(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
2018年3月8日(08.03.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/043307 A1

(51) 国際特許分類:
F16J 15/34 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/030432

(22) 国際出願日： 2017年8月25日(25.08.2017)

(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 2016-171322 2016年9月1日(01.09.2016) JP

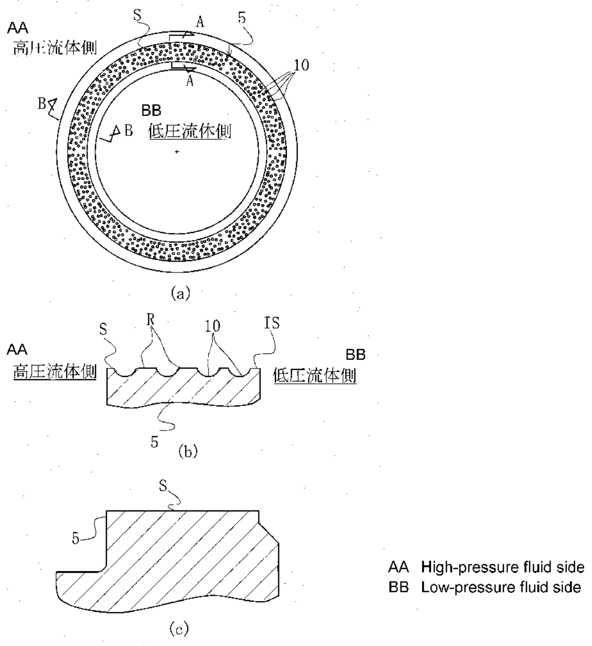
(71) 出願人: イーグル工業株式会社 (**EAGLE INDUSTRY CO.,LTD.**) [JP/JP]; 〒1058587 東京都港区芝大門１－１２－１５ Tokyo (JP).

(72) 発明者: 細江 猛(**HOSOE Takeshi**); 〒1058587 東京都港区芝大門１－１２－１５ イーグル工業株式会社内 Tokyo (JP). 井上 秀行(**INOUE Hideyuki**); 〒1058587 東京都港区芝大門１－１２－１５ イーグル工業株式会社内 Tokyo (JP). 根岸 雄大(**NEGISHI Yuta**); 〒1058587 東京都港区芝大門１－１２－１５ イーグル工業株式会社内 Tokyo (JP). 徳永 雄一郎(**TOKUNAGA Yuichiro**); 〒1058587 東京都港区芝大門１－１２－１５ イーグル工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 櫻井 義宏, 外(**SAKURAI Yoshihiro** et al.); 〒3001234 茨城県牛久市中央３丁目２４番地４ Ibaraki (JP).

(54) **Title:** SLIDING COMPONENT

(54) 発明の名称： しゅう動部品



(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to improve the sliding characteristics in a wide range of bearing characteristic numbers of a sliding surface. A plurality of dimples 10 are characterized by having substantially the same opening diameter, being mutually independent from other dimples, being configured such that the ratio of depth h to diameter D of each of the dimples 10 is set within a range of 1/500-1/10, and being disposed randomly so that the area ratio of dimples 10 within a unit angle of 120 ° along the circumferential direction of the sliding surface S is within

WO 2018/043307 A1

［続葉有］

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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)）

a range of 8-50%.

(57) 要約：しゅう動面における軸受特性数の広い範囲においてしゅう動特性を向上する。複数のディンプル１０は、開口径が略同一であって、相互に他のディンプルと独立して設けられ、ディンプル１０の深さｈと径Ｄとの比は１／５００～１／１０の範囲に設定され、かつ、しゅう動面Ｓの円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプル１０の面積率は８％～５０％の範囲になるようにランダムに配設されることを特徴としている。

明 細 書

発明の名称 ： しゅう動部品

技術分野

[0001] 本発明は、たとえば、メカニカルシール、軸受、その他、しゅう動部に適したしゅう動部品に関する。特に、しゅう動面に流体を介在させて摩擦を低減させるとともに、しゅう動面から流体が漏洩するのを防止する必要のある密封環または軸受などのしゅう動部品に関する。

背景技術

[0002] しゅう動部品の一例である、メカニカルシールにおいて、密封性を長期的に維持させるためには、「密封」と「潤滑」という相反する条件を両立させなければならない。特に、近年においては、環境対策などのために、被密封流体の漏れ防止を図りつつ、機械的損失を低減させるべく、より一層、低摩擦化の要求が高まっている。低摩擦化の手法としては、しゅう動面に多様なテクスチャリングを施すことで、これらの実現を図ろうとしており、例えば、テクスチャリングのひとつとしてしゅう動面にディンプルを配列したものが知られている。

[0003] 例えば、特開平１１－２８７３２９号公報（以下、「特許文献１」という。）に記載の発明は、しゅう動面に、深さの異なる多数のディンプルを形成することにより、しゅう動時に相手しゅう動面との間に介在する流体に発生する流体軸受圧力による負荷容量が、流体温度の変化に伴って一部のディンプルでは減少しても他のディンプルでは増大するので負荷容量が安定し、温度変化に拘らず常に良好なしゅう動性を維持するといった効果が得られるようにしたものである。

また、特開２０００－１６９２６６号公報（以下、「特許文献２」という。）に記載の発明は、焼結したセラミックス材料からなる下地材の表面に硬質皮膜を蒸着したしゅう動面を形成し、このしゅう動面に、多数のディンプルを有する構成とすることにより、耐摩耗性の向上を図ると共に、ディンプ

ルによる液体潤滑性の向上を図るようにしたものである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平１１－２８７３２９号公報

特許文献2：特開２０００－１６９２６６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献１に記載の発明は、温度変化にかかわらず常に良好なしゅう動性を維持するためにしゅう動面に設けられるディンプルの深さに着目したものであって、ディンプルの開口径と深さとの比、及び、ディンプルの面積率によるしゅう動特性（摩擦係数低減）への影響については考察されていない。

また、特許文献２に記載の発明は、しゅう動面にディンプルを設けることで液体潤滑性の向上を図るようにしたものであるが、特許文献１と同様、ディンプルの開口径と深さとの比、及び、ディンプルの面積率によるしゅう動特性（摩擦係数低減）への影響については考察されていない。

[0006] 本発明は、しゅう動面に設けられるディンプルの開口径と深さとの比を所定の範囲に設定すると共にディンプルの面積率が所定の範囲になるようにランダムに配置することにより、しゅう動面における軸受特性数の広い範囲においてしゅう動特性を向上することができるしゅう動部品を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するため本発明のしゅう動部品は、第１に、一対のしゅう動部品の互いに相対しゅう動する少なくとも一方側の環状のしゅう動面にディンプルが複数配置されたしゅう動部品において、前記複数のディンプルは、開口径が略同一であって、相互に他のディンプルと独立して設けられ、ディンプルの深さｈと開口径Ｄとの比は１／５００～１／１０の範囲に設定さ

れ、かつ、前記しゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内における前記ディンプルの面積率は８％～５０％の範囲になるようにランダムに配設されることを特徴としている。

この特徴によれば、しゅう動面における軸受特性数の広い範囲においてしゅう動特性を向上することができる。

また、複数のディンプルは、開口径が略同一であるため、ディンプルの加工が容易となる。

さらに、しゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプルの面積率は８％～５０％の範囲とすることにより、しゅう動部品の材質としてＳｉＣあるいはカーボンを採用した場合、ディンプル１０の面積率を最適にできると共にしゅう動部品の材質としてポーラスＳｉＣを採用した場合でも、気孔同士の連続的なつながりを防止することができる。

