



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,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

---

(57) 要約：本開示は、インパクト機構の不安定挙動の発生状況を検出可能なインパクト工具を提供することを目的とする。インパクト工具(1)は、電動機(3)と、インパクト機構(40)と、取得部(90)と、挙動判定部(後退検出部(79))と、を備える。電動機(3)は、永久磁石(312)及びコイル(321)を有している。インパクト機構(40)は、電動機(3)から動力を得て打撃力を発生させる打撃動作を行う。挙動判定部は、取得部(90)で取得されたトルク電流の値であるトルク電流取得値(電流測定値  $i_{q1}$ )と、取得部(90)で取得された励磁電流の値である励磁電流取得値(電流測定値  $i_{d1}$ )と、のうち少なくとも一方に基づいてインパクト機構(40)の挙動に関する判定をする。

## 明 細 書

発明の名称：インパクト工具

### 技術分野

[0001] 本開示は一般にインパクト工具に関し、より詳細には、電動機を備えるインパクト工具に関する。

### 背景技術

[0002] 特許文献1に記載のインパクト回転工具は、インパクト機構と、打撃検出部と、制御部と、電圧検出部とを備える。インパクト機構は、ハンマを有し、モータ出力によって出力軸に打撃衝撃を加える。打撃検出部は、インパクト機構による打撃を検出する。制御部は、打撃検出部の検出結果に基づいてモータの回転を停止させる。電圧検出部は、打撃検出部の電圧を検出する。制御部は、モータが回転していないときに電圧検出部が検出した電圧に基づいて、打撃検出部が異常であるか否かを判定する。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2017-132021号公報

### 発明の概要

[0004] 本開示は、インパクト機構の挙動に関する判定が可能なインパクト工具を提供することを目的とする。

[0005] 本開示の一態様に係るインパクト工具は、電動機と、インパクト機構と、取得部と、挙動判定部と、を備える。前記電動機は、永久磁石及びコイルを有する。前記インパクト機構は、前記電動機から動力を得て打撃力を発生させる打撃動作を行う。前記取得部は、前記コイルに供給されるトルク電流の値と、前記コイルに供給される励磁電流の値と、のうち少なくとも一方を取得する。前記励磁電流は、前記永久磁石の磁束を変化させる磁束を前記コイルに発生させる。前記挙動判定部は、前記取得部で取得された前記トルク電流の値であるトルク電流取得値と、前記取得部で取得された前記励磁電流の

値である励磁電流取得値と、のうち少なくとも一方に基づいて前記インパクト機構の挙動に関する判定をする。

### 図面の簡単な説明

- [0006] [図1]図1は、実施形態1に係るインパクト工具のブロック図である。
- [図2]図2は、同上のインパクト工具の斜視図である。
- [図3]図3は、同上のインパクト工具の側断面図である。
- [図4]図4は、同上のインパクト工具の要部の斜視図である。
- [図5]図5は、同上のインパクト工具の駆動軸及び2つの鋼球の側面図である。
- [図6]図6は、同上のインパクト工具の駆動軸及び2つの鋼球の上から見た図である。
- [図7]図7は、同上のインパクト工具の動作例を示すグラフである。
- [図8]図8は、実施形態2に係るインパクト工具の動作例を示すグラフである。
- [図9]図9は、実施形態3に係るインパクト工具のブロック図である。
- [図10]図10A～図10Cは、同上のインパクト工具の適正打撃の動作を説明する図である。
- [図11]図11A～図11Dは、同上のインパクト工具の二度打ちの動作を説明する図である。
- [図12]図12A～図12Dは、同上のインパクト工具のV底打ちの動作を説明する図である。
- [図13]図13A～図13Cは、実施形態4に係るインパクト工具の適正打撃の動作を説明する図である。
- [図14]図14A～図14Dは、同上のインパクト工具の二度打ちの動作を説明する図である。
- [図15]図15A～図15Dは、同上のインパクト工具のV底打ちの動作を説明する図である。
- [図16]図16は、同上のインパクト工具の最大後退の動作を説明する図であ

る。

[図17]図17A～図17Cは、同上のインパクト工具の天面擦りの動作を説明する図である。

### 発明を実施するための形態

[0007] 以下、実施形態に係るインパクト工具1について、図面を用いて説明する。ただし、下記の各実施形態は、本開示の様々な実施形態の一部に過ぎない。下記の各実施形態は、本開示の目的を達成できれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。また、以下の各実施形態は、変形例も含め、適宜組み合わせられてもよい。また、下記の各実施形態において説明する各図は、模式的な図であり、図中の各構成要素の大きさ及び厚さそれぞれの比が必ずしも実際の寸法比を反映しているとは限らない。

[0008] (概要)

本実施形態のインパクト工具1は、図1に示すように、電動機3（交流電動機）と、インパクト機構40と、取得部90と、挙動判定部（後退検出部79及び判別部84）と、を備える。電動機3は、永久磁石312及びコイル321を有している。インパクト機構40は、電動機3から動力を得て打撃力を発生させる打撃動作を行う。取得部90は、電動機3（コイル321）に供給されるトルク電流の値と、コイル321に供給される励磁電流の値と、のうち少なくとも一方を取得する。励磁電流は、永久磁石312の磁束を変化させる磁束をコイル321に発生させる。「永久磁石312の磁束を変化させる磁束をコイル321に発生させる」とは、言い換えると、コイル321で発生する磁束により、永久磁石312の周囲の磁束密度を変化させることである。挙動判定部は、取得部90で取得されたトルク電流の値であるトルク電流取得値と、取得部90で取得された励磁電流の値である励磁電流取得値と、のうち少なくとも一方に基づいてインパクト機構40の挙動に関する判定をする。

[0009] このように、インパクト工具1では、トルク電流取得値と励磁電流取得値とのうち少なくとも一方を用いることにより、インパクト機構40の挙動に

関する判定をすることが可能となる。これにより、インパクト機構40の挙動に応じた対策を実施することが可能となる。また、インパクト工具1の電源である電池パックの電池電圧及び電池電流に基づいてインパクト機構40の挙動に関する判定をする場合よりも、判定精度を向上させることができる。さらに、インパクト機構40の挙動に関する判定をする際に、電池電圧及び電池電流の測定が不要となる。

[0010] (実施形態1)

(1-1) 実施形態1の概要

本実施形態において、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出することが、インパクト機構40の挙動に関する判定に該当する。挙動判定部は、後退検出部79(検出部)を含む。後退検出部79は、取得部90で取得されたトルク電流の値であるトルク電流取得値に基づいてインパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出する。これにより、インパクト機構40の不安定挙動に対する対策を実施することが可能となる。また、インパクト工具1の電源である電池パックの電池電圧及び電池電流に基づいてインパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出する場合よりも、検出精度を向上させることができる。さらに、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出する際に、電池電圧及び電池電流の測定が不要となる。

[0011] (1-2) 構成

インパクト工具1の構成について、まずは図2~図4を参照してより詳細に説明する。以下の説明では、後述する駆動軸41と出力軸61とが並んでいる方向を前後方向と規定し、駆動軸41から見て出力軸61側を前とし、出力軸61から見て駆動軸41側を後とする。また、以下の説明では、後述する胴体部21とグリップ部22とが並んでいる方向を上下方向と規定し、グリップ部22から見て胴体部21側を上とし、胴体部21から見てグリップ部22側を下とする。

[0012] 本実施形態のインパクト工具1は、電動機3と、伝達機構4と、出力軸61(ソケット装着部)と、ハウジング2と、トリガボリューム23と、制御

部 7（図 1、図 3 参照）と、を備えている。

[0013] ハウジング 2 は、電動機 3、伝達機構 4 及び制御部 7 と、出力軸 6 1 の一部と、を収容している。ハウジング 2 は、胴体部 2 1 と、グリップ部 2 2 と、を有している。胴体部 2 1 の形状は、円筒状である。グリップ部 2 2 は、胴体部 2 1 から突出している。

[0014] トリガボリューム 2 3 は、グリップ部 2 2 から突出している。トリガボリューム 2 3 は、電動機 3 の回転を制御するための操作を受け付ける操作部である。トリガボリューム 2 3 を引く操作により、電動機 3 のオンオフを切替可能である。また、トリガボリューム 2 3 を引く操作の引込み量で、電動機 3 の回転速度を調整可能である。上記引込み量が大きいほど、電動機 3 の回転速度が速くなる。制御部 7（図 1 参照）は、トリガボリューム 2 3 を引く操作の引込み量に応じて、電動機 3 を回転又は停止させ、また、電動機 3 の回転速度を制御する。本実施形態のインパクト工具 1 では、先端工具としてのソケット 6 2 が、出力軸 6 1 に装着される。出力軸 6 1 は、電動機 3 の回転力を受けてソケット 6 2 と共に回転する。そして、トリガボリューム 2 3 への操作によって電動機 3 の回転速度が制御されることで、ソケット 6 2 の回転速度が制御される。

[0015] インパクト工具 1 には、充電式の電池パックが着脱可能に取り付けられる。インパクト工具 1 は、電池パックを電源として動作する。すなわち、電池パックは、電動機 3 を駆動する電流を供給する電源である。電池パックは、インパクト工具 1 の構成要素ではない。ただし、インパクト工具 1 は、電池パックを備えていてもよい。電池パックは、複数の二次電池（例えば、リチウムイオン電池）を直列接続して構成された組電池と、組電池を収容したケースと、を備えている。

[0016] 電動機 3 は、例えばブラシレスモータである。特に、本実施形態の電動機 3 は、同期電動機であり、より詳細には、永久磁石同期電動機（PMSM（Permanent Magnet Synchronous Motor））である。電動機 3 は、回転軸 3 1 1 及び永久磁石 3 1 2 を有する回転子 3 1 と、コイル 3 2 1 を有する固定子 3 2 と

、を含んでいる。永久磁石 3 1 2 とコイル 3 2 1 との電磁的相互作用により、回転子 3 1 は、固定子 3 2 に対して回転する。

[0017] 出力軸 6 1 には、先端工具としてのソケット 6 2 が装着される。伝達機構 4 は、電動機 3 の回転軸 3 1 1 の回転を、出力軸 6 1 を介してソケット 6 2 に伝達する。これにより、ソケット 6 2 が回転する。ソケット 6 2 が締結部材（ボルト、ビス（木ねじ等）又はナット等）に当てられた状態でソケット 6 2 が回転することにより、締結部材を締め付ける又は緩めるといった作業が可能となる。伝達機構 4 は、インパクト機構 4 0 を有している。本実施形態のインパクト工具 1 は、インパクト機構 4 0 による打撃動作を行いながらねじ締めを行う、電動式のインパクトドライバである。打撃動作では、出力軸 6 1 を介してねじ等の締結部材に打撃力が加えられる。

[0018] なお、ソケット 6 2 は、出力軸 6 1 に着脱可能である。出力軸 6 1 には、ソケット 6 2 の代わりにソケットアンビルを装着可能である。出力軸 6 1 には、ソケットアンビルを介して、先端工具としてのビット（例えばドライバビット又はドリルビット）を装着することができる。

[0019] このように、出力軸 6 1 は、先端工具（ソケット 6 2 又はビット）を保持するための構成である。本実施形態では、先端工具は、インパクト工具 1 の構成に含まれていない。ただし、先端工具は、インパクト工具 1 の構成に含まれていてもよい。

[0020] 伝達機構 4 は、インパクト機構 4 0 に加えて、遊星歯車機構 4 8 を有している。インパクト機構 4 0 は、駆動軸 4 1 と、ハンマ 4 2 と、復帰ばね 4 3 と、アンビル 4 5 と、2 つの鋼球 4 9 と、を含んでいる。電動機 3 の回転軸 3 1 1 の回転は、遊星歯車機構 4 8 を介して、駆動軸 4 1 に伝達される。駆動軸 4 1 は、電動機 3 と出力軸 6 1 との間に配置されている。

[0021] ハンマ 4 2 は、アンビル 4 5 に対して移動し、電動機 3 から動力を得てアンビル 4 5 に回転打撃を加える。ハンマ 4 2 は、ハンマ本体 4 2 0 と、2 つの突起 4 2 5 と、を含んでいる。2 つの突起 4 2 5 は、ハンマ本体 4 2 0 のうち出力軸 6 1 側の面から突出している。ハンマ本体 4 2 0 は、駆動軸 4 1



が通される貫通孔421を有している。また、ハンマ本体420は、貫通孔421の内周面に、2つの溝部423を有している。駆動軸41は、その外周面に、2つの溝部413（図5参照）を有している。2つの溝部413は、つながっている。2つの溝部423と2つの溝部413との間には、2つの鋼球49が挟まれている。2つの溝部423と2つの溝部413と2つの鋼球49とは、カム機構を構成している。2つの鋼球49が移動しながら、ハンマ42は、駆動軸41に対して、駆動軸41の軸方向に移動可能であり、かつ、駆動軸41に対して回転可能である。ハンマ42が駆動軸41の軸方向に沿って出力軸61に近づく向き又は出力軸61から遠ざかる向きに移動するのに伴って、ハンマ42が駆動軸41に対して回転する。

[0022] アンビル45は、出力軸61と一体に形成されている。アンビル45は、出力軸61を介して先端工具（ソケット62又はビット）を保持する。アンビル45は、アンビル本体450と、2つの爪部455と、を含んでいる。アンビル本体450の形状は、円環状である。2つの爪部455は、アンビル本体450からアンビル本体450の径方向に突出している。アンビル45は、駆動軸41の軸方向においてハンマ本体420と対向している。また、インパクト機構40が打撃動作を行っていない場合には、駆動軸41の回転方向においてハンマ42の2つの突起425とアンビル45の2つの爪部455とが接しながら、ハンマ42とアンビル45とが一体に回転する。そのため、このとき、駆動軸41と、ハンマ42と、アンビル45と、出力軸61とが一体に回転する。

[0023] 復帰ばね43は、ハンマ42と遊星歯車機構48との間に挟まれている。本実施形態の復帰ばね43は、円錐コイルばねである。インパクト機構40は、ハンマ42と復帰ばね43との間に挟まれた複数（図3では2つ）の鋼球50と、リング51と、を更に含んでいる。これにより、ハンマ42は、復帰ばね43に対して回転可能となっている。ハンマ42は、駆動軸41の軸方向に沿った方向において、出力軸61に向かう向きの力を復帰ばね43から受けている。

- [0024] 以下では、駆動軸41の軸方向においてハンマ42が出力軸61に向かう向きに移動することを、「ハンマ42が前進する」と称する。また、以下では、駆動軸41の軸方向においてハンマ42が出力軸61から遠ざかる向きに移動することを、「ハンマ42が後退する」と称す。
- [0025] インパクト機構40では、負荷トルクが所定値以上となると、打撃動作が開始される。すなわち、負荷トルクが大きくなってくると、ハンマ42とアンビル45との間で発生する力のうち、ハンマ42を後退させる向きの分力も大きくなっていく。負荷トルクが所定値以上となると、ハンマ42は、復帰ばね43を圧縮させながら後退する。そして、ハンマ42が後退することにより、ハンマ42の2つの突起425がアンビル45の2つの爪部455を乗り越えつつ、ハンマ42が回転する。その後、ハンマ42が復帰ばね43からの復帰力を受けて前進する。そして、駆動軸41が略半回転すると、ハンマ42の2つの突起425がアンビル45の2つの爪部455の側面4550に衝突する。インパクト機構40では、駆動軸41が略半回転するごとにハンマ42の2つの突起425がアンビル45の2つの爪部455に衝突する。つまり、駆動軸41が略半回転するごとにハンマ42がアンビル45に回転打撃を加える。
- [0026] このように、インパクト機構40では、ハンマ42とアンビル45との衝突が繰り返し発生する。この衝突によるトルクにより、衝突が無い場合と比較して、ボルト、ビス又はナット等の締結部材を強力で締め付けることができる。
- [0027] ここで、図6に示すように、駆動軸41の2つ（図5参照）の溝部413はそれぞれ、上下方向から見てV字状に形成されている。V字の中央に相当する位置に鋼球49が位置するとき（図5、図6に実線で示す状態）、ハンマ42は移動可能な範囲における前端まで前進している。インパクト機構40が打撃動作を行っていない場合には、V字の中央に相当する位置に鋼球49が留まる。V字の両端のうち任意のいずれか一方に相当する位置に鋼球49が位置するとき（図5、図6に2点鎖線で示す状態）、ハンマ42は移動

可能な範囲における後端まで後退している。本明細書では、ハンマ42が移動可能な範囲における後端まで後退することを、「最大後退」と称す。つまり、本明細書では、ハンマ42の移動可能な範囲においてハンマ42がアンビル45から最も離れた位置に移動することを、「最大後退」と称す。ハンマ42の最大後退は、インパクト機構40が打撃動作を行っている場合であって、例えば、電動機3の回転数が比較的大きい場合、又は、インパクト工具1の出力軸61に加わる負荷の大きさが急増した場合等に発生し得る。また、ハンマ42の最大後退は、ハンマ42を前進させる復帰ばね43のばね力が不足している場合に発生することがある。また、ハンマ42の最大後退は、電動機3の回転数が、先端工具の種類、形状及び剛性等に応じて適切に調整されていない場合にも発生し得る。

[0028] ハンマ42が最大後退しているときは、ハンマ42の後退する距離が適正な場合と比較して、ハンマ42の挙動が不安定となる。すなわち、このときは、ハンマ42に後退する向きの力が作用した場合に、ハンマ42が後退することができない。また、後退する向きの力は、ハンマ42に吸収されることになる。このようなことは、ハンマ42の寿命を低下させる可能性がある。

[0029] そこで、後退検出部79は、ハンマ42の最大後退の発生状況を、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況として検出する。一態様において、制御部7は、後退検出部79がインパクト機構40（ハンマ42）の不安定挙動（最大後退）の発生を検出すると、電動機3の回転数を低下させる。具体的には、制御部7は、後退検出部79がインパクト機構40（ハンマ42）の不安定挙動（最大後退）の発生を検出すると、電動機3の回転の角速度の指令値 $c\omega_1$ （図1参照）を低下させる。これにより、最大後退の解消を図ることができる。つまり、電動機3の回転数を低下させることが、インパクト機構40の不安定挙動に対する対策に相当する。

[0030] （1-3）制御部

制御部7は、1以上のプロセッサ及びメモリを有するコンピュータシステ

ムを含んでいる。コンピュータシステムのメモリに記録されたプログラムを、コンピュータシステムのプロセッサが実行することにより、制御部7の少なくとも一部の機能が実現される。プログラムは、メモリに記録されていてもよいし、インターネット等の電気通信回線を通して提供されてもよく、メモリカード等の非一時的記録媒体に記録されて提供されてもよい。

[0031] 図1に示すように、制御部7は、指令値生成部71と、速度制御部72と、電流制御部73と、第1の座標変換器74と、第2の座標変換器75と、磁束制御部76と、推定部77と、脱調検出部78と、後退検出部79と、を有している。また、インパクト工具1は、制御部7と、インバータ回路部81と、モータ回転測定部82と、複数（図1では2つ）の電流センサ91、92と、を備えている。

[0032] 制御部7は、電動機3の動作を制御する。より詳細には、制御部7は、電動機3に電流を供給するインバータ回路部81と共に用いられ、フィードバック制御により電動機3の動作を制御する。制御部7は、電動機3に供給される励磁電流（d軸電流）とトルク電流（q軸電流）とを独立に制御するベクトル制御を行う。

[0033] 本実施形態の後退検出部79は、制御部7に含まれている。ただし、後退検出部79は、制御部7に含まれていなくてもよい。

[0034] 2つの電流センサ91、92は、上述の取得部90に含まれている。取得部90は、2つの電流センサ91、92と、第2の座標変換器75と、を有している。取得部90は、電動機3に供給される励磁電流（d軸電流の電流測定値 $i_{d1}$ ）及びトルク電流（q軸電流の電流測定値 $i_{q1}$ ）を取得する。取得部90は、取得部90自身により電流測定値 $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$ を算出することで、電流測定値 $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$ を取得する。すなわち、2つの電流センサ91、92で測定された2相の電流が第2の座標変換器75で変換されることで、電流測定値 $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$ が得られる。

[0035] 複数の電流センサ91、92はそれぞれ、例えば、ホール素子電流センサ又はシャント抵抗素子を含んでいる。複数の電流センサ91、92は、電池

パックからインバータ回路部 8 1 を介して電動機 3 に供給される電流を測定する。ここで、電動機 3 には、3 相電流（U 相電流、V 相電流及び W 相電流）が供給されており、複数の電流センサ 9 1、9 2 は、少なくとも 2 相の電流を測定する。図 1 では、電流センサ 9 1 が U 相電流を測定して電流測定値  $i_u 1$  を出力し、電流センサ 9 2 が V 相電流を測定して電流測定値  $i_v 1$  を出力する。

[0036] モータ回転測定部 8 2 は、電動機 3 の回転角を測定する。モータ回転測定部 8 2 としては、例えば、光電式エンコーダ又は磁気式エンコーダを採用することができる。

[0037] 推定部 7 7 は、モータ回転測定部 8 2 で測定された電動機 3 の回転角  $\theta 1$  を時間微分して、電動機 3 の角速度  $\omega 1$ （回転軸 3 1 1 の角速度）を算出する。

[0038] 第 2 の座標変換器 7 5 は、複数の電流センサ 9 1、9 2 で測定された電流測定値  $i_u 1$ 、 $i_v 1$  を、モータ回転測定部 8 2 で測定された電動機 3 の回転角  $\theta 1$  に基づいて座標変換し、電流測定値  $i_d 1$ 、 $i_q 1$  を算出する。すなわち、第 2 の座標変換器 7 5 は、3 相電流に対応する電流測定値  $i_u 1$ 、 $i_v 1$  を、磁界成分（d 軸電流）に対応する電流測定値  $i_d 1$  と、トルク成分（q 軸電流）に対応する電流測定値  $i_q 1$  とに変換する。

[0039] 指令値生成部 7 1 は、電動機 3 の角速度の指令値  $c \omega 1$  を生成する。指令値生成部 7 1 は、例えば、トリガボリューム 2 3（図 2 参照）を引く操作の引込み量に応じた指令値  $c \omega 1$  を生成する。すなわち、指令値生成部 7 1 は、上記引込み量が大きいほど、角速度の指令値  $c \omega 1$  を大きくする。

[0040] 速度制御部 7 2 は、指令値生成部 7 1 で生成された指令値  $c \omega 1$  と推定部 7 7 で算出された角速度  $\omega 1$  との差分に基づいて、指令値  $c i_q 1$  を生成する。指令値  $c i_q 1$  は、電動機 3 のトルク電流（q 軸電流）の大きさを指定する指令値である。すなわち、制御部 7 は、電動機 3 のコイル 3 2 1 に供給されるトルク電流（q 軸電流）を指令値  $c i_q 1$ （目標値）に近づけるように電動機 3 の動作を制御する。速度制御部 7 2 は、指令値  $c \omega 1$  と角速度  $\omega$

1との差分を小さくするように指令値 $c_{iq1}$ を決定する。

[0041] 磁束制御部76は、推定部77で算出された角速度 $\omega_1$ と、電流測定値 $i_{q1}$  (q軸電流)と、に基づいて、指令値 $c_{id1}$ を生成する。指令値 $c_{id1}$ は、電動機3の励磁電流 (d軸電流)の大きさを指定する指令値である。すなわち、制御部7は、電動機3のコイル321に供給される励磁電流 (d軸電流)を指令値 $c_{id1}$  (目標値)に近づけるように電動機3の動作を制御する。

