の回転力が発生し、ハンドル110には何の回転力も伝わらない。次に、上の円筒電極123にのみ電圧を印加すると、上の深溝126に注入された電気粘性流体106の粘性が増大し、ハンドル110は、その粘性増大に比例した力で回転する。逆に、下の円筒電極123にのみ電圧を印加すると、ハンドル110は、反対方向に回転する。

このように、上下の円筒電極123に印加する電圧を制御することによって、ハンドル110の回転方向や回転力を自由に調整できる。特に、円筒電極123やフランジ127の材質を軽くすることによって、慣性力を小さくできるため、ハンドル110に、所望の加速度をもった回転力や、所望の周波数をもった振動を、発生させることも可能となる。

この仮想現実感システムによれば、センサ2からの信号、および運転シミュレーションの画像呈示装置3へ供給する信号を基に、力学的感覚呈示デバイス1に印加する電圧をコンピュータ4で演算し、演算された電圧が円筒電極123に供給され、力学的感覚を操作者に呈示する。これによって、実施例3の自動車運転シミュレーションシステムよりも、より現実性の高い力学的感覚を、操作者に呈示することができる。なお、画像呈示装置3の画像は、コンピュータグラフィック

スによる画像であり、アクセルやブレーキなどのセンサからの信号にも応答して動く。

実施例 5

図 1 4 および 1 5 は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例 5 を示す図であり、図 1 4 は、X Y 平面での力学的感覚を呈示できる力学的感覚呈示デバイス 1 を示す斜視図、図 1 5 は、この力学的感覚呈示デバイス 1 を使用した仮想現実感システムを示すブロック図である。本実施例による力学的感覚呈示デバイス 1 は、図 1 3 のハンドル 1 1 0 の代わりに、プーリ 1 3 1 を取り付けた装置を 2 台用いた、平行リンクの形態をとっている。

図 1 4 および 1 5 において、符号 1 3 2 は、電気粘性流体 1 0 6 の注入された電気粘性流体部であり、この部分の構成は、図 1 3 の対応部分と同様の構成となっている。すなわち、フランジ 1 2 7 に形成された深溝 1 2 6 に円筒電極 1 2 3 を挿入し、その間に電気粘性流体 1 2 6 を注入した構成となっている。したがって、電気粘性流体部 1 3 2 は、それに印加される電圧に応じて、モータ 1 2 9 の出力トルクを変化させて、プーリ 1 3 1 に伝達する。

平行リンク（平行 4 辺形を形成）の 4 本のフレームの内、隣接する 2 本のフレーム 1 3 3 および 1 3 4 には、プーリ 1 3 1 a および 1 3 1 b が、それぞれ取り付けられている。これらのプーリ 1 3 1 a および 1 3 1 b は、ベルト 1 2 8 を介して別個のプーリ 1 3 1 に接続され、それらの回転力を平行リンクの隣接フレーム 1 3 3 および 1 3 4 に、それぞれ伝達する。フレーム 1 3 3 および 1 3 4 は、同心 2 重回転軸 1 3 5 に、回転自在に固定されている。また平行リンクの 4 本のフレームは、相互に回転自在に取り付けられており、回転軸 1 3 5 に対向する位置には、レバー 1 3 6 が取り付けられている。したがって、プーリ 1 3 1 から回転力が伝達されない場合には、レバー 1 3 6 は、フレームの長さの範囲で、回転

軸 135 の周りの X Y 平面を自由に移動することができる。

一方、電気粘性流体部 132 の双方、またはいずれか一方のプーリ 131 から、平行リンクのプーリ 131 a および / または 131 b に回転力が伝達されると、それに従ってフレーム 133 および / または 134 が回転し、レバー 136 に力が伝達されるとともに、レバー 136 の位置は移動する。

センサ 2 は、回転軸 135 を中心とする、フレーム 133 および 134 の角度および角加速度を検出し、これらに基づいて、フレーム 133 および 134 の位置や移動速度を出力する。

このような構成において、2 台のモータ 129 を一定速度で回転させながら、レバー 136 の位置や動きに従って、コンピュータ 4 で演算される電圧を電気粘性流体部 132 に印加することによって、レバー 136 に伝達される力の大きさや方向を制御できる。

例えば、レバー 136 を、画像呈示装置 3 に映し出された仮想の室内ドアのノブとし、このドアを開閉させた時の力学的感覚を、レバー 136 を通して呈示することができる。すなわち、ドアの動きに従った微妙な力学的感覚や、ドアが壁に突きあたった際の振動などに対応するデータを、予めコンピュータ 4 に組み込んでおき、コンピュータ 4 による演算処理によって設定された電圧を、電気粘性流体部 132 に印加すればよい。

実施例 6

図 16 ~ 18 は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例 6 を示す図であり、図 16 は、力学的感覚呈示デバイス 1 を中心とした全体構成を示し、図 17 は、平行板電極 139 を示し、図 18 は、5 本の指で仮想物体 9 を把持するときの状態を示している。この実施例は、柔らかい仮想物体 9 を持った際に、指にかかる力を、力学的感覚呈示デバイス 1 を通して、操作者に呈示するもので

ある。この力学的感覚呈示デバイス 1 も、電気粘性流体へ印加する電界強度を制御して、その粘性を変化させ、力学的感覚を呈示するものである。

これらの図において、各指には、電極ユニット 150 が装着されている。電極ユニット 150 は、金属フィルム電極 138 と金属平行板電極 139 とを有している。金属フィルム電極 138 の一端は、金属絶縁部 137 を介して、指の背部に取り付けられており、他端側は、平行板電極 139 の間隙の中央部に深く挿入されている。平行板電極 139 は、その表面に絶縁性の薄い合成繊維の不織布が貼られ、これがスペーサ 105 となっている。スペーサ 105 は、金属フィルム電極 138 と平行板電極 139 との間を絶縁するとともに、それらの間隔を一定に保っている。また、金属フィルム電極 138 と平行板電極 139 との間の間隙には、電気粘性流体 106 が充填されている。

各金属フィルム電極 138 と平行板電極 139 との間には、コンピュータ 4 で演算された電圧がそれぞれ独立に供給され、電気粘性流体 106 に印加される電界強度を制御する。また、指の動きを位置センサ 2 で検知し、その出力信号をコンピュータ 4 にフィードバックする。

このような構成において、指の動きに合わせてコンピュータ 4 で演算された電圧が、電極 138 および 139 に印加されることにより、画像呈示装置 3 にコンピュータグラフィックで形成された仮想物体 9 を握る際の力学的感覚を、操作者に呈示することができる。

この方法では、アクティブな力学的感覚の呈示は難しいが、簡単な機構で、上下方向、左右方向、および紙面に垂直な軸まわりの、計 3 つの自由度を持たせることができる。また指に作用する力、すなわち呈示力は、指の腹の部分の法線方向に作用する。従来のマニピュレータ型の呈示装置で、所望の呈示力を発生させるためには、変換行列を用いて各アクチュエータを個別に制御しなければならず、極めて煩雑なシステムとなる。本実施例の力学的感覚呈示デバイスは、金属フィ

ルム電極 138 が指に対して直角に保持されていることから、流動抵抗力と呈示力の方向がほぼ一致しているため、特別な制御を必要とせず、複雑な形状の物体でも、様々な把持形態でもった感覚をうまく呈示することができる。

