

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 4 月 2 日(02.04.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/046598 A1

- (51) 国際特許分類:
E21F 13/00 (2006.01) *B60P 3/00* (2006.01)
B60P 1/00 (2006.01) *E21C 47/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/076189
- (22) 国際出願日: 2014 年 9 月 30 日(30.09.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-205943 2013 年 9 月 30 日(30.09.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社小松製作所 (KOMATSU LTD.)
[JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂 2-3-6
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 児玉 祐一(KODAMA, Yuichi); 〒1078414
東京都港区赤坂 2-3-6 株式会社小松製作
所内 Tokyo (JP). 植竹 正明(UETAKE, Masaaki);
〒1078414 東京都港区赤坂 2-3-6 株式会
社小松製作所内 Tokyo (JP). 川合 一成(KAWAI,
Kazunari); 〒1078414 東京都港区赤坂 2-3-6

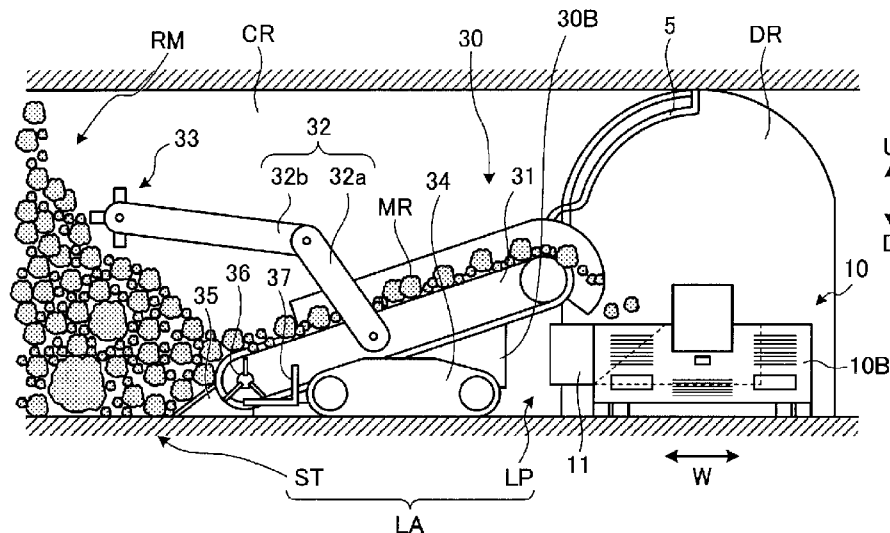
株式会社小松製作所内 Tokyo (JP). 寺田 紳一
(TERADA, Shinichi); 〒1078414 東京都港区赤坂 2
-3-6 株式会社小松製作所内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東
京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号 霞が関ビ
ルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

[続葉有]

(54) Title: TRANSPORTATION MACHINE

(54) 発明の名称: 運搬機械



(57) Abstract: This transportation machine comprises: a loading platform onto which is loaded ore extracted from a seam of ore formed at an extraction site situated below a vein; a carriage to which the loading platform is mounted and which moves; a position modification mechanism which modifies the position of the loading platform relative to the carriage; an information acquisition device that is provided to the carriage and that obtains load information pertaining the status of the ore loaded onto the loading platform; and a control device that modifies the position of the loading platform on the basis of the load information obtained by the information acquisition device.

(57) 要約: 運搬機械は、鉱脈の下方に設置された採掘場所に形成された鉱石の地山から採掘された前記鉱石を積み込む荷台と、前記荷台を搭載して走行する車体と、前記車体に対する前記荷台の位置を変更する位置変更機構と、前記車体に設けられて、前記荷台に積載された前記鉱石の状態に関する積荷情報を取得する情報収集装置と、前記情報収集装置が取得した前記積荷情報に基づいて、前記荷台の位置を変更する制御装置と、を含む。

WO 2015/046598 A1



ロツパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則 48.2(h))

明 細 書

発明の名称 : 運搬機械

技術分野

[0001] 本発明は、坑内採掘に用いられる作業機械である運搬機械に関する。

背景技術

[0002] 鉱山における採掘方法として、地表から採掘する露天採掘と、地下から採掘する坑内採掘とが知られている。環境に対する負荷の低減及び鉱石の存在部位の深部化等により、近年においては、坑内採掘が採用されるケースが増えている。例えば、特許文献1には、鉱石をバケットで掘削する車両が坑道内に進入して鉱石を掘削した後、掘削した鉱石をバケットに保持した状態で坑道を移動する作業機械が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第7899599号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般に、鉱山においては、生産性を高くすることが要求される。これは、坑内採掘においても同様である。特許文献1に記載された技術は、鉱石が偏った状態でバケットに積載される可能性があるので、走行中に鉱石がバケットから坑道にこぼれ落ちる可能性がある。坑道にこぼれ落ちた鉱石は、坑道を走行する車両の障害物となり、鉱山の生産性を低下させる可能性がある。

[0005] 本発明は、坑内採掘において、生産性の低下を抑制することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明は、鉱体の内部に設置された採掘場所に形成された鉱石の地山から採掘された前記鉱石を積み込む荷台と、前記荷台を搭載して走行する車体と、前記車体に対する前記荷台の位置を変更する位置変更機構と、前記車体に

設けられて、前記荷台に積載された前記鉱石の状態に関する積荷情報を取得する情報収集装置と、前記情報収集装置が取得した前記積荷情報に基づいて、前記荷台の位置を変更する制御装置と、を含む、運搬機械である。

[0007] 前記情報収集装置は、前記荷台を撮像する撮像装置であることが好ましい。

[0008] 前記積荷情報は、前記撮像装置によって撮像された画像から得られた前記鉱石の荷姿及び前記鉱石の量の少なくとも一方であることが好ましい。

[0009] 本発明は、鉱体の内部に設置された採掘場所に形成された鉱石の地山から採掘された前記鉱石を積み込む荷台と、前記荷台を搭載して走行する車体と、前記車体に対する前記荷台の位置を変更する位置変更機構と、前記荷台を撮像する撮像装置と、前記撮像装置によって撮像された画像から得られた前記鉱石の荷姿及び前記画像から得られた前記鉱石の量の少なくとも一方に基づいて、前記荷台の位置を変更する制御装置と、を含む、運搬機械である。

発明の効果

[0010] 本発明は、坑内採掘において、生産性の低下を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本実施形態に係る運搬機械及び積込機械が稼働する現場の一例を示す模式図である。

[図2]図2は、坑内の一例及び鉱山の管理システムを示す模式図である。

[図3]図3は、図2の一部を拡大した図である。

[図4]図4は、積込機械による地山の鉱石の掘削及び運搬機械への鉱石の積込を示す図である。

[図5]図5は、積込機械による地山の鉱石の掘削及び運搬機械への鉱石の積込を示す図である。

[図6]図6は、鉱山の管理システムが備える管理装置の機能ブロック図の一例である。

[図7]図7は、本実施形態に係る運搬機械の斜視図である。

[図8]図8は、本実施形態に係る運搬機械の側面図である。

[図9]図9は、本実施形態に係る運搬機械が備えるベッセルの支持構造を示す図である。

[図10]図10は、本実施形態に係る運搬機械の上面図である。

[図11]図11は、本実施形態に係る運搬機械がベッセルを傾斜させた状態を示す図である。

[図12]図12は、運搬機械が備える制御装置を示すブロック図の一例である。

[図13]図13は、本実施形態に係る積込機械の側面図である。

[図14]図14は、本実施形態に係る積込機械の上面図である。

[図15]図15は、本実施形態に係る積込機械の正面図である。

[図16]図16は、本実施形態に係る積込機械が備える回転ローラーを示す斜視図である。

[図17]図17は、本実施形態に係る積込機械が備える貫入部材を示す斜視図である。

[図18-1]図18-1は、変形例に係る貫入部材を示す斜視図である。

[図18-2]図18-2は、変形例に係る貫入部材を示す斜視図である。

[図19]図19は、本実施形態に係る積込機械が走行するときの姿勢を示す図である。

[図20]図20は、本実施形態に係る積込機械が備える制御装置を示すブロック図の一例である。

[図21]図21は、積込機械がドローポイントに進入し、鉱石を掘削した後、他のドローポイントに向かう一連の動作を説明するための図である。

[図22]図22は、積込機械がドローポイントに進入し、鉱石を掘削した後、他のドローポイントに向かう一連の動作を説明するための図である。

[図23]図23は、積込機械がドローポイントに進入し、鉱石を掘削した後、他のドローポイントに向かう一連の動作を説明するための図である。

[図24]図24は、積込機械がドローポイントに進入し、鉱石を掘削した後、他のドローポイントに向かう一連の動作を説明するための図である。

[図25]図25は、積込機械がドロポイントに進入し、鉱石を掘削した後、他のドロポイントに向かう一連の動作を説明するための図である。

[図26]図26は、積込機械がドロポイントに進入し、鉱石を掘削した後、他のドロポイントに向かう一連の動作を説明するための図である。

[図27]図27は、積込機械がドロポイントに進入し、鉱石を掘削した後、他のドロポイントに向かう一連の動作を説明するための図である。

[図28]図28は、積込機械がドロポイントに進入し、鉱石を掘削した後、他のドロポイントに向かう一連の動作を説明するための図である。

[図29]図29は、積込機械の掘削時の制御を説明するための図である。

[図30]図30は、鉱石が運搬機械に積載されるとき制御を説明するための図である。

[図31]図31は、鉱石が運搬機械に積載されるとき制御を説明するための図である。

[図32]図32は、鉱石が運搬機械に積載されるとき制御を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0012] 本発明を実施するための形態（実施形態）について、図面を参照しつつ詳細に説明する。以下においては、所定面内の一方向をX軸方向、所定面内においてX軸方向と直交する方向をY軸方向、X軸方向及びY軸方向のそれぞれと直交する方向をZ軸方向として、各部の位置関係を説明する。また、重力の作用方向を下方、重力の作用方向とは反対方向を上方という。鉱山の生産性は、単位時間あたりの採掘量（ t/h ）と単位時間量あたりのコスト（ $\$/h$ ）との両方を含む。鉱山の生産性は、式（1）に示すように、両者の商を指標とすることができる。式（1）中の $\$/t$ は生産性を表す指標、 t は採掘量、 h は時間、 $\$$ はコストである。式（1）で表される指標 $\$/t$ が小さいほど、鉱山の生産性は高いことになる。

$$\$/t = (\$/h) / (t/h) \cdots (1)$$

[0013] <採掘現場の概要>

図 1 は、本実施形態に係る運搬機械 10 及び積込機械 30 が稼働する現場の一例を示す模式図である。運搬機械 10 及び積込機械 30 は、地下から鉱石を採掘する坑内採掘に使用される。運搬機械 10 は、坑道 R において積荷を運搬する作業機械の一種であり、積込機械 30 は、運搬機械 10 に積荷を積み込む作業機械の一種である。本実施形態においては、ブロックケービング工法により鉱石が採掘される。

[0014] ブロックケービング工法とは、鉱山 M の鉱体（鉱脈）MG に鉱石 MR の採掘場所（以下、適宜ドロポイントという）DP と、採掘された鉱石を搬送するための坑道 R とを設置し、そのドロポイント DP の上部をアンダーカットして発破し、鉱石 MR を自然崩落させることによって、そのドロポイント DP から鉱石 MR を採掘する工法をいう。ドロポイント DP は、鉱体 MG の内部又は鉱体 MG の下方 D に設置される。ブロックケービング工法は、岩盤又は鉱体の下部をアンダーカットすると、脆弱な岩が自然崩壊を始める性質を利用した工法である。鉱体 MG の内部又は下部から鉱石 MR が採掘されると、崩落が上部まで伝播する。このため、ブロックケービング工法を用いると、鉱体 MG の鉱石 MR を効率よく採掘することができる。ブロックケービング工法において、通常、ドロポイント DP は複数設けられる。

[0015] 本実施形態においては、地上に管理装置 3 が配置される。管理装置 3 は、地上又は坑内の管理施設内に設置される。管理装置 3 は、原則として移動を考慮していないものである。管理装置 3 は、採掘現場を管理する。管理装置 3 は、無線通信装置 4 及びアンテナ 4 A を備える通信システムを介して、運搬機械 10 及び積込機械 30 を含む坑内の作業機械と通信可能である。本実施形態において、運搬機械 10 及び積込機械 30 は、無人で稼働する作業機械であるが、オペレーターの操作により稼働する有人の作業機械であってもよい。

[0016] <坑内 M1 について>

図 2 は、坑内 M1 の一例及び鉱山の管理システムを示す模式図である。図 3 は、図 2 の一部を拡大した図である。これらの図に示すように、鉱脈 MG

の下方Dに設置された坑道Rは、第1坑道DRと、第2坑道CRとを含む。坑道Rは、例えば、鉱体MGの内部又は下方Dに設置される。本実施形態において、坑内MIには、第1坑道DR及び第2坑道CRは、それぞれ複数存在する。第2坑道CRは、それぞれのドロポイントDPと第1坑道DRとを接続する。積込機械30は、第2坑道CRを通してドロポイントDPに接近することができる。本実施形態において、坑道Rは第3坑道TRを含む。本実施形態において、複数（この例では2本）の第3坑道TRが、複数の第1坑道DRと接続されている。以下において、第1坑道DRを適宜ドリフトDRといい、第2坑道CRを適宜クロスカットCRといい、第3坑道TRを適宜外周路TRという。

[0017] 図2に示すように、坑内MIには、2本の外周路TRが設置されている。それぞれの外周路TRは、クロスカットCRのようにドロポイントDPによって分断されていない。1本の外周路TRは、複数のドリフトDRのそれぞれの一端部を接続し、もう1本の外周路TRは、複数のドリフトDRのそれぞれの他端部を接続する。このように、すべてのドリフトDRは、2本の外周路TRと接続されている。本実施形態においては、運搬機械10及び積込機械30は、いずれのドリフトDRであっても一方の外周路TRから進入することができる。図3に示す例において、運搬機械10及び積込機械30は、ドリフトDR内を矢印FCの方向に進行する。

[0018] 図2及び図3に示すように、運搬機械10に対する積込機械30による積込作業が行われる積込位置LPは、クロスカットCR又はその近傍に定められる。ドロポイントDP及び積込位置LPを含む領域を、積込場所LA、と称してもよい。

[0019] 図2に示すように、坑内MIには、運搬機械10によって運搬された積荷としての鉱石MRが排出される排土場所（オアパス）DPが設けられる。運搬機械10は、ドロポイントDP近傍の積込場所LAにおいて積込機械30により積荷としての鉱石MRを積み込まれた後、ドリフトDRを走行して、オアパスOPまで移動する。運搬機械10は、到着したオアパスOPに積

荷としての鉱石MRを排出する。

[0020] 本実施形態において、図2及び図3に示す運搬機械10は、走行用の電動機と、この電動機に電力を供給する蓄電器とを有する。外周路TRには、空間SPが接続されている。外周路TRと接続する空間SPには、運搬機械10に搭載された蓄電器を交換する蓄電器交換装置EXが設置される。蓄電器交換装置EXは、蓄電器14を充電する機能も有している。

[0021] 以下の説明においては、便宜上、運搬機械10が走行する坑道Rの路面とXY平面とが実質的に平行であることとする。なお、実際には、坑道Rの路面は、凹凸を有していたり、上り坂及び下り坂を有していたりする場合が多い。

[0022] 図2に示す鉱山の管理システム1は、管理装置3と、無線通信用のアンテナ4Aとを含む。管理装置3は、例えば、坑内MIで稼働する運搬機械10及び積込機械30の運行を管理する。運行の管理には、運搬機械10及び積込機械30の配車、運搬機械10及び積込機械30の稼働状態に関する情報（以下、適宜稼働情報という）の収集及びその管理等が含まれる。稼働情報は、例えば、運搬機械10及び積込機械30の稼働時間、走行距離、蓄電器の残量、異常の有無、異常の箇所、積載量等が含まれる。稼働情報は、主として運搬機械10及び積込機械30の運転評価、予防保全及び異常診断等に用いられる。したがって、稼働情報は、鉱山Mの生産性向上又は鉱山Mのオペレーションの改善といったニーズに応えるために有用である。

[0023] 管理装置3は、後述するように通信装置を備えている。アンテナ4Aを備えた無線通信装置4は、この通信装置と接続されている。管理装置3は、例えば、通信装置、無線通信装置4及びアンテナ4Aを介して、坑内MIで稼働する運搬機械10及び積込機械30との間で情報をやり取りする。鉱山の管理システム1が備える管理装置3は、前述したように運搬機械10及び積込機械30の運行を管理する。

[0024] 本実施形態において、積込機械30は、走行用の電動機によって走行し、電動機によって掻き込み装置を駆動して鉱石MRを掘削する。図3に示すよ

うに、これらの電動機に積込機械30の外部から電力を供給する給電ケーブル5が坑内M1の坑道Rに設けられている。積込機械30は、例えば、積込場所LAに設けられた電力供給装置としての給電用のコネクタ6及び積込機械30からの電力ケーブル7を介して、給電ケーブル5からの電力の供給を受ける。前述した電力供給装置は、ドリフトDR又はクロスカットCRのいずれか一方に設けられていればよい。本実施形態において、積込機械30は、外部から供給される電力によって走行及び掘削の少なくとも一方を行ってもよい。また、積込機械30は、蓄電器を搭載し、この蓄電器から電力の供給を受けて走行及び掘削の少なくとも一方を行ってもよい。また、積込機械30は、蓄電器を搭載し、この蓄電器から電力の供給を受けて走行及び掘削の少なくとも一方を行ってもよい。すなわち、積込機械30は、外部から供給される電力及び蓄電器から供給される電力の少なくとも一方によって、走行及び掘削の少なくとも一方を行う。例えば、積込機械30は、外部から供給される電力によって掘削を行い、蓄電器から供給される電力によって走行することができる。また、積込機械30は、クロスカットCR内を走行する場合は、外部から供給される電力により走行してもよい。本実施形態において、積込機械30は、電動機によって油圧ポンプを駆動して油圧を発生させ、この油圧によって油圧モータを駆動することにより、鉱石MRを掘削してもよい。また、積込機械30は、蓄電器を備え、この蓄電器から供給される電力により走行し、掘削してもよい。

[0025] 給電ケーブル5と積込機械30からの電力ケーブル7との接続は、コネクタ6に限定されるものではない。例えば、坑道R側に設けられ、かつ給電ケーブル5と接続された電極と、積込機械30側からの電力ケーブル7に接続された電極とを電力供給装置として用い、両方の電極を接触させて、給電ケーブル5から積込機械30に電力を供給してもよい。このようにすると、両方の電極の位置決め精度が低くても両者を接触させて電力を積込機械30に供給することができる。本実施形態では、積込機械30は電力で動作するものとしたが、このようなものには限定されない。積込機械30は、例えば、

内燃機関によって走行したり鉱石MRを掘削したりするものであってもよい。この場合、積込機械30は、内燃機関によって油圧ポンプを駆動し、油圧ポンプから吐出される作動油によって、例えば、油圧モータ又は油圧シリンダ等を駆動することにより走行したり、鉱石MRを掘削したりしてもよい。

[0026] <鉱石MRの掘削及び運搬>

図4及び図5は、積込機械30による地山RMの鉱石MRの掘削及び運搬機械10への鉱石MRの積込を示す図である。積込場所LAは、ドロップポイントDPに鉱石MRの地山RMが形成される。図4及び図5に示すように、積込機械30は、積込場所LAのクロスカットCR内に設置されて、先端部が鉱石MRの地山RMに貫入してこれを掘削する。積込機械30は、掘削した鉱石MRを、地山RMとは反対側であって、ドリフトDR内に待機している運搬機械10に積載する。ドリフトDR内には、積込機械30に電力を供給する給電ケーブル5が設けられている。

[0027] 図4及び図5に示すように、積込機械30は、車体30BDと、搬送装置としてのフィーダー31と、掘削装置としての回転ローラー33と、回転ローラー33を支持する支持機構32と、走行装置34とを含む。回転ローラー33と支持機構32とは、鉱石MRを掘削してフィーダー31に送り込む掻き込み装置として機能する。

[0028] 支持機構32は、車体30BDに対して、起伏方向に揺動可能に設けられている。起伏方向は、車体30BDの上下方向である。支持機構32は、車体30BDに取り付けられる第1部材としてのブーム32aと、これに連結されて揺動し、かつ回転ローラー33を回転可能に支持する第2部材としてのアーム32bとを有する。積込機械30の車体30BDは、鉱石MRの地山RMに貫入する貫入部材35と、回転体36と、岩石ガード37とを備える。貫入部材35は、鉱石MRの掘削時に地山RMに貫入する。回転体36は、積込機械30の貫入部材35が地山RMに貫入するときに回転して、貫入を補助する。

[0029] 運搬機械10は、車体10Bと、ベッセル11とを含む。ベッセル11は

、車体１０Ｂに搭載される。ベッセル１１は、鉱石MRを積荷として積載する。本実施形態において、ベッセル１１は、図４及び図５に示すように、車体１０Ｂの幅方向W、すなわち車軸と平行な方向に移動する。ベッセル１１は、運搬機械１０の走行時には車体１０Ｂの幅方向中央に設置される。また、ベッセル１１は、鉱石MRの積載時において、車体１０Ｂの幅方向外側に移動する。その結果、運搬機械１０は、ベッセル１１を積込機械３０のフィーダー３１の下方Dに接近させることができるので、フィーダー３１によって搬送された鉱石MRがベッセル１１外に落下する可能性を低減し、鉱石MRをベッセル１１内に確実に落下させることができる。

[0030] 本実施形態では、図４及び図５に示すように、積込機械３０は鉱石MRの掘削及び掘削した鉱石MRを運搬機械１０に搬送しこれに積載する。運搬機械１０は、積載された鉱石MRを、図２に示すオアパスOPまで搬送し、ここに排出する。このとき、積込機械３０は、運搬機械１０が走行する空間をドリフトDR内に残した状態でクロスカットCRに留まって、ドロポイントDPで鉱石MRを掘削する。そして、積込機械３０は、掘削した鉱石MRをドロポイントDPから離れる方向に搬送して、運搬機械１０に積み込む。積込機械３０は、掘削した鉱石MRを積載した状態では移動しない。運搬機械１０は、ドロポイントDPで採掘された鉱石MRを積載し、ドリフトDRを走行して図２に示すオアパスOPまで運搬する。

