

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年6月11日(11.06.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/083473 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 1/00 (2006.01) *G02B 23/24* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/079233
- (22) 国際出願日: 2014年11月4日(04.11.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-250454 2013年12月3日(03.12.2013) JP
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷二丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松木 薫(MATSUKI Kaoru); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷二丁目4番2号オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 近藤 雄(KONDO Yu).
- (74) 代理人: 伊藤 進(ITO Susumu); 〒1600023 東京都新宿区西新宿七丁目4番4号 武蔵ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

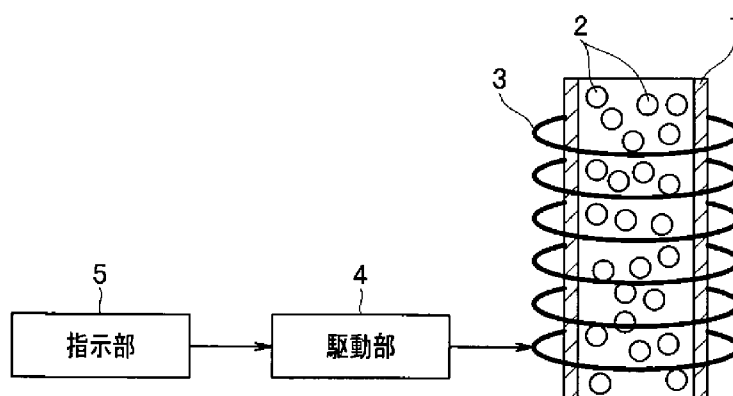
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: VARIABLE RIGIDITY ACTUATOR

(54) 発明の名称: 硬度可変アクチュエータ

[図1]



4 Drive unit
5 Instruction unit

(57) Abstract: A variable rigidity actuator is provided with: a flexible tube member (1); a plurality of magnetic powders (2) that are used to fill the interior of the tube member (1); a coil (3) that is wound around the outer periphery of the tube member (1) so as to surround the magnetic powders (2); a drive unit that supplies electrical current to the coil (3); and an instruction unit (5) that issues an instruction for supplying electrical current to the drive unit (4). The coil (3) uses the current that is supplied from the drive unit (4) to generate a magnetic field in accordance with an instruction from the instruction unit (5) and the plurality of magnetic powders (2) spontaneously magnetize, are magnetically coupled to one another, and become rigid.

(57) 要約: 可撓性のチューブ部材 (1) と、チューブ部材 (1) の内部に充填された複数の磁性粉体 (2) と、磁性粉体 (2) を取り囲むようにチューブ部材 (1) の外周に巻回されたコイル (3) と、コイル (3) に電流を供給する駆動部 (4) と、駆動部 (4) から指示部 (5) への指示に応じて駆動部 (4) が電流を供給させる指示を行う指示部 (5) と、を備え、指示部 (5) から供給された電流によりコイル (3) が磁界を発生し、複数の磁性粉体 (2) が自発磁化を生じて互いに磁氣的に結合し硬化する硬度可変アクチュエータ。

に電流を供給させる指示を行う指示部 (5) と、を備え、指示部 (5) から供給された電流によりコイル (3) が磁界を発生し、複数の磁性粉体 (2) が自発磁化を生じて互いに磁氣的に結合し硬化する硬度可変アクチュエータ。

WO 2015/083473 A1

明 細 書

発明の名称： 硬度可変アクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、曲げ力に対する剛性を変化させることができる硬度可変アクチュエータに関する。

背景技術

[0002] 例えば、複雑な形状をもつ管腔内にチューブを挿入する場合に、チューブが軟性であると、管腔の曲がり形状部にチューブが突き当たったときに変形を生じてその位置にとどまり、それ以上は管腔の奥にチューブを挿入することが困難となる。

[0003] そこで、曲げ力に対する部材の剛性を変化させることができる硬度可変アクチュエータが従来より提案されており、一例としては内視鏡の分野において挿入性を向上するために利用されている。

[0004] このような硬度可変アクチュエータの一例として、例えば日本国特許第5 1 2 4 6 2 9号公報には、密着コイルばねの先端に取り付けたワイヤを牽引することにより密着コイルばねの圧縮状態を変化させて、硬度を変化させる硬度調整装置が記載されている。さらに、該公報には、ワイヤを牽引する際の操作に大きな力を要する点を考慮して、ワイヤ牽引機構に弾性体を設けることにより力の軽減を図る技術が記載されている。具体的には、弾性体としてねじりばねやゼンマイばねを用いて、牽引に必要な牽引トルクをマイナス側へシフトさせるものとなっているが、牽引トルクがマイナスとなる部分も生じてしまうために、ウォームギヤーおよびウォームホイールの組み合わせを用いることにより、マイナスの牽引力が作用するのを係止するようにしている。

[0005] しかしながら、上記日本国特許第5 1 2 4 6 2 9号公報に記載の技術であっても、牽引量が大きくなるに従って牽引トルクが大きくなる基本的な構造に変化はなく、硬度を変化させるための操作力量が何割か減少するだけに止

