

(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
2017年12月28日(28.12.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/221976 A1

(51) 国際特許分類:

F24F 7/007 (2006.01) *F24F 7/06* (2006.01)
A47L 9/02 (2006.01) *F24F 9/00* (2006.01)
B08B 5/04 (2006.01) *F24F 13/02* (2006.01)
B08B 9/035 (2006.01) *F24F 13/26* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/022850

(22) 国際出願日: 2017年6月21日(21.06.2017)

(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 2016-123282 2016年6月22日(22.06.2016) JP

(71) 出願人: 国立大学法人名古屋工業大学 (NAGOYA INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒4668555 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番 Aichi (JP).

(72) 発明者: 森 西 洋 平 (MORINISHI Yohei); 〒4668555 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番 国立大学法人名古屋工業大学内 Aichi

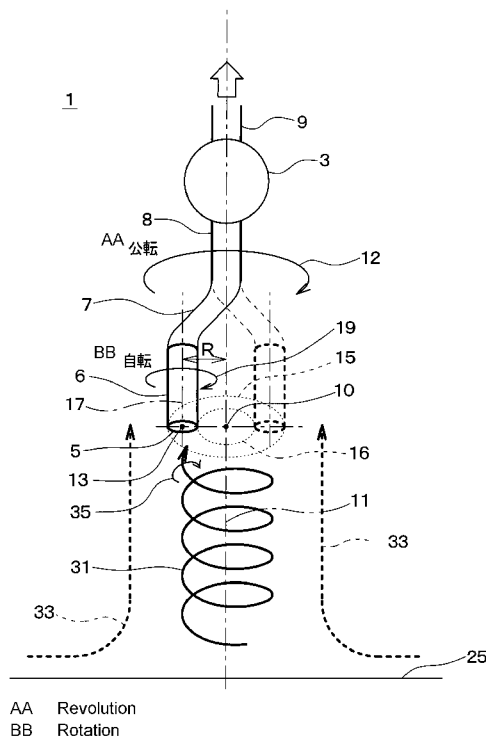
(JP). 玉野 真司 (TAMANO Shinji); 〒4668555 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番 国立大学法人名古屋工業大学内 Aichi (JP). 本郷 理博 (HONGO Masahiro); 〒4668555 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番 国立大学法人名古屋工業大学内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人ゆうあい特許事務所 (YOU-I PATENT FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目6番5号 名古屋錦シティビル4階 Aichi (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, 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,

(54) Title: SUCTION DEVICE AND DRIVE DEVICE

(54) 発明の名称: 吸引装置および駆動装置



(57) Abstract: A suction device (1) generates an artificial tornado (31) by way of comprising a suction port (5) that revolves around an axis of revolution (11) while suctioning a fluid.

(57) 要約: 吸引装置(1)は、流体を吸引しながら公転軸(11)周りに公転する吸引口(5)を備えることで、人工竜巻(31)を発生させる。

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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：吸引装置および駆動装置

技術分野

[0001] 本発明は、流体を吸引する吸引口を有する吸引装置および駆動装置に関する。

背景技術

[0002] 図20に、従来の吸引口による流れを示す。図20の(a)に示す例では、通常の静止した吸引口105によって発生するポテンシャル流れが矢印のように発生する。(a)の例では、流体である空気がポテンシャル流れを形成して吸引口105からの距離に反比例した速度で均一に吸引口105に吸い込まれている。よって、吸引流れは指向性なく分散し、床面125まで吸引気流が到達していない。

[0003] 図20の(b)に示す従来技術では、空気が人工竜巻131を形成しながら吸引口105に吸い込まれる。この例では、吸引口105及び吸引口ダクト106が自転方向119に自転する。すると吸引口ダクト106の内壁と空気との摩擦抵抗により、矢印で示す空気の渦すなわち人工竜巻131が発生する。人工竜巻131により吸引流れの分散が減少して吸引流れの指向性が生じるので、床面125まで吸引気流が到達する。

[0004] 図21に、図20の例(b)に示したような人工竜巻131を発生させる吸引装置101の例を示す。吸引装置101は、吸引口105を有する円筒形状の吸引口ダクト106を回転させることで人工竜巻131を発生させている。吸い込まれた空気は、吸引ポンプ103、流量計153を経て吸引装置101の外へ排気される。

[0005] 人工竜巻131は、円筒形状の吸引口ダクト106が回転することで発生する。しかし、吸引口ダクト106の内壁による空気を回転させる力が弱いので、人工竜巻131の回転力は弱く且つ不安定である。したがって、人工竜巻131を継続的に発生させることは困難である。

- [0006] 人工竜巻 1 3 1 を発生させて吸引する装置が、特許文献 1 乃至 5 に示されている。特許文献 1 には、吸引口に吸引口の口径より大きいファンと同じ大口径の円筒ダクトファンと共にして回転させて人工竜巻 1 3 1 を発生させる換気装置が示されている。この換気装置では、円筒ダクトの全長がファンの厚みの 2 倍以上必要なので、換気装置の体格が大きくなってしまう。また、円筒ダクトの内側にガイドベーン等を設けファンと一体で設置する必要がある。
- [0007] 特許文献 2 には、吸引口に円錐型のダクトを付け、ダクトの大口径側の周辺に、旋回流を発生させるように吸気口を設ける吸気ノズルが示されている。この吸気ノズルは大型となり、吸気口に噴流を供給する送風機が必要である。
- [0008] 特許文献 1、2 の装置は、吸引のみの構造で人工竜巻を発生させるが、自転する大口径の円筒ダクト、または円錐型のダクトおよび噴流を供給する送風機を必要とする。
- [0009] 特許文献 3 には、吸引口周りに吸引流を集める大型のフードをつけ、フードの下流側にエアカーテンでゾーンを作り、ゾーン内部にエアカーテンを構成する 4 本のパイプのエア吐出口から旋回流を構成するようにエアを吐出し人工竜巻 1 3 1 を発生させ吸引口に吸引する排気装置が示されている。この排気装置には、大型フード、エアカーテン用のパイプ、及びエアカーテン用の専用の噴流を発生させる送風装置が必要である。
- [0010] 特許文献 4 には、吸引口周りに、大型のフードをつけ、フード内側に外気を周方向に噴流を吐出して旋回流を発生して上流側に 1 次竜巻として床面に吐出し、床面の反射流として 2 次竜巻を発生させて吸引口に吸引させる換気装置が示されている。この排気装置には、大型フード、1 次竜巻を発生させる噴流専用の送風装置、及び 2 次竜巻（人工竜巻 1 3 1）を発生させる床面が必要である。
- [0011] 特許文献 5 には、一方に吸引口、他方に吐出口を設け、吐出口の上流に円筒ダクトを設け、円周に沿って噴流を吐出旋回流を発生させ吐出口から人工

竜巻を発生させ、吸引口に吸引する換気装置を有する焼成調理装置が示されている。この焼成調理装置は、吸引口の方々に吐出装置が必要である。

[0012] 特許文献3乃至5の装置は、吸引側だけでなく、その他方側に床面や噴流を吹き出す装置が必要で、大掛かりな設備を必要とする。

[0013] よって、従来の人工竜巻を利用する装置は、いずれも人工竜巻を発生させるために大型のダクトやフード、旋回流を発生させる噴流用の送風装置が必要となる問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1：特開平5－296511号公報

特許文献2：特開2014－181888号公報

特許文献3：特開平8－285340号公報

特許文献4：特開2000－234773号公報

特許文献5：特開2008－256292号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] 本発明の課題は、吸引側が安定的に人工竜巻を発生させることのできる吸引装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0016] 本開示の1つの観点によれば、吸引装置は、流体を吸引しながら公転軸周りに公転する吸引口を備える。このように、吸引口が流体を吸引しながら公転軸周りに公転することで、従来よりも安定的に人工竜巻を発生することができる。

[0017] また、別の観点によれば、前記吸引口が前記公転軸周りに公転することにより、前記吸引口の最外周部が描く形状の内側の領域に公転ゾーンが形成される。

[0018] 吸引口を公転させ公転ゾーンを構成することで、吸引口に空気が円周方向

に引きずられることにより公転ゾーンの円周方向速度ベクトル V_{θ} を発生させる。円周方向速度ベクトル V_{θ} は、強くて安定な人工竜巻を発生させる吸引装置を提供する。吸引装置の吸引口を公転させる機構のみでも人工竜巻を発生させることができる。

[0019] また、別の観点によれば、前記吸引口が前記公転軸の周りを公転するときに前記公転ゾーンの内側に負圧領域が発生する。

[0020] このように、公転ゾーン内部に負圧領域を有することで、半径方向速度ベクトル V_r を更に強力にすることができる。よって、円周方向速度ベクトル V_{θ} と半径方向速度ベクトル V_r の合成速度ベクトル V_t により、強力で安定した人工竜巻を発生させることができる。

[0021] また、別の観点によれば、前記公転ゾーンの吸引速度は、前記公転軸側の内部から外周部にかけて小さくなる速度勾配を有する。このようになっていることで、公転中心 10 を中心とする円の半径方向に作用する半径方向速度ベクトル V_r が発生する。

[0022] また、別の観点によれば、前記吸引口が前記流体を吸引しているときに前記吸引口を前記公転軸周りに公転させる駆動装置を、吸引装置が備える。このような駆動装置により、従来よりも安定的に人工竜巻を発生することができる。

[0023] また、別の観点によれば、吸引装置は、前記吸引口を備える吸引口ダクトと、前記吸引口ダクトに接続される連結ダクトと、前記連結ダクトに接続される吸引ダクトと、を備える。また、前記吸引ダクトは、前記公転軸が内部に位置するように、前記公転軸を取り囲んで伸びる。また、前記連結ダクトは、前記吸引ダクト側の開口部から前記吸引口ダクト側の開口部まで、前記公転軸から遠ざかるように伸びる。また、前記吸引口ダクトは、前記公転軸から離れた位置にある。また、前記吸引ダクトが前記公転軸を中心として自転すると、前記連結ダクトおよび前記吸引口ダクトが前記公転軸の周りに公転し、その結果、前記吸引口が前記公転軸の周りを公転する。このような簡素な構成により、従来よりも安定的に人工竜巻を発生することができる。

[0024] また、別の観点によれば、吸引装置は、前記吸引口が開けられた回転板と、前記回転板に接続される吸引口ダクトと、前記吸引口ダクトに接続される吸引ダクトと、を備える。また、前記吸引口は、前記回転板において、前記公転軸から離れた位置に開けられる。また、前記回転板が前記公転軸を中心として自転すると、前記吸引口が前記公転軸の周りを公転する。このような簡素な構成により、従来よりも安定的に人工竜巻を発生することができる。

[0025] また、別の観点によれば、前記吸引口が自転する。吸引口が自転することで、人工竜巻を更に、強力で安定させることができる。吸引口ダクトの内壁に発生する摩擦力が利用できるからである。

[0026] また、別の観点によれば、駆動装置は、吸引口が流体を吸引しているときに前記吸引口を公転軸周りに公転させる。このように、吸引口が流体を吸引しながら公転軸周りに公転するよう、駆動装置が作動することにより、従来よりも安定的に人工竜巻を発生することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]第1実施形態に係る吸引装置を示す。

[図2A]第2実施形態に係る吸引装置の正面図である。

[図2B]第2実施形態に係る吸引装置の側面図である。

[図3]実験状態の模式図を示す。

[図4]実験装置を示す。

[図5]実施例1、実施例2の実験条件を示す。

[図6A]実施例1の結果を示す（ドライアイスミスト）。

[図6B]実施例1の結果を示す（ドライアイスミスト）。

[図7A]実施例1の結果を示す（タフト）。

[図7B]実施例1の結果を示す（タフト）。

[図8]ポテンシャル流の速度分布を示す図である。

[図9]吸引口を公転された場合の速度分布を示す図である。

[図10]渦度の水平面内分布を示す図である。

[図11A]周方向速度の水平面内分布を示す図である。

[図11B]周方向速度の水平面内分布を示す図である。

[図12A]周方向速度の径方向分布を示すグラフである。

[図12B]周方向速度の最大値と公転の回転数との関係を示すグラフである。

[図13]人工竜巻が発生するメカニズムを示す（公転半径＜吸引口半径）。

[図14]人工竜巻が発生するメカニズムを示す（公転半径＞吸引口半径）。

[図15A]実施例2の結果を示す（ドライアイスミスト）。

[図15B]実施例2の結果を示す（ドライアイスミスト）。

[図16]実施例3の実験条件を示す。

[図17A]実施例3の結果を示す（ドライアイスミスト）。

[図17B]実施例3の結果を示す（ドライアイスミスト）。

[図18A]実施例3の結果を示す（タフト）。

[図18B]実施例3の結果を示す（タフト）。

[図19]第3実施形態に係る空調装置を示す図である。

[図20]従来の吸引口の流れを示す。

[図21]従来の人工竜巻を発生させる吸引装置の例を示す。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。本発明は、以下の実施形態に限定されるものではなく、発明の範囲を逸脱しない限りにおいて、変更、修正、改良を加え得るものである。

[0029] （第1実施形態）

図1に、本発明の第1実施形態を示す。第1実施形態は、吸引口5の公転が、吸引ダクト8の公転軸11周りの自転により、実現されている。

[0030] 本実施形態の吸引装置1は、吸引口ダクト6と、連結ダクト7と、吸引ダクト8と、吸引ポンプ3と、吐出ダクト9と、不図示の駆動装置を有している。吸引口ダクト6は、連結ダクト7から遠い側の端部に、吸引口5を有している。吸引口ダクト6、連結ダクト7、および吸引ダクト8は、一体的に回転する。

[0031] 吸引口ダクト6、連結ダクト7、および吸引ダクト8が一体的に回転する

と、吸引口 5 は、公転中心 10 の回りを公転する。公転中心 10 は公転軸 11 上にある。吸引口 5 は、円形をしており円の中心点を公転ポイント 13 とする。公転ポイント 13 と公転中心 10 との距離を公転半径 R とする。公転ゾーン 15 は、吸引口 5 が公転中心 10 の回りを公転するときに吸引口 5 の最外周部が描く形状（すなわち円弧）の内側の領域である。なお、最外周部とは、公転軸 11 を中心とする径方向の最も外側の周をいう。吸引口 5 が公転中心 10 の回りを公転するときに吸引口 5 の最内部が描く吸引口内側軌跡 16 の内側も、公転ゾーン 15 に含まれる。なお、最内部とは、公転軸 11 を中心とする径方向の最も内側の部分をいう。

[0032] 吸引口 5 が公転中に吸引ポンプ 3 が作動すると、空気が吸引口 5 から吸引口ダクト 6 内に流入し、その後、連結ダクト 7、吸引ダクト 8、吸引ポンプ 3、吐出ダクト 9 をこの順に通って、吐出ダクト 9 から流出する。

[0033] すなわち、吸引口 5 を有する吸引口ダクト 6 の連結ダクト 7 に近い側の開口部は、連結ダクト 7 の一方の開口部に接続されている。連結ダクト 7 の他方の開口部は、吸引ダクト 8 の一方の開口部と接続されている。吸引ダクト 8 の他方の開口部は、吸引ポンプ 3 の吸入口に接続されている。吸引ポンプ 3 の吐出口には吐出ダクト 9 の一方の開口部が接続されている。吐出ダクト 9 の他方の開口部は、開放されている。

[0034] 吸引ダクト 8 は、公転軸 11 がその内部に位置するように、公転軸 11 を取り囲んで、公転軸 11 に沿って、伸びる。連結ダクト 7 は、吸引ダクト 8 側の開口部から吸引口ダクト 6 側の開口部まで、公転軸 11 から遠ざかるように、伸びている。吸引口ダクト 6 は、公転軸 11 から離れた位置で、公転軸 11 に平行に、伸びている。