[0031] このように、本実施形態において、鉱山の管理システム１は、積込機械３０には鉱石MRの掘削及び積込のみを行わせ、運搬機械１０には鉱石MRの運搬のみを行わせるようにして、両者の機能を分離している。このため、積込機械３０は掘削作業及び搬送作業に専念でき、運搬機械１０は運搬作業に専念できる。すなわち、積込機械３０は鉱石MRを運搬する機能を有していてもよく、運搬機械１０は鉱石MRの掘削及び搬送する機能を有していてもよい。積込機械３０は、掘削及び搬送の機能に特化でき、運搬機械１０は鉱石MRの運搬の機能に特化できるので、それぞれの機能を最大限発揮させることができる。結果として、鉱山の管理システム１は、鉱山Mの生

産性を向上させることができる。

[0032] <鉱山の管理システム 1 の管理装置 3>

図 6 は、鉱山の管理システム 1 が備える管理装置 3 の機能ブロック図の一例である。管理装置 3 は、処理装置 3 C と、記憶装置 3 M と、入出力部 (I/O) 3 I O とを含む。さらに、管理装置 3 は、入出力部 3 I O に、出力装置としての表示装置 8 と、入力装置 9 と、通信装置 3 R とが接続されている。管理装置 3 は、例えば、コンピュータである。処理装置 3 C は、例えば、CPU (Central Processing Unit) である。記憶装置 3 M は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ若しくはハードディスクドライブ等又はこれらを組み合わせたものである。入出力部 3 I O は、処理装置 3 C と、処理装置 3 C の外部に接続する表示装置 8、入力装置 9 及び通信装置 3 R との情報の入出力 (インターフェース) に用いられる。

[0033] 処理装置 3 C は、運搬機械 1 O 及び積込機械 3 O の配車並びにこれらの稼働情報の収集等といった管理装置 3 の処理を実行する。配車及び稼働情報の収集等の処理は、処理装置 3 C がそれぞれに対応するコンピュータプログラムを記憶装置 3 M から読み込んで実行することにより実現される。

[0034] 記憶装置 3 M は、処理装置 3 C に各種の処理を実行させるための各種のコンピュータプログラムを記憶している。本実施形態において、記憶装置 3 M が記憶しているコンピュータプログラムは、例えば、運搬機械 1 O 及び積込機械 3 O の配車をするためのコンピュータプログラム、運搬機械 1 O 及び積込機械 3 O の稼働情報を収集するためのコンピュータプログラム、稼働情報等に基づいて各種解析を実現するコンピュータプログラム等である。

[0035] 表示装置 8 は、例えば、液晶ディスプレイ等であり、運搬機械 1 O 及び積込機械 3 O の配車をしたり、稼働情報を収集したりする際に必要な情報を表示する。入力装置 9 は、例えば、キーボード、タッチパネル又はマウス等であり、運搬機械 1 O 及び積込機械 3 O の配車をしたり、これらの稼働情報を収集したりする際に必要な情報を入力する。通信装置 3 R は、アンテナ 4 A

を備えた無線通信装置 4 と接続されている。前述したように、無線通信装置 4 及びアンテナ 4 A は坑内 M I に設置される。通信装置 3 R と無線通信装置 4 とは有線で接続される。通信装置 3 R と坑内 M I の運搬機械 1 0 及び積込機械 3 0 とは、例えば、無線 L A N (Local Area Network) によって通信することができる。次に、運搬機械 1 0 について、より詳細に説明する。

[0036] <運搬機械 1 0>

図 7 は、本実施形態に係る運搬機械 1 0 の斜視図である。図 8 は、本実施形態に係る運搬機械 1 0 の側面図である。運搬機械 1 0 は、車体 1 0 B と、荷台としてのベッセル 1 1 と、車輪 1 2 A、1 2 B とを含む。さらに、運搬機械 1 0 は、蓄電器としての蓄電器 1 4 と、アンテナ 1 5 と、撮像装置 1 6 A、1 6 B と、非接触センサ 1 7 A、1 7 B とを有している。車輪 1 2 A、1 2 B は、車体 1 0 B の前後にそれぞれ取り付けられる。本実施形態において、車輪 1 2 A、1 2 B は、図 8 に示す、車体 1 0 B 内に搭載された電動機 1 3 A、1 3 B によって駆動される。このように、運搬機械 1 0 は、すべての車輪 1 2 A、1 2 B が駆動輪となる。また、本実施形態において、車輪 1 2 A、1 2 B は、それぞれ操舵輪となる。本実施形態において、車輪 1 2 A、1 2 B は、例えば、ソリッドタイヤである。このようにすることで、車輪 1 2 A、1 2 B が小径となるので、運搬機械 1 0 の高さが抑制される。運搬機械 1 0 は、車輪 1 2 A から車輪 1 2 B の方向及び車輪 1 2 B から車輪 1 2 A の方向のいずれにも走行することができる。車輪 1 2 A、1 2 B は、ソリッドタイヤに限定されるものではなく、例えば、空気入りタイヤ等であってもよい。また、車輪 1 2 A、1 2 B のうち、一方のみが駆動輪であってもよい。

[0037] ベッセル 1 1 は、車体 1 0 B の上方に搭載されて、車体 1 0 B に支持される。車体 1 0 B には、電動機 1 3 A、1 3 B に電力を供給するための蓄電器 1 4 が搭載される。本実施形態において、蓄電器 1 4 の外形は、直方体状である。蓄電器 1 4 は、車体 1 0 B の前後にそれぞれ 1 個ずつ搭載される。このようにすることで、運搬機械 1 0 は、前後の質量のバランスが均等に近く

なるので、安定して走行することができる。蓄電器 14 は、車体 10 B に対して着脱可能に搭載される。蓄電器 14 から供給される電力によって、運搬機械 10 が有する電動機 13 A、13 B 及び電子機器が作動する。本実施形態においては、運搬機械 10 は電動としているが、内燃機関が動力源であってもよい。

[0038] 車体 10 B には、アンテナ 15 と、撮像装置 16 A、16 B と、非接触センサ 17 A、17 B とが取り付けられる。アンテナ 15 は、図 6 に示すアンテナ 4 A 及び通信装置 3 R を介して、管理装置 3 と無線通信する。撮像装置 16 A、16 B は、ベッセル 11 に積載された積荷、本実施形態では図 3 及び図 4 等 に示す鉱石 M R の状態（荷姿）を撮影する。撮像装置 16 A、16 B は、例えば、可視光を撮像するカメラであってもよいし、赤外線を撮像する赤外線カメラであってもよいし、ステレオカメラであってもよい。また、撮像装置 16 A、16 B は、物体の 3 次元の外形データを取得できればよく、カメラ以外であっても、レーザースキャナー又は 3 次元距離センサ等を用いることができる。本実施形態において、運搬機械 10 は、3 次元データを取得するだけでなく、ベッセル 11 の隅又は中央等といった特定のポイントにおける鉱石 M R 深さをそれぞれのポイント毎に距離センサを用いて計測することもできる。撮像装置 16 A、16 B は、それぞれ車体 10 B の上面に取り付けられた支持柱 16 A S、16 B S の先端に取り付けられる。このような構造により、それぞれの撮像装置 16 A、16 B は、ベッセル 11 の全体を上方から撮像することができるので、ベッセル 11 に積載された鉱石 M R の状態を確実に撮像することができる。

[0039] 非接触センサ 17 A、17 B は、車体 10 B の前後にそれぞれ取り付けられる。非接触センサ 17 A、17 B は、運搬機械 10 の周囲、特に進行方向側に存在する物体を非接触で検出する。非接触センサ 17 A、17 B は、例えば、レーダー装置が用いられる。非接触センサ 17 A、17 B は、電波又は超音波等を発射して、物体で反射した電波を受信して、物体との相対的な距離及び方位を検出可能である。非接触センサ 17 A、17 B は、レーダー

装置に限定されるものではない。非接触センサ 17 A、17 B は、例えば、レーザスキャナ、及び 3 次元距離センサの少なくとも 1 つを含んでもよい。

[0040] 運搬機械 10 は、車体 10 B の前後に、それぞれ撮像装置としての周辺監視カメラ 17 C A、17 C B を備えている。周辺監視カメラ 17 C A、17 C B は、車体 10 B の周囲、特に前方を撮像して、車体 10 B の周囲に存在する物体の形状を検出する。

[0041] 車体 10 B は、前後の間に凹部 10 B U を有している。凹部 10 B U は、車輪 12 A と車輪 12 B との間に配置される。ベッセル 11 は、積込機械 30 によって積荷としての鉱石 MR が積み込まれる部材である。ベッセル 11 の少なくとも一部は、凹部 10 B U に配置される。

[0042] 本実施形態において、車体 10 B の前後方向において車体 10 B の中心部 A X の一方側に配置される車体 10 B の一部分と他方側に配置される車体 10 B の一部分とは対称（前後対称）である。また、車体 10 B の前後方向において車体 10 B の中心部 A X の一方側に配置されるベッセル 11 の一部分と他方側に配置されるベッセル 11 の一部分とは対称（前後対象）である。また、車体 10 B 及びベッセル 11 は、平面視において、車体 10 B の前後方向の中心軸に対して対称（左右対称）である。

[0043] ベッセル 11 は、底面 11 B と、底面 11 B と接続する 4 個の側面 11 S F、11 S R、11 S A、11 S B とを含む。側面 11 S A、11 S B は、底面 11 B から垂直に立ち上がっている。側面 11 S F、11 S R は、底面 11 B に対してそれぞれ車輪 12 A、12 B 側に傾斜している。底面 11 B と、4 個の側面 11 S F、11 S R、11 S A、11 S B とによって凹部 11 U が形成される。凹部 11 U には、積荷としての鉱石 MR が積載される。車体 10 B の凹部 10 B U は、ベッセル 11 の外形に沿った形状を有する。次に、ベッセル 11 の支持構造について説明する。

[0044] 図 9 は、本実施形態に係る運搬機械 10 が備えるベッセル 11 の支持構造を示す図である。図 10 は、本実施形態に係る運搬機械 10 の上面図である。図 11 は、本実施形態に係る運搬機械 10 がベッセルを傾斜させた状態を

示す図である。ベッセル１１は、テーブル１１Ｔの上面に、ベッセル１１を昇降させるアクチュエータとしての油圧シリンダ（ホイストシリンダ）１１Ｃｂを介して載置されている。

[0045] テーブル１１Ｔは、車体１０Ｂの凹部１０ＢＵの上面に設けられた一対の支持体１１Ｒ、１１Ｒを介して車体１０Ｂに支持されている。支持体１１Ｒは、車体１０Ｂの幅方向Ｗに延在する棒状の部材である。それぞれの支持体１１Ｒ、１１Ｒは、テーブル１１Ｔの車体１０Ｂと対向する部分に設けられた一対の溝１１ＴＵ、１１ＴＵに嵌め合わされている。溝１１ＴＵ、１１ＴＵは、支持体１１Ｒが延在する方向、すなわち、車体１０Ｂの幅方向Ｗに向かって設けられている。このような構造により、テーブル１１Ｔは、支持体１１Ｒ、１１Ｒに沿って移動する。すなわち、テーブル１１Ｔは、運搬機械１０の車体１０Ｂの幅方向Ｗに向かって移動することができる。

[0046] テーブル１１Ｔと車体１０Ｂとの間には、テーブル１１Ｔを車体１０Ｂの幅方向Ｗに移動させるためのアクチュエータとして、油圧シリンダ（スライド用シリンダ）１１Ｃａが取り付けられている。油圧シリンダ１１Ｃａが伸縮することにより、テーブル１１Ｔは、車体１０Ｂの幅方向Ｗの両側に移動する。テーブル１１Ｔにはベッセル１１が取り付けられているので、図１０に示すように、ベッセル１１も、テーブル１１Ｔとともに車体１０Ｂの幅方向Ｗの両側に移動することができる。テーブル１１Ｔと、油圧シリンダ１１Ｃａと、支持体１１Ｒ、１１Ｒとは、車体１０Ｂに対するベッセル１１の位置を変更する位置変更機構として機能する。この位置変更機構は、車体１０Ｂの幅方向Ｗにおけるベッセル１１の位置を変更する。このように、運搬機械１０は、車体１０Ｂに対するベッセル１１の位置を変更することができる。

[0047] 積込機械３０から鉱石ＭＲがベッセル１１に積載されるときには、図５に示すように、ベッセル１１が積込機械３０側に移動する。このようにすることで、運搬機械１０は、鉱石ＭＲを確実にベッセル１１に積載することができる。また、ベッセル１１の一方に鉱石ＭＲが偏って積載された場合、運搬

機械１０は、ベッセル１１を車体１０Ｂの幅方向Ｗに往復運動させることにより、鉱石ＭＲをベッセル１１の全体に分散させ、鉱石ＭＲの偏りを抑制することができる。

[0048] ベッセル１１は、油圧シリンダ１１Ｃｂが伸縮することにより昇降する。図１１は、油圧シリンダ１１Ｃｂが伸びてベッセル１１が傾いた状態を示している。ベッセル１１は、図１１に示すように、車体１０Ｂの幅方向Ｗの一方側の軸線Ｚｂを中心として揺動する。軸線Ｚｂは、テーブル１１Ｔに含まれており、かつ車体１０Ｂの前後方向と平行である。油圧シリンダ１１Ｃｂが伸びると、ベッセル１１は、軸線Ｚｂとは反対側が高くなり、車体１０Ｂの凹部１０ＢＵから突出する。その結果、ベッセル１１が傾斜し、軸線Ｚｂ側の蓋１１ＣＶが開いて、軸線Ｚｂ側から鉱石ＭＲが排出される。油圧シリンダ１１Ｃｂが縮むと、ベッセル１１は車体１０Ｂの凹部１０ＢＵに収まる。蓋１１ＣＶは、図示しないリンク機構により、ベッセル１１が昇降する動作に連動する。

[0049] 本実施形態では、ベッセル１１は車体１０Ｂの幅方向Ｗの一方側に存在する軸線Ｚｂのみを中心として揺動するが、これに限定されない。例えば、ベッセル１１は、車体１０Ｂの一方側の軸線Ｚｂに加え、他方側に存在し、かつ車体１０Ｂの前後方向と平行なもう１つの軸線を中心として揺動してもよい。このようにすれば、運搬機械１０は、車体１０Ｂの幅方向Ｗの両側から鉱石ＭＲを排出することができる。

[0050] 図１２は、運搬機械１０が備える制御装置７０を示すブロック図の一例である。運搬機械１０が備える制御装置７０は、運搬機械１０の走行及びベッセル１１の幅方向における移動及び昇降を制御する。制御装置７０は、処理装置７１と記憶装置７２とを備える。処理装置７１には、撮像装置１６Ａ、１６Ｂ、非接触センサ１７Ａ、１７Ｂ、周辺監視カメラ１７ＣＡ、１７ＣＢ、質量センサ１８、読取装置１９、測域センサ２０、ジャイロセンサ２１、速度センサ２２、加速度センサ２３、駆動制御装置２４、通信装置２５及び記憶装置７２等が接続されている。

[0051] 撮像装置 16 A、16 B 及び周辺監視カメラ 17 C A、17 C B は、CCD 又は CMOS のような撮像素子を含み、物体の光学像を取得して、その物体の外形を検出可能である。本実施形態において、撮像装置 16 A、16 B 及び周辺監視カメラ 17 C A、17 C B の少なくとも一方は、ステレオカメラを含み、物体の 3 次元の外形データを取得可能である。撮像装置 16 A、16 B 及び周辺監視カメラ 17 C A、17 C B は、撮像した結果を処理装置 7 1 に出力する。処理装置 7 1 は、撮像装置 16 A、16 B の検出結果を取得し、これに基づいて、ベッセル 1 1 における鉱石 MR の状態に関する情報を取得する。本実施形態において、ベッセル 1 1 に積載された鉱石 MR の外形は、レーザスキャナー及び 3 次元距離センサの少なくとも 1 つを用いて検出されてもよい。

[0052] 非接触センサ 17 A、17 B は、処理装置 7 1 と接続され、検出結果を処理装置 7 1 に出力する。非接触センサ 17 A、17 B は、取得した結果を処理装置 7 1 に出力する。質量センサ 18 は、ベッセル 1 1 及びベッセル 1 1 に積載された鉱石 MR の質量を検出する。ベッセル 1 1 の質量は予め分かっているため、質量センサ 18 の検出結果からベッセル 1 1 の質量を減算すれば、ベッセル 1 1 に積載された鉱石 MR の質量が得られる。質量センサ 18 は、処理装置 7 1 と接続されており、検出結果を処理装置 7 1 に出力する。処理装置 7 1 は、質量センサ 18 の検出結果に基づいて、ベッセル 1 1 に積み込まれた鉱石 MR の質量及びベッセル 1 1 に鉱石 MR が積載されているか否かに関する情報を求める。質量センサ 18 は、例えば、ベッセル 1 1 とテーブル 1 1 T との間に設けられるひずみゲージ式ロードセルでもよいし、油圧シリンダ 1 1 C b の油圧を検出する圧力センサであってもよい。

[0053] 読取装置 19 は、ドリフト DR に設けられたマークの識別情報（固有情報）を検出する。マークは、ドリフト DR に沿って複数配置されている。マークは、バーコード及び 2 次元コードのような識別子（コード）でもよいし、IC タグ又は RFID のような識別子（タグ）でもよい。読取装置 19 は、処理装置 7 1 と接続され、検出結果を処理装置 7 1 に出力する。

[0054] 測域センサ 20 は、運搬機械 10 の車体 10B の外側、例えば、前方及び後方に取り付けられて、運搬機械 10 の周囲における空間の物理的な形状データを取得して出力する。ジャイロセンサ 21 は、運搬機械 10 の方位（方位変化量）を検出し、検出結果を処理装置 71 に出力する。速度センサ 22 は、運搬機械 10 の走行速度を検出し、検出結果を処理装置 71 に出力する。加速度センサ 23 は、運搬機械 10 の加速度を検出し、検出結果を処理装置 71 に出力する。駆動制御装置 24 は、例えば、マイクロコンピュータである。駆動制御装置 24 は、処理装置 71 からの指令に基づき、走行用の電動機 13A、13B、制動システム 13BS、操舵システム 13SS 及び油圧ポンプ 13P を駆動する電動機 13C の動作を制御する。油圧ポンプ 13P は、油圧シリンダ 11Ca、11Cb に作動油を供給する装置である。本実施形態において、運搬機械 10 は、走行用の電動機 13A、13B によって走行するが、これに限定されない。例えば、運搬機械 10 は、油圧ポンプ 13P から吐出される作動油によって駆動する油圧モータによって走行してもよい。制動システム 13BS 及び操舵システム 13SS も、電動であってもよいし、油圧を利用して動作するものであってもよい。

[0055] 本実施形態において、ドリフト DR においてマークが配置されている位置（絶対位置）に関する情報は、事前に測定された既知な情報である。マークの絶対位置に関する情報は、記憶装置 72 に記憶されている。処理装置 71 は、運搬機械 10 に設けられている読取装置 19 で検出したマークの検出結果（マークの識別情報）と、記憶装置 72 の記憶情報とに基づいて、ドリフト DR における運搬機械 10 の絶対位置を求めることができる。

[0056] 測域センサ 20 は、空間の物理的な形状データを出力可能な走査型の光波距離計を含む。測域センサ 20 は、例えば、レーザスキャナ及び 3 次元距離センサの少なくとも 1 つを含み、2 次元又は 3 次元の空間データを取得し、出力することができる。測域センサ 20 は、積込機械 30 及びドリフト DR の壁面の少なくとも一方を検出する。本実施形態において、測域センサ 20 は、積込機械 30 の形状データ、ドリフト DR の壁面の形状データ及びベ

ッセル 11 の積荷の形状データの少なくとも 1 つを取得可能である。また、測域センサ 20 は、積込機械 30 との相対位置（相対的な距離及び方位）及びドリフト DR の壁面との相対位置の少なくとも一方を検出可能である。測域センサ 20 は、検出した情報を処理装置 71 に出力する。

[0057] 本実施形態において、ドリフト DR の壁面に関する情報が予め求められており、記憶装置 72 に記憶されている。すなわち、ドリフト DR の壁面に関する情報は、事前に測定された既知の情報である。ドリフト DR の壁面に関する情報は、壁面の複数の部分におけるそれぞれの形状に関する情報及びそれら壁面の部分それぞれの絶対位置に関する情報を含む。記憶装置 72 には、壁面の複数の部分の形状と、その形状を有する壁面の部分におけるそれぞれの絶対位置との関係が記憶されている。処理装置 71 は、運搬機械 10 に設けられている測域センサ 20 が検出したドリフト DR の壁面の検出結果（壁面の形状データ）と、記憶装置 72 の記憶情報とに基づいて、ドリフト DR における運搬機械 10 の絶対位置及び方位を求めることができる。

[0058] 処理装置 71 は、読取装置 19 及び測域センサ 20 の少なくとも一方を用いて導出された運搬機械 10 の現在位置（絶対位置）に基づいて、坑内 MI の決められた経路（目標経路）にしたがって運搬機械 10 が走行するように、ドリフト DR を走行する運搬機械 10 を制御する。

[0059] 処理装置 71 は、例えば、CPU を含むマイクロコンピュータである。処理装置 71 は、非接触センサ 17A、17B、読取装置 19 及び測域センサ 20 等の検出結果に基づいて、駆動制御装置 24 を介して走行用の電動機 13A、13B、制動システム 13BS 及び車輪 12A、12B の操舵システム 13SS を制御する。そして、処理装置 71 は、所定の走行速度及び加速度で、前述した目標経路にしたがって運搬機械 10 を走行させる。

[0060] 記憶装置 72 は、RAM、ROM、フラッシュメモリ及びハードディスクドライブの少なくとも 1 つを含み、処理装置 71 と接続される。記憶装置 72 は、処理装置 71 が運搬機械 10 を自律走行させるために必要なコンピュータプログラム及び各種の情報を記憶している。通信装置 25 は、処理装置

71と接続され、積込機械30に搭載された通信装置及び管理装置3の少なくとも一方との間でデータ通信する。

[0061] 本実施形態において、運搬機械10は、無人車両であり、自律走行が可能である。通信装置25は、管理装置3及び積込機械30の少なくとも一方から送信された情報（指令信号を含む）を受信可能である。また、通信装置25は、撮像装置16A、16B、周辺監視カメラ17CA、17CB、速度センサ22及び加速度センサ23等が検出した情報を管理装置3及び積込機械30の少なくとも一方に送信可能である。運搬機械10は、周辺監視カメラ17CA、17CB及び非接触センサ17A、17Bの少なくとも一方が取得した運搬機械10の周辺の情報を管理装置3に送信し、この周辺の情報を基に、オペレーターが運搬機械10を遠隔操作することもできる。このように、運搬機械10は、自律走行のみならず、オペレーターの操作によっても走行し、ベッセル11をスライド及び昇降させることができる。