[0008] また、本発明のしゅう動部品は、第２に、第１の特徴において、前記ディンプルの深さｈと径Ｄとの比は１／４００～１／２０の範囲に設定されることを特徴としている。

この特徴によれば、より一層、しゅう動面における軸受特性数の広い範囲においてしゅう動特性を向上することができる。

[0009] また、本発明のしゅう動部品は、第３に、第１又は第２の特徴において、前記しゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内における前記ディンプルの面積率は３５％～４５％の範囲になるようにランダムに配設されることを特徴としている。

この特徴によれば、しゅう動部品の材質がＳｉＣあるいはカーボンである場合の漏れを最小限に抑制することができる。

[0010] また、本発明のしゅう動部品は、第４に、第１ないし第３のいずれかの特徴において、前記複数のディンプルは、深さが略０．５μｍに設定されることを特徴としている。

この特徴によれば、低速でのしゅう動特性を向上することができる。

[0011] また、本発明のしゅう動部品は、第５に、第１ないし第４のいずれかの特

徴において、前記複数のディンプルは、開口径が略１００μｍに設定されることを特徴としている。

この特徴によれば、軸受特性数Ｇの値が７．６×１０－８を超える範囲で摩擦係数を小さくすることができる。

[0012] また、本発明のしゅう動部品は、第６に、第１ないし第５のいずれかの特徴において、回転しゅう動試験によって得られた摩擦係数と軸受定数Ｇ（粘度×速度／荷重）との関係において、前記軸受定数Ｇ（粘度×速度／荷重）が$２×１０^{-9}$～$３×１０^{-7}$の範囲にあるように設定されることを特徴としている。

この特徴によれば、流体潤滑遷移点（Ｇｃ点）がこの範囲に入り、摩擦係数を低く、境界潤滑になることを防止できる。

発明の効果

[0013] 本発明は、以下のような優れた効果を奏する。

（１）複数のディンプルは、開口径が略同一であって、相互に他のディンプルと独立して設けられ、ディンプルの深さｈと開口径Ｄとの比は１／５００～１／１０の範囲に設定され、かつ、しゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプルの面積率は８％～５０％の範囲になるようにランダムに配設されることにより、しゅう動面における軸受特性数の広い範囲においてしゅう動特性を向上することができる。

また、複数のディンプルは、開口径が略同一であるため、ディンプルの加工が容易となる。

さらに、しゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプルの面積率は８％～５０％の範囲とすることにより、しゅう動部品の材質としてＳｉＣあるいはカーボンを採用した場合、ディンプル１０の面積率を最適にできると共にしゅう動部品の材質としてポーラスＳｉＣを採用した場合でも、気孔同士の連続的なつながりを防止することができる。

[0014] （２）ディンプルの深さｈと径Ｄとの比は１／４００～１／２０の範囲に設定されることにより、より一層、しゅう動面における軸受特性数の広い範囲

においてしゅう動特性を向上することができる。

[0015] （３）しゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプルの面積率は３５％～４５％の範囲になるようにランダムに配設されるにより、しゅう動部品の材質がＳｉＣあるいはカーボンである場合の漏れを最小限に抑制することができる。

[0016] （４）複数のディンプルは、深さが略０．５μｍに設定されることにより、低速でのしゅう動特性を向上することができる。

[0017] （５）複数のディンプルは、開口径が略１００μｍに設定されることにより、軸受特性数Ｇの値が７．６×１０－８を超える範囲で摩擦係数を小さくすることができる。

[0018] （６）回転しゅう動試験によって得られた摩擦係数と軸受定数Ｇ（粘度×速度／荷重）との関係において、前記軸受定数Ｇ（粘度×速度／荷重）が２×１０$^{-9}$～３×１０$^{-7}$の範囲にあるように設定されることにより、流体潤滑遷移点（Ｇｃ点）がこの範囲に入り、摩擦係数を低く、境界潤滑になることを防止できる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の実施例１に係るメカニカルシールの一例を示す縦断面図である。

[図2]本発明の実施例１に係るしゅう動部品のしゅう動面の一例を説明するためのものであって、（ａ）はしゅう動面の平面図、（ｂ）はＡ－Ａ断面の拡大図、（ｃ）はＢ－Ｂ断面の拡大図である。

[図3]ディンプルの有する機能を説明する説明図である。

[図4]本発明の実施例１に係るしゅう動部品のしゅう動面の一部を拡大した平面図である。

[図5]本発明におけるディンプルの深さについて説明する説明図である

[図6]回転しゅう動試験によって得られた摩擦係数と軸受特性数Ｇとの関係を示す参考図である。

[図7]本試験に用いたしゅう動トルク計測可能な試験機を説明する概略的な断

面図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下に図面を参照して、この発明を実施するための形態を、実施例に基づいて例示的に説明する。ただし、この実施例に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置などは、特に明示的な記載がない限り、本発明の範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。

実施例

[0021] 図１ないし図５を参照して、本発明の実施例１に係るしゅう動部品について説明する。

なお、以下の実施例においては、しゅう動部品の一例であるメカニカルシールを例にして説明するが、これに限定されることなく、例えば、円筒状しゅう動面の軸方向一方側に潤滑油を密封しながら回転軸としゅう動する軸受のしゅう動部品として利用することも可能である。

なお、メカニカルシールを構成するしゅう動部品の外周側を高圧流体側（被密封流体側）、内周側を低圧流体側（大気側）として説明するが、本発明はこれに限定されることなく、高圧流体側と低圧流体側とが逆の場合も適用可能である。

[0022] 図１は、メカニカルシールの一例を示す縦断面図であって、しゅう動面の外周から内周方向に向かって漏れようとする高圧流体側の被密封流体を密封する形式のインサイド形式のものであり、高圧流体側のポンプインペラ（図示省略）を駆動させる回転軸１側にスリーブ２を介してこの回転軸１と一体的に回転可能な状態に設けられた一方のしゅう動部品である円環状の回転側密封環３と、ポンプのハウジング４に非回転状態かつ軸方向移動可能な状態で設けられた他方のしゅう動部品である円環状の固定側密封環５とが設けられ、固定側密封環５を軸方向に付勢するコイルドウェーブスプリング６及びベローズ７によって、ラッピング等によって鏡面仕上げされたしゅう動面Ｓ同士で密接しゅう動するようになっている。すなわち、このメカニカルシールは、回転側密封環３と固定側密封環５との互いのしゅう動面Ｓにおいて、

被密封流体が回転軸１の外周から大気側へ流出するのを防止するものである。

なお、図１では、回転側密封環３のしゅう動面の幅が固定側密封環５のしゅう動面の幅より広い場合を示しているが、これに限定されることなく、逆の場合においても本発明を適用出来ることはもちろんである。

[0023]　回転側密封環３及び固定側密封環５の材質は、耐摩耗性に優れた炭化ケイ素（ＳｉＣ）及び自己潤滑性に優れたカーボンなどから選定されるが、例えば、両者がＳｉＣ、あるいは、回転側密封環３がＳｉＣであって固定側密封環５がカーボンの組合せが可能である。

相対しゅう動する回転側密封環３あるいは固定側密封環５の少なくともいずれか一方のしゅう動面には、図２に示すように、ディンプル１０がランダムに配設されている。

本例では、固定側密封環５のしゅう動面Ｓに複数のディンプル１０が配設されている。この場合、回転側密封環３にはディンプルは設けられなくても、設けられてもよい。回転側密封環３にディンプルを設ける場合には、固定側密封環５のしゅう動面Ｓに設けられるディンプル１０と同じ（サイズ、比率）になるように設けるのが望ましい。