[0035] 吸引ダクト 8 が、不図示の駆動装置（例えば電気モータ）によって駆動されて、公転軸 11 を中心として向き 12 に自転すると、連結ダクト 7 および吸引口ダクト 6 が公転軸 11 の周りに公転する。その結果、上述の通り、吸引口 5 が公転中心 10 の回りを公転する。公転ポイント 13 の公転軌道は公転中心 10 を中心とする円である。

[0036] 公転軸 11 は吸引装置 1 の吸引ダクト 8 の中心線に一致している。したがって、不図示の駆動装置が、吸引ダクト 8 を、吸引ダクト 8 の中心線回りに回転させると、吸引口 5 は、公転軸 11 回りに、公転半径 R を有して公転する。

[0037] 吸引口 5 が公転しながら空気を吸引すると、吸引口 5 には、空気が人工竜巻 31 を形成して吸引される。空気は連続流体であるので、吸引口 5 の公転回転数 N は人工竜巻 31 の渦の回転数とほぼ同じになる。人工竜巻 31 は、吸引口 5 の上流側の公転軸 11 方向に形成される。よって、人工竜巻 31 による公転軸 11 の方向への指向性をもつ吸引流が形成されることになる。

[0038] 人工竜巻 31 の周囲の空気は、人工竜巻 31 に殆ど吸引されず、速度の小さい随伴流 33 として吸引装置 1 側へ流れる。

[0039] (第 2 実施形態)

図 2 A、図 2 B に、本発明の第 2 実施形態を示す。図 2 A は、本実施形態における吸引装置 1 の正面図、本実施形態における吸引装置 1 の図 2 B は、側面図を示す。第 2 実施形態は、吸引口 5 の公転を、回転板 4 の公転中心 10 を中心とする自転により実現している。公転中心 10 は、第 1 実施形態と同様、公転軸 11 上にある。回転板 4 は、円盤形状を有しているが、他の形状であってもよい。

[0040] 図 2 B において、回転板 4 は、モータ等の駆動装置（図示せず）により、公転軸 11 の回りに回転する。吸引口ダクト 6 および吸引ダクト 8 は、回転板 4 と一体に回転してもよいし回転しなくてもよい。

[0041] 回転板 4 に開けられた孔が吸引口 5 である。回転板 4 は、吸引口ダクト 6 の一方の開口部に接続する。吸引口ダクト 6 の他方の開口部は、吸引ダクト 8 の一方に接続される。吸引口ダクト 6 と吸引ダクト 8 の中心線は共通しており公転軸 11 であり、回転板 4 の中心は、公転軸 11 上にあり公転中心 10 となる。

[0042] 吸引ダクト 8 の他方の開口部は、吸引ポンプ 3 の吸引口 5 に接続される。吸引ポンプ 3 の吐出口には、吐出ダクト 9 の一方の開口部が接続される。吐

出ダクト 9 の他方の開口部は、開放されている。

[0043] 吸引口ダクト 6 の口径は、吸引ダクト 8 の口径より大きくなるが、一方の回転板 4 側の開口部より、他方の吸引ダクト 8 側の開口部に向けてテーパ状にして、吸引口ダクト 6 の内部の空気抵抗を小さくしても良い。

[0044] 回転板 4 が回転しているときに吸引装置 1 の吸引ポンプ 3 が駆動されると、空気は、吸引口 5 から吸引され、吸引口 5 から吸引口ダクト 6 内に流入し、その後、吸引ダクト 8、吸引ポンプ 3、吐出ダクト 9 をこの順に通って、吐出ダクトの他方の開口部から流出する。

[0045] 図 2 A において、回転板 4 に設けられた吸引口 5 は、回転板 4 において、公転軸 11 から離れた位置に開けられている。したがって、回転板 4 が回転すると、公転中心 10 の周りに、公転方向 12 に公転する。

[0046] 空気は連続流体であるので、吸引口 5 の公転回転数 N は人工竜巻 31 の渦の回転数とほぼ同じになる。吸引口 5 は円形をしており、円の中心点が公転ポイント 13 である。公転ポイント 13 と公転軸 11 の距離が、公転半径 R である。回転板 4 の回転により、公転ポイント 13 は、公転半径 R の円形の公転軌跡 14 を描く。

[0047] 公転ゾーン 15 は、吸引口 5 が公転中心 10 の周りを公転するとき吸引口 5 の最外周部が描く円弧の領域である。吸引口 5 が公転中心 10 の周りを公転するとき吸引口 5 の最内部が描く吸引口内側軌跡 16 の内側も、公転ゾーン 15 に含まれる。

[0048] このように、本実施形態では、吸引口ダクト 6 および吸引ダクト 8 は、公転軸 11 が内部に位置するように、公転軸 11 を取り囲んで伸びる。また、吸引口 5 は、回転板 4 において、公転軸 11 から離れた位置に開けられる。また、回転板 4 が公転軸 11 を中心として自転すると、吸引口 5 が公転軸 11 の周りを公転する。

[0049] なお、第 1 実施形態、第 2 実施形態共に、以下のような特徴を共有する。吸引口内側軌跡 16 は、公転半径 R が吸引口半径より大きい場合に存在し、公転半径 R が吸引口半径より小さい場合には存在しない。

[0050] 吸引口 5 の公転ポイント 1 3 は、公転軸 1 1 周りに、公転半径 R を有して公転する。吸引口 5 の形状は円形だけでなく楕円形、正方形等でもよい。公転ポイント 1 3 は、吸引口 5 の公転を規定できるポイントであれば、吸引口 5 の中心でなくてもよい。公転ポイント 1 3 の公転した軌跡は公転軌跡 1 4 で示される。公転方向 1 2 は、図 1、図 2 A に示した方向とは逆方向でもよい。この場合、人工竜巻 3 1 の渦の流れも逆方向となる。

[0051] (実験結果)

図 3 に、図 1 に示した第 1 実施形態の吸引装置 1 が床面 2 5 上に鉛直に設置された実験環境の模式図を示す。吸引口 5 の公転方向 1 2 と吸引口ダクト 6 の自転方向 1 9 は、同じ回転方向である。吸引口ダクト 6 を自転方向 1 9 に自転させた場合、人工竜巻 3 1 には、自転による回転方向 3 5 の回転が加わる。なお、吸引口ダクト 6 の自転とは、吸引口 5 と共に公転軸 1 1 を中心に回転する座標系に対する、吸引口ダクト 6 の自転をいう。

[0052] 吸引口 5 が公転すると、随伴流 3 3 は、床面 2 5 上を水平に人工竜巻 3 1 に向かって引き寄せられるように流れ、人工竜巻 3 1 の近傍で吸引装置 1 のある鉛直上方へ流れる。

[0053] 図 4 に、図 3 に示す実験状態の模式図を具体化した実験装置を示す。吸引ポンプ 3 の吐出側に風量を測定する流量計 5 3 が設置されている。

[0054] 吸引口 5 と床面 2 5 との間が観察領域 5 9 である。観察領域 5 9 の高さは 200 mm である。被駆動部 5 5 は、図 3 に示す吸引口ダクト 6、連結ダクト 7、及び吸引ダクト 8 に相当する。第 1 モータ 5 7 は、被駆動部 5 5 を回転させることで吸引口 5 を公転させる駆動装置である。

[0055] また、被駆動部 5 5 の下部には吸引口 5 を自転させる第 2 モータ 5 8 が搭載されている。第 2 モータ 5 8 は被駆動部 5 5 と共に移動する。第 2 モータ 5 8 に電源を供給するために被駆動部 5 5 の上部にブラシ機能を持つスリップリング 5 1 が搭載されている。観察領域 5 9 における人工竜巻 3 1 の可視化観察を、ドライアイスミスト、タフトを使って行った。

[0056] (実施例 1)

実施例 1 では、吸引口 5 の公転のみと自転のみによる人工竜巻 3 1 の発生が確認された。図 5 に、実施例 1 および実施例 2 の実験条件を示す。風量 Q は、 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 。吸引口 5 の内径は、 32 mm である。これは、実施例 3 も同様である。

[0057] Case 1-1、1-2、1-3 は、吸引口 5 が自転のみする例の実験条件を示す。これは、図 20 の例 (b) に示す従来の吸引口 105 及び吸引口ダクト 106 の自転のみの例の条件である。

[0058] この実験条件では、第 2 モータ 58 をオフし、公転半径 R を 0 mm として、第 1 モータ 57 をオンすることにより行った。よって、図 5 の公転回転数 N は、実際には吸引口 5 公転回転数ではなく吸引口 5 の自転回転数 n に相当する。よって、自転回転数 n は、それぞれ 120 rpm 、 150 rpm 、 180 rpm としたことになる。

[0059] 公転のみの実験条件を、Case 1-4 ~ 1-12 に示す。Case 1-4、1-5、1-6 は、公転半径 R を 10 mm とした。Case 1-7、1-8、1-9 は、公転半径 R を 20 mm とした。Case 1-10、1-11、1-12 は、公転半径 R を 30 mm とした。

[0060] 公転回転数 N は、それぞれ 120 rpm 、 150 rpm 、 180 rpm とした。人工竜巻 3 1 の発生状況の観察は、それぞれ 3 分間行った。

[0061] 図 6 A、図 6 B に、実施例 1 の結果を示す。この実験結果では、空気流の可視化のためにドライアイスミストが用いられている。図 6 A は、Case 1-12 に対応し、公転半径 $R = 30 \text{ mm}$ 、公転回転数 $N = 180 \text{ rpm}$ 、自転回転数 $n = 0 \text{ rpm}$ 、公転のみの条件である。

[0062] 図 6 B は、Case 1-3 に対応し、公転半径 $R = 0 \text{ mm}$ 、公転回転数 $N = 0 \text{ rpm}$ 、自転回転数 $n = 1800 \text{ rpm}$ 、自転のみの条件である。

[0063] 図 6 A の公転のみの例では、人工竜巻 3 1 は、観察中、3 分間途切れることなく継続し、渦管の太さはほぼ一定であった。一方、図 6 B の自転のみの例では、人工竜巻 3 1 は、長くても 120 秒程度の継続で 3 分継続することは無かった。また、渦管の太さは吸引口 5 に近づくにつれて細くなった。以

上のように、自転のみの場合に比べて、公転のみの場合は、人工竜巻 31 が強くかなり安定して観察された。

[0064] 図 7 A、図 7 B に、実施例 1 の結果を示す。この実験結果では、空気流の可視化のためにタフトが用いられている。それ以外の条件については、図 7 A と図 6 A で同じであり、かつ、図 7 B と図 6 B とで同じである。

[0065] 床面 25 上の公転軸 11 との交差部近傍にタフト 23 をつけて、人工竜巻 31 の床面 25 での吸引力を観察した。図 7 A の公転のみの例では、人工竜巻 31 は、観察中、3 分間途切れることなくタフト 23 が鉛直に持ち上げられることを確認した。よって、遠隔吸引が可能であることを確認した。一方、図 7 B の自転のみでは、人工竜巻 31 は、タフト 23 は、鉛直方向に持ちあげられないことを観察した。よって、遠隔吸引は困難であることを確認した。

[0066] 図 8 に、図 4 の実験環境において公転も自転もない状態で吸引を行った場合の、上方向への空気の流速分布を示す。黒塗り部分の流速が 5 m/s 以上、白部分の流速が 5 m/s 未満である。この流速分布は、周知の P I V (P a r t i c l e I m a g e V e l o c i m e t r y) により計測された。図中、縦軸が、吸引口 5 の位置をゼロ点とする上下方向位置、横軸が、水平方向位置に対応する。図 8 の例では、上向き 5 m/s 以上の流速は、吸引口 5 の公転中心 10 を中心とする半円状の領域にて実現する。この例では、空気のポテンシャル流れの速度場が実現するので、吸引口 5 から 30 mm 以上離れた位置では、空気の速度がほぼ 0 m/s である。

[0067] 図 9 に、P I V による吸引口 5 を公転された場合の速度分布を示す。黒塗り部分の流速が 5 m/s 以上、白部分の流速が 5 m/s 未満である。図 9 の上段に、公転半径 R を 8 mm (すなわち、吸引口 5 の内径 $\phi 32 \text{ mm}$ の 0.25 倍) として、公転のみを実現した種々の公転速度における、上方向への空気の流速分布を示す。図 9 の下段に、公転半径 R を 12 mm (すなわち、吸引口 5 の内径 $\phi 32 \text{ mm}$ の 0.375 倍) として、公転のみを実現した (左から公転回転数 120 、 150 、 180 、 210 rpm) の実験結果にお

ける、上方向への空気の流速分布を示す。いずれの場合も、上部の吸込口 5 の付近には吸込口 5 の公転に伴う高速域が発生し、その高速域の鉛直下端に向かって上方への流速が高い渦管の速度場（人工竜巻 31）が床面 25 から発生している。よって、床面 25 に置かれた物の遠隔吸引が可能である。ここで、吸込口 5 と床面 25 の間隔は 200 mm であるが、図 9 において P1V の計測上の制約から吸込口 5 から 140 mm である。即ち、人工竜巻 31 は、吸引口 5 から遠い場所においても実現している。

[0068] 図 10 は、公転半径 R が 8 mm（すなわち、吸引口 5 の内径 $\phi 32$ mm の 0.25 倍）、公転速度が 150 rpm、公転のみの実験における、水平面内の空気の渦度 w_z の、所定時間幅に亘る平均値を示す図である。この水平面の吸引口からの鉛直方向の距離は、吸引口 5 の内径と同じ 32 mm である。また、この図の中心位置は、上記所定時間幅において常に空気の渦管の中心位置に位置するように調整されている。すなわち、この図の中心位置は、空気の渦管の中心位置と共に移動する座標系の原点である。渦度 w_z は、黒塗り部分が 5000 ($1/s$) 以上、白部分が 5000 ($1/s$) 未満である。よって、空気の渦管の中心部には大きな渦度が発生している。尚、白部分に記載されている矢印は水平面内の空気の周方向速度 V_θ である。

[0069] 図 11 A は、公転半径 R が 8 mm、公転速度が 150 rpm、公転のみの実験における、水平面内の空気の周方向速度 V_θ の、所定時間幅に亘る平均値を示す。この水平面の吸引口からの距離は、吸引口 5 の内径の 4 倍である 128 mm である。この図の中心位置は、上記所定時間幅において常に空気の渦管の中心位置に位置するように調整されている。なお、周方向とは、渦管の中心位置を中心とする周方向である。周方向速度 V_θ は、黒塗り部分が 3 m/s 以上、白部分が 3 m/s 未満である。よって、空気の渦管の中心部は周方向速度 V_θ が 3 m/s 以上の範囲がドーナツ状に存在し、ドーナツの中心は周方向速度 V_θ が小さく、図 9 に示す上方向の空気流れが大きくなっている。

[0070] 図 11 B は、公転半径 R が 8 mm、公転速度が 120 rpm、公転のみの

実験における、水平面内の空気の周方向速度 V_θ の、所定時間幅に亘る平均値を示す。この水平面の吸引口からの距離は、吸引口 5 の内径の 4 倍である 128 mm である。この図の中心位置は、上記所定時間幅において常に空気の渦管の中心位置に位置するように調整されている。周方向速度 V_θ は、黒塗り部分が 3 m/s 以上、白部分が 3 m/s 未満である。よって、空気の渦管の中心部は周方向速度 V_θ が 3 m/s 以上の範囲がドーナツ状に存在し、ドーナツの中心は周方向速度 V_θ が小さく、図 9 に示す上方向の空気流れが大きくなっている。

[0071] また、図 12 A は、空気の周方向速度 V_θ の所定時間幅に亘る平均値の、径方向分布を示す。図 12 A に示された結果は、公転半径 R を 8 mm とした場合において、7 種類の公転回転数 N について得られた結果である。ここでいう径方向は、各時点における渦管の中心を中心とする径方向である。この水平面の吸引口からの距離は、吸引口 5 の内径の 4 倍である 128 mm である。この図の中心位置は、上記所定時間幅において常に空気の渦管の中心位置に位置するように調整されている。