[0062] 例えば、速度センサ22及び加速度センサ23等が検出した情報を取得した管理装置3は、この情報を運搬機械10の稼働情報として、例えば、記憶装置3Mに蓄積する。また、周辺監視カメラ17CA、17CBが撮像した情報を管理装置3が取得した場合、オペレーターは、周辺監視カメラ17CA、17CBが撮像した運搬機械10の周辺の画像を視認しながら、運搬機械10を操作することもできる。さらに、質量センサ18が検出したベッセル11の鉱石MRの質量に関する情報を取得した積込機械30は、この情報に基づいて、ベッセル11への鉱石MRの積載量を制御することもできる。次に、積込機械30について説明する。

[0063] <積込機械30>

図13は、本実施形態に係る積込機械30の側面図である。図14は、本実施形態に係る積込機械30の上面図である。図15は、本実施形態に係る積込機械30の正面図である。図16は、本実施形態に係る積込機械30が備える回転ローラー33を示す斜視図である。図17は、本実施形態に係る積込機械30が備える貫入部材35を示す斜視図である。図18-1及び図

18-2は、変形例に係る貫入部材35a、35bを示す斜視図である。

[0064] 図13は、積込機械30が地山RMの鉱石MRを掘削し、掘削した鉱石MRを搬送する状態を示している。積込機械30は、クロスカットCR内で鉱石MRの地山RMを掘削し、掘削した鉱石MRを図7及び図8等を示す運搬機械10のベッセル11に積載する。積込機械30の車体30BDには、フィーダー31と、支持機構32と、走行装置34と、貫入部材35と、回転体36と、岩石ガード37とが取り付けられる。貫入部材35が設けられている側が積込機械30の前方であり、貫入部材35が設けられている側とは反対側が積込機械30の後方である。なお、積込機械30は、回転体36及び岩石ガード37を備えていなくてもよい。

[0065] フィーダー31は、地山RMから鉱石MRを積み込んで、ドロポイントDPの地山RMから離れる方向に搬送した後、排出する。すなわち、フィーダー31は、積込機械30の前方で積み込まれた鉱石MRを後方に向かって搬送し、後方から排出する。フィーダー31は、例えば、無端の搬送体として搬送ベルトを用い、これを一對のローラーに掛け回して回転させることにより、積込側31Fから排出側31Eに鉱石MRを搬送する。積込側31Fは、地山RM側であり、排出側31Eは積込側31Fとは反対側である。図14に示すように、フィーダー31は、幅方向Wの両側に、一對のガイド31G、31Gが設けられている。一對のガイド31G、31Gは、フィーダー31から搬送途中の鉱石MRが脱落することを抑制する。幅方向Wは、フィーダー31が鉱石MRを搬送する方向Fと直交する方向であり、フィーダー31が備える一對のローラーの回転中心軸と平行な方向である。フィーダー31の幅方向Wは、車体30BDの幅方向でもある。フィーダー31は、排出側31Eに、鉱石MRを運搬機械10のベッセル11内に導くためのガイド39を備えている。フィーダー31は、車体30BDの前方、すなわちフィーダー31の積込側31Fの軸線を中心として揺動する。フィーダー31は、地面Gに対する角度 α を変更することができる。角度 α は、フィーダー31が備える一對のローラーの回転中心軸を結ぶ直線LCと、地面Gとの

なす角度である。

[0066] フィーダー 3 1 に鉱石 MR を積み込むのは、回転ローラー 3 3 である。回転ローラー 3 3 は、フィーダー 3 1 の積込側 3 1 F、すなわちフィーダー 3 1 の前方で回転しながら鉱石 MR をフィーダー 3 1 に送り込む。このため、鉱石 MR の掘削時において、回転ローラー 3 3 は、ブーム 3 2 a とアーム 3 2 b とを備える支持機構 3 2 によってフィーダー 3 1 の積込側 3 1 F に設置される。回転ローラー 3 3 は、所定の軸線 Z r の周りを回転する回転部材 3 3 D 及び回転部材 3 3 D の外周部に設けられて鉱石 MR と接触して掘削する接触部材 3 3 S とを有する。

[0067] 本実施形態において、接触部材 3 3 S は、図 1 6 に示すように、回転部材 3 3 D からその径方向外側に突出し、かつ回転部材 3 3 D の周方向に向かって所定の間隔で設けられた複数の板状部材である。接触部材 3 3 S の板面と平行な平面は、軸線 Z r とは直交しない。本実施形態において、接触部材 3 3 S の板面と平行な平面は、軸線 Z r と平行になっている。接触部材 3 3 S は、先端部、すなわち回転部材 3 3 D 側とは反対側の端部に、板状の部材 3 3 B B が設けられている。板状の部材 3 3 B B は、掘削時における回転ローラー 3 3 の回転方向（図 1 6 の矢印で示す方向）に向かって、接触部材 3 3 S の先端から延びている。このような構造により、掘削時において、回転ローラー 3 3 の板状の部材 3 3 B B は、掘削対象である地山 RM に食い込む。その結果、地山 RM から鉱石 MR を効率よく掘削することができる。

[0068] 接触部材 3 3 S は、板状の部材 3 3 B B を有していなくてもよい。本実施形態において、接触部材 3 3 S の数は 4 個であるが、これに限定されるものではなく、2 個、3 個又は 5 個以上であってもよい。接触部材 3 3 S の数は、積込機械 3 0 が掘削する鉱石 MR の大きさ及び種類の少なくとも 1 つによって、適宜変更することができる。

[0069] 回転ローラー 3 3 が回転することにより、接触部材 3 3 S は、上方 U に位置する場合にフィーダー 3 1 から遠ざかり、下方 D に位置する場合にフィーダー 3 1 に近づく。この動きによって、複数の接触部材 3 3 S は、地山 RM

から鉱石MRを掘削してフィーダー31に送り込む。複数の接触部材33Sは、回転部材33Dとともに回転しているので、連続して鉱石MRを掘削して、フィーダー31に送り込むことができる。

[0070] 回転ローラー33を回転可能に支持する支持機構32は、車体30BDに取り付けられるブーム32aと、ブーム32aに連結されるアーム32bとを有する。ブーム32aは、例えば、ピンとしてのシャフト38Aを介して積込機械30の車体30BDに取り付けられて、シャフト38Aを中心として車体30BDに対して揺動する。アーム32bは、例えば、ピンとしてのシャフト38Bを介してブーム32aの車体30BDとは反対側の端部と連結されて、ブーム32aに対してシャフト38Bを中心として揺動する。アーム32bは、ブーム32aと連結されている端部とは反対側の端部で、回転ローラー33を回転可能に支持する。ブーム32a及びアーム32bは、例えば、アクチュエータとしての油圧シリンダによって駆動されて揺動してもよいし、電動機又は油圧モータによって駆動されて揺動してもよい。

[0071] ブーム32aは、車体30BDに対して第1の軸線Zaの周りを揺動し、アーム32bは、第1の軸線Zaと平行な軸線Za'の周りを揺動する。第1の軸線Zaは、ブーム32aと車体30BDとを連結するシャフト38Aの中心軸であり、第1の軸線Zaと平行な軸線Za'は、ブーム32aとアーム32bとを連結するシャフト38Bの中心軸である。本実施形態において、アーム32bは、さらに、第1の軸線Zaと直交する第2の軸線と平行な軸線の周りを揺動してもよい。このようにすると、回転ローラー33が移動できる範囲が大きくなるので、掘削作業の自由度が向上する。

[0072] ブーム32aは、車体30BDの幅方向Wの両側、本実施形態においてはフィーダー31の幅方向Wの両側に設けられた一対の棒状部材（第1棒状部材）である。アーム32bは、それぞれのブーム32aに連結された一対の棒状部材（第2棒状部材）である。図14に示すように、一対のアーム32bは、両者の間に回転ローラー33を支持している。本実施形態において、一対のブーム32aは、梁32Jによって連結されている。このような構造

により、支持機構 3 2 の剛性が向上するので、鉱石 M R の掘削時には、支持機構 3 2 が回転ローラー 3 3 を確実に地山 R M に押し付けることができるので、鉱石 M R の掘削効率の低下が抑制される。また、一对のアーム 3 2 b を棒状又は板状の部材で連結してもよい。このようにすれば、支持機構 3 2 の剛性がさらに向上するのでより好ましい。

[0073] 支持機構 3 2 は、ブーム 3 2 a が車体 3 0 B D に対して揺動し、アーム 3 2 b がブーム 3 2 a に対して揺動することにより、回転ローラー 3 3 が移動する。支持機構 3 2 は、回転ローラー 3 3 を移動させることにより、回転ローラー 3 3 とフィーダー 3 1 及び車体 3 0 B D との相対的な位置関係を変更することができる。また、支持機構 3 2 は、回転ローラー 3 3 を移動させることによって、地山 R M の異なる位置を掘削したり、回転ローラー 3 3 を地山 R M からフィーダー 3 1 に向かって移動させることにより地山 R M から鉱石 M R をフィーダー 3 1 側に掻き込んだりすることができる。また、例えば、積込機械 3 0 の走行中、前方に物体が存在して走行の妨げとなっている場合において、支持機構 3 2 は、回転ローラー 3 3 を用いて物体をフィーダー 3 1 に向かって掻き込んでからフィーダー 3 1 に送り込むことにより、積込機械 3 0 の進行方向前方の物体を取り除くこともできる。

[0074] 本実施形態において、回転ローラー 3 3 は、図 1 4 に示すように、アーム 3 2 b の先端部に取り付けられた電動機 3 3 M によって回転する。回転ローラー 3 3 を駆動させる装置は電動機 3 3 M に限定されるものではなく、例えば、油圧モータであってもよい。また、電動機 3 3 M が取り付けられる箇所はアーム 3 2 b の先端部に限定されるものではない。

[0075] 車体 3 0 B D には、これを走行させる走行装置 3 4 が取り付けられている。走行装置 3 4 は、車体 3 0 B D の幅方向両側に設けられた一对の履帯 3 4 C と、車体 3 0 B D の幅方向両側に設けられた一对の駆動輪 3 4 D と、車体 3 0 B D の幅方向両側に設けられた一对の従動輪 3 4 S とを含む。駆動輪 3 4 D と従動輪 3 4 S とに履帯 3 4 C が掛け回されている。それぞれの駆動輪 3 4 D は、別個に独立して駆動される。本実施形態において、積込機械 3 0

は、それぞれの駆動輪 34 D に走行用の電動機を備えている。このような構造により、一对の履帯 34 C、34 C は、別個独立に駆動される。

[0076] フィーダー 31 の積込側 31 F には、貫入部材 35 が設けられる。貫入部材 35 は、フィーダー 31 の積込側 31 F に取り付けられてもよいし、フィーダー 31 の積込側 31 F に取り付けられてもよい。貫入部材 35 は、図 17 に示すように、錐体の形状をした部材であり、本実施形態では四角錐の形状である。貫入部材 35 は、長方形（正方形を含む）の底面 35 B と、底面 35 B につながる 4 個の側面 35 S を有している。4 個の側面 35 S のうちの 1 つが、地面 G と対向する。本例では、符号 35 U で示す側面 35 S が地面 G と対向する。側面 35 S は、いずれも三角形である。底面 35 B が、図 13 に示す車体 30 B D の前方に取り付けられる。すなわち、貫入部材 35 は、錐体の頂部 35 P が車体 30 B D の前方になるように、車体 30 B D に取り付けられる。このようにすることで、積込機械 30 が地山 R M に貫入するときには、貫入部材 35 が頂部 35 P から地山 R M に貫入する。

[0077] 貫入部材 35 の形状は、四角錐の形状に限定されるものではなく、例えば、図 18-1 に示す、変形例に係る貫入部材 35 a のように、三角錐の形状であってもよい。この貫入部材 35 a は、三角形の底面 35 B a と、底面 35 B a につながる 3 個の側面 35 S a を有している。側面 35 S a は、いずれも三角形である。3 個の側面 35 S a のうちの 1 つが、地面 G と対向する。本例では、符号 35 U a で示す側面 35 S a が地面 G と対向する。底面 35 B a が、図 13 に示す車体 30 B D の前方に取り付けられることにより、錐体の頂部 35 P a が車体 30 B D の前方になる。

[0078] 図 18-2 に示す貫入部材 35 b は、地山 R M に貫入する第 1 の板状部材 35 T と、第 1 の板状部材 35 T の板面と交差（本実施形態では直交するが、これに限定されない）して第 1 の板状部材 35 T に取り付けられ、かつフィーダー 31 の積込側 31 F に設けられる第 2 の板状部材 35 F と、を含む。この貫入部材 35 b は、形状が錐体ではなく、2 枚の板状部材を組み合わせた断面が L 字形状の部材なので、製造が比較的容易である。貫入部材 35

、３５ａ、３５ｂは、例えば、複数の鋼板を溶接したり、鋳鋼を用いて鋳造されたりすることによって製造される。貫入部材３５、３５ａ、３５ｂの材料及び製法は、このようなものに限定されない。

[0079] 貫入部材３５は、積込機械３０の掘削時において、錐体の頂部から地山ＲＭに貫入して、地山ＲＭを突き崩す。貫入部材３５が地山ＲＭに貫入する場合、走行装置３４は、フィーダー３１及び貫入部材３５が取り付けられた車体３０ＢＤを前方に走行させ、かつフィーダー３１を動作させながら貫入部材３５を地山ＲＭに貫入させる。このとき、フィーダー３１は、上方の搬送ベルトが積込側３１Ｆから排出側３１Ｅに向かって移動する。すなわち、貫入部材３５の貫入時において、フィーダー３１の上方の搬送ベルトは、鉱石ＭＲの搬送方向と同一の方向に動作する。積込機械３０は、貫入時において、このようにフィーダー３１を動作させることで、フィーダー３１の駆動力を貫入に利用できるので、地山ＲＭにより深く貫入することができる。

[0080] 車体３０ＢＤの幅方向両側、すなわち、フィーダー３１の搬送方向と直交する方向における両側には、一对の回転体３６が設けられる。一对の回転体３６は、走行装置３４の前方であってフィーダー３１の積込側３１Ｆに配置される。回転体３６は、所定の軸線周りを回転するドラム３６Ｄの周囲に複数の羽根３６Ｂが所定の間隔で設けられた構造体である。回転体３６は、例えば、電動機によって駆動される。回転体３６は、フィーダー３１を駆動する電動機によって駆動されてもよい。この場合、フィーダー３１の駆動と回転体３６の駆動とをクラッチ等で切り替えられるようにしてもよい。例えば、クラッチを係合させた場合にはフィーダー３１と回転体３６とが同時に回転し、クラッチを開放するとフィーダー３１のみが回転するようにすることができる。

[0081] 回転体３６は、貫入部材３５が地山ＲＭに貫入するときには、積込機械３０の車体３０ＢＤを地面Ｇに押し付ける方向に回転する。具体的には、回転体３６は、地山ＲＭ側の羽根３６Ｂが下方Ｄから上方Ｕに向かうように、また、走行装置３４側の羽根３６Ｂが上方Ｕから下方Ｄに向かうように回転す

る。このようにすることで、回転体 36 は、地山 RM 側の羽根 36B が地山 RM に接触すると、車体 30BD の前方を下方 D に向かって押し下げるので、走行装置 34 の履帯 34C が地面 G に対してより強く押し付けられる。その結果、履帯 34C と地面 G との間の摩擦力が増加するので、走行装置 34 は、貫入部材 35 を地山 RM に貫入させやすくなる。積込機械 30 の地山 RM への貫入が終了し、回転ローラー 33 による掘削及びフィーダー 31 による積み込みが開始されるときには、回転体 36 の回転は停止する。

[0082] 回転体 36 と走行装置 34 の履帯 34C との間には、岩石ガード 37 が設けられる。本実施形態において、岩石ガード 37 は、車体 30BD に取り付けられている。岩石ガード 37 は、例えば、掘削中に回転ローラー 33 から飛来する鉱石 MR から走行装置 34 を保護したり、積込機械 30 の走行時において坑道内に存在する岩石等から走行装置 34 を保護したりする。岩石ガード 37 によって、走行装置 34 の耐久性低下が抑制される。

[0083] 本実施形態において、車体 30BD は、車体 30BD の幅方向外側に向かって伸びて、ドロポイント DP につながるクロスカット CR の壁面 CRW に押し付けられる固定装置 30F を有する。本実施形態では、固定装置 30F を車体 30BD の幅方向両側にそれぞれ 1 個ずつ、対向するように設けてあるが、固定装置 30F の数及び設置箇所はこれに限定されるものではない。例えば、固定装置 30F は、車体 30BD の上方に設けられていてもよい。本実施形態において、固定装置 30F は、例えば、油圧シリンダ 30FC と、油圧シリンダ 30FC のピストンの先端に設けられた押付部材 30FP とを有する。積込機械 30 の掘削時及び鉱石 MR の搬送時において、固定装置 30F は、積込機械 30 をクロスカット CR 内に固定する。具体的には、固定装置 30F は、油圧シリンダ 30FC を伸ばして押付部材 30FP を壁面 CRW に押し付けることにより、これらを介してクロスカット CR 内に積込機械 30 の車体 30BD を固定する。このようにすることで、積込機械 30 が地山 RM を掘削するときが発生する反力は、固定装置 30F を介してクロスカット CR が受けることができる。その結果、積込機械 30 は、姿勢が

安定するので、安定して地山RMを掘削することができる。固定装置30Fと車体30Bとの間に油圧シリンダを設け、固定装置30FをクロスカットCRの壁面CRWに固定した後に、油圧シリンダの駆動力を利用して車体を貫入させてもよい。

[0084] 車体30BDの幅方向両側又は上方に固定装置30Fを設ける場合、積込機械30の貫入時には、固定装置30Fによる固定は解除される。本実施形態では、油圧シリンダ30FCが縮んだ状態となり、押付部材30FPが壁面CRWを押さないようになる。積込機械30の掘削時において、固定装置30Fが動作して、積込機械30をクロスカットCR内に固定する。掘削中、積込機械30が地山RMに対してさらに貫入したり、地山RMから遠ざかったりする場合には、固定装置30Fによる固定が解除された後に、走行装置34が積込機械30を移動させる。

[0085] 図13に示すように、固定装置30Fを車体30BDの後方、すなわち、フィーダー31の排出側31Eに設け、クロスカットCR内の地面Gから突出させた反力受けTGと車体30BDとの間に固定装置30Fを介在させて、前述した反力を受けてもよい。掘削時においては、積込機械30の前後方向の反力が大きい、このような構造にすることにより、より効果的に掘削時の反力を受けることができる。また、積込機械30は、固定装置30Fを伸ばすことにより、掘削時における積込機械30の位置の調整をすることもできる。なお、積込機械30は、固定装置30Fを備えていなくてもよい。

[0086] 本実施形態において、積込機械30は、フィーダー31に鉱石MRが積み込まれる部分（積込側31F）と、フィーダー31から鉱石MRが排出される部分（排出側31E）との間に、鉱石MRの排出と排出の停止とを切り替える切替機構80が設けられる。切替機構80は、支持体81と、蓋82と、蓋82を開閉するアクチュエータとしての油圧シリンダ83とを含む。支持体81は、図15に示すように、一端部が車体30BDの幅方向両側、具体的にはフィーダー31の幅方向両側に取り付けられる2本の脚部81Rと、2本の脚部81Rの他端部でこれらを連結する連結部81Cとを含む、門

型の部材である。2本の脚部81Rと連結部81Cとで囲まれる部分を、鉱石MRが通過する。

[0087] 蓋82は、板状の部材であり、2本の脚部81Rと連結部81Cとで囲まれる部分に設けられる。蓋82は、支持体81の連結部81C側に存在する所定の軸線Zg周りを回転する。蓋82と支持体81の連結部81Cとの間には、油圧シリンダ83が設けられる。油圧シリンダ83が伸縮することにより、蓋82は、2本の脚部81Rと連結部81Cとで囲まれる部分を開閉する。蓋82が開くことによって、2本の脚部81Rと連結部81Cとで囲まれる部分を鉱石MRが通過する。蓋82が閉じることによって、鉱石MRは、2本の脚部81Rと連結部81Cとで囲まれる部分を通過しない。このようにすることで、積込機械30は、フィーダー31からの鉱石MRの排出量を調整することができる。

[0088] 本実施形態において、積込機械30は、情報収集装置40を備える。情報収集装置40は、車体30BDの積込側31F、すなわち前方に取り付けられる。より具体的には、情報収集装置40が情報を収集する部分が、車体30BDの積込側31F、すなわち前方を向いて取り付けられる。情報収集装置40は、3次元の空間データを取得し、出力する装置である。情報収集装置40は、地山RMの鉱石MRの状態に関する情報としての鉱石情報を取得する。鉱石情報は、地山RMの3次元の空間データである。本実施形態において、鉱石情報は、地山RMの鉱石MRの状態に関する情報の他、車体30BDの積込側31F、すなわち前方の情報も含んでもよい。すなわち、本実施形態において、鉱石情報は、車体30BDの積込側31F、すなわち前方の状態を示す情報である。

[0089] 情報収集装置40は、例えばカメラ、ステレオカメラ、レーザスキャナー又は3次元距離センサ等である。情報収集装置40が情報を収集する部分は、カメラ又はステレオカメラの場合はレンズ、レーザスキャナー及び3次元距離センサの場合は受光部である。本実施形態において、情報収集装置40としては、ステレオカメラが用いられる。本実施形態において、積込機械3

0は、3個の情報収集装置40を支持機構32の梁32Jに取り付けている。すなわち、複数の情報収集装置40は、車体30Bの幅方向において複数箇所に設置される。このようにすることで、積込機械30は、1つの情報収集装置40の撮像対象がアーム32bに隠れる場合でも、他の情報収集装置40によって撮像対象の鉱石情報を得ることができる。

[0090] 本実施形態において、積込機械30が備える制御装置は、情報収集装置40が収集した鉱石情報を用いて積込機械30の動作を制御する。例えば、前述した制御装置は、情報収集装置40が取得した鉱石情報に基づいて、フィーダー31、回転ローラー33、支持機構32及び走行装置34の少なくとも1つを制御する。このようにすることで、積込機械30は、地山RM及び鉱石MRの状態に応じて柔軟に動作することができるので、例えば、鉱山Mの生産効率が向上する。

[0091] 本実施形態において、積込機械30は、車体30BDの排出側31E、すなわち後方に情報収集装置41を備える。より具体的には情報収集装置41が情報を収集する部分が、車体30BDの排出側31E、すなわち後方を向いて取り付けられる。情報収集装置41は、前述した情報収集装置40と同様に、3次元の空間データを取得し、出力する装置である。情報収集装置41は、図4及び図5に示す運搬機械10のベッセル11に積載された鉱石MRの状態に関する情報としての積荷情報を取得する。積荷情報は、鉱石MRの3次元の空間データである。