[0024]　図示例では、固定側密封環５の断面形状は、図２（ｃ）に示すように凸形状をしており、その頂面が平坦なしゅう動面Ｓを構成している。このしゅう動面Ｓには、図２（ａ）及び（ｂ）に示すような多数のディンプル１０がランド部Ｒ（平坦な部分）により離隔されて相互に独立して設けられている。これらのディンプル１０は、しゅう動面Ｓの周方向及び径方向の全体に設けられる。

ディンプル１０は、しゅう動面Ｓの径方向において、高圧流体側と連通してもよいが、低圧流体側とは平坦なシール面ＩＳにより隔離される。

また、本例では、ディンプル２は、周方向に連続して設けられる場合を示しているが、これに限らず、周方向に断続的に設けられてもよい。

[0025]　本発明において、「ディンプル」とは、平坦なしゅう動面Ｓに形成されるく

ぼみのことであり、その形状は特に限定されるものではない。例えば、くぼみの平面形状は円形、楕円形、長円形、もしくは矩形が包含され、くぼみの断面形状もお椀状、または、方形など種々の形が包含される。

そして、しゅう動面Ｓに形成された多数のディンプル１０は、このしゅう動面Ｓと相対しゅう動する相手側しゅう動面との間に流体力学的な潤滑液膜として介入する液体の一部を保持して、潤滑液膜を安定化させる機能を有するものである。

[0026] 個々のディンプル１０は、図３に示すようなレイリーステップを構成するものとみなすことができる。

図３において、固定側密封環５のしゅう動面Ｓ（Ｒ）には図の断面と直交する方向に延びるレイリーステップ１０ａが形成されており、回転側密封環３のしゅう動面Ｓは平坦に形成されている。回転側密封環３が矢印で示す方向に相対移動すると、両しゅう動面間に介在する流体が、その粘性によって矢印方向に追随移動しようとし、その際、レイリーステップ１０ａの存在によって動圧（正圧）を発生する。動圧の発生によりしゅう動面間の潤滑液膜が増大され、潤滑性能が向上されるものである。動圧効果により潤滑性能が向上させられる一方、漏れ量が増える恐れがあり、漏れ量を減らすため潤滑液膜を薄くするようにディンプルの量を少なくすると、しゅう動面Ｓが接触し摩耗を起こしやすくなる。

[0027] 図４は、図２に示す固定側密封環５のしゅう動面Ｓの一部を拡大した平面図である。

図４において、しゅう動面に形成された複数のディンプル１０は、相互に他のディンプルと独立して設けられ、開口径が略同一の複数の円形のディンプルがランダムに分布するように配置されている。

[0028] 複数の円形のディンプル１０は、開口径が略同一であって、相互に他のディンプルと独立して設けられ、ディンプルの深さｈと径Ｄとの比は１／５００～１／１０の範囲に設定するのがしゅう動面における軸受特性数の広い範囲においてしゅう動特性を向上させる意味で好ましい。好ましくは、ディン

プルの深さｈと径Ｄとの比は１／４００～１／２０の範囲であり、より好ましくは、ディンプルの深さｈと径Ｄとの比は１／２４０～１／６０の範囲である。

図４に示すディンプルの場合、深さｈは略０．５μｍであり、開口径Ｄは略１００μｍに設定されている。この場合、ディンプルの深さｈと開口径Ｄとの比は１／２００となる。

また、たとえば、ディンプルの深さｈを０．５μｍとした場合にｈ／Ｄ＝１／５００とすると、Ｄ＝２５０μｍとなり、さらに、ｈ／Ｄ＝１／１０とすると、Ｄ＝５μｍとなる。

[0029] 上記において、略０．５μｍとは０．５±１０％μｍの範囲内のものを、また、同じく、略１００μｍとは１００±１０％μｍの範囲内のものをいう。

[0030] ディンプルの深さｈと径Ｄとの比を変化させた場合の、しゅう動面の鳴き試験及び漏れ試験の評価結果を表１に示す。

なお、しゅう動部品の一方は炭化ケイ素（ＳｉＣ）、他方はカーボンとした。

[表1]

ディンプル配列	ランダム				千鳥
ディンプル深さｈ／径Ｄ	1/60	1/100	1/200	1/240	1/200
鳴き試験	○無し	○無し	○無し	○無し	△少し有り
漏れ試験	○無し	○無し	○無し	○無し	○無し

表１の結果によれば、ディンプルの深さｈと径Ｄとの比が、少なくとも、１／６０～１／２４０の範囲においては、鳴き及び漏れともに良好であることがわかる。

[0031] 本願発明の発明者の研究によれば、ディンプルの深さｈが浅くなるほど流体潤滑遷移点が低Ｇ側にシフトし、深さｈが深くなるほど流体潤滑遷移点が高回転側にシフトし、流体潤滑を維持するのにより高い回転数が必要である

ことが確認されている。

[0032] なお、本発明において、ディンプルの開口径Ｄとは、未加工面と加工面との境界線をたどった「最大径部」と「最小径部」の平均の値のことである。未加工面と加工面との境界が目視できないものにおいては、しゅう動面Ｓの表面粗さを除いて０．０５μｍ以上形状が深さ方向に変化した位置、またはしゅう動面Ｓの表面粗さを除いたディンプル深さの最深部の１／１０以上形状が深さ方向に変化した位置を未加工面と加工面との境界とする。

また、開口径Ｄが略同一とは、開口径の設計値の±１０％の範囲内のものを意味する。 ディンプルの形状が円以外の場合、たとえば、楕円、長円あるいは矩形の場合における開口径については、便宜的に以下の等価直径を採用する。

等価直径＝４×（ディンプルの断面積／ディンプルの周の長さ）

たとえば、１辺の長さがａの正方形の場合、等価直径＝４ａ^{2}／４ａ＝ａとなる。

[0033] 次に、図５を参照しながら、ディンプル１０の深さｈについて説明する。

ディンプル１０の断面形状が図５に示すような形状である場合、加工面の中心からＤ／４の範囲内の平均位置を算出し、当該算出位置と未加工面までの高さ寸法をディンプル１０の深さｈとする。

[0034] 次に、図４を参照しながら、複数のディンプル１０のランダム分布について説明する。

図４に示すように、開口径が略同一の複数の円形のディンプル１０は、しゅう動面Ｓの周方向及び径方向にランダムに分布するように配設されるものであり、しゅう動面Ｓの円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプル１０の面積率（全てのディンプルの面積の合計／しゅう動面の面積）が８％～５０％の範囲になるように設定される。

ディンプル１０の面積率は、しゅう動面Ｓの密封圧に依存して適切な値に定められるものであり、たとえば、密封圧に基づきしゅう動部品の回転試験を行い、当該密封圧における漏れ量を確認して設定することが望ましい。

また、ディンプル１０の面積率は、しゅう動部品の材質により設定する必要がある。たとえば、ポーラスＳｉＣの場合、ディンプル１０の面積率を１０％以上にすると気孔同士が連続的につながる恐れがあるため、８％程度が適当である。

[0035] ディンプル１０の面積率を変化させた場合の、しゅう動面の漏れ（微量漏れ）試験、鳴き試験及びトルク試験の評価結果を表２に示す。

なお、しゅう動部品の一方は炭化ケイ素（ＳｉＣ）、他方はカーボンとした。

[表2]