[0072] この図 12 A に示すように、空気の渦の周方向速度 V_θ は極大値を有する。極大値の径方向内側は、急激に減少し中心部がほぼ 0 m/s となる剛体渦として振る舞う。極大値の径方向外側は緩やかに減少する自由渦として振る舞う。つまり、この渦は、一般的なランキン渦状タイプの竜巻と同等の周方向速度分布を有している。

[0073] ここで、公転速度 N が 150 rpm の黒丸のグラフにおいて、縦軸の周方向速度 V_θ が 3000 mm/s (3 m/s) で水平線を引いて、グラフの上部を黒塗り、下部を白で表示したのが図 11 A となる。

[0074] 図 9、図 11 A、図 11 B、図 12 A に示すように、人工竜巻 31 は、吸引口 5 に向かう大きな速度をもつ気流と極大値を有する周方向速度 V_θ と極大値の内側には大きな吸引口 5 に向かう気流を有している。

[0075] 図 12 B は、図 12 A で示した結果において、各公転回転数 N における、周方向速度 V_θ の径方向分布における極大値を示すグラフである。横軸が公

転回転数 N に対応し、縦軸が、周方向速度 V_θ の径方向分布における極大値に対応する。

[0076] この図に示すように、周方向速度 V_θ の径方向分布における極大値は、 $N < 120 \text{ rpm}$ では、 N が増大するにつれて増大し、 $N = 120 \text{ rpm}$ において最大値に達し、 $N > 120 \text{ rpm}$ では、 N が増大するにつれて減少する。

[0077] 図13に、公転半径 $R <$ 吸引口半径における人工竜巻が発生するメカニズムを示す概念図を示す。吸引口5は、公転中心10の周りを、公転方向12に公転している。吸引口5が 90° づつ3回回転した回転位置を破線で3点示す。円形である吸引口5の中心点を公転ポイント13で示す。公転半径 R である公転ポイント13の軌跡を公転軌跡14で示す。吸引口5の公転によりカバーする吸い込み範囲を公転ゾーン15とする。

[0078] 吸引口5は、空気を吸引しながら 120 rpm 程度で公転するので、公転ゾーン15の面内の空気には、2種類の速度ベクトル（円周方向速度ベクトル V_θ 、半径方向速度ベクトル V_r ）が作用する。

[0079] なお、円周方向速度ベクトル V_θ と周方向速度 V_θ は同じ記号表記であるが、前者は3次元ベクトル量であり、後者はスカラー量である。円周方向速度ベクトル V_θ の大きさが、周方向速度 V_θ に相当する。

[0080] 円周方向速度ベクトル V_θ は、吸引口5の公転により連続流体である空気が円周方向に引きずられることにより発生し、公転中心10を中心とする円の円周方向に作用する。なお、円周方向速度ベクトル V_θ のみでも人工竜巻31は発生する。

[0081] 半径方向速度ベクトル V_r は、吸引口5の公転により公転ゾーン15内の吸引風量に速度勾配が発生することにより発生し、公転中心10を中心とする円の半径方向に作用する。公転ゾーン15内の吸引速度の速度勾配は、公転中心10の周囲が大きくなり、外側に移るほど小さくなる。吸引口5は、公転軸11の周囲では常時吸引しているが、外側では公転により間欠的に吸引するからである。よって、半径方向速度ベクトル V_r は、公転中心10を

中心とする円の半径方向に作用する。

[0082] よって、人工竜巻31は、円周方向速度ベクトル V_θ と半径方向速度ベクトル V_r の合成速度ベクトル V_t により更に強力で安定して発生する。合成速度ベクトル V_t は、人工竜巻31の渦の方向になる。

[0083] 図14に、公転半径 $R >$ 吸引口半径における人工竜巻が発生するメカニズムを示す概念図を示す。吸引口5は、公転軸11の周りを、公転方向12に公転している。吸引口5が90°づつ3回回転した位置を破線で3点示す。円形である吸引口5の中心点を公転ポイント13で示す。公転半径 R である公転ポイント13の軌跡を公転軌跡14で示す。吸引口5の公転によりカバーする吸い込み範囲を公転ゾーン15とする。公転中心10の近傍には、吸引口5の内側軌跡である吸引口内側軌跡16が存在する。

[0084] 吸引口5は、空気を吸引しながら120rpm程度で公転するので、公転ゾーン15の空気には、2種類の速度ベクトルが作用する。

[0085] 円周方向速度ベクトル V_θ は、吸引口5の公転により連続流体である空気が円周方向に引きずられることにより発生し、公転中心10を中心とする円の円周方向に作用する。なお、円周方向速度ベクトル V_θ のみでも人工竜巻31は発生する。

[0086] 半径方向速度ベクトル V_r は、吸引口5の公転により公転ゾーン15内の吸引風量に速度勾配が発生することにより発生し、公転中心10を中心とする円の半径方向に作用する。公転ゾーン15内の吸引速度の速度勾配は、吸引口内側軌跡16の外部近傍が大きくなり、外側に移るほど小さくなる。吸引口5は、公転により間欠的に吸引するが、吸引口内側軌跡16の外部近傍の吸引の間隔時間は短く、一方、公転ゾーン15部の外側では吸引の間隔時間が長くなるからである。よって、半径方向速度ベクトル V_r は、公転軸11を中心とする円の半径方向に作用する。

[0087] また、吸引口内側軌跡16の内側は大気圧（静圧）に比べ負圧になる。即ち、吸引口内側軌跡16の内側では閉塞空間からの吸引と同等の状態になり静圧は負圧となる。吸引口内側軌跡16の内側が閉塞空間と同等の状態にな

るのは、吸引口 5 は、 120rpm （2 回／秒）程度的高速回転と同時に空気を吸引しているので、公転ゾーン 15 の外側の空気の吸引は解放空間からの吸引状態になるのに対して、吸引口内側軌跡 16 の内側からの吸引は限定された空間からの吸引になるからである。よって、この負圧により、公転中心 10 を中心とする円の半径方向に作用する半径方向速度ベクトル V_r は、大きくなる。

[0088] 以下、大気圧（静圧）からある位置の圧力（静圧）を減算した結果の量を、その位置の負圧レベルという。公転ゾーン 15 内では、径方向中心部における負圧レベルは、公転中心 10 を中心とする径方向中心部よりも当該径方向外側にある径方向外周部における負圧レベルよりも大きい。より具体的には、公転ゾーン 15 内における負圧レベルは、公転中心 10 から離れるほど小さくなる。

[0089] よって、強力な人工竜巻 31 は、円周方向速度ベクトル V_θ と半径方向速度ベクトル V_r の合成速度ベクトル V_t により発生する。合成速度ベクトル V_t は、人工竜巻 31 の渦の方向になる。

[0090] なお、図 13 に示す公転半径 $R <$ 吸引口半径においても、公転ゾーン 15 の内部に限定された範囲から吸引する状況が発生するので負圧が発生している。以上より、吸込口 5 を公転させることにより、吸込流れを、指向性を有する流れである人工竜巻 31 にすることができる。

[0091] 上述したメカニズムで人工竜巻 31 が、公転ゾーン 15 に発生すると、人工竜巻 31 は、公転軸 11 の吸引口 5 の上流側に向けて発達していく。空気は連続流体であるので、吸引口 5 の公転回転数 N は人工竜巻 31 の渦の回転数とほぼ同じになる。

[0092] この際、人工竜巻 31 は、その先端部から主に空気を吸引し、その側面からはあまり吸引しない。人工竜巻 31 の側面には、随伴流 33 がゆるやかに吸引装置 1 の公転ゾーン 15 の外側に向かって流れる。

[0093] よって、吸引装置 1 は、指向性のある吸引を行える。この指向性のある吸引は、大気自由空間の特定空間に存在する気体や、浮遊物を、効率的に吸

引する遠隔吸引を可能にする。

[0094] これらのようにして発生する人工竜巻31は、上向きの流れ、周方向の流れ、負圧による内向きの流れで構成される。そして、公転ゾーン15の構成が、人工竜巻31のうち、周方向の流れ、と内向きの流れを誘引する。上向きの流れは、公転ゾーン15が無くても（すなわち、吸込口5が公転しなくても）発生する。

[0095] また、公転半径 $R >$ 吸引口半径の場合、吸引口内側軌跡16の内側の静圧が大気圧（静圧）に比べて低い負圧になる。これにより、吸引口内側軌跡16の外側にある人工竜巻31が、吸引口内側軌跡16の内側に引っ張られる。その結果、人工竜巻31が従来よりも安定して長時間持続することができる。

[0096] また、公転半径 $R \leq$ 吸引口半径の場合も、公転軸11の近傍（具体的には、公転軌跡14よりも内側）の静圧が大気圧に比べて低い負圧になる。これにより、吸引口内側軌跡16の外側にある人工竜巻31が、負圧領域に引っ張られる。その結果、人工竜巻31が従来よりも安定して長時間持続することができる。

[0097] （実施例2）

実施例2では、公転半径 R による人工竜巻31の発生状況を観察した。図15A、図15Bに、実施例2の結果を示す。この実験結果では、空気流の可視化のためにドライアイスミストが用いられている。

[0098] 図15Aは、Case1-10に対応し、公転半径 $R = 30\text{ mm}$ 、公転回転数 $N = 120\text{ rpm}$ 、自転回転数 $n = 0\text{ rpm}$ で、公転のみの公転半径 $R = 30\text{ mm}$ の条件である。図15Bは、Case1-5に対応し、公転半径 $R = 10\text{ mm}$ 、公転回転数 $N = 120\text{ rpm}$ 、自転回転数 $n = 0\text{ rpm}$ で、公転のみの公転半径 $R = 10\text{ mm}$ の条件である。人工竜巻31は、公転半径 $R = 30\text{ mm}$ のほうが公転半径 $R = 10\text{ mm}$ より、低速回転数（ 120 rpm ）から安定して発生した。

[0099] （実施例3）

実施例 3 では、吸引口 5 の公転に吸引口 5 の自転を同時に与えて人工竜巻 3 1 を観察した。なお、自転方向は公転方向 1 2 と同じ方向である。吸引口 5 の公転により発生する人工竜巻 3 1 を、吸引口ダクト 6 の自転により補強するためである。

[0100] 図 1 6 に、実施例 3 の実験条件を示す。C a s e 2 - 1 ~ 2 - 3 6 まで、3 6 条件で人工竜巻 3 1 を観察した。

[0101] 図 1 7 A、図 1 7 B に、実施例 3 の結果を示す。この実験結果では、空気流の可視化のためにドライアイスミストが用いられている。図 1 7 A は、C a s e 1 - 5 に対応し、公転半径 $R = 10 \text{ mm}$ 、公転回転数 $N = 120 \text{ rpm}$ 、自転回転数 $n = 0 \text{ rpm}$ で、公転のみの条件である。

[0102] 図 1 7 B は、C a s e 2 - 1 1 に対応し、公転半径 $R = 10 \text{ mm}$ 、公転回転数 $N = 120 \text{ rpm}$ 、自転回転数 $n = 120 \text{ rpm}$ で、公転と自転を同時に与えた条件である。人工竜巻 3 1 は、公転のみの場合と比べて、自転を加えるとさらに安定化した。

[0103] 図 1 8 A、図 1 8 B に、実施例 3 の結果を示す。この実験結果では、空気流の可視化のためにタフト 2 3 が用いられている。それ以外の条件については、図 1 7 A と図 1 7 B の条件と同じである。タフト 2 3 は、公転のみに比べ、公転に自転を加えると、より高く上昇し、吸引力が大きくなっていることを確認した。

[0104] 吸引口ダクト 6 を自転方向 1 9 に自転させることにより、人工竜巻 3 1 には、図 3 に示すように、回転方向 3 5 の回転が加わる。その結果、人工竜巻 3 1 は更に強力になる。

[0105] 公転軌跡 1 4 の公転軌跡の形状は、円形だけでなく楕円形でもよいし、四角形でもよいし、六角形でもよい。吸引口 5 の形状は、円形だけでなく楕円形でもよいし、四角形でもよいし、六角形でもよい。吸引口 5 のサイズ（半径等）、吸引流量、公転半径 R 、及び公転回転数 N によって人工竜巻の強度を調節できる。図 4 の実験装置は、吸引口 5 を自転させる事もできるが、本発明の吸引装置 1 の人工竜巻 3 1 の発生作用は、吸引口 5 の公転に起因する

。

[0106] (第3実施形態)

次に、第3実施形態について図19を用いて説明する。本実施形態の空調装置60は、室内の天井または横壁に固定される。空調装置60は、室内を暖房するために、空気を加熱し、加熱された空気61を室内の鉛直斜め下方に吹き出す。従来は、室内の暖房時には、冷氣64が室内下方に滞留し、暖気が室内上方に滞留しがちである。このような温度分布は、室内下方の居住スペースが温まらないので暖房効率の悪化に繋がる。

[0107] これに対し、本実施形態の空調装置60は、図19に示すように、第1実施形態または第2実施形態に係る吸引装置1を有している。この吸引装置1の吸引口5は、室内鉛直下方または鉛直斜め下方に開口している。

[0108] 吸引装置1の作動形態は、第1、第2実施形態と同様である。吸引口5が空気を吸引しているときに吸引口5が公転軸11周りに公転することで、人工竜巻63が発生する。人工竜巻63が発生すると、室内下方の冷氣が吸引口5に吸引される。これにより、空調装置60から吹き出された空気（暖気）は、室内を矢印62のように室内下方に移動する。その結果、暖気が矢印62のように、室内の下端まで届き、室内下方の温度が上昇し上下の温度差が低減され暖房効率は向上する。

[0109] なお、吸引装置1によって吸引された冷氣は、空調装置60の内部で加熱され、その後、再度室内に吹き出される。

[0110] 以上、第1実施形態、第2実施形態、第3実施形態、及び実施例により、本発明は以下の作用および効果がある。

[0111] まず、流体を吸引する吸引口5を有する吸引装置1が、吸引口5を公転軸11周りに公転させることにより公転ゾーン15を有する。吸引口5を公転させ公転ゾーン15を構成することで、吸引口5に空気が円周方向に引きずられることにより公転ゾーン15の円周方向速度ベクトル V_θ を発生させる。円周方向速度ベクトル V_θ は、強くて安定な人工竜巻31を発生させる。

[0112] 吸引装置1の吸引口5を公転させる機構のみで人工竜巻31を発生させる

ことができるので、吸引装置 1 を小型でできる。よって、従来技術で必要であった、大型のダクトやフード、旋回流を発生させる噴流用の送風装置が不要とすることができる。ただし、上記実施形態の吸引装置 1 が、ダクト、フード、旋回流を発生させる噴流用の送風装置と、組み合わせて用いられてもよい。

[0113] また、公転ゾーン 15 の吸引速度は、公転軸側の内部から外周部にかけて小さくなる速度勾配を有する。公転軸側の内部から外周部にかけて小さくなる速度勾配を有することで、公転中心 10 を中心とする円の半径方向に作用する半径方向速度ベクトル V_r が発生する。

[0114] また、公転ゾーン 15 の内部に負圧領域がある。公転ゾーン 15 の内部に負圧領域を有することで、半径方向速度ベクトル V_r を更に強力にすることができる。

[0115] よって、円周方向速度ベクトル V_θ と半径方向速度ベクトル V_r の合成速度ベクトル V_t により、強力で安定した人工竜巻を発生させることができる。

[0116] また、吸引装置 1 は、吸引口 5 を有する吸引口ダクトに連結して、公転軸周りに自転する吸引ダクトを有している。吸引口を有する吸引口ダクト 6 に連結して、公転軸 11 周りに自転する吸引ダクト 8 があることで、吸引口 5 の公転を吸引ダクト 8 の自転のみで行うことができる。これにより吸引口 5 を公転させる機構を、モータの回転に直結できるので簡素化できる。

