

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年1月26日(26.01.2017)



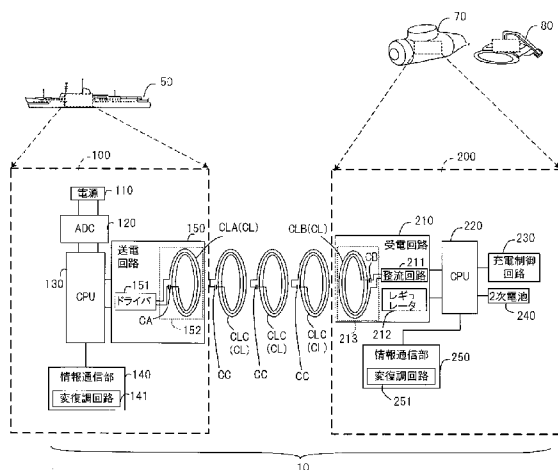
(10) 国際公開番号
WO 2017/013825 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 50/50 (2016.01) *H02J 50/12* (2016.01)
B63C 11/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/002600
- (22) 国際出願日: 2016年5月27日(27.05.2016)
- (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 2015-144090 2015年7月21日(21.07.2015) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 出口 太志(DEGUCHI, Futoshi). 小柳 芳雄(KOYANAGI, Yoshio). 江口 和弘(EGUCHI, Kazuhiro). 岡本 克也(OKAMOTO, Katsuya). 榑場 亮祐(HASABA, Ryosuke).
- (74) 代理人: 特許業務法人栄光特許事務所(EIKOH PATENT FIRM, P.C.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング10階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: POWER TRANSMISSION DEVICE

(54) 発明の名称: 送電装置



110 Power supply
140, 250 Information communication unit
141, 251 Modulation/demodulation circuit
150 Power transmission circuit
151 Driver
210 Power reception circuit
211 Rectification circuit
212 Regulator
230 Charging control circuit
240 Secondary battery

(57) Abstract: Provided is a power transmission device with which the operating rate of an underwater marine vessel during the transmission of power can be improved. This power transmission device (100) transmits power underwater to an underwater marine vessel (60) having a power reception coil (CLB). The power transmission device (100) is equipped with: a power transmission coil (CLA) that transmits power to the power reception coil (CLB) via a magnetic field; a power transmission unit that transmits AC voltage with a frequency of 10 kHz or less to the power transmission coil (CLA); and a first capacitor that is connected to the power transmission coil (CLA) and that, together with the power transmission coil (CLA), forms a resonance circuit (152) that resonates at the aforementioned frequency.

(57) 要約: 給電時の水中航行体の稼働率を向上できる送電装置を提供する。送電装置(100)は、水中において、受電コイル(CLB)を有する水中航行体(60)に電力を送電する。送電装置(100)は、磁界を介して受電コイル(CLB)に電力を送電する送電コイル(CLA)と、周波数が10kHz以下の交流電圧を送電コイル(CLA)へ送電する送電部と、送電コイル(CLA)に接続されると共に、送電コイル(CLA)と共に上記周波数で共振する共振回路(152)を形成する第1のコンデンサと、を備える。



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))

規則 4.17 に規定する申立て:

- 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て (規則 4.17(v))

明 細 書

発明の名称 : 送電装置

技術分野

[0001] 本開示は、水中において無線で送電する送電装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、送電装置としての水中基地局が、受電装置としての水中航走体との間で、磁気共鳴方式を用いて非接触で電力伝送することが知られている（例えば特許文献1参照）。この送電装置は、送電用共鳴コイルと、風船と、風船制御機構と、を具備する。送電用共鳴コイルは、磁界共鳴方式により受電装置の受電用共鳴コイルに非接触で電力伝送する。風船は、送電用共鳴コイルを内包する。風船制御機構は、風船を電力伝送時に膨張させることにより、送電用共鳴コイルと受電用共鳴コイルとの間の水を排除する。

[0003] また、13.56MHz帯の周波数を用いる電磁誘導方式を利用して、電力とデータをIC搭載媒体に送信するアンテナ装置が知られている（例えば特許文献2参照）。このアンテナ装置は、信号電流が給電される少なくとも1つの給電ループアンテナと信号電流が給電されない少なくとも1つの無給電ループアンテナを有し、給電ループアンテナが発生する磁界を利用して無給電ループアンテナにも信号電流を発生させ、給電ループアンテナの通信範囲を拡大させる点を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2015-015901号公報

特許文献2：日本国特開2005-102101号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 水中の電磁波は、発散、吸収、反射等の現象により減衰することが知られている。特に、電磁波の周波数が高くなるほど電磁波の減衰量は大きくなる

。特許文献2に記載のような13.56MHz帯の電磁波を用いて、水中航走体に対して非接触電力伝送を行う場合は、電磁波の伝搬強度は1メートルあたり数十分の1に減衰してしまうので、非接触電力伝送を効率的に行うことは困難である。

[0006] 本開示は、上記事情に鑑みてなされたものであり、水中における水中航走体への非接触電力伝送を効率的に行うことが可能な送電装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の送電装置は、水中において、受電コイルを有する水中航走体に電力を伝送する。送電装置は、磁界を介して受電コイルに電力を伝送する送電コイルと、周波数が10kHz以下の交流電圧を送電コイルへ送電する送電部と、送電コイルに接続されると共に、送電コイルと共に上記周波数で共振する共振回路を形成する第1のコンデンサと、を備える。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、水中における水中航走体への非接触電力伝送を効率的に行うことが可能になる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1の実施形態における電力伝送システムが置かれる環境の一例を示す模式図

[図2]電力伝送システムの構成例を示すブロック図

[図3]送電コイルから発生する磁界の伝搬特性を調査するためのシミュレーションモデル

[図4]観測ポイント1における磁界強度 H_y 減衰量の周波数特性の一例を示す模式図

[図5]観測ポイント2における磁界強度 H_y 減衰量の周波数特性の一例を示す模式図

[図6]磁界強度 H_y （単位：A/m）の距離特性の一例を示す模式図

[図7]磁界強度 H_y の距離特性（dB値）の一例を示す模式図

[図8]送電コイル周囲の磁界強度分布の一例を示す模式図

[図9]第2の実施形態における電力伝送システムが置かれる環境の一例を示す模式図

[図10]電力伝送システムの海中における磁界伝搬特性を調査するためのシミュレーションモデル

[図11]海中における磁界伝搬特性の一例を示す模式図

発明を実施するための形態

[0010] 以下、適宜図面を参照しながら、実施形態を詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になることを避け、当業者の理解を容易にするためである。尚、添付図面及び以下の説明は、当業者が本開示を十分に理解するために提供されるものであり、これらにより特許請求の範囲に記載の主題を限定することは意図されていない。

[0011] (第1の実施形態)

[構成等]

図1は、第1の実施形態における電力伝送システム10が置かれる環境の一例を示す模式図である。電力伝送システム10は、送電装置100、受電装置200、及びコイルCLを備える(図2参照)。送電装置100は、受電装置200に対して、複数のコイルCLを介して、磁気共鳴方式に従ってワイヤレス(無接点)で電力伝送する。配置されるコイルCLの数は、n個であり、任意である。

[0012] コイルCLは、例えば、環状に形成され、樹脂のカバーで覆われて絶縁されている。コイルCLは、例えば、ヘリカルコイルやスパイラルコイルである。コイルCLは、送電コイルCLA及び受電コイルCLBを含む。送電コイルCLAは、一次コイル(Primary Coil)であり、受電コイルCLBは、二次コイル(Secondary Coil)である。

[0013] また、コイルCLは、送電コイルCLAと受電コイルCLBとの間に配置された1つ以上の中継コイルCLC(Booster Coil)を含んで

もよい。中継コイルC L C同志は、略平行に配置され、中継コイルC L Cにより形成される開口面の半分以上が重なる。複数の中継コイルC L C間の間隔は、例えば中継コイルC L Cの半径以上確保される。

[0014] 送電コイルC L Aは、送電装置1 0 0に設けられる。受電コイルC L Bは、受電装置2 0 0に設けられる。中継コイルC L Cは、送電装置1 0 0に設けられても、受電装置2 0 0に設けられても、送電装置1 0 0及び受電装置2 0 0とは別に設けられてもよい。中継コイルC L Cは、一部が送電装置1 0 0に設けられ、他の一部が受電装置2 0 0に設けられてもよい。

[0015] 送電装置1 0 0は、船舶5 0に設置される。受電装置2 0 0は、水中航走体6 0（例えば潜水艇7 0や水底掘削機8 0）に設置される。各コイルC Lは、水中（例えば海中）に配置される。

[0016] 船舶5 0の一部は、水面9 0（例えば海面）より上部つまり水上に存在し、船舶5 0の他の一部は、水面9 0よりも下部つまり水中に存在する。船舶5 0は、水上で移動可能であり、例えばデータ取得場所の水上へ自由に移動可能である。船舶5 0の送電装置1 0 0と送電コイルC L Aとの間は、電線2 0により接続される。電線2 0は、水上のコネクタ（不図示）を介して、例えば送電装置1 0 0内のドライバ1 5 1（図2参照）と接続される。

[0017] 水中航走体6 0は、水中又は水底9 5（例えば海底）に存在し、水中又は水底9 5を航走する。例えば、水上の船舶5 0からの指示により、データ取得ポイントへ自由に移動可能である。船舶5 0からの指示は、各コイルC Lを介した通信により伝送されてもよいし、その他の通信方法により伝送されてもよい。

[0018] 各コイルC Lは、連結体3 0と接続され、例えば等間隔に配置される。隣り合うコイルC L間の距離（コイル間隔）は、例えば1 0 0 mオーダーの距離である。コイル間隔は、例えばコイルC Lの直径の半分程度の長さである。送電周波数は、1 0 k H z以下とする。送電周波数を1 0 k H zとした理由については後で説明する。尚、送電周波数が低周波であるほど、電力伝送距離が長くなり、コイルC Lを大きくでき、コイル間隔を長くできる。