まり、依然として小さくない操作力量が必要であった。

[0006] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、硬度を変化させる操作を力量に依存することなく軽快に行うことができる硬度可変アクチュエータを提供することを目的としている。

発明の開示

課題を解決するための手段

[0007] 本発明のある態様による硬度可変アクチュエータは、可撓性を有するチューブ部材と、前記チューブ部材の内部に充填された複数の磁性体と、前記磁性体を取り囲むように前記チューブ部材の外周に巻回されたコイルと、前記コイルに電流を供給する駆動部と、前記駆動部に電流を供給させる指示を行う指示部と、を具備し、前記指示部からの指示に応じて前記駆動部から供給された電流により前記コイルが磁界を発生し、複数の前記磁性体が自発磁化を生じて互いに磁氣的に結合し硬化する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の実施形態1における硬度可変アクチュエータの構成を示す図。

[図2]上記実施形態1において、硬化させたときの硬度可変アクチュエータの状態を示す図。

[図3]上記実施形態1において、印加電流を変化させたときの硬度可変アクチュエータの硬度の変化の様子を示すタイムチャート。

[図4]上記実施形態1における硬度可変アクチュエータの変形例の構成を示す図。

[図5]本発明の実施形態2において、硬化させていないときの硬度可変アクチュエータの状態を示す図。

[図6]上記実施形態2において、硬化させたときの硬度可変アクチュエータの状態を示す図。

[図7]本発明の実施形態3において、硬化させていないときの硬度可変アクチュエータの状態を示す図。

[図8]上記実施形態3において、硬化させたときの硬度可変アクチュエータの

状態を示す図。

[図9]上記実施形態3における硬度可変アクチュエータの変形例の構成を示す図。

[図10]本発明の実施形態4における硬度可変アクチュエータの構成を示す図。

発明を実施するための最良の形態

[0009] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

[0010] [実施形態1]

図1から図4は本発明の実施形態1を示したものであり、図1は硬度可変アクチュエータの構成を示す図である。

[0011] 図1に示すように、硬度可変アクチュエータは、チューブ部材1と、磁性粉体2と、コイル3と、駆動部4と、指示部5と、を備えている。

[0012] チューブ部材1は、可撓性を有し、曲げ力を加えると撓む筒状の部材である。なお、以下においては、チューブ部材1の形状として、特に円筒状を想定するものとする（ただし、円筒状に限定されるものではない）。これは、軸方向に垂直な方向（円筒の径方向）におけるどの方向から曲げ力を加えられたとしても、力の大きさが同一であれば、同一の曲げ量が得られるためである。

[0013] 磁性粉体2は、粉末状の磁性体であって、チューブ部材1の内部に複数が充填されている。なお、図1には硬化させていないときの硬度可変アクチュエータの状態を示しており、磁性粉体2はチューブ部材1の内部にランダムに分布している。このときには硬度可変アクチュエータは、チューブ部材1の軸方向に垂直な方向から加わる曲げ力に対して、柔軟に曲がることのできる状態となっている。

[0014] コイル3は、磁性粉体2が充填された部分を取り囲むように、チューブ部材1の外周に巻回された導電性のコイルである。

[0015] 駆動部4は、コイル3に電流を供給するものであり、例えば電源を含んで構成されている。本実施形態の駆動部4は、さらに、供給する電流の量（電

流値)を制御可能となっている。

[0016] 指示部5は、駆動部4に電流を供給させる指示を行うものであり、例えば操作スイッチ等で構成されていて、操作に特段の力量を要さず、軽快な操作が可能である。本実施形態の指示部5は、さらに、駆動部4に供給させる電流の量(電流値)を指示可能となっている。

[0017] 次に、図2は、硬化させたときの硬度可変アクチュエータの状態を示す図である。なお、この図2および以下の各図面においては、駆動部4および指示部5の図示を適宜省略している。

[0018] 指示部5からの指示に応じて駆動部4が電流をコイル3へ供給すると、コイル3が磁界を発生する。発生した磁界により、磁性粉体2が自発磁化を生じて互いに磁氣的に結合する。ここに、磁氣的な結合とは、磁力によって近づき接触して連結するという狭い意味ではなく、磁性粉体2同士が磁気を介して(遠隔作用を含む)相互作用を行うという意味である(従って例えば、N極同士、あるいはS極同士が互いに反発力を及ぼして遠ざけ合うのも磁氣的な結合である)。

[0019] こうして、磁界がないときに自由に移動可能であった磁性粉体2は、磁界が発生すると、例えば磁力線に沿って配列されるなどしてクラスタ化し、磁場に直交する方向への抵抗摩擦を発生するために一体的となり、外部からの曲げ力(特に、上述したような軸方向に垂直な方向から加わる曲げ力)に対して剛性が高くなって硬度可変アクチュエータが硬化する。

[0020] ここに、磁界中にある複数の磁性体が硬化する理由の一つは、概略、次のようであると考えられる。

[0021] すなわち、磁性体を磁界中に置くと、上述したように自発磁化を生じる。自発磁化を生じた磁性体は、他の磁性体と磁氣的相互作用を行い、系全体のエネルギーを最も低くするような位置(安定点)に移動する。これに対して外部から力(例えば、曲げ応力)を作用させて磁性体を安定点から他の位置(以下、不安定点という)に移動させようとする、そのためには安定点と不安定点との磁場の位置エネルギーの差分に相当するエネルギーが必要とな