[0042] 磁束制御部76で生成される指令値 $c_{id1}$ は、例えば、励磁電流の大きさを0にするための指令値である。磁束制御部76は、常時励磁電流の大きさを0にするための指令値 $c_{id1}$ を生成してもよいし、必要に応じて、励磁電流の大きさを0よりも大きく又は小さくするための指令値 $c_{id1}$ を生成してもよい。励磁電流の指令値 $c_{id1}$ が0より小さくなると、電動機3にマイナスの励磁電流 (弱め磁束電流)が流れ、弱め磁束により、永久磁石312の磁束が弱まる。

[0043] 電流制御部73は、磁束制御部76で生成された指令値 $c_{id1}$ と第2の座標変換器75で算出された電流測定値 $i_{d1}$ との差分に基づいて、指令値 $c_{vd1}$ を生成する。指令値 $c_{vd1}$ は、電動機3の励磁電圧 (d軸電圧)の大きさを指定する指令値である。電流制御部73は、指令値 $c_{id1}$ と電流測定値 $i_{d1}$ との差分を小さくするように指令値 $c_{vd1}$ を決定する。

[0044] また、電流制御部73は、速度制御部72で生成された指令値 $c_{iq1}$ と第2の座標変換器75で算出された電流測定値 $i_{q1}$ との差分に基づいて、指令値 $c_{vq1}$ を生成する。指令値 $c_{vq1}$ は、電動機3のトルク電圧 (q軸電圧)の大きさを指定する指令値である。電流制御部73は、指令値 $c_{iq1}$ と電流測定値 $i_{q1}$ との差分を小さくするように指令値 $c_{vq1}$ を生成する。

[0045] 第1の座標変換器74は、指令値 $c_{vd1}$ 、 $c_{vq1}$ を、モータ回転測定部82で測定された電動機3の回転角 $\theta_1$ に基づいて座標変換し、指令値 $c_{vu1}$ 、 $c_{vv1}$ 、 $c_{vw1}$ を算出する。すなわち、第1の座標変換器74は、

磁界成分（d軸電圧）に対応する指令値 $c v d 1$ と、トルク成分（q軸電圧）に対応する指令値 $c v q 1$ とを、3相電圧に対応する指令値 $c v u 1$ 、 $c v v 1$ 、 $c v w 1$ に変換する。指令値 $c v u 1$ はU相電圧に、指令値 $c v v 1$ はV相電圧に、指令値 $c v w 1$ はW相電圧に対応する。

[0046] インバータ回路部81は、指令値 $c v u 1$ 、 $c v v 1$ 、 $c v w 1$ に応じた3相電圧を電動機3に供給する。制御部7は、インバータ回路部81をPWM（Pulse Width Modulation）制御することにより、電動機3に供給される電力を制御する。

[0047] 電動機3は、インバータ回路部81から供給された電力（3相電圧）により駆動され、回転動力を発生させる。

[0048] この結果、制御部7は、電動機3のコイル321に流れる励磁電流（d軸電流）が、磁束制御部76で生成された指令値 $c i d 1$ に対応した大きさとなるように励磁電流を制御する。また、制御部7は、電動機3の角速度が、指令値生成部71で生成された指令値 $c \omega 1$ に対応した角速度となるように電動機3の角速度を制御する。

[0049] 脱調検出部78は、第2の座標変換器75から取得した電流測定値 $i d 1$ 、 $i q 1$ と、電流制御部73から取得した指令値 $c v d 1$ 、 $c v q 1$ と、に基づいて、電動機3の脱調を検出する。脱調が検出された場合は、脱調検出部78は、インバータ回路部81に停止信号 $c s 1$ を送信して、インバータ回路部81から電動機3への電力供給を停止させる。

[0050] （1-4）動作例

次に、図7を参照して、インパクト工具1の動作例を説明する。

[0051] 図7において、「電池電圧」は、電動機3の電源である電池パックの電池電圧を指す。また、図7では図示していないが、図7の動作例では、励磁電流の指令値 $c i d 1$ は常に0である。

[0052] 上述の通り、一態様において、制御部7は、後退検出部79がインパクト機構40の不安定挙動（最大後退）の発生を検出すると、電動機3の回転数を低下させる。このような態様における角速度 $\omega 1$ の指令値 $c \omega 1$ の時間推

移を、図7では破線で示している。すなわち、後退検出部79がインパクト機構40の不安定挙動の発生を検出すると（時点T1）、制御部7は、指令値 $c\omega 1$ を低下させる。

[0053] ただし、制御部7がこのような制御を行うことは必須ではない。図7の動作例では、制御部7は、電動機3の角速度 $\omega 1$ の指令値 $c\omega 1$ を常に一定に保つ（指令値 $c\omega 1$ の1点鎖線部を参照）。言い換えると、図7の動作例では、制御部7は、電動機3の回転数の指令値を常に一定に保つ。そのため、図7の動作例では、制御部7は、後退検出部79がインパクト機構40の不安定挙動（最大後退）の発生を検出した場合であっても、電動機3の回転数を低下させる制御を行わない。

[0054] このように、制御部7は、少なくとも後退検出部79の検出結果がインパクト機構40の不安定挙動の発生を示していない場合に、電動機3の回転数（角速度 $\omega 1$ ）を一定の目標値（指令値 $c\omega 1$ ）に近づけるように電動機3の動作を制御する。後退検出部79がインパクト機構40の不安定挙動の発生を検出した場合に制御部7が電動機3の回転数を低下させる制御を行う場合であっても、後退検出部79がインパクト機構40の不安定挙動の発生を検出していないときは、指令値 $c\omega 1$ を一定に保つことが好ましい。このような制御を行うインパクト工具1に後退検出部79を採用すれば、後退検出部79は、電動機3の回転数の変動に伴うインパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出しやすい。

[0055] 取得部90は、コイル321に供給されるトルク電流（q軸電流）の実測値（電流測定値 $i_{q1}$ ）を、トルク電流取得値として取得する。後退検出部79は、取得部90で取得されたトルク電流取得値に基づいてインパクト機構40の不安定挙動（最大後退）の発生状況を検出する。より詳細には、後退検出部79は、取得部90で取得されたトルク電流取得値（電流測定値 $i_{q1}$ ）の瞬時値の絶対値に基づいて、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）の発生状況を検出する。更に詳細には、後退検出部79は、トルク電流の電流測定値 $i_{q1}$ の絶対値が閾値 $Th1$ を超えることをもって、イン



パクト機構40の不安定挙動（最大後退）が発生していることを検出する。つまり、後退検出部79は、ハンマ42の最大後退が発生する際の電流測定値 $i_{q1}$ の変動を検出する。閾値 $T_{h1}$ は、例えば、制御部7を構成するコンピュータシステムのメモリに記憶されている。

[0056] 最大後退が発生していない場合には、ハンマ42が駆動軸41に対して後退しつつ回転可能であるが、最大後退の発生時にはハンマ42が駆動軸41に対して後退しつつ回転することが制限される。これにより最大後退の発生時には電動機3のトルクが増加し、トルク電流の電流測定値 $i_{q1}$ の絶対値が増加するので、後退検出部79は、このような電流測定値 $i_{q1}$ の絶対値の増加を検出する。

[0057] 図7では、インパクト工具1は、インパクトドライバとして、ねじ（ボルト）締めのために用いられるとする。作業者は、時点 $T_0$ よりも前の時点に、ソケット62にねじを挿しこむ。その後、作業者は、時点 $T_0$ よりも前の時点に、インパクト工具1のトリガボリューム23を引く操作をする。これにより電動機3に $q$ 軸電流（トルク電流）が流れ始め、電動機3が回転を開始する。その後、トリガボリューム23に対する引込み量に応じて、電動機3の回転速度（角速度 $\omega_1$ ）は徐々に増加する。時点 $T_0$ 以降では、インパクト工具1のインパクト機構40は、打撃動作を行っている。

[0058] 時点 $T_1$ において、トルク電流の電流測定値 $i_{q1}$ は、閾値 $T_{h1}$ を超える。そのため、後退検出部79は、最大後退が発生していることを検出する。また、時点 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ においても、トルク電流の電流測定値 $i_{q1}$ は、閾値 $T_{h1}$ を超える。そのため、時点 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ の各々において、後退検出部79は、最大後退が発生していることを検出する。

[0059] 以上説明したように、本実施形態のインパクト工具1では、後退検出部79は、トルク電流取得値（電流測定値 $i_{q1}$ ）を用いることにより、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）の発生状況を検出することができる。これにより、インパクト機構40の不安定挙動に対する対策を実施することが可能となる。例えば、インパクト機構40の不安定挙動に対する対策と

して、不安定挙動の発生時に電動機 3 の回転数を低下させるという対策を実施可能である。

[0060] また、インパクト工具 1 の電源である電池パックの電池電圧及び電池電流に基づいてインパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出する場合よりも、検出精度を向上させることができる。つまり、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生時に、電池電圧及び電池電流の変動よりも、トルク電流取得値の変動の方が顕著に現れやすい。そのため、電池電圧及び電池電流ではなくトルク電流取得値を用いることで、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況の検出精度を向上させることができる。

[0061] さらに、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出する際に、電池電圧及び電池電流の測定が不要となる。特に、本実施形態のインパクト工具 1 では、d 軸電流及び q 軸電流の電流測定値  $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$  に基づいて電動機 3 に供給される電流を制御するベクトル制御を採用している。ベクトル制御では、電池電圧及び電池電流を測定しなくても電動機 3 の制御が可能である。したがって、本実施形態のインパクト工具 1 は、電池電圧及び電池電流を測定するための回路を備えていなくても、電動機 3 の制御とインパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況の検出とが可能であるという利点がある。これにより、インパクト工具 1 に備えられる回路の面積及び寸法の低減、並びに、回路に要するコストの低減を図ることができる。ただし、インパクト工具 1 は、電池電圧及び電池電流を測定する回路を備えていてもよい。また、後退検出部 79 は、トルク電流取得値（電流測定値  $i_{q1}$ ）に加えて、電池電圧及び電池電流のうち少なくとも一方に基づいて、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出してもよい。

[0062] また、出力軸 61 には、種類、形状及び剛性等が異なる複数の先端工具の中から 1 つを装着できる。後退検出部 79 は、先端工具の種類、形状及び剛性等の違いに起因したインパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出することができる。さらに、後退検出部 79 の検出結果に基づいて制御部 7 が電動機 3 の動作を制御するので、先端工具の種類、形状及び剛性等を変更し

ても、インパクト機構40が安定動作するように電動機3を制御することができる。

[0063] (実施形態1の変形例1)

以下、実施形態1の変形例1に係るインパクト工具1について、図7を用いて説明する。実施形態1と同様の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

[0064] 本変形例1のインパクト工具1では、後退検出部79がインパクト機構40の不安定挙動(最大後退)の有無を判定する条件が実施形態1における条件とは相違する。すなわち、本変形例1において、後退検出部79は、取得部90で取得されたトルク電流取得値(電流測定値 $i_{q1}$ )の交流成分の大きさに基づいて、インパクト機構40の不安定挙動(最大後退)の発生状況を検出する。

[0065] 後退検出部79は、電流測定値 $i_{q1}$ の交流成分の大きさを、例えば、次のようにして算出する。後退検出部79は、ある時点(例えば、現時点)と、上記ある時点から所定時間前の時点との間における電流測定値 $i_{q1}$ の瞬時値の最大値と最小値との差を算出し、これを電流測定値 $i_{q1}$ の交流成分の大きさで見做す。つまり、後退検出部79は、電流測定値 $i_{q1}$ の振幅の2倍に相当する値を、電流測定値 $i_{q1}$ の交流成分の大きさで見做す。図7では、上記ある時点を時点T1とした場合の電流測定値 $i_{q1}$ の交流成分の大きさ $i_{ac}$ を図示している。

[0066] そして、後退検出部79は、電流測定値 $i_{q1}$ の交流成分の大きさが所定の閾値を超えることをもって、インパクト機構40の不安定挙動(最大後退)が発生していることを検出する。

[0067] 電流測定値 $i_{q1}$ の交流成分の大きさは、トルク電流の直流成分の大きさによらない値である。そのため、本変形例1によれば、インパクト工具1の負荷の大きさ等に応じて電動機3に供給されるトルク電流の直流成分の大きさが変動する場合であっても、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出しやすい。

- [0068] なお、本変形例 1 において、後退検出部 79 は、ある時点（例えば、現時点）の電流測定値  $i_{q1}$  の瞬時値と、上記ある時点から所定時間前の時点の電流測定値  $i_{q1}$  の瞬時値との差を算出し、これを電流測定値  $i_{q1}$  の交流成分の大きさと見做してもよい。所定時間は、例えば、インパクト機構 40 においてハンマ 42 とアンビル 45 との衝突周期の  $1/2$  倍の時間である。
- [0069] あるいは、電流測定値  $i_{q1}$  の高調波成分をローパスフィルタにより除去し、後退検出部 79 は、電流測定値  $i_{q1}$  の波形の山における最大値と、この山の隣の谷における最小値との差を算出し、これを電流測定値  $i_{q1}$  の交流成分の大きさと見做してもよい。
- [0070] あるいは、後退検出部 79 は、電流測定値  $i_{q1}$  の実効値を求め、求めた実効値を電流測定値  $i_{q1}$  の交流成分の大きさと見做してもよい。
- [0071] また、後退検出部 79 は、電流測定値  $i_{q1}$  の交流成分の大きさと、電流測定値  $i_{q1}$  の瞬時値の絶対値との両方に基づいて、インパクト機構 40 の不安定挙動（最大後退）の発生状況を検出してもよい。例えば、後退検出部 79 は、電流測定値  $i_{q1}$  の交流成分の大きさが所定の閾値を超え、かつ、トルク電流の電流測定値  $i_{q1}$  の絶対値が閾値  $T_{h1}$  を超えることをもって、インパクト機構 40 の不安定挙動（最大後退）が発生していることを検出してもよい。
- [0072] （実施形態 1 のその他の変形例）
- 以下、実施形態 1 のその他の変形例を列挙する。以下の変形例は、適宜組み合わせ実現されてもよい。また、以下の変形例は、上述の変形例と適宜組み合わせ実現されてもよい。
- [0073] 検出部（後退検出部 79）は、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出すればよく、ハンマ 42 の最大後退の発生状況を検出する構成に限定されない。検出部は、例えば、電動機 3 の回転数が目標値からずれるようにして不安定化することに起因した、ハンマ 42 の速度の不安定化の発生状況を、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況として検出してもよい。また、検出部は、ハンマ 42 の位置に関する不安定挙動の発生状況を検出し

てもよい。ハンマ42の位置に関する不安定挙動は、例えば、ハンマ42が所定位置を超えて前進又は後退することである。また、検出部は、インパクト機構40の不安定挙動の発生の予兆を、不安定挙動の発生状況として検出してもよい。例えば、ハンマ42が最大後退時の位置に近い位置まで後退するのに伴って電流測定値 $i_{q1}$ の瞬時値の絶対値が増加するので、これに基づいて、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）の発生状況を検出できる。

[0074] 取得部90は、トルク電流取得値としての電流測定値 $i_{q1}$ を取得する構成に限定されない。取得部90は、トルク電流取得値としてのトルク電流の指令値 $c_{iq1}$ を取得する構成であってもよい。この場合、取得部90は、少なくとも速度制御部72を含む。

[0075] また、取得部90は、取得部90自身により電流測定値 $i_{q1}$ を算出することで、電流測定値 $i_{q1}$ を取得する構成に限定されない。取得部90は、取得部90以外の構成から電流測定値 $i_{q1}$ を取得してもよい。

[0076] 後退検出部79は、トルク電流の電流測定値 $i_{q1}$ の絶対値が閾値 $T_{h1}$ を超えるという事象が2回以上の所定の回数発生することをもって、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）が発生していることを検出してもよい。ここで、電流測定値 $i_{q1}$ の絶対値が閾値 $T_{h1}$ を超えた時点から、所定の長さの不感期間を設けて、後退検出部79は、不感期間以外の期間に電流測定値 $i_{q1}$ の絶対値が閾値 $T_{h1}$ を超えるか否かを判定してもよい。あるいは、電流測定値 $i_{q1}$ の高調波成分をローパスフィルタにより除去し、後退検出部79は、電流測定値 $i_{q1}$ の波形の山ごとに、ピーク値が閾値 $T_{h1}$ を超えるか否かを判定してもよい。あるいは、後退検出部79は、トルク電流の電流測定値 $i_{q1}$ の絶対値が閾値 $T_{h1}$ を超える頻度が所定頻度以上となることをもって、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）が発生していることを検出してもよい。

[0077] また、後退検出部79は、トルク電流の電流測定値 $i_{q1}$ の絶対値が閾値 $T_{h1}$ 以下の状態から閾値 $T_{h1}$ を超える値に変化する事象が2回以上の所

定の回数発生することをもって、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）が発生していることを検出してもよい。

[0078] 実施形態1の一態様において、制御部7は、後退検出部79がインパクト機構40の不安定挙動（最大後退）の発生を検出すると、電動機3の回転数を低下させる。ここで、制御部7には、最大下げ幅が設定されていてもよい。制御部7は、後退検出部79がインパクト機構40の不安定挙動の発生を検出する度に、最大下げ幅よりも小さい大きさだけ電動機3の回転数を低下させてもよい。そして、制御部7は、電動機3の回転数の低下量が最大下げ幅に達すると、それ以上は電動機3の回転数を低下させないように構成されていてもよい。あるいは、制御部7は、電動機3の回転数の低下量が最大下げ幅に達するまで所定の時間ごとに電動機3の回転数を低下させてもよい。また、制御部7は、後退検出部79がインパクト機構40の不安定挙動の発生を検出すると、直ちに、電動機3の回転数を最大下げ幅だけ低下させてもよい。

[0079] 閾値 $T_{h1}$ は、先端工具の種類、重量及び寸法、並びに、作業対象である負荷の種類等に応じて変更されてもよい。負荷の種類としては、例えば、ボルト、ビス及びナットが挙げられる。

[0080] インパクト工具1は、インパクトドライバに限定されず、例えば、インパクトレンチ、インパクトドリル又はインパクトドリルドライバ等であってもよい。

[0081] 本実施形態のインパクト工具1は、先端工具を用途に応じて交換可能であるが、先端工具が交換可能であることは必須ではない。例えば、インパクト工具1は、特定の先端工具のみ用いることができる電動工具であってもよい。

[0082] アンビル45は、アンビル45に連結された出力軸61等を介して先端工具を保持していてもよいし、先端工具を直接保持していてもよい。

[0083] 出力軸61は、先端工具と一体に形成されていてもよい。

[0084] インパクト工具1は、ハンマ42の最大後退時にハンマ42に加えられる

衝撃を緩和するための緩衝部材を備えていてもよい。緩衝部材は、例えば、ゴムを材料として形成される。ハンマ42が最大後退するとき、ハンマ42が緩衝部材に当たることで、ハンマ42に加えられる衝撃が緩和される。

[0085] インパクト工具1は、後退検出部79の検知結果を報知する報知部を備えていてもよい。報知部は、例えば、ブザー又は光源を有し、後退検出部79が最大後退を検知すると、音又は光を発することにより最大後退を報知する。

[0086] インパクト工具1は、トルク測定部を備えていてもよい。トルク測定部は、電動機3の動作トルクを測定する。トルク測定部は、例えば、ねじり歪みの検出が可能な磁歪式歪センサである。磁歪式歪センサは、電動機3の出力軸61にトルクが加わることにより発生する歪みに応じた透磁率の変化を、電動機3の非回転部分に設置したコイルで検出し、歪みに比例した電圧信号を出力する。

[0087] インパクト工具1は、ビット回転測定部を備えていてもよい。ビット回転測定部は、出力軸61の回転角を測定する。ここでは、出力軸61の回転角は、先端工具（ソケット62）の回転角に等しい。ビット回転測定部としては、例えば、光電式エンコーダ又は磁気式エンコーダを採用することができる。

[0088] （実施形態2）

以下、実施形態2に係るインパクト工具1について、図8を用いて説明する。実施形態1と同様の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

[0089] （2-1）実施形態2の概要

本実施形態のインパクト工具1では、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況の検出方法が、実施形態1と異なる。インパクト工具1のその他の構成及び動作は、実施形態1と同様である。本実施形態のインパクト工具1のブロック図としては、図1を参照されたい。

[0090] 本実施形態の挙動判定部は、後退検出部79（検出部）を含む。後退検出

部 7 9 は、取得部 9 0 で取得された励磁電流の値である励磁電流取得値に基づいてインパクト機構 4 0 の不安定挙動の発生状況を検出する。これにより、インパクト機構 4 0 の不安定挙動に対する対策を実施することが可能となる。

[0091] (2-2) 動作例

次に、図 8 を参照して、インパクト工具 1 の動作例を説明する。

[0092] 図 8 において、「電池電圧」は、電動機 3 の電源である電池パックの電池電圧を指す。図 8 において、「電池電流」は、電池パックの電池電流を指す。また、図 8 では図示していないが、図 8 の動作例では、励磁電流の指令値  $c i d 1$  は常に 0 である。

[0093] 実施形態 1 と同様に、一態様において、制御部 7 は、後退検出部 7 9 がインパクト機構 4 0 の不安定挙動（最大後退）の発生を検出すると、電動機 3 の回転数を低下させる。このような態様における角速度  $\omega 1$  の指令値  $c \omega 1$  の時間推移を、図 8 では破線で示している。すなわち、後退検出部 7 9 がインパクト機構 4 0 の不安定挙動の発生を検出すると（時点  $T 1$ ）、制御部 7 は、指令値  $c \omega 1$  を低下させる。

[0094] ただし、制御部 7 がこのような制御を行うことは必須ではない。図 8 の動作例では、制御部 7 は、電動機 3 の角速度  $\omega 1$  の指令値  $c \omega 1$  を常に一定に保つ（指令値  $c \omega 1$  の 1 点鎖線部を参照）。言い換えると、図 8 の動作例では、制御部 7 は、電動機 3 の回転数の指令値を常に一定に保つ。そのため、図 8 の動作例では、制御部 7 は、後退検出部 7 9 がインパクト機構 4 0 の不安定挙動（最大後退）の発生を検出した場合であっても、電動機 3 の回転数を低下させる制御を行わない。

[0095] このように、制御部 7 は、少なくとも後退検出部 7 9 の検出結果がインパクト機構 4 0 の不安定挙動の発生を示していない場合に、電動機 3 の回転数（角速度  $\omega 1$ ）を一定の目標値（指令値  $c \omega 1$ ）に近づけるように電動機 3 の動作を制御する。後退検出部 7 9 がインパクト機構 4 0 の不安定挙動の発生を検出した場合に制御部 7 が電動機 3 の回転数を低下させる制御を行う場



合であっても、後退検出部 79 がインパクト機構 40 の不安定挙動の発生を検出していないときは、指令値  $c\omega 1$  を一定に保つことが好ましい。このような制御を行うインパクト工具 1 に後退検出部 79 を採用すれば、後退検出部 79 は、電動機 3 の回転数の変動に伴うインパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出しやすい。

[0096] 取得部 90 は、コイル 321 に供給される励磁電流（d 軸電流）の実測値（電流測定値  $i d 1$ ）を、励磁電流取得値として取得する。後退検出部 79 は、取得部 90 で取得された負の励磁電流取得値（電流測定値  $i d 1$ ）の大きさに基づいて、インパクト機構 40 の不安定挙動（最大後退）の発生状況を検出する。ここで、励磁電流について、永久磁石 312 の磁束を弱める磁束（弱め磁束）をコイル 321 に発生させる向きに流れる電流を負の電流とした。言い換えると、負の励磁電流の向きを、弱め磁束電流の向きとした。励磁電流取得値（電流測定値  $i d 1$ ）の正負は、励磁電流の正負と一致する。