- [0019] また、送電周波数に基づいてコイルCLのインダクタンスが定まり、コイルCLの長さや巻き数とが定まる。コイルCLの長さは、例えば数m～数100mである。また、コイルCLの太さが太い程、コイルCLでの電気抵抗が減り、電力損失が小さくなる。また、コイルCLを介して伝送される電力は、例えば50W以上であり、kWオーダーでもよい。
- [0020] 図1では、連結体30の数が3つであるが、これに限られない。連結体30における受電コイルCLB側の端部には、錘40が接続される。連結体30における送電コイルCLA側の端部には、ブイ(Buoy)45が接続される。
- [0021] 錘40により、連結体30の移動を規制でき、連結体30に固定された各コイルCLの移動を規制できる。よって、水中において水流が発生しても、錘40により各コイルCLの移動が規制されるので、コイルCLを用いた電力伝送の効率が低下することを抑制できる。
- [0022] 図2は、電力伝送システム10の構成例を示すブロック図である。電力伝送システム10は、送電装置100及び受電装置200を備える。
- [0023] 送電装置100は、電源110、ADC(AC/DC Converter)120、CPU(Central Processing Unit)130、情報通信部140、及び送電回路150、を備える。
- [0024] ADC120は、電源110から供給される交流電力を直流電力に変換する。変換された直流電力は、送電回路150へ送られる。
- [0025] CPU130は、送電装置100の各部(例えば電源110、ADC120、情報通信部140、送電回路150)の動作を統括する。
- [0026] 情報通信部140は、受電装置200との間で通信される通信データを変調又は復調するための変復調回路141を含む。情報通信部140は、例えば、送電装置100から受電装置200への制御情報を、コイルCLを介して送信する。情報通信部140は、例えば、受電装置200から送電装置100へのデータを、コイルCLを介して受信する。このデータは、例えば、受電装置200により水中探査や水底探査された探査結果のデータが含まれ

る。情報通信部 140 により、水中航走体 60 がデータ収集等の作業しながら、水中航走体 60 との間で迅速にデータ通信できる。

[0027] 送電回路 150 は、ドライバ 151 及び共振回路 152 を含む。ドライバ 151 は、ADC 120 からの直流電力を所定の周波数の交流電圧（パルス波形）に変換する。共振回路 152 は、コンデンサ CA と送電コイル CLA とを含んで構成され、ドライバ 151 からのパルス波形の交流電圧から正弦波波形の交流電圧を生成する。送電コイル CLA は、ドライバ 151 から印加される交流電圧に応じて、所定の共振周波数で共振する。尚、送電コイル CLA は、送電装置 100 の出力インピーダンスにインピーダンス整合される。

[0028] 受電装置 200 は、受電回路 210、CPU 220、充電制御回路 230、2 次電池 240、及び情報通信部 250 を備える。

[0029] 受電回路 210 は、整流回路 211、レギュレータ 212、及び共振回路 213 を含む。共振回路 213 は、コンデンサ CB と受電コイル CLB とを含んで構成され、送電コイル CLA から送電された交流電力を受電する。尚、受電コイル CLB は、受電装置 200 の入力インピーダンスにインピーダンス整合される。整流回路 211 は、受電コイル CLB に誘起された交流電力を直流電力に変換する。レギュレータ 212 は、整流回路 211 から送られる直流電圧を、2 次電池 240 の充電に適合する所定の電圧に変換する。

[0030] CPU 220 は、受電装置 200 の各部（例えば受電回路 210、充電制御回路 230、2 次電池 240、情報通信部 250）の動作を統括する。

[0031] 充電制御回路 230 は、2 次電池 240 の種別に応じて 2 次電池 240 への充電を制御する。例えば、2 次電池 240 がリチウムイオン電池の場合、充電制御回路 230 は、定電圧で、レギュレータ 212 からの直流電力により 2 次電池 240 への充電を開始する。

[0032] 2 次電池 240 は、送電装置 100 から伝送された電力を蓄積する。2 次電池 240 は、例えばリチウムイオン電池である。

[0033] 情報通信部 250 は、送電装置 100 との間で通信される通信データを変

調又は復調するための変復調回路251を含む。情報通信部250は、例えば、送電装置100から受電装置200への制御情報を、コイルCLを介して受信する。情報通信部250は、例えば、受電装置200から送電装置100へのデータを、コイルCLを介して送信する。このデータは、例えば、受電装置200により水中探査や水底探査された探査結果のデータが含まれる。情報通信部250により、水中航走体60がデータ収集等の作業しながら、船舶50との間で迅速にデータ通信できる。

[0034] 尚、中継コイルCLCは、送電コイルCLA及び受電コイルCLBと同様に、コンデンサCCとともに共振回路を構成する。つまり、本実施形態では、共振回路が水中において多段に配置されることで、磁気共鳴方式により電力が伝送される。

[0035] 次に、送電装置100から受電装置200への電力伝送について説明する。

[0036] 共振回路152では、送電装置100の送電コイルCLAに電流が流れると送電コイルCLAの周囲に磁場が発生する。発生した磁場の振動は、同一の周波数で共振する中継コイルCLCを含む共振回路又は受電コイルCLBを含む共振回路213に伝達される。

[0037] 中継コイルCLCを含む共振回路では、磁場の振動により中継コイルCLCに電流が励起され、電流が流れ、中継コイルCLCの周囲に更に磁場が発生する。発生した磁場の振動は、同一の周波数で共振する他の中継コイルCLCを含む共振回路又は受電コイルCLBを含む共振回路213に伝達される。

[0038] 共振回路213では、中継コイルCLC又は送電コイルCLAの磁場の振動により、受電コイルCLBに交流電流が誘起される。誘起された交流電流が整流され、所定の電圧に変換され、2次電池240に充電される。

[0039] [伝搬特性のシミュレーション]

図3は、送電コイルCLAから発せられる磁界の伝搬特性を調査するためのシミュレーションモデル300を示す。シミュレーションモデル300は

、送電コイルC L Aのモデルと解析エリア3 1 0とから構成される。送電コイルC L Aは、コイル直径：1 0 m、コイル線径：0. 2 m、コイルターン数：1としてモデル化を行っている。シミュレーションによる伝搬特性の測定は、例えば図示しないP C (P e r s o n a l C o m p u t e r) により行われる。

[0040] 解析エリア3 1 0は、x方向（横方向）：1 5 m、y方向（縦方向）：1 0 m、z方向（奥行き方向）：1 5 mの領域である。シミュレーションでは、解析エリア3 1 0の材質として真空（V a c u u m、単に「V」とも記す）、水（W a t e r、単に「W」とも記す）、海水（W a t e r (S e a)、単に「W. S」とも記す）の3種類を設定し、これら3種類の物質中を伝搬する磁界の強度を調査する。シミュレーションモデル3 0 0では、送電コイルC L Aに対して、振幅が1 Aの交流電流を流すものとする。また、交流電流の周波数（解析周波数）としては、1 k H z ~ 1 0 0 k H z の範囲を設定している。また、シミュレーションモデル3 0 0では、解析エリア3 1 0の中心点を原点として設定している。送電コイルC L Aの中心点と解析エリア3 1 0の中心点は一致している。

[0041] 図4は、解析エリア3 1 0の原点（送電コイルC L Aの中心点）における磁界強度H yの減衰量の周波数特性を示す。図4では、磁界強度H yの減衰量をデシベル（d B）単位でプロットしている。以後、原点については観測ポイント1（P o i n t 1）と称する場合がある。また、原点を（x、y、z）=（0、0、0）と表現する場合もある。

[0042] 図4によると、真空では、観測ポイント1における磁界強度H yは周波数によって変化していないことがわかる。一方、水中および海中では、周波数が大きくなるにしたがって、磁界強度H yの減衰量が大きくなっていることがわかる。さらに、海中では、水中の場合に比べて、更に減衰量が大きくなっている。

[0043] 図5は、解析エリア3 1 0の観測ポイント1（原点）からy方向（縦方向）に- 5 mシフトした位置における磁界強度H yの減衰量の周波数特性を示

す。図5では、図4と同様に、磁界強度 H_y の減衰量をデシベル（dB）単位でプロットしている。以後、観測ポイント1（原点）から縦方向に -5 m シフトした位置を観測ポイント2（Point 2）と称する場合がある。また、観測ポイント2を $(x, y, z) = (0, -5, 0)$ と表現する場合もある。

[0044] 図5によると、真空では、観測ポイント2における磁界強度 H_y は周波数によって変化していないことがわかる。一方、水中および海中では、観測ポイント1の場合と同様に周波数が大きくなるにしたがって、磁界強度 H_y の減衰量が大きくなっていることがわかる。さらに、海中では、水中の場合に比べて、更に減衰量が大きくなっている。観測ポイント2では、送電コイルCLAから距離が離れている分、磁界強度 H_y の値が小さくなっているが、観測ポイント1と同様の傾向になる。

[0045] 図6では、解析エリア301で設定した各材質（真空、水、海水）について、解析周波数 1 kHz 、 3 kHz 、 10 kHz 、 30 kHz 、 100 kHz における磁界強度 H_y （単位： A/m ）の距離特性をプロットしている。距離特性のプロットは、観測ポイント1（ $y = 0\text{ m}$ ）から y 軸に沿った観測ポイント2（ $y = -5\text{ m}$ ）の区間について行っている。また、図7は、図6に示す磁界強度 H_y の距離特性をデシベル値（dB）でプロットしたものである。

[0046] 図4～7を参照すると、観測ポイント1では、周波数が 1 kHz の場合、海中の磁界強度 H_y は真空の磁界強度 H_y の約94%になる。周波数が 3 kHz の場合、海中の磁界強度 H_y は真空の磁界強度 H_y の約78%になる。周波数が 10 kHz の場合、海中の磁界強度 H_y は真空の磁界強度 H_y の約41%になる。周波数が 30 kHz の場合、海中の磁界強度 H_y は真空の磁界強度 H_y の約16%になる。周波数が 100 kHz の場合、海中の磁界強度 H_y は真空の磁界強度 H_y の約2%になる。

[0047] また、観測ポイント2では、周波数が 1 kHz の場合、海中の磁界強度 H_y は真空の磁界強度 H_y の約90%になる。周波数が 3 kHz の場合、海中

の磁界強度 H_y は真空の磁界強度 H_y の約71%になる。周波数が10kHzの場合、海中の磁界強度 H_y は真空の磁界強度 H_y の約28%になる。周波数が30kHzの場合、海中の磁界強度 H_y は真空の磁界強度 H_y の約6%になる。周波数が100kHzの場合、海中の磁界強度 H_y は真空の磁界強度 H_y の約0.1%になる。