[0092] 情報収集装置41は、前述した情報収集装置40と同様に、例えばカメラ、ステレオカメラ、レーザスキャナー又は3次元距離センサ等である。情報収集装置41が情報を収集する部分は、カメラ又はステレオカメラの場合はレンズ、レーザスキャナー及び3次元距離センサの場合は受光部である。本実施形態において、情報収集装置41としては、ステレオカメラが用いられる。本実施形態において、積込機械30は、2個の情報収集装置41をフィーダー31の幅方向両側に取り付けている。すなわち、複数の情報収集装置41は、車体30Bの幅方向において複数箇所に設置される。このようにす

ることで、積込機械 30 は、1 つの情報収集装置 41 の撮像対象が坑道の影等に隠れる場合でも、他の情報収集装置 41 によって撮像対象の鉱石情報を得ることができる。

[0093] 本実施形態において、積込機械 30 が備える制御装置は、情報収集装置 41 が収集した積荷情報を用いて積込機械 30 及び運搬機械 10 の少なくとも一方を制御する。例えば、前述した制御装置は、情報収集装置 41 が取得した積荷情報に基づいて、回転ローラー 33、フィーダー 31 又は切替機構 80 等の動作を制御したり、運搬機械 10 が備えるベッセル 11 の位置又はベッセル 11 の運動を制御したりする。このようにすることで、積込機械 30 は、運搬機械 10 のベッセル 11 に積載された鉱石 MR の状態に応じて、鉱石 MR の搬送量を変更したり、ベッセル 11 の位置を調整したりすることができるので、例えば、鉱山 M の生産効率が向上する。

[0094] 図 19 は、本実施形態に係る積込機械 30 が走行するときの姿勢を示す図である。積込機械 30 が走行する場合、フィーダー 31 が地面 G に対する角度 α は、積込機械 30 が鉱石 MR を掘削及び搬送する場合（図 13 参照）と比較して小さくなる。すなわち、フィーダー 31 が備える一対のローラーの回転中心軸を結ぶ直線 LC は、地面 G に対してより平行に近くなる。このようにすると、積込機械 30 の前方、すなわち進行方向側に配置されるフィーダー 31 の積込側 31 F が地面 G と離れるので、積込機械 30 の走行時にフィーダー 31 と地面 G とが干渉する可能性が低減される。本実施形態においては、貫入部材 35 も、フィーダー 31 に連動して移動する。すなわち、積込機械 30 が走行する場合、フィーダー 31 の積込側 31 F が地面 G から離れると、貫入部材 35 も地面から離れる。その結果、積込機械 30 の走行時に貫入部材 35 と地面 G とが干渉する可能性が低減される。

[0095] 図 19 に示すように、積込機械 30 が走行する場合、支持機構 32 は折り畳まれる。そして、回転ローラー 33 は、積込機械 30 が鉱石 MR を掘削及び搬送する場合（図 13 参照）と比較して、よりフィーダー 31 に近い位置に移動する。図 19 に示す例において、例えば、実線で示す回転ローラー 3

3の位置が走行時の位置であり、例えば、2点鎖線で示す回転ローラー33の位置が積込機械30の掘削時の位置である。このように、本実施形態においては、積込機械30の走行装置34がフィーダー31等を含む車体30Bを走行させる際には、鉱石MRの掘削時よりフィーダー31の排出側31Eに回転ローラー33が配置される。すなわち、回転ローラー33は、積込機械30の移動時において、より車体30B側に配置される。このため、積込機械30は、重心から車体30Bの前後方向に離れた位置に存在していた回転ローラー33が、より重心に近い位置に移動することになるので、前後の質量のバランスが向上する。その結果、積込機械30は、安定して走行することができる。回転ローラー33の走行時における位置及び掘削時における位置は、この例に限定されるものではない。

[0096] 図20は、本実施形態に係る積込機械30が備える制御装置75を示すブロック図の一例である。積込機械30が備える制御装置75は、フィーダー31、支持機構32、回転ローラー33、走行装置34、回転体36及び切替機構80を制御する。制御装置75は、処理装置76と記憶装置77とを備える。処理装置76には、情報収集装置40に対応する前方撮像装置40C、情報収集装置41に対応する後方撮像装置41C、非接触センサ42、読取装置43、測域センサ44、ジャイロセンサ45、速度センサ46、加速度センサ47、駆動制御装置48、通信装置52及び記憶装置77等が接続されている。非接触センサ42、読取装置43、測域センサ44は、積込機械30の車体30Bの外部に取り付けられる。

[0097] 前方撮像装置40C及び後方撮像装置41Cは、CCD又はCMOSのような撮像素子を含み、物体の光学像を取得して、その物体の外形を検出可能である。本実施形態において、前方撮像装置40C及び後方撮像装置41Cは、ステレオカメラを含み、物体の3次元の外形データを取得可能である。前方撮像装置40C及び後方撮像装置41Cは、撮像した結果を処理装置76に出力する。処理装置76は、前方撮像装置40Cの検出結果を取得し、これに基づいて前述した鉱石情報を得る。また、処理装置76は、後方撮像

装置 4 1 C の検出結果を取得し、これに基づいて前述した積荷情報を得る。
本実施形態において、地山 R M の鉱石 M R の外形及びベッセル 1 1 に積載された鉱石 M R の外形は、レーザスキャナー及び 3 次元距離センサの少なくとも 1 つを用いて検出されてもよい。

[0098] 非接触センサ 4 2 は、積込機械 3 0 の周囲に存在する物体を検出する。非接触センサ 4 2 は、処理装置 7 6 と接続され、検出結果を処理装置 7 6 に出力する。読取装置 4 3 は、ドリフト D R 又はクロスカット C R に設けられたマークの識別情報（固有情報）を検出する。マークは、ドリフト D R 又はクロスカット C R に沿って複数配置されている。読取装置 4 3 は、処理装置 7 6 と接続され、検出結果を処理装置 7 6 に出力する。マークは、バーコード及び 2 次元コードのような識別子（コード）でもよいし、I C タグ又は R F I D のような識別子（タグ）でもよい。

[0099] 本実施形態において、ドリフト D R 又はクロスカット C R においてマークが配置されている位置（絶対位置）に関する情報は、事前に測定された既知な情報である。マークの絶対位置に関する情報は、記憶装置 7 7 に記憶されている。処理装置 7 6 は、積込機械 3 0 に設けられている読取装置 4 3 で検出したマークの検出結果（マークの識別情報）と、記憶装置 7 7 の記憶情報とに基づいて、ドリフト D R 又はクロスカット C R における積込機械 3 0 の絶対位置を求めることができる。

[0100] 測域センサ 4 4 は、空間の物理的な形状データを取得して出力する。ジャイロセンサ 4 5 は、積込機械 3 0 の方位（方位変化量）を検出し、検出結果を処理装置 7 6 に出力する。速度センサ 4 6 は、積込機械 3 0 の走行速度を検出し、検出結果を処理装置 7 6 に出力する。加速度センサ 4 7 は、積込機械 3 0 の加速度を検出し、検出結果を処理装置 7 6 に出力する。駆動制御装置 4 8 は、例えば、マイクロコンピュータである。駆動制御装置 4 8 は、処理装置 7 6 からの指令に基づき、図 1 3 に示す回転ローラー 3 3 を駆動する電動機 3 3 M、走行装置 3 4 が備える電動機 4 8 L、4 8 R、支持機構 3 2 のブーム 3 2 a を揺動させる電動機 4 9、アーム 3 2 b を揺動させる電動機

５０、フィーダー３１を駆動する電動機５１Ｆ、回転体３６を回転させる電動機５１Ｒ、油圧ポンプ８５を駆動する電動機８６の動作を制御する。油圧ポンプ８５は、切替機構８０が備える油圧シリンダ８３、フィーダー３１の姿勢を変更するアクチュエータとしての油圧シリンダ８７及び固定装置３０Ｆの油圧シリンダ３０ＦＣに作動油を供給する装置である。ブーム３２ａ及びアーム３２ｂは、油圧シリンダによって揺動させられてもよい。この場合、ブーム３２ａを揺動させるブームシリンダ及びアーム３２ｂを揺動させるアームシリンダには、油圧ポンプ８５から作動油が供給される。電動機４８Ｌは、図１３に示す一方の履帯３４Ｃを駆動し、電動機４８Ｒは、他方の履帯３４Ｃを駆動する。

[0101] 本実施形態において、積込機械３０は、走行装置３４が備える電動機４８Ｌ、４８Ｒによって走行するが、これに限定されない。例えば、積込機械３０は、油圧ポンプ８５から吐出される作動油によって駆動する油圧モータによって走行してもよい。また、支持機構３２のブーム３２ａ及びアーム３２ｂ、回転ローラー３３及び回転体３６並びにフィーダー３１も、油圧ポンプ８５から吐出される作動油によって駆動する油圧シリンダ又は油圧モータによって駆動されてもよい。

[0102] 測域センサ４４は、空間の物理的な形状データを出力可能な走査型の光波距離計を含む。測域センサ４４は、例えば、レーザスキャナー及び３次元距離センサの少なくとも１つを含み、３次元の空間データを取得し、出力することができる。測域センサ４４は、運搬機械１０、ドリフトＤＲ及びクロスカットＣＲの壁面の少なくとも１つを検出する。本実施形態において、測域センサ４４は、運搬機械１０の形状データ、ドリフトＤＲ又はクロスカットＣＲの壁面の形状データ及び運搬機械１０が備えるベッセル１１の積荷の形状データの少なくとも１つを取得可能である。また、測域センサ４４は、運搬機械１０との相対位置（相対的な距離及び方位）及びドリフトＤＲ又はクロスカットＣＲの壁面との相対位置の少なくとも一方を検出可能である。測域センサ４４は、検出した情報を処理装置７６に出力する。

- [0103] 本実施形態において、ドリフトDR及びクロスカットCRの壁面に関する情報が予め求められており、記憶装置77に記憶されている。すなわち、ドリフトDRの壁面に関する情報は、事前に測定された既知の情報である。ドリフトDRの壁面に関する情報は、壁面の複数の部分におけるそれぞれの形状に関する情報及びそれら壁面の部分それぞれの絶対位置に関する情報を含む。記憶装置77には、壁面の複数の部分の形状と、その形状を有する壁面の部分におけるそれぞれの絶対位置との関係が記憶されている。処理装置76は、積込機械30に設けられている測域センサ44が検出したドリフトDRの壁面の検出結果（壁面の形状データ）と、記憶装置77の記憶情報とに基づいて、ドリフトDRにおける積込機械30の絶対位置及び方位を求めることができる。
- [0104] 処理装置76は、読取装置43及び測域センサ44の少なくとも一方を用いて導出された積込機械30の現在位置（絶対位置）に基づいて、坑内MIの決められた経路（目標経路）にしたがって積込機械30が走行するように、ドリフトDR又はクロスカットCRを走行する積込機械30を制御する。このとき、処理装置76は、積込機械30が指定されたドロップポイントDPに配置されるように、これを制御する。
- [0105] 処理装置76は、例えば、CPUを含むマイクロコンピュータである。処理装置76は、前方撮像装置40C、後方撮像装置41C、非接触センサ42、読取装置43等の検出結果に基づいて、駆動制御装置48を介して走行装置34が備える電動機48L、48Rを制御する。そして、処理装置76は、所定の走行速度及び加速度で、前述した目標経路にしたがって積込機械30を走行させる。
- [0106] 記憶装置77は、RAM、ROM、フラッシュメモリ及びハードディスクドライブの少なくとも1つを含み、処理装置76と接続される。記憶装置77は、処理装置76が積込機械30を自律走行させるために必要なコンピュータプログラム及び各種の情報を記憶している。通信装置52は、処理装置76と接続され、運搬機械10に搭載された通信装置及び管理装置3の少な

くとも一方との間でデータ通信する。

[0107] 本実施形態において、積込機械30は、無人車両であり、自律走行が可能である。通信装置52は、管理装置3及び運搬機械10の少なくとも一方から送信された情報（指令信号を含む）を、アンテナ53を介して受信可能である。また、通信装置52は、前方撮像装置40C、後方撮像装置41C、非接触センサ42、読取装置43、測域センサ44、ジャイロセンサ45、速度センサ46及び加速度センサ47等が検出した情報を管理装置3及び運搬機械10の少なくとも一方に、アンテナ53を介して送信可能である。積込機械30は、自律走行が可能な無人車両に限定されない。例えば、管理装置3が、前方撮像装置40Cが撮像した画像を取得して図6に示す表示装置8に表示し、オペレーターは、表示された画像を視認しながら積込機械30の掘削、積込及び走行を遠隔操作により制御してもよい。また、管理装置3が、後方撮像装置41Cが撮像した画像を取得して図6に示す表示装置8に表示し、オペレーターは、表示された画像を視認しながら積込機械30の掘削及び積込並びに運搬機械10のベッセル11の動作を遠隔操作により制御してもよい。

[0108] 例えば、速度センサ46及び加速度センサ47等が検出した情報を取得した管理装置3は、この情報を積込機械30の稼働情報として、例えば、記憶装置3Mに蓄積する。また、前方撮像装置40C又は後方撮像装置41Cが撮像した情報を管理装置3が取得した場合、オペレーターは、前方撮像装置40C又は後方撮像装置41Cが撮像した積込機械30の周辺の画像を視認しながら、積込機械30を操作することもできる。さらに、後方撮像装置41Cが検出したベッセル11の鉱石MRの質量に関する情報を取得した運搬機械10は、この情報に基づいて、ベッセル11への鉱石MRの積載量又はベッセル11の位置を制御することもできる。本実施形態において、積込機械30は、電動であるが、内燃機関が動力源であってもよい。次に、積込機械30の制御例を説明する。

[0109] <積込機械30の制御例>

本実施形態において、図6に示す管理装置3が、積込機械30が配置されるドロポイントDPを決定し、積込機械30は、管理装置3の決定したドロポイントDPに移動して、鉱石MRを掘削する。図20に示す制御装置75は、アンテナ53及び通信装置52を介して管理装置3からの指令を受信し、指定されたドロポイントDPに移動する。また、制御装置75は、ドロポイントDPにおける生産量（採掘量）、現在位置及び積込機械30の状態に関する情報等を、積込機械30の稼働情報として、管理装置3に送信する。まず、積込機械30が、管理装置3によって決定されたドロポイントDPに進入し、鉱石MRを掘削して運搬機械10に鉱石MRを積み込み、その後、他のドロポイントDPに向かう一連の動作に関する制御を説明する。

[0110] （ドロポイントDPへの進入及び他のドロポイントDPへの移動）

図21から図28は、積込機械30がドロポイントDPに進入し、鉱石を掘削した後、他のドロポイントDPに向かう一連の動作を説明するための図である。積込機械30が備える制御装置75は、図6に示す管理装置3から、鉱石MRの掘削及び積み込みを実行するドロポイントDPの情報を取得する。積込機械30は、図21に示すように、ドリフトDRを矢印FCで示す方向に走行し、目的のドロポイントDPまで移動する。このとき、制御装置75は、積込機械30の姿勢を図19に示す走行時の姿勢とする。積込機械30の走行時において、制御装置75は、フィーダー31、回転ローラー33及び回転体36を停止させている。

[0111] 積込機械30は、目的のドロポイントDPの位置に到着したら、図22に示すように、目的のドロポイントDPが存在するクロスカットCRと現在走行中のドリフトDRとの交差点で方向転換する。このとき、制御装置75は、走行装置34、より具体的には、図20に示す電動機48L、48Rの回転速度を制御して、積込機械30を方向転換させる。このときも、フィーダー31、回転ローラー33及び回転体36は停止している。

[0112] 次に、積込機械30は、交差点でドロポイントDPの地山RMに貫入す

る準備をする。制御装置 75 は、積込機械 30 の姿勢を走行時の姿勢から貫入時及び掘削時の姿勢に変更する。貫入時及び掘削時の姿勢は、フィーダー 31 の積込側 31 F 及び貫入部材 35 を地面 G に近づけた姿勢である。また、制御装置 75 は、図 23 に示すように、電力ケーブル 7 の接続装置を起動させて、ドロップポイント DP に設けられている給電用のコネクタ 6 に電力ケーブル 7 を接続させる。積込機械 30 は、走行時には自身に搭載されている蓄電器から供給される電力によって走行するが、貫入時及び掘削時には、外部から供給される電力によって駆動されるからである。

[0113] 貫入の準備が完了したら、積込機械 30 は、図 24 に示すように、クロスカット CR に進入して、クロスカット CR の奥に存在する鉱石 MR の地山 RM に向かって走行し、貫入部材 35 及びフィーダー 31 の積込側 31 F を貫入させる。このとき、制御装置 75 は、回転ローラー 33 は停止させ、フィーダー 31 及び回転体 36 を駆動しながら積込機械 30 を地山 RM に向かって走行させる。フィーダー 31 は、上部の搬送ベルトが鉱石 MR の搬送方向と同一の方向に駆動され、回転体 36 は、羽根 36 B の地山 RM と対向する側が上向きになるように回転する。フィーダー 31 の貫入時における搬送速度は、掘削時よりも低い。

[0114] フィーダー 31 が搬送方向に駆動することにより、貫入時にフィーダー 31 に鉱石 MR が載った場合、この鉱石 MR は排出側 31 F に搬送されるので、フィーダー 31 の詰まりが抑制される。また、回転体 36 が前述した方向に回転することにより、走行装置 34 の履帯 34 C と地面 G との摩擦力が増加する。その結果、積込機械 30 は、貫入部材 35 及びフィーダー 31 の積込側 31 F を、地山 RM へ確実に貫入させることができる。また、回転体 36 は、地山 RM の鉱石 MR を掻き乱すことで、鉱石 MR の崩れを助長して、貫入部材 35 及びフィーダー 31 の積込側 31 F を地山 RM に貫入させやすくすることもできる。

[0115] 貫入部材 35 及びフィーダー 31 の積込側 31 F が地山 RM に貫入したら、制御装置 75 は、固定装置 30 F をクロスカット CR の壁面 CRW に向か

って伸ばして、積込機械 30 をクロスカット CR 内に固定する。そして、図 25 に示すように、運搬機械 10 がドロップポイント DP に到着したら、積込機械 30 は、回転ローラー 33 を回転させて地山 RM から鉱石 MR を掘削してフィーダー 31 に送り込む。フィーダー 31 は、送り込まれた鉱石 MR を排出側 31E に搬送し、排出側 31E で待機している運搬機械 10 のベッセル 11 に鉱石 MR を積載する。掘削時における回転ローラー 33 の回転方向は、接触部材 33S の地山 RM と対向する側が下向きになるように回転する。制御装置 75 は、支持機構 32 を動作させて、回転ローラー 33 が地山 RM を掘削する位置を変更しながら掘削を続ける。このとき、制御装置 75 は、鉱石 MR の流れ方及び鉱石の寸法等といった鉱石 MR の状態に応じて、積込機械 30 を地山 RM 側に向かって進行させたり、地山 RM から離れる方向に移動させたりしてもよい。固定装置 30F と車体 30B の間に油圧シリンダを設け、固定装置 30F をクロスカット CR の壁面 CRW に固定した後に、油圧シリンダの駆動力を利用して車体 30B を地山 RM に貫入させてもよい。

[0116] 積込機械 30 は、現在のドロップポイント DP での掘削が終了し、他のドロップポイント DP に移動する場合、図 26 に示すように、クロスカット CR とドリフト DR との交差点に向かって矢印 FB で示す方向に後退する。この場合、制御装置 75 は、回転ローラー 33 を停止させ、フィーダー 31 を搬送方向とは逆方向に駆動する。このようにすることで、フィーダー 31 が地山 RM から抜けやすくなる。回転体 36 は停止していてもよいが、回転体 36 は、貫入時とは反対方向に回転してもよい。このようにすれば、フィーダー 31 及び貫入部材 35 がより地山 RM から抜けやすくなる。

[0117] 図 27 に示すように、積込機械 30 がクロスカット CR とドリフト DR との交差点に到着したら、制御装置 75 は、電力ケーブル 7 の接続装置を起動させて、ドロップポイント DP に設けられている給電用のコネクタ 6 から電力ケーブル 7 を取り外す。次に、制御装置 75 は、積込機械 30 の姿勢を貫入時及び掘削行時の姿勢から走行時の姿勢に変更する。走行時の姿勢は、フィ

ーダー３１の積込側３１Ｆ及び貫入部材３５が、貫入時及び掘削時よりも地面Ｇから遠ざかった姿勢である。

[0118] その後、制御装置７５は、図２８に示すように、走行装置３４を制御することにより積込機械３０を矢印ＦＴで示す方向に旋回させて、積込機械３０の前後軸をドリフトＤＲが延びる方向と平行にする。この状態になったら、制御装置７５は、走行装置３４を制御して、ドリフトＤＲ内において積込機械３０を矢印ＦＣで示す方向に走行させ、次のドロップポイントＤＰに移動させる。制御装置７５は、管理装置３から取得した次のドロップポイントＤＰの位置に関する情報に基づき、積込機械３０を走行させる。このような一連の動作により、積込機械３０は、ドロップポイントＤＰ間を移動して、鉱石ＭＲを掘削することができる。次に、積込機械３０の掘削時における制御について説明する。

[0119] （掘削時の制御）

図２９は、積込機械３０の掘削時の制御を説明するための図である。積込機械３０の掘削時において、制御装置７５は、情報収集装置４０、本実施形態では前方撮像装置４０Ｃが取得した鉱石情報に基づいて、フィーダー３１、回転ローラー３３、支持機構３２及び走行装置３４の少なくとも１つを制御する。積込機械３０が掘削する場合、前方撮像装置４０Ｃは、回転ローラー３３が地山ＲＭの鉱石ＭＲを掘削している状況を撮像する。前方撮像装置４０Ｃによって撮像された画像は、鉱石情報である。

[0120] 積込機械３０の掘削時において、制御装置７５は、例えば、前方撮像装置４０Ｃによって撮像された画像を画像処理し、鉱石ＭＲを抽出する。そして、制御装置７５は、抽出した鉱石ＭＲから、地山ＲＭの形状、鉱石ＭＲの寸法、鉱石ＭＲの移動速度及び鉱石ＭＲの移動方向等を求める。そして、制御装置７５は、例えば、地山ＲＭの形状又は形状の変化から、鉱石ＭＲが掘削されていない部分を抽出し、支持機構３２を駆動してその部分に回転ローラー３３を押し当てて掘削する。また、制御装置７５は、抽出した鉱石ＭＲの動きの変化から、ドロップポイントＤＰの上方Ｕにアーチングと呼ばれる鉱石