[0117] また、吸引口 5 が公転ポイント周りに自転する。吸引口 5 を公転ポイント 13 周りに自転させることで、人工竜巻を更に、強力で安定にすることができる。吸引口ダクト 6 の内壁で発生する摩擦力が利用できるからである。

産業上の利用可能性

[0118] 本発明の吸引装置 1 は、集塵装置、換気装置、排気装置、低圧発生装置、等に使用できる。具体的には、掃除機、工作機械の切り屑除去装置、高炉の集塵装置、分煙装置、焼肉屋の排煙装置、液面制御装置、等であり、人工竜巻 31 により、吸引に指向性を持たせ効率的に集塵、換気、排気等を行うこ

とができる。また、空気中の特定領域に飛散している埃等を、人工竜巻 3 1 によりその特定領域にフォーカスして集塵できる。人工竜巻 3 1 により、有害な蚊等の飛行中の捕獲も可能である。吸引装置 1 に吸引される流体は、空気だけでなく水素、酸素、窒素等の他の気体でも良い。また、液体（水、アルコール等）でも良い。

符号の説明

[0119]	1	吸引装置	3	吸引ポンプ
	4	回転板	5	吸引口
	6	吸引口ダクト	7	連結ダクト
	8	吸引ダクト	9	吐出ダクト
	10	公転中心	11	公転軸
	12	公転方向	13	公転ポイント
	14	公転軌跡	15	公転ゾーン
	16	吸引口内側軌跡	17	吸引口の自転軸
	19	吸引口の自転方向	21	ドライアイスミスト
	23	タフト	25	床面（上流側）
	31	人工竜巻	33	随伴流
	35	自転による回転方向		
	51	スリップリング	53	流量計
	55	被駆動部	57	公転用第 1 モータ
	58	自転用第 2 モータ	59	観察領域

請求の範囲

- [請求項1] 流体を吸引しながら公転軸（１１）周りに公転する吸引口（５）を備えた吸引装置。
- [請求項2] 前記吸引口（５）が前記公転軸（１１）周りに公転することにより、前記吸引口（５）の最外周部が描く形状の内側の領域に公転ゾーンが形成されることを特徴とする請求項１に記載の吸引装置。
- [請求項3] 前記吸引口（５）が前記公転軸（１１）の周りを公転するときに前記公転ゾーンの内部に負圧領域が発生することを特徴とする請求項２に記載の吸引装置。
- [請求項4] 前記公転ゾーンの吸引速度は、前記公転軸（１１）側の内部から外周部にかけて小さくなる速度勾配を有することを特徴とする請求項２または３に記載の吸引装置。
- [請求項5] 前記吸引口（５）が前記流体を吸引しているときに前記吸引口（５）を前記公転軸（１１）周りに公転させる駆動装置を備えた請求項１ないし４のいずれか１つに記載の吸引装置。
- [請求項6] 前記吸引口（５）を備える吸引口ダクト（６）と、
前記吸引口ダクト（６）に接続される連結ダクト（７）と、
前記連結ダクト（７）に接続される吸引ダクト（８）と、を備え、
前記吸引ダクト（８）は、前記公転軸（１１）が内部に位置するように、前記公転軸（１１）を取り囲んで伸び、
前記連結ダクト（７）は、前記吸引ダクト（８）側の開口部から前記吸引口ダクト（６）側の開口部まで、前記公転軸（１１）から遠ざかるように伸び、
前記吸引口ダクト（６）は、前記公転軸（１１）から離れた位置にあり、
前記吸引ダクト（８）が前記公転軸（１１）を中心として自転すると、前記連結ダクト（７）および前記吸引口ダクト（６）が前記公転軸（１１）の周りに公転し、その結果、前記吸引口（５）が前記公転

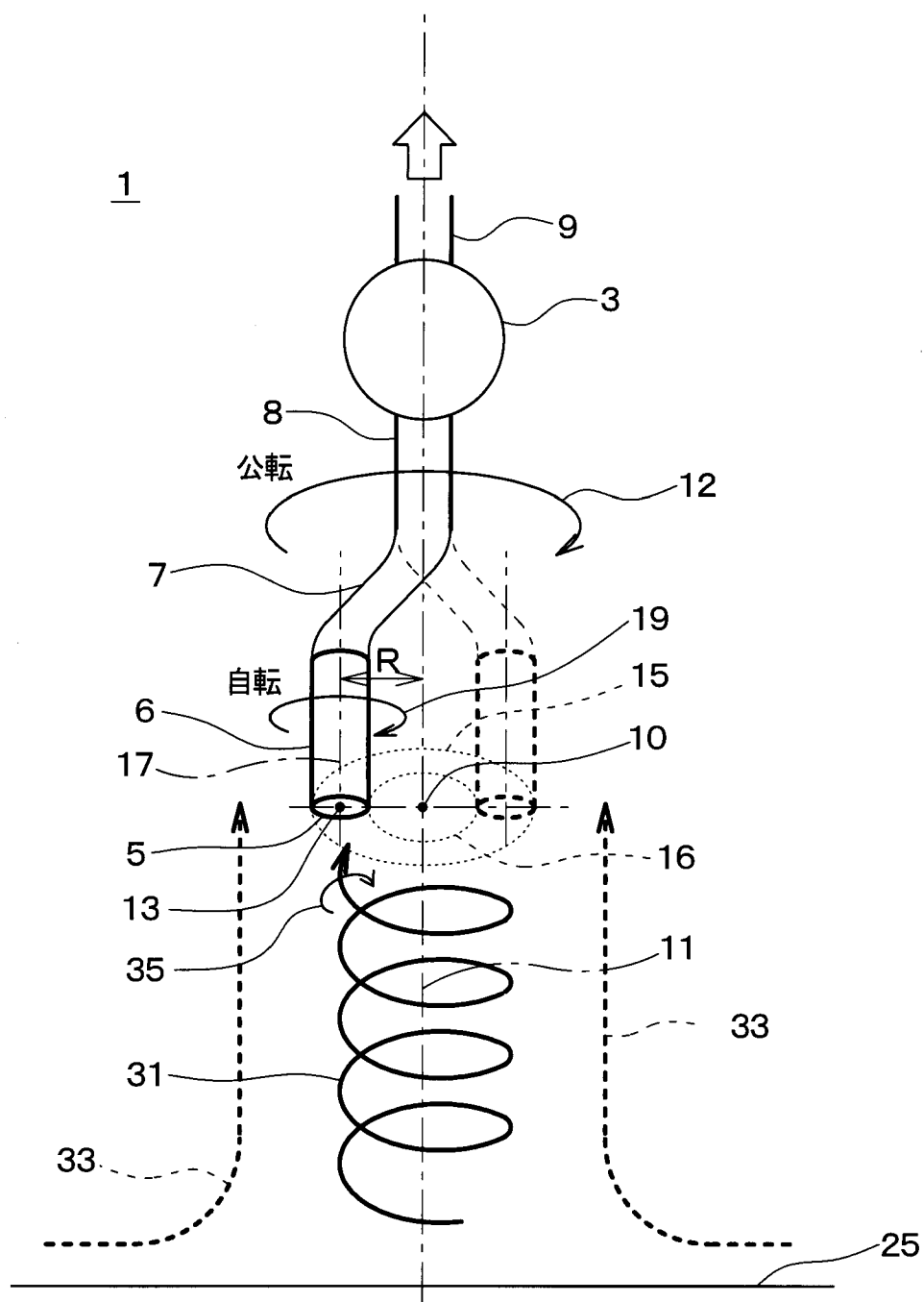
軸（１１）の周りを公転することを特徴とする請求項１ないし５のいずれか１つに記載の吸引装置。

- [請求項7] 前記吸引口（５）が開けられた回転板（４）と、
前記回転板（４）に接続される吸引口ダクト（６）と、
前記吸引口ダクト（６）に接続される吸引ダクト（８）と、を備え、
前記吸引口（５）は、前記回転板（４）において、前記公転軸（１１）から離れた位置に開けられ、
前記回転板（４）が前記公転軸（１１）を中心として自転すると、
前記吸引口（５）が前記公転軸（１１）の周りを公転することを特徴とする請求項１ないし５のいずれか１つに記載の吸引装置。

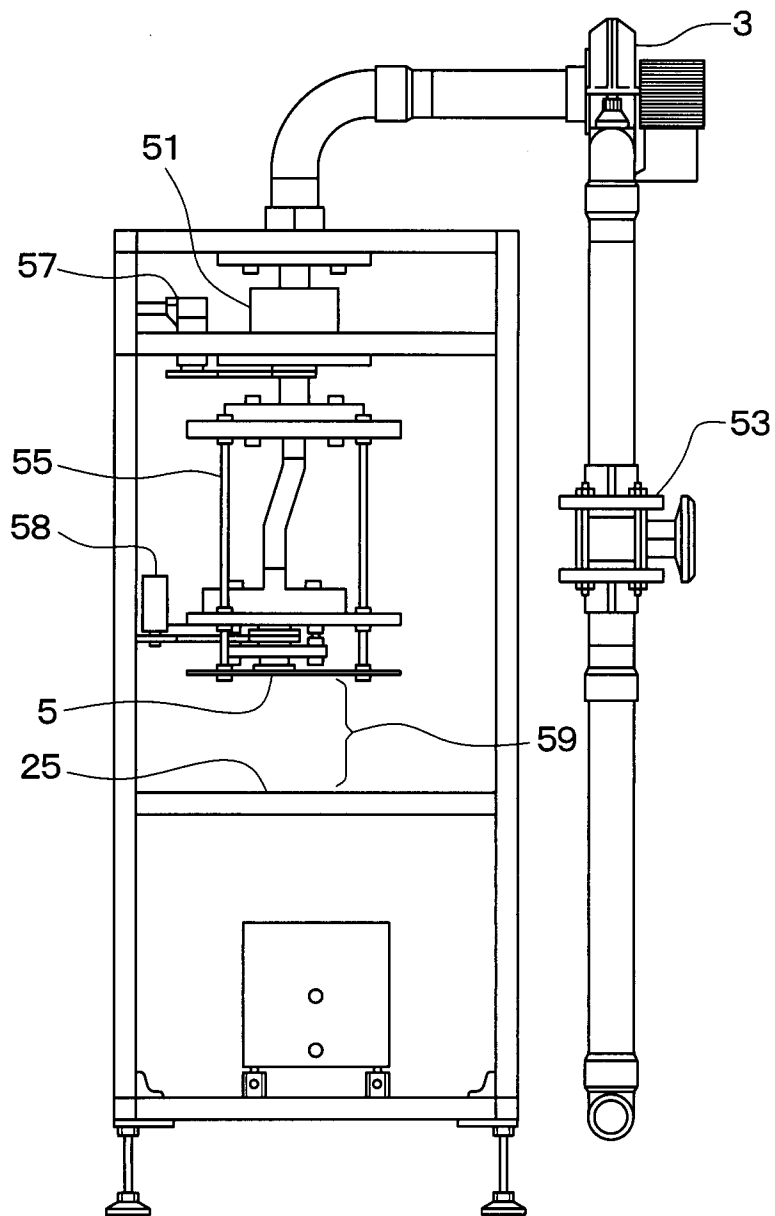
- [請求項8] 前記吸引口が自転することを特徴とする請求項１ないし７のいずれか１つに記載の吸引装置。

- [請求項9] 吸引口（５）が流体を吸引しているときに前記吸引口（５）を公転軸周りに公転させる駆動装置。

[図3]



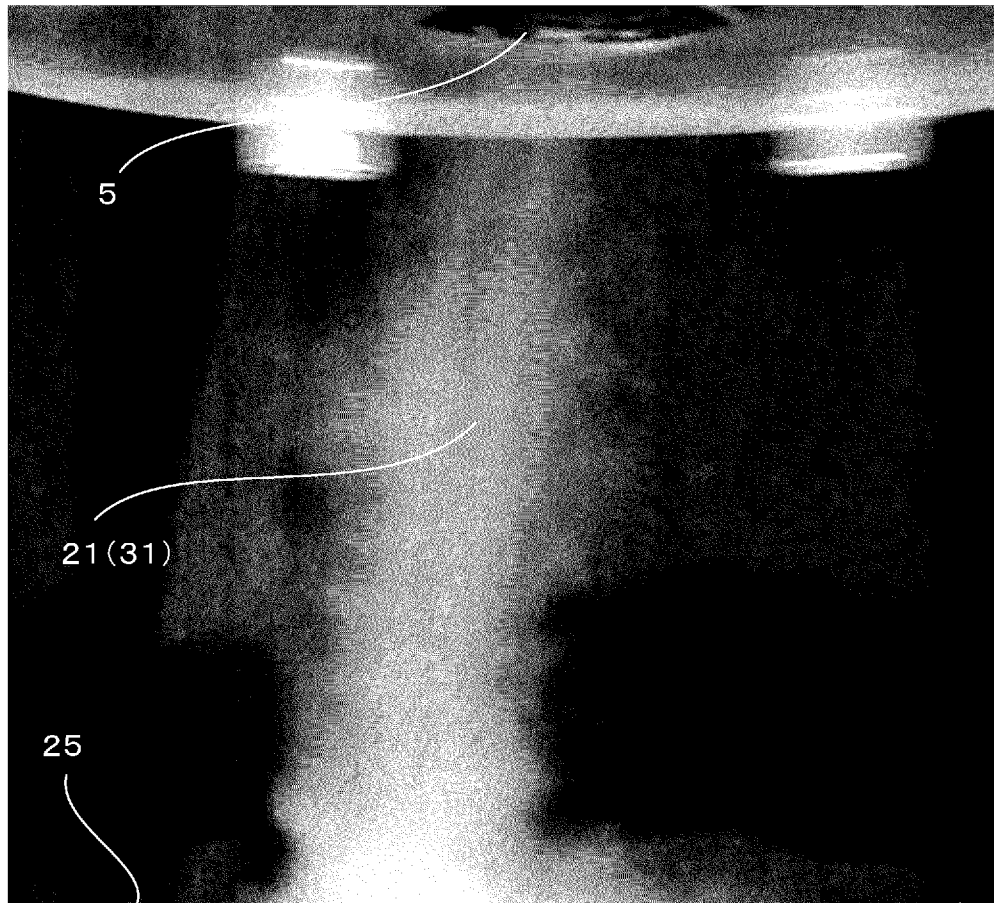
[図4]