[0048] このように、海中では周波数が10kHzを超えてしまうと、観測ポイント1～観測ポイント2の区間（すなわち、送電コイルCLAから5m程度の領域）では、磁界強度 H_y が真空の場合に比べて最大約20%まで減衰されることが理解できる。水中航走体60は、送電コイルCLA（または、中継コイルCLC）から数メートル程度離間して電力供給を受けることになるが、磁界強度 H_y が最大20%程度にまで減衰してしまうと、水中航走体60に対して効率的に非接触電力伝送を行うことはできない。

[0049] 海中で水中航走体60に対して効率的に非接触電力伝送を行うには、送電コイルCLAから数m程度の領域であると、最低でも真空比の30%程度の磁界強度が必要になる。したがって、海中での非接触電力伝送では、送電コイルCLAに印加する交流電圧の周波数を10kHz以下に設定することが必要になる。

[0050] 図8は、解析エリア301で設定した各材質（真空、水、海水）について、送電コイルCLAの周囲の磁界強度分布を示したものである。図8では4つの解析周波数（1kHz、3kHz、10kHz、100kHz）に対応する磁界強度分布を示している。

[0051] （第2の実施形態）

図9は、第2の実施形態における電力伝送システム400が置かれる環境の一例を示す模式図である。図9において、第1の実施形態と共通する部分については同じ符号を用いている。また、説明の簡潔のために、第1の実施形態と共通する部分については、適宜、説明を省略する。

[0052] [構成等]

電力伝送システム400は、送電コイルCLAと水面90の間に反射コイ

ルC L Rを有する点で、第1の実施形態と相違する。反射コイルC L Rは、送電コイルC L Aから水面90の方向へ放出される磁界を水底95の方向へ反射する。これにより、送電コイルC L Aから放出された磁界が水面90から放出されることを抑制できる。よって、送電コイルC L Aから放出された磁界と水上や水中での超長波（V L F）帯や極超長波（U L F）の通信との干渉を抑制することが可能になる。

[0053] 尚、反射コイルC L Rは、送電コイルC L Aとの共振を避ける必要があるため、受電コイルC L Bや中継コイルC L Cの様にコンデンサが接続されておらず、共振回路を形成しない。すなわち、反射コイルC L Rはコンデンサの無い閉ループになる。

[0054] また、反射コイルC L Rは、図9に示すような一つの環とは限らない。例えば、反射コイルC L Rの内側に、反射コイルC L Rよりもコイル直径の小さな第2の反射コイルを反射コイルC L Rと同心円状に配置してもよい。これにより、送電コイルC L Aから発生する磁界を水底方向へ反射可能な面積が増えるので、水面90から磁界が放出されることをより確実に抑えることができる。

[0055] [伝搬特性のシミュレーション]

図10は、電力伝送システム400の海中における磁界伝搬特性を調査するためのシミュレーションモデル500、600を示す。シミュレーションモデル500は、送電コイルC L Aのモデルと解析エリア510とから構成される。送電コイルC L Aは、コイル直径：10 m、コイル線径：0.2 m、コイルターン数：1としてモデル化を行っている。

[0056] 解析エリア510は、x方向（横方向）：15 m、y方向（縦方向）：30 m、z方向（奥行き方向）：15 mの直方体領域である。シミュレーションでは、解析エリア510の材質として、海水を設定し、海水中を伝搬する磁界の強度を調査する。シミュレーションモデル500では、送電コイルC L Aに対して、振幅：1 A、周波数：3 k H zの交流電流を流すものとする。また、シミュレーションモデル500では、解析エリア510の直方体上

面（ $z \times$ 平面）の中心点を原点として設定している。送電コイルCL Aの中心点は、原点に対して y 方向に -10 m シフトした位置になる。

[0057] シミュレーションモデル600は、送電コイルCL A、3つの中継コイル（CL C1、CL C2、CL C3）、2つの反射コイル（CL R1、CL R2）及び解析エリア610から構成される。送電コイルCL A、中継コイルCL C1～CL C3、及び反射コイルCL R1は、形状が同じであり、コイル直径： 10 m 、コイル線径： 0.2 m 、コイルターン数：1としてモデル化を行っている。反射コイルCL R2の形状は、コイル直径： 5 m 、コイル線径： 0.2 m 、コイルターン数：1としてモデル化を行っており、反射コイルCL R2の中心点は、反射コイルCL R1の中心点と重なって配置される。

[0058] シミュレーションモデル600の目的は、シミュレーションモデル500との対比によって、中継コイル（CL C1～CL C3）及び反射コイル（CL R1、CL R2）の有無による磁界強度の差を調査することである。

[0059] 解析エリア610は、解析エリア510と同様に、 x 方向（横方向）： 15 m 、 y 方向（縦方向）： 30 m 、 z 方向（奥行き方向）： 15 m の直方体領域である。シミュレーションでは、解析エリア610の材質として、海水を設定している。シミュレーションモデル600では、送電コイルCL Aに対して、振幅： 1 A 、周波数： 3 kHz の交流電流を流すものとする。

[0060] また、シミュレーションモデル600では、解析エリア610の直方体上面（ $z \times$ 平面）の中心点を原点として設定している。送電コイルCL Aの中心点は、原点に対して y 方向に -10 m シフトした位置になる。中継コイルCL C1の中心点は、原点に対して y 方向に -15 m シフトした位置になる。中継コイルCL C2の中心点は、原点に対して y 方向に -20 m シフトした位置になる。中継コイルCL C3の中心点は、原点に対して y 方向に -25 m シフトした位置になる。反射コイルCL R1及びCL R2の中心点は、原点に対して y 方向に -5 m シフトした位置になる。

[0061] 図11は、シミュレーションモデル500および600の海中における磁

界伝搬特性を示している。図11では、送電コイルCLAの中心点($x=0$ m、 $y=-10$ m、 $z=0$ m)における磁界強度を基準として、 y 軸上に沿った深さ方向の相対的な磁界強度をプロットしている。

[0062] 図11を参照すると、海面からの深さが10 mよりも深い領域($y < -10$)では、シミュレーションモデル600の磁界強度は、シミュレーションモデル500の磁界強度よりも大きくなっていることが理解できる。これは、前述したように、シミュレーションモデル600では、送電コイルCLAから発せられた磁界によって、3つの中継コイル(CLC1~CLC3)が連鎖的に磁気共鳴を起こすからである。これにより、シミュレーションモデル600(すなわち電力伝送システム400)では、 $y < -10$ の領域でも磁界強度を高く維持することができる。中継コイルCLC1~CLC3を深さ方向に多段的に配置することによって、水中航走体60に電力供給を行うことが可能な領域が増大する。

[0063] より具体的には、中継コイルCLC1の中心点($x=0$ m、 $y=-15$ m、 $z=0$ m)における磁界強度は、中継コイルが無い場合に比べて3.1 dB増大する。また、中継コイルCLC2の中心点($x=0$ m、 $y=-20$ m、 $z=0$ m)における磁界強度は、中継コイルが無い場合に比べて12.5 dB増大する。中継コイルCLC3の中心点($x=0$ m、 $y=-25$ m、 $z=0$ m)における磁界強度は、中継コイルが無い場合に比べて20.2 dB増大する。また、ポイント($x=0$ m、 $y=-30$ m、 $z=0$ m)における磁界強度は、中継コイルが無い場合に比べて25.1 dB増大する。

[0064] 一方、海面からの深さが10 mよりも浅い領域($y > -10$)では、シミュレーションモデル600の磁界強度は、シミュレーションモデル500の磁界強度よりも小さくなっていることが理解できる。これは、前述したように、シミュレーションモデル600では、送電コイルCLAから発せられた磁界が、2つの反射コイル(CLR1、CLR2)によって、海底へ反射されるからである。したがって、反射コイルCLR1、CLR2を配置することによって、水面から放射される磁界の強度を小さくすることが可能となる

。

[0065] より具体的には、反射コイルC L R 1 及びC L R 2 の中心点 ($x = 0$ m、 $y = -5$ m、 $z = 0$ m) における磁界強度は、反射コイルが無い場合に比べて4 d B 減少する。また、原点 (海面) における磁界強度は、反射コイルが無い場合に比べて5. 3 d B 減少する。

[0066] [第1, 第2の実施形態の効果等]

このように、第1の実施形態の電力伝送システム10によれば、送電コイルC L Aに印加する交流電圧の周波数を10 k H z以下にするので、送電コイルC L Aから送電コイルC L Aの直径の概半分の領域で、最低でも真空比の30%程度の磁界強度を維持することができる。したがって、海中を移動する水中航走体60に対して効率的に非接触電力伝送を行うことが可能になる。したがって、海中での非接触電力伝送では、送電コイルC L Aに印加する交流電圧の周波数を10 k H z以下に設定することが必要になる。

[0067] また、第2の実施形態の電力伝送システム400によれば、送電コイルC L Aと水面90の間に反射コイルC L Rを備えるので、送電コイルC L Aから水面90の方向へ放出される磁界を水底95の方向へ反射させることができる。これにより、送電コイルC L Aから放出された磁界が水面90から放出されることを抑制できる。よって、送電コイルC L Aから放出された磁界と水上や水中での超長波 (V L F) 帯や極超長波 (U L F) の通信との干渉を抑制することが可能になる。

[0068] また、第1, 第2の実施形態の電力伝送システム10、400によれば、送電コイルC L Aは、水中の流れがある環境においても錘40によって移動が抑制される。そのため、水中航走体60は、水中の流れがある環境においても、送電コイルC L Aに接触する必要なく、磁気共鳴方式による電力伝送の効率低下を抑制して、安定的に電力の供給を受けることができる。従って、水中航走体60は、データ収集等の活動を行いながら連続給電を受けることが可能になり、給電を受ける際の水中航走体60の稼働率が向上する。よって、送電装置100は、水中でのデータ収集活動の効率を向上できる。

[0069] また、送電装置１００は、送電装置１００の送電コイルＣＬＡ及び受電装置２００の受電コイルＣＬＢを用いることで、磁気共鳴方式によりワイヤレスで電力伝送できる。また、送電装置１００は、水中航走体６０が所定の給電場所に移動することなく電力を受けられるので、給電時においても水中航走体６０は自由に移動でき、ポジションフリーの電力伝送が可能となる。よって、送電装置１００は、水中航走体６０による水中や水底９５での活動が阻害されることを抑制できる。よって、水中航走体６０は、充電中でも作業範囲を拡大でき、作業中に連続充電できる。また、水中航走体６０は、任意のタイミングで充電できるので、作業時間を短縮できる。

