

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年1月4日(04.01.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/003568 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 50/12 (2016.01) B63C 11/00 (2006.01)
H02J 50/50 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/022515
- (22) 国際出願日: 2017年6月19日(19.06.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-130997 2016年6月30日(30.06.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 出口 太志(DEGUCHI Futoshi). 川田 壮一(KAWATA Souichi). 江口 和弘(EGUCHI Kazuhiro). 岡本 克也(OKAMOTO Katsuya). 小柳 芳雄(KOYANAGI Yoshio). 榎場 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: POWER TRANSMISSION DEVICE

(54) 発明の名称: 送電装置

[図4]

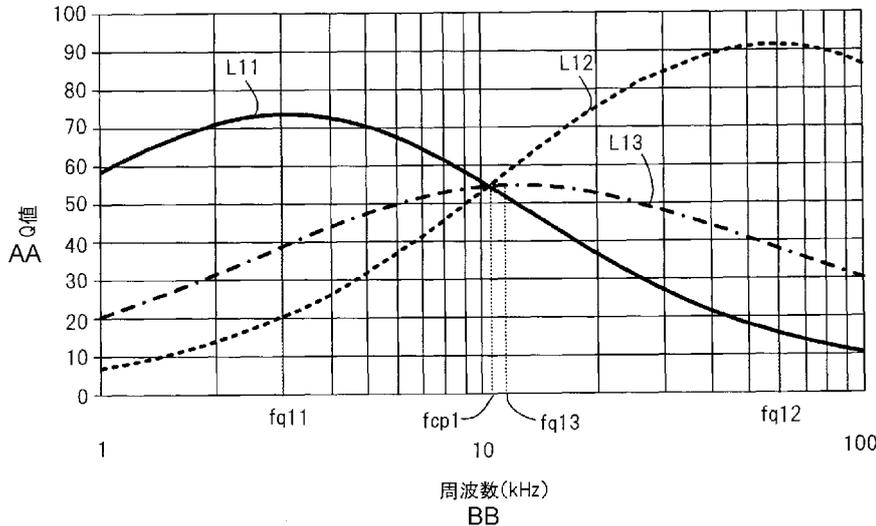


FIG. 4:
AA Q value
BB Frequency

(57) Abstract: Provided is a power transmission device that can improve the transmission efficiency of contactless power transmission to a power reception device in water. The power transmission device transmits power, in water, to the power reception device which has a power reception coil. The power transmission device comprises: a power transmission coil that transmits power to the power reception coil via a magnetic field; a power transmission unit that transmits alternating-current power of a prescribed frequency to the power transmission coil; and a first capacitor that is connected to



WO 2018/003568 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the power transmission coil and forms a resonant circuit that resonates with the power transmission coil. The prescribed frequency is any frequency between a first frequency at which the geometrical mean value of the Q value of the power transmission coil and the Q value of the power reception coil is maximum, and a second frequency at which the Q value of the power transmission coil and the Q value of the power reception coil have the same value.

(57) 要約 : 水中における受電装置への非接触電力伝送の伝送効率を向上できる送電装置を提供する。送電装置は、水中において、受電コイルを有する受電装置に電力を伝送する。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、所定の周波数の交流電力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。所定の周波数は、送電コイルのQ値及び受電コイルのQ値の相乗平均値が最大となる第1の周波数と、送電コイルのQ値及び受電コイルのQ値が同値となる第2の周波数と、の間のいずれかの周波数である。

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] 磁界共鳴方式による電力伝送の伝送効率を表す1つの指標として、電力伝送に用いられるコイルのQ値（Quality factor）がある。磁

界共鳴方式による電力伝送には、少なくとも送電用共鳴コイルと受電用共鳴コイルを含む複数のコイルが用いられる。複数のコイルは、大きさ、材質、長さ、巻き数などの特性（コイル特性）が異なることがある。コイルのQ値は、コイル特性に応じて異なる。そのため、1つのコイルのコイル特性に合わせたQ値が得られる周波数が、電力伝送に用いられる周波数（伝送周波数）として設定されると、電力伝送の伝送効率が低下する虞がある。

[0006] 本開示は、上記事情に鑑みてなされたものであり、水中における受電装置への非接触電力伝送の伝送効率を向上できる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受電装置に電力を伝送する。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、所定の周波数の交流電力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。上記の所定の周波数は、送電コイルのQ値及び受電コイルのQ値の相乗平均値が最大となる第1の周波数と、送電コイルのQ値及び受電コイルのQ値が同値となる第2の周波数と、の間のいずれかの周波数である。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、水中における受電装置への非接触電力伝送の伝送効率を向上できる。

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]第1のシミュレーションに用いられるシミュレーションモデルの一例を示す模式図

[図4]図3のシミュレーションモデルを用いた場合の各コイルのQ値の周波数特性の一例を示すグラフ

[図5]図3のシミュレーションモデルを用いた場合の各コイルの伝送効率の周波数特性の一例を示すグラフ

[図6]第2のシミュレーションに用いられるシミュレーションモデルの一例を示す模式図

[図7]図6のシミュレーションモデルを用いた場合の各コイルのQ値の周波数特性の一例を示すグラフ

[図8]図6のシミュレーションモデルを用いた場合の各コイルの伝送効率の周波数特性の一例を示すグラフ

[図9]コイルが配置される媒質毎のコイルのQ値の周波数特性の一例を示すグラフ

[図10]反射コイルが設けられた電力伝送システムが置かれる環境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、樹脂のカバーで被覆さ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。また、コイルCLは、例えばキャプタイヤケーブルで形成される。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CLC同志は、略平行に配置され、中継コイルCLC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CLC間の間隔は、例えば中継コイルCLCの半径以上確保される。中継コイルCLCは、送電コイルCLAによる電力伝送を補助する。
- [0014] 送電コイルCLAは、送電装置100に設けられる。受電コイルCLBは、受電装置200に設けられる。中継コイルCLCは、送電装置100に設けられても、受電装置200に設けられても、送電装置100及び受電装置200とは別に設けられてもよい。中継コイルCLCは、一部が送電装置100に設けられ、他の一部が受電装置200に設けられてもよい。
- [0015] 送電装置100は、船舶50に設置される。受電装置200は、移動可能な水中航走体60 (例えば潜水艇70や水底掘削機80) や固定的に設置される受電装置 (例えば地震計、監視カメラ、地熱発電機) に設置される。各コイルCLは、水中 (例えば海中) に配置される。
- [0016] 潜水艇70は、例えば、遠隔操作無人探査機 (ROV: Remotely Operated Vehicle)、無人潜水艇 (UUV: Unmanned Underwater Vehicle)、又は自立型無人潜水機 (AUV: Autonomous Underwater Vehicle) を含んでもよい。
- [0017] 船舶50の一部は、水面90 (例えば海面) より上部つまり水上に存在し、船舶50の他の一部は、水面90よりも下部つまり水中に存在する。船舶

50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50の送電装置100と送電コイルCLAとの間は、電線20により接続される。電線20は、水上のコネクタを介して、例えば送電装置100内のドライバ151（図2参照）と接続される。

[0018] 水中航走体60は、水中又は水底95（例えば海底）に存在し、水中又は水底95を航走する。例えば、水上の船舶50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50からの指示は、各コイルCL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。

[0019] 各コイルCLは、連結体30と接続され、例えば等間隔に配置される。隣り合うコイルCL間の距離（コイル間隔）は、例えば5mである。コイル間隔は、例えばコイルCLの直径の半分程度の長さである。伝送周波数は、水中又は海中での磁界強度の減衰量を考慮すると、例えば40kHz以下であり、10kHz未満とされることが好ましい。また、10kHz以上の送信周波数で電力伝送する場合には、電波法の規定に基づいて所定のシミュレーションを行う必要があり、10kHz未満の場合にはこの作業を省略できる。尚、伝送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CLが大きくなり、コイル間隔が長くなる。

[0020] 伝送周波数は、コイルCLのインダクタンス、コイルCLの直径、コイルのCLの巻き数等のコイル特性に基づき定まる。コイルCLの直径は、例えば数m～数10mである。また、コイルCLの太さが太い程、つまりコイルCLの線径が大きい程、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。