[0097] 後退検出部 79 は、より詳細には、取得部 90 で取得された負の励磁電流取得値（電流測定値  $i d 1$ ）が閾値  $T h 2$  を下回ることをもって、インパクト機構 40 の不安定挙動（最大後退）が発生していることを検出する。つまり、後退検出部 79 は、ハンマ 42 の最大後退が発生する際の電流測定値  $i d 1$  の変動を検出する。閾値  $T h 2$  は、負の値である。閾値  $T h 2$  は、例えば、制御部 7 を構成するコンピュータシステムのメモリに記憶されている。

[0098] 最大後退が発生していない場合には、ハンマ 42 が駆動軸 41 に対して後退しつつ回転可能であるが、最大後退の発生時にはハンマ 42 が駆動軸 41 に対して後退しつつ回転することが制限される。これにより、最大後退の発生の前後で電動機 3 の回転数が変動する。電動機 3 の回転数が急激に変動すると、電動機 3 の回転角  $\theta 1$  のモータ回転測定部 82 による測定が、回転数の変動に追従しきれず、回転角  $\theta 1$  の測定値が実際の値からずれた値となる。より詳細には、モータ回転測定部 82 で求められる回転角  $\theta 1$  の測定値は、最大後退が発生していないときはリアルタイムの値であるが、最大後退が

発生すると少し前の時点の値となる。その結果、モータ回転測定部 82 で測定された回転角  $\theta 1$  に基づいて第 2 の座標変換器 75 により算出される電流測定値  $i d 1$  は、実際の値とは異なる値となる。具体的には、最大後退の発生時には、電流測定値  $i d 1$  が実際の値よりも小さい値となる。後退検出部 79 は、このような電流測定値  $i d 1$  の減少を検出する。

[0099] 図 8 では、インパクト工具 1 は、インパクトドライバとして、ねじ（ボルト）締めのために用いられるとする。作業者は、時点  $T 0$  よりも前の時点に、ソケット 62 にねじを挿しこむ。その後、作業者は、時点  $T 0$  よりも前の時点に、インパクト工具 1 のトリガボリューム 23 を引く操作をする。これにより電動機 3 に  $q$  軸電流（トルク電流）が流れ始め、電動機 3 が回転を開始する。その後、トリガボリューム 23 に対する引込み量に応じて、電動機 3 の回転速度（角速度  $\omega 1$ ）は徐々に増加する。時点  $T 0$  以降では、インパクト工具 1 のインパクト機構 40 は、打撃動作を行っている。

[0100] 時点  $T 1$  において、励磁電流の電流測定値  $i d 1$  は、閾値  $T h 2$  を下回る。そのため、後退検出部 79 は、最大後退が発生していることを検出する。また、時点  $T 2$ 、 $T 3$ 、 $T 4$ 、 $T 5$ 、 $T 6$  においても、励磁電流の電流測定値  $i d 1$  は、閾値  $T h 2$  を下回る。そのため、時点  $T 2$ 、 $T 3$ 、 $T 4$ 、 $T 5$ 、 $T 6$  の各々において、後退検出部 79 は、最大後退が発生していることを検出する。

[0101] 以上説明したように、本実施形態のインパクト工具 1 では、後退検出部 79 は、励磁電流取得値（電流測定値  $i d 1$ ）を用いることにより、インパクト機構 40 の不安定挙動（最大後退）の発生状況を検出することができる。これにより、インパクト機構 40 の不安定挙動に対する対策を実施することが可能となる。例えば、インパクト機構 40 の不安定挙動に対する対策として、不安定挙動の発生時に電動機 3 の回転数を低下させるという対策を実施可能である。

[0102] また、インパクト工具 1 の電源である電池パックの電池電圧及び電池電流に基づいてインパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出する場合より

も、検出精度を向上させることができる。つまり、インパクト機構40の不安定挙動の発生時に、電池電圧及び電池電流の変動よりも、励磁電流取得値の変動の方が顕著に現れやすい。そのため、電池電圧及び電池電流ではなく励磁電流取得値を用いることで、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況の検出精度を向上させることができる。

[0103] さらに、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出する際に、電池電圧及び電池電流の測定が不要となる。特に、本実施形態のインパクト工具1では、d軸電流及びq軸電流の電流測定値 $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$ に基づいて電動機3に供給される電流を制御するベクトル制御を採用している。ベクトル制御では、電池電圧及び電池電流を測定しなくても電動機3の制御が可能である。したがって、本実施形態のインパクト工具1は、電池電圧及び電池電流を測定するための回路を備えていなくても、電動機3の制御とインパクト機構40の不安定挙動の発生状況の検出とが可能であるという利点がある。これにより、インパクト工具1に備えられる回路の面積及び寸法の低減、並びに、回路に要するコストの低減を図ることができる。ただし、インパクト工具1は、電池電圧及び電池電流を測定する回路を備えていてもよい。また、後退検出部79は、励磁電流取得値（電流測定値 $i_{d1}$ ）に加えて、電池電圧及び電池電流のうち少なくとも一方に基づいて、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出してもよい。

[0104] また、出力軸61には、種類、形状及び剛性等が異なる複数の先端工具の中から1つを装着できる。後退検出部79は、先端工具の種類、形状及び剛性等の違いに起因したインパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出することができる。さらに、後退検出部79の検出結果に基づいて制御部7が電動機3の動作を制御するので、先端工具の種類、形状及び剛性等を変更しても、インパクト機構40が安定動作するように電動機3を制御することができる。

[0105] （実施形態2の変形例1）

以下、実施形態2の変形例1に係るインパクト工具1について、図8を用

いて説明する。実施形態2と同様の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

[0106] 実施形態2と同様に、制御部7は、励磁電流の実測値（電流測定値  $i_{d1}$ ）を指令値  $c_{id1}$ （目標値）に近づけるように電動機3の動作を制御する。そして、本変形例1の後退検出部79は、励磁電流の指令値  $c_{id1}$ （目標値）と、励磁電流の実測値（電流測定値  $i_{d1}$ ）との差に基づいて、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）の発生状況を検出する。

[0107] 図8では、励磁電流の指令値  $c_{id1}$  は常に0である。そのため、励磁電流の指令値  $c_{id1}$  と電流測定値  $i_{d1}$  との差は、電流測定値  $i_{d1}$  に等しい。図8では、時点  $T1$  における励磁電流の指令値  $c_{id1}$  と電流測定値  $i_{d1}$  との差  $\Delta i_1$  を図示している。

[0108] 励磁電流の指令値  $c_{id1}$  は、0に限定されず、0よりも大きい値又は小さい値であってもよく、また、時間的に変化する値であってもよい。

[0109] 後退検出部79は、励磁電流の指令値  $c_{id1}$  と電流測定値  $i_{d1}$  との差の絶対値が所定の閾値を上回ることをもって、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）が発生していることを検出する。ここで、所定の閾値の大きさは、例えば、実施形態2の閾値  $Th2$  の絶対値に等しい。図8では、時点  $T1$ 、 $T2$ 、 $T3$ 、 $T4$ 、 $T5$ 、 $T6$  の各々において、後退検出部79は、最大後退が発生していることを検出する。

[0110] 本変形例1では、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況の検出において、励磁電流の指令値  $c_{id1}$  が用いられる。そのため、励磁電流の指令値  $c_{id1}$  が0よりも大きい値又は小さい値となる場合であっても、指令値  $c_{id1}$  の大きさを加味してインパクト機構40の不安定挙動の発生状況が検出される。よって、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況の検出精度が低下する可能性を低減できる。

[0111] （実施形態2の変形例2）

以下、実施形態2の変形例2に係るインパクト工具1について、図8を用いて説明する。実施形態2と同様の構成については、同一の符号を付して説

明を省略する。

- [0112] 実施形態2と同様に、取得部90は、コイル321に供給される励磁電流の電流測定値 $i_{d1}$ 及びトルク電流の電流測定値 $i_{q1}$ 値を取得する。後退検出部79は、取得部90で取得された励磁電流取得値（電流測定値 $i_{d1}$ ）及び、取得部90で取得されたトルク電流取得値（電流測定値 $i_{q1}$ ）に基づいて、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）の発生状況を検出する。
- [0113] 具体的には、後退検出部79は、次の第1条件及び第2条件の両方が所定の時間内に満たされたことをもって、ハンマ42の最大後退が発生したことを検出する。第1条件は、励磁電流の電流測定値 $i_{d1}$ が閾値 $T_{h2}$ を下回ることである。第2条件は、トルク電流の電流測定値 $i_{q1}$ の絶対値が閾値 $T_{h3}$ を超えることである。閾値 $T_{h2}$ 、 $T_{h3}$ は、例えば、制御部7を構成するコンピュータシステムのメモリに記憶されている。
- [0114] 所定の時間は、例えば、10ミリ秒である。すなわち、第1条件と第2条件とのうち一方が満たされてから他方が満たされるまでに要した時間が10ミリ秒以内であれば、後退検出部79は、ハンマ42の最大後退が発生したことを検出する。
- [0115] 図8では、時点 $T_1$ 、 $T_2$ において、後退検出部79は、ハンマ42の最大後退が発生したことを検出する。
- [0116] 本変形例2によれば、後退検出部79が励磁電流取得値（電流測定値 $i_{d1}$ ）のみに基づいてインパクト機構40（ハンマ42）の不安定挙動の発生状況を検出する場合と比較して、検出精度の向上を図ることができる。例えば、インパクト機構40の不安定挙動が発生していないときに、後退検出部79は、不安定挙動が発生していると誤検出する可能性を低減できる。
- [0117] 別の一例として、所定の時間は、電流測定値 $i_{d1}$ 又は $i_{q1}$ のサンプリング周期に一致していてもよい。電流測定値 $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$ の各々のサンプリングのタイミングが同期している場合に、後退検出部79は、電流測定値 $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$ のあるサンプリングのタイミングで第1条件と第2条件とが

共に満たされたことをもって、最大後退が発生したことを検出してもよい。

[0118] また、後退検出部 79 は、第 1 条件と第 2 条件とのうち少なくとも一方が満たされたことをもって、最大後退が発生したことを検出してもよい。

[0119] なお、取得部 90 は、トルク電流取得値としての電流測定値  $i_{q1}$  を取得する構成に限定されない。取得部 90 は、トルク電流取得値としてのトルク電流の指令値  $c_{iq1}$  を取得する構成であってもよい。この場合、取得部 90 は、少なくとも速度制御部 72 を含む。

[0120] また、取得部 90 は、励磁電流取得値としての電流測定値  $i_{d1}$  を取得する構成に限定されない。取得部 90 は、励磁電流取得値としての励磁電流の指令値  $c_{id1}$  を取得する構成であってもよい。この場合、取得部 90 は、少なくとも磁束制御部 76 を含む。実施形態 2 及び実施形態 2 の変形例 1 でも同様に、取得部 90 は、励磁電流取得値としての励磁電流の指令値  $c_{id1}$  を取得する構成であってもよい。

[0121] また、取得部 90 は、取得部 90 自身により電流測定値  $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$  を算出することで、電流測定値  $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$  を取得する構成に限定されない。取得部 90 は、取得部 90 以外の構成から電流測定値  $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$  を取得してもよい。実施形態 2 及び実施形態 2 の変形例 1 でも同様に、取得部 90 は、取得部 90 以外の構成から電流測定値  $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$  を取得してもよい。

[0122] (実施形態 2 のその他の変形例)

以下、実施形態 2 のその他の変形例を列挙する。以下の変形例は、適宜組み合わせられてもよい。また、以下の変形例は、上述の各変形例と適宜組み合わせられてもよい。

[0123] 検出部（後退検出部 79）は、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出すればよく、ハンマ 42 の最大後退の発生状況を検出する構成に限定されない。検出部は、例えば、電動機 3 の回転数が目標値からずれるようにして不安定化することに起因した、ハンマ 42 の速度の不安定化の発生状況を、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況として検出してもよい。

また、検出部は、ハンマ42の位置に関する不安定挙動の発生状況を検出してよい。ハンマ42の位置に関する不安定挙動は、例えば、ハンマ42が所定位置を超えて前進又は後退することである。また、検出部は、インパクト機構40の不安定挙動の発生の予兆を、不安定挙動の発生状況として検出してよい。

[0124] 実施形態2の後退検出部79は、取得部90で取得された負の励磁電流取得値（電流測定値  $i_{d1}$ ）の大きさに基づいて、ハンマ42の最大後退の発生を検出する。これは、最大後退の発生時には電流測定値  $i_{d1}$  が減少するためである。ただし、不安定挙動の種類及び発生状況等によっては、電流測定値  $i_{d1}$  が増加することもある。すなわち、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退に限らない）の発生に前後して電流測定値  $i_{d1}$  が増加することがある。そのため、後退検出部79は、励磁電流取得値（電流測定値  $i_{d1}$ ）の値が正であるか負であるかに関係なく、励磁電流取得値の大きさに基づいてインパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出してよい。

[0125] 後退検出部79は、励磁電流の電流測定値  $i_{d1}$  が閾値  $T_{h2}$  を下回るという事象が2回以上の所定の回数発生することをもって、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）が発生していることを検出してよい。ここで、電流測定値  $i_{d1}$  が閾値  $T_{h2}$  を下回った時点から、所定の長さの不感期間を設けて、後退検出部79は、不感期間以外の期間に電流測定値  $i_{d1}$  が閾値  $T_{h2}$  を下回ったか否かを判定してもよい。あるいは、電流測定値  $i_{d1}$  の高調波成分をローパスフィルタにより除去し、後退検出部79は、電流測定値  $i_{d1}$  の波形の谷ごとに、ボトム値が閾値  $T_{h2}$  を下回るか否かを判定してもよい。あるいは、後退検出部79は、励磁電流の電流測定値  $i_{d1}$  が閾値  $T_{h2}$  を下回る頻度が所定頻度以上となることをもって、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）が発生していることを検出してよい。

[0126] また、後退検出部79は、励磁電流の電流測定値  $i_{d1}$  が閾値  $T_{h2}$  以上の状態から閾値  $T_{h2}$  を下回る値に変化する事象が2回以上の所定の回数発生することをもって、インパクト機構40の不安定挙動（最大後退）が発生

していることを検出してもよい。

[0127] (実施形態3)

以下、実施形態3に係るインパクト工具1について、図9～図12Dを用いて説明する。実施形態1と同様の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

[0128] (3-1) 実施形態3の概要

本実施形態において、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別することが、インパクト機構40の挙動に関する判定に該当する。挙動判定部は、判別部84(図9参照)を含む。判別部84は、取得部90で取得されたトルク電流の値であるトルク電流取得値に基づいて、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別する。

[0129] 「インパクト機構40の挙動の種類を判別」するとは、実際のインパクト機構40の挙動の種類を、他の種類と区別することである。例えば、挙動の種類が、適正な挙動である「適正打撃」であると判定することは、インパクト機構40の挙動の種類を「適正打撃」以外の挙動と区別することに該当する。すなわち、挙動の種類が「適正打撃」であると判定することは、挙動の種類を判別することに該当する。

[0130] このように、インパクト工具1では、トルク電流取得値を用いることにより、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別することが可能となる。

[0131] 本実施形態のインパクト機構40は、ハンマ42と、アンビル45と、を含んでいる。インパクト機構40で発生する打撃力は、具体的には、ハンマ42がアンビル45に衝突することにより発生する衝撃力である。打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類は、例えば、ハンマ42とアンビル45との接触(衝突)位置、及び、ハンマ42がアンビル45に衝突してからハンマ42がアンビル45から離れるときのハンマ42の移動量等により分類される。

[0132] インパクト工具1の基本動作は、実施形態1と同様である。実施形態1で



説明したように、インパクト工具 1 では、ハンマ 4 2 が移動可能な範囲における後端まで後退する「最大後退」が起こり得る。また、最大後退とは逆に、ハンマ 4 2 の後退する距離が不十分となる場合がある。この場合、ハンマ 4 2 の後退する距離が適正な場合と比較して、ハンマ 4 2 の挙動が不安定となることがある。判別部 8 4 は、ハンマ 4 2 の後退する距離が不十分である状況を、打撃動作中のインパクト機構 4 0 の挙動の種類の一つとして検出する。

[0133] 打撃動作中のインパクト機構 4 0 の挙動の種類を判別部 8 4 が検出（判別）する態様についての詳細は、「（3-3）動作例」の欄で説明する。

[0134] （3-2）制御部

図 9 に示すように、制御部 7 は、指令値生成部 7 1 と、速度制御部 7 2 と、電流制御部 7 3 と、第 1 の座標変換器 7 4 と、第 2 の座標変換器 7 5 と、磁束制御部 7 6 と、推定部 7 7 と、脱調検出部 7 8 と、を有している。制御部 7 は、判別部 8 4 と、出力部 8 5 と、カウンタ 8 6 と、を更に有している。

[0135] 制御部 7 は、判別部 8 4 の判別結果に基づいて電動機 3 の動作を制御する。例えば、制御部 7 は、判別部 8 4 で判別された、打撃動作中のインパクト機構 4 0 の挙動の種類に応じて、電動機 3 の回転数を増加又は減少させる。本実施形態の判別部 8 4 は、制御部 7 に含まれている。ただし、判別部 8 4 は、制御部 7 に含まれていなくてもよい。

[0136] 出力部 8 5 は、判別部 8 4 の判別結果を出力する。例えば、判別部 8 4 の判別結果は、制御部 7 のメモリに記憶され、出力部 8 5 は、判別部 8 4 の判別結果をメモリから読み出して、電気信号として出力する。出力部 8 5 は、判別部 8 4 の判別結果をメモリカード等の非一時的記録媒体へ出力してもよいし、インパクト工具 1 の外部の装置へ有線通信又は無線通信により出力してもよい。また、出力部 8 5 は、判別部 8 4 の判別結果をリアルタイムで出力してもよいし、インパクト工具 1 による作業の終了後に、作業中の判別結果をまとめて出力してもよい。

[0137] また、出力部 85 は、提示部を有している。提示部は、判別部 84 の判別結果を、音又は光等により提示する。つまり、出力部 85 は、判別部 84 の判別結果を音又は光等として提示する。例えば、提示部は、発光ダイオード等の光源を有し、判別部 84 の判別結果に応じて光源の点灯状態を変化させてもよい。あるいは、提示部は、スピーカ又はブザー等を有し、打撃動作中のインパクト機構 40 の挙動の種類に応じて音を発生させてもよい。あるいは、提示部は、判別部 84 の判別結果を表示するディスプレイを有しているもよい。

[0138] カウンタ 86 は、インパクト機構 40 において打撃力が発生した回数をカウントする。より詳細には、カウンタ 86 は、判別部 84 で判別されたインパクト機構 40 の挙動が特定の挙動である状態で打撃力が発生した回数をカウントする。特定の挙動は、例えば、適正な挙動である「適正打撃」である。

[0139] (3-3) 動作例

次に、図 10A~図 12D を参照して、インパクト工具 1 の動作例を説明する。なお、図 10A、図 11A、図 12A の第 1 の閾値  $T_{h1}$  ~ 第 3 の閾値  $T_{h3}$  は、実施形態 1、2 における閾値  $T_{h1}$  ~  $T_{h3}$  とは異なる。

[0140] 判別部 84 は、取得部 90 で取得されたトルク電流取得値に基づいて、打撃動作中のインパクト機構 40 の挙動の種類を判別する。本実施形態では、取得部 90 は、トルク電流の実測値である電流測定値  $i_{q1}$  を、トルク電流取得値として取得する。判別部 84 は、電流測定値  $i_{q1}$  をトルク電流取得値として用いる。

[0141] 図 10A、図 11A、図 12A の各々は、電流測定値  $i_{q1}$  の時間変化の一例を表す。図 10A、図 11A、図 12A の各々の横軸の時点  $T_1$ 、 $T_5$  間の時間の長さは、駆動軸 41 が略半回転するのに要する時間の長さと同じ。駆動軸 41 が略半回転するのに要する時間の長さは、例えば約 20 ミリ秒である。駆動軸 41 が略半回転するごとに、ハンマ 42 の 2 つの突起 425 は、アンビル 45 の 2 つの爪部 455 に衝突し回転打撃を加える。時点  $T$

1、T5の各々において、ハンマ42の2つの突起425がアンビル45の2つの爪部455に衝突する。

[0142] すなわち、インパクト機構40は、打撃動作において所定の打撃周期ごとに打撃力を発生させる。本実施形態における打撃周期は、時点T1から時点T5までの間の時間の長さに等しく、例えば約20ミリ秒である。判別部84は、打撃周期の始点（時点T1）と終点（時点T5）との間のトルク電流取得値（電流測定値 $i_{q1}$ ）に基づいて打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別する。

[0143] より詳細には、判別部84は、打撃周期に対応する期間を複数（4つ）の期間に区分する。判別部84は、打撃周期に対応する期間を4等分して、時点T1と時点T2との間の期間、時点T2と時点T3との間の期間、時点T3と時点T4との間の期間、及び、時点T4と時点T5との間の期間とする。判別部84は、例えば、これら4つの期間のうちある期間において、電流測定値 $i_{q1}$ が閾値を超えるか否か等に基づいて、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別する。なお、ある打撃周期における時点T5は、次の打撃周期における時点T1に一致する。

[0144] 判別部84は、打撃周期ごとに、インパクト機構40の挙動の種類を判別することができる。一例として、判別部84は、打撃開始後のK（Kは自然数）番目の打撃周期における挙動の種類を判別を、L（LはKとは異なる任意の自然数）番目の打撃周期における挙動の種類を判別とは独立に行う。打撃周期がN（Nは自然数）周期繰り返される場合は、判別部84は、最大でN個の判別結果を出力できる。

[0145] 打撃周期は、電動機3の回転数に基づいて算出される。本実施形態では、回転数の逆数の1/2倍の時間が、打撃周期として算出される。本実施形態では、打撃周期の算出は、推定部77が行う。推定部77は、電動機3の回転角 $\theta_1$ を時間微分して、電動機3の角速度 $\omega_1$ を算出する。推定部77は、角速度 $\omega_1$ から回転数を算出し、回転数から打撃周期を算出する。なお、推定部77は、角速度 $\omega_1$ から直接、打撃周期を算出してもよい。

[0146] 図10B、図10C、図11B～図11D、図12B～図12Dの各々は、ハンマ42とアンビル45との相対的な位置関係を模式的に表した図である。実際には、図4に示すように、ハンマ42が1回転する間に、2つの突起425の各々がアンビル45の2つの爪部455を順に乗り越える。このようにハンマ42が1回転する動作を、図10B、図10C、図11B～図11D、図12B～図12Dでは、ハンマ42が紙面左向きに移動して1つの突起425がアンビル45の2つの爪部455を順に乗り越えるとして表現している。つまり、図10B、図10C、図11B～図11D、図12B～図12Dでは、ハンマ42及びアンビル45のうち、ハンマ42の2つの突起425の相対的な回転の軌跡の周囲の領域を、直線状に展開して図示している。図10B、図10C、図11B～図11D、図12B～図12D中の2点鎖線は、アンビル45の2つの爪部455をハンマ42の回転方向に結ぶ線であり、実体を伴わない。図10B、図10C、図11B～図11D、図12B～図12D中の突起425から延びている矢印は、ハンマ42の2つの突起425のうち一方の軌跡であり、実体を伴わない。

[0147] 図10A～図12Dを参照する以下の説明では、特に断りの無い限り、ハンマ42の2つの突起425のうち、一方の突起425に着目して説明する。

[0148] 図10A～図10Cは、インパクト機構40の打撃動作が適正である「適正打撃」の事例に相当する。すなわち、図10A～図10Cでは、ハンマ42が少なくとも最大後退しておらず、ハンマ42の後退の距離が適正である。さらに、図10A～図10Cでは、ハンマ42が後退した後に、復帰ばね43のばね力によりハンマ42が前進する際の前進の速度が適正である。そのため、図10A～図10Cでは、ハンマ42の前進に伴ってアンビル45に対して回転するハンマ42の回転速度が適正である。また、図10A～図10Cでは、ハンマ42の突起425とアンビル45の2つの爪部455との接触面積が大きい。より詳細には、ハンマ42の突起425は、爪部455の側面4550の略全体に接するように爪部455に衝突する。なお、ハ