[0070] また、送電装置１００は、中継コイルＣＬＣを用いることで、連続した電磁誘導により電力伝送距離を延長できる。例えば、図１に示したように、中継コイルＣＬＣを多段に水面９０付近から水底方向へ配置することで、送電装置１００は、水深の深い位置（例えば水深１０００ｍ以上）まで電力伝送可能となる。この場合、送電装置１００は、海底資源の採掘や調査を行う水中航走体６０に対して、ワイヤレスで電力伝送でき、給電時の水中航走体６０の稼働率の低下を抑制できる。

[0071] また、無給電により動作するための大型のバッテリーを水中航走体６０が備える必要がないので、水中航走体６０を小型化、軽量化できる。

[0072] （他の実施形態）

以上のように、本開示における技術の例示として、第１の実施形態を説明した。しかし、本開示における技術は、これに限定されず、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施形態にも適用できる。

[0073] 第１，第２の実施形態では、電力伝送システム１０として、海中又は海底においてデータ収集等を行う海底カメラシステムを例示したが、これ以外の用途に適用されてもよい。例えば、受電装置２００を様々なセンサを備える水中ロボットや無人探査機に設け、水中や水底９５に配置してもよい。これにより、水中ロボットや無人探査機により、水産資源や養殖の管理、橋梁やダムなどのインフラシステムの維持管理、港湾などの海底監視が可能となる。

。

[0074] 第1, 第2の実施形態では、水面90から水底95に向かって、送電コイルCLA、中継コイルCLC、及び受電コイルCLBが並んで配置されることを例示したが、コイルCLの配置方向はこれに限られない。例えば、水面90や水底95に沿う方向に、送電コイルCLA、中継コイルCLC、及び受電コイルCLBが並んで配置されてもよい。これにより、送電装置100は、水中で水平方向に電力伝送できる。

[0075] 第1, 第2の実施形態では、CPU130, 220を例示したが、CPU130, 220以外のプロセッサが用いられてもよい。プロセッサは、物理的にどのように構成してもよい。また、プログラム可能なプロセッサを用いれば、プログラムの変更により処理内容を変更できるので、プロセッサの設計の自由度を高めることができる。プロセッサは、1つの半導体チップで構成してもよいし、物理的に複数の半導体チップで構成してもよい。複数の半導体チップで構成する場合、第1の実施形態の各制御をそれぞれ別の半導体チップで実現してもよい。この場合、それらの複数の半導体チップで1つのプロセッサを構成すると考えることができる。また、プロセッサは、半導体チップと別の機能を有する部材（コンデンサ等）で構成してもよい。また、プロセッサが有する機能とそれ以外の機能とを実現するように、1つの半導体チップを構成してもよい。

[0076] （本開示の一形態の概要）

このように、送電装置100は、水中において、受電コイルCLBを有する水中航走体60に電力を伝送する。送電装置100は、磁界を介して受電コイルCLBに電力を伝送する送電コイルCLAと、周波数が10kHz以下の交流電圧を送電コイルCLAへ送電する送電部と、第1のコンデンサを備える。第1のコンデンサは、送電コイルCLAに接続されると共に、送電コイルCLAと共に上記周波数で共振する共振回路152を形成する。尚、送電部は、例えばドライバ151である。第1のコンデンサは、例えばコンデンサCAである。

- [0077] これにより、水中航走体60は、給電を受ける際に送電装置100付近に移動する必要がないので、データ収集等の活動を行いながら給電を受けることができる。従って、送電装置100は、給電時の水中航走体60の稼働率が向上でき、水中航走体60の水中でのデータ収等の活動の効率を向上できる。また、送電コイルCLAに印加する交流電圧の周波数を10kHz以下にするので、送電コイルCLAから送電コイルCLAの直径の概半分の領域で、所望の磁界強度を維持できる。従って、水中を移動する水中航走体60に対して効率的に非接触電力伝送を実施できる。
- [0078] また、送電装置100は、送電コイルCLAからの磁界を用いて受電コイルCLBに電力を伝送する少なくとも1つの中継コイルCLCと、少なくとも1つの第2のコンデンサと、送電コイルCLAと中継コイルCLCとを連結する連結体30と、を備えてもよい。第2のコンデンサは、中継コイルCLCに接続されると共に、中継コイルCLCと共に上記周波数で共振する共振回路を形成する。尚、第2のコンデンサは、例えばコンデンサCCである。
- [0079] これにより、送電装置100は、中継コイルCLCを用いて、電力伝送距離を延長できる。また、送電装置100は、連結体30により各コイルCLの移動を制限でき、共振回路による共振効率を向上できるので、電力伝送効率を向上できる。従って、送電装置100は、水中において水流が発生しても、水中航走体60の充電効率が低下することを抑制できる。
- [0080] また、送電コイルCLAは、水面90と略直交する方向に電力を伝送してもよい。
- [0081] これにより、送電装置100は、深さ方向に電力伝送距離を延長でき、水深の深い場所（深海）に位置する水中航走体60に対して給電でき、水中航走体60の作業効率を向上できる。
- [0082] また、送電コイルCLAは、電力を伝送するとともに、データを通信してもよい。
- [0083] これにより、水中航走体60は、データ収集等の活動効率の低下を抑制し

ながら、送電装置１００からの電力を充電でき、水中航走体６０との間でデータ通信できる。

[0084] また、送電装置１００は、送電コイルＣＬＡが発生する磁界を水底９５に向けて反射する反射コイルＣＬＲを備えてもよい。

[0085] これにより、送電装置１００は、送電コイルＣＬＡから放出された磁界が水面９０から放出されることを抑制でき、送電コイルＣＬＡから放出された磁界と水上や水中での超長波帯や極超長波の通信との干渉を抑制できる。

[0086] 本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2015年7月21日出願の日本特許出願特願2015-144090に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0087] 本開示は、給電時の水中航走体の稼働率を向上できる送電装置等に有用である。

符号の説明

[0088] １０，４００ 電力伝送システム

２０ 電線

３０ 連結体

４０ 錘

４５ ブイ

５０ 船舶

６０ 水中航走体

７０ 潜水艇

８０ 水底掘削機

９０ 水面

９５ 水底

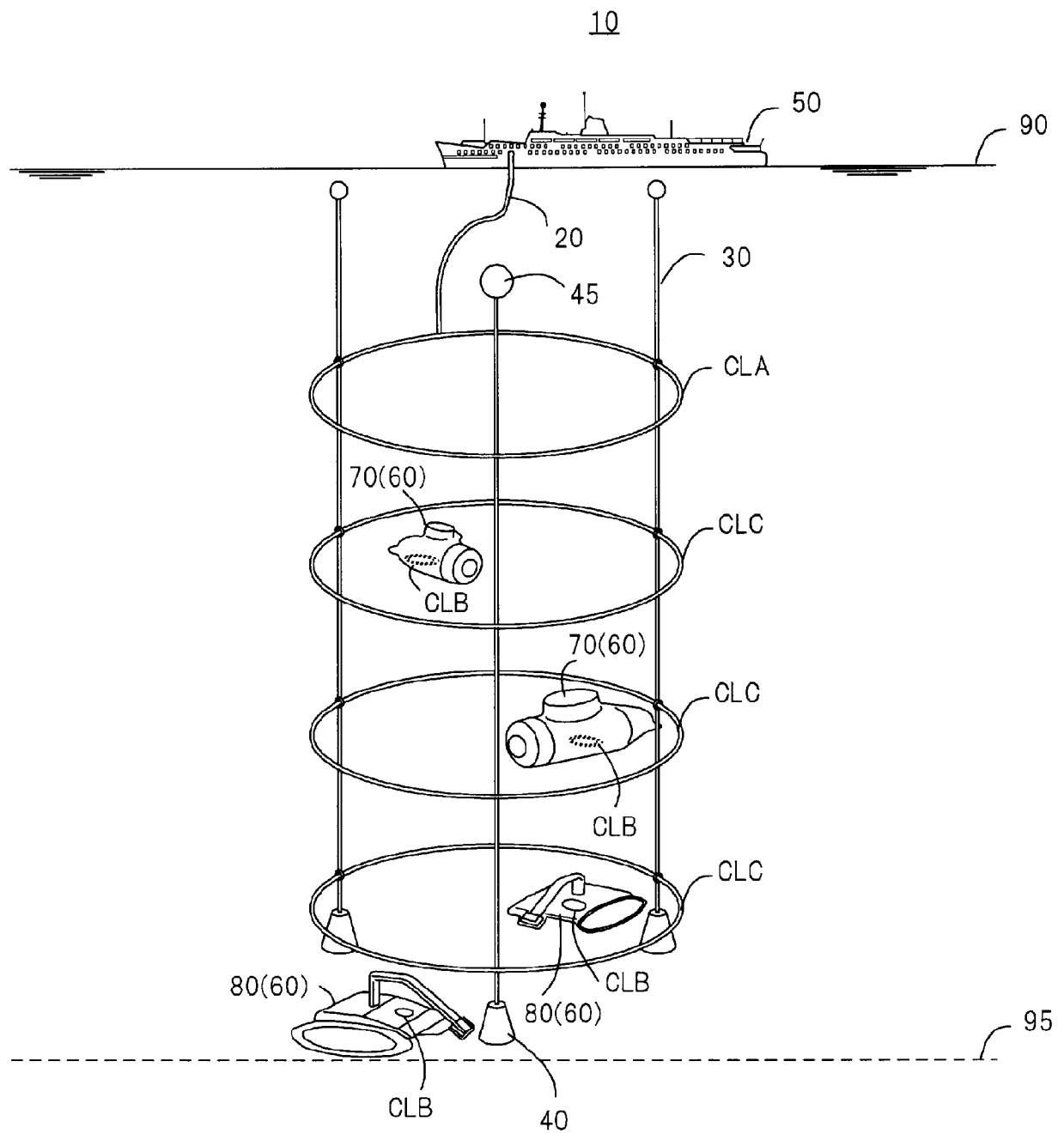
１００ 送電装置

1 1 0 電源
1 2 0 A D C
1 3 0 C P U
1 4 0 情報通信部
1 4 1 変復調回路
1 5 0 送電回路
1 5 1 ドライバ
1 5 2 共振回路
2 0 0 受電装置
2 1 0 受電回路
2 1 1 整流回路
2 1 2 レギュレータ
2 2 0 C P U
2 3 0 充電制御回路
2 4 0 2 次電池
2 5 0 情報通信部
2 5 1 変復調回路
3 0 0, 5 0 0, 6 0 0 シミュレーションモデル
3 1 0, 5 1 0, 6 1 0 解析エリア
C L コイル
C L A 送電コイル
C L B 受電コイル
C L C, C L C 1, C L C 2, C L C 3 中継コイル
C L R, C L R 1, C L R 2 反射コイル
C A, C B, C C コンデンサ