[0021] 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。

- [0022] 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。
- [0023] また、連結体30において、受電コイルCLB側の端部に錘40が接続され、送電コイルCLA側の端部にブイ45が接続されることで、錘40が水底側、ブイ45が水面側となり、連結体30が水面90と略垂直となる姿勢を維持できる。よって、各コイルCLにより定義される面は、水面90と略平行となり、磁界共鳴方式によって水深方向（水面と略直交する方向）に電力伝送できる。
- [0024] 尚、錘40は、連結体30の運搬時には連結体30から取り外され、連結体30の運搬が終了し、所定の位置に設置される際に、連結体30に錘40が取り付けられてもよい。これにより、連結体30の運搬が容易になる。
- [0025] 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。
- [0026] 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。
- [0027] 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。
- [0028] 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。
- [0029] 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。

[0030] 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、ADC120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の出カインピーダンスにインピーダンス整合される。

[0031] 尚、ドライバ151が変換することで得られる交流電圧に係る所定の周波数は、送電装置100と受電装置200との間での電力伝送の伝送周波数に相当し、共振周波数に相当する。本実施形態では、この伝送周波数が、各コイルCLのQ値に基づき設定される。設定される伝送周波数の詳細について後述する。

[0032] 受電装置200は、受電回路210、CPU220、充電制御回路230、2次電池240、及び情報通信部250を備える。

[0033] 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の入カ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。

[0034] CPU220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。

[0035] 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。

[0036] 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。

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] [コイルの共振条件]

まず、第1のシミュレーションについて説明する。

[0044] 図3は、第1のシミュレーションに用いられるシミュレーションモデル300の一例を示す模式図である。シミュレーションモデル300は、電力伝送用コイルCL α 及び受電コイルCLBを含む。電力伝送用コイルCL α は、電力伝送に用いられるコイルであり、例えば、送電コイルCLA及び中継コイルCLCを含む。第1のシミュレーションでは、シミュレーションモデル300が海中に配置されてシミュレーションされる。図3では、例えば、y方向が水面90と直交する方向であり、電力が伝送される方向である。また、例えば、xz面が水面90と平行になる。

[0045] シミュレーションモデル300では、電力伝送用コイルCL α （送電コイルCLA，中継コイルCLC）のコイル特性として、電力伝送用コイルCL α の直径を1000mm（=1.0m）とし、電力伝送用コイルCL α （送電コイルCLA，中継コイルCLC）の巻き数を10回とし、電力伝送用コイルCL α （送電コイルCLA，中継コイルCLC）の線径を9.1mmとしている。つまり、送電コイルCLAと中継コイルCLCとのコイル特性は同じである。よって、送電コイルCLAと中継コイルCLCとは、例えばQ値の周波数特性が同じになる。

[0046] また、受電コイルCLBのコイル特性として、受電コイルCLBの直径を150mm（=15cm）とし、受電コイルCLBの巻き数を23回とし、受電コイルCLBの線径を2.0mmとしている。

[0047] 尚、受電コイルCLBは、各種機器（例えば後述する水中航走体60）に搭載されることが多い。そのため、受電コイルCLBの直径は、電力伝送用の送電コイルCLAや中継コイルCLCの直径と比較すると、小さいことが多い。受電コイルCLBの直径が小さくなると、コイルのインダクタンス（L）が小さくなる。受電コイルCLBは、電力伝送用コイルCL α と比較す

ると、インダクタンスの低下を抑制するために、コイルの巻き数を多くされることが多い。

[0048] 図4は、シミュレーションモデル300を用いた場合の各コイルのQ値の周波数特性の一例を示すグラフである。図4の横軸は周波数を示し、縦軸はQ値を示す。図4では、電力伝送用コイルCL α のQ値の周波数特性L11と、受電コイルCLBのQ値の周波数特性L12と、後述する仮想Q値の周波数特性L13と、が示されている。

[0049] Q値は、共振回路の共振のピークの鋭さを表す。よって、Q値が高い程、コイルCLによる伝送効率が向上する。Q値は、角周波数 ω 、抵抗成分R、インダクタンス成分L、キャパシタンス成分Cを用いると、以下の(式1)で示される。

[数1]

$$Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega CR} \quad \dots \text{(式1)}$$

[0050] また、角周波数 ω は、インダクタンス成分L、キャパシタンス成分Cを用いると、以下の(式2)で示される。

[数2]

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad \dots \text{(式2)}$$

[0051] 図4において周波数特性L13で示された仮想Q値は、電力伝送用コイルCL α のQ値及び受電コイルCLBのQ値に基づいて導出される。例えば、電力伝送用コイルCL α のQ値をQ1とし、受電コイルCLBのQ値をQ2とし、仮想コイルXの仮想Q値をQ3とすると、Q3は、以下の(式3)で表される。仮想Q値としてのQ3は、例えば、周波数毎にQ1及びQ2に基づいて算出され、周波数特性L13が導出される。(式3)では、Q3は、Q1及びQ2の相乗平均値となっている。

[数3]

$$Q3 = \sqrt{(Q1 \times Q2)} \quad \dots \quad (\text{式3})$$

[0052] 図4を参照すると、電力伝送用コイルCL α のQ値(=Q1)の周波数特性L11では、比較的低い周波数f q 11(例えば周波数3.0kHz)の位置に、Q値の最大値が存在することが理解できる。また、受電コイルCLBのQ値(=Q2)の周波数特性L12では、比較的高い周波数f q 12(例えば周波数59.3kHz)の位置に、Q値の最大値が存在することが理解できる。また、仮想Q値(=Q3)の周波数特性L13では、周波数特性L11とL12との交点(クロスポイント)となる周波数f c p1(例えば周波数11kHz)、つまりQ1とQ2とが同値となる周波数f c p1近傍の周波数f q 13(例えば周波数12.3kHz)の位置に、Q値の最大値が存在することが理解できる。尚、具体的なQ値の大きさは、コイルCLのコイル特性(コイルCLに関する各パラメータ)に依存する。

[0053] シミュレーションモデル300では、電力伝送用コイルCL α と受電コイルCLBとを比較すると、電力伝送用コイルCL α は受電コイルCLBよりもコイルの直径が大きい。そのため、電力伝送用コイルCL α は受電コイルCLBよりもインダクタンス(L)が大きくなる。そのため、(式2)より、電力伝送用コイルCL α は受電コイルCLBよりも角周波数 ω が小さくなる、よって、電力伝送用コイルCL α のQ値が最大となる周波数f q 11は、受電コイルCLBのQ値が最大となる周波数f q 12よりも低くなる。

[0054] 図4のQ値の周波数特性L11~L13を参照すると、電力伝送用コイルCL α から受電コイルCLBへ電力伝送する場合、つまり、送電コイルCLAから中継コイルCLCを介して受電コイルCLBへ電力伝送する場合、伝送周波数として以下の3つのいずれかが想定される。具体的には、電力伝送用コイルCL α のQ値が高くなる周波数f q 11付近の周波数を用いるか、受電コイルCLBのQ値が高くなる周波数f q 12付近の周波数を用いるか、仮想Q値が高くなる周波数f q 13付近の周波数を用いるか、の3つが考

えられる。

[0055] 図5は、シミュレーションモデル300を用いた場合の各コイルの伝送効率の周波数特性の一例を示すグラフである。図5の横軸は周波数を示し、縦軸は電流又は電圧の伝送効率を示す。この伝送特性は、送電コイルCLAの送信電力に対する受電コイルCLBの受電電力の比率を示し、S21パラメータに相当する。

[0056] 図5では、Q1の最大値に対応する周波数 f_{q11} の位置に、伝送効率のピーク値P11（例えば値0.46）が出現している。また、Q2の最大値に対応する周波数 f_{q12} の位置に、伝送効率のピーク値P12（例えば値0.38）が出現している。また、Q3の最大値に対応する周波数 f_{q13} の位置に、伝送効率のピーク値P13（例えば値0.57）が出現する。尚、Q値が大きい程、伝送効率が高くなり、Q値が一定以上に小さい場合、電力エネルギーの伝達が不十分となり、電力伝送が困難となる。

[0057] 尚、図5の縦軸の伝送効率が2乗されることで、電力の伝送効率 η が導出される。図5では、周波数 f_{q11} での電力の伝送効率 η は、21.3%である。周波数 f_{q12} での電力の伝送効率 η は、14.8%である。周波数 f_{q13} での電力の伝送効率 η は、32.8%である。

[0058] このように電力の伝送効率 η は、上記のように2乗で表されるため、各コイルのQ値の相乗平均を導出することで、伝送効率 η が高くなる（例えば最大となる）周波数を導出できる。

[0059] 尚、シミュレーションにおける各種処理や各種演算は、例えば、シミュレーション装置（例えばPC（Personal Computer））のCPU、送電装置100のCPU130、又は受電装置200のCPU220により行われる。