る。そして、不安定点にある磁性体には安定点に戻ろうとする力、つまり外部からの力に抗する力が生じる。従って、磁界がないときと同じ曲げ変形を行うために必要な曲げ応力は、磁界があるときにはより大きくなるために、曲げ応力に対する剛性が高まって硬くなると考えられる。

[0022] また、磁界中にある複数の磁性体が硬化する理由の他の一つは、上述したように、複数の磁性体が磁力によって接触したときに発生する摩擦力である。

[0023] なお、複数の磁性体の振る舞いを比喻として述べてみると、磁界がないときには個々が独立に運動可能であるために流体的であるといえるが、磁界があるときには任意の1つの磁性体の運動が磁氣的に結合する他の全ての磁性体の運動に影響を与えるために固体的であるということが出来る（後述する実施形態4も参照）。

[0024] 続いて、図3は、印加電流を変化させたときの硬度可変アクチュエータの硬度の変化の様子を示すタイムチャートである。

[0025] 本実施形態の硬度可変アクチュエータは、コイル3に供給する電流の量を制御することにより、硬度を調整することが可能となっている。

[0026] まず、電流を供給しないときであっても、硬度可変アクチュエータには各部材を構成する素材の種類や肉厚、線径などに応じたある程度の硬度が存在している。

[0027] 次に、コイル3に電流を供給すると、電流の量が多くなればなるほど、コイル3が発生する磁力が強くなる。これにより磁性粉体2の自発磁化が強くなり、つまり磁性粉体2同士の磁氣的な結合、ひいては作用する摩擦力が強くなる。このように硬度可変アクチュエータの硬度は、コイル3に供給する電流の量に応じて高くなる。

[0028] こうして本実施形態の硬度可変アクチュエータは、コイル3に供給する電流の量を制御することにより、複数の磁性粉体2の硬度、ひいては硬度可変アクチュエータ自体の硬度を調整することが可能となっている。

[0029] 次に、図4は、硬度可変アクチュエータの変形例の構成を示す図である。

[0030] この図4に示す硬度可変アクチュエータは、磁性粉体2およびコイル3を、チューブ部材1の軸方向の一部にのみ配置したものとなっている。このような構成を採用することにより、所望の部分に磁性粉体2およびコイル3を配置すれば、所望の部分のみの硬度を変化させることが可能となる。

[0031] なお、磁性粉体2をチューブ部材1の軸方向のほぼ全体に配置すると共に、複数のコイル3を軸方向の異なる位置に配置してそれぞれのコイル3に対して独立に電流を供給することができるようにしても構わない。このときさらに、供給する電流の量を複数のコイル3毎に独立に制御することができるように構成しても良い。磁場はコイル3から軸方向に漏れ出るために、このような構成を採用したとしても所望の部分のみの硬度を変化させることは困難であるが、電流を供給しているコイル3から離れた位置であれば磁場が弱くなるために、所望の部分を中心として硬度の変化を生じさせることは可能となる。

[0032] このような実施形態1によれば、コイル3に電流を印加して磁界を発生させ、チューブ部材1内の磁性体（本実施形態では磁性粉体2）に自発磁化を生じさせて互いに磁氣的に結合させることにより、磁性体、ひいては硬度可変アクチュエータの硬度を、安定して変化させることができる。このとき、磁性粉体2同士に摩擦力が働くために、より高い硬度を得ることができる。

[0033] また、硬度可変アクチュエータの硬度の調整を、電流量の制御という電氣的な制御により行うことができるために、操作に特段の力量を要さない操作スイッチ等を用いて指示部5から操作を行うことが可能となる。また、機械的な構成を採用した場合のような摩耗や金属疲労等が生じるのを軽減することもできる。

[0034] さらに、磁性体およびコイル3をチューブ部材1の軸方向の一部に配置する場合には、配置した部分のみの硬度を所望に変更することが可能となる。

[0035] そして、磁性体として磁性粉体2を用いたために、チューブ部材1の内部に満遍なく充填する作業を容易に行うことができる。このとき、磁性粉体2は移動が自由であるために、磁場の強さに応じて硬度を滑らかに変化させる

ことができる。

[0036] こうして、本実施形態の硬度可変アクチュエータによれば、硬度を変化させる操作を力量に依存することなく軽快に行うことが可能となる。

[0037] [実施形態 2]

図 5 および図 6 は本発明の実施形態 2 を示したものであり、図 5 は硬化させていないときの硬度可変アクチュエータの状態を示す図、図 6 は硬化させたときの硬度可変アクチュエータの状態を示す図である。

[0038] この実施形態 2 において、上述の実施形態 1 と同様である部分については同一の符号を付すなどして説明を適宜省略し、主として異なる点についてのみ説明する。