ディンプル径D（μm）	100				
ディンプル深さh（μm）	0.5				
ディンプル配列	ランダム				
ディンプル面積率（%）	10	20	30	40	50
漏れ（微量漏れ）試験	◎無し	○無し	○無し	○無し	△少し有り
鳴き試験	×有り	×有り	×有り	○無し	○無し
トルク試験	△中	△中	○低	○低	○低

表２の結果から、漏れ、鳴き及びトルクの面から、しゅう動面Ｓの円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプル１０の面積率が３５～４５％の範囲において良好であることがわかる。

[0036] 次に、しゅう動面にディンプルを加工する方法の一例を説明すると、次のとおりである。

（１）乱数を用いて金属マスクにあける孔の位置を決定する。

（２）決定された位置に金属マスクにレーザ加工などで孔をあける。

（３）ランダムに孔のあけられた金属マスクを対象となるしゅう動部品のしゅう動面上に設置する。

（４）金属マスクの上からフェムト秒レーザを照射したり、イオンエッチン

グなどで金属マスクの孔を利用してしゅう動面にディンプルを形成する。しゅう動面には、開口径の同一のディンプルが所定の分布でもって一様に配置される。

[0037] 図６は、回転しゅう動試験によって得られた摩擦係数と軸受特性数Ｇとの関係を示す参考図である。

回転しゅう動試験に用いられた摺動部品のしゅう動面の内径はφ１８ｍｍ、しゅう動面の幅は１．８ｍｍであり、ディンプル面積率は４０％、ディンプルの深さｈはすべて０．１μｍ、ディンプルの開口径Ｄは、それぞれ、φ５０μｍ（ｈ／Ｄ＝１／５００）、φ７５μｍ（ｈ／Ｄ＝１／７５０）、φ１００μ（ｈ／Ｄ＝１／１０００）、の３種類であった。

[0038] また、回転しゅう動試験の試験条件は以下の表３のとおりである。

[表3]

しゅう動材組合せ	ＳｉＣ（ディンプル加工）×ＳｉＣ（無加工）
取付荷重	２５Ｎ
周速	０．０ｍ／ｓｅｃ→１０．０ｍ／ｓｅｃ
圧力	０．１５ＭＰａＧ（外周側）
温度	６０℃
密封流体	ＪＩＳ　Ｋ２２３４ＬＬＣ　５０％水溶液

なお、本試験において試験中にしゅう動面からの漏れは生じていない。

[0039] 図６において、試験における回転数域において、ディンプルの開口径がφ５０μｍ、φ７５μｍ、φ１００μｍの例においては、軸受特性数Ｇの値が７．６×１０－８を超える範囲で、ディンプルの開口径が大きいほど摩擦係数が下がることが分かる。また、各ディンプルの開口径において、流体潤滑遷移点（以下、「Ｇｃ点」という。）が存在し、φ５０μｍ、φ７５μｍ、φ１００μｍの例においては、ディンプルの開口径が小さくなるほどＧｃ点が低Ｇ側にシフトし、さらにＧｃ点における摩擦係数が低くなっていることが分かる。

図６の試験結果によれば、次のことがいえる。

（１）Ｇ値が７．６×１０－８を超える範囲でディンプル開口径が大きいほど（ｈ／Ｄの比が小さいほど）、摩擦係数は下がる。

（２）ディンプル開口径が小さくなるほど（ｈ／Ｄの比が大きくなるほど）Ｇｃ点が低Ｇ側にシフトし、さらに、Ｇｃ点における摩擦係数が低くなる。

[0040] この回転しゅう動試験によって得られた摩擦係数と軸受定数Ｇ（粘度×速度／荷重）との関係を参考にすると、軸受定数Ｇ（粘度×速度／荷重）が２×１０$^{-9}$～３×１０$^{-7}$の範囲にある場合、摩擦係数が０．１以下と低く、流体潤滑遷移点（Ｇｃ点）がこの範囲に入り、境界潤滑にはならないことがわかる。

[0041] 次に、図７を参照しながら、本試験に用いたしゅう動トルク計測可能な試験機１９を説明する。

試験機１９の本体部分には、固定環１１をバネ１２を介して非回転状態に支持するケーシング１３と、このケーシング１３の内周に回転自在に挿通された回転軸１４と、この回転軸１４の外周に支持された、固定環１１と軸方向に対向される回転環１５とを備え、回転環１５、ケーシング１３、回転軸１４で囲まれた密封空間には密封対象液Ｌが封入される。

[0042] 本試験機１９の特徴として、両側の軸受部分１６に静圧気体軸受を採用し、メカニカルシールのしゅう動トルクを精度良く計測できるようになっている。また、トルクは、トルクメータ１７および、カンチレバー方式によるロードセル１８の２種類の方法で計測し、ダブルチェックにより計測ミスをなくすようにしている。

[0043] 本発明の実施例に係るしゅう動部品は以下のような格別顕著な効果を奏する。

（１）複数のディンプル１０は、相互に他のディンプルと独立して設けられ、ディンプルの深さｈと径Ｄとの比は１／５００～１／１０の範囲に設定され、かつ、しゅう動面Ｓの円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプル１０の面積率は８％～５０％の範囲になるようにランダムに配設されることにより、しゅう動面における軸受特性数の広い範囲においてしゅう動特性

を向上することができる。

また、複数のディンプル１０は、開口径が略同一であるため、ディンプル１０の加工が容易となる。

さらに、しゅう動面Ｓの円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプル１０の面積率は８％～５０％の範囲とすることにより、しゅう動部品の材質としてＳｉＣあるいはカーボンを採用した場合、ディンプル１０の面積率を最適にできると共にしゅう動部品の材質としてポーラスＳｉＣを採用した場合でも、気孔同士の連続的なつながりを防止することができる。

（２）ディンプルの深さｈと径Ｄとの比が１／４００～１／２０の範囲に設定されることにより、より一層、しゅう動面における軸受特性数の広い範囲においてしゅう動特性を向上することができる。

複数のディンプルの深さが略０．５μｍ、開口径が略１００μｍに設定されると、ディンプルの深さｈと径Ｄとの比は１／２００となり、より一層、しゅう動面における軸受特性数の広い範囲においてしゅう動特性を向上することができる。

（３）しゅう動部品の材質がＳｉＣあるいはカーボンである場合、しゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプルの面積率が１０％～４５％の範囲で漏れがなく、また、ディンプルの面積率が３５％～５０％の範囲で鳴きがなく、更に、ディンプルの面積率が２５％～５０％の範囲で低トルクであることから、ディンプルの面積率は３５～４５％の範囲が好ましい。

（４）複数のディンプルの深さが略０．５μｍに設定されると、低速でのしゅう動特性を向上することができる。また、複数のディンプルの開口径が略１００μｍに設定されると、軸受特性数Ｇの値が７．６×１０－８を超える範囲で摩擦係数を小さくすることができる。また、複数のディンプルの深さが略０．５μｍであって開口径が略１００μｍに設定されると、ディンプルの深さｈと径Ｄとの比は１／２００となり、より一層、しゅう動面における軸受特性数の広い範囲においてしゅう動特性を向上することができる。

（５）回転しゅう動試験によって得られた摩擦係数と軸受定数Ｇ（粘度×速度／荷重）との関係において、軸受定数Ｇ（粘度×速度／荷重）の範囲を$2\times10^{-9}\sim3\times10^{-7}$と設定することにより、流体潤滑遷移点（Ｇｃ点）がこの範囲に入り、摩擦係数を低く、境界潤滑になることを防止できる。