[0060] 図5を参照すると、ピーク値P11~P13のうち、ピーク値P13が最大である。従って、伝送効率の最大値としてのピーク値P13が得られる周波数、つまりQ3の周波数特性L13の最大値から導出された周波数 f_{q13} が選択されることにより、電力伝送システム10は、電力伝送用コイルC

L_{α} 及び受電コイル CLB を用いた磁界共鳴方式による電力伝送の伝送効率を最大化できることが理解できる。

[0061] また、図4を参照すると、 Q_1 の周波数特性 L_{11} と Q_2 の周波数特性 L_{11} とが交差するクロスポイントの周波数 f_{cp1} の位置は、 Q_3 の最大値に対応する周波数 f_{q13} の位置と若干異なることがある。周波数 f_{cp1} での Q_3 の大きさは、 Q_3 の最大値（つまり周波数 f_{q13} での Q_3 ）に近い値となる。よって、伝送周波数として、周波数 f_{cp1} と周波数 f_{q13} との間のいずれかの周波数が設定された場合でも、ピーク値 P_{13} に近似した伝送効率を得られ、伝送効率を向上できる。

[0062] 次に、第2のシミュレーションについて説明する。

第2のシミュレーションでは、主に第1のシミュレーションと異なる箇所について説明し、第1のシミュレーションと同様の事項については、説明を省略又は簡略化する。

[0063] 図6は、第2のシミュレーションに用いられるシミュレーションモデル600の一例を示す模式図である。シミュレーションモデル600は、シミュレーションモデル300と比較すると、受電コイル CLB の特性が異なる。具体的には、受電コイル CLB の直径を 300 mm ($=30\text{ cm}$) とし、受電コイル CLB の巻き数を10回とし、受電コイル CLB の線径を 3.7 mm としている。つまり、シミュレーションモデル600では、シミュレーションモデル300と比較して受電コイル CLB を大型化している。受電コイル CLB の特性以外は、シミュレーションモデル600は、シミュレーションモデル300と同様である。第2のシミュレーションでは、シミュレーションモデル600が海中に配置されてシミュレーションされる。

[0064] 図7は、シミュレーションモデル600を用いた場合の各コイルの Q 値の周波数特性の一例を示すグラフである。図7の横軸は周波数を示し、縦軸は Q 値を示す。図7では、電力伝送用コイル CL_{α} の Q 値の周波数特性 L_{21} と、受電コイル CLB の Q 値の周波数特性 L_{22} と、仮想 Q 値の周波数特性 L_{23} と、が示されている。尚、仮想 Q 値としての Q_3 の導出方法は、第1

のシミュレーションと同様であり、 Q_3 は Q_1 と Q_2 との相乗平均値に基づく。

[0065] 図7を参照すると、電力伝送用コイル $CL\alpha$ の Q 値(= Q_1)の周波数特性 L_{21} は、第1のシミュレーションと同様である。つまり、 Q_1 が最大となる周波数 f_{q21} (例えば周波数3kHz)は、第1のシミュレーションでの周波数 f_{q11} と同じである。電力伝送用コイル $CL\alpha$ のコイル特性(例えばコイルの直径、コイルの巻き数、コイルの線径)が、両シミュレーションにおいて同じためである。

[0066] 一方、受電コイル CLB の Q 値(= Q_2)の周波数特性 L_{22} では、第1のシミュレーションでの Q_2 の周波数特性 L_{12} と比較すると、 Q_2 が最大値となる周波数 f_{q22} (例えば周波数25kHz)が低くなっており、 Q_2 の最大値も小さくなっている。

[0067] また、仮想 Q 値(= Q_3)の周波数特性 L_{23} は、 Q_2 の周波数特性 L_{22} に依存するので、第1のシミュレーションの場合と異なる。 Q_2 の周波数特性 L_{11} 、 L_{22} が第1、第2のシミュレーション間で変化しているためである。具体的には、 Q_2 の最大値が最大となる周波数 f_{q22} が低周波数側に移動していることに伴い、 Q_3 の周波数特性 L_{23} では、 Q_3 の最大値となる周波数 f_{q23} (例えば周波数8.5kHz)が低くなる。また、 Q_3 の最大値が大きくなっている。また、周波数特性 L_{22} と L_{23} との交点(クロスポイント)の周波数 f_{cp2} (例えば周波数8kHz)の位置も、第1のシミュレーションと比較すると、低周波数側に移動している。

[0068] 図8は、シミュレーションモデル600を用いた場合の各コイルの伝送効率の周波数特性の一例を示すグラフである。図5の横軸は周波数を示し、縦軸は電流又は電圧の伝送効率を示す。この伝送特性は、第1のシミュレーションと同様に、送電コイル CLA の送信電力に対する受電コイル CLB の受電電力の比率を示し、 S_{21} パラメータに相当する。

[0069] 図8では、 Q_1 の最大値に対応する周波数 f_{q21} の位置に、伝送効率のピーク値 P_{21} (例えば値0.76)が出現している。また、 Q_2 の最大値

に対応する周波数 f_{q22} の位置に、伝送効率のピーク値 P_{22} （例えば値 0.70）が出現している。また、 Q_3 の最大値に対応する周波数 f_{q23} の位置に、伝送効率のピーク値 P_{23} （例えば値 0.78）が出現する。

[0070] 尚、図 8 では、周波数 f_{q21} での電力の伝送効率 η は、58.3%である。周波数 f_{q22} での電力の伝送効率 η は、48.5%である。周波数 f_{q23} での電力の伝送効率 η は、61.6%である。

[0071] 図 8 を参照すると、ピーク値 $P_{21} \sim P_{23}$ のうち、ピーク値 P_{23} が最大である。従って、伝送効率の最大値としてのピーク値 P_{23} が得られる周波数、つまり Q_3 の周波数特性 L_{23} の最大値から導出された周波数 f_{q23} が選択されることにより、電力伝送用コイル CL_α 及び受電コイル CL_B を用いた磁界共鳴方式による電力伝送の伝送効率を最大化できることが理解できる。

[0072] また、図 8 を参照すると、 Q_1 の周波数特性 L_{21} と Q_2 の周波数特性 L_{22} とが交差するクロスポイントの周波数 f_{cp2} の位置は、 Q_3 の最大値に対応する周波数 f_{q23} の位置と若干異なることがある。周波数 f_{cp2} での Q_3 の大きさは、 Q_3 の最大値（つまり周波数 f_{q23} での Q_3 ）に近い値となる。よって、伝送周波数として、周波数 f_{cp2} と周波数 f_{q23} との間のいずれかの周波数が設定された場合でも、ピーク値 P_{23} に近似した伝送効率を得られ、伝送効率を向上できる。

[0073] 次に、導電率毎の Q 値の周波数特性について説明する。

[0074] 図 9 は、コイル CL が配置される媒質毎のコイル CL の Q 値の周波数特性の一例を示すグラフである。媒質毎に導電率は異なるので、図 9 は、導電率毎のコイル CL の Q 値の周波数特性を示すグラフとも言える。図 9 では、媒質として、デバイモデルの水「Water (Debye Model)」、蒸留水「Water (distilled)」、通常の水（例えば水道水）「Water」、海水「Water_sea」、及びその他の媒質が含まれる。このデバイモデルの水、蒸留水、通常の水、及び海水に係る周波数特性は、シミュレータ（媒質毎のコイル CL の Q 値の周波数特性をシミュレ

ーションするための装置)に付属のデフォルトの材料特性を用いて得られたものである。また、図9では、導電率計で実測された水道水に係る周波数特性が、「Tap Water」として示されている。尚、図9の結果を得るためのコイルCLの特性として、コイルCLの直径を4.0mとし、コイルの線径を23.6mmとし、コイルの巻き数を5回とした。

[0075] 図9を参照すると、媒質毎にコイルCLのQ値の周波数特性が異なることが理解できる。よって、先述の第1のシミュレーション及び第2のシミュレーションにおいて、例えば海中でなく水中でシミュレーションした場合には、得られるQ値の値が変化し、Q値が大きくなることが理解できる。

[0076] このように、第1のシミュレーション及び第2のシミュレーションに示したように、電力伝送用コイルCL α と受電コイルCLBとのQ値が変化すると、Q $_3$ が最大となる周波数 f_{q13} 、 f_{q23} やQ $_1$ とQ $_2$ とが同値となるクロスポイントの周波数 f_{cp1} 、 f_{cp2} の位置も変化することが理解できる。また、このように周波数の位置が変化しても、Q $_3$ が最大となる周波数 f_{q13} 、 f_{q23} とクロスポイントの周波数 f_{cp1} 、 f_{cp2} との間の周波数では、いずれも高い伝送効率を得られることが理解できる。また、媒質毎にQ値が変化することが理解できる。