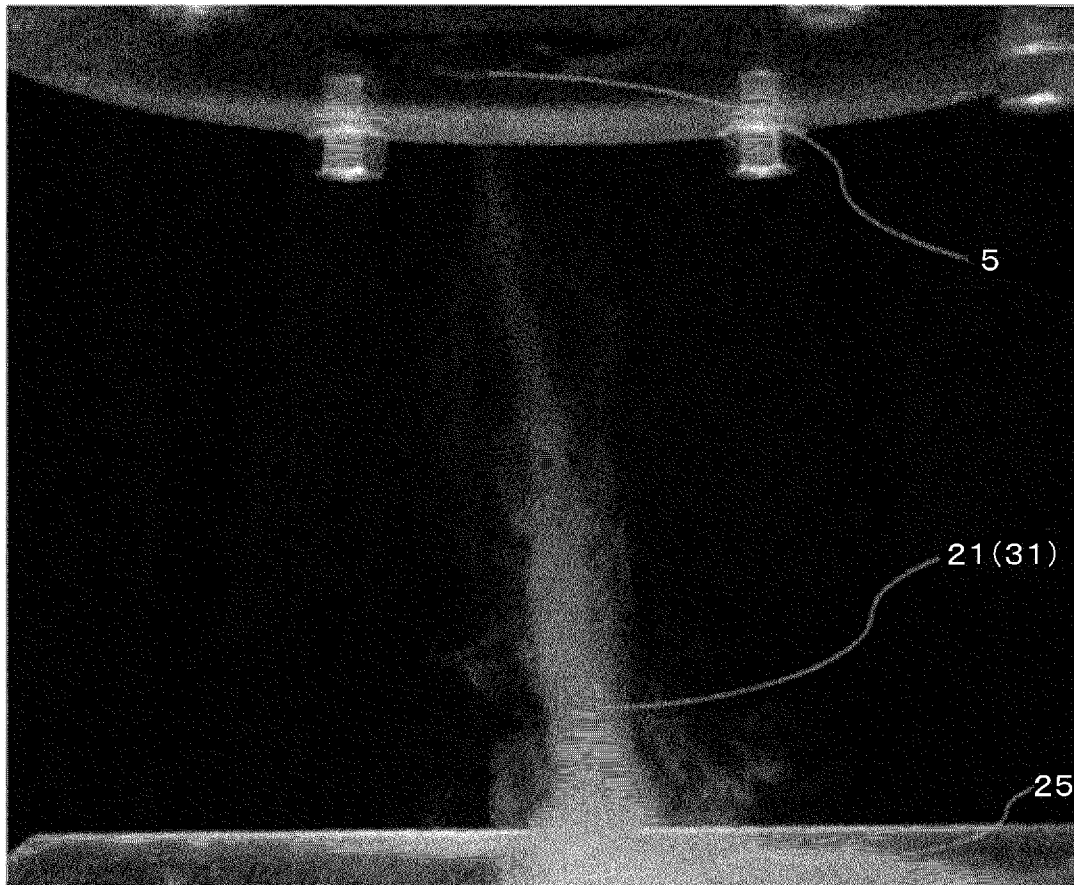
[図5]

	R [mm]	N[rpm]	n[rpm]	n/N
Case1-1	0	120	0	0
Case1-2		150		
Case1-3		180		
Case1-4	10	120		
Case1-5		150		
Case1-6		180		
Case1-7	20	120		
Case1-8		150		
Case1-9		180		
Case1-10	30	120		
Case1-11		150		
Case1-12		180		

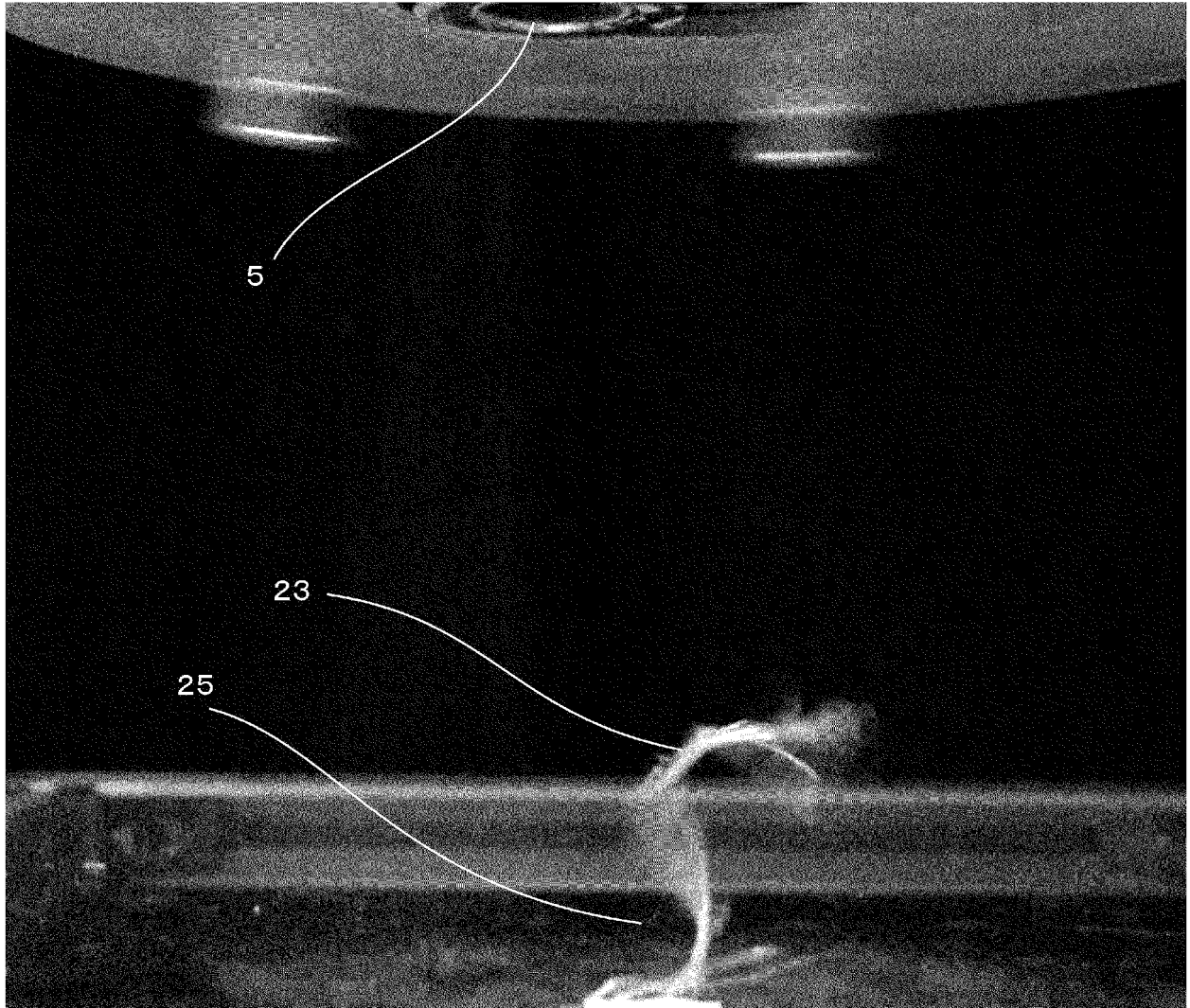
[図6A]



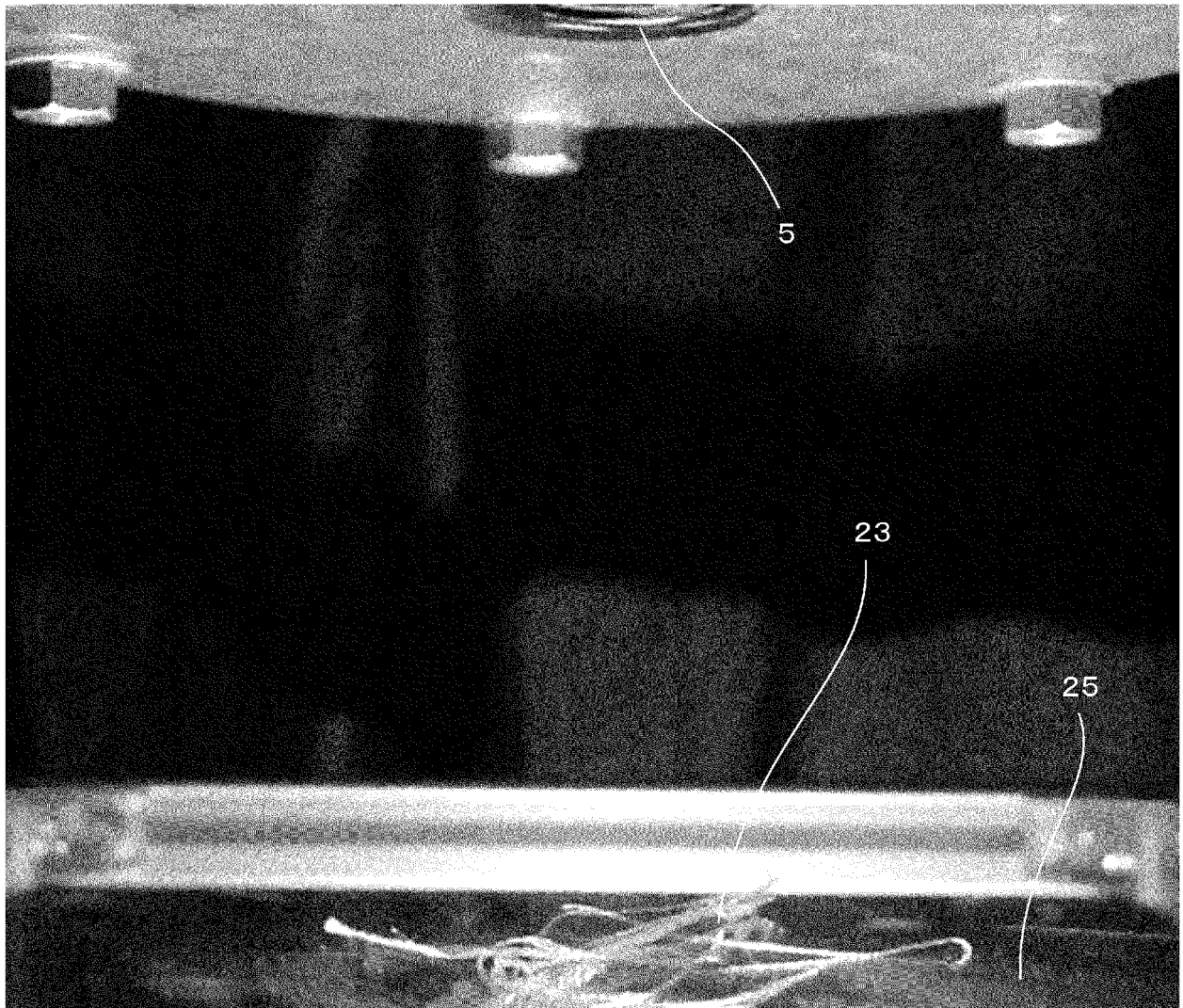
[図6B]



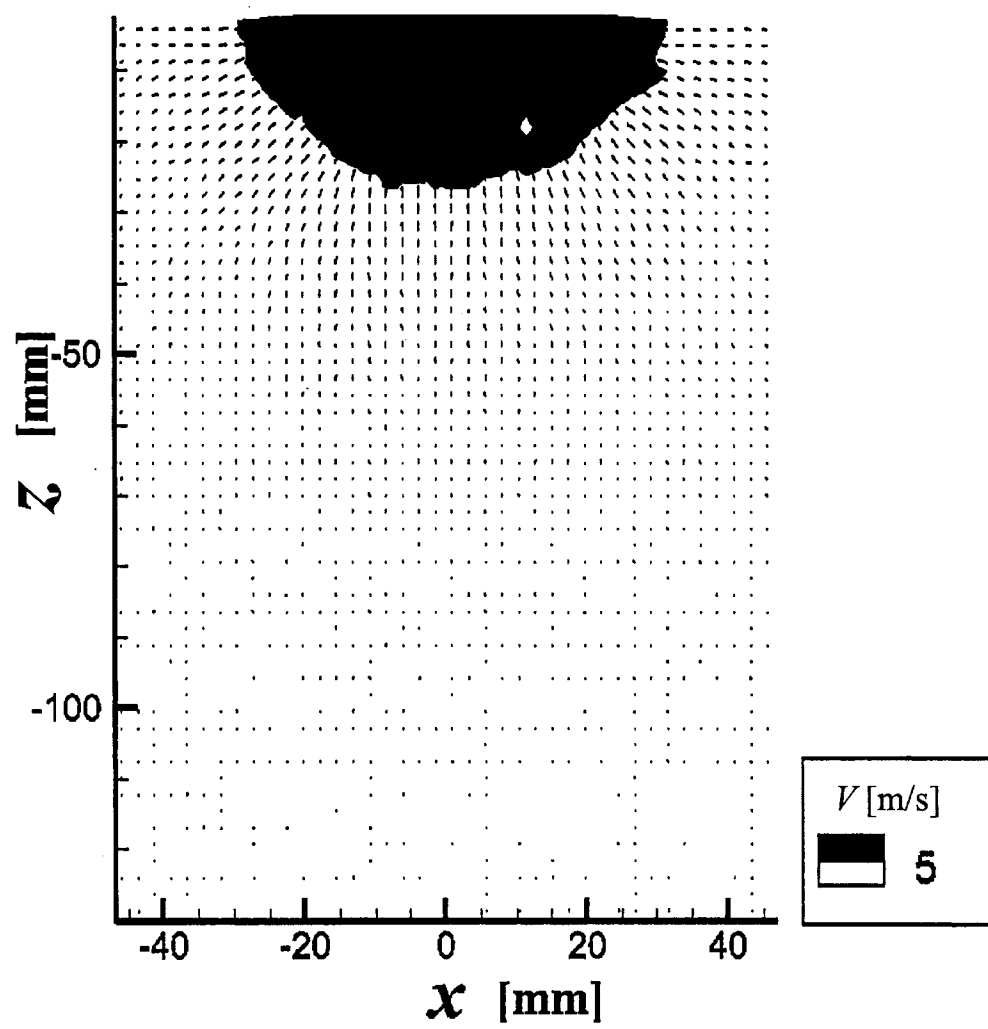
[図7A]



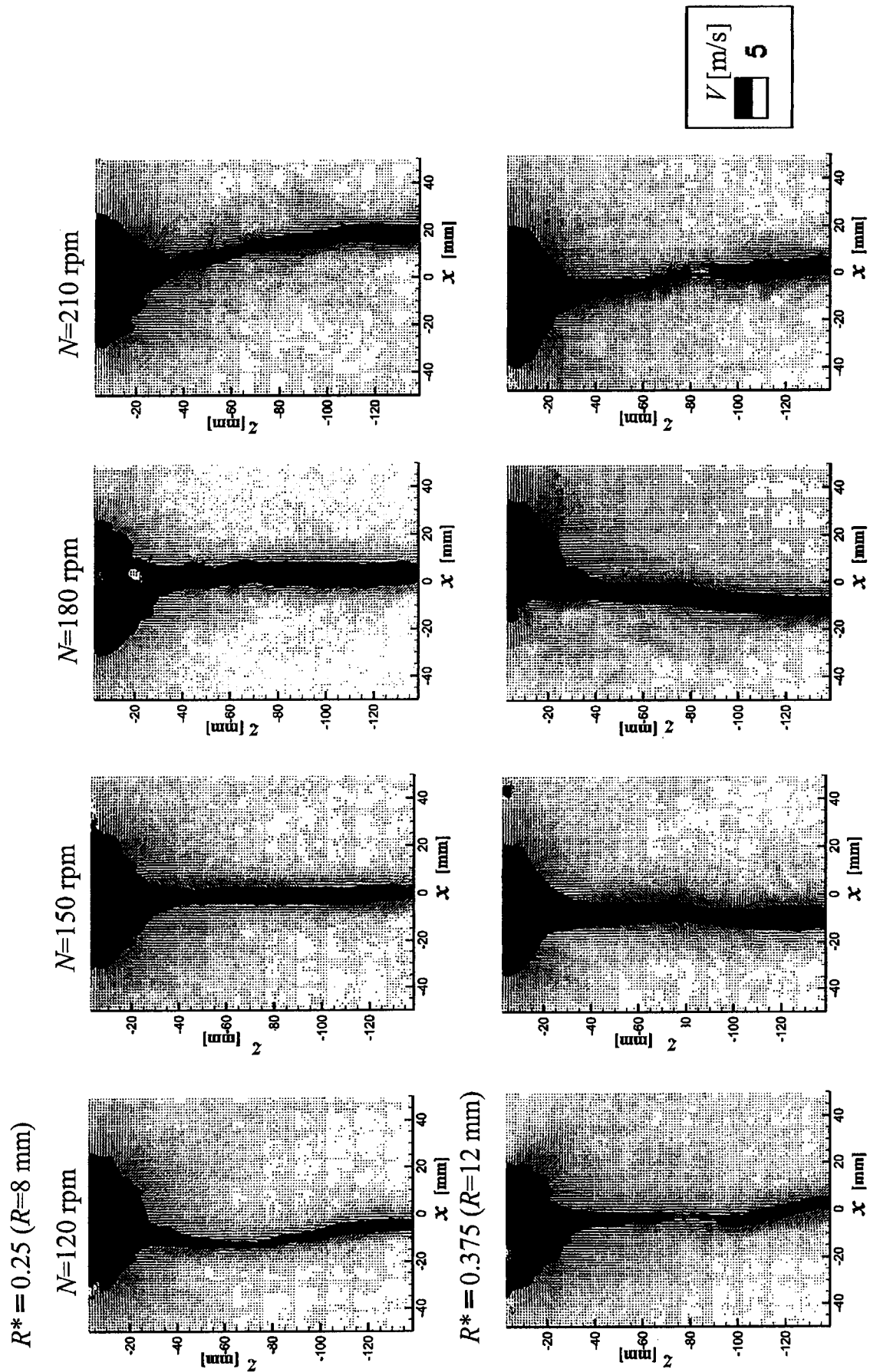
[図7B]