[0039] 上述した実施形態 1 は磁性体を磁性粉体 2 としたが、本実施形態は磁性体を磁性体線材 2 A としたものである。

[0040] すなわち、本実施形態の磁性体は湾曲可能な磁性体線材 2 A となっていて、チューブ部材 1 の軸方向に沿うように複数が配置されて、チューブ部材 1 の内部に充填されている。この磁性体線材 2 A の軸方向長さは、チューブ部材 1 の内部への充填領域の軸方向長さとはほぼ同等か少し短い程度の長さである。

[0041] 次に、コイル 3 へ電流を供給すると、発生された磁界により磁性体線材 2 A が自発磁化を生じて、軸方向の棒磁石とほぼ同様に機能する。そして、磁性体線材 2 A は、図 6 に示すように、例えば磁力線に沿って撓んだ形状の状態を安定点として配列され、互いに磁氣的に結合する。このときには外部から力（例えば、曲げ応力）を作用させても安定点に戻ろうとする力が磁性体線材 2 A に生じるために、曲げ応力に対する剛性が高くなって硬化する。

[0042] このような構成において、コイル 3 に供給する電流の量を制御することにより、硬度可変アクチュエータの硬度を変化させることができるのは上述した実施形態 1 と同様である。

[0043] このような実施形態 2 によれば、上述した実施形態 1 とほぼ同様の効果を奏するとともに、磁性体として磁性体線材 2 A を用いたために、粉体のよう

に拡散することがなく、チューブ部材 1 の内部への充填作業がより一層容易となる。また、チューブ部材 1 の内部へ充填する前においても、粉体よりも取り扱いが容易である利点がある。

[0044] [実施形態 3]

図 7 から図 9 は本発明の実施形態 3 を示したものであり、図 7 は硬化させていないときの硬度可変アクチュエータの状態を示す図、図 8 は硬化させたときの硬度可変アクチュエータの状態を示す図、図 9 は硬度可変アクチュエータの変形例の構成を示す図である。

[0045] この実施形態 3 において、上述の実施形態 1, 2 と同様である部分については同一の符号を付すなどして説明を適宜省略し、主として異なる点についてのみ説明する。

[0046] 本実施形態は、磁性体として、磁性体円柱 2 B あるいは磁性球体 2 C を用いたものとなっている。

[0047] まず、図 7 および図 8 に示す磁性体は、円筒状をなすチューブ部材 1 の内径よりもやや小さい外径を有する磁性体円柱 2 B である。そして、複数の磁性体円柱 2 B は、中心軸がチューブ部材 1 の軸方向に沿うように一列に配列されていて、つまりある磁性体円柱 2 B の上面と、他の磁性体円柱 2 B の下面とが対向する配置となっている。

[0048] このような構成において、コイル 3 に電流を供給していないときには、図 7 に示すように複数の磁性体円柱 2 B は互いの動きに特段の関連性がなく、硬度可変アクチュエータが撓んだときの湾曲性をほとんど妨げることはない。

[0049] これに対して、コイル 3 に電流を供給すると、発生された磁界によりそれぞれの磁性体円柱 2 B が自発磁化を生じて円柱状の棒磁石となり、さらに磁氣的な結合により複数の磁性体円柱 2 B が互いに接触して連結し、軸方向に長い 1 本の棒磁石とほぼ同様に機能する状態となる。

[0050] このときには、連結された複数の磁性体円柱 2 B は、磁性体円柱 2 B 同士の吸引力が垂直抗力となって接触面に生じる静止摩擦力により、全体が 1 個

にまとまった物体として振る舞い、剛性が高くなって硬化する。

[0051] そして、コイル 3 に供給する電流の量を制御することにより、磁性体円柱 2 B 同士の吸引力、ひいては最大静止摩擦力を変化させることができるために、硬度可変アクチュエータの硬度を調整することができるのは上述した実施形態 1, 2 と同様である。

[0052] なお、図 7 および図 8 には短円柱状をなす磁性体円柱 2 B を図示しているが、磁界を発生させていないときの硬度可変アクチュエータの湾曲性（段差状とならずに形状が滑らかに変形していく湾曲性）を確保するためには、より厚みが薄い円板状の磁性体円柱 2 B（このときには、チューブ部材 1 の内部に配置される磁性体円柱 2 B の個数を多くすることになる）を採用すると良い。

[0053] 次に、図 9 に示す磁性体は、チューブ部材 1 の内径よりもやや小さい直径を有する磁性球体 2 C であり、複数の磁性球体 2 C が、チューブ部材 1 の軸方向に沿って一列に配列されている。

[0054] 磁性球体 2 C を用いたときの作用は、磁性体円柱 2 B を用いたときの作用とほぼ同様であるが、形状が球体であるために、磁性体同士の接触部分が面状ではなく点状となる。

[0055] 従って、磁性体として磁性球体 2 C を用いる場合には、接触面積が小さくなるために、同じ量の電流をコイル 3 に供給したときの硬度は磁性体円柱 2 B を用いる場合よりもやや低下する可能性があるが、他方で、硬度可変アクチュエータを湾曲し易くし、湾曲し得る最大角度をより大きくすることが可能となる。