ンマ42が移動可能な範囲における前端まで前進したとき、ハンマ本体420のうち出力軸61側の面（前面4201）と、爪部455のうち駆動軸41側の面（後面4551）との間には、隙間が存在する。

[0149] 時点T1に対応する図10Bの状態では、ハンマ42の突起425（図10B、図10Cでは1つのみを図示）がアンビル45の2つの爪部455のうち一方に接している。この状態から、ハンマ42が後退する（紙面上向きに移動する）ことでハンマ42がアンビル45の2つの爪部455を乗り越えて回転する。これにより、ハンマ42の突起425が次の爪部455に衝突する。すなわち、時点T5に対応する図10Cの状態となる。時点T1から時点T5までの間にハンマ42が半回転する。その後、同様の動作により、ハンマ42が半回転して、図10B（時点T1）の状態に戻る。つまり、ハンマ42が半回転するごとに、突起425が2つの爪部455に交互に衝突する。言い換えると、ハンマ42が半回転するごとに、図10B、図10Cに示す動作が繰り返される。

[0150] 図10Aでは、電流測定値 $i_{q1}$ が安定的に推移する。図10Aでは、電流測定値 $i_{q1}$ には、時点T1と時点T5との間にパルスが存在しない。図10Aでは、電流測定値 $i_{q1}$ は、時点T1と時点T5との間において第1の閾値 $T_{h1}$ を下回り続ける。

[0151] 判別部84は、例えば、時点T1から時点T5までの間の4つの期間のいずれにおいても、電流測定値 $i_{q1}$ が第1の閾値 $T_{h1}$ を下回り続けることをもって、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類が「適正打撃」であると判定する。

[0152] 図11Aは、インパクト機構40の打撃動作が「二度打ち」又は「擦り上がり」である事例に相当する。図11B～図11Dは、インパクト機構40の打撃動作が「二度打ち」である事例に相当する。「二度打ち」とは、ハンマ42の突起425がアンビル45の2つの爪部455のうち一方に衝突した（図11B参照）後、この爪部455に再び衝突してから（図11C参照）、他方の爪部455に衝突する（図11D参照）動作である。「擦り上が

り」とは、ハンマ42の突起425がアンビル45の2つの爪部455の一方に衝突してから、この爪部455の側面4550を擦るように移動して（つまり、側面4550に接した状態を維持しながら）爪部455を乗り越える動作である。

[0153] 「二度打ち」及び「擦り上がり」は、例えば、ハンマ42を前進させる復帰ばね43のばね力が過剰である場合に発生することがある。また、「二度打ち」及び「擦り上がり」は、電動機3の回転数が不足している場合にも発生し得る。また、「二度打ち」及び「擦り上がり」は、インパクト機構40の打撃動作の打撃力の不足の原因となる場合がある。

[0154] 「二度打ち」の事例では、ハンマ42の突起425がアンビル45の2つの爪部455のうち一方に衝突する時点T1から、他方に衝突する時点T5までの間において、図11Cに示すように、時点T1で衝突した爪部455に再び衝突する。これにより、図11Aに示すように、時点T2と時点T3との間である時点T21において電流測定値 $i_{q1}$ が一時的に増加する。図11Aでは、時点T21において、電流測定値 $i_{q1}$ が第2の閾値 $T_{h2}$ を超える。第2の閾値 $T_{h2}$ は、第1の閾値 $T_{h1}$ （図10A参照）と同じであってもよいし、異なってもよい。

[0155] 判別部84は、例えば、時点T2と時点T3との間の期間において、電流測定値 $i_{q1}$ が第2の閾値 $T_{h2}$ を超えることをもって、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類が「二度打ち又は擦り上がり」とであると判定する。

[0156] 図12B～図12Dでは、図10B、図10C、図11B～図11Dと比較して、ハンマ42のハンマ本体420のうち図示を省略していない領域が大きい。ハンマ42の寸法は同一である。

[0157] 図12A～図12Dは、インパクト機構40の打撃動作が「V底打ち」の動作である事例に相当する。「V底打ち」とは、ハンマ42の突起425がアンビル45の2つの爪部455のうち一方に衝突した（図12B参照）後、ハンマ42が移動可能な範囲における前端まで前進し、その後、突起42

5が2つの爪部455のうち他方に衝突する（図12D参照）動作である。ハンマ42が移動可能な範囲における前端まで前進することで、図5、図6に実線で示すように、V字状の2つの溝部413上にそれぞれ配置された鋼球49が、溝部413のうちV字の中央に相当する内面に衝突する。「V底打ち」では、ハンマ42の突起425は、2つの爪部455のうち一方を乗り越えてからV字状に移動して、他方の爪部455に衝突する。すなわち、ハンマ42の突起425が爪部455を乗り越えてからハンマ42が前進し（図12C参照）、前進した勢いで、各鋼球49が、溝部413のうちV字の中央に相当する内面に衝突する。その後、ハンマ42が後退し始めてから、図12Dに示すように、ハンマ42の突起425とアンビル45の爪部455とが衝突する。図12Dでは、ハンマ42が後退しているため、ハンマ42の突起425とアンビル45の爪部455との接触面積が、図12Bの場合と比較して小さい。

[0158] 「V底打ち」は、例えば、ハンマ42を前進させる復帰ばね43のばね力が過剰である場合に発生することがある。また、「V底打ち」は、電動機3の回転数が不足している場合にも発生し得る。また、「V底打ち」は、インパクト機構40の打撃動作の打撃力の不足の原因となる場合がある。

[0159] 「V底打ち」の事例では、ハンマ42の突起425がアンビル45の2つの爪部455のうち一方に衝突する時点T1から、他方に衝突する時点T5までの間において、各鋼球49が、溝部413のうちV字の中央に相当する内面に衝突する。これにより、図12Aに示すように、時点T4と時点T5との間である時点T41において電流測定値 $i_{q1}$ が一時的に増加する。図12Aでは、時点T41において、電流測定値 $i_{q1}$ が第3の閾値 $T_{h3}$ を超える。第3の閾値 $T_{h3}$ は、第1の閾値 $T_{h1}$ （図10A参照）及び第2の閾値 $T_{h2}$ （図11A参照）と同じであってもよいし、異なってもよい。

[0160] 判別部84は、例えば、時点T4と時点T5との間の期間において、電流測定値 $i_{q1}$ が第3の閾値 $T_{h3}$ を超えることをもって、打撃動作中のイン

パクト機構40の挙動の種類が「V底打ち」とであると判定する。

[0161] 上述の通り、カウンタ86は、判別部84で判別されたインパクト機構40の挙動が「適正打撃」である状態で打撃力が発生した回数をカウントする。例えば、打撃周期がN（Nは自然数）周期繰り返される場合は、判別部84は、N周期に対応するN個の判別結果を出力し、カウンタ86は、N個の判別結果のうち「適正打撃」という判別結果の数をカウントする。

[0162] 判別部84は、カウンタ86のカウント数に基づいて、インパクト機構40の打撃動作の状態を判定する。判別部84の判定結果として出力される打撃動作の状態は、例えば、打撃動作に異常がある状態又は打撃動作に異常が無い状態である。言い換えると、判別部84は、カウンタ86のカウント数に基づいて、インパクト機構40の打撃動作の異常の有無を判定する。出力部85は、判別部84の判定結果を報知する。例えば、打撃周期がN（Nは自然数）周期繰り返されたときに、カウンタ86のカウント数が所定回数未満の場合に、判別部84は、インパクト機構40の打撃動作に異常があると判定する。これに応じて、出力部85は、インパクト機構40の打撃動作に異常があることを、音又は光により報知する。つまり、ここでいう「打撃動作に異常が無い状態」とは、「適性打撃」以外の種類の打撃動作が全く含まれない状態だけでなく、「適性打撃」以外の種類の打撃動作が許容範囲内において含まれる状態をも含む得る。

[0163] 制御部7は、判別部84の判定結果に基づいて電動機3の動作を制御する。判別部84の判定結果は、例えば、カウンタ86のカウント数の情報を含む。例えば、打撃周期がN（Nは自然数）周期繰り返されたときに、カウンタ86のカウント数が所定回数未満の場合に、制御部7は、電動機3の回転数を増加又は減少させる等の制御を行う。また、制御部7は、電動機3の回転数を増加させるか、減少させるかを、判別部84で判別された打撃動作の種類に応じて決定してもよい。電動機3の回転数を減少させる、とは、電動機3を停止させることも含む。

[0164] 制御部7は、インパクト機構40が打撃動作を行っている最中に、判別部



84の判別結果に基づいて電動機3の動作を制御する。これにより、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類が「適正打撃」でない場合に、「適正打撃」となるように電動機3に対する制御を変更することができる。つまり、制御部7は、判別部84の判別結果を用いて電動機3をフィードバック制御する。

[0165] なお、判別部84は、木ねじ等のビスを締める際よりも、ボルトを締める際に、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別するのに適する。これは、ビスと比較してボルトの締め付けにはより高いトルクを要することが多く、その結果、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類に応じた電流測定値  $i_{q1}$  の変化がより顕著に現れるためである。

[0166] 以上説明したように、本実施形態のインパクト工具1では、判別部84は、トルク電流取得値（電流測定値  $i_{q1}$ ）を用いることにより、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別することができる。これにより、判別部84の判別結果に応じた対処を行うことが可能となる。

[0167] 対処の一例は、判別部84の判別結果に応じて、電動機3の回転数を増加又は減少させることである。例えば、制御部7の指令値生成部71は、判別部84の判別結果に応じて、電動機3の角速度の指令値  $c\omega_1$  を生成してもよい。また、電動機3の回転数を増加させるために、電動機3のコイル321に弱め磁束電流を流してもよい。また、電動機3の回転数を減少させるために、電動機3のコイル321に強め磁束電流を流してもよい。

[0168] 対処の別の一例は、復帰ばね43等の部材を交換又は補修することである。

[0169] 対処の別の一例は、判別部84の判別結果が「適正打撃」である場合に、制御部7が、電動機3に対して実行していた制御を継続することである。

[0170] また、本実施形態のインパクト工具1では、d軸電流及びq軸電流の電流測定値  $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$  に基づいて電動機3に供給される電流を制御するベクトル制御を採用している。インパクト工具1では、電流測定値  $i_{q1}$  を取得するための構成として、ベクトル制御のための構成でもある取得部90を用

いることができる。そして、判別部 84 は、取得部 90 で取得された電流測定値  $i_{q1}$  に基づいて、打撃動作中のインパクト機構 40 の挙動の種類を判別する。つまり、インパクト工具 1 は、ベクトル制御のための構成とは別に、電流測定値  $i_{q1}$  を取得するための構成を備えていなくてもよい。これにより、インパクト工具 1 の部材点数の増加を抑制できる。

[0171] また、出力軸 61 には、種類、形状及び剛性等が異なる複数の先端工具の中から 1 つを装着できる。先端工具の種類、形状及び剛性等の違いに起因して、インパクト機構 40 の挙動の種類は変化する場合がある。この場合にも、判別部 84 は、トルク電流取得値（電流測定値  $i_{q1}$ ）に基づいてインパクト機構 40 の挙動の種類を判別することができる。さらに、判別部 84 の判別結果に基づいて制御部 7 が電動機 3 の動作を制御するので、先端工具の種類、形状及び剛性等を変更しても、打撃動作中のインパクト機構 40 の挙動の種類が「適正打撃」となるように電動機 3 を制御することができる。

[0172] また、設計者等は、判別部 84 の判別結果に基づいて、インパクト工具 1 の異常の原因を分析することができる。

[0173] （実施形態 3 の変形例 1）

実施形態 3 で説明したように、判別部 84 は、打撃周期ごとに、インパクト機構 40 の挙動の種類を判別することができる。ここで、判別部 84 は、打撃周期ごとに求められた判別結果に基づいて、複数の打撃周期を含む期間におけるインパクト機構 40 の挙動の種類を判別してもよい。例えば、判別部 84 は、打撃周期が  $N$ （ $N$  は自然数）周期繰り返される場合に、打撃周期ごとの  $N$  個の判別結果を出力し、 $N$  個の判別結果に含まれる数が最も多い挙動の種類を、 $N$  周期における判別結果として出力してもよい。

[0174] （実施形態 3 の変形例 2）

判別部 84 は、電流測定値  $i_{q1}$  を複数のモデル波形の各々と比較し、電流測定値  $i_{q1}$  と各モデル波形とのマッチング率に基づいて、打撃動作中のインパクト機構 40 の挙動の種類を判別してもよい。複数のモデル波形は、「適正打撃」、「二度打ち」及び「擦り上がり」等の複数の挙動と一対一で

対応する。複数のモデル波形は、例えば、制御部 7 を構成するコンピュータシステムのメモリに予め記録されている。判別部 8 4 は、電流測定値  $i_{q1}$  と複数のモデル波形の各々とを比較し、電流測定値  $i_{q1}$  とのマッチング率が最も高いモデル波形に対応する挙動を、判別結果として出力する。

[0175] (実施形態 3 の変形例 3)

判別部 8 4 が判別する、打撃動作中のインパクト機構 4 0 の挙動の種類は、実施形態 3 で説明した「適正打撃」、「二度打ち」、「擦り上がり」及び「V底打ち」のみに限定されない。判別部 8 4 は、例えば、ハンマ 4 2 の「最大後退」を、インパクト機構 4 0 の挙動の種類の一つとして判別してもよい。

[0176] ハンマ 4 2 が最大後退しているときは、ハンマ 4 2 の後退する距離が適正な場合と比較して、ハンマ 4 2 の挙動が不安定となる。すなわち、このときは、ハンマ 4 2 に後退する向きの力が作用した場合に、ハンマ 4 2 が後退することができない。また、後退する向きの力は、ハンマ 4 2 に吸収されることになる。このようなことは、ハンマ 4 2 の寿命を低下させる可能性がある。

[0177] そこで、判別部 8 4 は、ハンマ 4 2 の最大後退を、打撃動作中のインパクト機構 4 0 の挙動の種類の一つとして検出してもよい。例えば、判別部 8 4 は、トルク電流の電流測定値  $i_{q1}$  の瞬時値の絶対値が閾値を超えることをもって、ハンマ 4 2 の最大後退が発生したことを検出する。この閾値は、例えば、上述の第 1 ~ 第 3 の閾値  $T_{h1} \sim T_{h3}$  とは異なる値である。

[0178] 判別部 8 4 は、最大後退の特定の発生状況を、インパクト機構 4 0 の挙動の種類の一つとして判別してもよい。判別部 8 4 は、例えば、最大後退の予兆が現れている状況を、インパクト機構 4 0 の挙動の種類の一つとして判別してもよい。

[0179] また、判別部 8 4 は、「天面擦り」を、打撃動作中のインパクト機構 4 0 の挙動の種類の一つとして検出してもよい。「天面擦り」とは、ハンマ 4 2 の前進する向きにおいてハンマ 4 2 の突起 4 2 5 がアンビル 4 5 の 2 つの爪

部455のうち一方に接する動作である。つまり、「天面擦り」では、突起425の前面4251（出力軸61側の面）が爪部455の後面4551（駆動軸41側の面）に接する（図10B参照）。

[0180] また、判別部84は、「浅打撃」を、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類の一つとして検出してもよい。「浅打撃」とは、図11Cに示すように、ハンマ42の突起425とアンビル45の爪部455とが、突起425の前端付近と爪部455の後端付近との限られた領域において衝突する動作である。「浅打撃」では、「二度打ち」とは異なって、突起425は、同じ爪部455に2回以上続けて衝突しない。

[0181] 「天面擦り」及び「浅打撃」は、例えば、電動機3の回転数が比較的大きい場合等に発生し得る。また、「天面擦り」及び「浅打撃」は、ハンマ42を前進させる復帰ばね43のばね力が不足している場合にも発生し得る。また、「天面擦り」及び「浅打撃」は、インパクト機構40の打撃動作の打撃力が過剰となる原因になり得る。

[0182] 判別部84は、例えば、「浅打撃」に対応したモデル波形と電流測定値 $i_q1$ とのマッチング率に基づいて、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類が「天面擦り」であるか否か、及び、「浅打撃」であるか否かを判定してもよい。

[0183] 制御部7は、電動機3の回転数の過剰に対応する挙動を判別部84が検出すると、電動機3の回転数を減少させてもよい。電動機3の回転数の過剰に対応する挙動の一例は、「最大後退」、「天面擦り」及び「浅打撃」である。また、制御部7は、電動機3の回転数の不足に対応する挙動を判別部84が検出すると、電動機3の回転数を増加させてもよい。電動機3の回転数の不足に対応する挙動の一例は、「二度打ち」、「擦り上がり」及び「V底打ち」である。

[0184] （実施形態3の変形例4）

実施形態3と同様に、取得部90は、電動機3のコイル321に供給されるトルク電流の値及び励磁電流の値を取得する。判別部84は、取得部90

で取得されたトルク電流の値であるトルク電流取得値（電流測定値  $i_{q1}$ ）及び、取得部 90 で取得された励磁電流の値である励磁電流取得値（電流測定値  $i_{d1}$ ）に基づいて、打撃動作中のインパクト機構 40 の挙動の種類を判別する。取得部 90 は、トルク電流及び励磁電流の実測値（電流測定値  $i_{q1}$ 、 $i_{d1}$ ）を、トルク電流取得値及び励磁電流取得値として取得する。

[0185] 判別部 84 は、実施形態 3 と同様に、打撃周期に対応する期間を 4 等分して、時点 T1 と時点 T2 との間の期間、時点 T2 と時点 T3 との間の期間、時点 T3 と時点 T4 との間の期間、及び、時点 T4 と時点 T5 との間の期間とする。判別部 84 は、例えば、これら 4 つの期間の各々における電流測定値  $i_{d1}$  のパルス数を求め、この結果に基づいて、打撃動作中のインパクト機構 40 の挙動の種類を判別する。

[0186] 判別部 84 は、電流測定値  $i_{d1}$  に基づく判定結果と、電流測定値  $i_{q1}$  に基づく判定結果とに基づいて、最終的な判定結果を求める。判別部 84 は、例えば、電流測定値  $i_{d1}$  に基づく判定結果と電流測定値  $i_{q1}$  に基づく判定結果とが一致する場合は、その判定結果を最終的な判定結果とする。また、判別部 84 は、例えば、電流測定値  $i_{d1}$  に基づく判定結果と電流測定値  $i_{q1}$  に基づく判定結果とが一致しない場合は、最終的な判定結果を「異常」とする。つまり、このとき、判別部 84 は、インパクト機構 40 の挙動の種類が、少なくとも「適正打撃」ではないと判断する。

[0187] また、判別部 84 は、少なくとも一部の種類の挙動において、電流測定値  $i_{d1}$  と電流測定値  $i_{q1}$  との重み付けを変えてもよい。実施形態 3 のインパクト工具 1 では、「最大後退」及び「天面擦り」は、電流測定値  $i_{d1}$  に基づいて判別されやすく、「二度打ち」、「擦り上がり」及び「V底打ち」は、電流測定値  $i_{q1}$  に基づいて判別されやすい。そこで、例えば、判別部 84 は、電流測定値  $i_{d1}$  に基づく判別結果が「最大後退」又は「天面擦り」であって、電流測定値  $i_{q1}$  に基づく判別結果が「適正打撃」の場合に、電流測定値  $i_{d1}$  に基づく判別結果を最終的な判別結果としてもよい。また、例えば、判別部 84 は、電流測定値  $i_{d1}$  に基づく判別結果が「適正打撃

」であって、電流測定値  $i_{q1}$  に基づく判別結果が「二度打ち」、「擦り上がり」又は「V底打ち」の場合に、電流測定値  $i_{q1}$  に基づく判別結果を最終的な判別結果としてもよい。

[0188] (実施形態3のその他の変形例)

以下、実施形態3のその他の変形例を列挙する。以下の変形例は、適宜組み合わせられてもよい。また、以下の変形例は、上述の各変形例と適宜組み合わせられてもよい。

[0189] カウンタ86は、判別部84の各判別結果の数をカウントしてもよい。カウンタ86は、例えば、「適正打撃」の数のカウントと、「二度打ち」及び「擦り上がり」の数のカウントと、「V底打ち」の数のカウントと、のうち少なくとも1つを行ってもよい。

[0190] 判別部84の判別結果に応じて制御部7が電動機3の回転数を変化させる場合に、回転数の最大変化幅が設定されていてもよい。制御部7は、判別部84の判別結果が特定の結果である場合に、最大変化幅よりも小さい大きさだけ電動機3の回転数を変化させてもよい。そして、制御部7は、電動機3の回転数の変化量が最大変化幅に達すると、それ以上は電動機3の回転数を変化させないように構成されていてもよい。あるいは、制御部7は、電動機3の回転数の変化量が最大変化幅に達するまで所定の時間ごとに電動機3の回転数を変化させてもよい。また、制御部7は、判別部84の判別結果が特定の結果である場合に、直ちに、電動機3の回転数を最大変化幅だけ変化させてもよい。

[0191] 判別部84が打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別するアルゴリズムは、先端工具の種類、剛性、重量及び寸法、並びに、作業対象である負荷の種類等に応じて変更されてもよい。負荷の種類としては、例えば、ボルト、ビス及びナットが挙げられる。

[0192] 判別部84は、電流測定値  $i_{q1}$  から特定の周波数成分を除去した値を、トルク電流取得値として用いて、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別してもよい。

- [0193] カウンタ86のカウント数に基づいてインパクト機構40の打撃動作の状態を判定する機能は、判別部84以外の構成が有していてもよい。
- [0194] 取得部90は、励磁電流取得値としての電流測定値*i*d1を取得する構成に限定されない。取得部90は、励磁電流取得値としての励磁電流の指令値*c*i d1を取得する構成であってもよい。この場合、取得部90は、少なくとも磁束制御部76を含む。
- [0195] 取得部90は、トルク電流取得値としての電流測定値*i*q1を取得する構成に限定されない。取得部90は、トルク電流取得値としてのトルク電流の指令値*c*i q1を取得する構成であってもよい。この場合、取得部90は、少なくとも速度制御部72を含む。
- [0196] インパクト工具1は、ショックセンサを備えていてもよい。ショックセンサは、ショックセンサに加えられた振動の大きさに応じた大きさの電圧又は電流を出力する。カウンタ86は、ショックセンサの出力に基づいて、インパクト機構40において打撃力が発生した回数をカウントしてもよい。ショックセンサは、インパクト機構40で発生する振動が伝わる位置に配置されていればよい。例えば、インパクト機構40の付近に配置されてもよいし、制御部7の付近に配置されてもよい。
- [0197] (実施形態4)
- 以下、実施形態4に係るインパクト工具1について、図13A~図17Cを用いて説明する。実施形態3と同様の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。
- [0198] 本実施形態のインパクト工具1では、インパクト機構40の挙動の種類を判別する方法が、実施形態3と異なる。インパクト工具1のその他の構成及び動作は、実施形態3と同様である。本実施形態のインパクト工具1のブロック図としては、図9を参照されたい。
- [0199] 挙動判定部は、判別部84(図9参照)を含む。判別部84は、取得部90で取得された励磁電流の値である励磁電流取得値に基づいて、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別する。本実施形態では、取得部9

0は、励磁電流の実測値である電流測定値  $i_{d1}$  を、励磁電流取得値として取得する。判別部84は、電流測定値  $i_{d1}$  を励磁電流取得値として用いる。