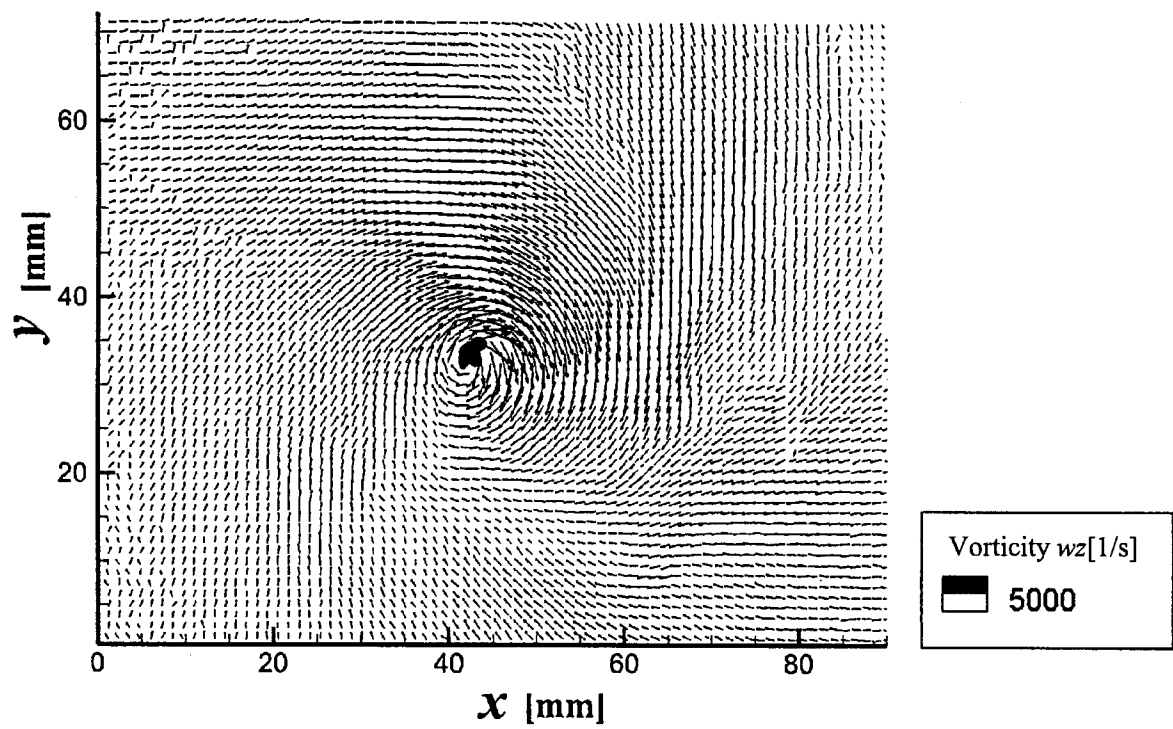
[図8]



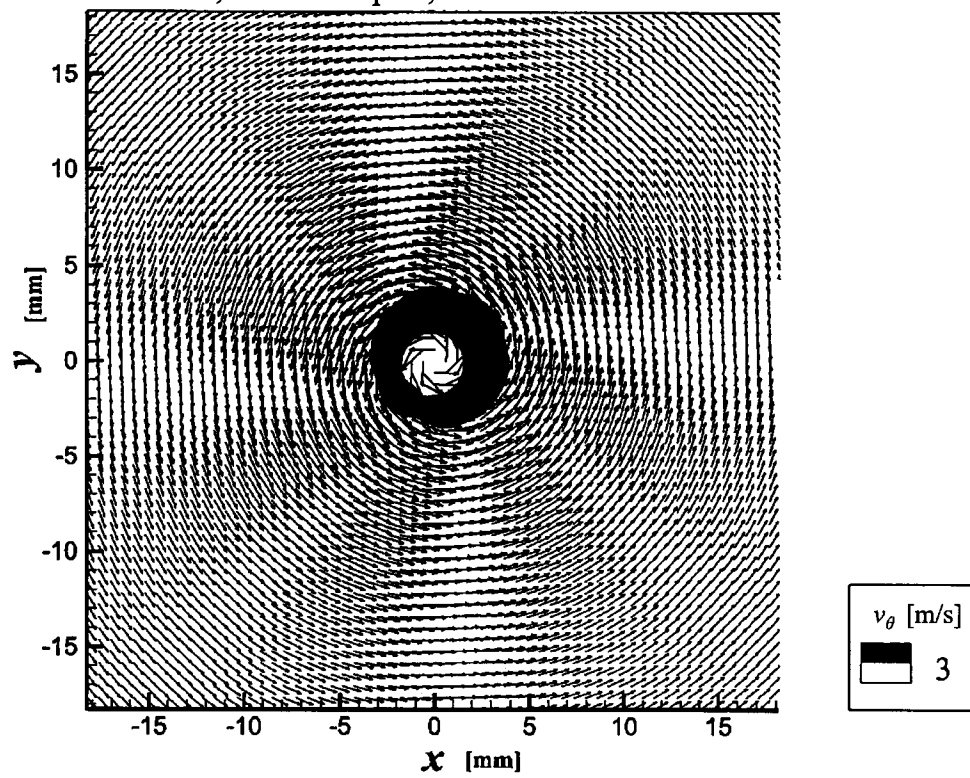
[図9]



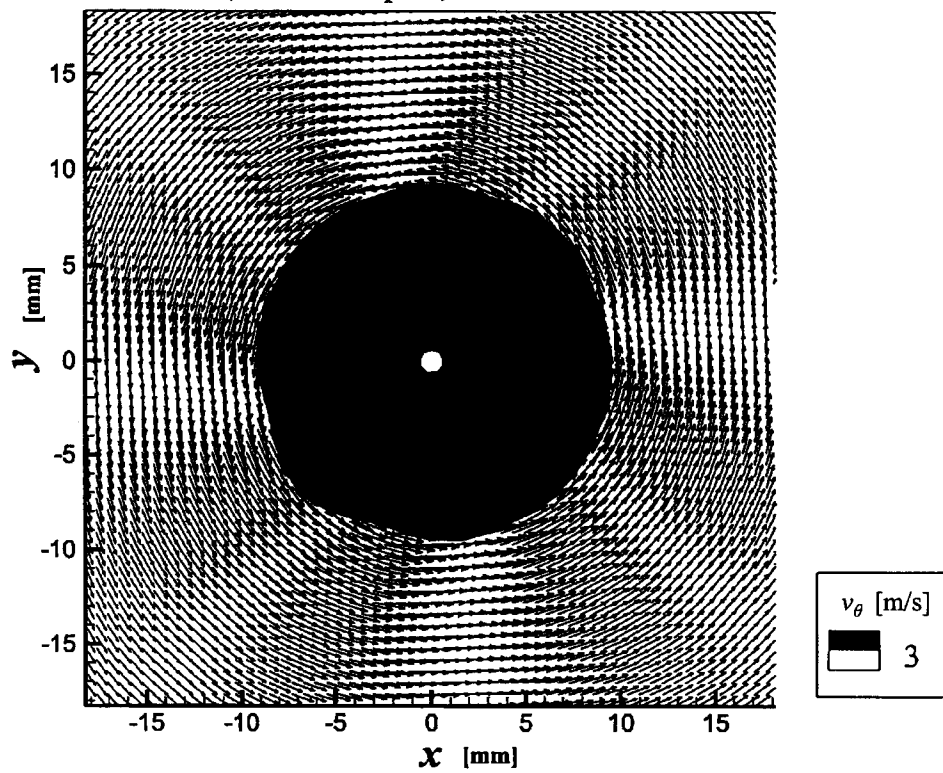
[図10]

 $R^* = 0.25$ ($R=8$ mm) $N=150$ rpm $z^*=1$ 

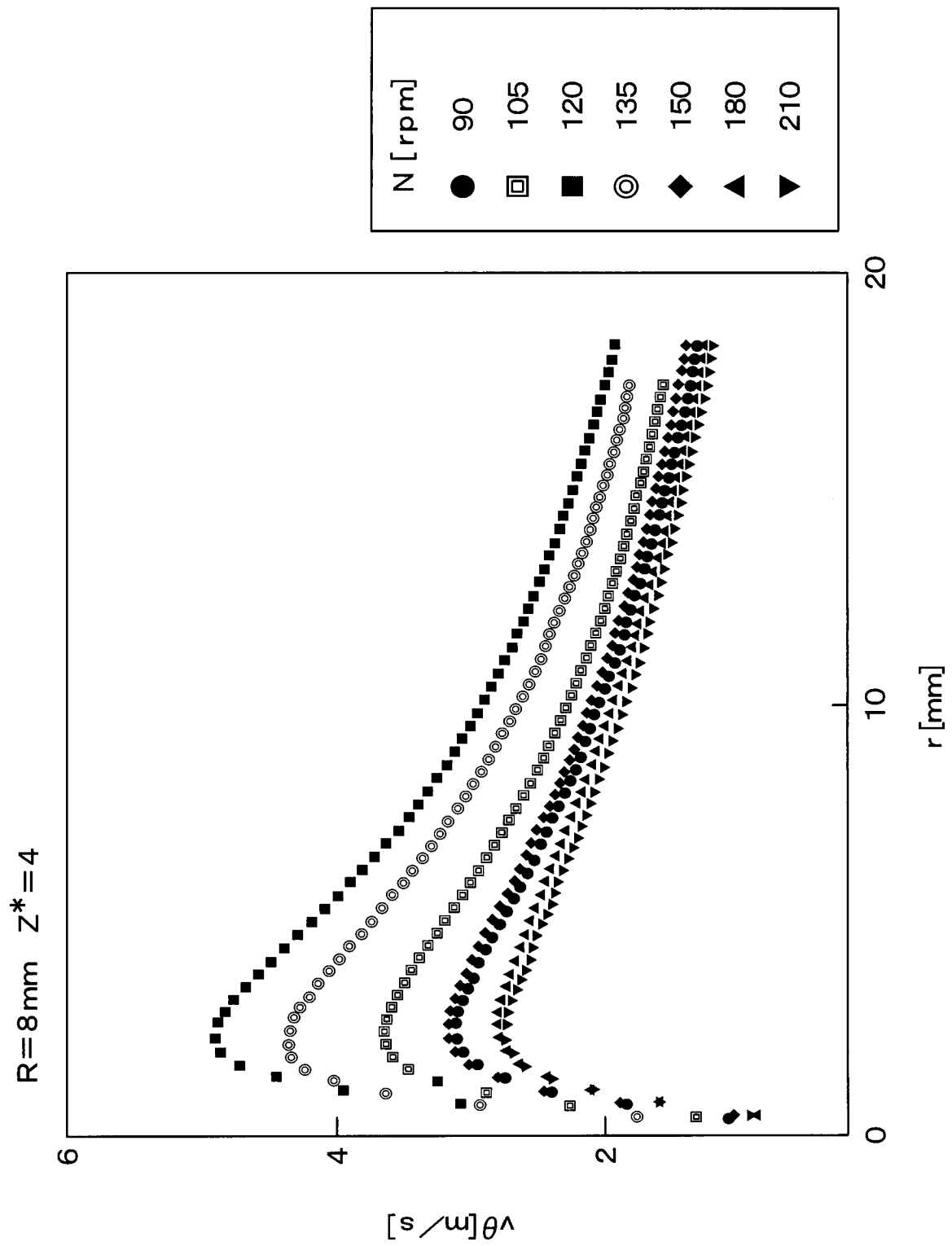
[図11A]

 $R = 8$ mm, $N = 150$ rpm, $z^* = 4$ 

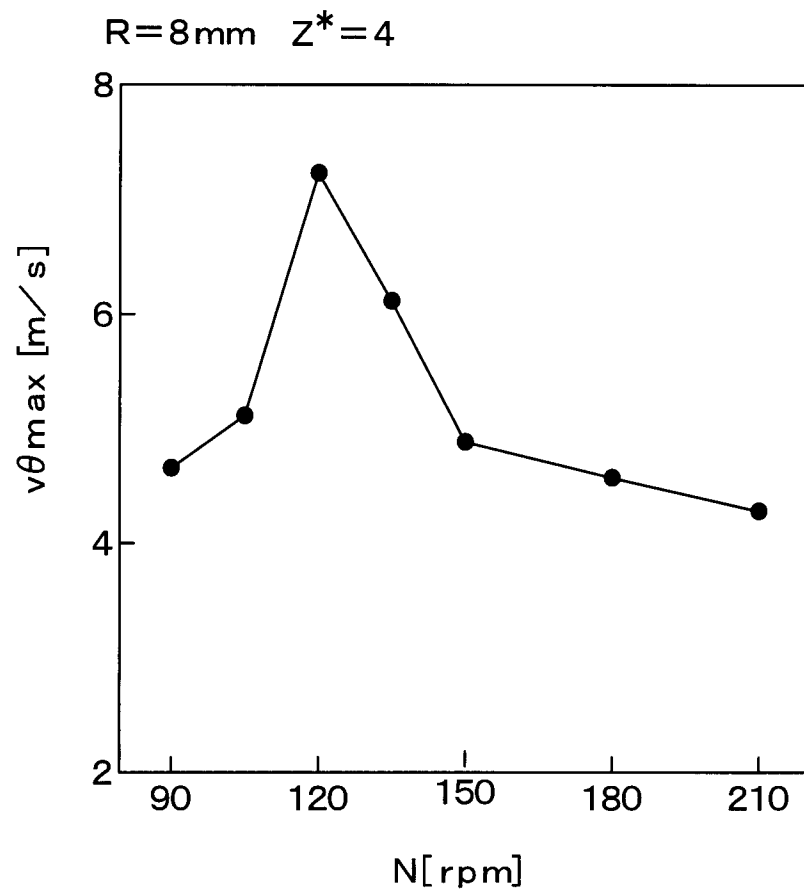
[図11B]

 $R = 8 \text{ mm}, N = 120 \text{ rpm}, z^* = 4$ 

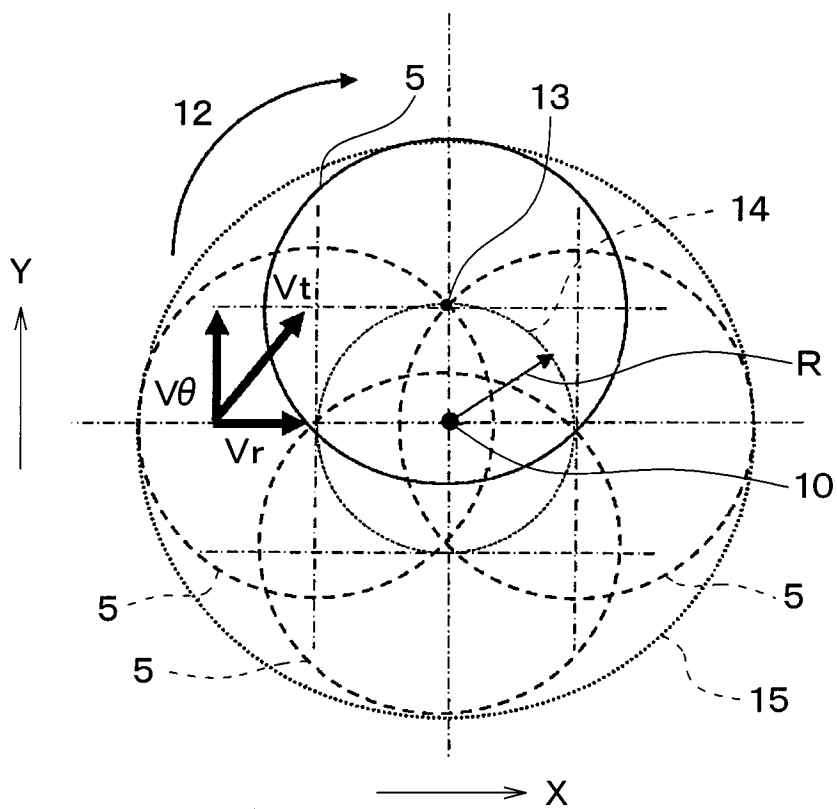
[図12A]