MRの詰まり（鉱石詰まり）が発生していると判断した場合、支持機構32を駆動してその部分に回転ローラー33を押し当てて鉱石詰まりを解消する。

[0121] （制御例1）

鉱石情報が、地山RMからフィーダー31の積込側31Fに向かって移動する鉱石MRの流れ（以下、適宜鉱石流れという）が相対的に少ないという情報である場合、フィーダー31に送り込まれる鉱石MRが少ないことを意味する。したがって、このような場合、制御装置75は、地山RMからより多くの鉱石MRを掘削するように制御する。このため、制御装置75は、回転ローラー33を地山RMに押し付けるように支持機構32を動作させること及び回転ローラー33の回転速度を増加させることの少なくとも一方を実行する。

[0122] この場合、制御装置75は、前方撮像装置40Cに、時間を異ならせて複数のタイミングで地山RMを撮像させることによって複数の画像を取得する。そして、制御装置75は、取得した複数の画像から、地山RMから積込側31Fに向かう鉱石MRの動きを求めることにより、鉱石流れを求める。制御装置75は、得られた鉱石流れに関する情報を鉱石情報として管理装置3に送信する。管理装置3は、取得した鉱石情報を記憶装置3Mに記憶し、この鉱石情報を鉱山の管理に用いる。

[0123] （制御例2）

鉱石情報が、地山RMからフィーダー31に向かう鉱石流れが相対的に多いという情報である場合、フィーダー31に送り込まれる鉱石MRが多いことを意味する。この場合、フィーダー31の搬送能力を超えた鉱石MRがフィーダー31に送り込まれると、フィーダー31にはオーバーフローが発生する可能性がある。このため、制御装置75は、回転ローラー33を地山RMから遠ざけるように支持機構32を動作させること及び回転ローラー33の回転速度を低下させることの少なくとも一方を実行する。このようにすることで、フィーダー31に送り込まれる鉱石MRの量が少なくなるので、フ

ィーダー３１にオーバーフローが発生する可能性を低減できる。

[0124] 制御装置７５は、鉱石流れの大小で回転ローラー３３を地山ＲＭに押し付けたり離したりする他に、回転ローラー３３の負荷に応じて地山ＲＭに近づけたり離したりしてもよい。制御装置７５は、回転ローラー３３の負荷が高まり回転速度が低下したりトルクが過大になったりした場合は、回転ローラーを保護するために地山ＲＭから遠ざけてもよい。

[0125] (制御例３)

鉱石情報が、ドロポイントＤＰに、鉱石詰まりが発生しているという情報である場合、そのドロポイントＤＰからは鉱石ＭＲを採掘することができない。この場合、制御装置７５は、鉱石詰まりが発生している箇所に回転ローラー３３を押し付けるように支持機構３２を動作させる。このようにすることで、積込機械３０は、鉱石詰まりを解消して、鉱石の採掘を継続することができる。積込機械３０が、鉱石詰まりの発生している箇所に回転ローラー３３を押し付けてその部分を掘削しても鉱石詰まりが解消できなかった場合、制御装置７５はその旨の情報を管理装置３に送信する。この情報を取得した管理装置３は、この情報を送信した積込機械３０を、鉱石詰まりが解消できなかったドロポイントＤＰとは異なるドロポイントＤＰに移動させる。

[0126] (制御例４)

鉱石情報が、地山ＲＭからフィーダー３１に向かう鉱石流れが相対的に少ないという情報である場合、鉱石流れが相対的に多い場合と同様にフィーダー３１が駆動されていると、無駄に電力を消費することになる。このため、制御装置７５は、フィーダー３１の搬送速度を低下させる。このようにすることで、電力消費を抑制することができる。鉱石情報が、地山ＲＭからフィーダー３１に向かう鉱石流れが相対的に多いという情報である場合、鉱石流れが相対的に少ない場合と同様にフィーダー３１が駆動されていると、フィーダー３１にはオーバーフローが発生する可能性がある。このため、制御装置７５は、フィーダー３１の搬送速度を増加させる。このようにすることで

、フィーダー３１にオーバーフローが発生する可能性を低減することができる。

[0127] (制御例５)

鉱石情報が、地山ＲＭにフィーダー３１が搬送可能な寸法を超える鉱石ＭＲがあるという情報である場合、フィーダー３１に鉱石ＭＲの詰まりが発生する可能性がある。このようなドロップポイントＤＰでは、積込機械３０はこれ以上鉱石ＭＲを掘削できない。このため、制御装置７５は、積込機械３０が地山ＲＭから離れる方向に移動するように、走行装置３４を制御する。このようにすることで、管理装置３は、積込機械３０が移動することで空いたクロスカットＣＲに、例えば、鉱石ＭＲを破砕する機械を向かわせて鉱石ＭＲを破砕させたり、積込機械３０を他のドロップポイントＤＰに移動させたりすることができる。制御装置７５は、地山ＲＭにフィーダー３１が搬送可能な寸法を超える鉱石ＭＲがあるという情報を、管理装置３に送信する。

[0128] (制御例６)

鉱石情報が、地山ＲＭの鉱石ＭＲはフィーダー３１が搬送可能な寸法であるという情報である場合、制御装置７５は、搬送可能な鉱石ＭＲに回転ローラー３３を押し付けるように、支持機構３２を制御する。このようにすることで、積込機械３０は、回転ローラー３３によって地山ＲＭを掘削し、掘削された鉱石ＭＲをフィーダー３１に送り込んで、ドロップポイントＤＰでの鉱石ＭＲの採掘を継続する。制御装置７５は、得られた鉱石ＭＲの寸法に関する情報を鉱石情報として管理装置３に送信する。管理装置３は、取得した鉱石情報を記憶装置３Ｍに記憶し、この鉱石情報を鉱山Ｍの管理に用いる。

[0129] また、鉱石情報が、地山ＲＭの鉱石ＭＲはフィーダー３１が搬送可能な寸法であるという情報である場合、制御装置７５は回転ローラー３３を停止させ、搬送可能な鉱石ＭＲを回転ローラー３３でフィーダー３１に移動させるように、支持機構３２を制御してもよい。具体的には、制御装置７５は、図２９に示す支持機構３２のブーム３２ａ及びアーム３２ｂの少なくとも一方を揺動させ、回転ローラー３３で鉱石ＭＲをフィーダー３１側に掻き込んで

フィーダー３１に送り込む。制御装置７５は、地山ＲＭの状態に応じて、回転ローラー３３の回転又は支持機構３２の動作のいずれか一方を選択し、鉱石ＭＲをフィーダー３１に送り込んでよい。次に、積込機械３０が坑道Ｒ、特にドリフトＤＲを走行するときの制御例を説明する。

[0130] （ドリフトＤＲを走行する際の制御）

積込機械３０がドリフトＤＲを走行しているときにおいて、前方撮像装置４０Ｃが、積込機械３０の進行方向側に岩石等の障害物が存在するという情報を取得した場合、制御装置７５は、回転ローラー３３を障害物に接触させてこれを移動させるように支持機構３２を制御する。制御装置７５は、障害物に関する情報を管理装置３に送信する。管理装置３は、取得した情報を記憶装置３Ｍに記憶し、この鉱石情報を鉱山の管理に用いる。障害物に接触させるにあたって、制御装置７５は、図２９に示す支持機構３２のブーム３２ａ及びアーム３２ｂの少なくとも一方を揺動させ、回転ローラー３３で障害物を積込機械３０の進路から排除する。この場合、制御装置７５は、回転ローラー３３を回転させてもよいし、回転させなくてもよい。

[0131] また、制御装置７５は、障害物をフィーダー３１側に掻き込んでフィーダー３１に積載して搬送してもよい。障害物をフィーダー３１に積載する場合、制御装置７５は、フィーダー３１の姿勢を掘削時の姿勢にする。フィーダー３１に積載された障害物は、例えば、積込機械３０が次に鉱石ＭＲを掘削する際に、運搬機械１０に積載される。このように、積込機械３０は、支持機構３２及び回転ローラー３３を有する掻き込み装置３０ＤＭを用いて進路に存在する障害物を排除して、ドリフトＤＲ内を通過するスペースを作ることができる。

[0132] 制御装置７５は、例えば、図１３から図１５に示す切替機構８０の動作を制御してもよい。例えば、制御装置７５は、地山ＲＭの鉱石ＭＲの寸法がフィーダー３１によって搬送可能であるという鉱石情報を得た場合、切替機構８０の蓋８２を開いて支持体８１の間から鉱石ＭＲを通過させる。また、制御装置７５は、地山ＲＭの鉱石ＭＲの寸法がフィーダー３１によって搬送不

可能であるという鉱石情報を得た場合、切替機構 80 の蓋 82 を閉じる。このようにすることで、積込機械 30 は、フィーダー 31 が鉱石 MR を搬送できない場合には、鉱石 MR がフィーダー 31 から排出されることを回避することができる。また、制御装置 75 は、フィーダー 31 の動作に連動させて切替機構 80 を制御してもよい。例えば、制御装置 75 は、フィーダー 31 が鉱石 MR を搬送する方向に向かって動作している場合に切替機構 80 の蓋 82 を開き、フィーダー 31 が鉱石 MR を搬送する方向とは反対方向に向かって動作している場合又は停止している場合に切替機構 80 の蓋 82 を閉じる。このようにすることで、積込機械 30 は、フィーダー 31 から鉱石 MR を確実に排出でき、また、フィーダー 31 から鉱石 MR を排出しない場合には、確実に鉱石 MR が排出されないようにすることができる。また、切替機構 80 は、フィーダー 31 が鉱石 MR を搬送するとき以外は、蓋 82 が閉じられていてもよい。

[0133] 本実施形態においては、積込機械 30 の制御装置 75 が前方撮像装置 40 C によって撮像された画像に基づいて、前述した制御を実行する。この場合、地山 RM 等の 3 次元の空間データが必要になるので、前方撮像装置 40 C としては、ステレオカメラ又は 3 次元スキャナのような 3 次元の空間データを取得できる装置が用いられる。本実施形態においては、前方撮像装置 40 C によって撮像された画像を鉱石情報として管理装置 3 が取得し、オペレーターが表示装置 8 に表示された前述の画像を視認しながら、遠隔操作によって前述した制御を実行してもよい。この場合、地山 RM 等の 3 次元の空間データは不要なので、前方撮像装置 40 C は、通常のカメラのような、3 次元の空間データを取得できない装置であってもよい。次に、鉱石 MR が運搬機械 10 に積載されときの制御について説明する。

[0134] <鉱石 MR の積載時における制御>

図 30 から図 32 は、鉱石 MR が運搬機械 10 に積載されときの制御を説明するための図である。本実施形態においては、積込機械 30 が運搬機械 10 のベッセル 11 に積荷としての鉱石 MR を積載する場合、積込機械 30

又は運搬機械１０は、積荷情報に基づいて、運搬機械１０の車体１０Ｂの幅方向Ｗに対するベッセル１１の位置を変更する。本実施形態において、運搬機械１０に鉱石ＭＲが積載される場合、図３から図５に示すように、積込機械３０の後方、すなわちフィーダー３１が鉱石ＭＲを排出する側に運搬機械１０が移動する。そして、運搬機械１０は、図３０に示すように、フィーダー３１から鉱石ＭＲが排出される位置の下方Ｄまでベッセル１１を移動させて、鉱石ＭＲの積載を受ける。このようにすることで、フィーダー３１の排出位置とベッセル１１との距離が近くなるので、ベッセル１１は、フィーダー３１から排出される鉱石ＭＲをより確実に受け取ることができる。このため、ベッセル１１からこぼれ落ちる鉱石ＭＲの量も低減できるので、フィーダー３１から排出された鉱石ＭＲがドリフトＤＲに散乱する可能性を低減できる。その結果、ドリフトＤＲに存在する鉱石ＭＲを除去する作業の頻度が低減されるので、生産に寄与しない時間が低減されて、鉱山Ｍの生産性の低下が抑制される。特に、積込機械３０及び運搬機械１０を自動運転する際には、鉱石ＭＲの積載毎に両者の位置関係を同様に保つことが困難な場合があるが、両者の位置関係が異なっても、ベッセル１１の位置を変更することで確実に鉱石ＭＲをベッセル１１に積載することができる。

- [0135] この状態で鉱石ＭＲの積載を受けると、図３０に示すように、ベッセル１１の幅方向Ｗの一方に鉱石ＭＲが偏ることがある。このような積荷情報が得られたら、積込機械３０又は運搬機械１０は、図３１に示すように、ベッセル１１を、運搬機械１０の幅方向Ｗの外側、かつ積込機械３０側に、さらに移動させる（図３１の矢印Ｙ１で示す方向）。すると、フィーダー３１からの鉱石ＭＲは、ベッセル１１の幅方向Ｗの中心側に積載される。このため、ベッセル１１に積載された鉱石ＭＲは、その偏りが抑制されるので、ベッセル１１にバランスよく鉱石ＭＲが積載される。また、ベッセル１１に積載された鉱石ＭＲの量を積荷情報とすれば、運搬機械１０が搬送可能な量を超えて積荷が積載されそうになったときに積込機械３０が鉱石ＭＲの積載を停止するようにすることもできる。このようにすることで、運搬機械１０の過積

載が抑制される。

[0136] また、ベッセル 11 を移動させても鉱石 MR の偏りが解消されない場合又はベッセル 11 をこれ以上積込機械 30 に向かって移動させることができない場合等には、積込機械 30、運搬機械 10 又は管理装置 3 は、図 32 に示すように、ベッセル 11 を運搬機械 10 の幅方向 W に向かって往復運動させる（図 32 の矢印 Y1 及び矢印 Y2 で示す方向）。このようにすると、ベッセル 11 に積載された鉱石 MR の山が崩れて、ベッセル 11 内における鉱石 MR の偏りが抑制される。その結果、ベッセル 11 の幅方向 W における積荷のバランスの崩れが抑制されるので、運搬機械 10 は、安定して走行することができる。次に、運搬機械 10 が自身のベッセル 11 の位置を制御する例を説明する。

[0137] （運搬機械 10 による制御例）

運搬機械 10 は、図 7 及び図 12 に示すように、積荷情報を取得する情報収集装置として、撮像装置 16A、16B を備えている。撮像装置 16A、16B は、物体の 3 次元の外形データを取得可能であり、撮像装置 16A、16C によって取得された物体の 3 次元の外形データが、積荷情報となる。撮像装置 16A、16B は、図 7 に示すように、ベッセル 11 の開口部よりも高い位置に設けられる。このようにすれば、撮像装置 16A、16B は、ベッセル 11 を上方から撮像することができるので、ベッセル 11 に積載された鉱石 MR の状態の画像を容易に得ることができる。後方撮像装置 41C が撮像した画像は、ベッセル 11 に積載された鉱石 MR の 3 次元の外形データを含んでいる。運搬機械 10 の制御装置 70 は、この画像から、ベッセル 11 に積載された鉱石 MR の形状、寸法及び荷姿を得ることができる。

[0138] 図 12 に示す制御装置 70 は、撮像装置 16A、16B によって撮像された画像を画像処理し、ベッセル 11 及びここに積載されている鉱石 MR を抽出する。そして、制御装置 70 は、撮像装置 16A、16B によって撮像された画像から抽出した鉱石 MR から、鉱石 MR の寸法及び荷姿等を積荷情報として求める。そして、制御装置 70 は、例えば、鉱石 MR の荷姿から、ベ

ッセル 11 の一方向に鉱石 MR が偏って積載されていることを判定したり、鉱石 MR の形状及び個数から積荷の量を求めたりする。積荷の量を求める方法は、前述した通りである。制御装置 70 は、求めた積荷情報に基づいて、前述したように、運搬機械 10 の幅方向 W におけるベッセル 11 の位置を変更する。

[0139] 制御装置 70 は、撮像装置 16 A、16 B によって撮像された画像から得られた積荷の荷姿及び積荷の量の少なくとも一方を積荷情報として用い、ベッセル 11 の位置を変更することができる。制御装置 70 は、例えば、前述したように、積荷の荷姿からベッセル 11 における積荷の偏りを判定したり、ベッセル 11 上における積荷の量の偏りから積荷の偏りを判定したり、積荷の量から鉱石 MR の積載終了を判定し、その結果に基づいてベッセル 11 を運搬機械 10 の中心に移動させて走行姿勢としたりすることができる。運搬機械 10 が図 12 に示す質量センサ 18 を自身の幅方向 W に向かって複数備えることにより、ベッセル 11 に積載された積荷の量の分布を得ることができる。このようにして得られた積荷の分布から、ベッセル 11 上における積荷の偏りを得ることができるので、質量センサ 18 の検出値から得られた積荷の量の分布を積荷情報としてもよい。

[0140] 制御装置 70 は、積荷情報に基づいて、積込機械 30 のフィーダー 31、回転ローラー 33 及び切替装置 80 の少なくとも 1 つを制御してもよい。この場合、制御装置 70 は、図 12 に示す通信装置 25 及びアンテナ 15 を介して、積込機械 30 の動作を制御するための指令を送信する。図 17 に示す積込機械 30 の制御装置 75 は、アンテナ 53 及び通信装置 52 を介して運搬機械 10 の制御装置 70 からの指令を受信し、フィーダー 31、回転ローラー 33 及び切替装置 80 の少なくとも 1 つを制御する。

[0141] 例えば、運搬機械 10 の制御装置 70 は、ベッセル 11 に積載された鉱石 MR の量が規定の積載量に達したという積荷情報を得た場合、積込機械 30 のフィーダー 31 を停止させる指令又はフィーダー 31 を動作させた状態若しくは停止させた状態で図 13 から図 15 に示す切替装置 80 の蓋 82 を閉

じる指令を積込機械 30 の制御装置 75 に送信する。この指令を受けた積込機械 30 の制御装置 75 は、この指令にしたがってフィーダー 31 及び切替装置 80 の少なくとも一方を制御する。このようにすることで、運搬機械 10 の制御装置 70 は、鉱石 MR が過積載される可能性を低減できる。この場合、運搬機械 10 の制御装置 70 は、積込機械 30 のフィーダー 31 を停止させるとともに回転ローラー 33 を停止させる指令又はフィーダー 31 を動作させたまま回転ローラー 33 のみを停止させる指令を積込機械 30 の制御装置 75 に送信してもよい。このように、運搬機械 10 の制御装置 70 は、ベッセル 11 に積載された鉱石 MR の量が運搬機械 10 の規定の積載量に達した場合に、積込機械 30 からベッセルに鉱石 MR が積載されないようにすることで、運搬機械 10 の過積載を抑制できる。

[0142] 図 6 に示す管理装置 3 は、積込機械 30 の後方撮像装置 41C が撮像したベッセル 11 の画像又は運搬機械 10 の撮像装置 16A、16B が撮像したベッセル 11 の画像を表示装置 8 に表示する。そして、オペレーターは、表示装置 8 に表示されたベッセル 11 の画像を視認しながら、運搬機械 10 のベッセル 11 の位置を変更したり、積込機械 30 による鉱石 MR の積込状態を制御したりしてもよい。このように、鉱山の管理システム 1 は、オペレーターの遠隔操作によっても、運搬機械 10 及び積込機械 30 を制御することができる。

[0143] 以上、本実施形態及びその変形例において、鉱山の管理システム 1 は、積込機械 30 と運搬機械 10 との機能を分離している。このため、積込機械 30 は、掘削及び搬送に特化でき、運搬機械 10 は鉱石 MR の運搬に特化できるので、それぞれの能力を最大限発揮させることができる。結果として、鉱山の管理システム 1 は、鉱山 M の生産性を向上させることができる。

[0144] 鉱山の管理システム 1 は、積込機械 30 及び運搬機械 10 を移動可能としているので、掘削現場の状況変化に容易に対応することができる。例えば、ドロップポイント ST に鉱石詰まりが発生したり、積込機械 30 のフィーダー 31 が搬送できない大塊の鉱石 MR がドロップポイント ST に現れたりした場

合、積込機械 30 は別のドロポイント ST に移動して、鉱石 MR の採掘を継続することができる。このため、鉱山の管理システム 1 は、鉱石 MR が採掘できない時間を最小限に抑えることができるので、鉱山 M の生産性を向上させることができる。

[0145] 本実施形態では、積込機械 30 から運搬機械 10 に鉱石 MR を積載する際に、運搬機械 10 のベッセル 11 の位置が変更されるので、ベッセル 11 は、鉱石 MR をより確実に受け取ることができる。このため、積込機械 30 から運搬機械 10 が鉱石 MR の積載を受ける際に、ベッセル 11 からこぼれ落ちる鉱石 MR の量を低減できる。また、ベッセル 11 に積載された鉱石 MR の偏りが抑制されるので、運搬機械 10 の走行中においても、鉱石 MR がベッセルからドリフト DR にこぼれ落ちる可能性を低減できる。このため、本実施形態においては、鉱石 MR がドリフト DR に散乱する可能性を低減して、ドリフト DR に存在する鉱石 MR を除去する作業の頻度を低減できる。その結果、本実施形態は、生産に寄与しない時間を低減できるので、鉱山 M の生産性の低下が抑制される。

[0146] 本実施形態では、運搬機械 10 が自身のベッセル 11 の位置を変更することにより、積込機械 30 が備える制御装置 75 の負荷を低減することができる。また、運搬機械 10 が自身のベッセル 11 の位置を変更することにより、管理システム 3 及び通信システムの負荷を減らすことが可能になり、さらに制御装置 75 は、高応答の制御が可能となる。

[0147] 前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さらに、本実施形態の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換又は変更を行うことができる。