[0077] [効果等]

このように、送電装置100は、水中において、受電コイルCLBを有する受電装置200に電力を伝送する。送電装置100、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、所定の周波数(例えば11kHz~12.3kHz、8kHz~8.5kHz)の交流電力を送電コイルCLAへ送電するドライバ151と、送電コイルCLAに接続されると共に、送電コイルCLAと共に共振する共振回路152を形成するコンデンサCAと、を備える。所定の周波数は、送電コイルCLAのQ値(例えばQ $_1$)及び受電コイルCLBのQ値(例えばQ $_2$)の相乗平均値(例えばQ $_3$)が最大となる周波数 f_{q13} 、 f_{q23} と、送電コイルCLAのQ値及び受電コイルのQ値が同値となる周波数 f_{cp1} 、 f_{cp2} と、の間のいずれか

の周波数である。

[0078] ドライバ151は、送電部の一例である。コンデンサCAは、第1のコンデンサの一例である。Q1は、送電コイルCLAのQ値の一例である。Q2は、受電コイルCLBのQ値の一例である。Q3は、Q1とQ2の相乗平均値、つまり(式2)で導出される仮想Q値の一例である。周波数 f_{q13} 、 f_{q23} は、第1の周波数の一例である。周波数 f_{cp1} 、 f_{cp2} は、第2の周波数の一例である。

[0079] これにより、送電装置100は、送電コイルCLAのQ値及び受電コイルCLBのQ値の双方の相乗平均を加味して電力伝送のための周波数(伝送周波数)を決定することで、電力伝送の伝送効率を向上できる。

[0080] 送電コイルCLAのQ値が最大値付近となる周波数を伝送周波数とすると、送電コイルCLAのコイルの伝送効率を高くできるが、受電コイルCLBによる伝送効率が低くなる。一方、受電コイルCLBのQ値が最大値付近となる周波数を伝送周波数とすると、受電コイルCLBのコイルの伝送効率を高くできるが、送電コイルCLAによる伝送効率が低くなる。つまり、送電側と受電側とで好適な伝送周波数が異なる。

[0081] これに対して、送電装置100は、送電コイルCLAのQ値と受電コイルCLBのQ値との平均値(相乗平均値)が最大となる付近の周波数を伝送周波数とすることで、複数のコイルCLの異なるQ値を加味して、電力伝送システム10全体での伝送効率を向上できる。

[0082] また、所定の周波数は、周波数 f_{q13} 、 f_{q23} であってもよい。これにより、送電装置100は、全周波数帯域においてQ3の値が最大となるので、送電コイルCLAと受電コイルCLBを用いた電力伝送の伝送効率を最大化できる。

[0083] 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、中継コイルCLCに接続されると共に、中継コイルCLCと共に上記の周波数で共振する共振回路を形成する少なくとも1つのコンデンサCCと、送電コイルC

L Aと中継コイルC L Cとを連結する連結体3 0と、を備えてもよい。中継コイルC L CのQ値の周波数特性は、送電コイルC L AのQ値の周波数特性と同じであってもよい。コンデンサC Cは、第2のコンデンサの一例である。

[0084] これにより、送電装置1 0 0は、送電コイルC L AのQ値と中継コイルC L CのQ値とが同じになることで、送電コイルC L Aの電力伝送に係る特性が同じになり、送電コイルC L Aと中継コイルC L Cとの間での伝送損失を低減できる。また、送電装置1 0 0は、中継コイルC L CのQ値と受電コイルC L BのQ値との平均値（相乗平均値）が最大となる付近の周波数が伝送周波数とされるので、中継コイルC L Cと受電コイルC L Bとの間の伝送損失も低減できる。

[0085] また、送電コイルC L Aは、水面9 0と略直交する方向に電力を伝送してもよい。

[0086] これにより、送電装置1 0 0は、水深方向に電力伝送距離を延長でき、水深の深い場所（例えば深海）に位置する受電装置2 0 0に対して給電でき、受電装置2 0 0の作業効率を向上できる。

[0087] また、送電コイルC L Aは、電力を伝送するとともに、データを通信してもよい。

[0088] これにより、受電装置2 0 0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1 0 0からの電力を充電でき、送電装置1 0 0との間でデータ通信できる。

[0089] また、送電装置1 0 0及び電力伝送システム1 0によれば、受電装置2 0 0（例えば水中航走体6 0）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6 0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6 0の稼働率が向上する。よって、送電装置1 0 0は、水中でのデータ収集活動の効率を向上できる。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] 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が備えなくても、水中航走体60が活動できる。この場合には、水中航走体60を小型化、軽量化できる。

[0093] (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。

[0094] 上記実施形態では、電力伝送システム10は、電力伝送用コイルCL α の1つとして、反射コイルCLRを有してもよい。この場合、反射コイルCLRは、送電コイルCLAと水面90の間に配置される。反射コイルCLRは、送電コイルCLA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。図10は、反射コイルCLRが設けられた電力伝送システム1

0が置かれる環境の一例を示す模式図である。

- [0095] 反射コイルC L Rが設けられることで、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、電力伝送システム10は、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。よって、電力伝送システム10は、反射コイルC L Rを設けることで、送電コイルから受電コイルへ伝送される電力の伝送効率を向上できる。
- [0096] 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。
- [0097] また、図10に示す反射コイル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。また、反射コイルC L Rが3つ以上設けられてもよい。
- [0098] 第1の実施形態では、水中航走体60が2次電池240を備えることにより、水中充電が可能となることを例示した。尚、水中航走体60は2次電池240を備えなくてもよい。この場合でも、水中航走体60は各コイルC Lを介して電力供給を受けることができ、つまり水中給電可能である。
- [0099] 第1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。
- [0100] 第1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C L

A、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。

[0101] 第1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、この逆でもよい。つまり、水底95から水面90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が並んで配置されてもよい。例えば、地熱発電機を送電装置100の電源110として用い、電線20を介して地熱発電機が送電コイルCLAに接続されてもよい。

[0102] また、送電装置100は、船舶50に設置されなくてもよい。例えば、水上（一部水中であってもよい）に設置される各種発電機（例えば、太陽光発電機、風力発電機、波力発電機）や水中又は水底95の各種発電機（地熱発電機）やその他の電源に、送電装置100の一部が搭載されてもよい。例えば、各種発電機は、送電装置100の電源110として用いられてもよい。

[0103] 第1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。

[0104] 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、2016年6月30日出願の日本特許出願No.2016-130997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

[0105] 本開示は、水中における受電装置への非接触電力伝送の伝送効率を向上できる送電装置等に有用である。

符号の説明

- [0106] 1 0 電力伝送システム
- 2 0 電線
- 3 0 連結体
- 4 0 錘
- 4 5 ブイ
- 5 0 船舶
- 6 0 水中航走体
- 7 0 潜水艇
- 8 0 水底掘削機
- 9 0 水面
- 9 5 水底
- 1 0 0 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