[0044] 以上、本発明の実施の形態を実施例により説明してきたが、具体的な構成はこれら実施例の形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における変更や追加があっても本発明に含まれる。

[0045] 例えば、前記実施例では、しゅう動部品をメカニカルシール装置における一対の回転用密封環及び固定用密封環の少なくともいずれか一方に用いる例について説明したが、円筒状しゅう動面の軸方向一方側に潤滑油を密封しながら回転軸としゅう動する軸受のしゅう動部品として利用することも可能である。

[0046] また、例えば、前記実施例では、外周側に高圧の被密封流体が存在する場合について説明したが、内周側が高圧流体の場合にも適用でき、その場合、ディンプルを内周側に連通させて配設すればよい。

[0047] また、例えば、前記実施例では、複数のディンプルは、深さｈが略０．５μｍ、開口径Ｄが略１００μｍである場合を説明したが、これらは好ましい１つの例を示したものであり、これらに限定されず、ディンプルの深さｈと径Ｄとの比は１／５００～１／１０の範囲に設定されればよい。

[0048] また、例えば、前記実施例では、密封と潤滑の両立を図る観点から、複数のディンプルのしゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内における面積率として４０％を採用した場合について説明したが、これに限定されず、しゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内におけるディンプルの面積率は３０％～５０％の範囲にあればよい。

符号の説明

[0049]

1	回転軸
2	スリーブ
3	回転側密封環

４	ハウジング
５	固定側密封環
６	コイルドウェーブスプリング
７	ベローズ
１０	ディンプル
１９	試験機
１１	固定環
１２	バネ
１３	ケーシング
１４	回転軸
１５	回転環
１６	軸受部分
１７	トルクメータ
１８	ロードセル
Ｓ	しゅう動面
Ｒ	ランド部

請求の範囲

[請求項1] 一対のしゅう動部品の互いに相対しゅう動する少なくとも一方側の環状のしゅう動面にディンプルが複数配置されたしゅう動部品において、

前記複数のディンプルは、開口径が略同一であって、相互に他のディンプルと独立して設けられ、ディンプルの深さｈと開口径Ｄとの比は１／５００～１／１０の範囲に設定され、かつ、前記しゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内における前記ディンプルの面積率は８％～５０％の範囲になるようにランダムに配設されることを特徴とするしゅう動部品。

[請求項2] 前記ディンプルの深さｈと径Ｄとの比は１／４００～１／２０の範囲に設定されることを特徴とする請求項１記載のしゅう動部品。

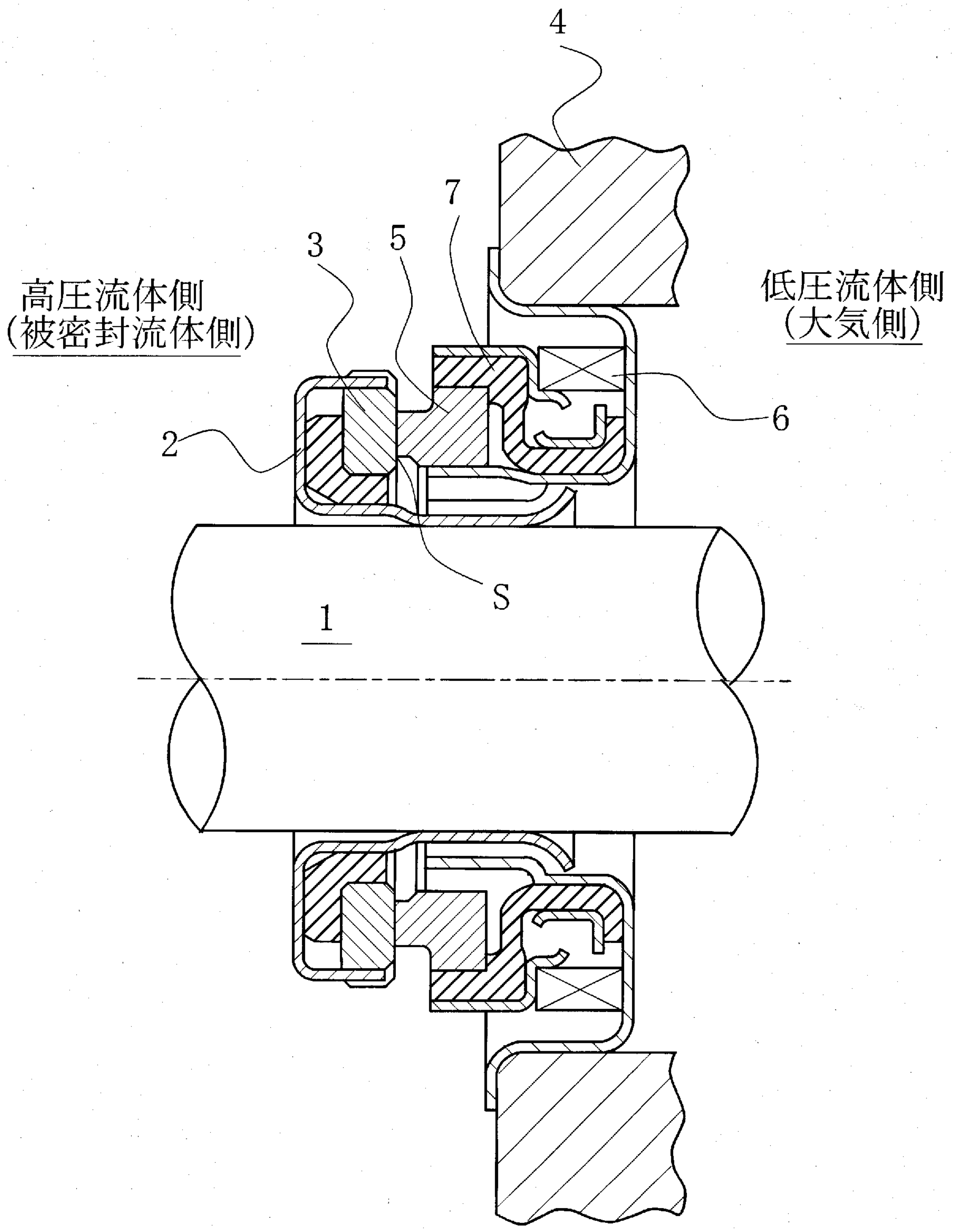
[請求項3] 前記しゅう動面の円周方向の単位角度１２０°内における前記ディンプルの面積率は３５％～４５％の範囲になるようにランダムに配設されることを特徴とする請求項１又は２に記載のしゅう動部品。