[0056] なお、ここでは磁性体円柱 2 B と磁性球体 2 C とを例に挙げたが、ある量の電流を供給したときにどの程度の硬度が得られるかという硬化の効率や、湾曲可能な最大角度、湾曲の滑らかさなどを考慮して、適宜の形状の磁性体を用いるようにすると良い。例えば、球体の直径方向の両端を少しカットして接触部分を円形の面状にした形状の磁性体を採用しても良いし、2 つの合同な直円錐台を底面同士で貼り合わせた形状の磁性体を採用しても構わない

し、その他の形状の磁性体を採用しても良い。

[0057] このような実施形態 3 によれば、上述した実施形態 1, 2 とほぼ同様の効果を奏するとともに、磁性体として磁性体円柱 2 B を用いた場合には、磁場を受けたときに中心軸方向に互いに密着して一本の長い棒磁石状になり、固体状に硬化することができる。また、磁性体円柱 2 B 同士の接触面積が大きいために、硬化したときの硬度を高くすることが可能となる。さらに、磁性体円柱 2 B は、チューブ部材 1 の内部へ充填する作業や充填する前の取り扱いが、粉末よりも容易である利点がある。また、軸方向に配列された複数の磁性体円柱 2 B は、磁性体線材 2 A のような単体での軸方向の連続性がなく分断されているために、磁場を加えていないときに軸方向に垂直な方向の力を受けても素材の弾性に起因する反発が発生することがない。従って、コイル 3 に電流を供給していないときの硬度可変アクチュエータの硬度を低く抑制することができ、硬度変化のダイナミックレンジを大きくすることが可能となる。

[0058] 一方、磁性体として磁性球体 2 C を用いた場合には、磁性体円柱 2 B を用いた場合よりも、硬度可変アクチュエータの湾曲のし易さを向上し湾曲可能な最大角度を大きくすることができる利点がある。

[0059] [実施形態 4]

図 10 は本発明の実施形態 4 を示したものであり、硬度可変アクチュエータの構成を示す図である。

[0060] この実施形態 4 において、上述の実施形態 1 ~ 3 と同様である部分については同一の符号を付すなどして説明を適宜省略し、主として異なる点についてのみ説明する。

[0061] 本実施形態は、磁性体として、磁気粘性流体 2 D を用いたものとなっている。

[0062] すなわち、本実施形態においてチューブ部材 1 の内部に充填されているのは M R F (MagnetoRheological Fluid) とも呼ばれる磁気粘性流体 2 D であり、本実施形態における複数の磁性体は、磁気粘性流体 2 D 中に均一に分散

されている複数の磁性体微粒子（好ましくは強磁性体微粒子）である。

[0063] 磁気粘性流体 2 D は、具体的には、水や油などのベース液と、マグネタイトやマンガン、亜鉛フェライトなどの強磁性体微粒子と、強磁性体微粒子の表面を覆うものであってベース液と親和力をもつ界面活性剤と、を有する磁性コロイド溶液である。ここに、強磁性体微粒子は、例えば直径 10 nm 程度のごく微小なサイズである。また、強磁性体微粒子の表面を覆う界面活性剤は、ベース液に対しては上述したように親和力をもつが、界面活性剤同士の間では反発力が働くために、ベース液内において凝集や沈降を生じることなく均等に分散して、安定したコロイド状態を保つようになっている。

[0064] このような磁気粘性流体 2 D は、磁場を受けると、磁性体微粒子が例えば磁力線に沿ってクラスタを形成し（一例：スパイク現象）、磁場に直交する方向への抵抗摩擦を発生して、ある降伏応力（この降伏応力は磁場の強さに依存する）までは固体的に振る舞い、降伏応力以上の応力を受けると流体的に振る舞ってせん断速度に比例するようにせん断応力が増大する性質（つまり、ビンガム流体的な性質）を示すことが知られている。

[0065] 従って、コイル 3 に電流を供給して磁場を発生させることにより、硬度可変アクチュエータを硬化させることが可能となっている。このとき、コイル 3 に供給する電流の量を制御することにより、硬度可変アクチュエータの硬度を変化させることができるのは上述した実施形態 1～3 と同様である。

[0066] このような実施形態 4 によれば、上述した実施形態 1～3 とほぼ同様の効果を奏するとともに、磁気粘性流体 2 D を用いたために、流体内においてコロイドとして分散する磁性体微粒子が、磁場を受けたときに、粉末状である場合よりもさらに自由に移動することができ、同一の電流量のときに常に同一の硬度が得られ、再現性の高い硬度変化を滑らかに行うことができる。

[0067] なお、本発明は上述した実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化することができる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明の態様を形成することができる。例えば、実施

形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除しても良い。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせても良い。このように、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々の変形や応用が可能であることは勿論である。

[0068] 本出願は、2013年12月3日に日本国に出願された特願2013-250454号を優先権主張の基礎として出願するものであり、上記の開示内容は、本願明細書、請求の範囲、図面に引用されたものとする。