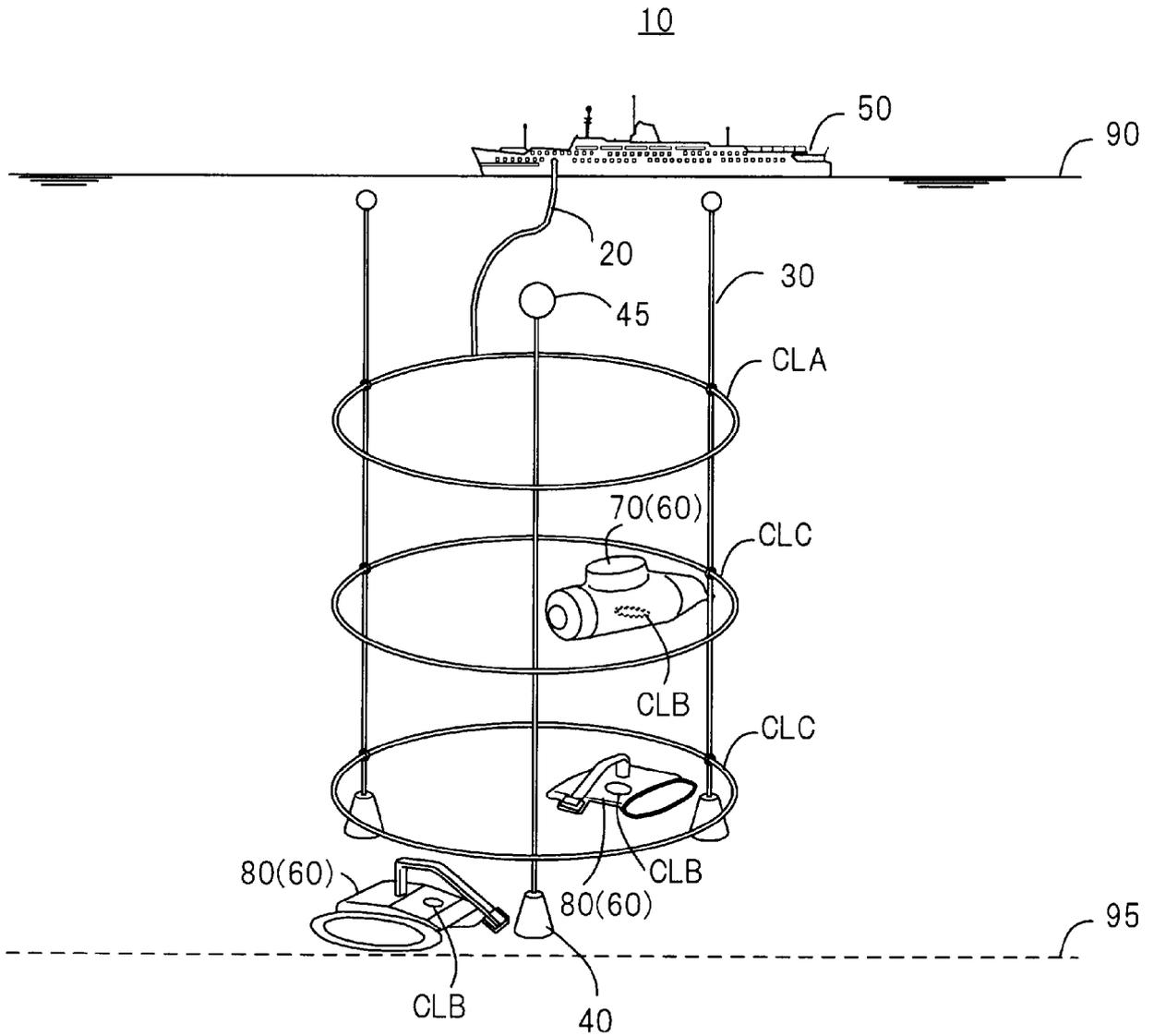
1 5 2 共振回路
2 0 0 受電装置
2 1 0 受電回路
2 1 1 整流回路
2 1 2 レギュレータ
2 2 0 C P U
2 3 0 充電制御回路
2 4 0 2次電池
2 5 0 情報通信部
2 5 1 変復調回路
3 0 0, 6 0 0 シミュレーションモデル
C L コイル
C L A 送電コイル
C L B 受電コイル
C L C 中継コイル
C L R 反射コイル
C A, C B, C C コンデンサ

請求の範囲

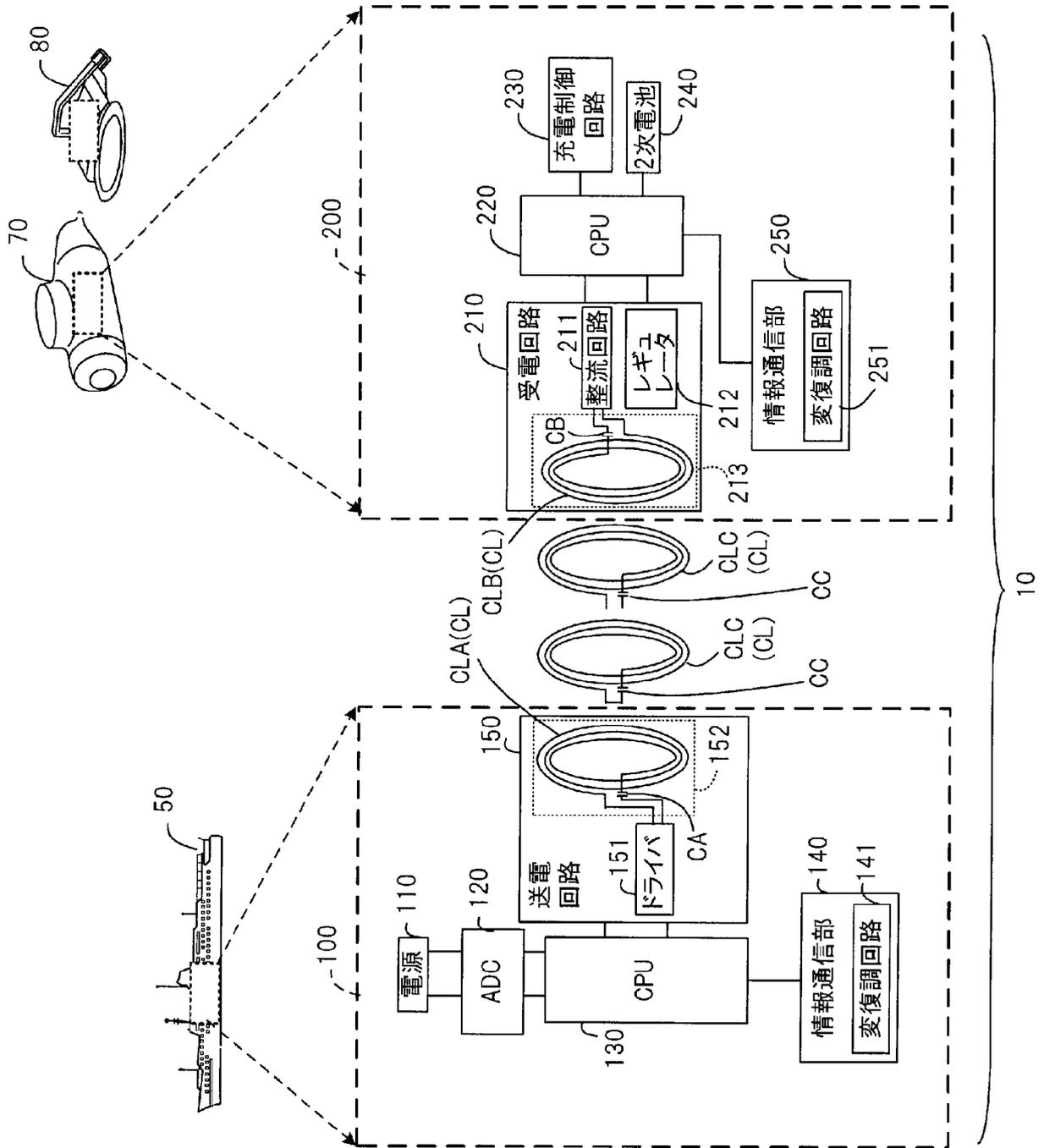
- [請求項1] 水中において、受電コイルを有する受電装置に電力を伝送する送電装置であって、
- 磁界を介して前記受電コイルに電力を伝送する送電コイルと、
- 所定の周波数の交流電力を前記送電コイルへ送電する送電部と、
- 前記送電コイルに接続されると共に、前記送電コイルと共に共振する共振回路を形成する第1のコンデンサと、
- を備え、
- 前記所定の周波数は、前記送電コイルのQ値及び前記受電コイルのQ値の相乗平均値が最大となる第1の周波数と、前記送電コイルのQ値及び前記受電コイルのQ値が同値となる第2の周波数と、の間のいずれかの周波数である、送電装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の送電装置であって、更に、
- 前記所定の周波数は、前記第1の周波数である、送電装置。
- [請求項3] 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、
- 前記中継コイルのQ値の周波数特性は、前記送電コイルのQ値の周波数特性と同じである、送電装置。
- [請求項4] 請求項1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5] 請求項1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。