実施例 7

図 19 は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例 7 で用いる力学的感覚呈示デバイスを示す。図において、電極ユニット 150 は、金属フィルム電極 138 と、平行板電極 139 と、それらの間隙に封入された電気粘性流体 106 とを有している。各金属フィルム電極 138 には、指の近傍部分に力感センサ（歪みセンサ）2 が取り付けられている。また、電極ユニット 150 の手首側には、モータ 129 が取り付けられている。

このような構成において、力感センサ 2 からの情報に基づき、電気粘性流体 106 への印加電界、および平行板電極 139 の動きをフィードバック制御することによって、アクティブな力学的感覚の呈示を実現することができる。多くの場合、指で握った仮想物体 9 のアクティブな感覚は、指を開く方向での呈示が主であるため、モータ 129 の自由度は 1 本の指について 1 自由度でも、多くの状態を呈示することができる。

上述した実施例 6 の問題点として、指を曲げて行くに連れて、金属フィルム電極 138 が平行板電極 139 から徐々に抜け出し、電極の有効面積が減少することがあげられる。それを改良するためには、金属フィルム電極 138 の長さを測定して、電気粘性流体 106 に印加する電界強度を刻々調整することや、金属フィルム電極 138 の長さを、極めて大きく設定することが必要である。本実施例は、電極ユニット 150 をモータ 129 によって移動できるため、この問題を解決することが可能である。例えば、金属フィルム電極 138 に取り付けられた位置センサ 2b によって指の曲げ量を検出し、モータ 129 で電極ユニット 150 の

位置を変化させることによって、有効電極面積をできるだけ広くかつ一定に近くように制御することが可能である。なお、このような位置センサ 2 b としては、LED を使用することができる。

実施例 8

図 20 は、本発明によるトレイグジスタンスシステムの実施例 8 を示す図である。この実施例 8 は、仮想現実感システムを釣りゲームに適用した例である。

操作者は、釣竿 4 2 の操作により、画像呈示装置 3 に映し出された目標の魚の口元に針先を運ぶ。この場合、画像呈示装置 3 の画像と針先とは、コンピュータ 4 によって連動している。すなわち、針先がうまく口元に運ばれば、魚が食い付き、その魚に合わせた、アタリや引きの手ごたえが得られるように、コンピュータ 4 には、データベースおよびプログラムが内蔵されている。

電気粘性流体を用いた力学的感覚呈示デバイス 1 と張力センサ 2 とにより、魚の種類や大きさに合わせた手ごたえを、短かな剛直の釣竿でも、現実感をもって呈示することができる。例えば、2 枚の平行な回転円板電極間に電気粘性流体を封入し、この電気粘性流体に印加する電界強度を制御することによって、伝達トルクを変化させ張力を調整する力学的感覚呈示デバイスを用いればよい。

産業上の利用可能性

本発明は、コンピュータにより作り出された画像（仮想世界）や、ロボットなどを媒体とした実際に存在する遠隔地の世界（遠隔世界）と、電気粘性流体の流動抵抗とを実時間で連動させて、操作者に対する力学的感覚の呈示を行なうシステムであり、簡便かつコンパクトに、多自由度の動きを現実に近い感覚で呈示することができる。いわゆる仮想現実（バーチャルリアリティ）や遠隔現実（テレリアリティ）のシステムとして、デザイン、教育、訓練、娯楽、危険作業、微

細／超微細作業などの分野に応用することができる。例えば、娯楽分野では、スキー、釣り、空中飛行、海中遊泳、ゴルフ、野球、サイクリングなど、訓練分野では、自動車運転、宇宙作業など、教育分野では、熟練作業の規格・標準化など、危険作業や微細作業の分野では、核物質処理作業、深海作業、微細なものの加工・組立・処理などの作業、医療分野では、筋力などの機能回復、カメラ監視下の手術など、デザイン分野では、機器類や住宅室内調度品の操作性の設計などがあげられる。また、高速のネットワークを利用したマルチメディアの基盤技術の一つとして、本発明の力学的感覚呈示デバイスは、マウスやキーボード、ディスプレイやスピーカと同等な情報端末の入出力デバイスとして、従来の文字、画像、音声などの情報の伝達に加え、触れる、握る、撫でるなどの体性感覚に関する情報の伝達を可能とする。

請求の範囲

1. 画像の形で与えられた環境への、操作者の行動に応答して、力学的感覚を前記操作者に呈示するトレイグジスタンスシステムであって、

与えられた画像信号に基づいて前記画像を表示する画像呈示装置と、

前記力学的感覚に対応する力覚信号を発生するコンピュータと、

前記力覚信号に基づいて電気粘性流体の流動抵抗を電氣的に変化させる制御手段と、前記流動抵抗によって制御された力を前記操作者に及ぼす力覚付与手段とを有する力学的感覚呈示デバイスと

を具備することを特徴とするトレイグジスタンスシステム。

2. 前記トレイグジスタンスシステムは、さらに、前記力学的感覚呈示デバイスの力学的諸量を検知するセンサを有し、該センサの出力信号が前記コンピュータにフィードバックされ、前記コンピュータは、前記センサの出力信号によって、前記力学的感覚呈示デバイスおよび前記画像呈示装置の少なくとも一方を制御することを特徴とする請求の範囲第1項に記載のトレイグジスタンスシステム。

3. 前記力学的感覚呈示デバイスは、さらに、前記力覚付与手段を駆動する駆動系を有することを特徴とする請求の範囲第2項に記載のトレイグジスタンスシステム。

4. 画像の形で与えられた前記環境が遠隔世界であり、該遠隔世界を撮像し前記画像信号を出力する撮像手段と、該遠隔世界の力学的作用を検出し、その出力信号を前記コンピュータにフィードバックする遠隔世界センサとを具備し、

前記コンピュータは、前記撮像手段から出力された前記画像信号および前記

遠隔世界センサの出力信号の少なくとも一方に基いて、前記力覚信号を発生し、前記力学的感覚呈示デバイスに供給することを特徴とする請求の範囲第1項ないし第3項のいずれかの項に記載のトレイグジスタンスシステム。

5. 画像の形で与えられた前記環境が仮想世界であり、前記コンピュータは、該仮想世界の画像を予め格納しており、前記仮想世界の画像に基いて前記画像信号を前記画像呈示装置に供給するとともに、前記仮想世界の画像に基いて前記力覚信号を前記力学的感覚呈示デバイスに供給することを特徴とする請求の範囲第1項ないし第3項のいずれかの項に記載のトレイグジスタンスシステム。

6. 前記電気粘性流体は、電界印加時にビンガム流動を示す電気粘性流体であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のトレイグジスタンスシステム。

7. 前記電気粘性流体は、電界印加時にニュートン流動を示す電気粘性流体であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のトレイグジスタンスシステム。

8. 前記電気粘性流体は、電界印加時にニュートン流動を示す電気粘性流体とビンガム流動を示す電気粘性流体の双方であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のトレイグジスタンスシステム。