[請求項4] 前記複数のディンプルは、深さが略０．５μｍに設定されることを特徴とする請求項１ないし３のいずれか１項に記載のしゅう動部品。

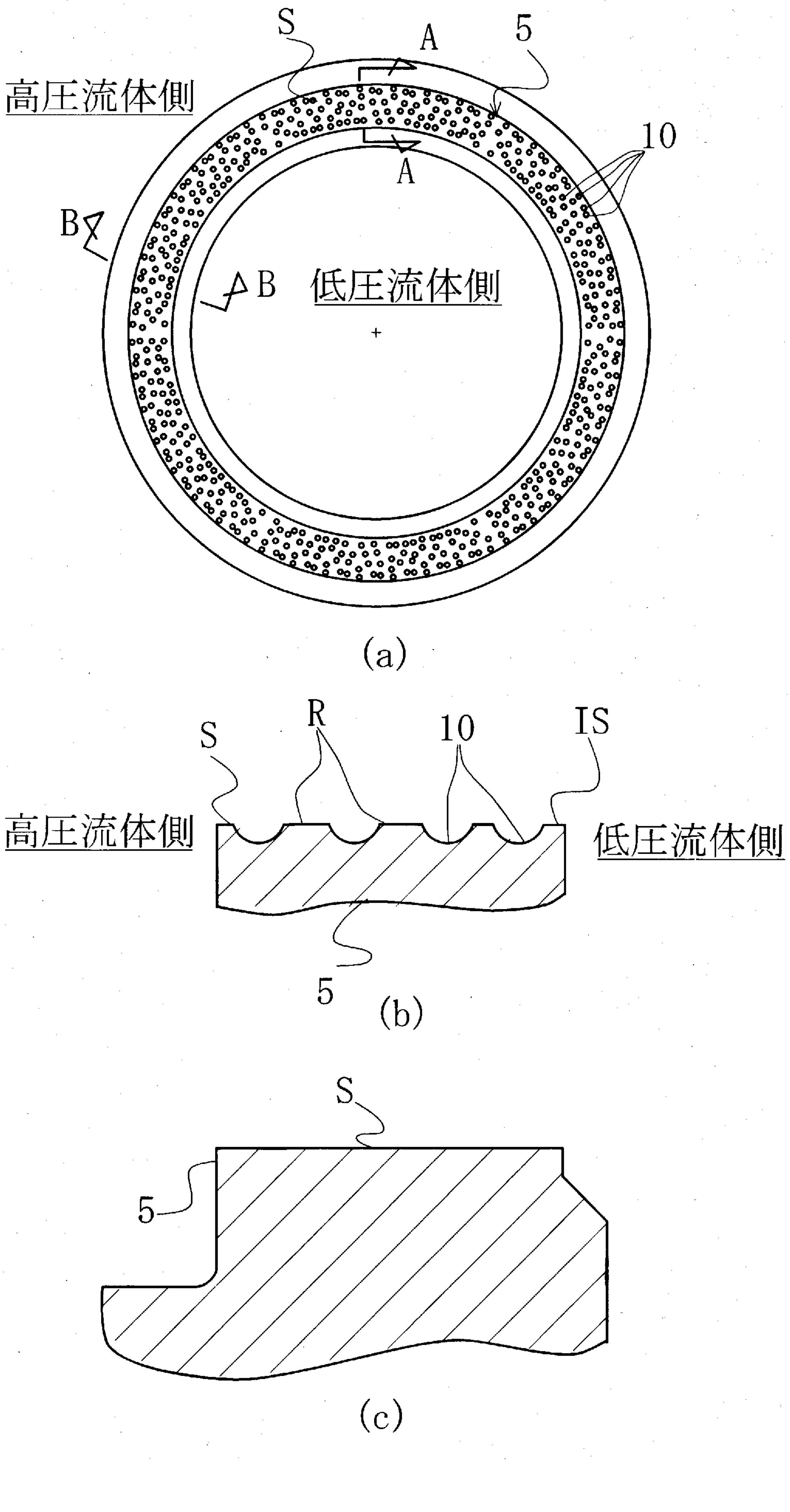
[請求項5] 前記複数のディンプルは、開口径が略１００μｍに設定されることを特徴とする請求項１ないし４のいずれか１項に記載のしゅう動部品。

[請求項6] 回転しゅう動試験によって得られた摩擦係数と軸受定数Ｇ（粘度×速度／荷重）との関係において、前記軸受定数Ｇ（粘度×速度／荷重）が$２×１０^{-9}$～$３×１０^{-7}$の範囲にあるように設定されることを特徴とする請求項１ないし５のいずれか１項に記載のしゅう動部品。

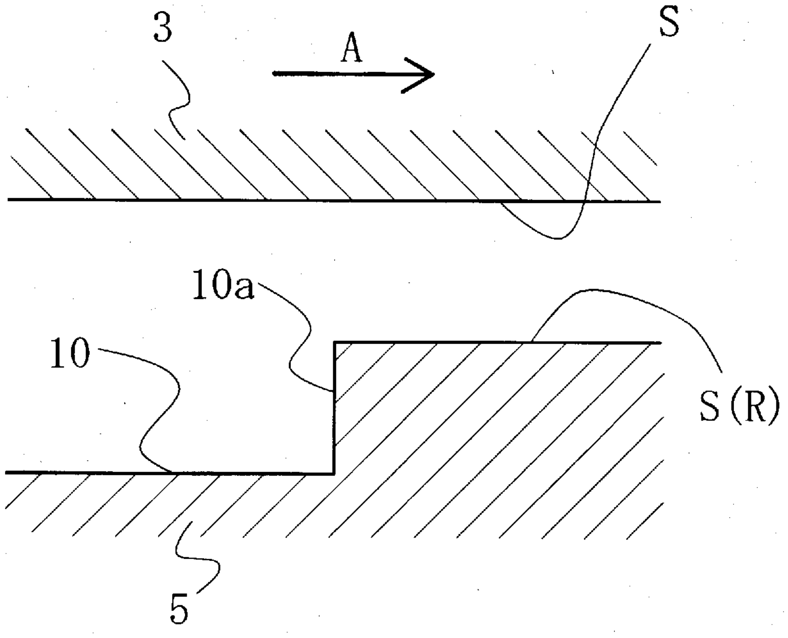
［図1］



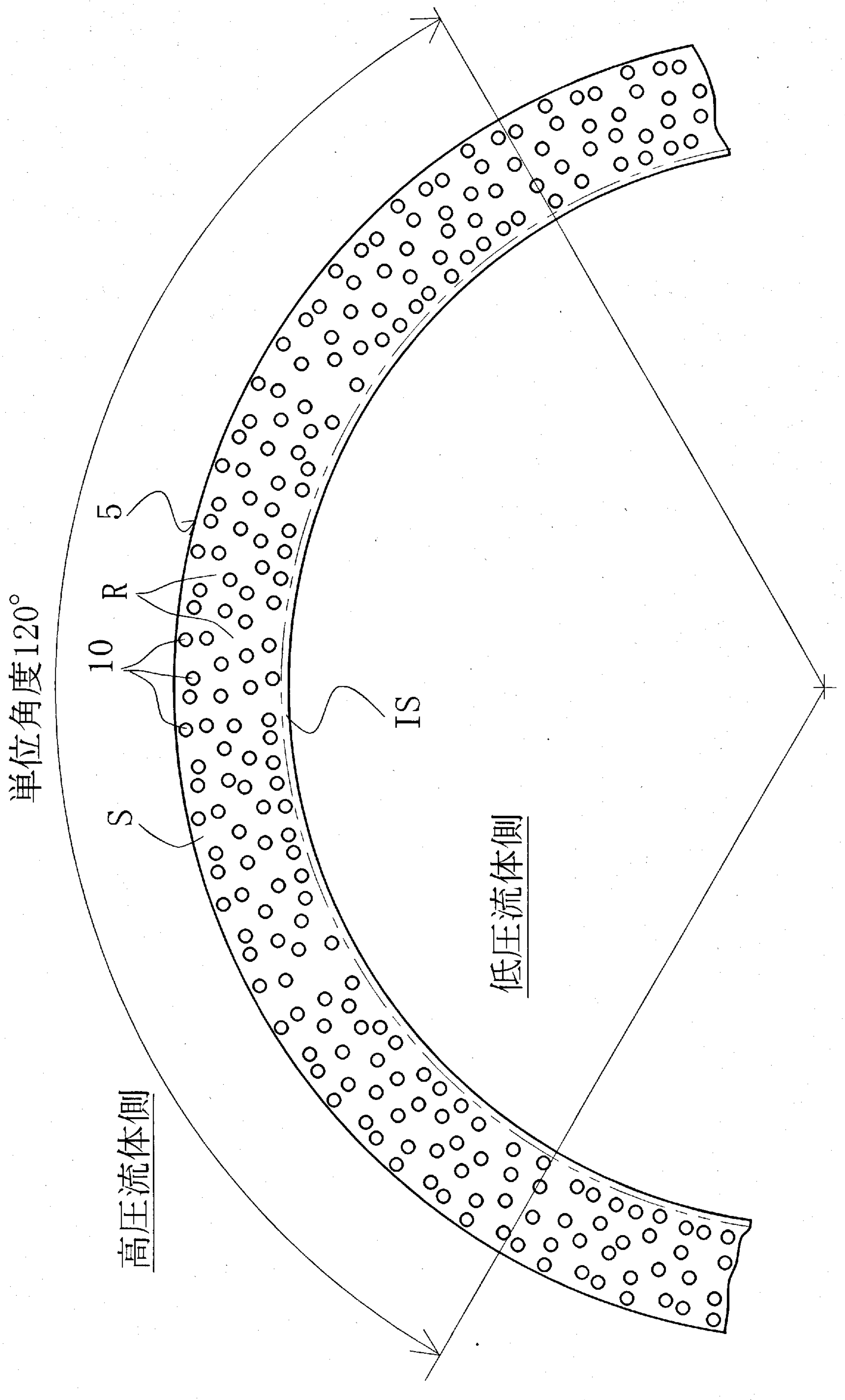
[図2]