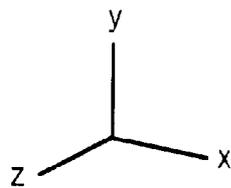
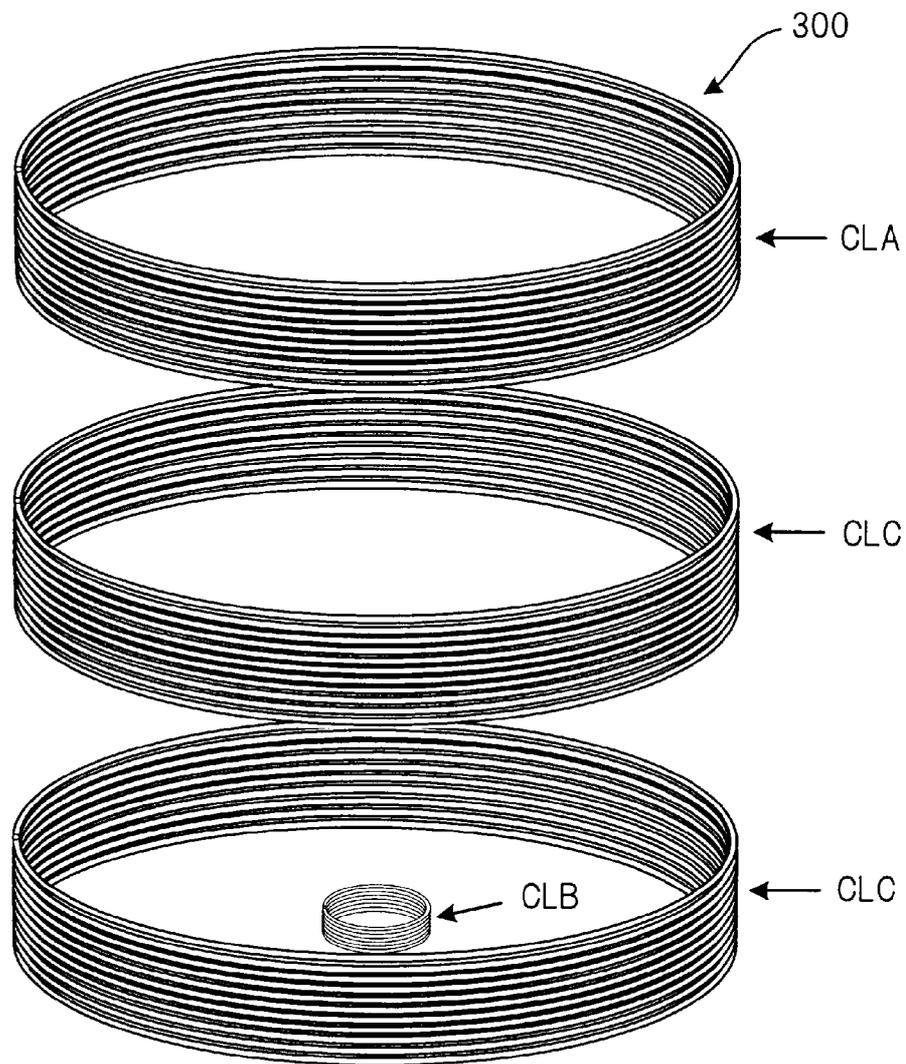
[図1]



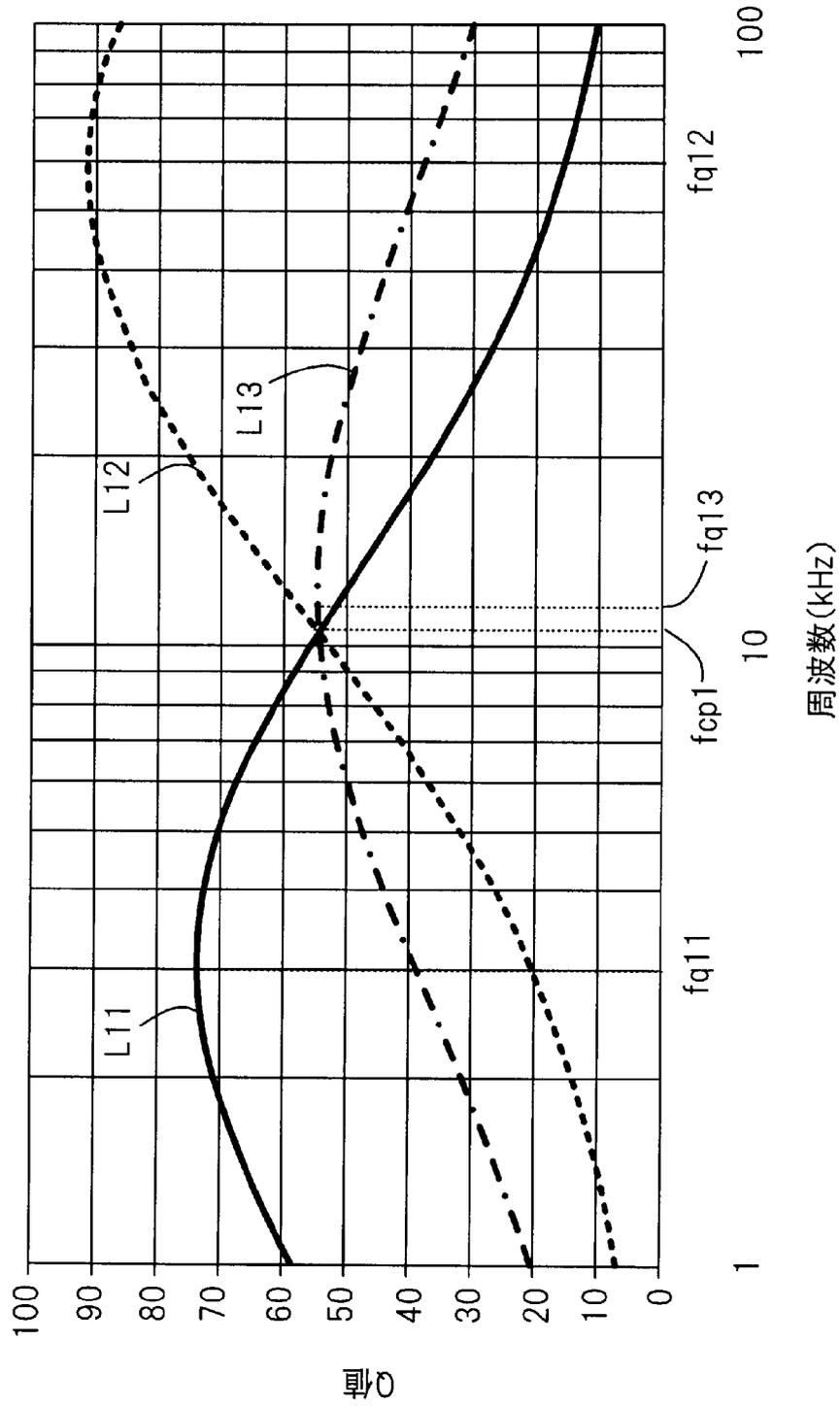
[図2]



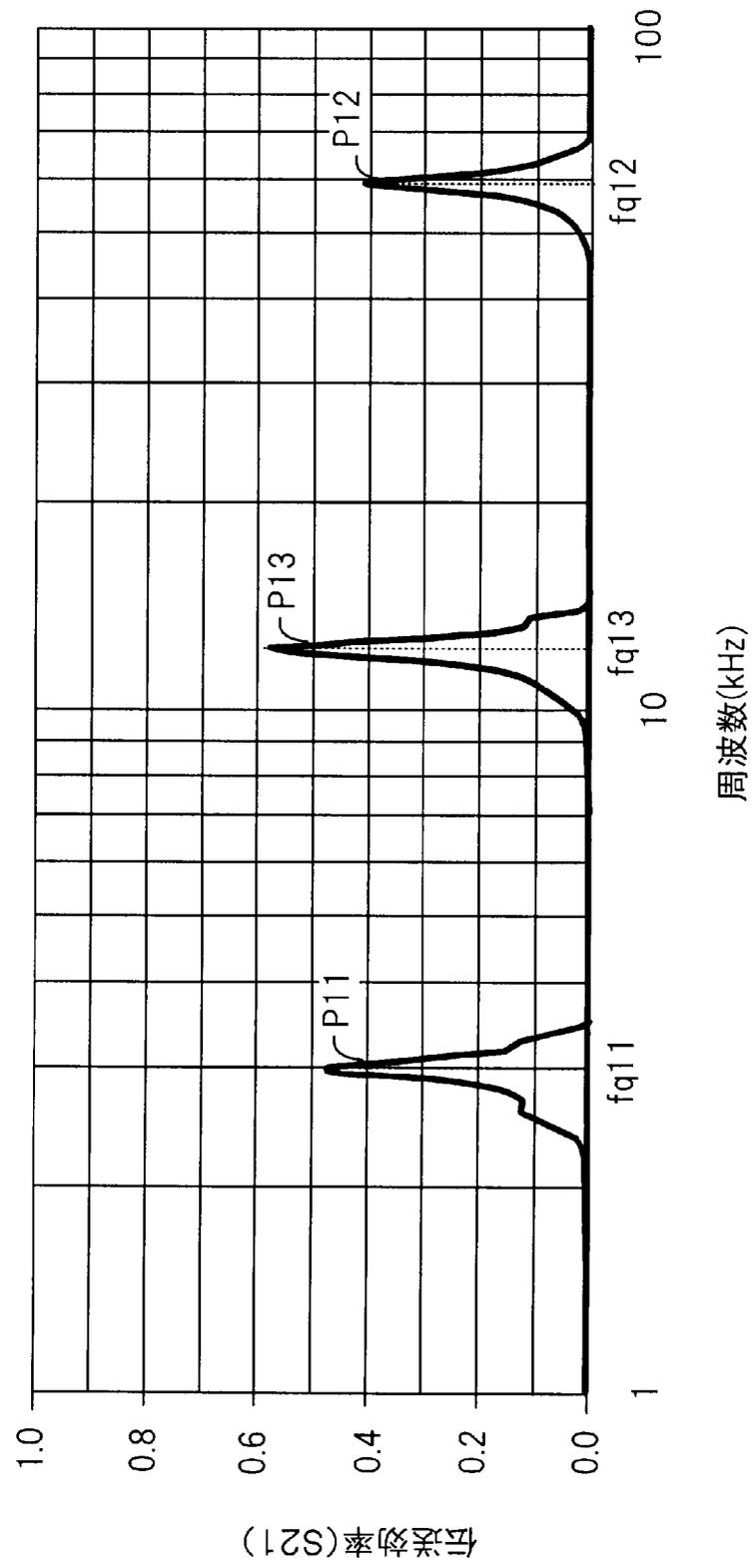
[図3]