請求の範囲

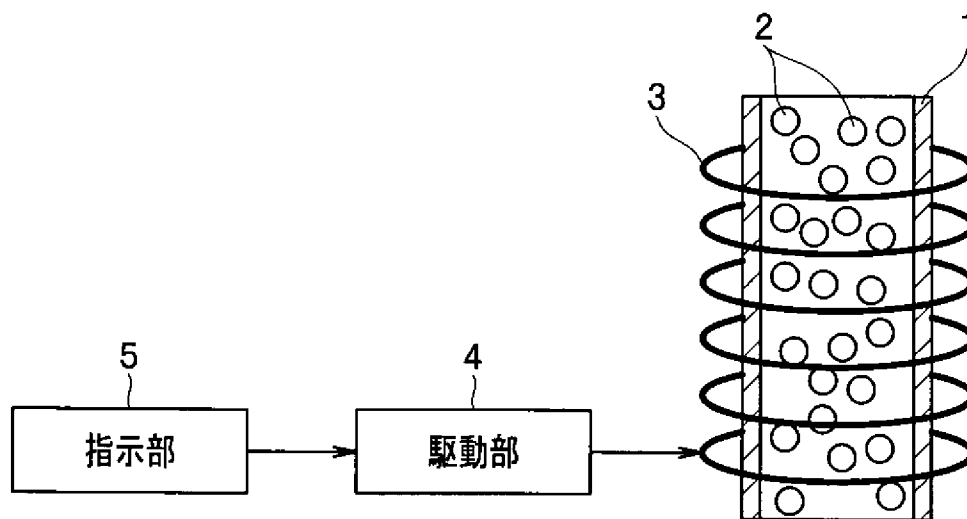
- [請求項1] 可撓性を有するチューブ部材と、
前記チューブ部材の内部に充填された複数の磁性体と、
前記磁性体を取り囲むように前記チューブ部材の外周に巻回された
コイルと、
前記コイルに電流を供給する駆動部と、
前記駆動部に電流を供給させる指示を行う指示部と、
を具備し、
前記指示部からの指示に応じて前記駆動部から供給された電流によ
り前記コイルが磁界を発生し、複数の前記磁性体が自発磁化を生じて
互いに磁氣的に結合し硬化することを特徴とする硬度可変アクチュエ
ータ。
- [請求項2] 前記駆動部は、供給する電流の量を制御可能であり、
前記指示部は、前記駆動部に供給させる電流の量を指示可能であっ
て、
前記コイルに供給する電流の量を制御することにより、前記複数の
磁性体の硬度を調整可能であることを特徴する請求項1に記載の硬度
可変アクチュエータ。
- [請求項3] 前記磁性体および前記コイルは、前記チューブ部材の軸方向の一部
に配置されていることを特徴する請求項2に記載の硬度可変アクチュ
エータ。
- [請求項4] 前記磁性体は、磁性粉体であることを特徴する請求項2に記載の硬
度可変アクチュエータ。
- [請求項5] 前記磁性体は、前記チューブ部材の軸方向に沿うように配置された
、湾曲可能な磁性体線材であることを特徴とする請求項2に記載の硬
度可変アクチュエータ。
- [請求項6] 前記磁性体は、前記チューブ部材の内径よりも小さい外径を有する
磁性体円柱であり、複数の前記磁性体円柱は、中心軸が前記チューブ

部材の軸方向に沿うように一列に配列されていることを特徴とする請求項 2 に記載の硬度可変アクチュエータ。

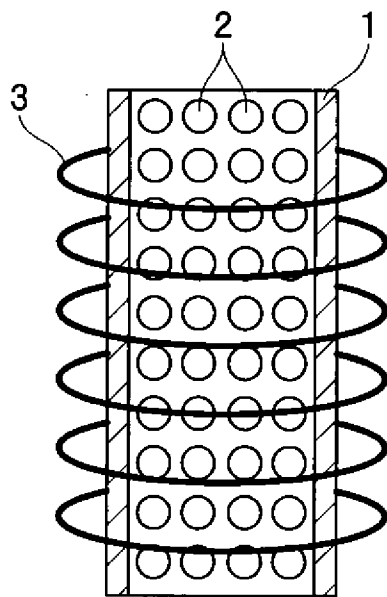
[請求項7] 前記磁性体は、前記チューブ部材の内径よりも小さい直径を有する磁性球体であり、複数の前記磁性球体が、前記チューブ部材の軸方向に沿って一列に配列されていることを特徴とする請求項 2 に記載の硬度可変アクチュエータ。

[請求項8] 前記複数の磁性体は、前記チューブ部材の内部に充填された磁気粘性流体における、流体中に分散された複数の磁性体微粒子であることを特徴とする請求項 2 に記載の硬度可変アクチュエータ。