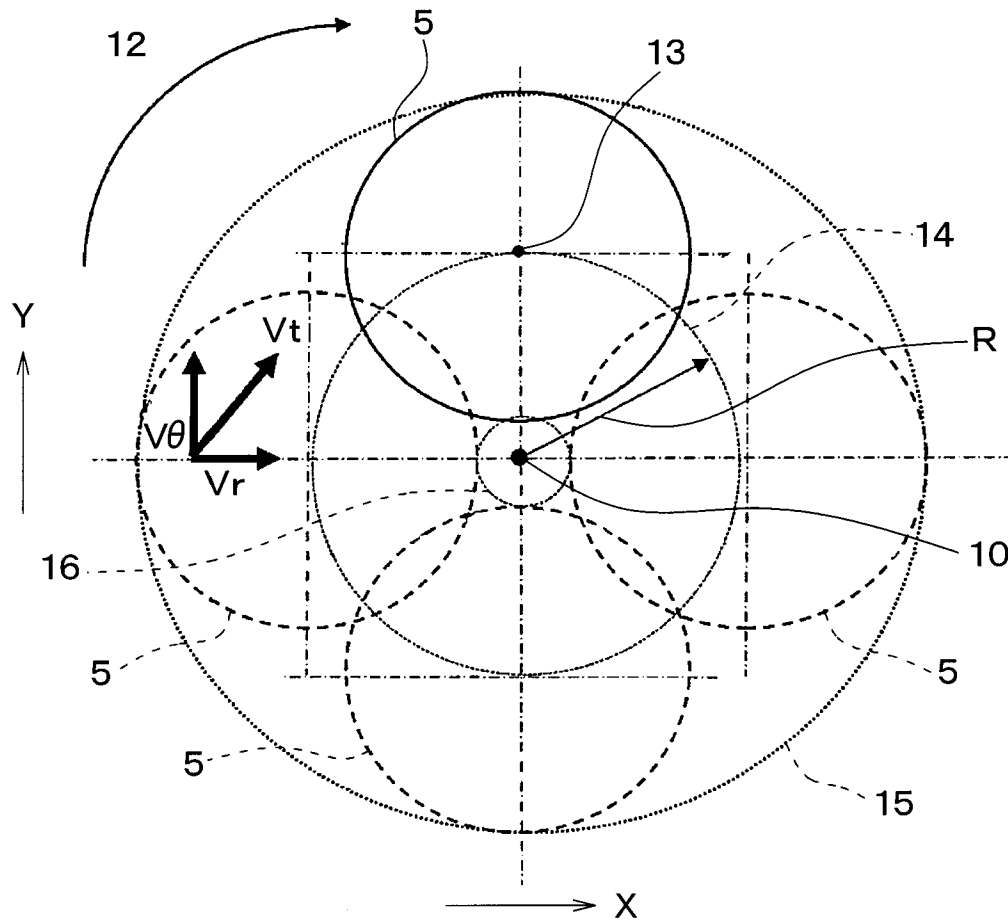
[図12B]



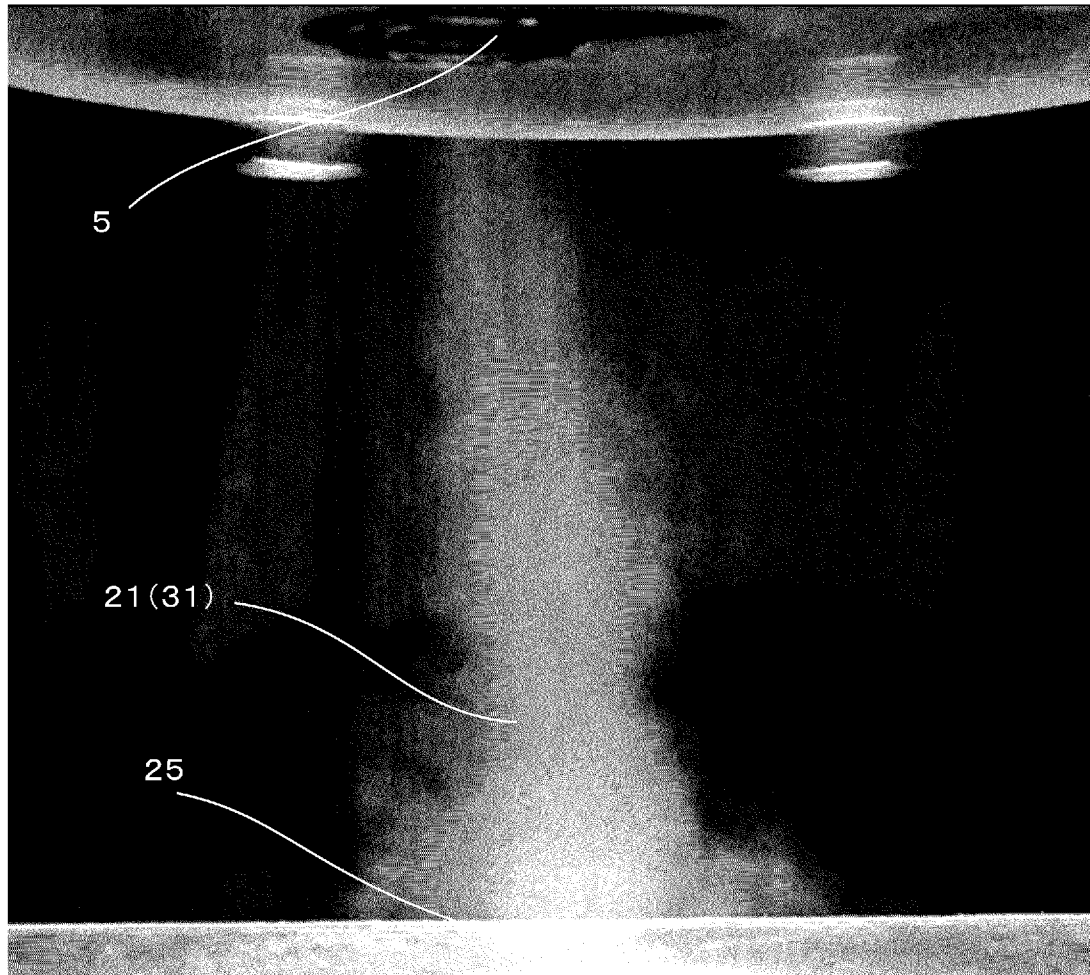
[図13]



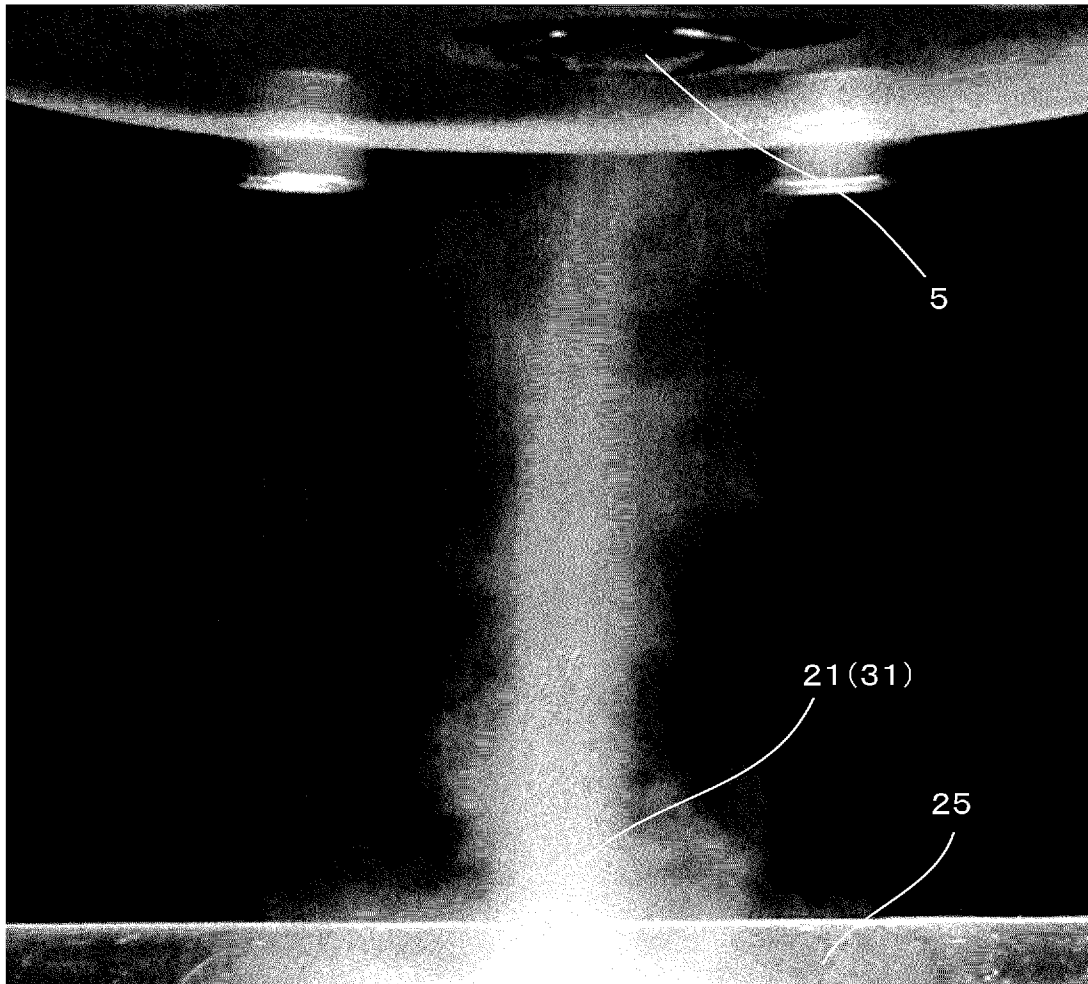
[図14]



[図15A]



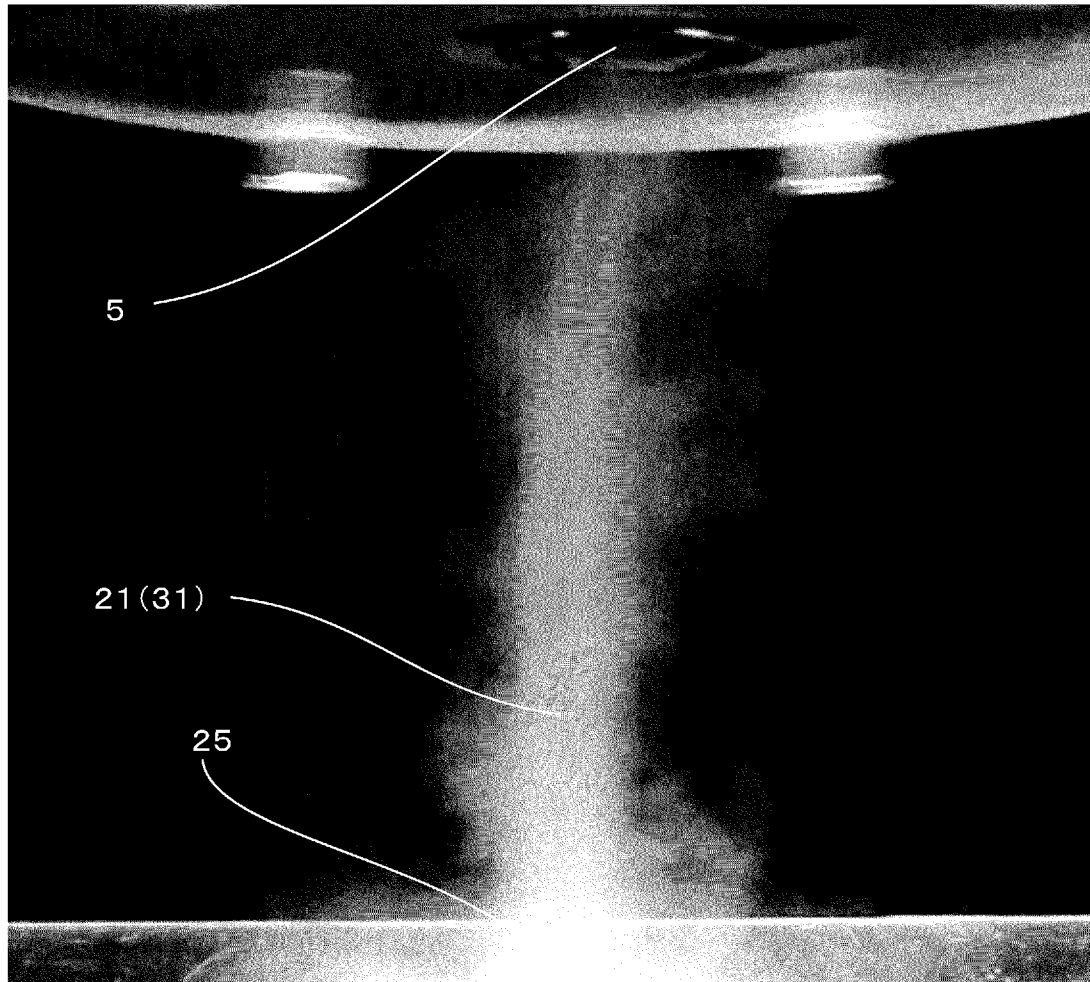
[図15B]