符号の説明

[0148] 1 鉱山の管理システム
3 管理装置
10 運搬機械

1 1 ベッセル

3 0、3 0 A、3 0 B、3 0 D 積込機械

3 0 B D 車体

3 0 D M、3 2 D M A、3 2 D M B、3 2 D M D かき寄せ装置

3 1 フィーダー

3 2 b、3 2 b A、3 2 b B、3 2 b D アーム

3 2 d 第1アーム

3 2 e 第2アーム

3 2 S C スイングサークル

3 2 a、3 2 a A、3 2 a B、3 2 a D ブーム

3 2、3 2 A、3 2 B、3 2 D 支持機構

3 2 J、3 2 J A、3 2、J B、3 2 J D 梁

3 2 c 連結部材

3 3、3 3 A、3 3 B、3 3 B s 回転ローラー

3 3 D 回転部材

3 4 走行装置

3 5、3 5 a、3 5 b 貫入部材

3 6 回転体

4 0、4 1 情報収集装置

4 0 C 前方撮像装置

4 1 C 後方撮像装置

5 2 通信装置

5 3 アンテナ

7 0、7 5 制御装置

7 1、7 6 処理装置

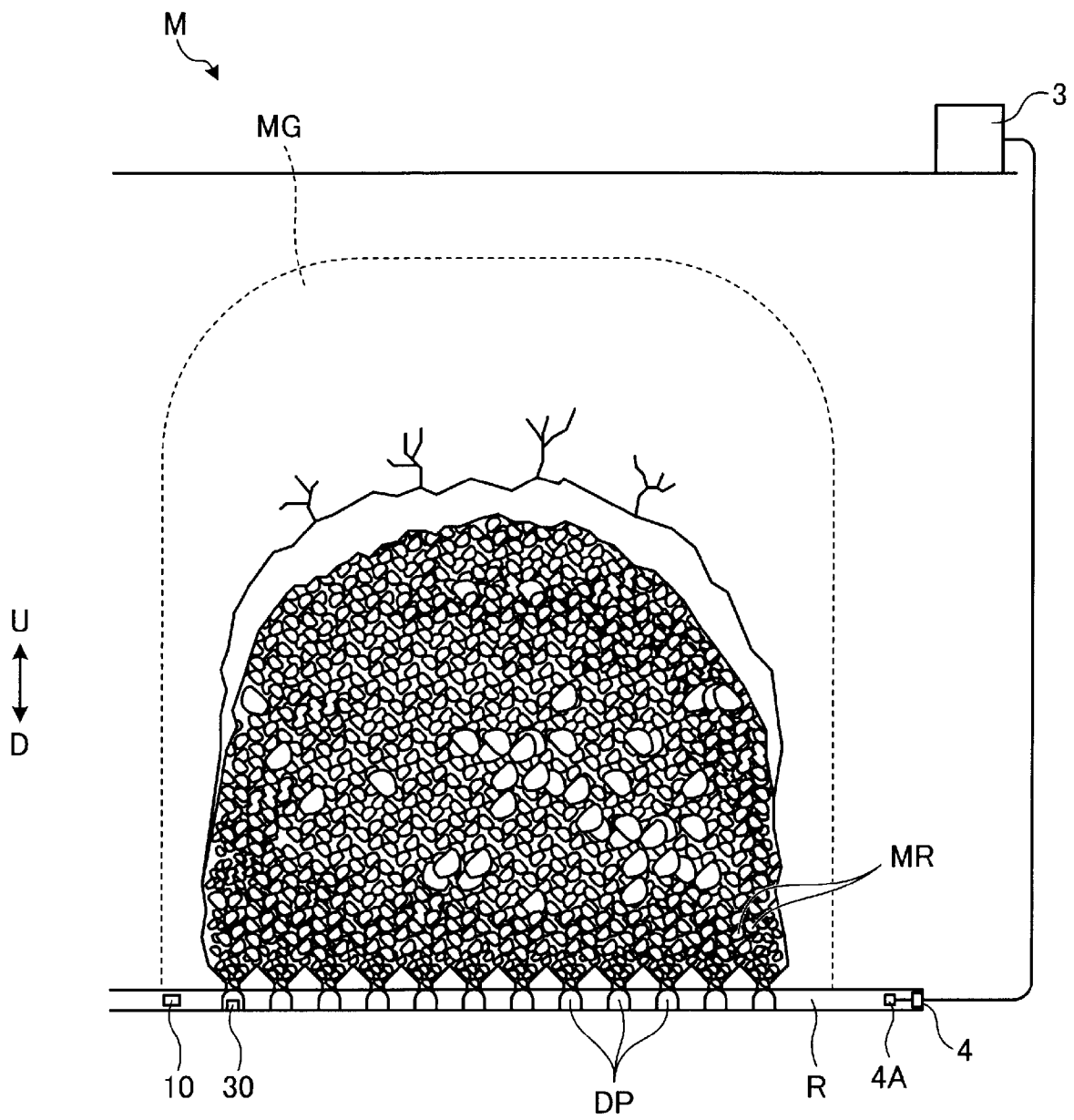
7 2、7 7 記憶装置

8 0 切替機構

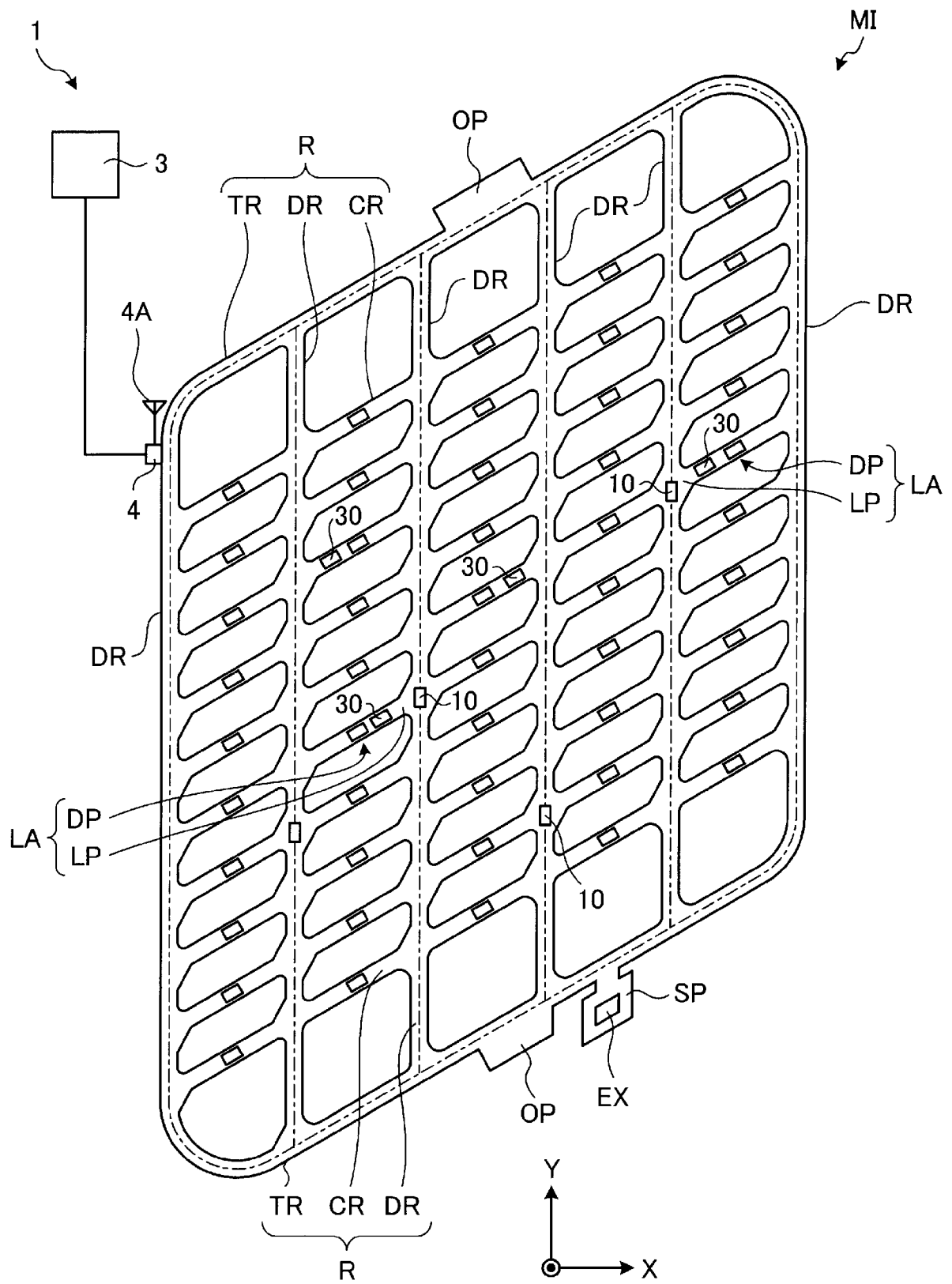
請求の範囲

- [請求項1] 鉱体の内部に設置された採掘場所に形成された鉱石の地山から採掘された前記鉱石を積み込む荷台と、
前記荷台を搭載して走行する車体と、
前記車体に対する前記荷台の位置を変更する位置変更機構と、
前記車体に設けられて、前記荷台に積載された前記鉱石の状態に関する積荷情報を取得する情報収集装置と、
前記情報収集装置が取得した前記積荷情報に基づいて、前記荷台の位置を変更する制御装置と、
を含む、運搬機械。
- [請求項2] 前記情報収集装置は、前記荷台を撮像する撮像装置である、請求項1に記載の運搬機械。
- [請求項3] 前記積荷情報は、前記撮像装置によって撮像された画像から得られた前記鉱石の荷姿及び前記鉱石の量の少なくとも一方である、請求項2に記載の運搬機械。
- [請求項4] 鉱体の内部に設置された採掘場所に形成された鉱石の地山から採掘された前記鉱石を積み込む荷台と、
前記荷台を搭載して走行する車体と、
前記車体に対する前記荷台の位置を変更する位置変更機構と、
前記荷台を撮像する撮像装置と、
前記撮像装置によって撮像された画像から得られた前記鉱石の荷姿及び前記画像から得られた前記鉱石の量の少なくとも一方に基づいて、前記荷台の位置を変更する制御装置と、
を含む、運搬機械。

[図1]

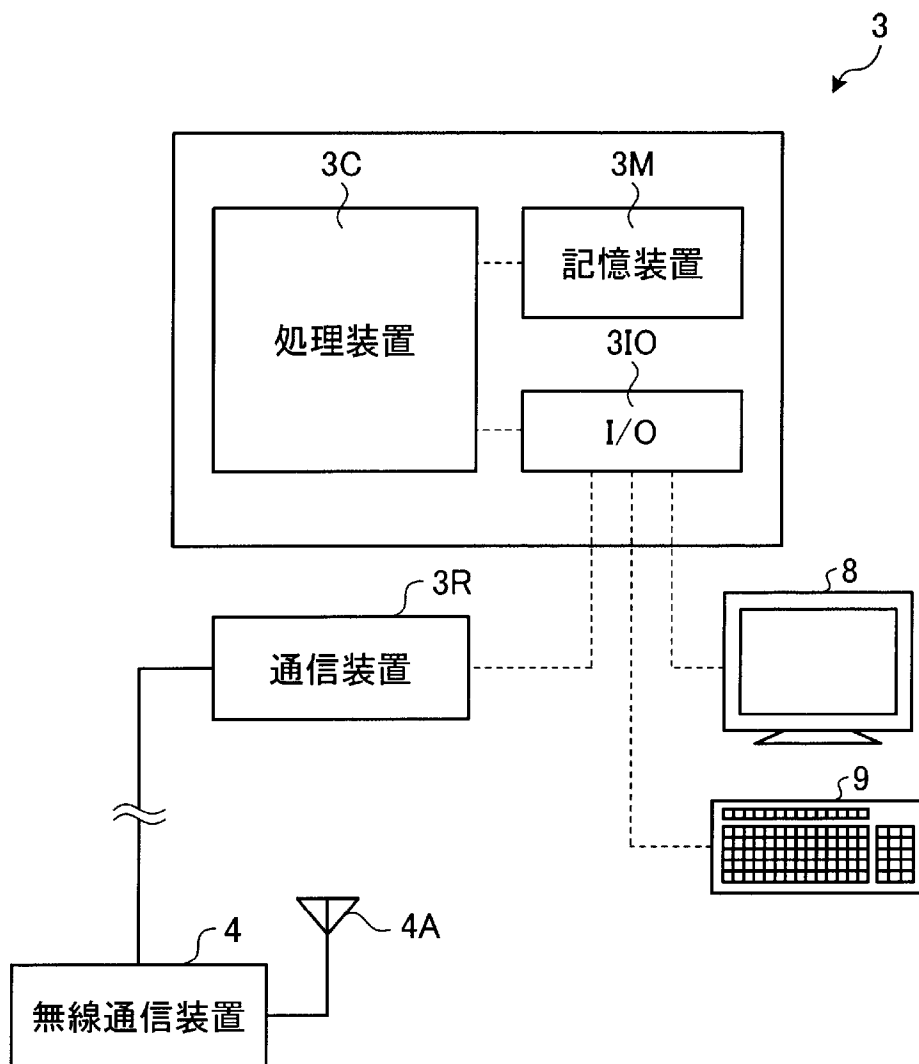


[図2]

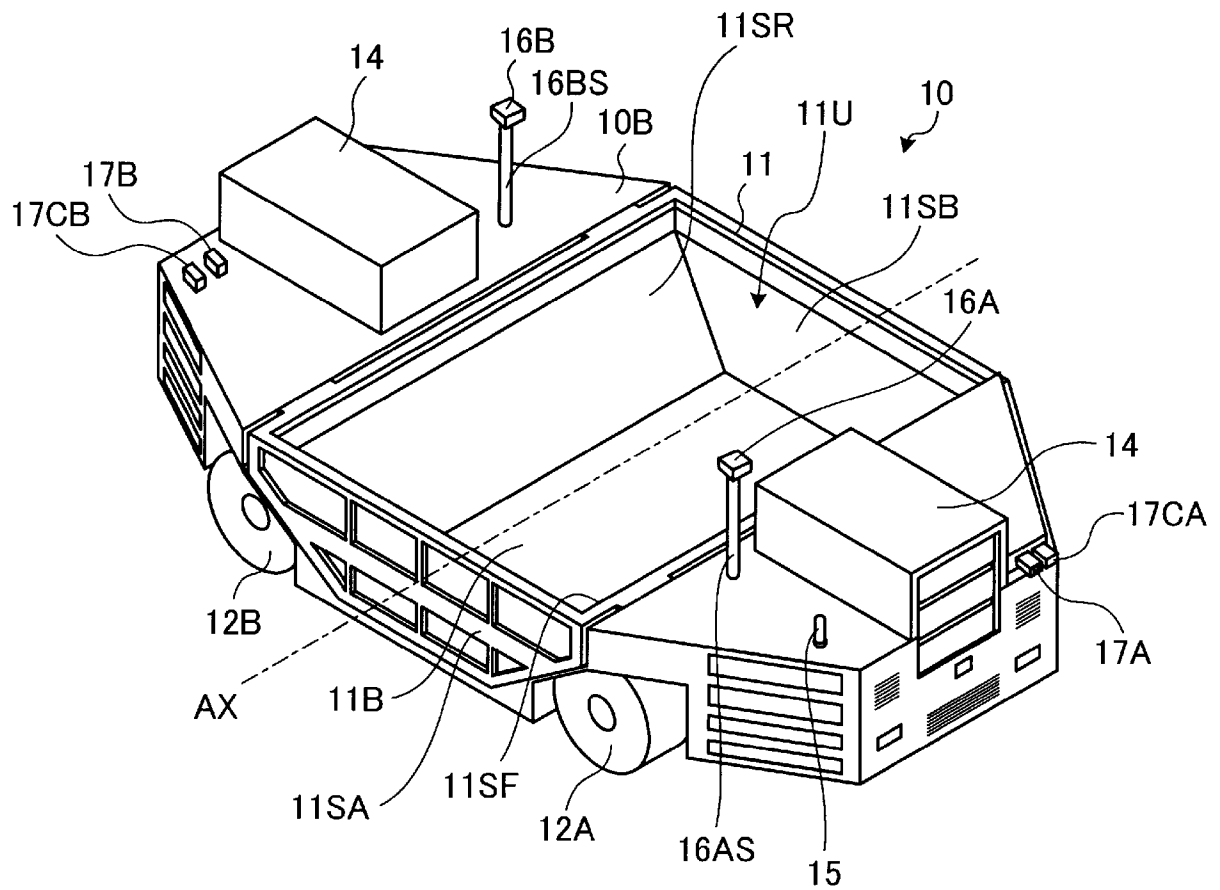


[illegible]

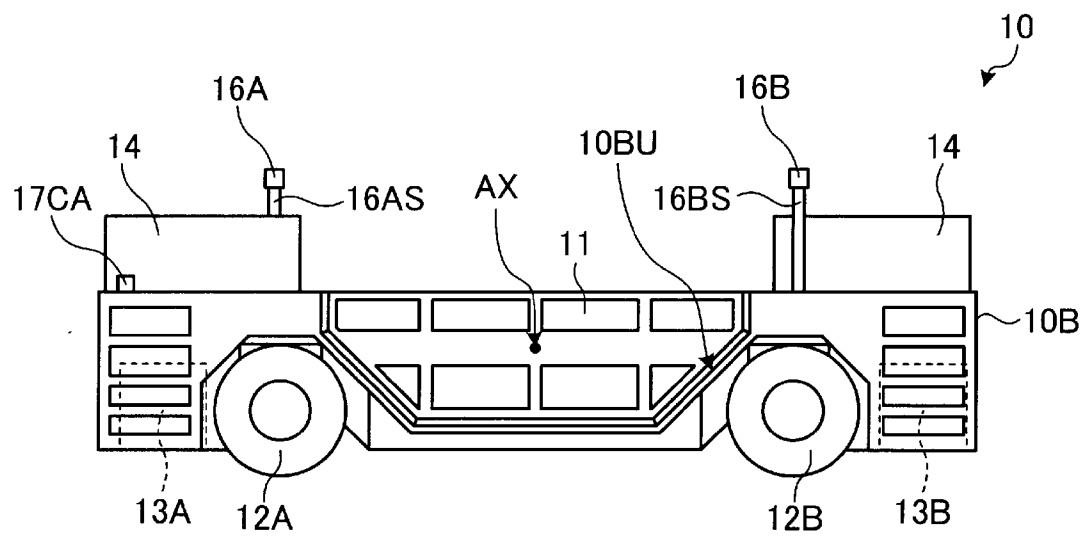
[図6]



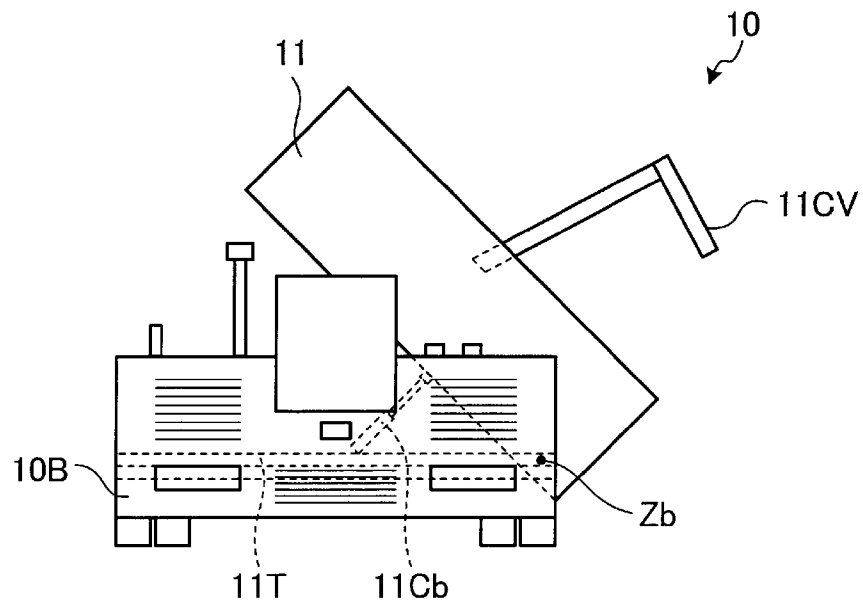
[図7]



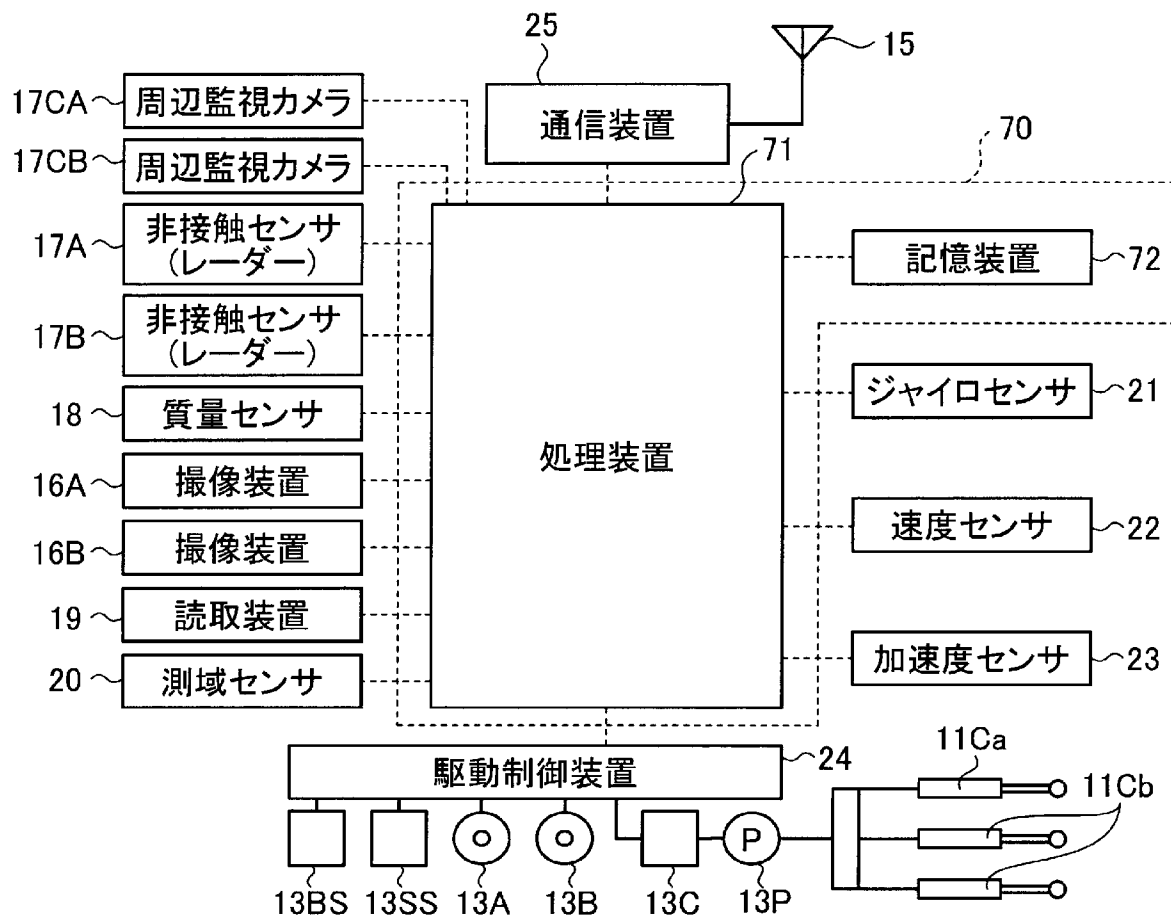
[圖8]