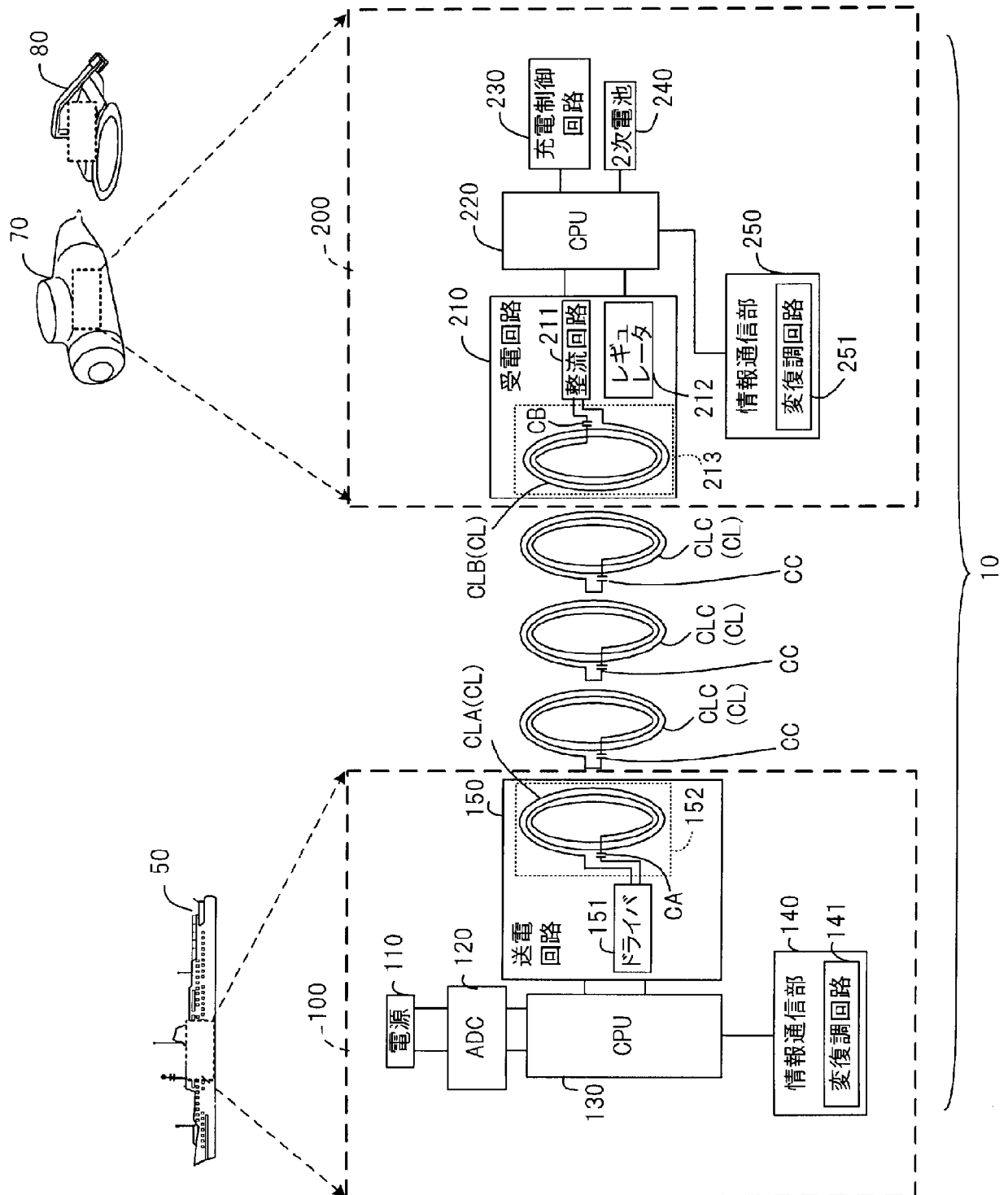
請求の範囲

- [請求項1] 水中において、受電コイルを有する水中航走体に電力を伝送する送電装置であって、
- 磁界を介して前記受電コイルに電力を伝送する送電コイルと、
- 周波数が10kHz以下の交流電圧を前記送電コイルへ送電する送電部と、
- 前記送電コイルに接続されると共に、前記送電コイルと共に前記周波数で共振する共振回路を形成する第1のコンデンサと、
- を備える送電装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の送電装置であって、更に、
- 前記送電コイルからの磁界を用いて前記受電コイルに電力を伝送する少なくとも1つの中継コイルと、
- 前記中継コイルに接続されると共に、前記中継コイルと共に前記周波数で共振する共振回路を形成する少なくとも1つの第2のコンデンサと、
- 前記送電コイルと前記中継コイルとを連結する連結体と、
- を備える送電装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の送電装置であって、
- 前記送電コイルは、水面と略直交する方向に電力を伝送する、送電装置。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれか1項に記載の送電装置であって、
- 前記送電コイルは、前記電力を伝送するとともに、データを通信する、送電装置。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載の送電装置であって、更に、
- 前記送電コイルが発生する磁界を水底に向けて反射する反射コイルを備える、送電装置。

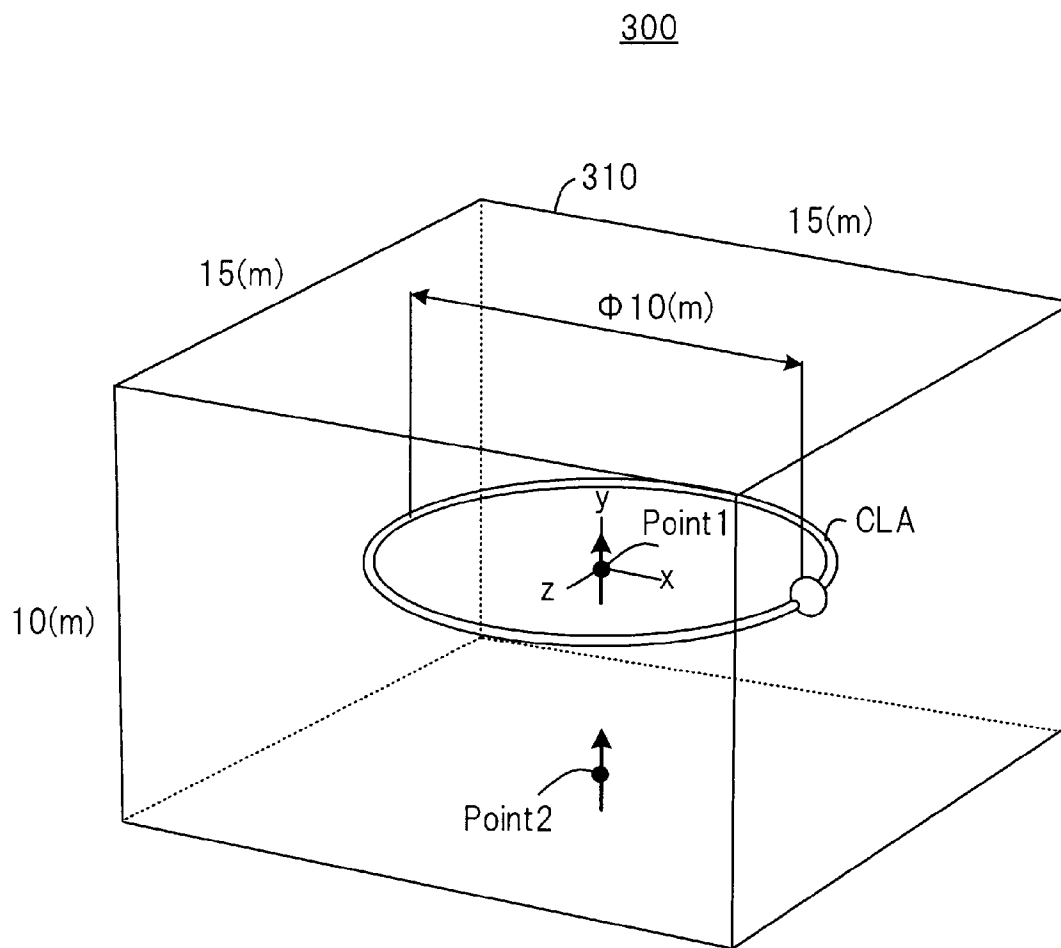
[図1]



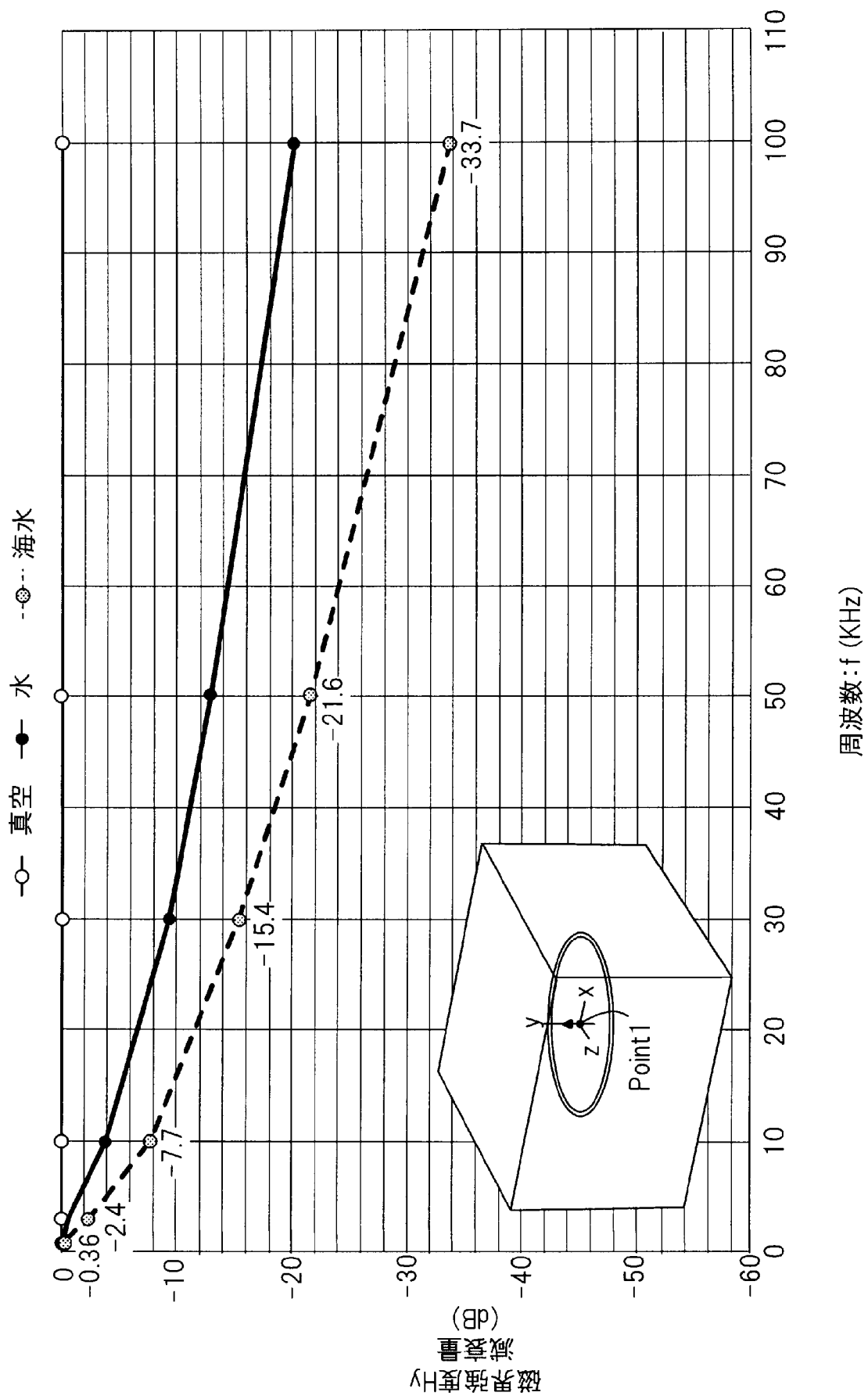
[図2]