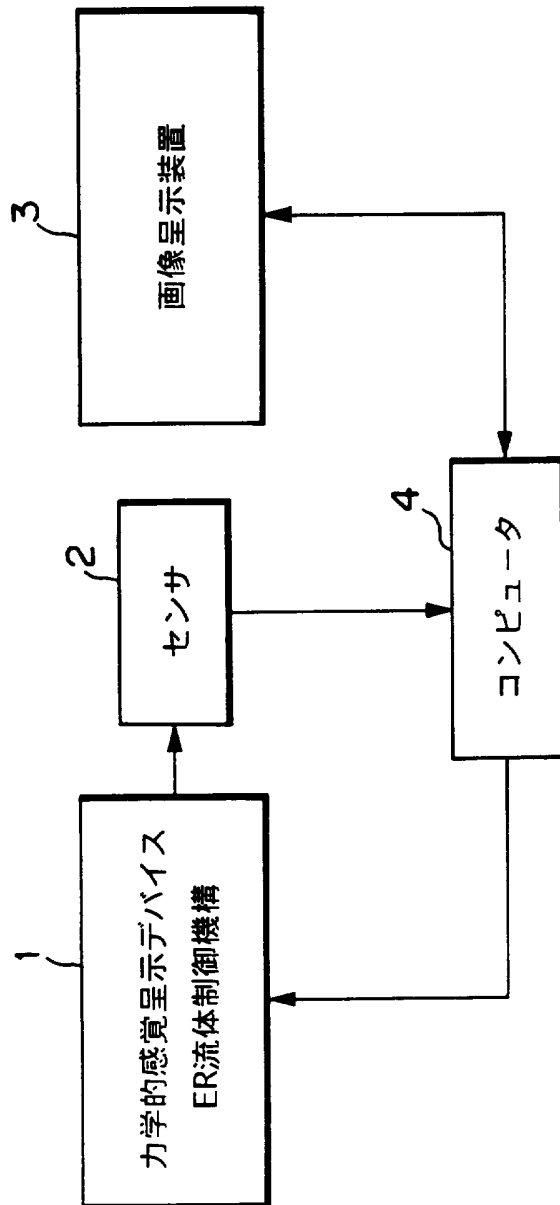


FIG. 1

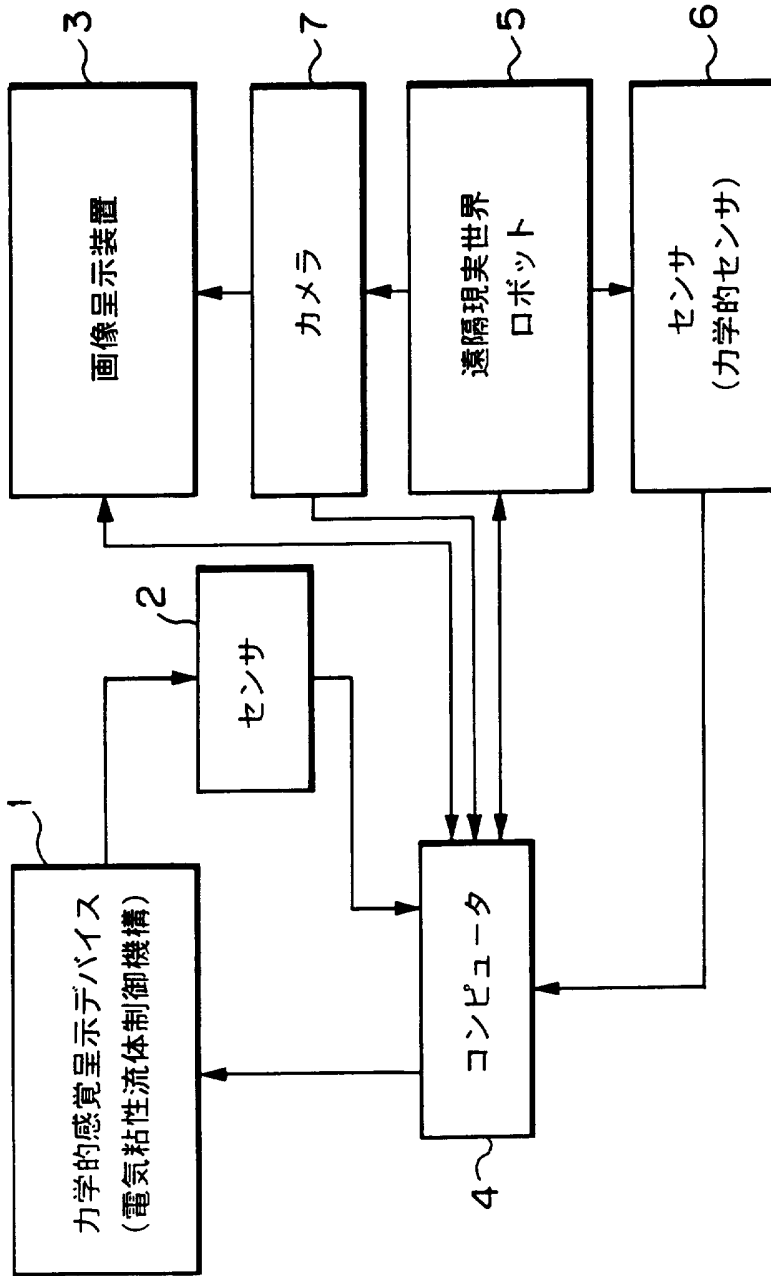
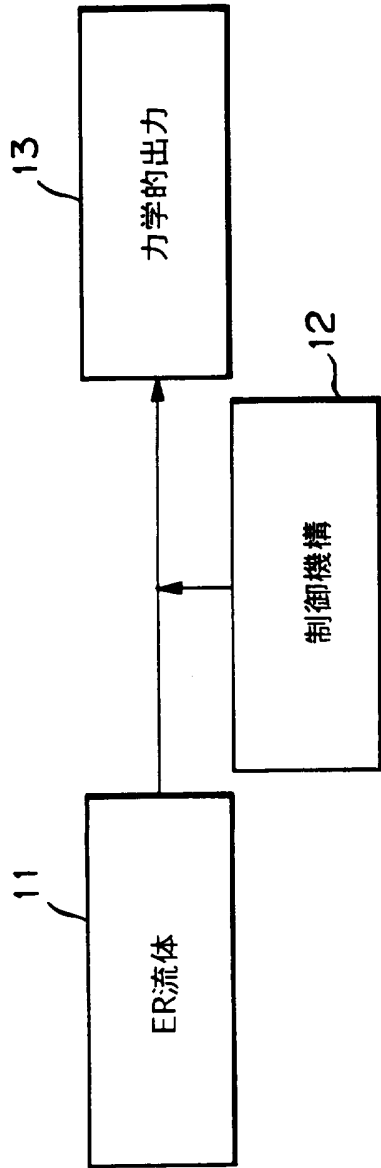
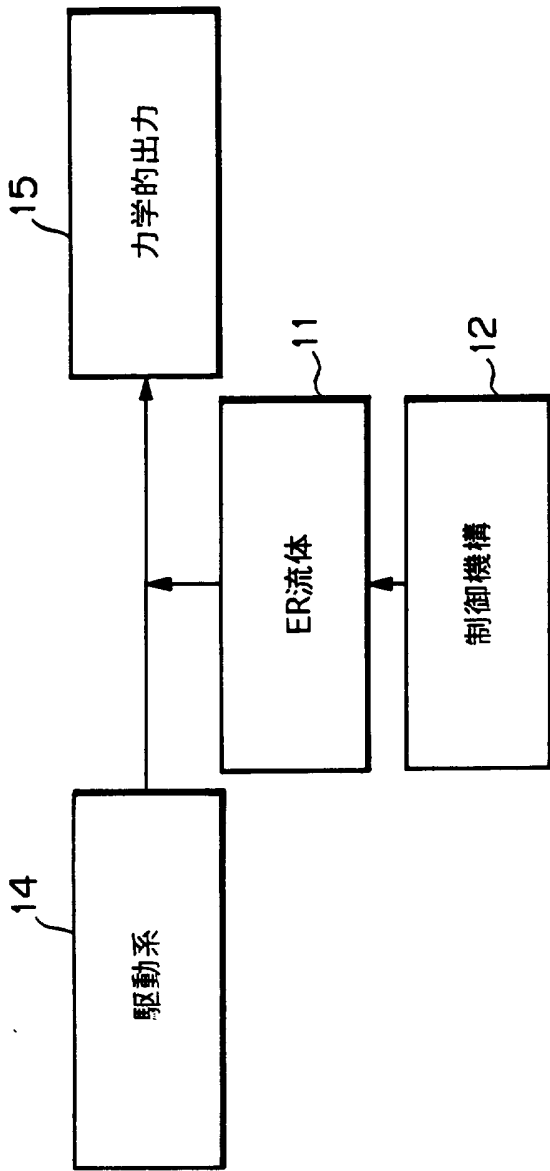