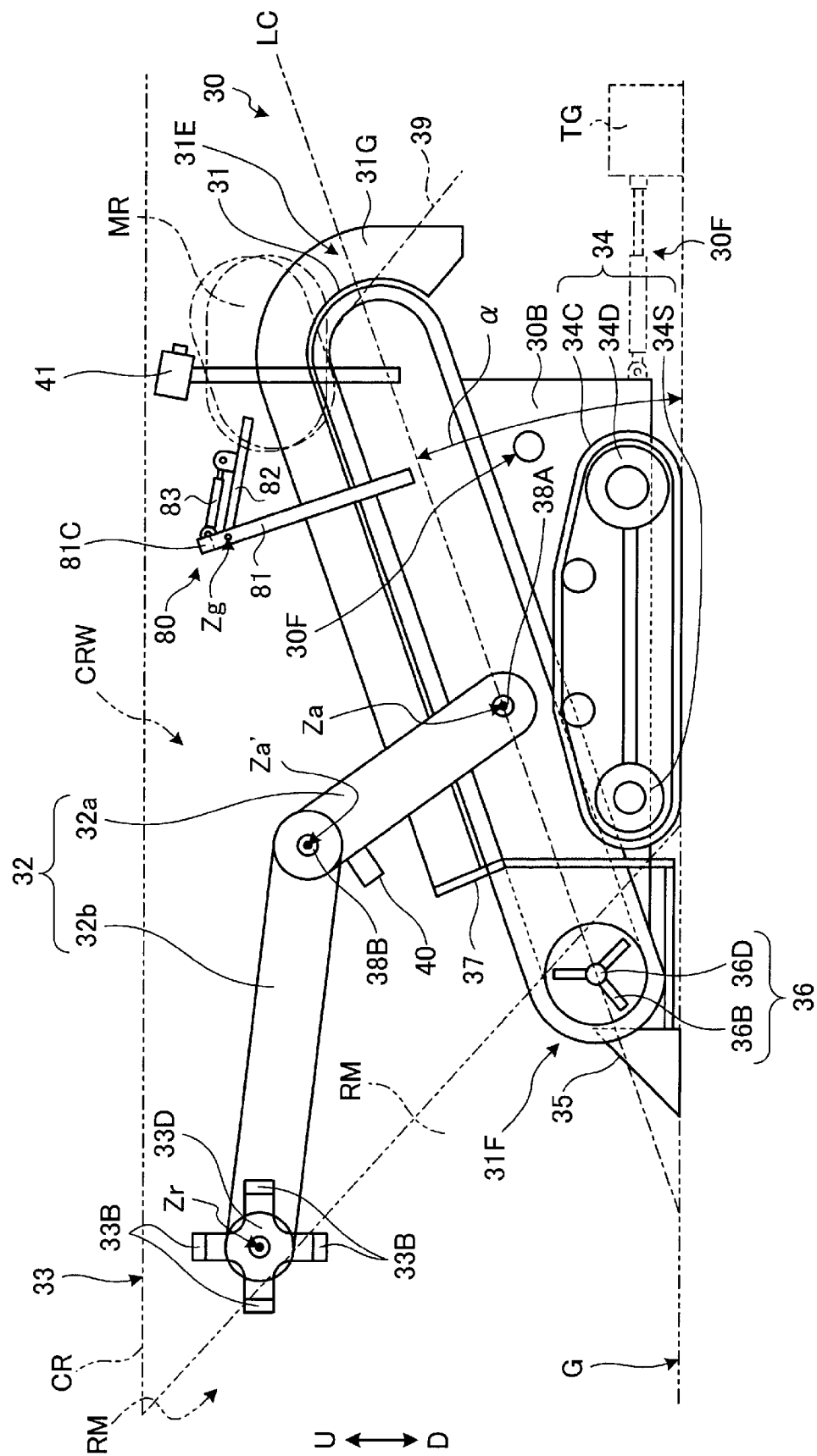
[図11]



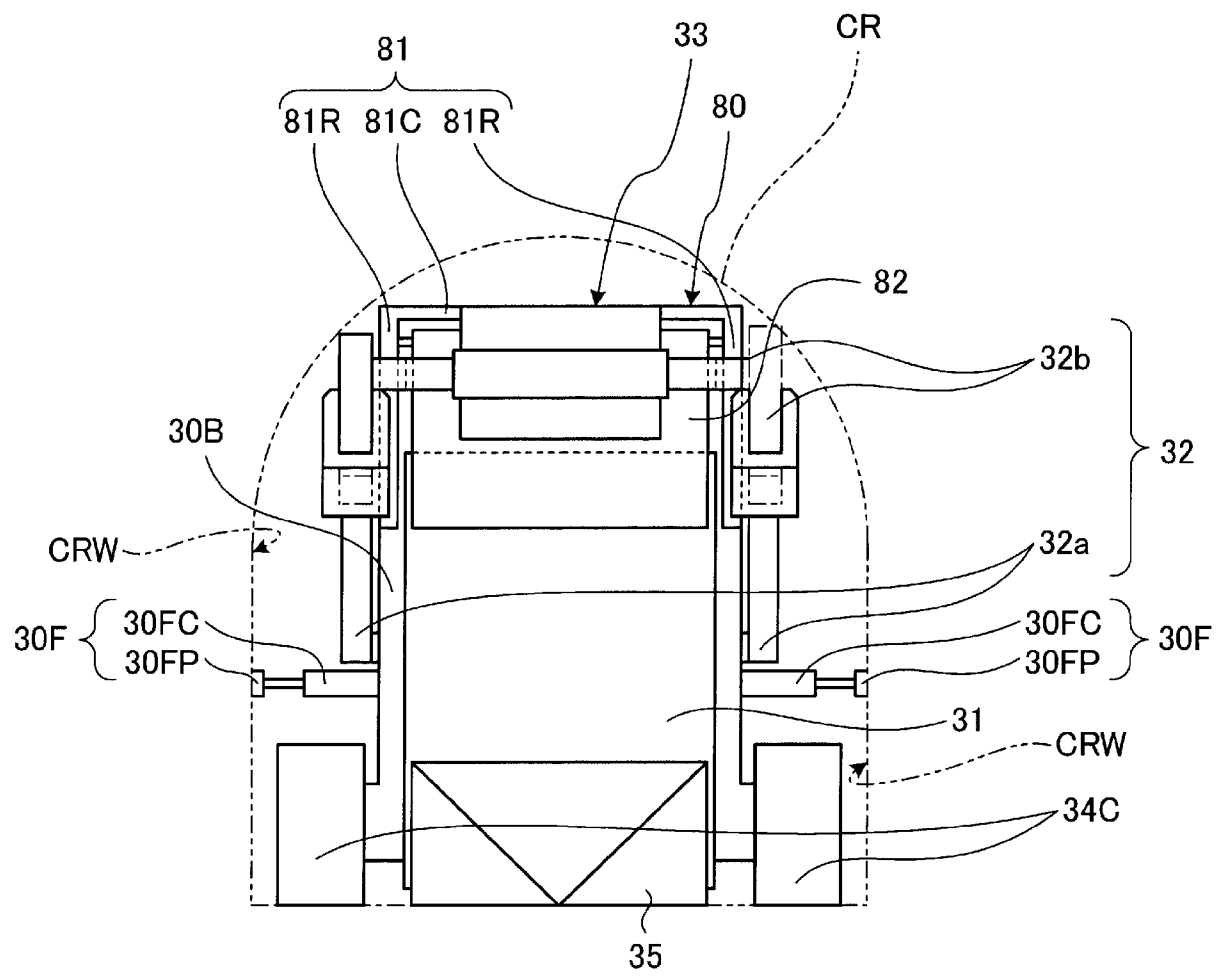
[図12]



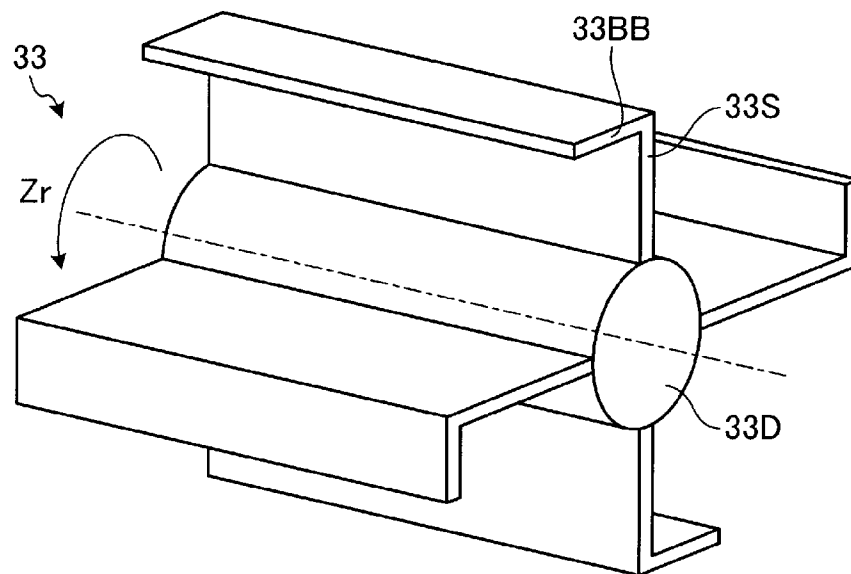
[図13]



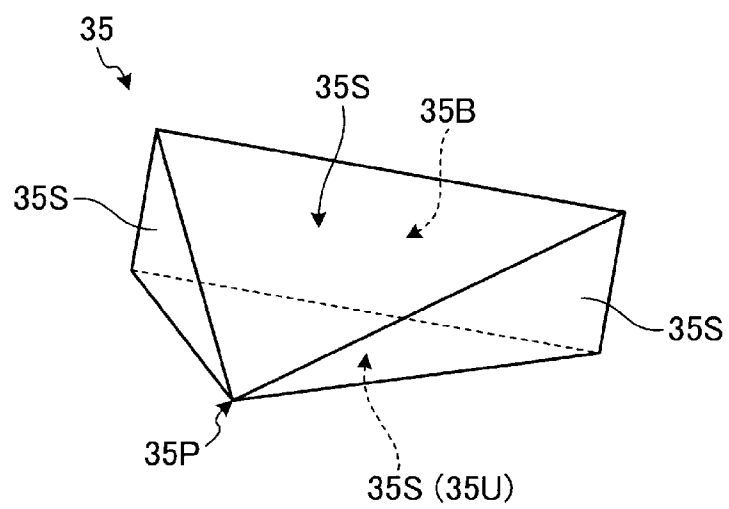
[図15]



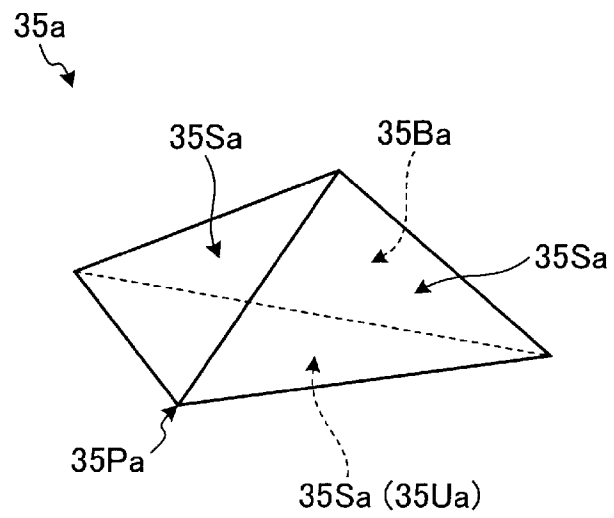
[図16]



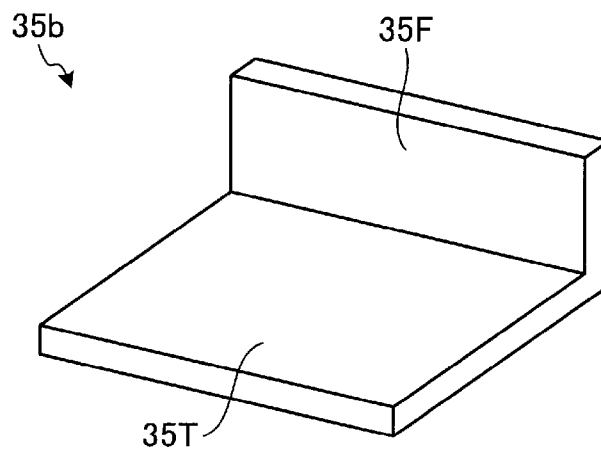
[図17]



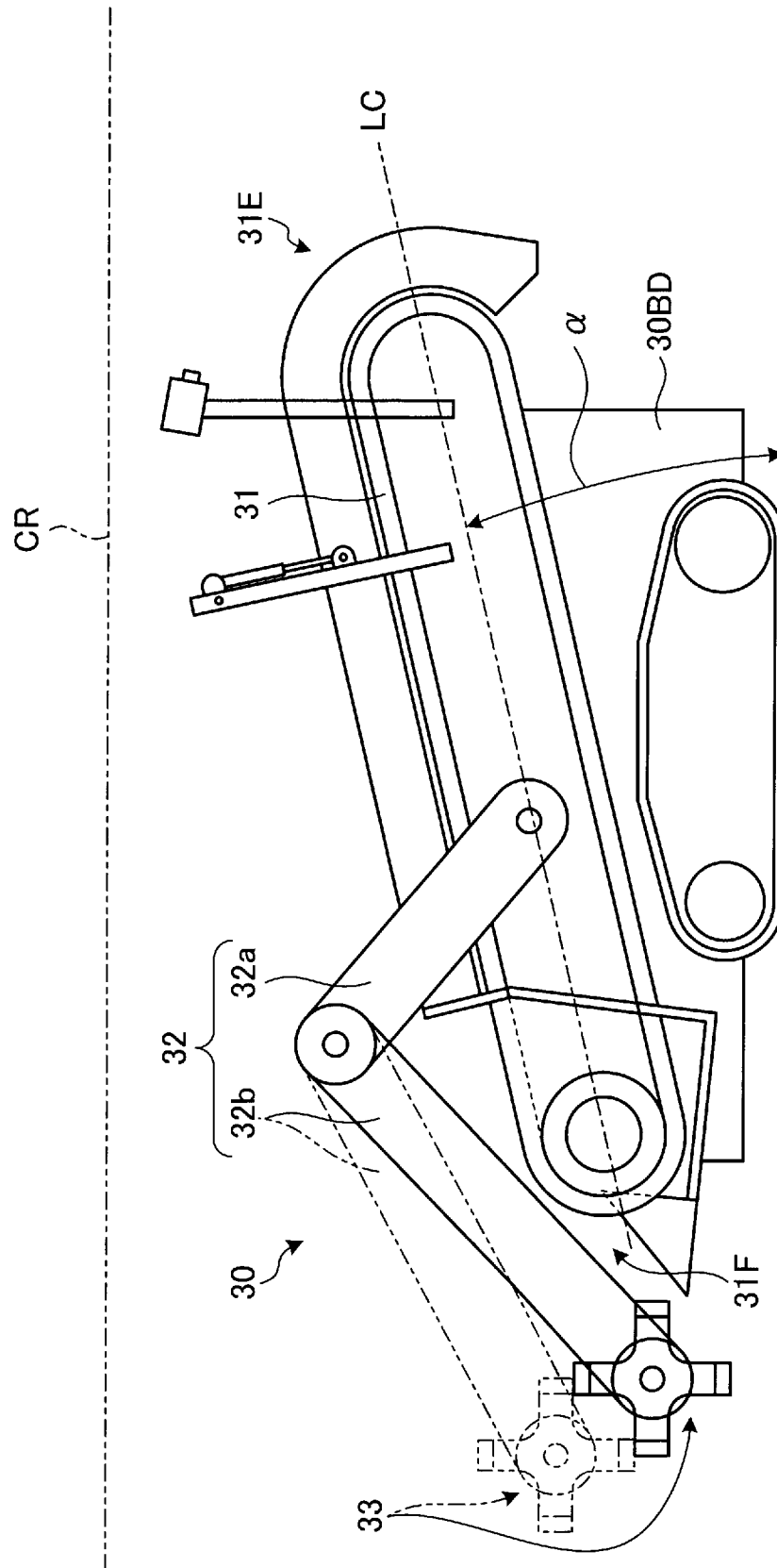
[図18-1]



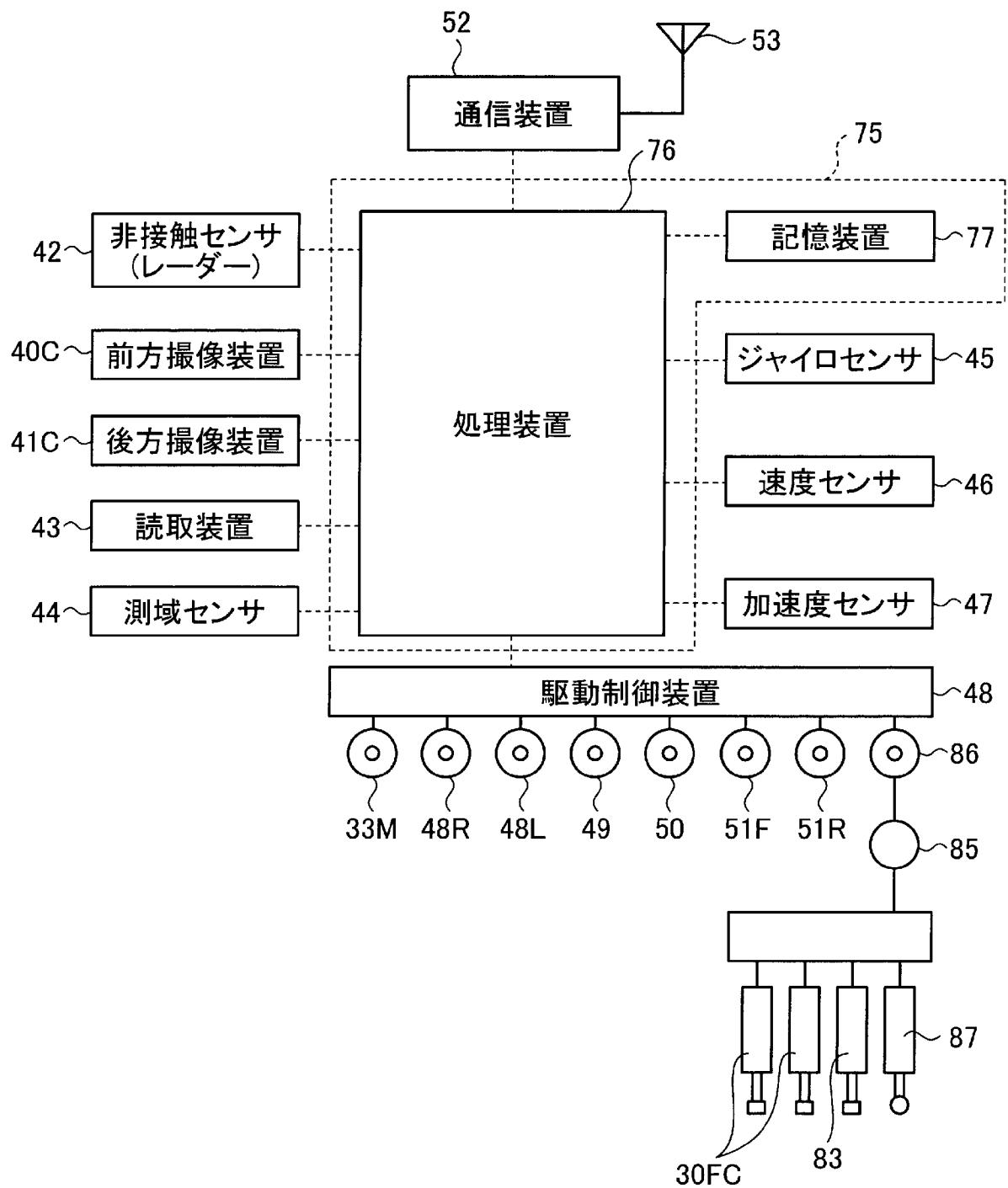
[図18-2]



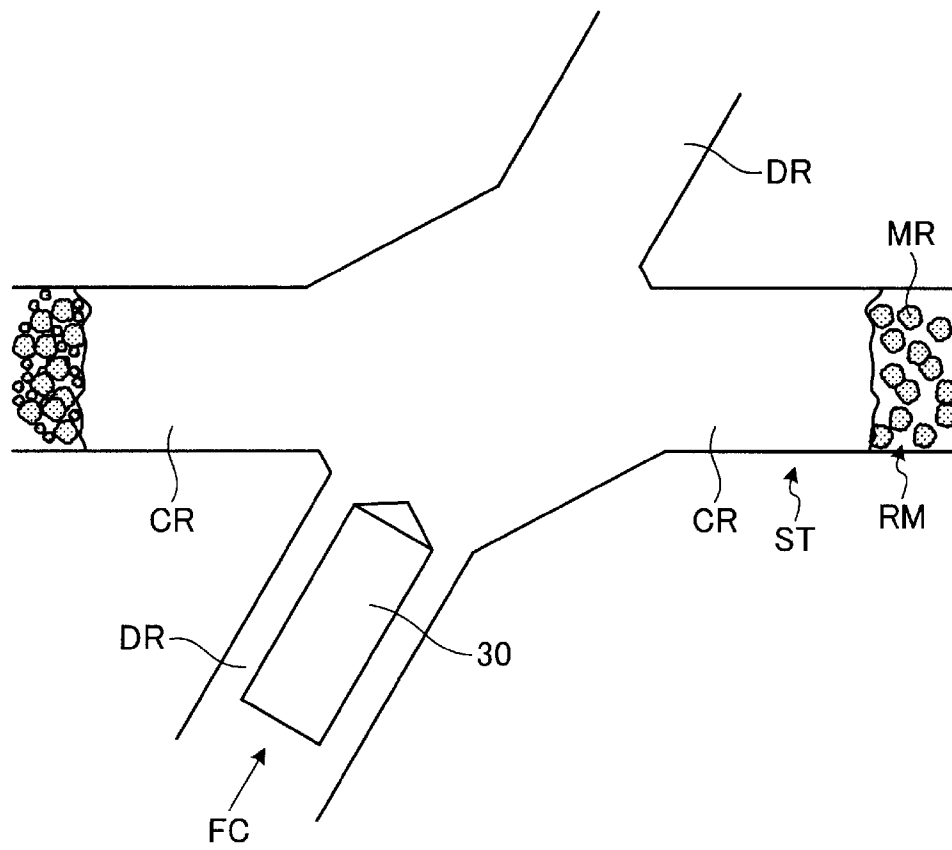
[図19]