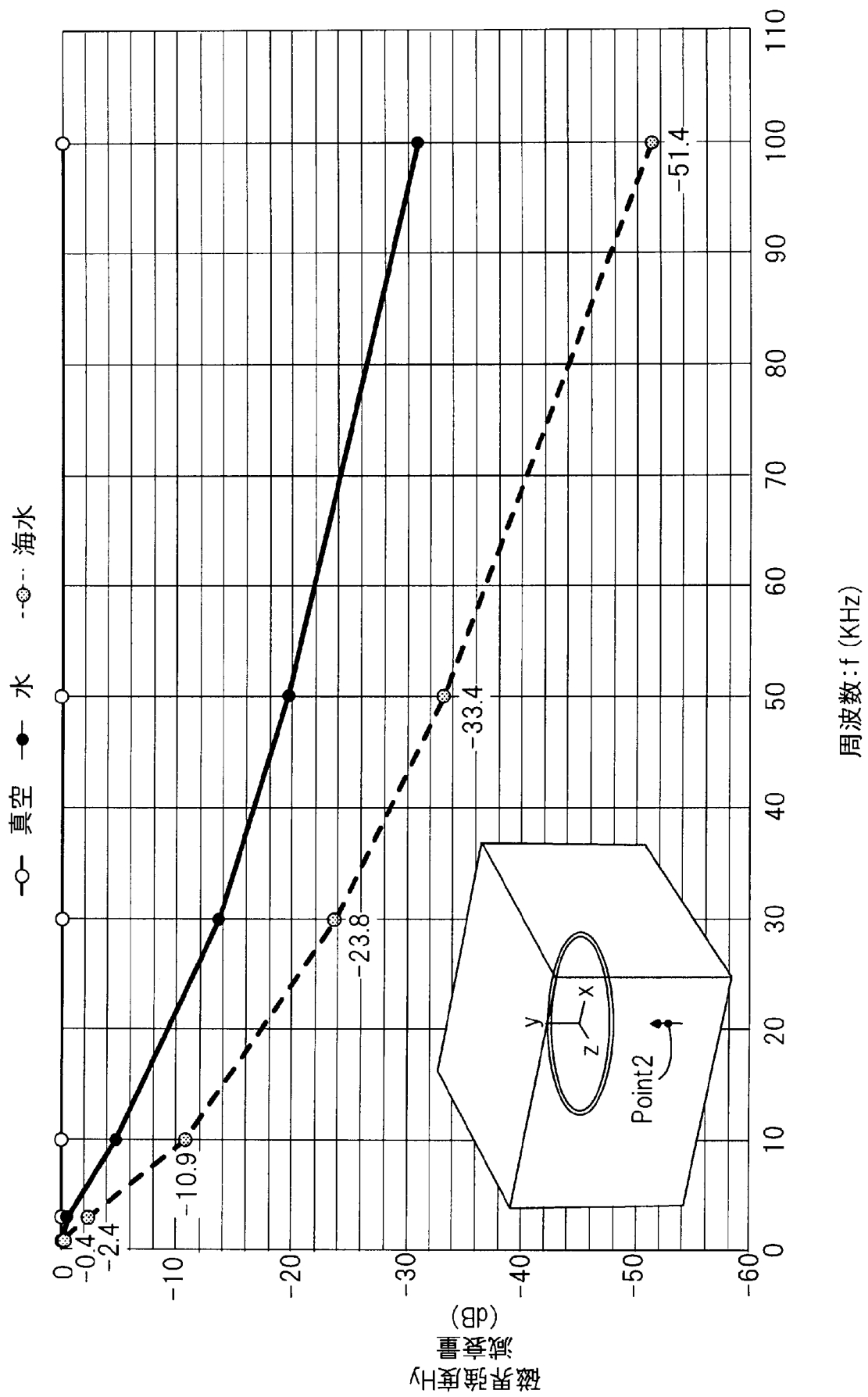
[図3]



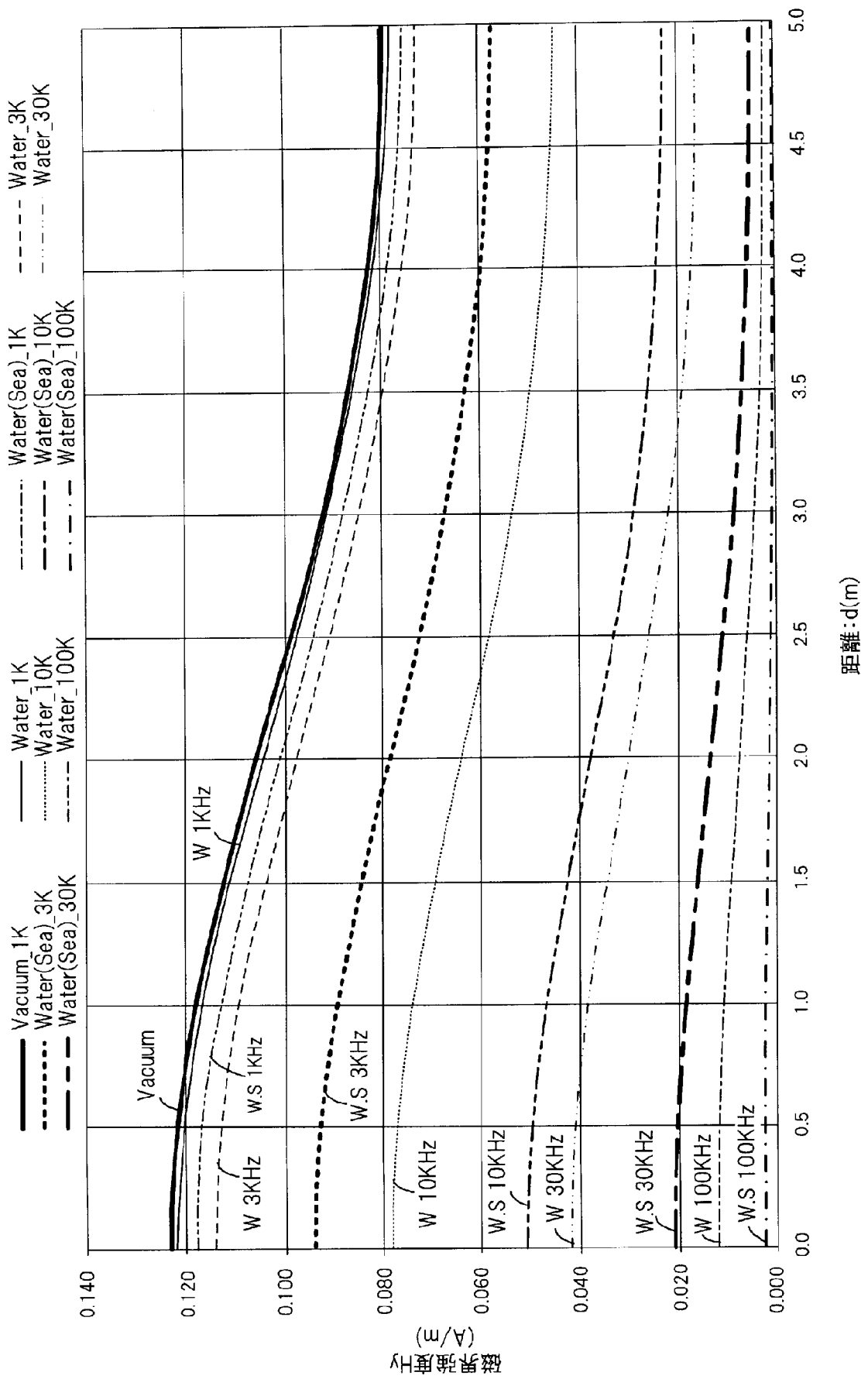
[図4]