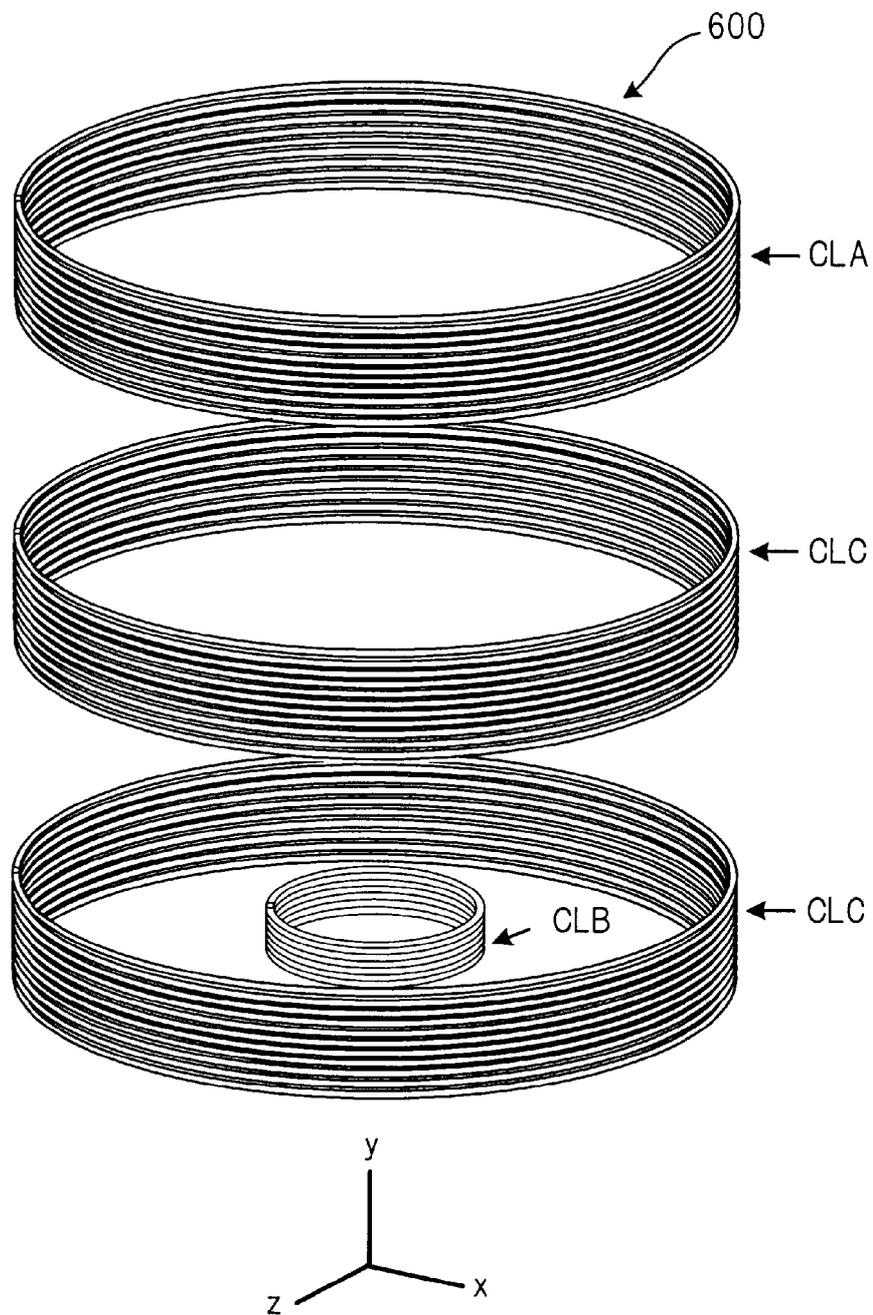
[図4]



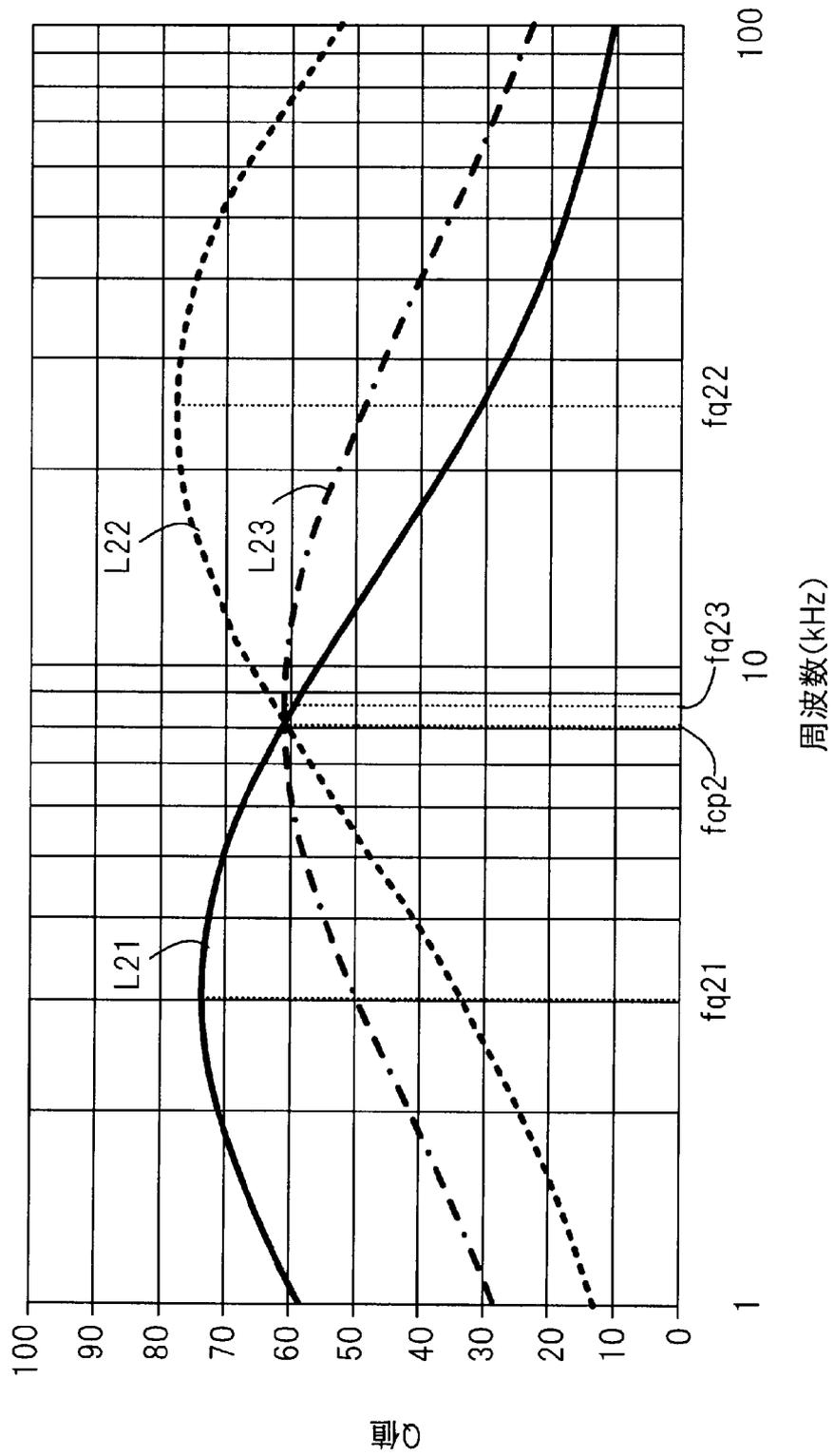
[図5]