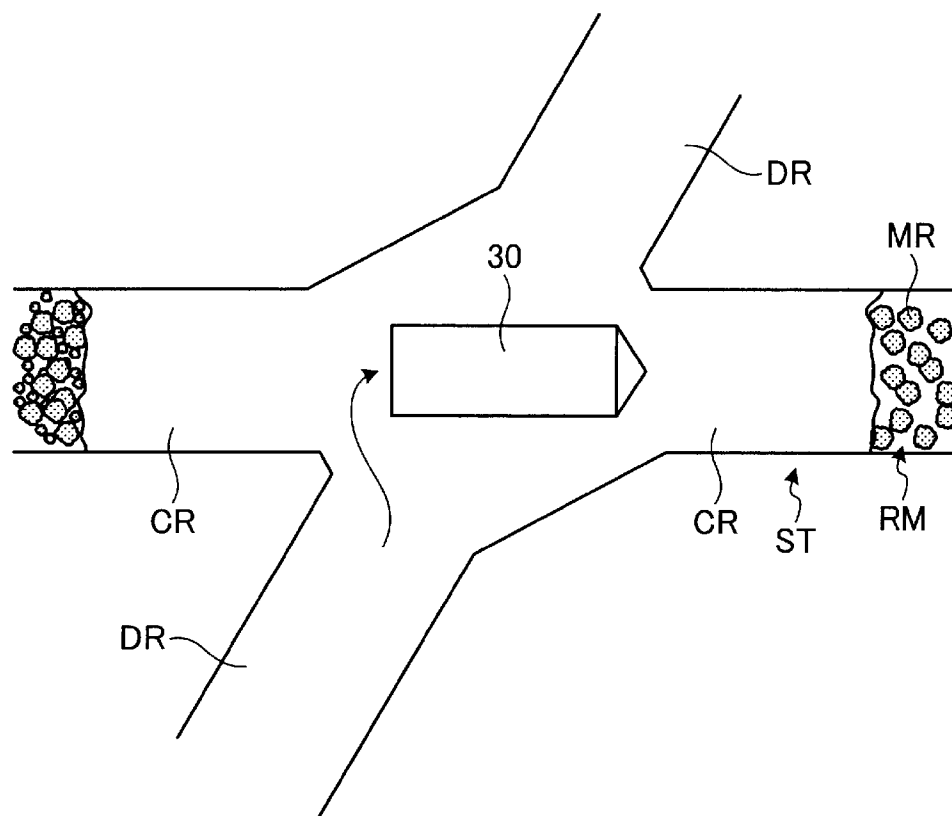
[図20]



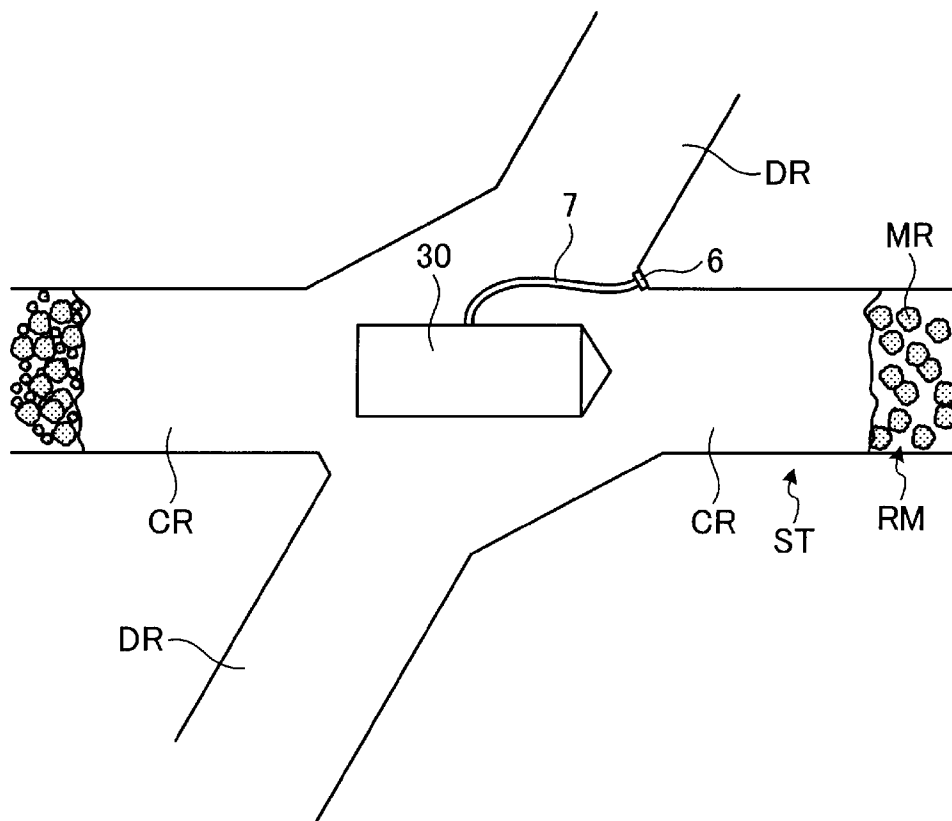
[図21]



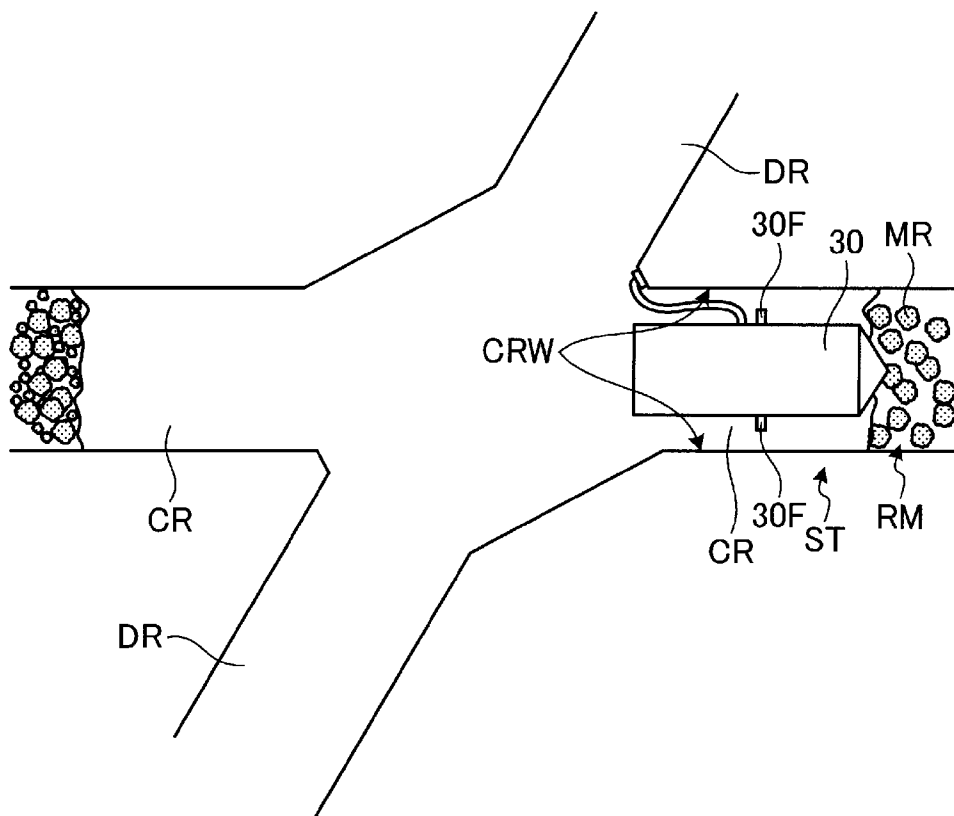
[図22]



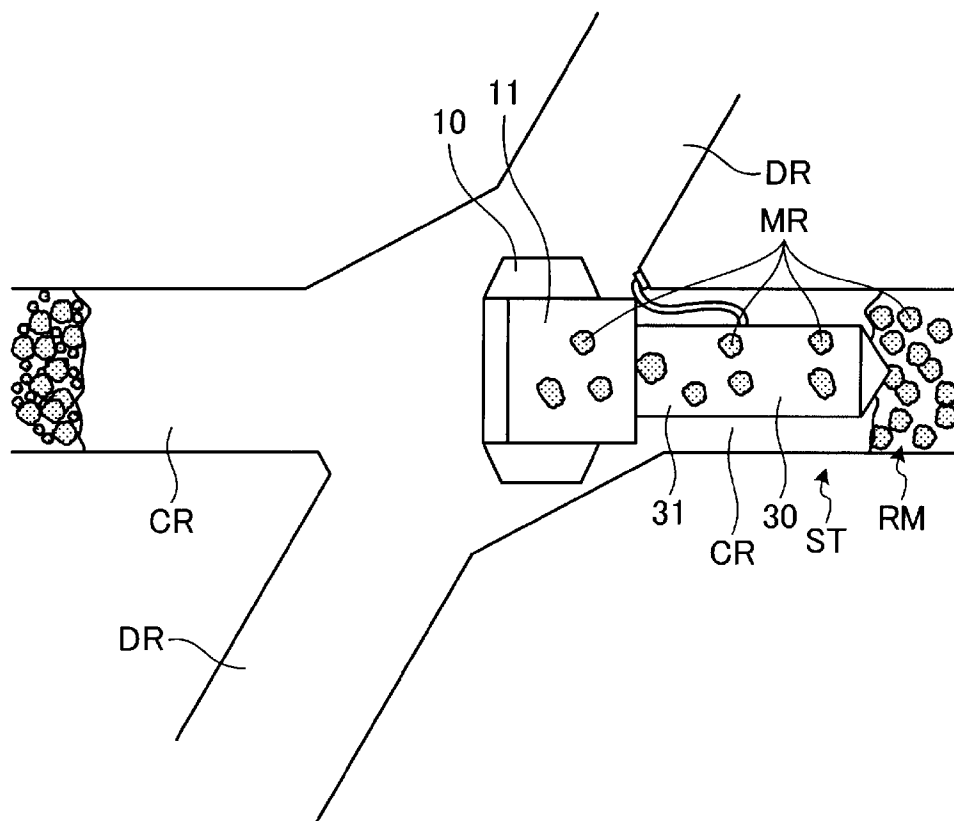
[図23]



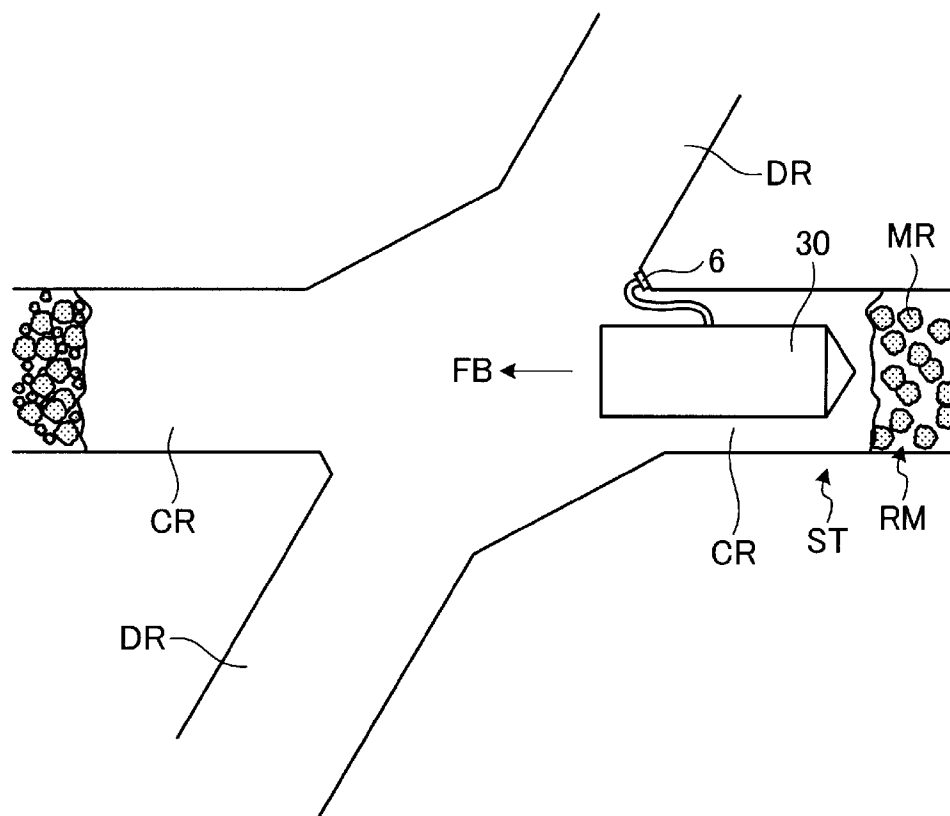
[図24]



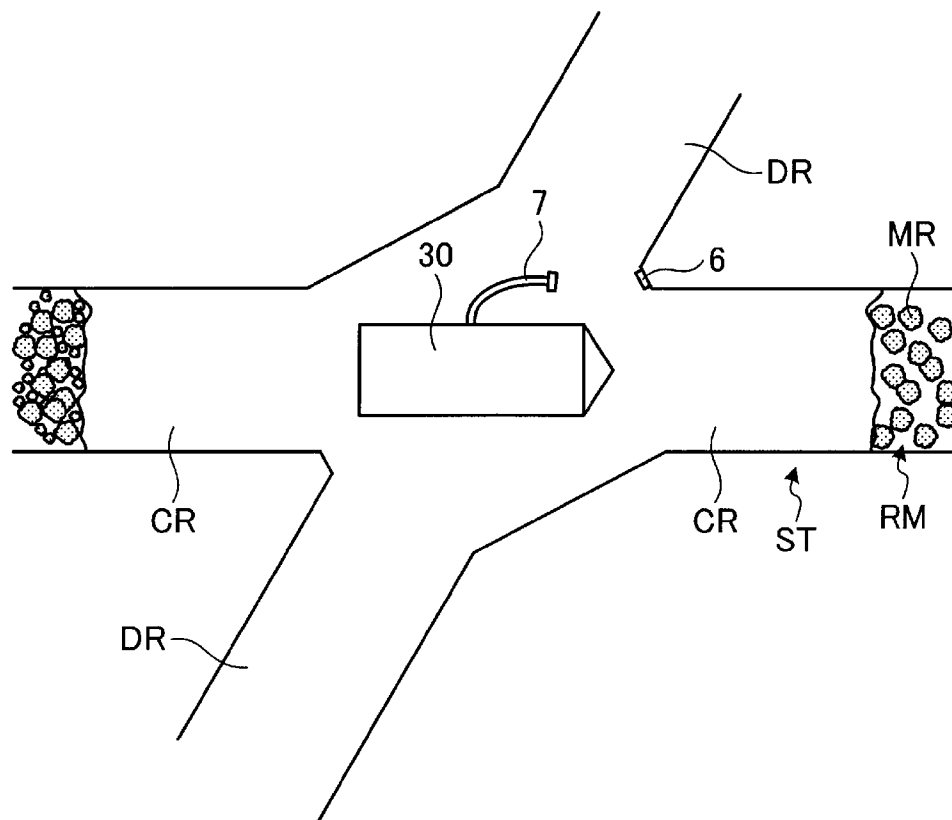
[図25]



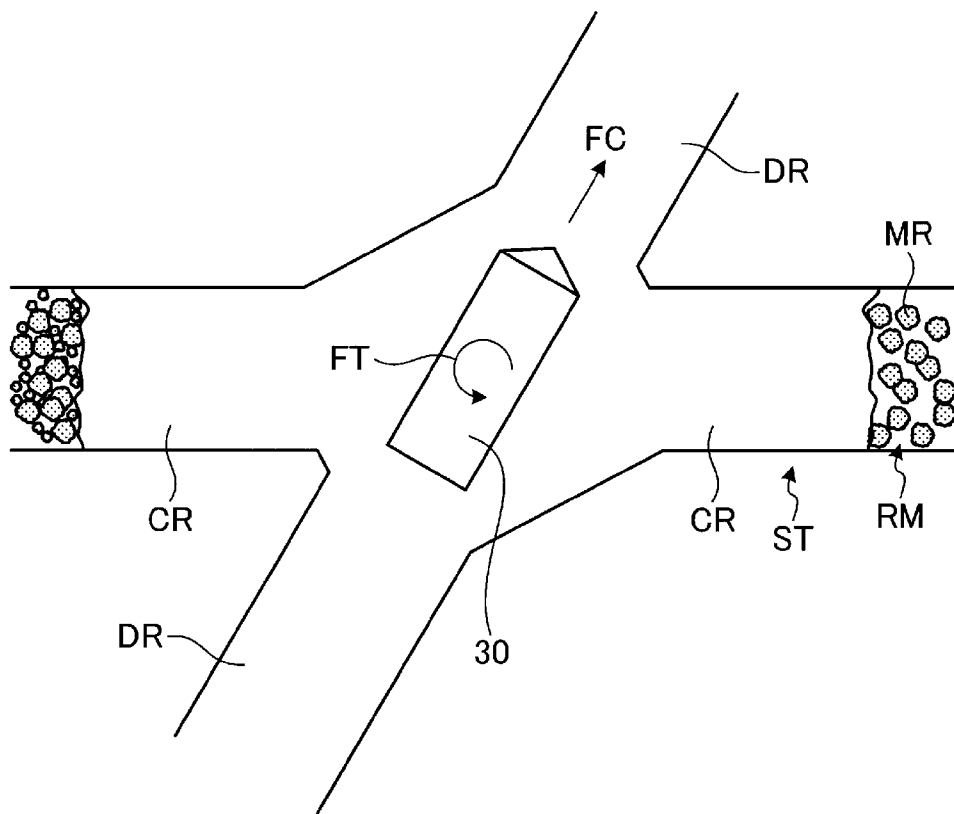
[図26]



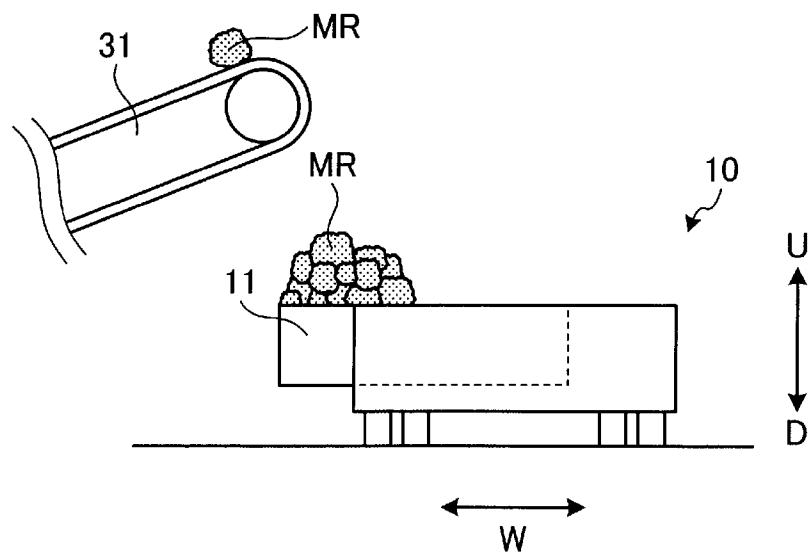
[図27]



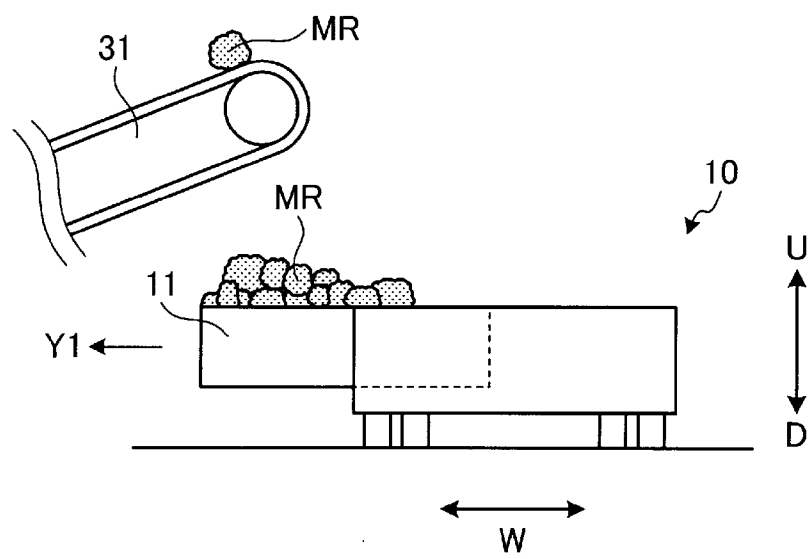
[図28]



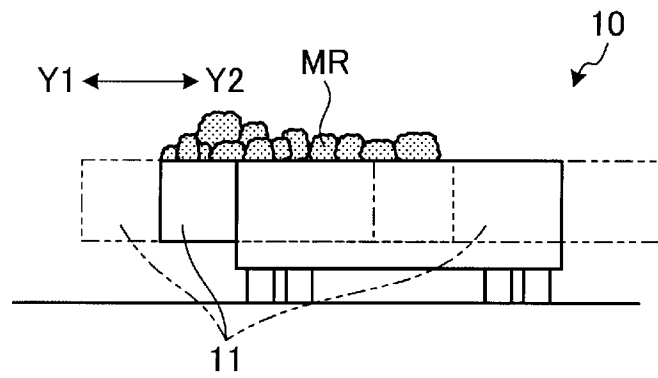
[図30]



[図31]



[図32]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/076189

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21F13/00(2006.01)i, B60P1/00(2006.01)i, B60P3/00(2006.01)i, E21C47/00(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)

E21F13/00, B60P1/00, B60P3/00, E21C47/00

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

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

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

CiNii

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2007/0170771 A1 (Mark Cavinder, Victor Daiber), 26 July 2007 (26.07.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	US 2007/0046094 A1 (Peter Gross, Reiner Schuster), 01 March 2007 (01.03.2007), entire text; all drawings & DE 102005040272 A & CN 1920255 A & ZA 200607061 A & RU 2006130457 A & AU 2006203671 A	1-4

☒ 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
13 January 2015 (13.01.15)

Date of mailing of the international search report
20 January 2015 (20.01.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/076189

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4512610 A (Clark J. Gilbert, Menelaos D. Hassialis, Andrew H. Serymgeour, Samuel I. Vera), 23 April 1985 (23.04.1985), entire text; all drawings (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E21F13/00(2006.01)i, B60P1/00(2006.01)i, B60P3/00(2006.01)i, E21C47/00(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. E21F13/00, B60P1/00, B60P3/00, E21C47/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

CiNii

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	US 2007/0170771 A1 (Mark Cavinder, Victor Daiber) 2007.07.26, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-4
A	US 2007/0046094 A1 (Peter Gross, Reiner Schuster) 2007.03.01, 全文, 全図 & DE 102005040272 A & CN 1920255 A & ZA 200607061 A & RU 2006130457 A & AU 2006203671 A	1-4

☒ 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

1 3 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 0 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 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）

2 D

3 2 0 1

須永 聡

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 4 1

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	US 4512610 A (Clark J. Gilbert, Menelaos D. Hassialis, Andrew H. Serymgeour, Samuel I. Vera) 1985.04.23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4