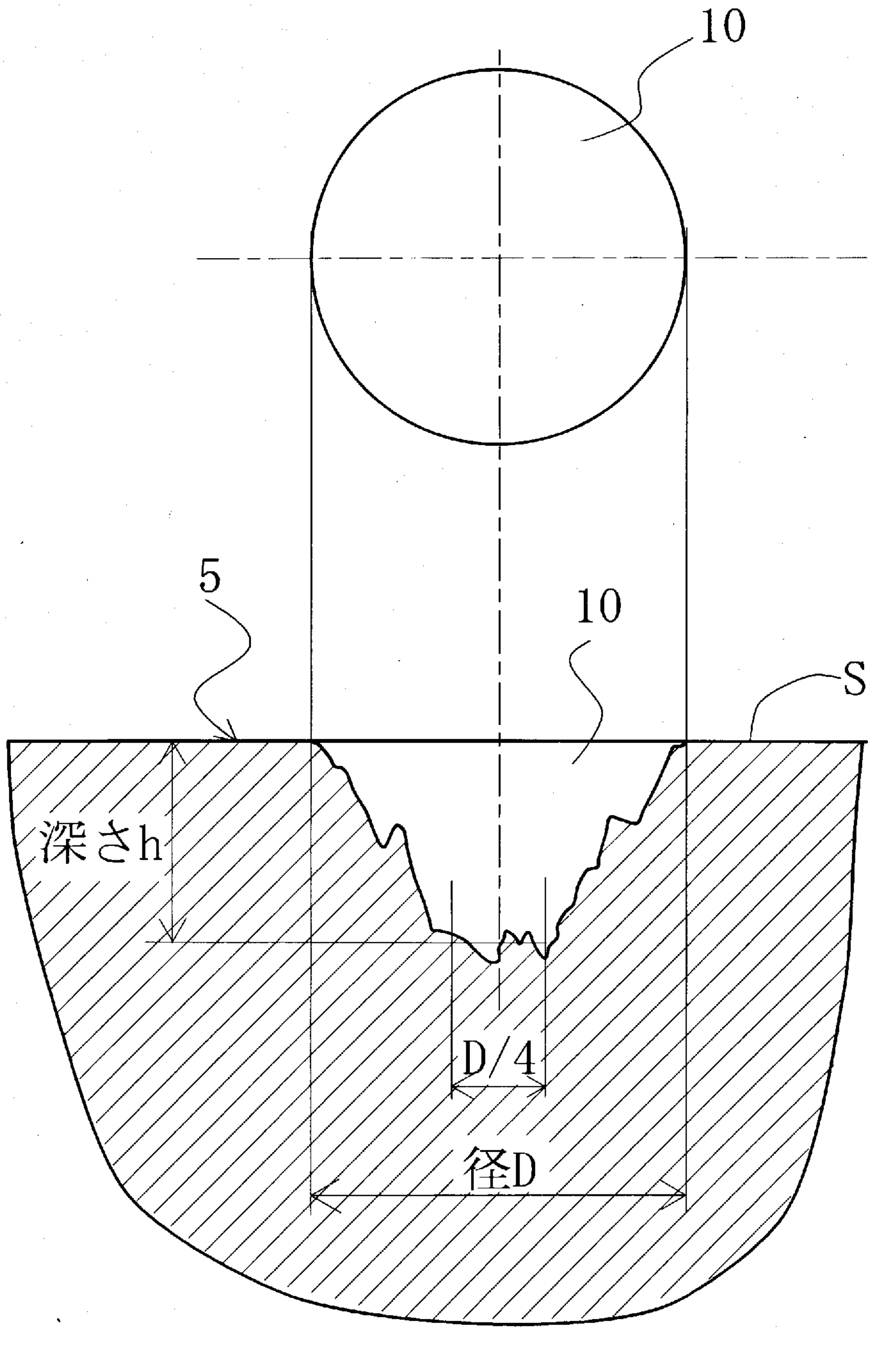
[図3]