[0200] 図13A、図14A、図15A、図16、図17Aの各々は、電流測定値  $i_{d1}$  の時間変化の一例を表す。図13A、図14A、図15A、図16、図17Aの各々の横軸の時点  $T1 \sim T5$  は、図10A、図11A、図12Aの時点  $T1 \sim T5$  に相当する。判別部84は、打撃周期の始点（時点  $T1$ ）と終点（時点  $T5$ ）との間の励磁電流取得値（電流測定値  $i_{d1}$ ）に基づいて打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別する。

[0201] より詳細には、判別部84は、打撃周期に対応する期間を複数（4つ）の期間に区分する。判別部84は、打撃周期に対応する期間を4等分して、時点  $T1$  と時点  $T2$  との間の期間、時点  $T2$  と時点  $T3$  との間の期間、時点  $T3$  と時点  $T4$  との間の期間、及び、時点  $T4$  と時点  $T5$  との間の期間とする。判別部84は、例えば、これら4つの期間のうちある期間において、電流測定値  $i_{d1}$  が閾値を超えるか否か等に基づいて、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別する。なお、ある打撃周期における時点  $T5$  は、次の打撃周期における時点  $T1$  に一致する。つまり、時点  $T5$  は、打撃周期の終点であり、始点でもある。

[0202] 判別部84は、打撃周期ごとに、インパクト機構40の挙動の種類を判別することができる。一例として、判別部84は、打撃開始後の  $K$ （ $K$ は自然数）番目の打撃周期における挙動の種類を判別を、 $L$ （ $L$ は  $K$ とは異なる任意の自然数）番目の打撃周期における挙動の種類を判別とは独立に行う。打撃周期が  $N$ （ $N$ は自然数）周期繰り返される場合は、判別部84は、最大で  $N$ 個の判別結果を出力できる。

[0203] 図13B、図13C、図14B～図14D、図15B～図15D、図17B、図17Cの各々は、ハンマ42とアンビル45との相対的な位置関係を模式的に表した図である。実際には、図4に示すように、ハンマ42が1回転する間に、2つの突起425の各々がアンビル45の2つの爪部455を



順に乗り越える。このようにハンマ42が1回転する動作を、図13B、図13C、図14B～図14D、図15B～図15D、図17B、図17Cでは、ハンマ42が紙面左向きに移動して1つの突起425がアンビル45の2つの爪部455を順に乗り越えるとして表現している。つまり、図13B、図13C、図14B～図14D、図15B～図15D、図17B、図17Cでは、ハンマ42及びアンビル45のうち、ハンマ42の2つの突起425の相対的な回転の軌跡の周囲の領域を、直線状に展開して図示している。図13B、図13C、図14B～図14D、図15B～図15D、図17B、図17C中の2点鎖線は、アンビル45の2つの爪部455をハンマ42の回転方向に結ぶ線であり、実体を伴わない。図13B、図13C、図14B～図14D、図15B～図15D、図17B、図17C中の突起425から延びている矢印は、ハンマ42の2つの突起425のうち一方の軌跡であり、実体を伴わない。

[0204] 図13A～図17Cに示す動作例において、励磁電流の指令値 $c_{id1}$ は常に0である。

[0205] 図13A～図17Cを参照する以下の説明では、特に断りの無い限り、ハンマ42の2つの突起425のうち、一方の突起425に着目して説明する。

[0206] 図13A～図13Cは、インパクト機構40の打撃動作が適正である「適正打撃」の事例に相当する。すなわち、図13A～図13Cでは、ハンマ42が少なくとも最大後退しておらず、ハンマ42の後退の距離が適正である。さらに、図13A～図13Cでは、ハンマ42が後退した後に、復帰ばね43のばね力によりハンマ42が前進する際の前進の速度が適正である。そのため、図13A～図13Cでは、ハンマ42の前進に伴ってアンビル45に対して回転するハンマ42の回転速度が適正である。また、図13A～図13Cでは、ハンマ42の突起425とアンビル45の2つの爪部455との接触面積が大きい。より詳細には、ハンマ42の突起425は、爪部455の側面4550の略全体に接するように爪部455に衝突する。なお、ハ

ンマ42が移動可能な範囲における前端まで前進したとき、ハンマ本体420のうち出力軸61側の面（前面4201）と、爪部455のうち駆動軸41側の面（後面4551）との間には、隙間が存在する。

[0207] 時点T1に対応する図13Bの状態では、ハンマ42の突起425（図13B、図13Cでは1つのみを図示）がアンビル45の2つの爪部455のうち一方に接している。この状態から、ハンマ42が後退する（紙面上向きに移動する）ことでハンマ42がアンビル45の2つの爪部455を乗り越えて回転する。これにより、ハンマ42の突起425が次の爪部455に衝突する。すなわち、時点T5に対応する図13Cの状態となる。時点T1から時点T5までの間にハンマ42が半回転する。その後、同様の動作により、ハンマ42が半回転して、図13B（時点T1）の状態に戻る。つまり、ハンマ42が半回転するごとに、突起425が2つの爪部455に交互に衝突する。言い換えると、ハンマ42が半回転するごとに、図13B、図13Cに示す動作が繰り返される。

[0208] 図13Aでは、時点T1と時点T5との各々において、電流測定値*i*<sub>d1</sub>に1つのパルスが発生している。言い換えれば、図13Aでは、打撃周期の始点ごとに、電流測定値*i*<sub>d1</sub>に1つのパルスが発生している。判別部84は、例えば、時点T1及び時点T5の各々（言い換えれば、打撃周期の始点）を中心とする所定の期間において1つのパルスが発生し、それ以外の時点にはパルスが発生しないことをもって、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類が「適正打撃」であると判定する。ここで、所定の期間の長さの一例は、時点T1と時点T2との間の時間の長さの20%である。言い換えれば、所定の期間の長さの一例は、打撃周期の5%である。

[0209] 図14Aは、インパクト機構40の打撃動作が「二度打ち」又は「擦り上がり」である事例に相当する。図14B～図14Dは、インパクト機構40の打撃動作が「二度打ち」である事例に相当する。「二度打ち」の事例では、ハンマ42の突起425がアンビル45の2つの爪部455のうち一方に衝突する時点T1から、他方に衝突する時点T5までの間において、図14

Cに示すように、時点T1で衝突した爪部455に再び衝突する。これにより、図14Aに示すように、時点T1から時点T2までの間に、複数のパルスが発生する。言い換えれば、図14Aに示すように、打撃周期の始点から一定期間を経るまでに、複数のパルスが発生する。

[0210] 判別部84は、例えば、時点T1から時点T2まで（言い換えれば、打撃周期の始点から一定期間を経るまで）の間に所定数以上のパルスが発生することをもち、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類が「二度打ち又は擦り上がり」とであると判定する。

[0211] 図15B～図15Dでは、図13B、図13C、図14B～図14Dと比較して、ハンマ42のハンマ本体420のうち図示を省略していない領域が大きい、ハンマ42の寸法は同一である。

[0212] 図15A～図15Dは、インパクト機構40の打撃動作が「V底打ち」の動作である事例に相当する。「V底打ち」の事例では、ハンマ42の突起425がアンビル45の2つの爪部455のうち一方に衝突する時点T1から、他方に衝突する時点T5までの間において、各鋼球49が、溝部413のうちV字の中央に相当する内面に衝突する。これにより、図15Aに示すように、時点T4から時点T5までの間に、複数のパルスが発生する。言い換えれば、図15Aに示すように、打撃周期の終点よりも一定期間前の時点から終点までの間に、複数のパルスが発生する。

[0213] 判別部84は、例えば、時点T4から時点T5（言い換えれば、打撃周期の終点よりも一定期間前の時点から終点）までの間に所定数以上のパルスが発生することをもち、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類が「V底打ち」とであると判定する。

[0214] 図16は、インパクト機構40の打撃動作が「最大後退」の動作である事例に相当する。すなわち、図16は、ハンマ42が最大後退するときの電流測定値*i*<sub>d1</sub>の一例である。図16では、時点T1と時点T5との各々において、電流測定値*i*<sub>d1</sub>に1つのパルスが発生している。さらに、時点T2と時点T3との間の期間において、複数のパルスが発生している。言い換え

れば、打撃周期の前半の半周期において、複数のパルスが発生している。

[0215] 判別部 84 は、例えば、時点 T2 と時点 T3 との間の期間（言い換えれば、打撃周期の前半の半周期）において所定数以上のパルスが発生することをもって、打撃動作中のインパクト機構 40 の挙動の種類が「最大後退」とであると判定する。

[0216] ハンマ 42 が最大後退しているときは、ハンマ 42 の後退する距離が適正な場合と比較して、ハンマ 42 の挙動が不安定となる。すなわち、このときは、ハンマ 42 に後退する向きの力が作用した場合に、ハンマ 42 が後退することができない。また、後退する向きの力は、ハンマ 42 に吸収されることになる。このようなことは、ハンマ 42 の寿命を低下させる可能性がある。判別部 84 が最大後退を検出することで、例えば、これに応じて、制御部 7 が最大後退を解消するために、電動機 3 の回転数を減少させる等の応答を行うことができる。

[0217] 図 17A～図 17C は、インパクト機構 40 の打撃動作が「天面擦り」の動作である事例に相当する。「天面擦り」とは、ハンマ 42 の前進する向きにおいてハンマ 42 の突起 425 がアンビル 45 の 2 つの爪部 455 のうち一方に接する（図 17C 参照）動作である。つまり、「天面擦り」では、突起 425 の前面 4251（出力軸 61 側の面）が爪部 455 の後面 4551（駆動軸 41 側の面）に接する。

[0218] 図 17B では、ハンマ 42 の突起 425 がハンマ 42 の回転方向において 2 つの爪部 455 のうち一方に衝突する。その後、突起 425 がこの爪部 455 を乗り越えてから、突起 425 の前面 4251 が他方の爪部 455 の後面 4551 に接する。突起 425 は、後面 4551 を擦るように移動する。

[0219] 「天面擦り」は、例えば、電動機 3 の回転数が比較的大きい場合等に発生し得る。また、「天面擦り」は、ハンマ 42 を前進させる復帰ばね 43 のばね力が不足している場合にも発生し得る。また、「天面擦り」は、インパクト機構 40 の打撃動作の打撃力が過剰となる原因になり得る。

[0220] 図 17A では、時点 T1 と時点 T5 との各々において、電流測定値  $i_d 1$

に1つのパルスが発生している。さらに、時点T3と時点T4との間の期間において、複数のパルスが発生する。言い換えれば、打撃周期の後半の半周期において、複数のパルスが発生する。判別部84は、例えば、時点T3と時点T4との間の期間（言い換えれば、打撃周期の後半の半周期）において所定数以上のパルスが発生することをもって、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類が「天面擦り」とであると判定する。

[0221] 実施形態3と同様に、カウンタ86は、判別部84で判別されたインパクト機構40の挙動が「適正打撃」である状態で打撃力が発生した回数をカウントする。判別部84は、カウンタ86のカウント数に基づいて、インパクト機構40の打撃動作の状態を判定する。制御部7は、判別部84の判別結果に基づいて電動機3の動作を制御する。

[0222] なお、判別部84は、木ねじ等のビスを締める際よりも、ボルトを締める際に、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別するのに適する。これは、ビスと比較してボルトの締め付けにはより高いトルクを要することが多く、その結果、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類に応じた電流測定値  $i_{d1}$  の変化がより顕著に現れるためである。

[0223] 以上説明したように、本実施形態のインパクト工具1では、判別部84は、励磁電流取得値（電流測定値  $i_{d1}$ ）を用いることにより、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別することができる。これにより、判別部84の判別結果に応じた対処を行うことが可能となる。

[0224] また、本実施形態のインパクト工具1では、d軸電流及びq軸電流の電流測定値  $i_{d1}$ 、 $i_{q1}$ に基づいて電動機3に供給される電流を制御するベクトル制御を採用している。インパクト工具1では、電流測定値  $i_{d1}$  を取得するための構成として、ベクトル制御のための構成でもある取得部90を用いることができる。そして、判別部84は、取得部90で取得された電流測定値  $i_{d1}$  に基づいて、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別する。つまり、インパクト工具1は、ベクトル制御のための構成とは別に、電流測定値  $i_{d1}$  を取得するための構成を備えていなくてもよい。これに

より、インパクト工具 1 の部材点数の増加を抑制できる。

[0225] また、出力軸 6 1 には、種類、形状及び剛性等が異なる複数の先端工具の中から 1 つを装着できる。先端工具の種類、形状及び剛性等の違いに起因して、インパクト機構 4 0 の挙動の種類は変化する場合がある。この場合にも、判別部 8 4 は、励磁電流取得値（電流測定値  $i d 1$ ）に基づいてインパクト機構 4 0 の挙動の種類を判別することができる。さらに、判別部 8 4 の判別結果に基づいて制御部 7 が電動機 3 の動作を制御するので、先端工具の種類、形状及び剛性等を変更しても、打撃動作中のインパクト機構 4 0 の挙動の種類が「適正打撃」となるように電動機 3 を制御することができる。

[0226] また、設計者等は、判別部 8 4 の判別結果に基づいて、インパクト工具 1 の異常の原因を分析することができる。

[0227] （実施形態 4 の変形例 1）

実施形態 4 で説明したように、判別部 8 4 は、打撃周期ごとに、インパクト機構 4 0 の挙動の種類を判別することができる。ここで、判別部 8 4 は、打撃周期ごとに求められた判別結果に基づいて、複数の打撃周期を含む期間におけるインパクト機構 4 0 の挙動の種類を判別してもよい。例えば、判別部 8 4 は、打撃周期が  $N$ （ $N$  は自然数）周期繰り返される場合に、打撃周期ごとの  $N$  個の判別結果を出力し、 $N$  個の判別結果に含まれる数が最も多い挙動の種類を、 $N$  周期における判別結果として出力してもよい。

[0228] （実施形態 4 の変形例 2）

判別部 8 4 は、電流測定値  $i d 1$  を複数のモデル波形の各々と比較し、電流測定値  $i d 1$  と各モデル波形とのマッチング率に基づいて、打撃動作中のインパクト機構 4 0 の挙動の種類を判別してもよい。複数のモデル波形は、「適正打撃」、「二度打ち」及び「擦り上がり」等の複数の挙動と一対一で対応する。複数のモデル波形は、例えば、制御部 7 を構成するコンピュータシステムのメモリに予め記録されている。判別部 8 4 は、電流測定値  $i d 1$  と複数のモデル波形の各々とを比較し、電流測定値  $i d 1$  とのマッチング率が最も高いモデル波形に対応する挙動を、判別結果として出力する。

[0229] (実施形態4の変形例3)

判別部84が判別する、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類は、実施形態4で説明した「適正打撃」、「二度打ち」、「擦り上がり」、「V底打ち」、「最大後退」及び「天面擦り」のみに限定されない。判別部84は、例えば、「浅打撃」を、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類の一つとして検出してもよい。

[0230] 判別部84は、例えば、「浅打撃」に対応したモデル波形と電流測定値  $i_{d1}$  とのマッチング率に基づいて、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類が「浅打撃」であるか否かを判定してもよい。

[0231] 判別部84は、最大後退の特定の発生状況を、インパクト機構40の挙動の種類の一つとして判別してもよい。判別部84は、例えば、最大後退の予兆が現れている状況を、インパクト機構40の挙動の種類の一つとして判別してもよい。

[0232] (実施形態4のその他の変形例)

以下、実施形態4のその他の変形例を列挙する。以下の変形例は、適宜組み合わせ実現されてもよい。また、以下の変形例は、上述の各変形例と適宜組み合わせ実現されてもよい。

[0233] カウンタ86は、判別部84の各判別結果の数をカウントしてもよい。カウンタ86は、例えば、「適正打撃」の数のカウントと、「二度打ち」及び「擦り上がり」の数のカウントと、「V底打ち」の数のカウントと、「最大後退」の数のカウントと、「天面擦り」の数のカウントと、のうち少なくとも一つを行ってもよい。

[0234] 判別部84は、電流測定値  $i_{d1}$  から特定の周波数成分を除去した値を、励磁電流取得値として用いて、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別してもよい。

[0235] (まとめ)

以上説明した実施形態等から、以下の態様が開示されている。

[0236] 第1の態様に係るインパクト工具1は、電動機3と、インパクト機構40

と、取得部 90 と、挙動判定部（後退検出部 79 及び判別部 84）と、を備える。電動機 3 は、永久磁石 312 及びコイル 321 を有している。インパクト機構 40 は、電動機 3 から動力を得て打撃力を発生させる打撃動作を行う。取得部 90 は、コイル 321 に供給されるトルク電流の値と、コイル 321 に供給される励磁電流の値と、のうち少なくとも一方を取得する。励磁電流は、永久磁石 312 の磁束を変化させる磁束をコイル 321 に発生させる。挙動判定部は、取得部 90 で取得されたトルク電流の値であるトルク電流取得値と、取得部 90 で取得された励磁電流の値である励磁電流取得値と、のうち少なくとも一方に基づいてインパクト機構 40 の挙動に関する判定をする。

[0237] 上記の構成によれば、トルク電流取得値（電流測定値  $i_q1$ ）と励磁電流取得値（電流測定値  $i_d1$ ）とのうち少なくとも一方を用いることにより、インパクト機構 40 の挙動に関する判定が可能となる。

[0238] また、第 2 の態様に係るインパクト工具 1 では、第 1 の態様において、挙動判定部は、検出部（後退検出部 79）を含む。検出部は、トルク電流取得値と、励磁電流取得値と、のうち少なくとも一方に基づいてインパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出する。

[0239] 上記の構成によれば、トルク電流取得値（電流測定値  $i_q1$ ）と励磁電流取得値（電流測定値  $i_d1$ ）とのうち少なくとも一方を用いることにより、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出することが可能となる。

[0240] また、第 3 の態様に係るインパクト工具 1 は、第 2 の態様において、制御部 7 を備える。制御部 7 は、電動機 3 の動作を制御する。

[0241] 上記の構成によれば、インパクト工具 1 は、電動機 3 の動作の自律的な制御が可能となる。

[0242] また、第 4 の態様に係るインパクト工具 1 では、第 3 の態様において、制御部 7 は、少なくとも検出部（後退検出部 79）の検出結果がインパクト機構 40 の不安定挙動の発生を示していない場合に、電動機 3 の回転数を一定の目標値に近づけるように電動機 3 の動作を制御する。



- [0243] 上記の構成によれば、電動機 3 の回転数の変動に伴うインパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出しやすい。
- [0244] また、第 5 の態様に係るインパクト工具 1 では、第 3 又は 4 の態様において、制御部 7 は、検出部（後退検出部 79）がインパクト機構 40 の不安定挙動の発生を検出すると、電動機 3 の回転数を低下させる。
- [0245] 上記の構成によれば、インパクト機構 40 の不安定挙動によりインパクト工具 1 の寿命が低下する可能性を低減できる。
- [0246] また、第 6 の態様に係るインパクト工具 1 では、第 3～5 の態様のいずれか 1 つにおいて、制御部 7 は、コイル 321 に供給される励磁電流を目標値（指令値  $c_{id1}$ ）に近づけるように電動機 3 の動作を制御する。検出部（後退検出部 79）は、励磁電流の目標値（指令値  $c_{id1}$ ）と、励磁電流の実測値（電流測定値  $i_{d1}$ ）との差に基づいて、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出する。
- [0247] 上記の構成によれば、簡素な処理によりインパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出できる。
- [0248] また、第 7 の態様に係るインパクト工具 1 では、第 2～6 の態様のいずれか 1 つにおいて、検出部（後退検出部 79）は、トルク電流取得値（電流測定値  $i_{q1}$ ）の交流成分の大きさに基づいて、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出する。
- [0249] 上記の構成によれば、負荷の大きさ等に応じて電動機 3 に供給されるトルク電流の直流成分の大きさが変動する場合であっても、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出しやすい。
- [0250] また、第 8 の態様に係るインパクト工具 1 では、第 2～7 の態様のいずれか 1 つにおいて、検出部（後退検出部 79）は、トルク電流取得値（電流測定値  $i_{q1}$ ）の瞬時値の絶対値に基づいて、インパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出する。
- [0251] 上記の構成によれば、簡素な処理によりインパクト機構 40 の不安定挙動の発生状況を検出できる。

- [0252] また、第9の態様に係るインパクト工具1では、第2～8の態様のいずれか1つにおいて、インパクト機構40は、アンビル45と、ハンマ42と、を有する。アンビル45は、先端工具を保持する。ハンマ42は、アンビル45に対して移動し、電動機3から動力を得てアンビル45に回転打撃を加える。不安定挙動は、ハンマ42の移動可能な範囲においてハンマ42がアンビル45から最も離れた位置に移動する最大後退である。
- [0253] 上記の構成によれば、最大後退の発生状況を検出し、これに応じた処置を取ることができる。
- [0254] また、第10の態様に係るインパクト工具1では、第2～9の態様のいずれか1つにおいて、励磁電流について、永久磁石312の磁束を弱める磁束をコイル321に発生させる向きに流れる電流を負の電流とする。検出部（後退検出部79）は、負の励磁電流取得値（電流測定値 $i_{d1}$ ）の大きさに基づいて、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出する。
- [0255] 上記の構成によれば、簡素な処理によりインパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出できる。
- [0256] また、第11の態様に係るインパクト工具1では、第2～10の態様のいずれか1つにおいて、取得部90は、トルク電流取得値（電流測定値 $i_{q1}$ ）及び励磁電流取得値（電流測定値 $i_{d1}$ ）を取得する。検出部（後退検出部79）は、取得部90で取得されたトルク電流取得値及び励磁電流取得値に基づいて、インパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出する。
- [0257] 上記の構成によれば、検出部（後退検出部79）がトルク電流取得値（電流測定値 $i_{q1}$ ）又は励磁電流取得値（電流測定値 $i_{d1}$ ）のみに基づいてインパクト機構40の不安定挙動の発生状況を検出する場合と比較して、検出精度の向上を図ることができる。
- [0258] また、第12の態様に係るインパクト工具1では、第1～11の態様のいずれか1つにおいて、挙動判定部は、検出部（後退検出部79）を含む。検出部は、トルク電流取得値（電流測定値 $i_{q1}$ ）と、励磁電流取得値（電流測定値 $i_{d1}$ ）と、のうち少なくとも一方に基づいて、打撃動作中のインパ

クト機構40の挙動の種類を判別する。

[0259] 上記の構成によれば、トルク電流取得値（電流測定値  $i_{q1}$ ）と励磁電流取得値（電流測定値  $i_{d1}$ ）とのうち少なくとも一方を用いることにより、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別することが可能となる。

[0260] また、第13の態様に係るインパクト工具1では、第12の態様において、インパクト機構40は、打撃動作において所定の打撃周期ごとに打撃力を発生させる。判別部84は、打撃周期の始点と終点との間のトルク電流取得値（電流測定値  $i_{q1}$ ）及び励磁電流取得値（電流測定値  $i_{d1}$ ）のうち少なくとも一方に基づいて打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類を判別する。

[0261] 上記の構成によれば、判別部84は、1回の打撃力の発生に対応して、インパクト機構40の挙動の種類を判別できる。つまり、打撃力が複数回発生する期間に亘ってのトルク電流取得値及び励磁電流取得値のうち少なくとも一方に基づいてインパクト機構40の挙動の種類を判別する場合と異なって、1回1回の打撃力の発生に対応したインパクト機構40の挙動の種類を判別が可能となる。

[0262] また、第14の態様に係るインパクト工具1では、第13の態様において、打撃周期は、電動機3の回転数に基づいて算出される。

[0263] 上記の構成によれば、打撃周期を容易に算出できる。

[0264] また、第15の態様に係るインパクト工具1は、第12～14の態様のいずれか1つにおいて、出力部85を更に備える。出力部85は、判別部84の判別結果を出力する。