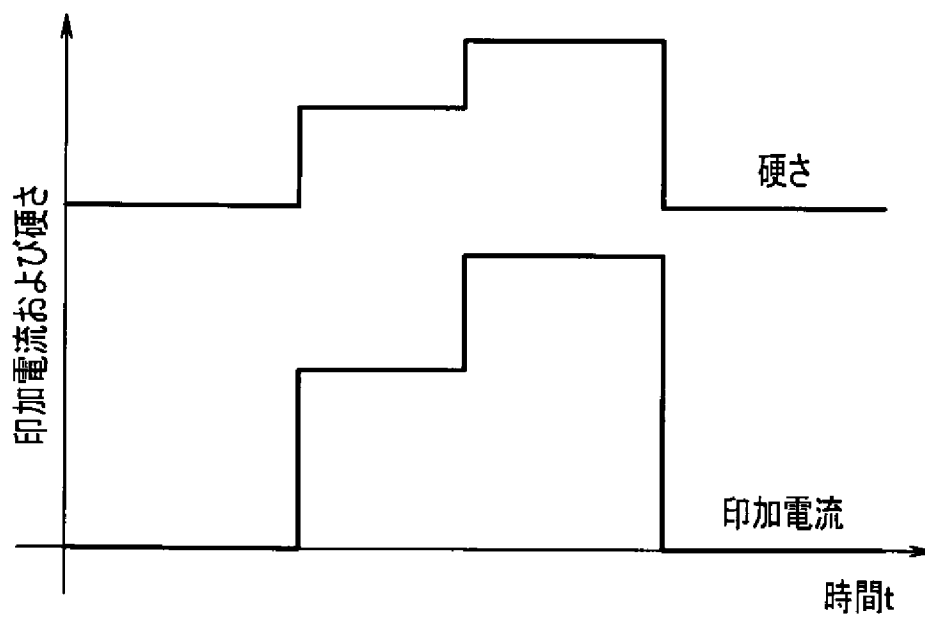
[図1]



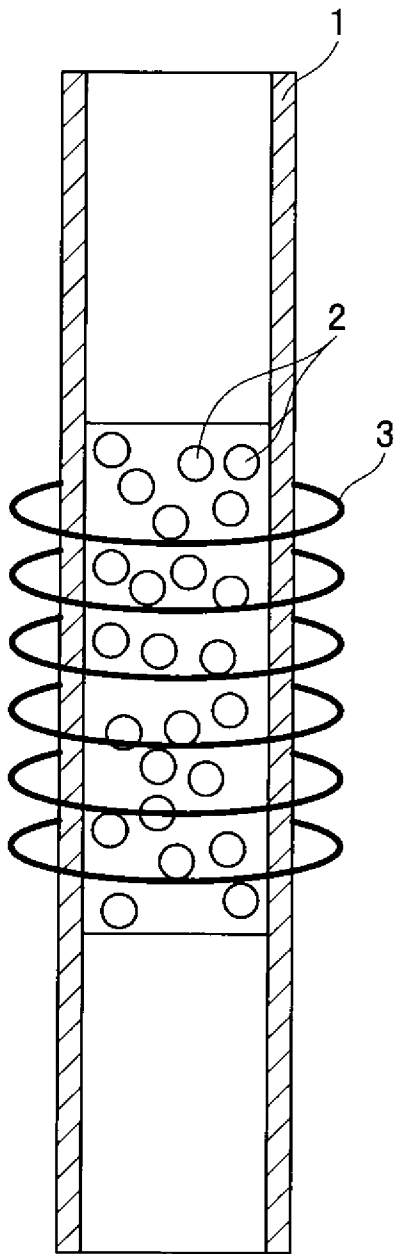
[図2]



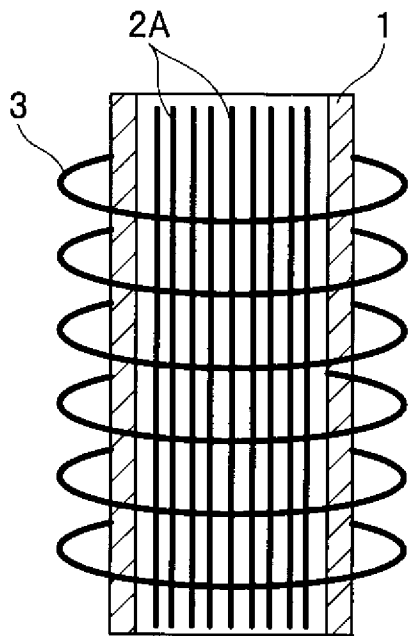
[図3]



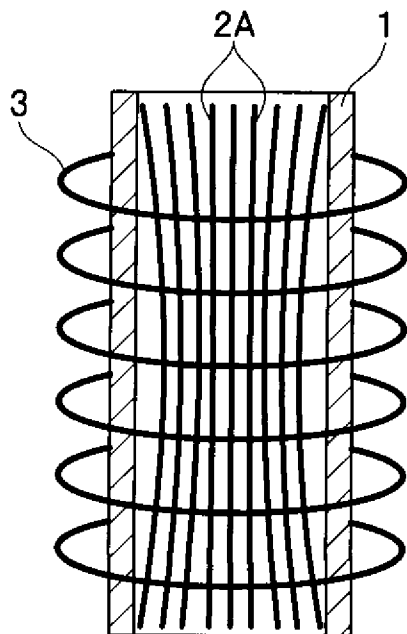
[図4]