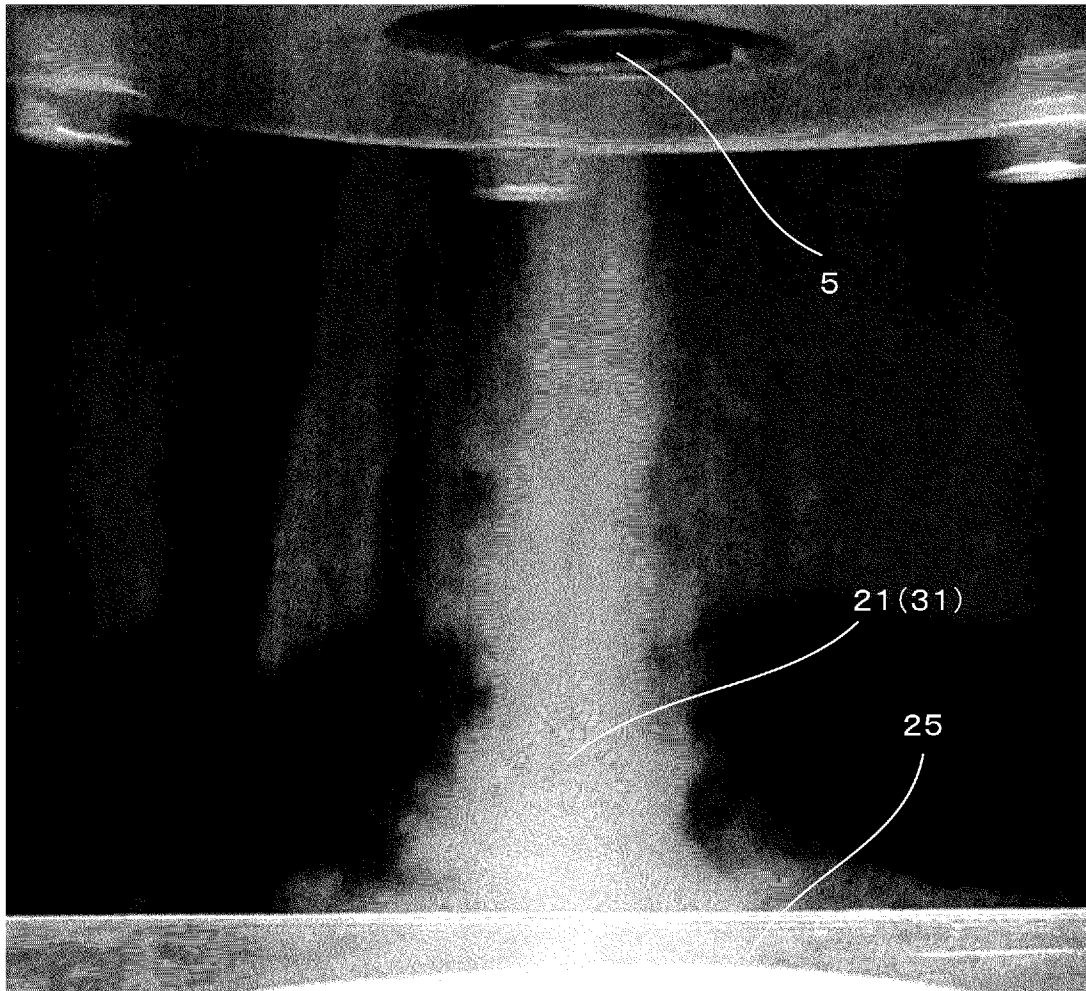
[図16]

	R [mm]	N[rpm]	n[rpm]	n/N
Case2-1	0	120	60	0.5
Case2-2			120	1
Case2-3			240	2
Case2-4		150	75	0.5
Case2-5			150	1
Case2-6			300	2
Case2-7		180	90	0.5
Case2-8			180	1
Case2-9			360	2
Case2-10	10	120	60	0.5
Case2-11			120	1
Case2-12			240	2
Case2-13		150	75	0.5
Case2-14			150	1
Case2-15			300	2
Case2-16		180	90	0.5
Case2-17			180	1
Case2-18			360	2
Case2-19	20	120	60	0.5
Case2-20			120	1
Case2-21			240	2
Case2-22		150	75	0.5
Case2-23			150	1
Case2-24			300	2
Case2-25		180	90	0.5
Case2-26			180	1
Case2-27			360	2
Case2-28	30	120	60	0.5
Case2-29			120	1
Case2-30			240	2
Case2-31		150	75	0.5
Case2-32			150	1
Case2-33			300	2
Case2-34		180	90	0.5
Case2-35			180	1
Case2-36			360	2

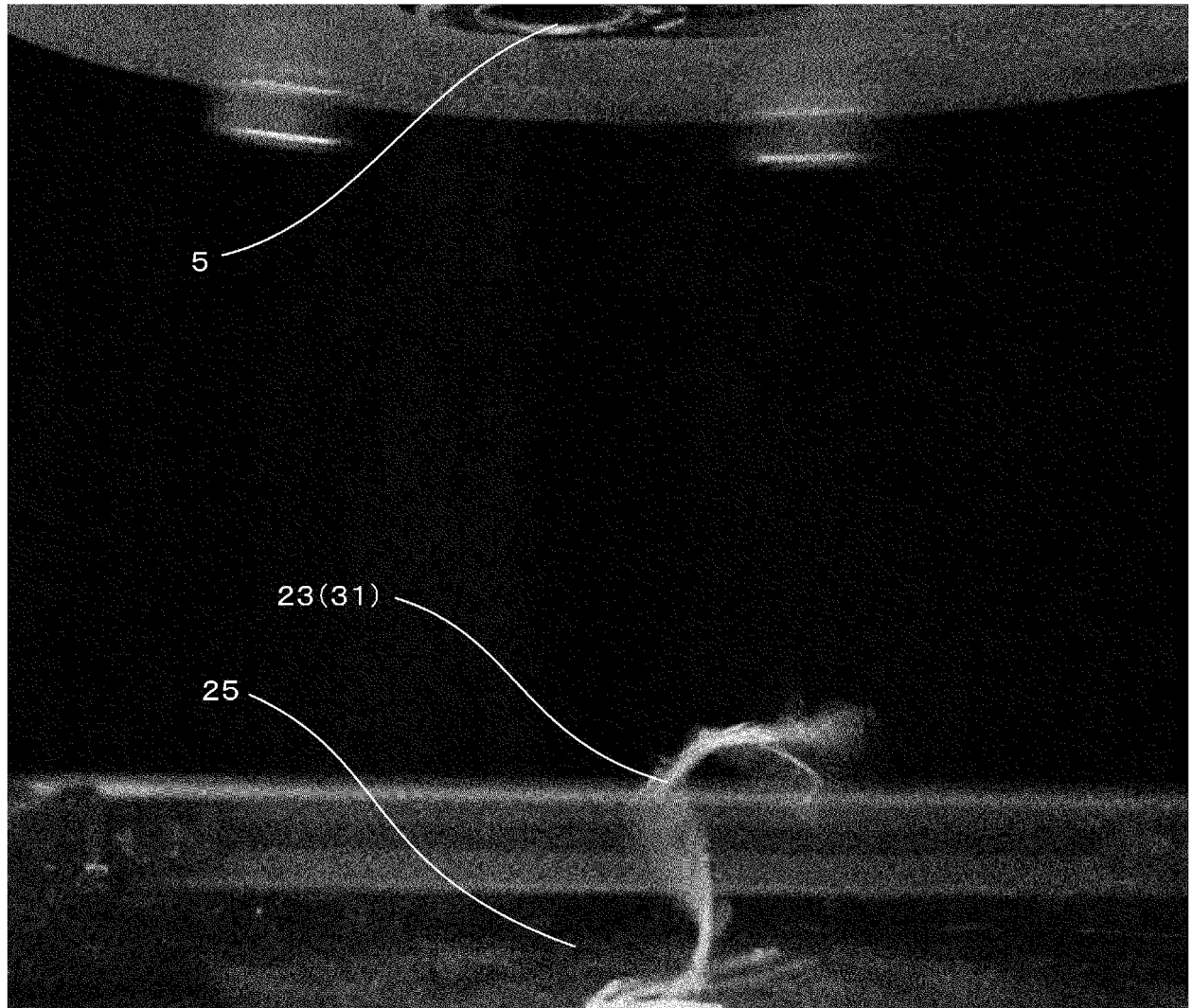
[図17A]



[図17B]



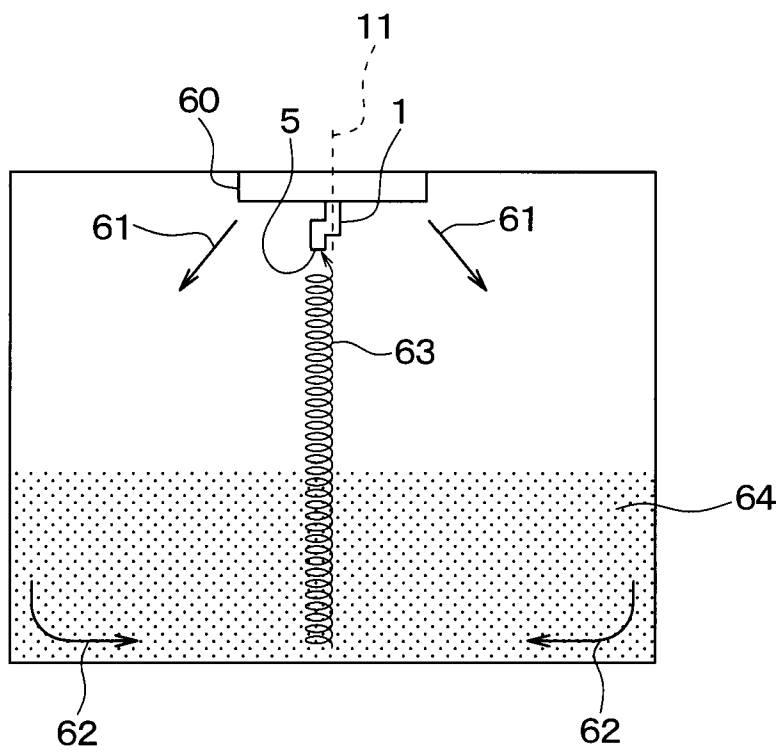
[図18A]



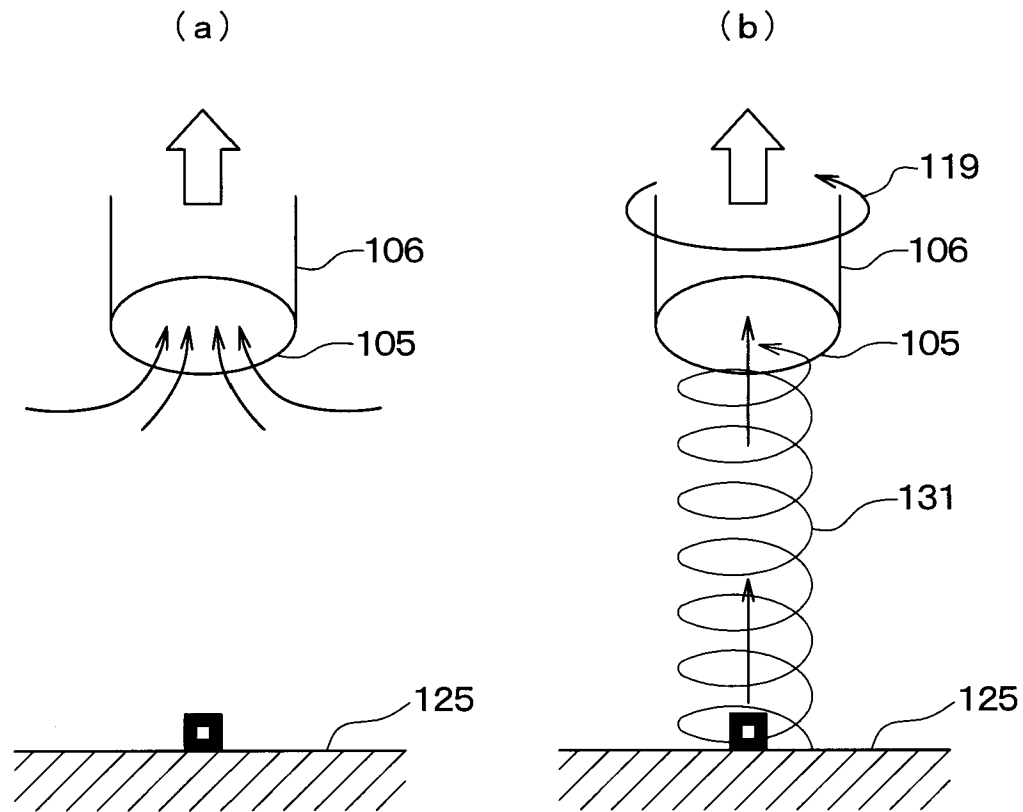
[図18B]



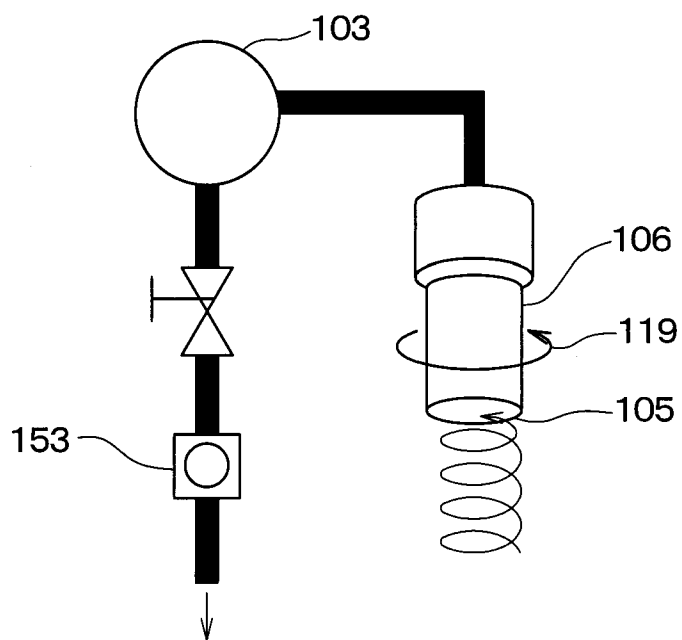
[図19]



[図20]



[図21]

101

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/022850

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F24F7/007(2006.01)i, A47L9/02(2006.01)i, B08B5/04(2006.01)i, B08B9/035(2006.01)i, F24F7/06(2006.01)i, F24F9/00(2006.01)i, F24F13/02(2006.01)i, F24F13/26(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)

F24F7/007, A47L9/02, B08B5/04, B08B9/035, F24F7/06, F24F9/00, F24F13/02, F24F13/26

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	1996-2017
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.
Y A	JP 2008-264682 A (Chemical Construction Co., Ltd.), 06 November 2008 (06.11.2008), paragraphs [0050] to [0065]; fig. 4 to 6 (Family: none)	1-7, 9 8
Y A	JP 7-42996 A (Takasago Thermal Engineering Co., Ltd.), 10 February 1995 (10.02.1995), paragraphs [0013] to [0014], [0020] to [0032]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-7, 9 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
23 August 2017 (23.08.17)

Date of mailing of the international search report
05 September 2017 (05.09.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/022850

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 6-313599 A (Shin Nippon Air Technologies Co., Ltd.), 08 November 1994 (08.11.1994), paragraphs [0010] to [0021]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-9
A	JP 2016-109112 A (Tornado Systems Co., Ltd.), 20 June 2016 (20.06.2016), paragraphs [0001] to [0066]; fig. 1 to 11 & US 2016/0161133 A1 & KR 10-1625828 B	1-9
A	JP 50-156067 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 16 December 1975 (16.12.1975), page 2, upper left column, line 4 to page 3, lower right column, line 10; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F24F7/007(2006.01)i, A47L9/02(2006.01)i, B08B5/04(2006.01)i, B08B9/035(2006.01)i,
F24F7/06(2006.01)i, F24F9/00(2006.01)i, F24F13/02(2006.01)i, F24F13/26(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. F24F7/007, A47L9/02, B08B5/04, B08B9/035, F24F7/06, F24F9/00, F24F13/02, F24F13/26

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 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 7 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 A	JP 2008-264682 A (株式会社ケミカル工事) 2008. 11. 06, 段落【0050】 － 【0065】、図 4-6 (ファミリーなし)	1-7, 9 8
Y A	JP 7-42996 A (高砂熱学工業株式会社) 1995. 02. 10, 段落【0013】 － 【0014】、【0020】－ 【0032】、図 1-8 (ファミリーなし)	1-7, 9 8
A	JP 6-313599 A (新日本空調株式会社) 1994. 11. 08, 段落【0010】－ 【0021】、図 1-7 (ファミリーなし)	1-9

☑ 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

2 3 . 0 8 . 2 0 1 7

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 9 . 2 0 1 7

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

河野 俊二

3 M

3 9 4 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 7 7

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 2016-109112 A (トルネード システムズ カンパニー、 リミテッド) 2016.06.20, 段落【0001】－【0066】、図1-11 & US 2016/0161133 A1 & KR 10-1625828 B	1-9
A	JP 50-156067 A (石川島播磨重工業株式会社) 1975.12.16, 第2 ページ左上欄第4行－第3 ページ右下欄第10行、第1-6 図 (ファミリーなし)	1-9