FIG.2



パッシング
FIG.3



アクティブ
FIG.4

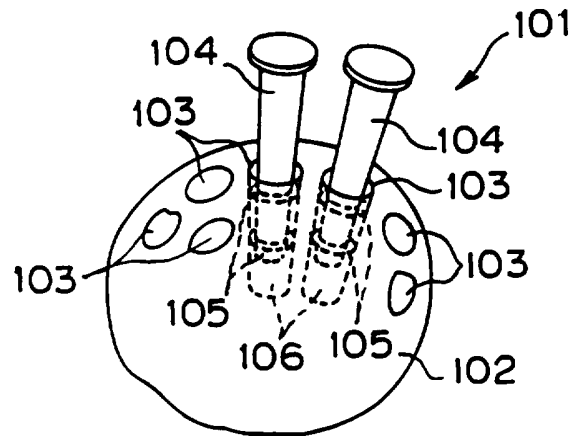


FIG. 5

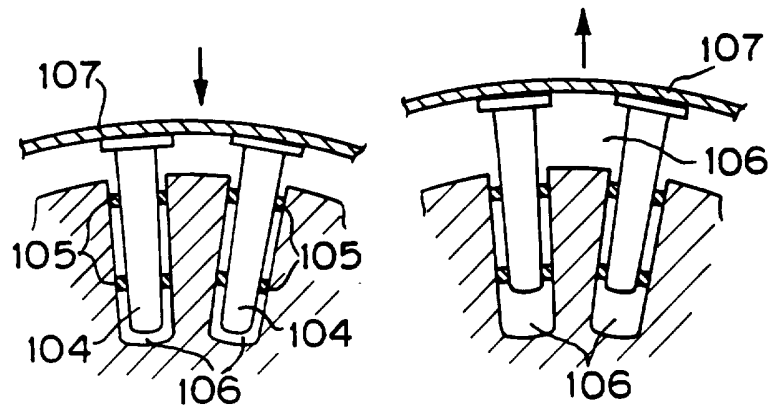


FIG. 6

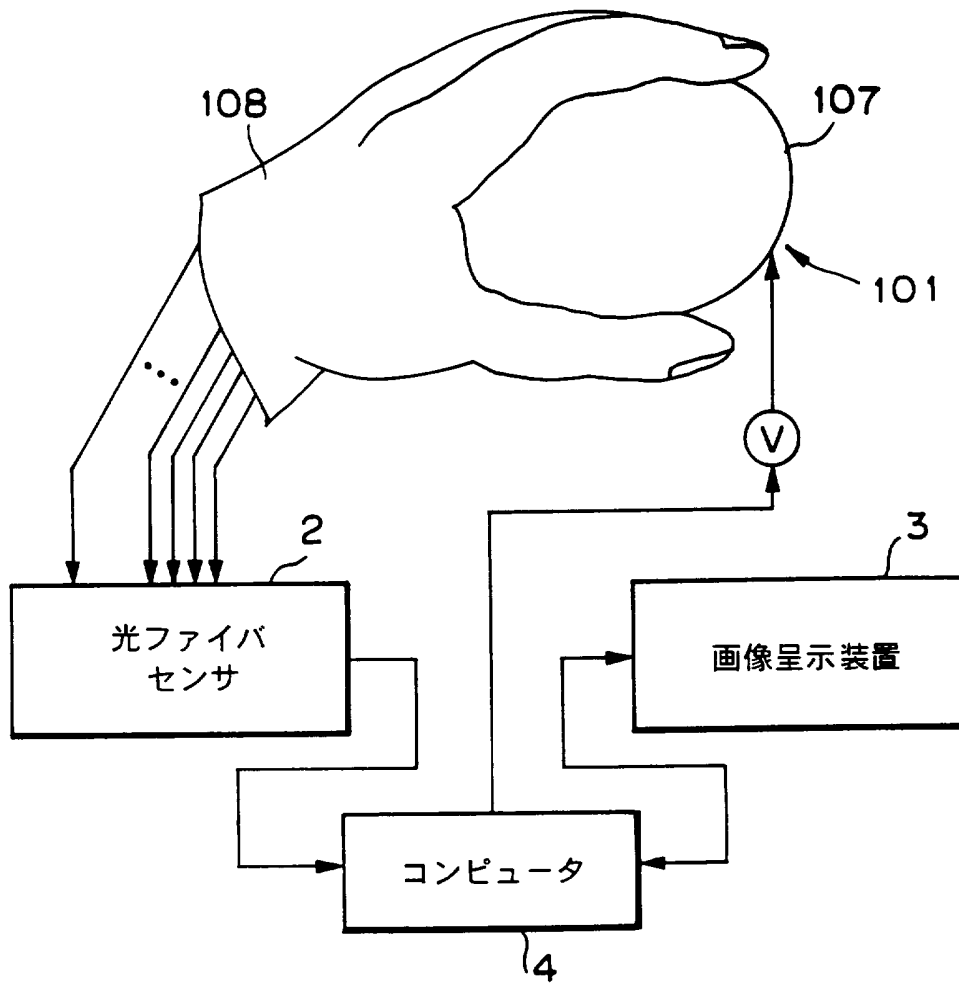


FIG. 7