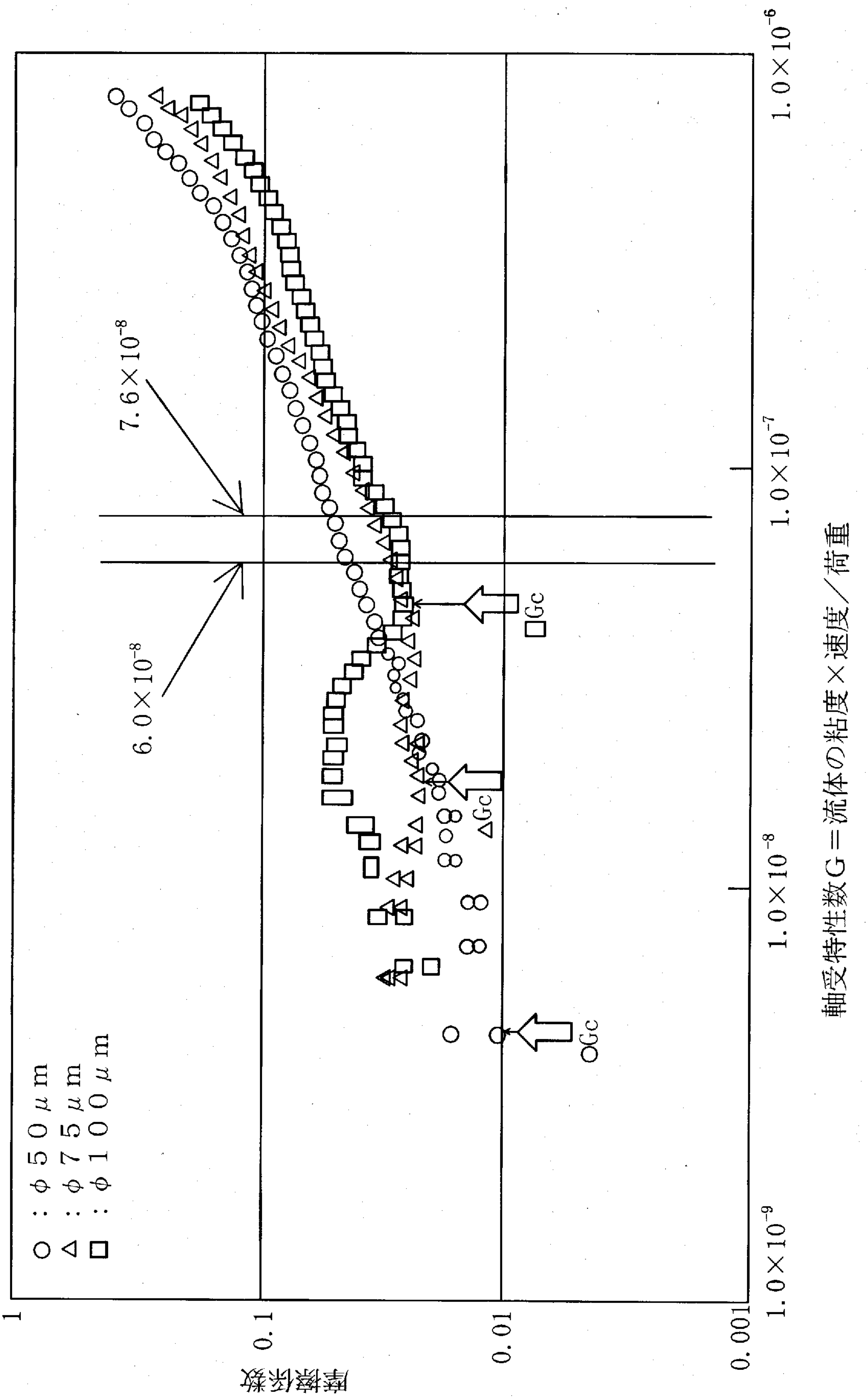
[図4]



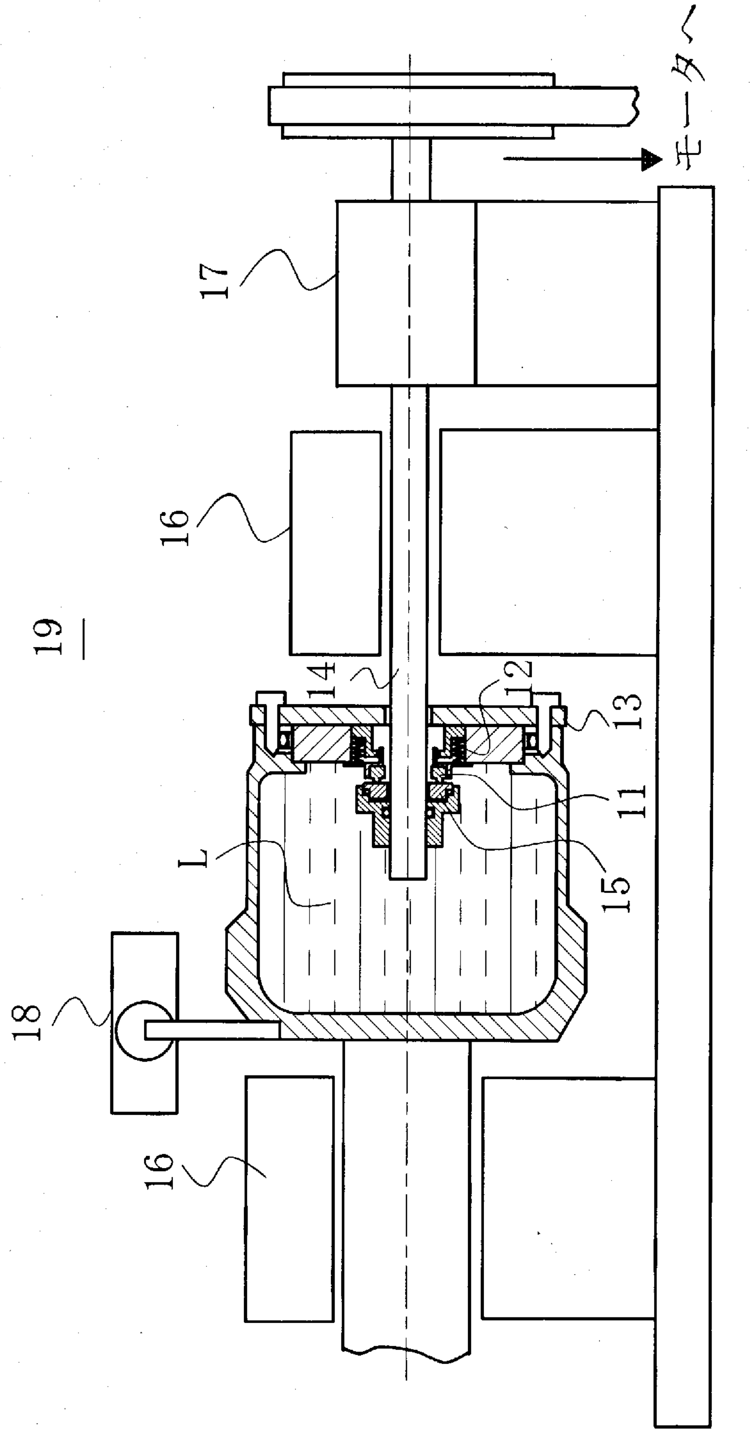
[図5]



[図6]


○：φ50μm
△：φ75μm
□：φ100μm
7.6×10⁻⁸
6.0×10⁻⁸
□Gc
△Gc
○Gc
1
0.1
0.01
0.001
1.0×10⁻⁹
1.0×10⁻⁸
1.0×10⁻⁷
1.0×10⁻⁶
摩擦係数
軸受特性数G＝流体の粘度×速度／荷重

［図7］



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/030432

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F16J15/34(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)
F16J15/34

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
X	WO 2016/129553 A1 (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 18 August 2016 (18.08.2016), claims; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-6
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 35168/1988(Laid-open No. 158853/1989) (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 02 November 1989 (02.11.1989), specification, page 5, line 11 to page 7, line 10; fig. 2 (Family: none)	1-6

☒ 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	Date of mailing of the international search report
26 October 2017 (26.10.17)	07 November 2017 (07.11.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/030432

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-242047 A (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 05 December 2013 (05.12.2013), paragraph [0030]; fig. 3 & US 2009/0200749 A1 paragraph [0068]; fig. 3	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０３０４３２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F16J15/34(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F16J15/34

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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
X	WO 2016/129553 A1（イーグル工業株式会社）2016.08.18,［特許請求の範囲］,第 1-2 図（ファミリーなし）	1-6
A	日本国実用新案登録出願 63-35168 号（日本国実用新案登録出願公開 1-158853 号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（イーグル工業株式会社）1989.11.02,明細書第 5 ページ第 11 行-第 7 ページ第 10 行,第 2 図（ファミリーなし）	1-6

☑　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
２６．１０．２０１７

国際調査報告の発送日
０７．１１．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｗ　３５２４
竹村　秀康
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６７

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 請求項の番号
A	JP 2013-242047 A（イーグル工業株式会社）2013.12.05, 段落［0030］,第３図 & US 2009/0200749 A1,［0068］,Fig.3	1-6