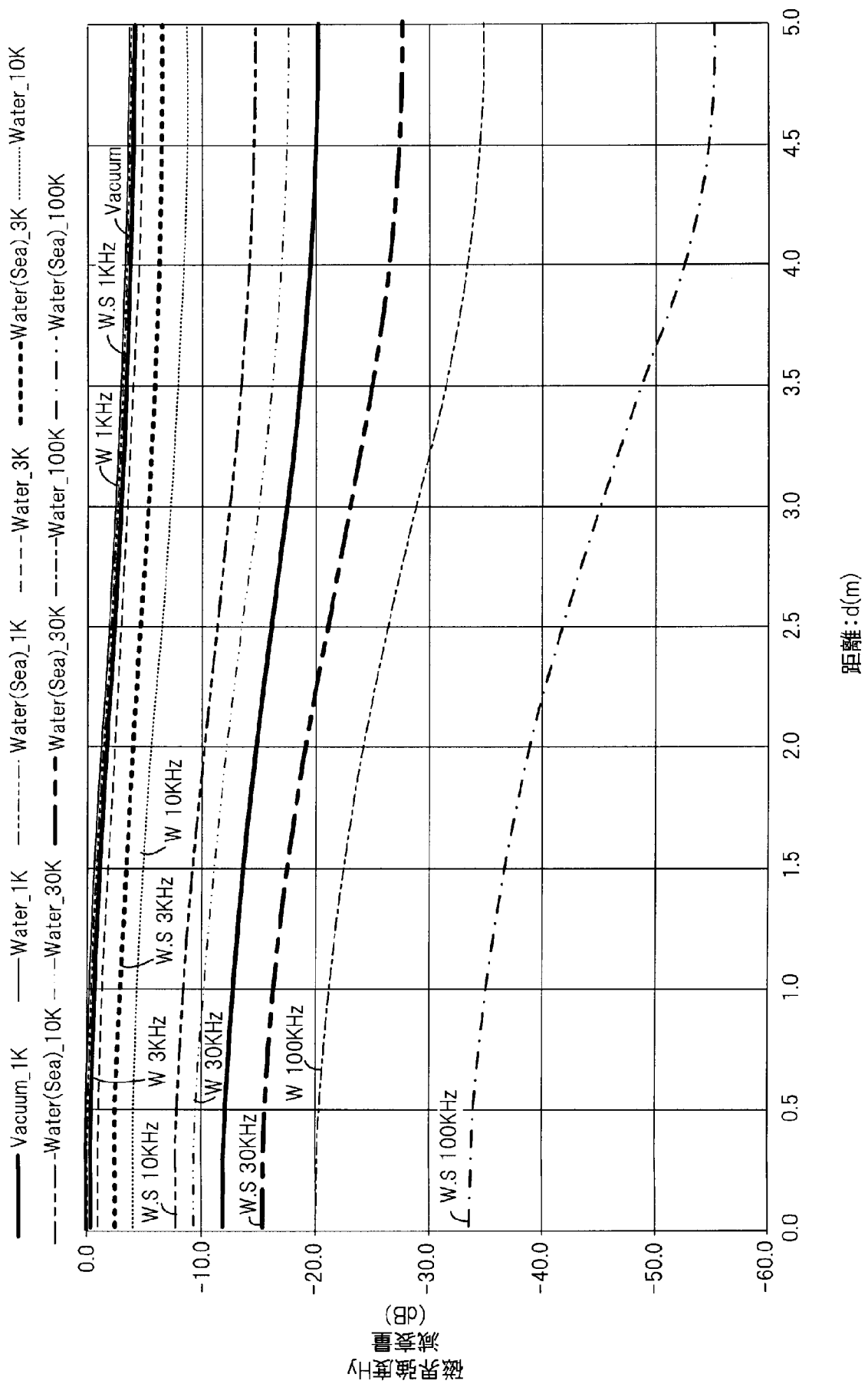
[図5]



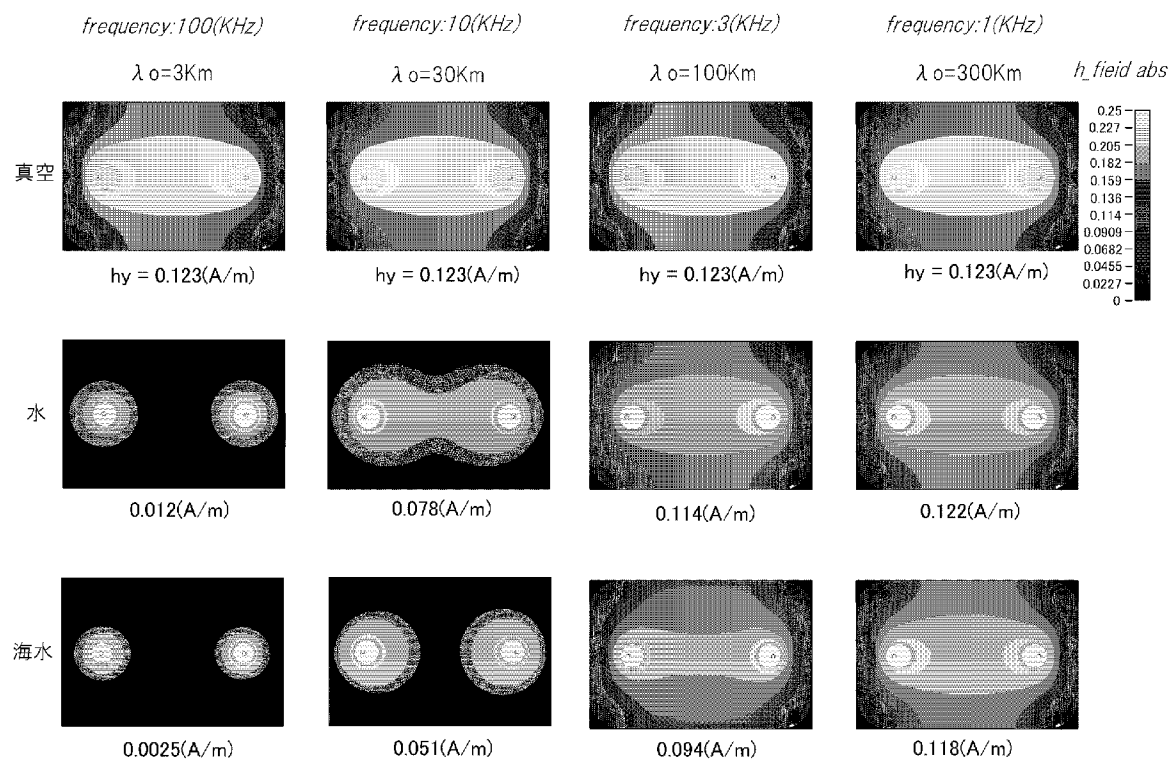
[図6]



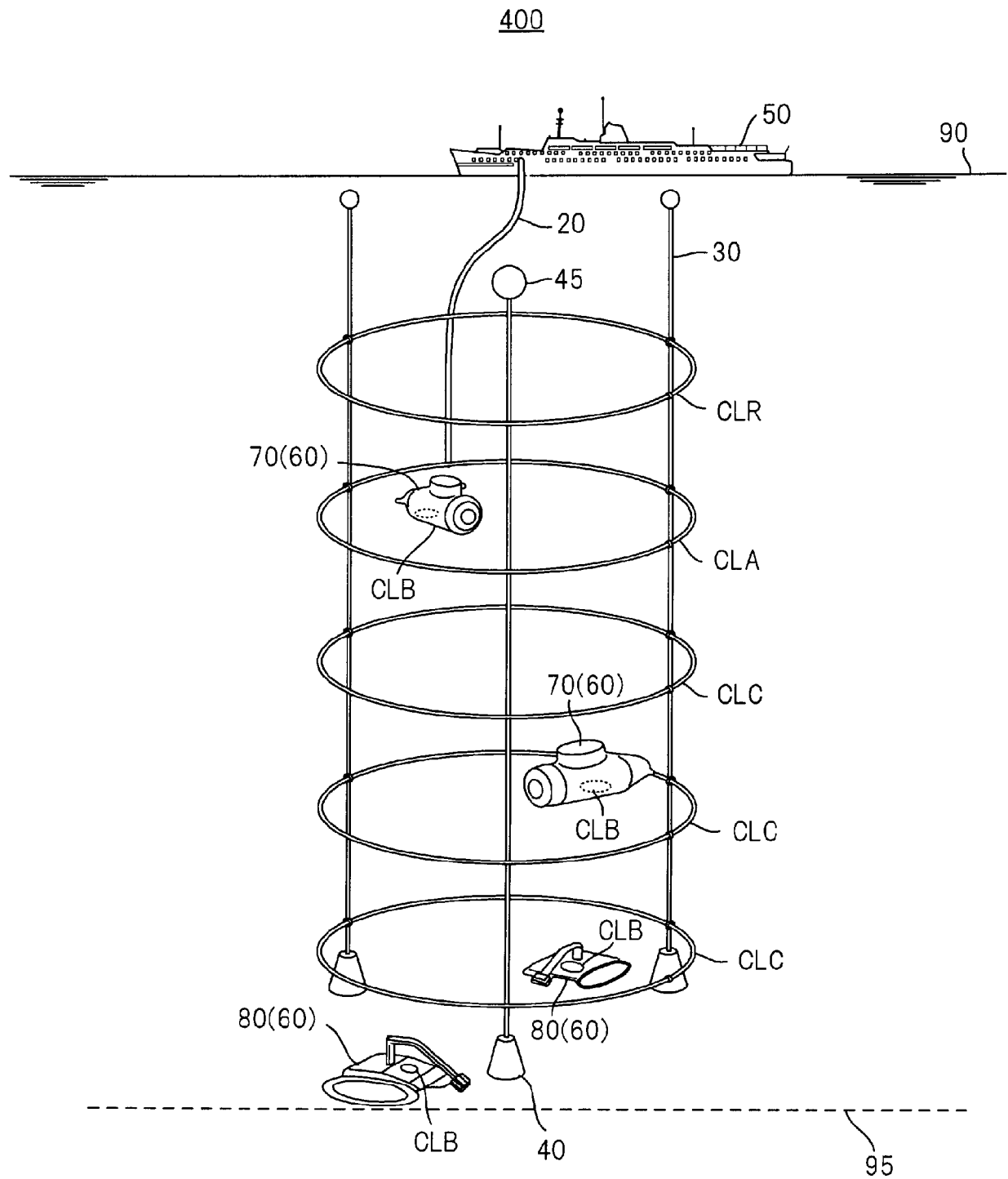
[図7]