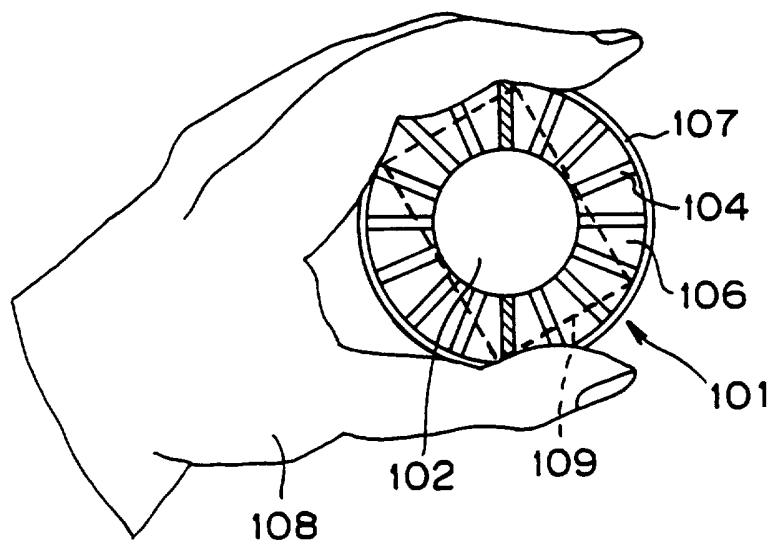


FIG. 8

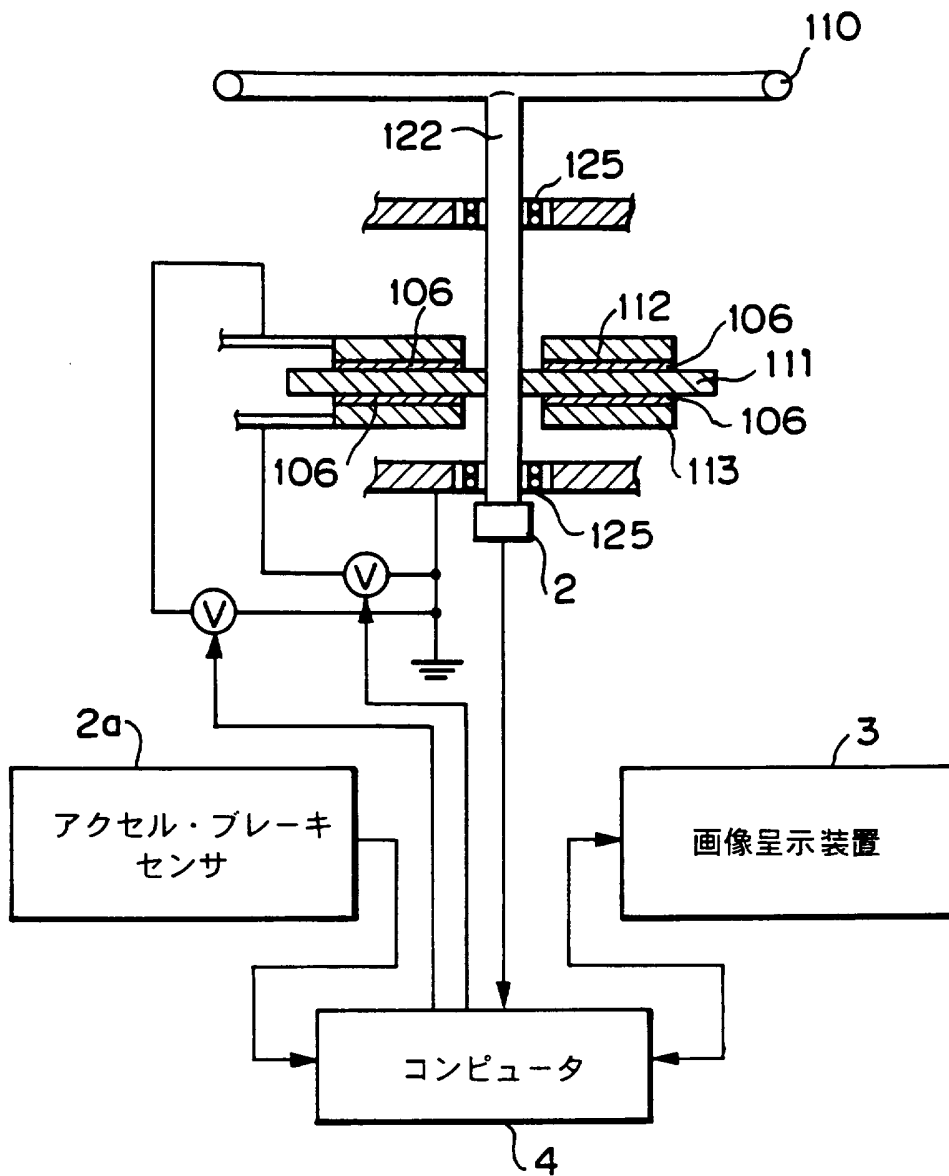


FIG. 9

FIG. 10

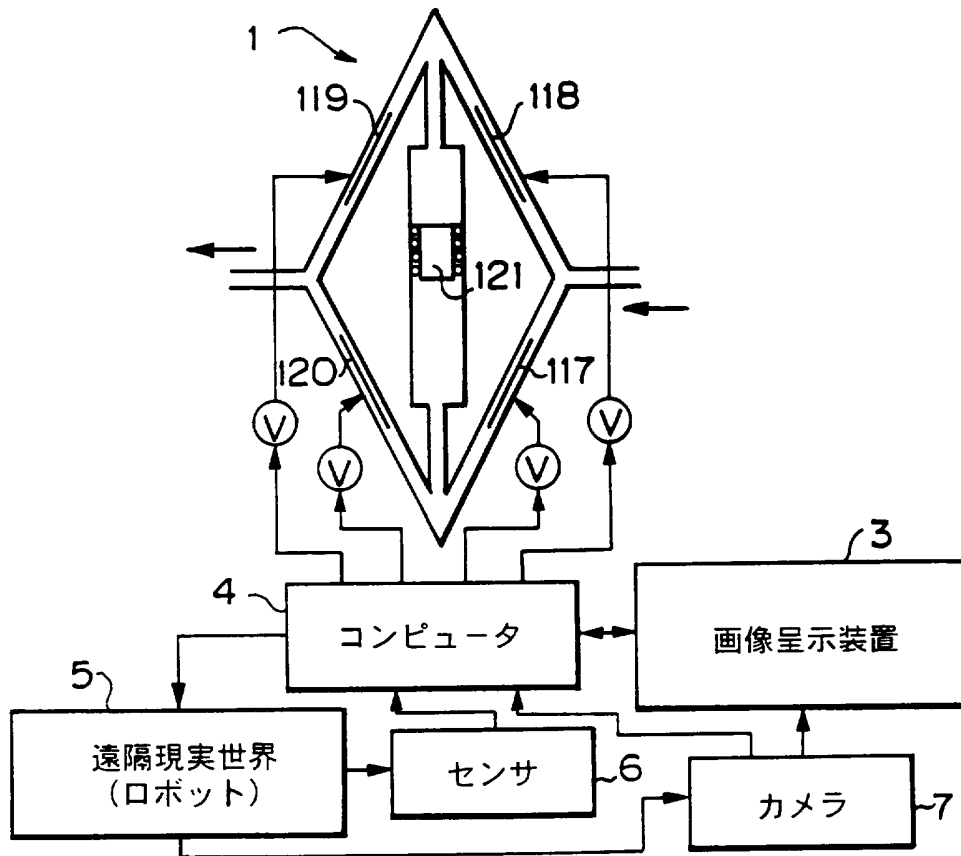
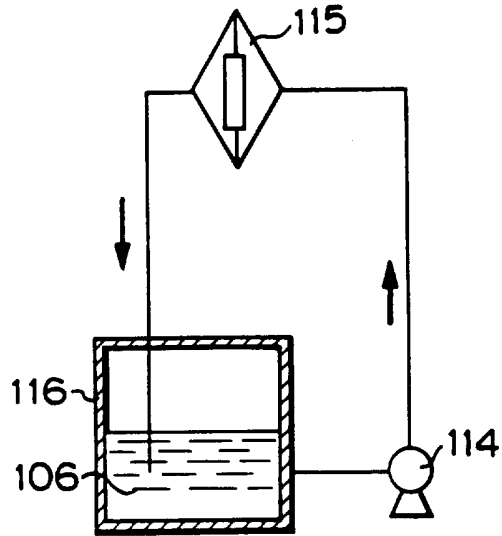