[0265] 上記の構成によれば、判別部84の判別結果をユーザ等が確認できる。

[0266] また、第16の態様に係るインパクト工具1は、第12～15の態様のいずれか1つにおいて、制御部7を更に備える。制御部7は、判別部84の判別結果に基づいて電動機3の動作を制御する。

[0267] 上記の構成によれば、打撃動作中のインパクト機構40の挙動の種類に応

じて電動機 3 の動作を制御できる。

- [0268] また、第 17 の態様に係るインパクト工具 1 は、第 12 ~ 16 の態様のいずれか 1 つにおいて、カウンタ 86 を更に備える。カウンタ 86 は、打撃力が発生した回数をカウントする。
- [0269] 上記の構成によれば、カウンタ 86 の出力と判別部 84 の出力とを併せて参照することにより、ユーザ等は、カウンタ 86 の出力の性質（例えば、正常な出力であるか否か）を推定できる。
- [0270] また、第 18 の態様に係るインパクト工具 1 では、第 17 の態様において、カウンタ 86 は、判別部 84 で判別されたインパクト機構 40 の挙動が特定の挙動である状態で打撃力が発生した回数をカウントする。
- [0271] 上記の構成によれば、ユーザ等は、カウンタ 86 の出力に基づいて、インパクト機構 40 の特定の挙動が継続しているか否かを判断できる。
- [0272] また、第 19 の態様に係るインパクト工具 1 では、第 12 ~ 18 の態様のいずれか 1 つにおいて、取得部 90 は、トルク電流取得値（電流測定値  $i_{q1}$ ）及び励磁電流取得値（電流測定値  $i_{d1}$ ）を取得する。判別部 84 は、取得部 90 で取得されたトルク電流取得値及び励磁電流取得値に基づいて、打撃動作中のインパクト機構 40 の挙動の種類を判別する。
- [0273] 上記の構成によれば、判別部 84 がトルク電流取得値（電流測定値  $i_{q1}$ ）又は励磁電流取得値（電流測定値  $i_{d1}$ ）のみに基づいてインパクト機構 40 の挙動の種類を判別する場合と比較して、判別精度の向上を図ることができる。
- [0274] また、第 20 の態様に係るインパクト工具 1 では、第 1 ~ 19 の態様のいずれか 1 つにおいて、取得部 90 は、トルク電流の実測値（電流測定値  $i_{q1}$ ）を、トルク電流取得値として取得する。
- [0275] 上記の構成によれば、トルク電流の目標値（指令値  $c_{iq1}$ ）をトルク電流取得値として用いる場合と比較して、電動機 3 の実際の動作に即してインパクト機構 40 の挙動に関する判定をすることができる。
- [0276] 第 1 の態様以外の構成については、インパクト工具 1 に必須の構成ではな

く、適宜省略可能である。

## 符号の説明

- [0277] 1 インパクト工具
- 3 電動機
- 4 0 インパクト機構
- 4 2 ハンマ
- 4 5 アンビル
- 7 制御部
- 7 9 後退検出部（検出部）
- 8 4 判別部
- 8 5 出力部
- 8 6 カウンタ
- 9 0 取得部
- 3 1 2 永久磁石
- 3 2 1 コイル
- i d 1 電流測定値（励磁電流取得値）
- i q 1 電流測定値（トルク電流取得値）

## 請求の範囲

- [請求項1] 永久磁石及びコイルを有する電動機と、  
前記電動機から動力を得て打撃力を発生させる打撃動作を行うインパクト機構と、  
前記コイルに供給されるトルク電流の値と、前記コイルに供給され前記永久磁石の磁束を変化させる磁束を前記コイルに発生させる励磁電流の値と、のうち少なくとも一方を取得する取得部と、  
前記取得部で取得された前記トルク電流の値であるトルク電流取得値と、前記取得部で取得された前記励磁電流の値である励磁電流取得値と、のうち少なくとも一方に基づいて前記インパクト機構の挙動に関する判定をする挙動判定部と、を備える、  
インパクト工具。
- [請求項2] 前記挙動判定部は、前記トルク電流取得値と、前記励磁電流取得値と、のうち少なくとも一方に基づいて前記インパクト機構の不安定挙動の発生状況を検出する検出部を含む、  
請求項1に記載のインパクト工具。
- [請求項3] 前記電動機の動作を制御する制御部を備える、  
請求項2に記載のインパクト工具。
- [請求項4] 前記制御部は、少なくとも前記検出部の検出結果が前記インパクト機構の前記不安定挙動の発生を示していない場合に、前記電動機の回転数を一定の目標値に近づけるように前記電動機の動作を制御する、  
請求項3に記載のインパクト工具。
- [請求項5] 前記制御部は、前記検出部が前記インパクト機構の前記不安定挙動の発生を検出すると、前記電動機の回転数を低下させる、  
請求項3又は4に記載のインパクト工具。
- [請求項6] 前記制御部は、前記コイルに供給される前記励磁電流を目標値に近づけるように前記電動機の動作を制御し、  
前記検出部は、前記目標値と、前記励磁電流の実測値との差に基づ

いて、前記インパクト機構の前記不安定挙動の発生状況を検出する、  
請求項3～5のいずれか一項に記載のインパクト工具。

[請求項7] 前記検出部は、前記トルク電流取得値の交流成分の大きさに基づいて、前記インパクト機構の前記不安定挙動の発生状況を検出する、  
請求項2～6のいずれか一項に記載のインパクト工具。

[請求項8] 前記検出部は、前記トルク電流取得値の瞬時値の絶対値に基づいて、前記インパクト機構の前記不安定挙動の発生状況を検出する、  
請求項2～7のいずれか一項に記載のインパクト工具。

[請求項9] 前記インパクト機構は、  
先端工具を保持するアンビルと、  
前記アンビルに対して移動し、前記電動機から動力を得て前記アンビルに回転打撃を加えるハンマと、を有し、  
前記不安定挙動は、前記ハンマの移動可能な範囲において前記ハンマが前記アンビルから最も離れた位置に移動する最大後退である、  
請求項2～8のいずれか一項に記載のインパクト工具。

[請求項10] 前記励磁電流について、前記永久磁石の磁束を弱める磁束を前記コイルに発生させる向きに流れる電流を負の電流とし、  
前記検出部は、負の前記励磁電流取得値の大きさに基づいて、前記インパクト機構の前記不安定挙動の発生状況を検出する、  
請求項2～9のいずれか一項に記載のインパクト工具。

[請求項11] 前記取得部は、前記トルク電流取得値及び前記励磁電流取得値を取得し、  
前記検出部は、前記取得部で取得された前記トルク電流取得値及び前記励磁電流取得値に基づいて、前記インパクト機構の前記不安定挙動の発生状況を検出する、  
請求項2～10のいずれか一項に記載のインパクト工具。

[請求項12] 前記挙動判定部は、前記トルク電流取得値と、前記励磁電流取得値と、のうち少なくとも一方に基づいて、前記打撃動作中の前記インパ

クト機構の挙動の種類を判別する判別部を含む、

請求項 1 ～ 1 1 のいずれか一項に記載のインパクト工具。

[請求項13] 前記インパクト機構は、前記打撃動作において所定の打撃周期ごとに前記打撃力を発生させ、

前記判別部は、前記打撃周期の始点と終点との間の前記トルク電流取得値及び前記励磁電流取得値のうち少なくとも一方に基づいて前記打撃動作中の前記インパクト機構の挙動の種類を判別する、

請求項 1 2 に記載のインパクト工具。

[請求項14] 前記打撃周期は、前記電動機の回転数に基づいて算出される、

請求項 1 3 に記載のインパクト工具。

[請求項15] 前記判別部の判別結果を出力する出力部を更に備える、

請求項 1 2 ～ 1 4 のいずれか一項に記載のインパクト工具。

[請求項16] 前記判別部の判別結果に基づいて前記電動機の動作を制御する制御部を更に備える、

請求項 1 2 ～ 1 5 のいずれか一項に記載のインパクト工具。

[請求項17] 前記打撃力が発生した回数をカウントするカウンタを更に備える、

請求項 1 2 ～ 1 6 のいずれか一項に記載のインパクト工具。

[請求項18] 前記カウンタは、前記判別部で判別された前記インパクト機構の挙動が特定の挙動である状態で前記打撃力が発生した回数をカウントする、

請求項 1 7 に記載のインパクト工具。

[請求項19] 前記取得部は、前記トルク電流取得値及び前記励磁電流取得値を取得し、

前記判別部は、前記取得部で取得された前記トルク電流取得値及び前記励磁電流取得値に基づいて、前記打撃動作中の前記インパクト機構の挙動の種類を判別する、

請求項 1 2 ～ 1 8 のいずれか一項に記載のインパクト工具。

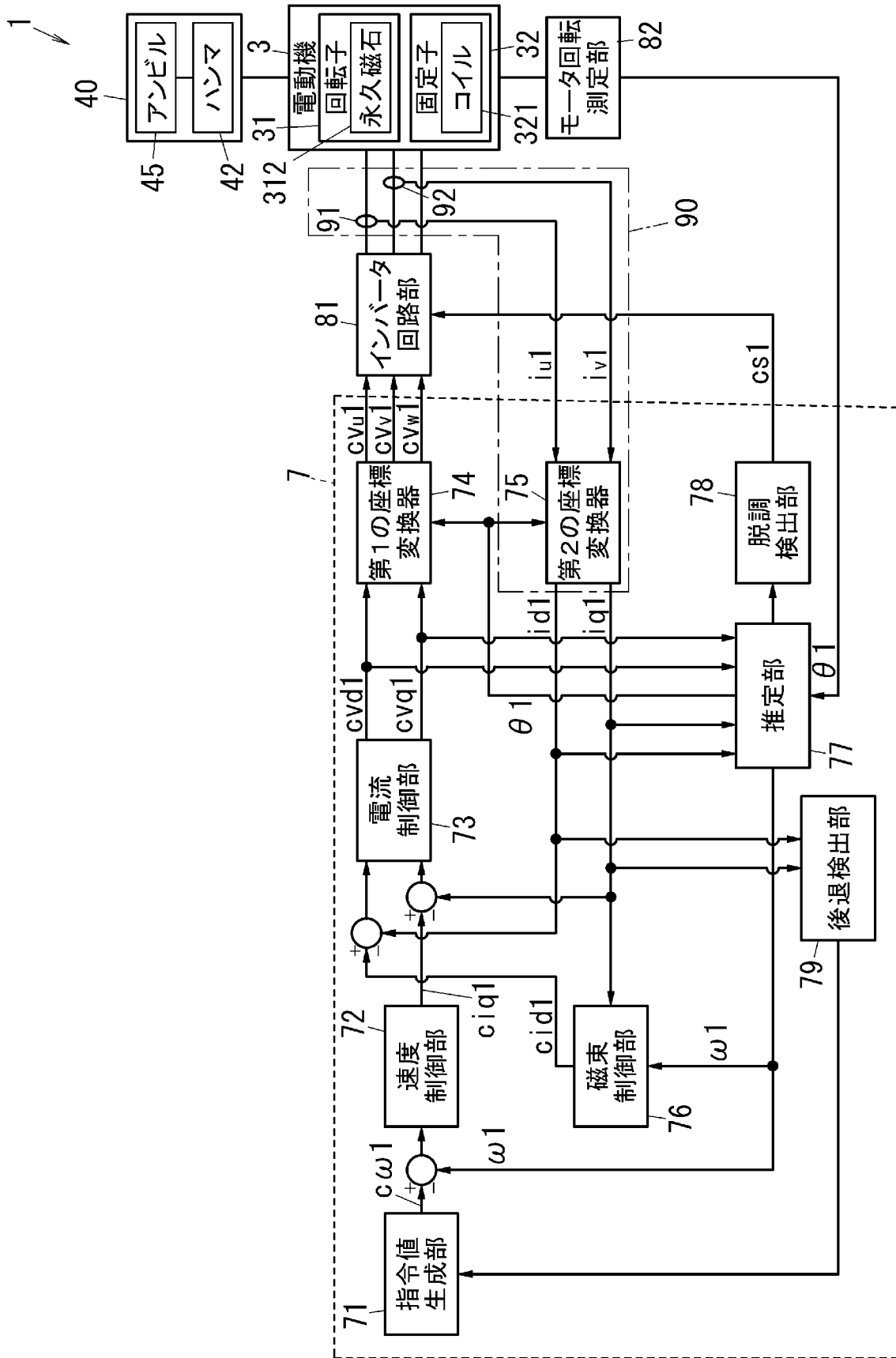
[請求項20] 前記取得部は、前記トルク電流の実測値を、前記トルク電流取得値



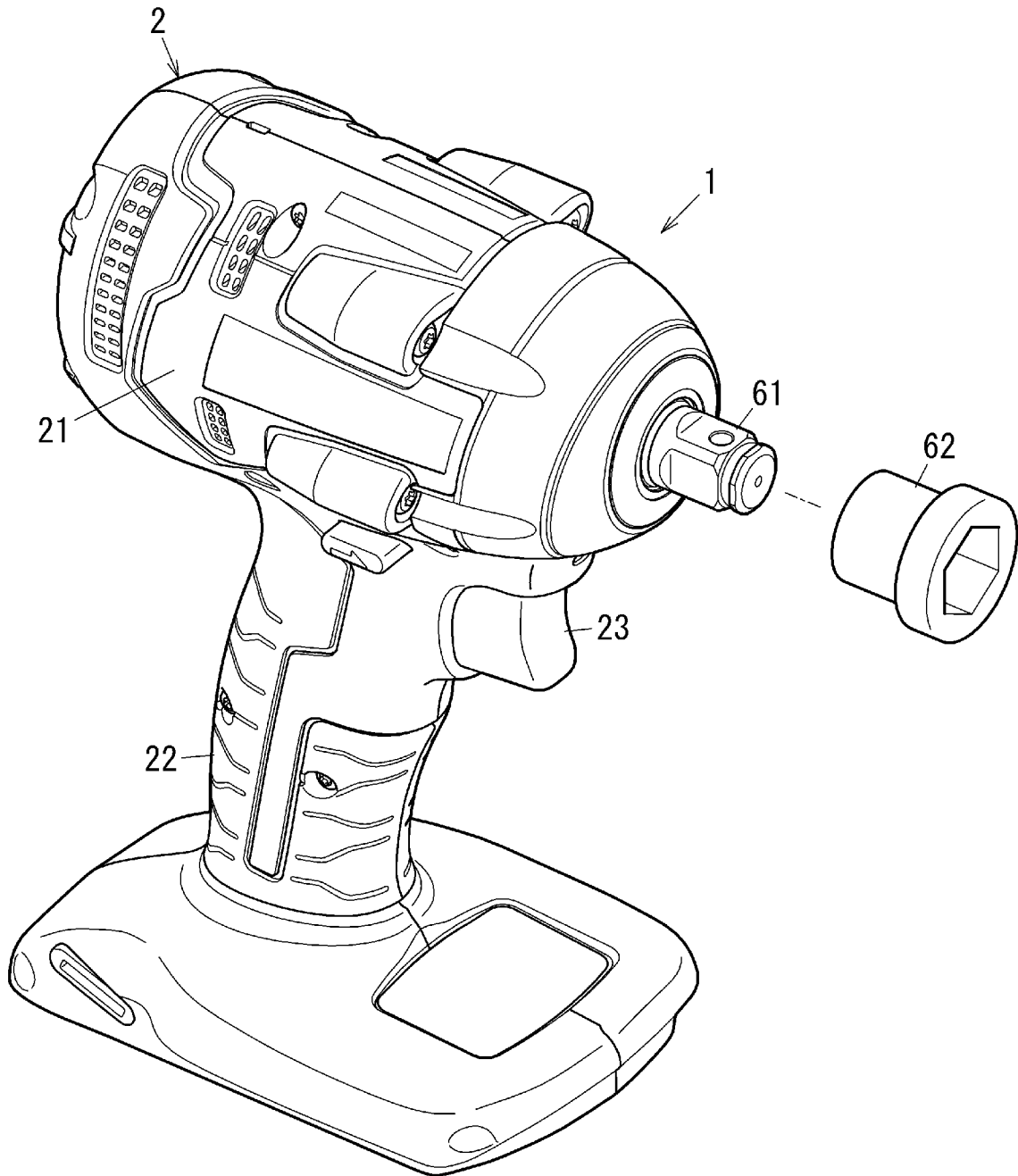
として取得する、

請求項 1 ～ 19 のいずれか一項に記載のインパクト工具。

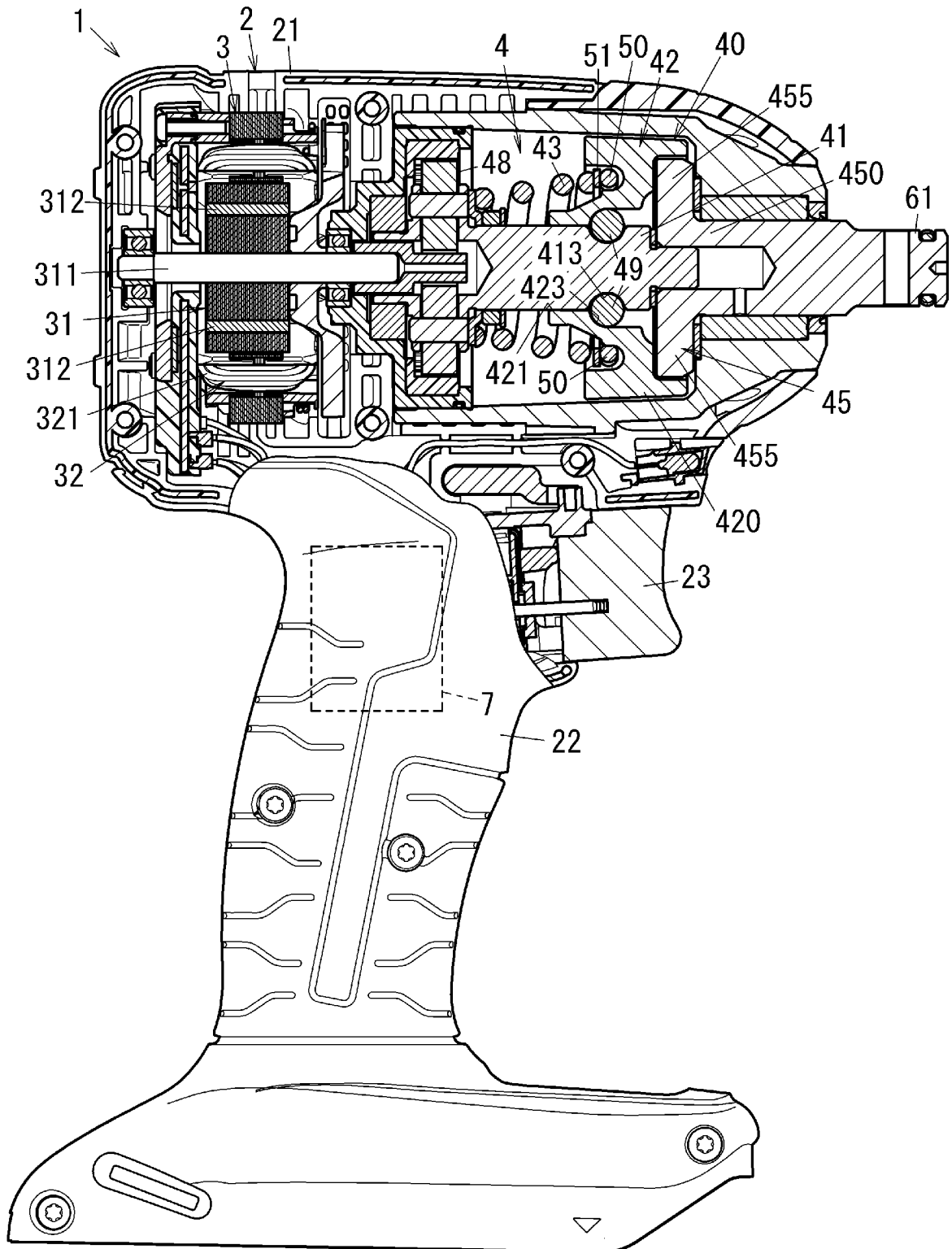
【図1】



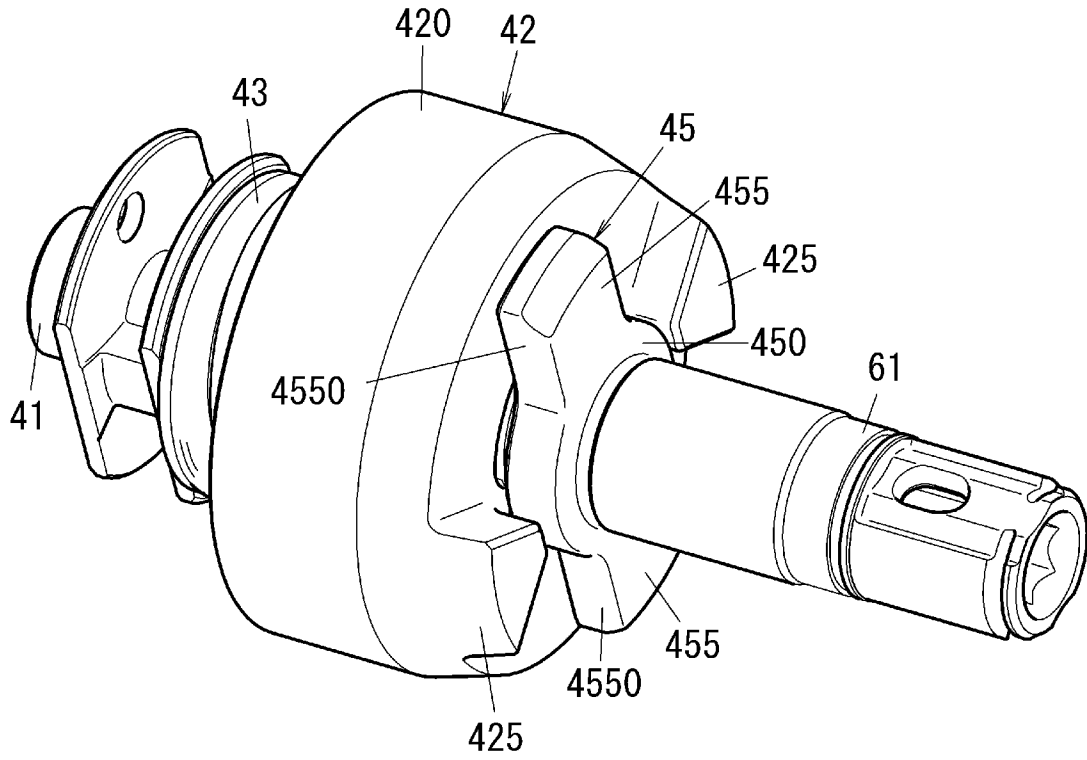
[図2]