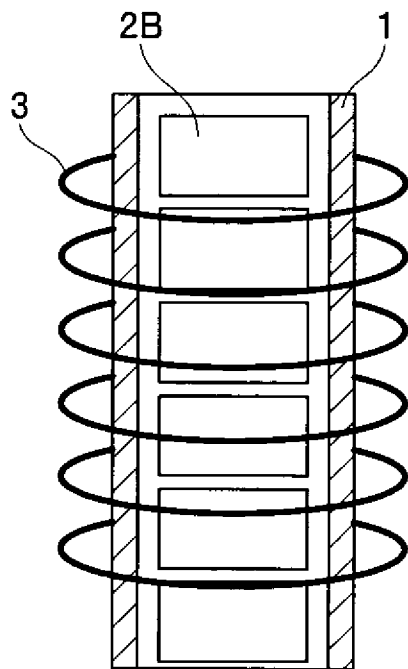
[図5]



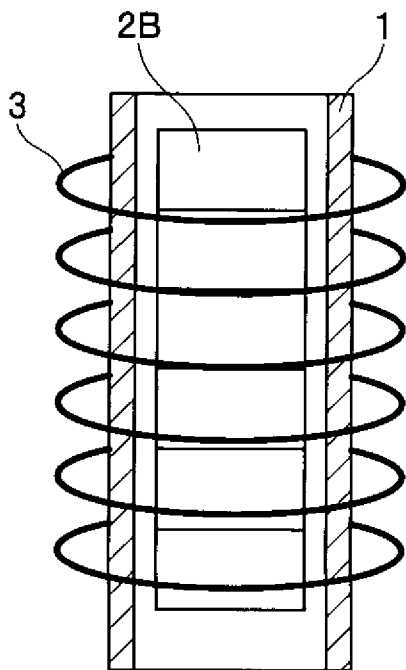
[図6]



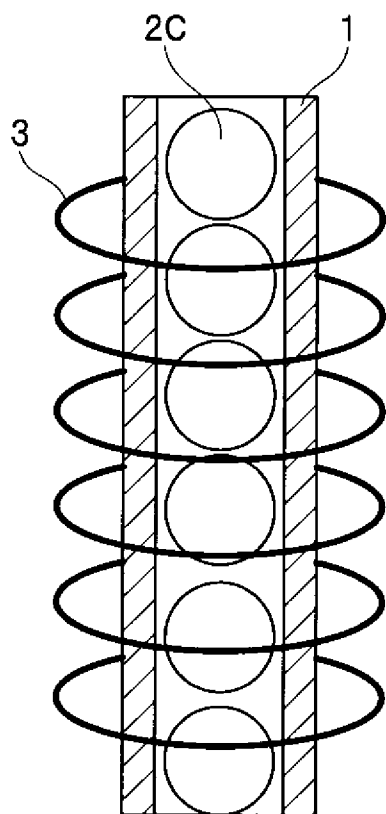
[図7]



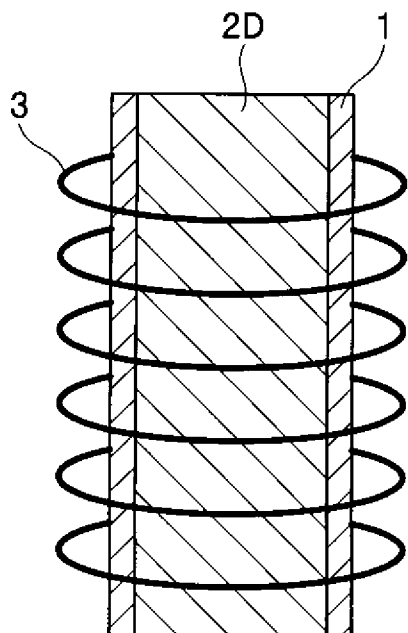
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/079233

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B1/00(2006.01)i, G02B23/24(2006.01)i

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)

A61B1/00-1/32, G02B23/24-23/26

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
Y	JP 5-237056 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 17 September 1993 (17.09.1993), paragraphs [0008] to [0020]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-8
Y	JP 2007-54231 A (Pentax Corp.), 08 March 2007 (08.03.2007), paragraphs [0012] to [0019]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-8
Y	JP 2010-110846 A (Panasonic Corp.), 20 May 2010 (20.05.2010), paragraphs [0029] to [0030], [0046] to [0049], [0053] to [0056], [0072] to [0075]; fig. 1, 6, 12 (Family: none)	1-8

☐ 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 application or patent 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
09 January 2015 (09.01.15)

Date of mailing of the international search report
27 January 2015 (27.01.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan 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（I P C））

Int.Cl. A61B1/00(2006.01)i, G02B23/24(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. A61B1/00-1/32, G02B23/24-23/26

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 請求項の番号
Y	JP 5-237056 A（オリンパス光学工業株式会社）1993. 09. 17, 段落【0008】－【0020】，第1-5図（ファミリーなし）	1－8
Y	JP 2007-54231 A（ペンタックス株式会社）2007. 03. 08, 段落【0012】－【0019】，第1-4図（ファミリーなし）	1－8
Y	JP 2010-110846 A（パナソニック株式会社）2010. 05. 20, 段落【0029】－【0030】，【0046】－【0049】，【0053】－【0056】， 【0072】－【0075】，第1, 6, 12図（ファミリーなし）	1－8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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」国際出願日前の出願または特許であるが、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

0 9 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

安田 明央

2 Q

9 3 0 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2