FIG. 11

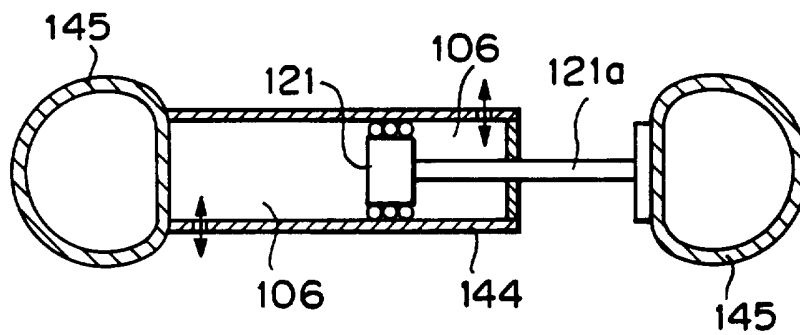


FIG. 12

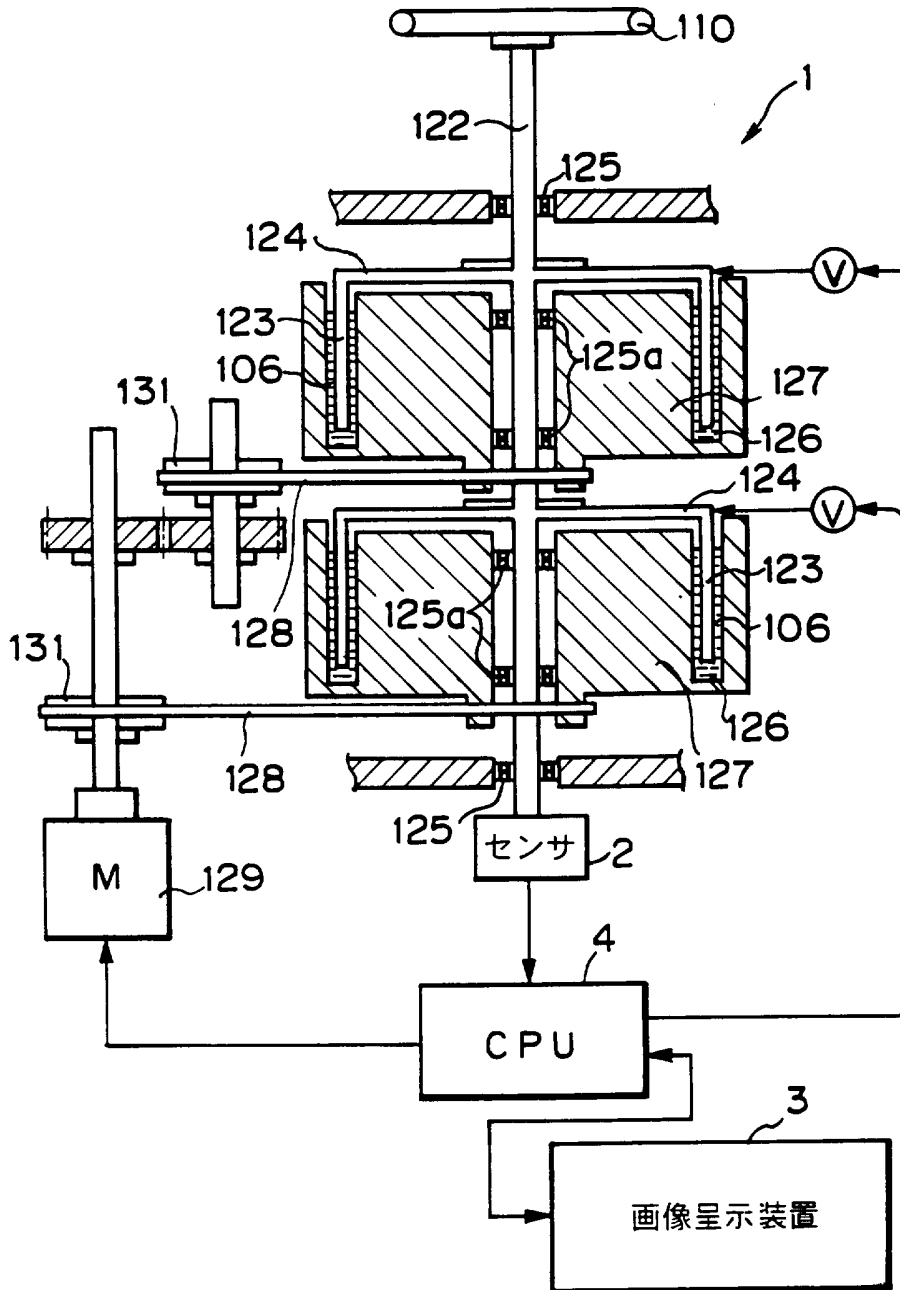


FIG. 13

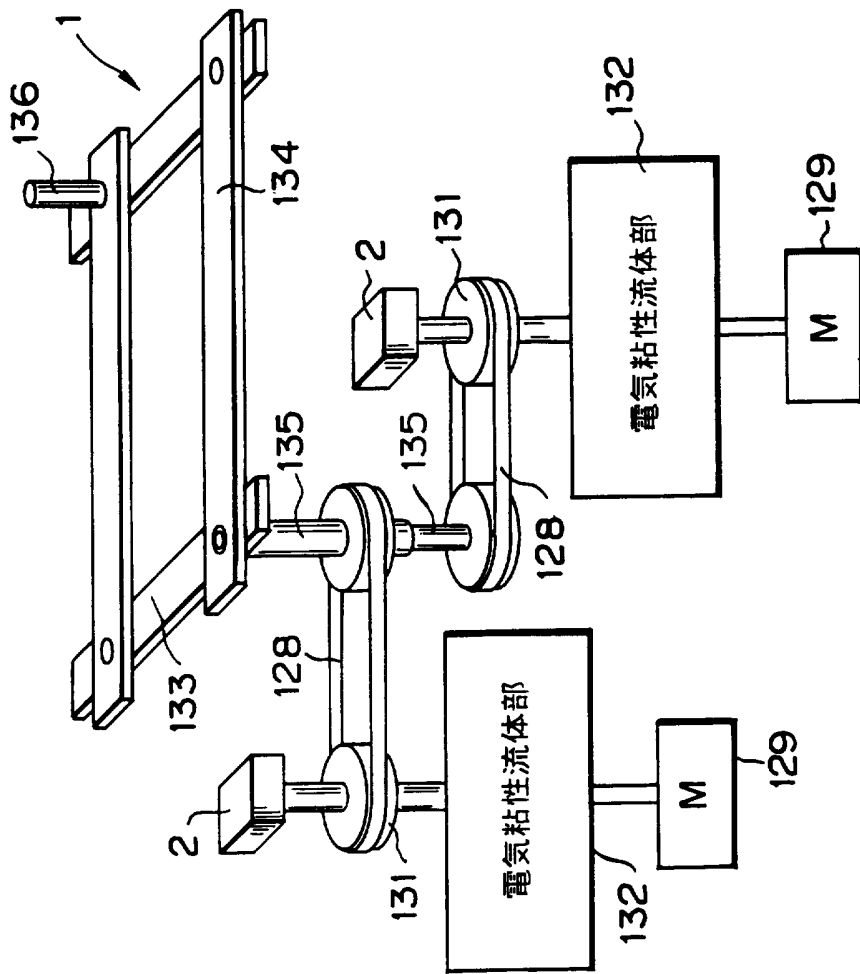


FIG. 14

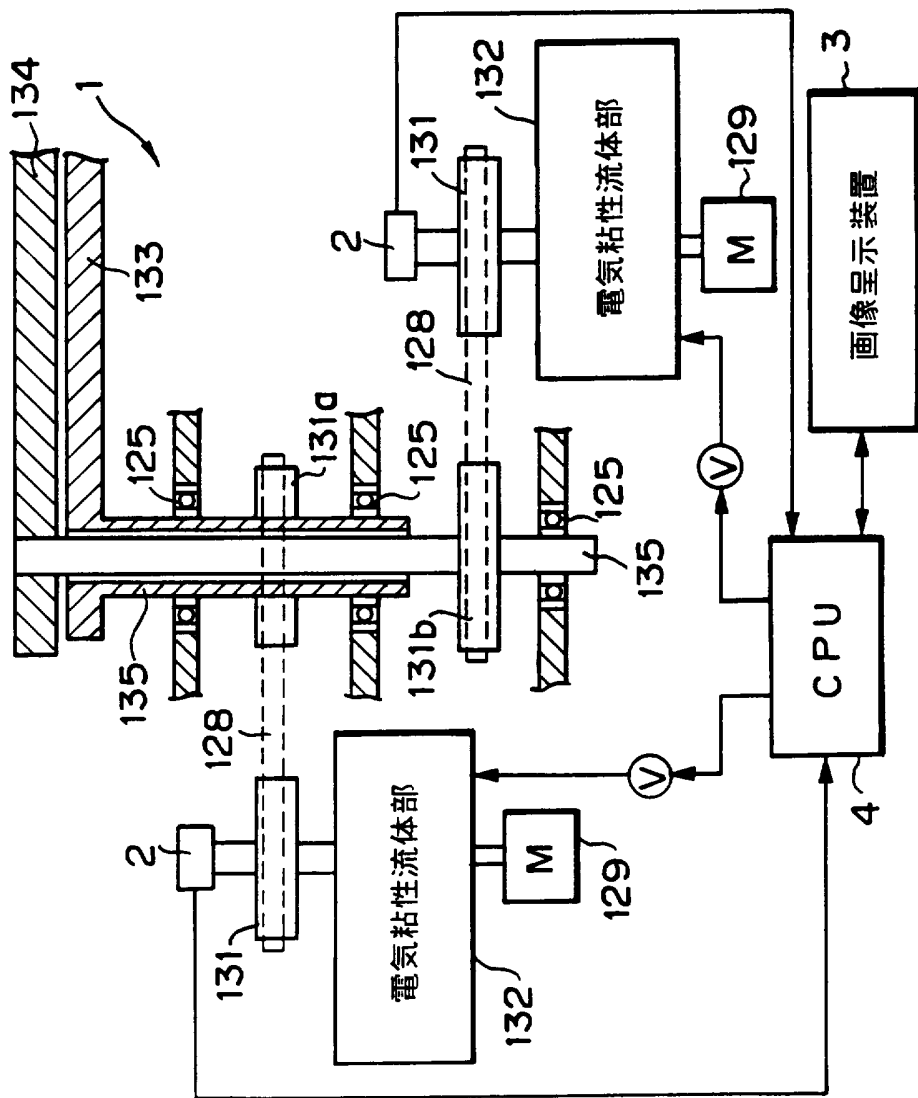


FIG. 15

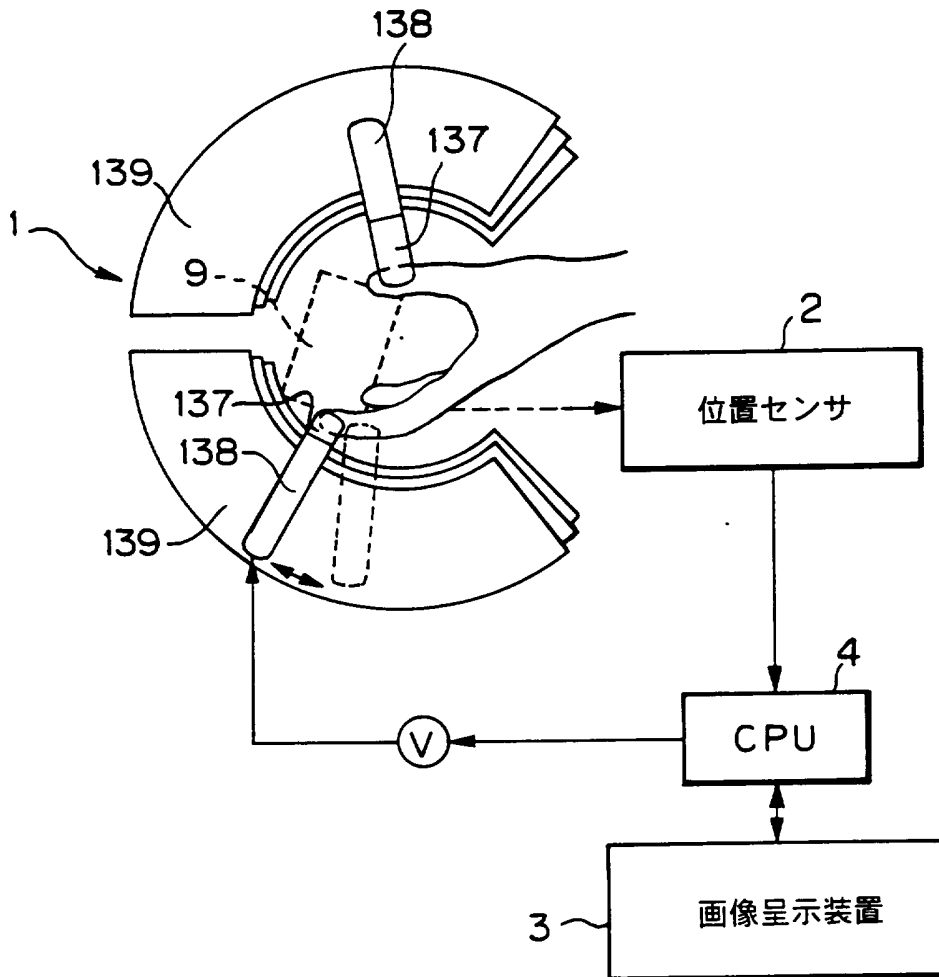


FIG. 16

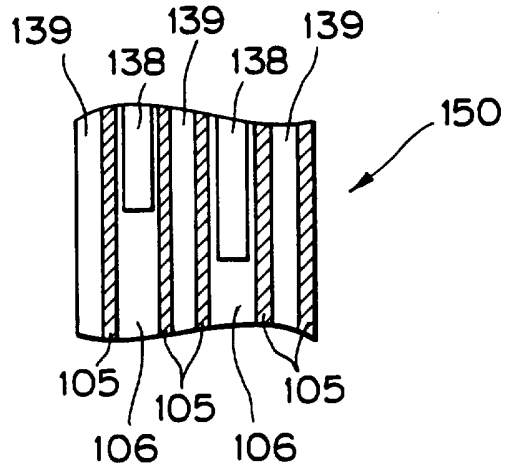


FIG. 17

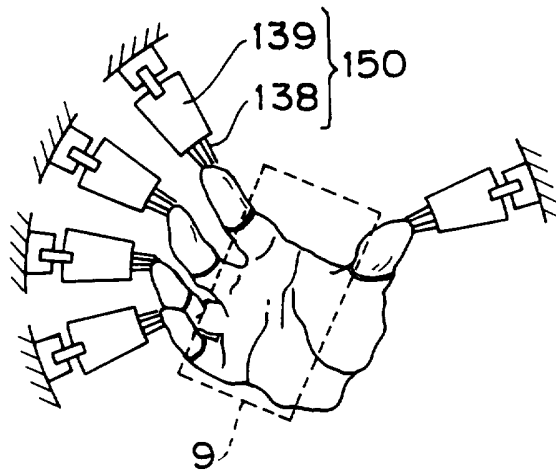


FIG. 18

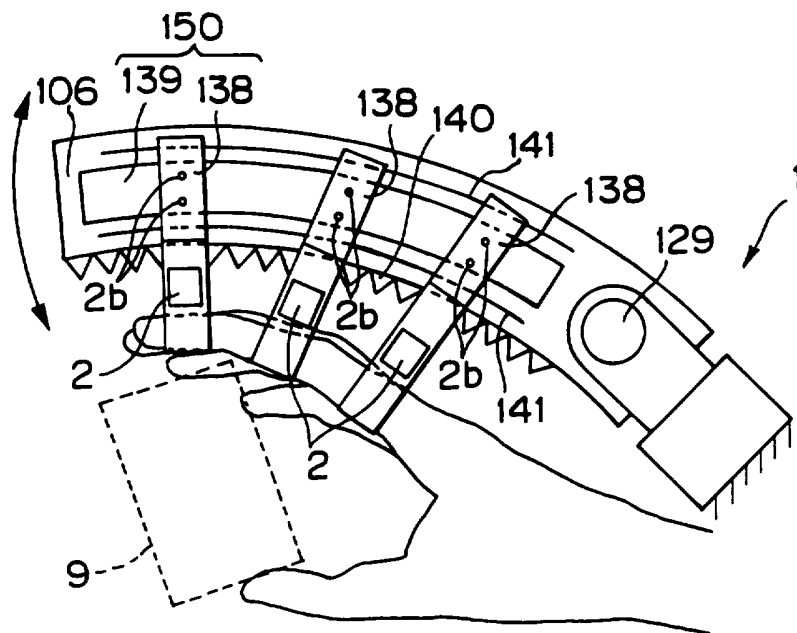


FIG. 19

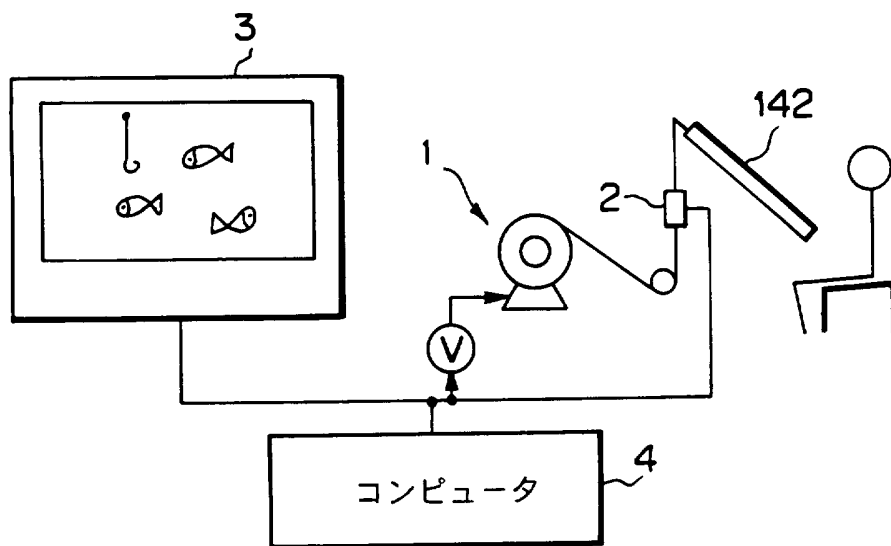


FIG. 20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/01426

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ G06F17/00

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)

Int. Cl⁶ G06F17/00, G06F3/033

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

Jitsuyo Shinan Koho 1925 - 1995

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1995

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>A</u>	JP, 5-333171, A (Sony Corp.), December 17, 1993 (17. 12. 93) (Family: none)	<u>1, 2, 5</u>