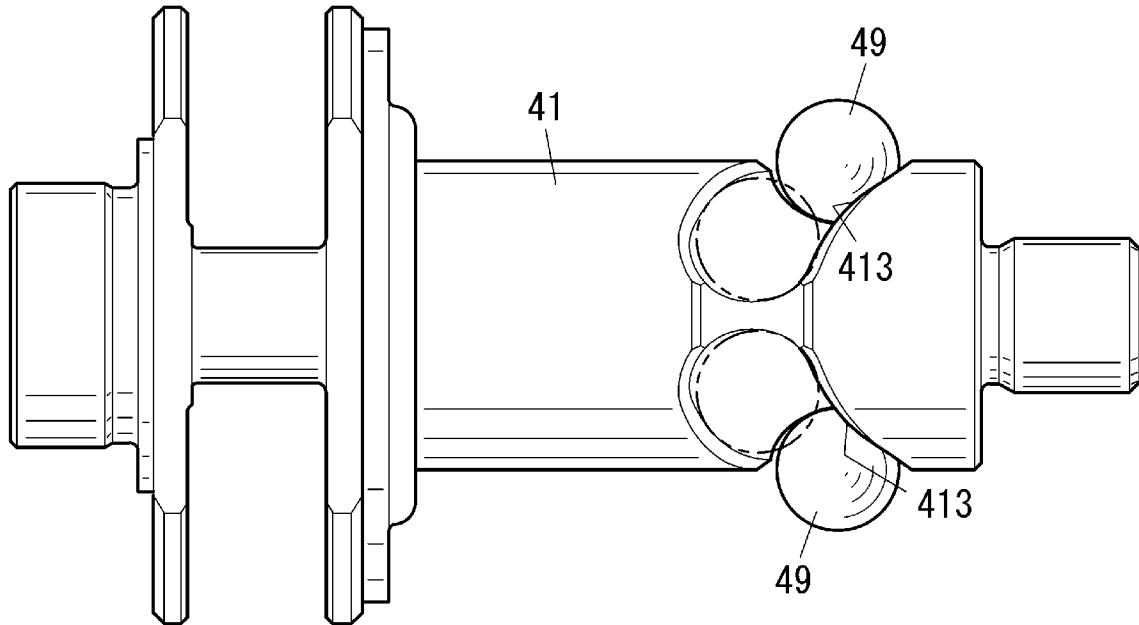
[図3]



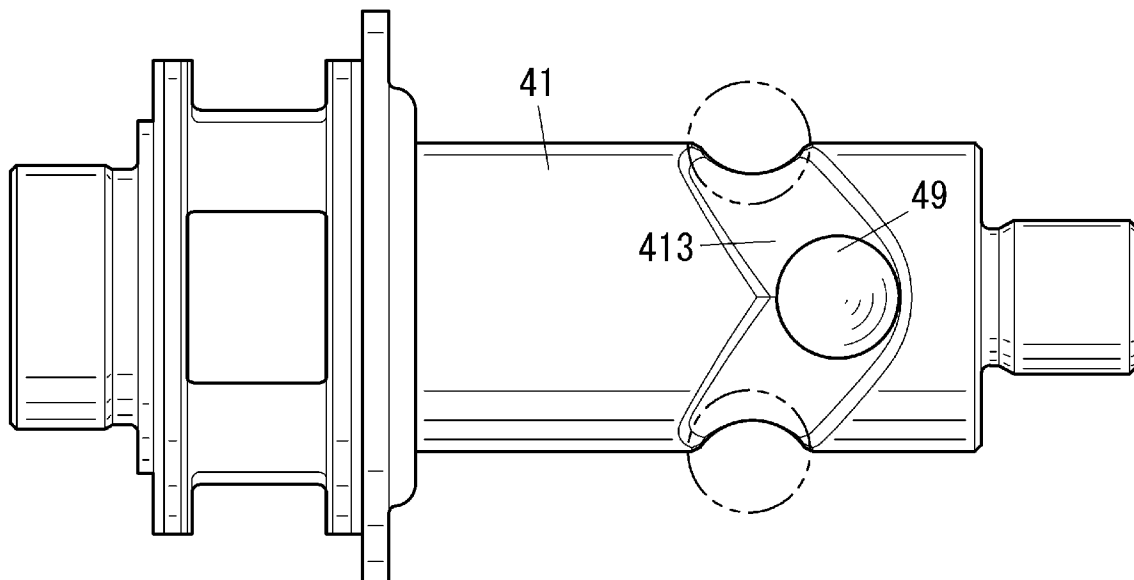
[図4]



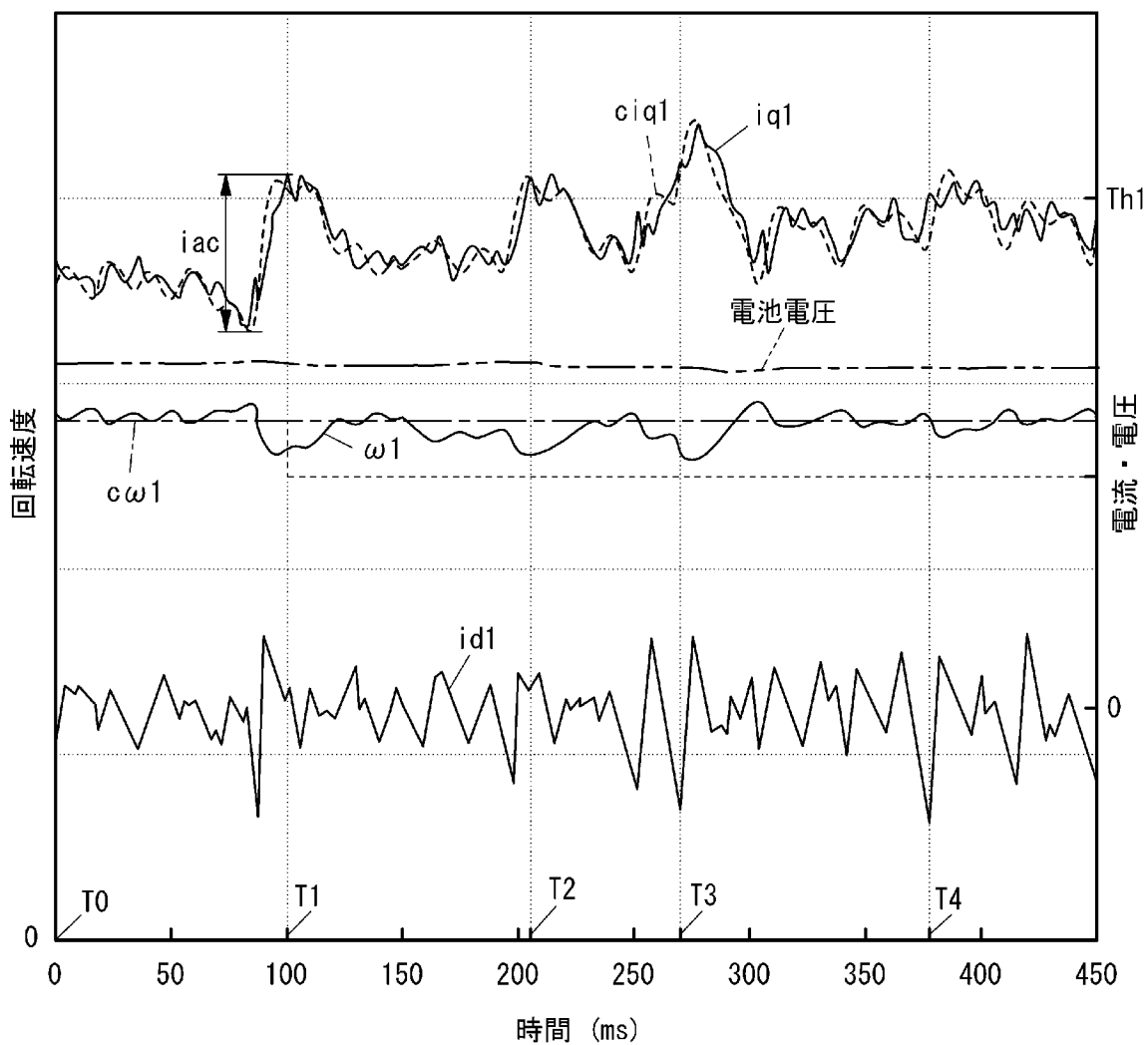
[図5]



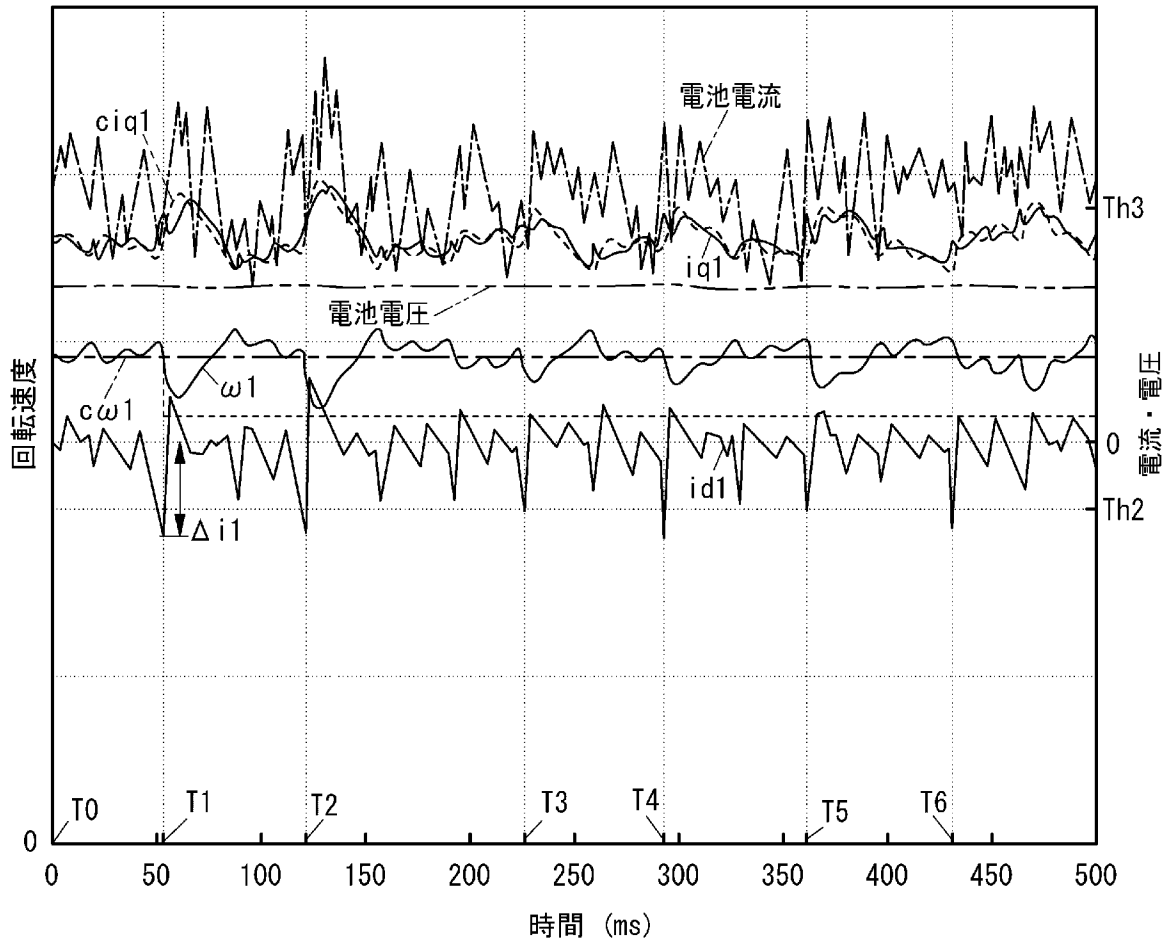
[図6]



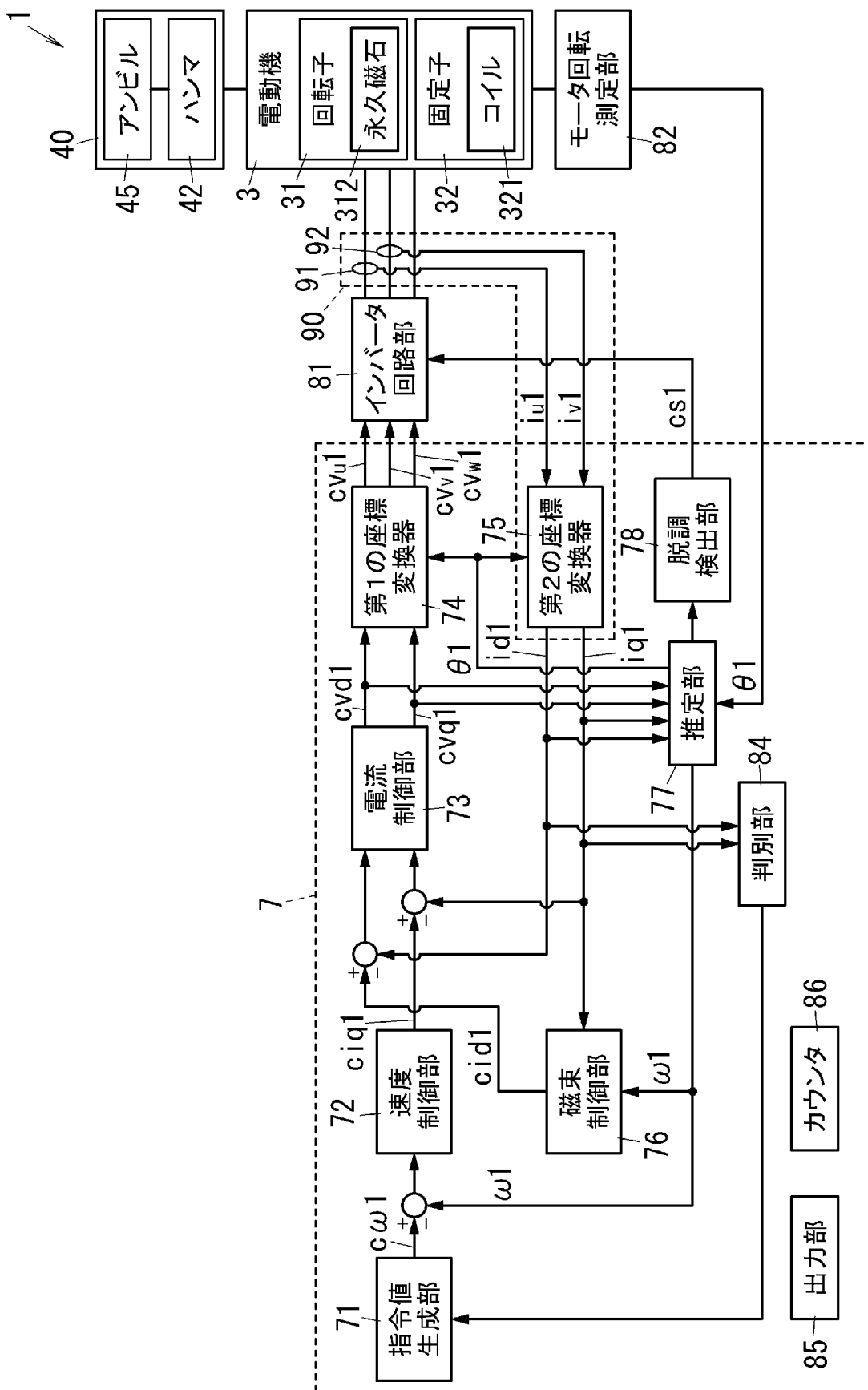
[図7]



[図8]

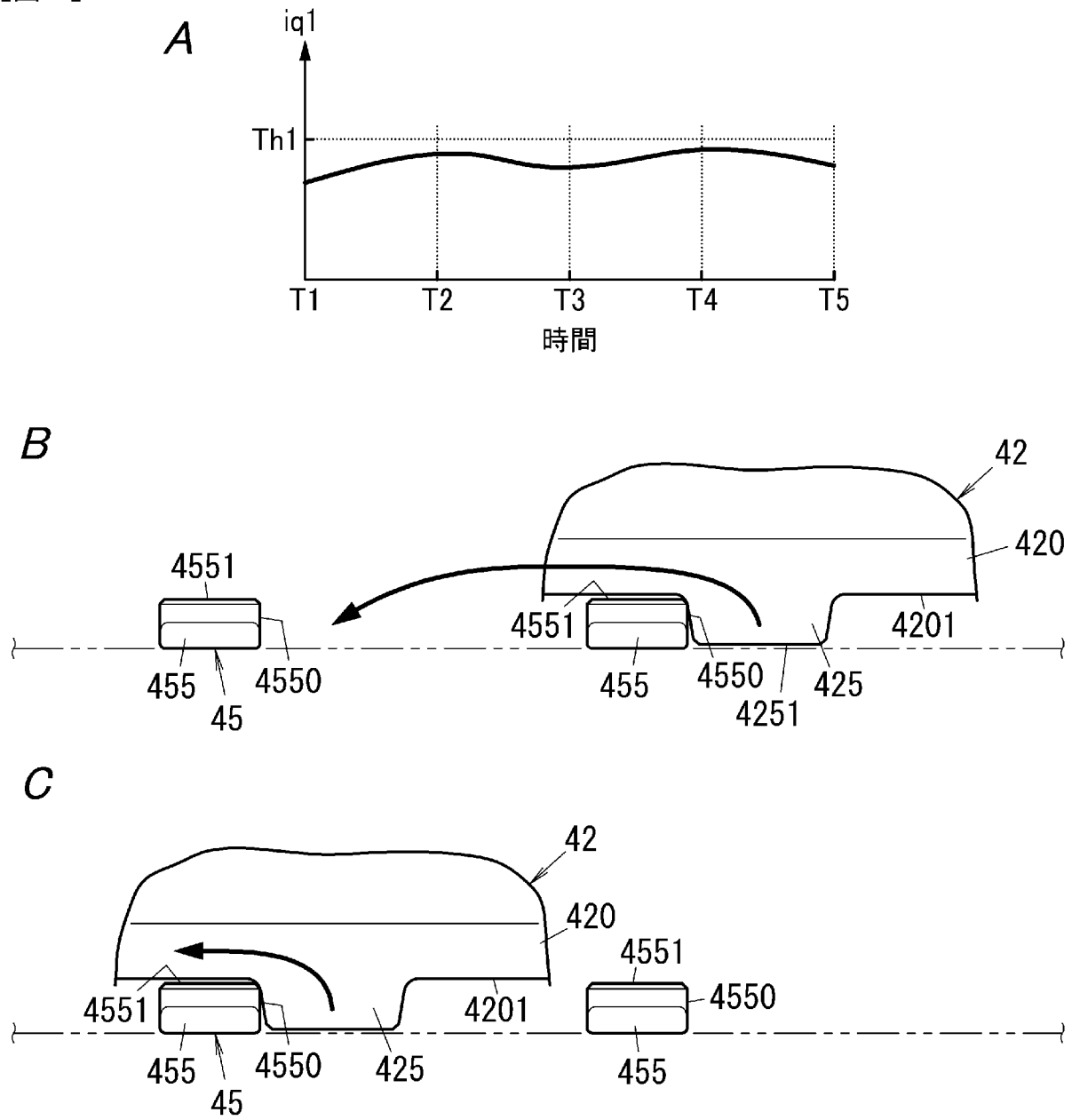


[図9]

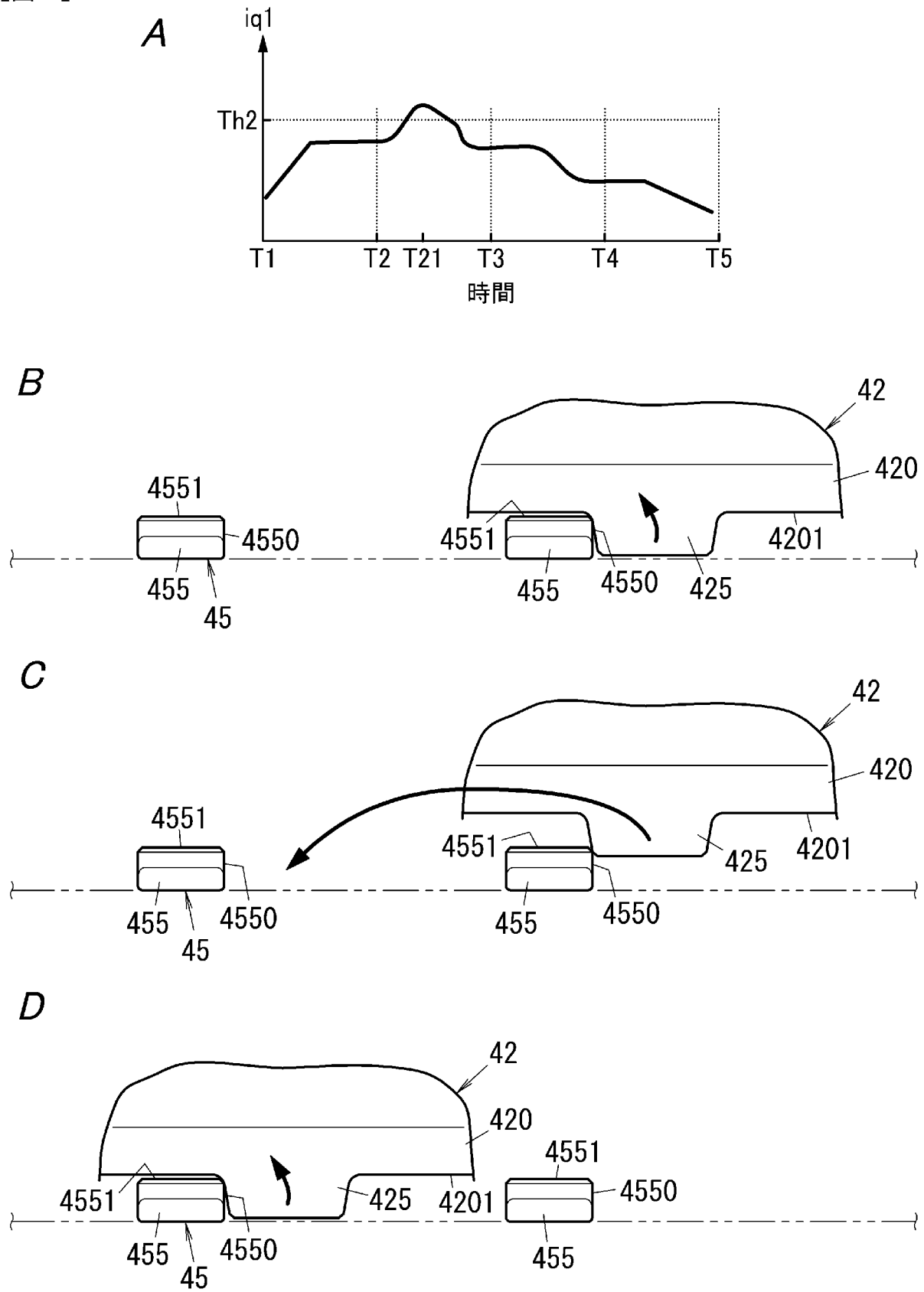




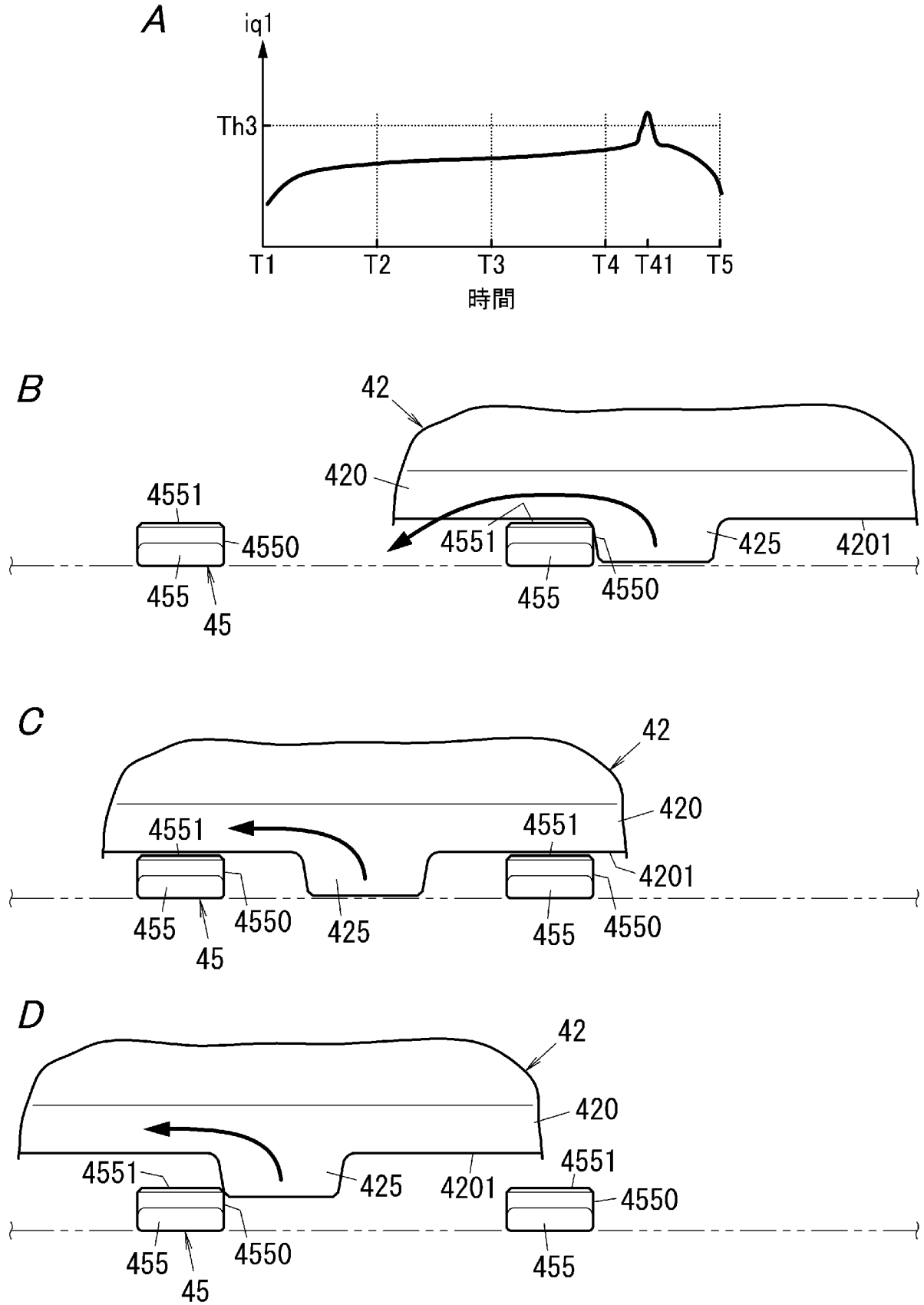
[図10]