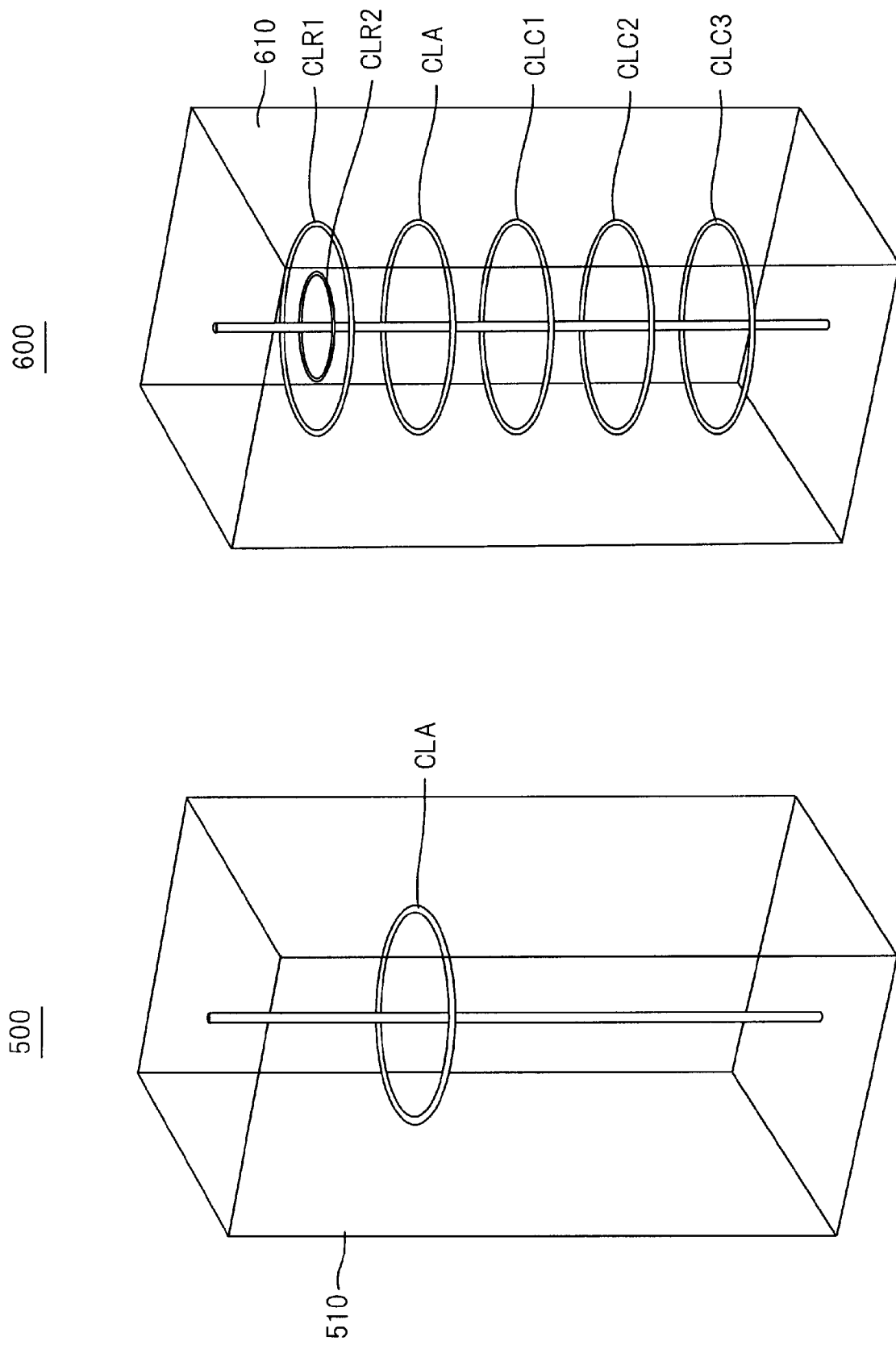
[図8]



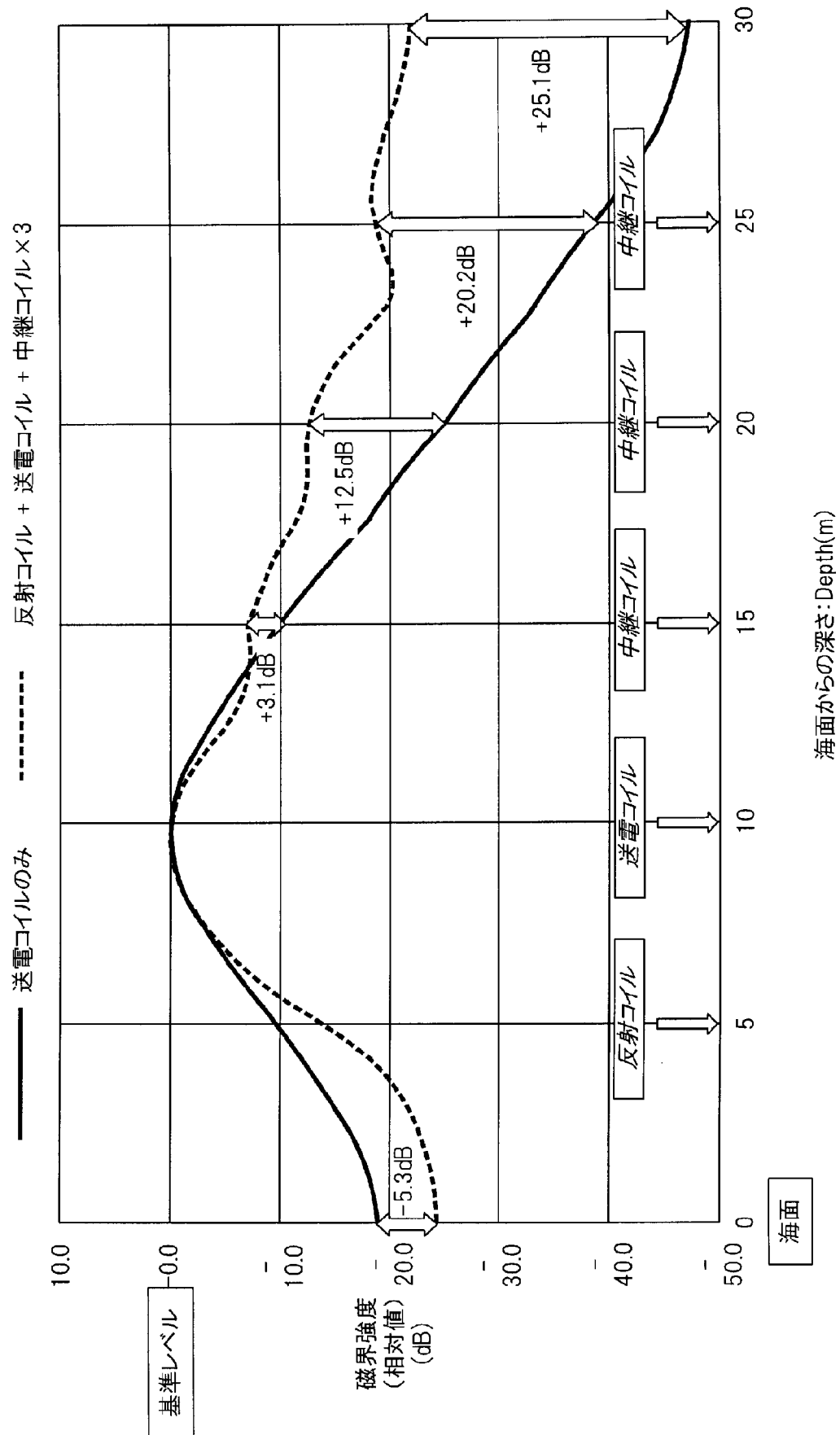
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/002600

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J50/50(2016.01)i, B63C11/00(2006.01)i, H02J50/12(2016.01)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)

H02J50/50, B63C11/00, H02J50/12

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2015-23669 A (IHI Transport Machinery Co., Ltd.), 02 February 2015 (02.02.2015), paragraphs [0066] to [0075]; fig. 4 & US 2016/0049799 A1 paragraphs [0175] to [0205]; fig. 4 & CN 105379063 A	1-5
Y	JP 2004-96182 A (Radic Co., Ltd.), 25 March 2004 (25.03.2004), paragraphs [0002] to [0011], [0027] to [0033], [0043] to [0044]; fig. 1, 6 (Family: none)	1-5



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
12 July 2016 (12.07.16)

Date of mailing of the international search report
19 July 2016 (19.07.16)

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/JP2016/002600

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 2014-222975 A (IHI Corp.), 27 November 2014 (27.11.2014), paragraphs [0019], [0068] to [0069]; fig. 1 & US 2016/0013664 A1 paragraphs [0132], [0188] to [0189]; fig. 6 & EP 2996221 A1 & CN 105191064 A	2-5
Y	WO 2014/129531 A1 (NEC Corp.), 28 August 2014 (28.08.2014), paragraph [0024]; fig. 1 & US 2015/0365066 A1 paragraphs [0076] to [0083]; fig. 2 & EP 2961035 A1	4-5
Y	JP 2013-215049 A (Advantest Corp.), 17 October 2013 (17.10.2013), paragraphs [0171] to [0183]; fig. 30 & US 2015/0015087 A1 paragraphs [0229] to [0242]; fig. 30 & TW 201345104 A	5
A	WO 2015/087724 A1 (RCS Ltd.), 18 June 2015 (18.06.2015), paragraphs [0015] to [0055], [0070]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02J50/50(2016.01)i, B63C11/00(2006.01)i, H02J50/12(2016.01)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. H02J50/50, B63C11/00, H02J50/12

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2015-23669 A (I H I 運搬機械株式会社) 2015.02.02, [0066] - [0075], 図4 & US 2016/0049799 A1, [0175] - [0205], 図4 & CN 105379063 A	1-5
Y	JP 2004-96182 A (株式会社レイディック) 2004.03.25, [0002] - [0011], [0027] - [0033], [0043] - [0044], 図1, 図6 (ファミリーなし)	1-5

☒ 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

12.07.2016

国際調査報告の発送日

19.07.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

緑川 隆

電話番号 03-3581-1101 内線 3568

5 T

5585

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-222975 A (株式会社 I H I) 2014. 11. 27, [0019], [0068] - [0069], 図1 & US 2016/0013664 A1, [0132], [0188] - [0189], 図6 & EP 2996221 A1 & CN 105191064 A	2 - 5
Y	WO 2014/129531 A1 (日本電気株式会社) 2014. 08. 28, [0024], 図1 & US 2015/0365066 A1, [0076] - [0083], 図2 & EP 2961035 A1	4 - 5
Y	JP 2013-215049 A (株式会社アドバンテスト) 2013. 10. 17, [0171] - [0183], 図30 & US 2015/0015087 A1, [0229] - [0242], 図30 & TW 201345104 A	5
A	WO 2015/087724 A1 (有限会社アール・シー・エス) 2015. 06. 18, [0015] - [0055], [0070], 図1 - 6 (ファミリーなし)	1 - 5