<u>A</u>	Tate "Teleexistence" Measurement and Control, Vol. 30, No. 6, 1991, p.465 - p.471	<u>1 - 5</u>
<u>A</u>	Makoto Sato "Force Display" Journal of Television Society, Vol. 46, No. 6, 1992, p.681 - p.684	<u>1-3, 5</u>
<u>A</u>	Makoto Sato, Yukihiro Hirata, Hiroshi Kawaharada "Interface Device for a Virtual Work Space -SPIDAR-" Technical Research Report of IEICE, PRU89-88, 1989	<u>1-3, 5</u>
<u>PA</u>	JP, 6-274226, A (Asahi Chemical Industry Co., Ltd.), September 30, 1994 (30. 09. 94) (Family: none)	<u>6 - 8</u>

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family 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
September 27, 1995 (27. 09. 95)Date of mailing of the international search report
October 9, 1995 (09. 10. 95)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. ⁸ G06F17/00		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. ⁸ G06F17/00, G06F3/033		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1925-1995年 日本国公開実用新案公報 1971-1995年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>A</u>	JP, 5-333171, A (ソニー株式会社), 17. 12月, 1993 (17. 12. 93) (ファミリーなし)	<u>1, 2, 5</u>
<u>A</u>	館 「レイグジスタンス」 計測と制御, VOL. 30, NO. 6, 1991, p. 465-p. 471	<u>1-5</u>
<u>A</u>	佐藤 誠 「フォース ディスプレイ」	<u>1-3, 5</u>
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
27. 09. 95	09.10.95	
名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	5 L 9 1 9 0
日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	酒井 恭 信 氏 印	
	電話番号 03-3581-1101 内線	3561

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	<p>テレビジョン学会誌 . VOL. 46 . NO. 6 . 1992 . p. 681 - p. 684</p>	
<u>A</u>	<p>佐藤 誠, 平田幸広, 河原田 弘 「仮想作業空間のための インタフェースデバイス—SPIDAR—」 電子情報通信学会技術研究報告, PRU 89-88, 1989</p>	<u>1-3, 5</u>
<u>PA</u>	<p>JP, 6-274226, A (旭化成工業株式会社), 30. 9月, 1994 (30. 09. 94) (ファミリーなし)</p>	<u>6-8</u>