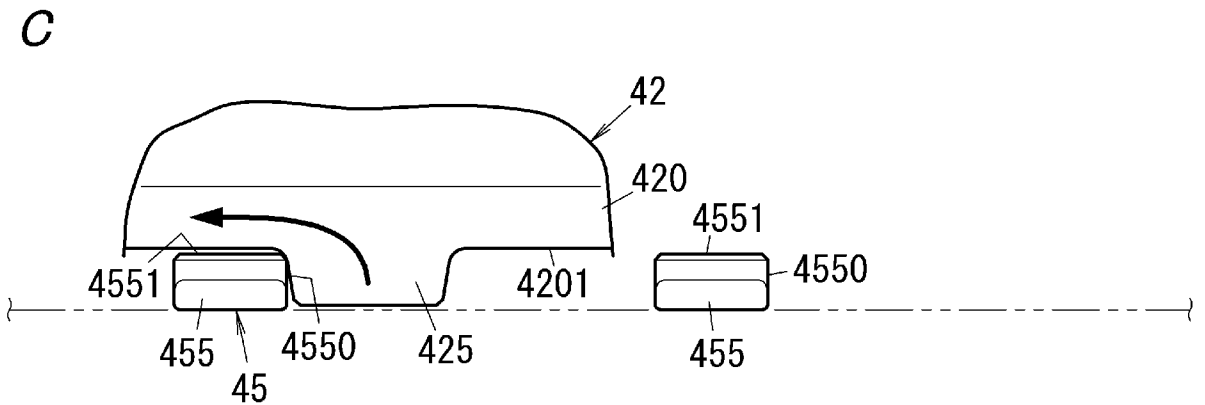
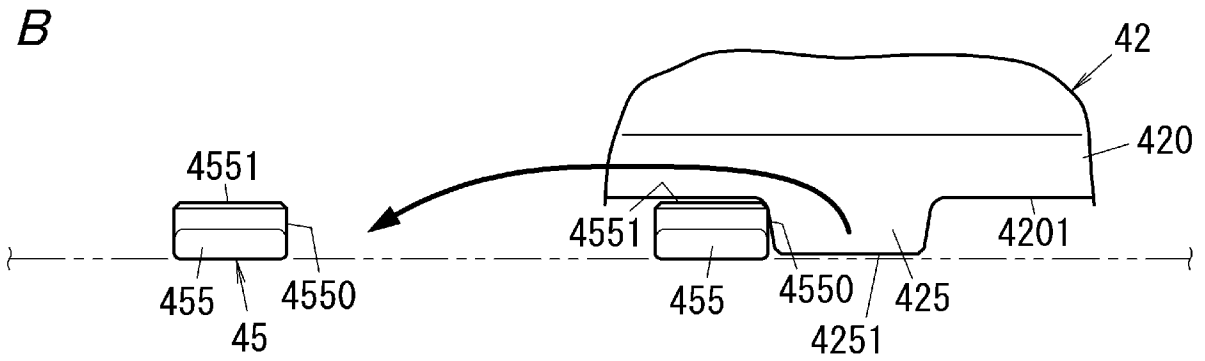
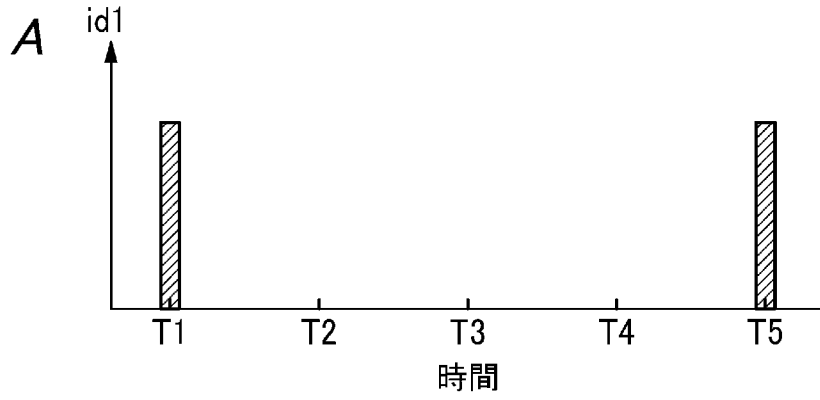
[図11]



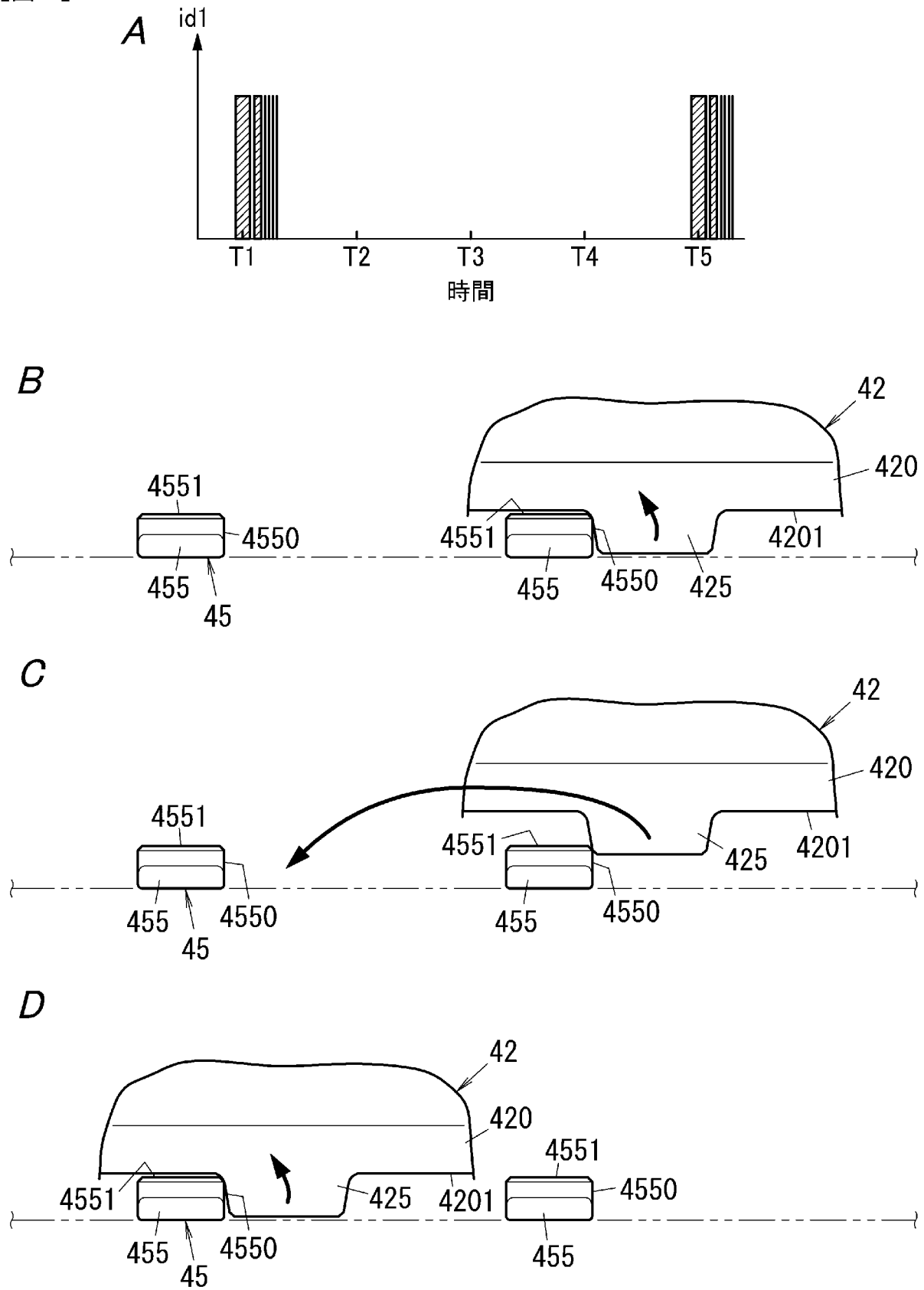
[図12]



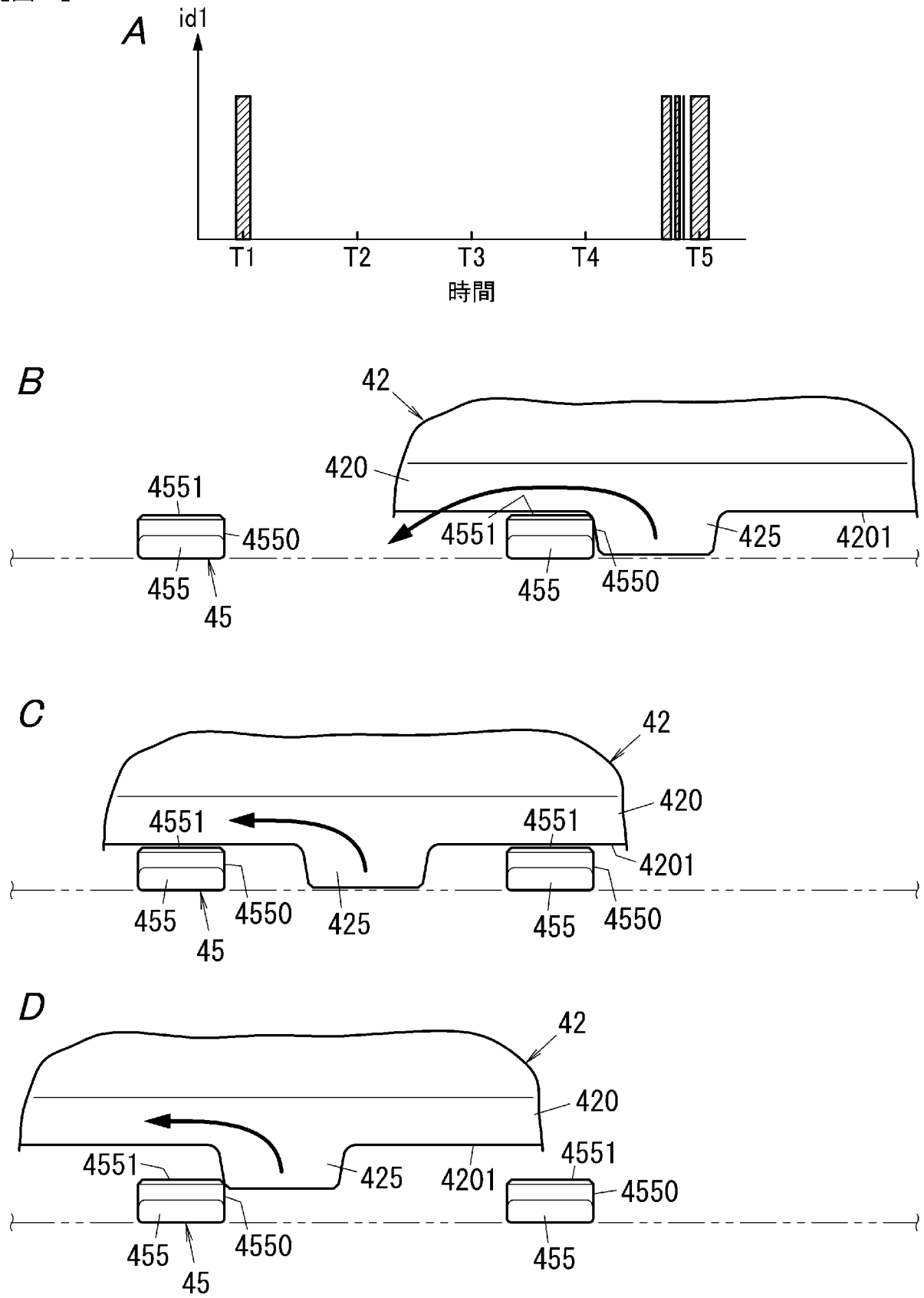
[図13]



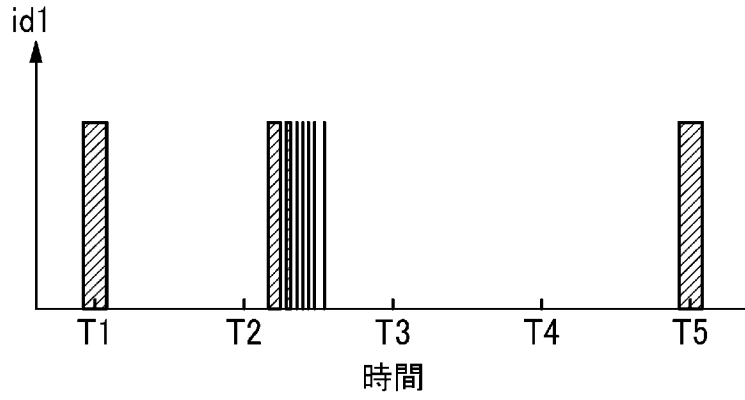
[図14]



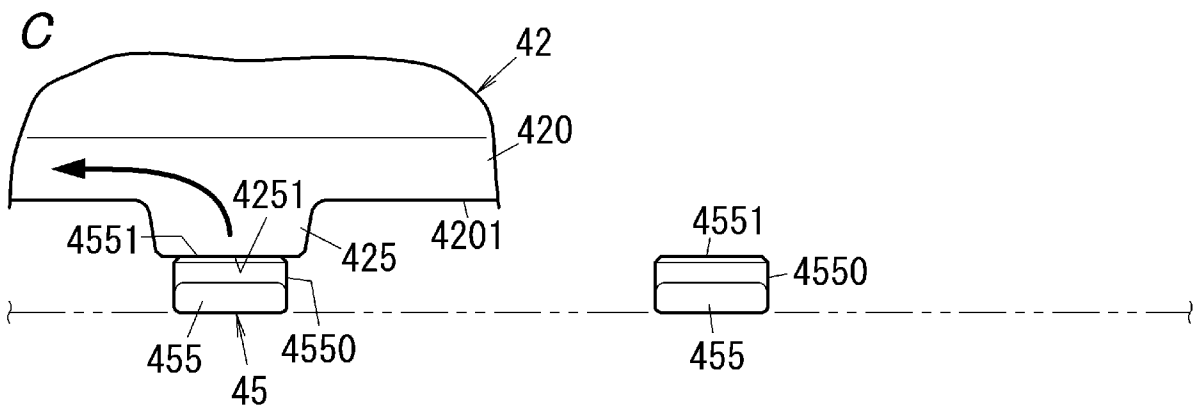
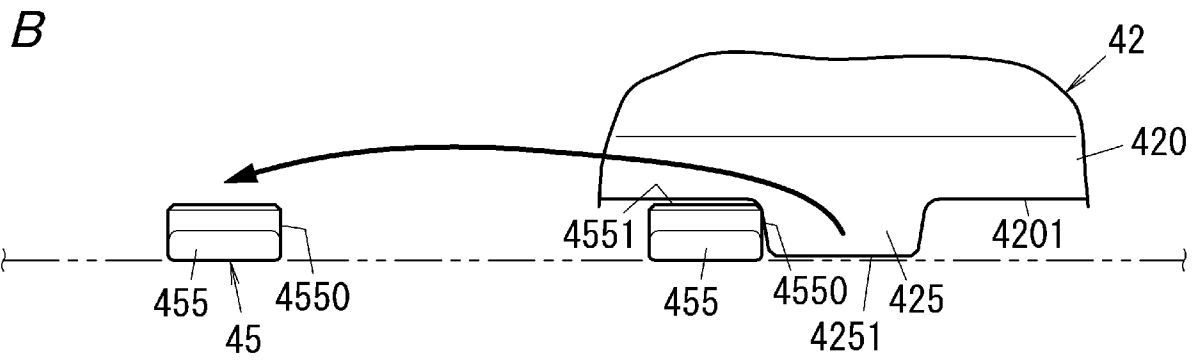
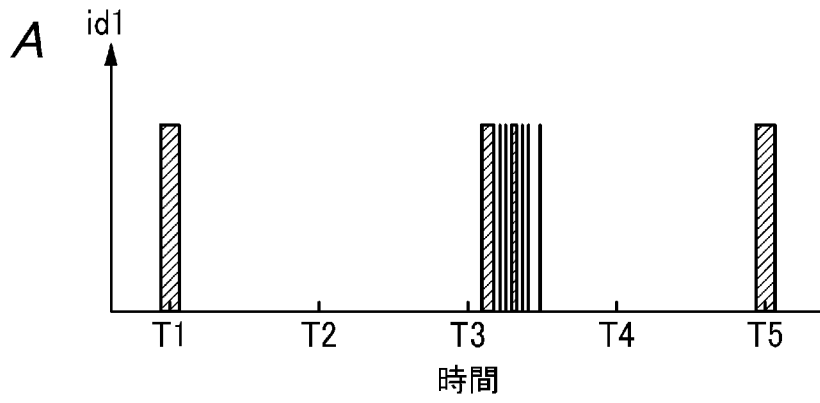
[図15]



[図16]



[図17]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2020/018313

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. B25B21/02 (2006.01) i, B25B21/00 (2006.01) i  
 FI: B25B21/02Z, B25B21/00510C, B25B21/02G

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.Cl. B25B21/00-21/02, B25D16/00-17/32, B23B45/16, H02P6/00-6/34,  
 H02P21/00-27/18

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2014-140930 A (HITACHI KOKI CO., LTD.) 07.08.2014 (2014-08-07), paragraphs [0004]-[0063]	1-5, 7-9, 11-20 6, 10
Y	WO 2018/230141 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 20.12.2018 (2018-12-20), paragraphs [0021]-[0025]	1-5, 7-9, 11-20
Y	JP 2013-230060 A (HITACHI APPLIANCES INC.) 07.11.2013 (2013-11-07), paragraph [0063]	1-5, 7-9, 11-20
Y	WO 2018/159274 A1 (HITACHI INDUSTRIAL EQUIPMENT SYSTEMS CO., LTD.) 07.09.2018 (2018-09-07), paragraphs [0022], [0040]-[0049]	1-5, 7-9, 11-20
Y	WO 2014/064836 A1 (RENESAS ELECTRONICS CORP.) 01.05.2014 (2014-05-01), paragraph [0120]	1-5, 7-9, 11-20

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  
 02.07.2020

Date of mailing of the international search report  
 14.07.2020

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/JP2020/018313

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-138459 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 25.05.1999 (1999-05-25), paragraphs [0033], [0050]	17-18
A	JP 2017-42839 A (MAKITA CORPORATION) 02.03.2017 (2017-03-02)	1-20

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/018313

JP 2014-140930 A	07.08.2014	US 2015/0352699 A1 paragraphs [0003]-[0087] WO 2014/115508 A1 EP 2948274 A1 CN 104936746 A
WO 2018/230141 A1	20.12.2018	(Family: none)
JP 2013-230060 A	07.11.2013	US 2013/0287602 A1 paragraph [0074] CN 103560745 A
WO 2018/159274 A1	07.09.2018	EP 3591835 A1 paragraphs [0022], [0034]-[0043] CN 110168923 A
WO 2014/064836 A1	01.05.2014	US 2015/0270796 A1 paragraph [0167] EP 2913919 A1 CN 104756398 A
JP 11-138459 A	25.05.1999	(Family: none)
JP 2017-42839 A	02.03.2017	US 2017/0057064 A1 DE 102016115538 A1 CN 106475948 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25B 21/02(2006.01)i; B25B 21/00(2006.01)i FI: B25B21/02 Z; B25B21/00 510C; B25B21/02 G		
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）） B25B21/00-21/02; B25D16/00-17/32; B23B45/16; H02P6/00-6/34; H02P21/00-27/18 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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 2014-140930 A (日立工機株式会社) 07.08.2014 (2014-08-07) [0004]-[0063]	1-5, 7-9, 11-20  6, 10
Y	WO 2018/230141 A1 (パナソニック IPマネジメント株式会社) 20.12.2018 (2018-12-20) [0021]-[0025]	1-5, 7-9, 11-20
Y	JP 2013-230060 A (日立アプライアンス株式会社) 07.11.2013 (2013-11-07) [0063]	1-5, 7-9, 11-20
Y	WO 2018/159274 A1 (株式会社日立産機システム) 07.09.2018 (2018-09-07) [0022], [0040]-[0049]	1-5, 7-9, 11-20
Y	WO 2014/064836 A1 (ルネサスエレクトロニクス株式会社) 01.05.2014 (2014-05-01) [0120]	1-5, 7-9, 11-20
Y	JP 11-138459 A (日産自動車株式会社) 25.05.1999 (1999-05-25) [0033], [0050]	17-18
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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、一般的な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抵触するものではなく、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  02.07.2020	国際調査報告の発送日  14.07.2020	
名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  亀田 貴志 3C 9719  電話番号 03-3581-1101 内線 3324	

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
A	JP 2017-42839 A (株式会社マキタ) 02.03.2017 (2017 - 03 - 02)	1-20

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/018313

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2014-140930 A	07.08.2014	US 2015/0352699 A1 [0003]-[0087] WO 2014/115508 A1 EP 2948274 A1 CN 104936746 A	
WO 2018/230141 A1	20.12.2018	(ファミリーなし)	
JP 2013-230060 A	07.11.2013	US 2013/0287602 A1 [0074] CN 103560745 A	
WO 2018/159274 A1	07.09.2018	EP 3591835 A1 [0022],[0034]-[0043] CN 110168923 A	
WO 2014/064836 A1	01.05.2014	US 2015/0270796 A1 [0167] EP 2913919 A1 CN 104756398 A	
JP 11-138459 A	25.05.1999	(ファミリーなし)	
JP 2017-42839 A	02.03.2017	US 2017/0057064 A1 DE 102016115538 A1 CN 106475948 A	