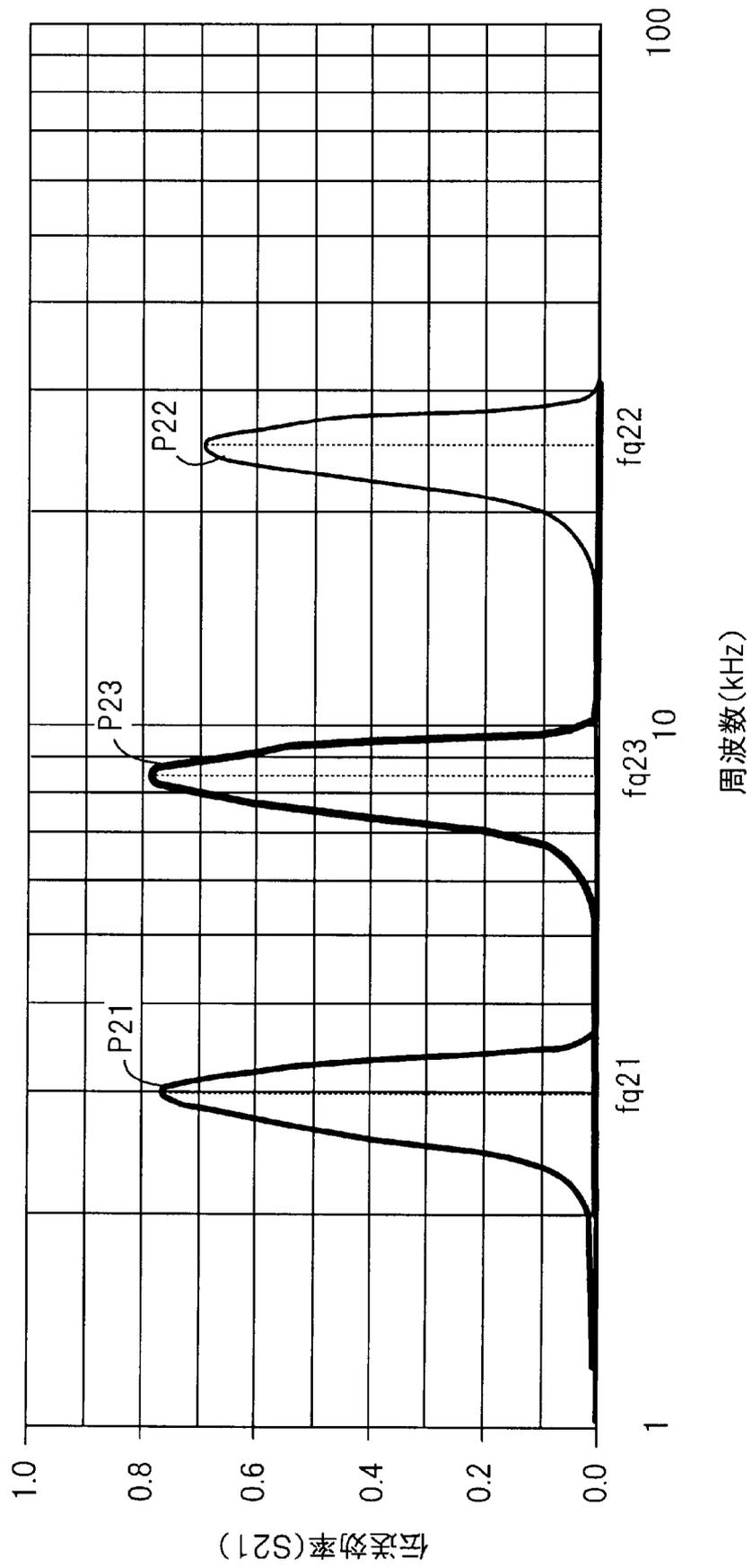
[図6]



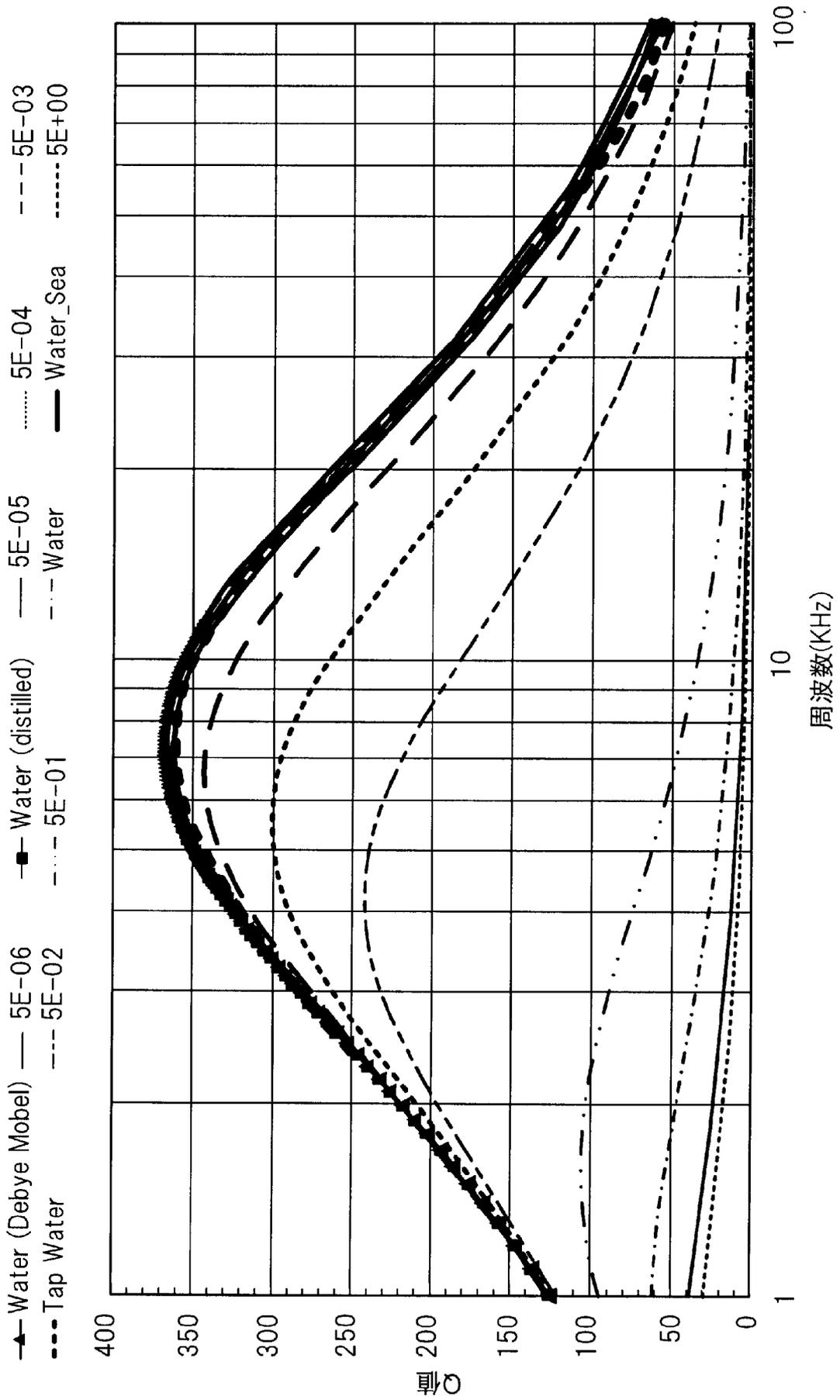
[図7]



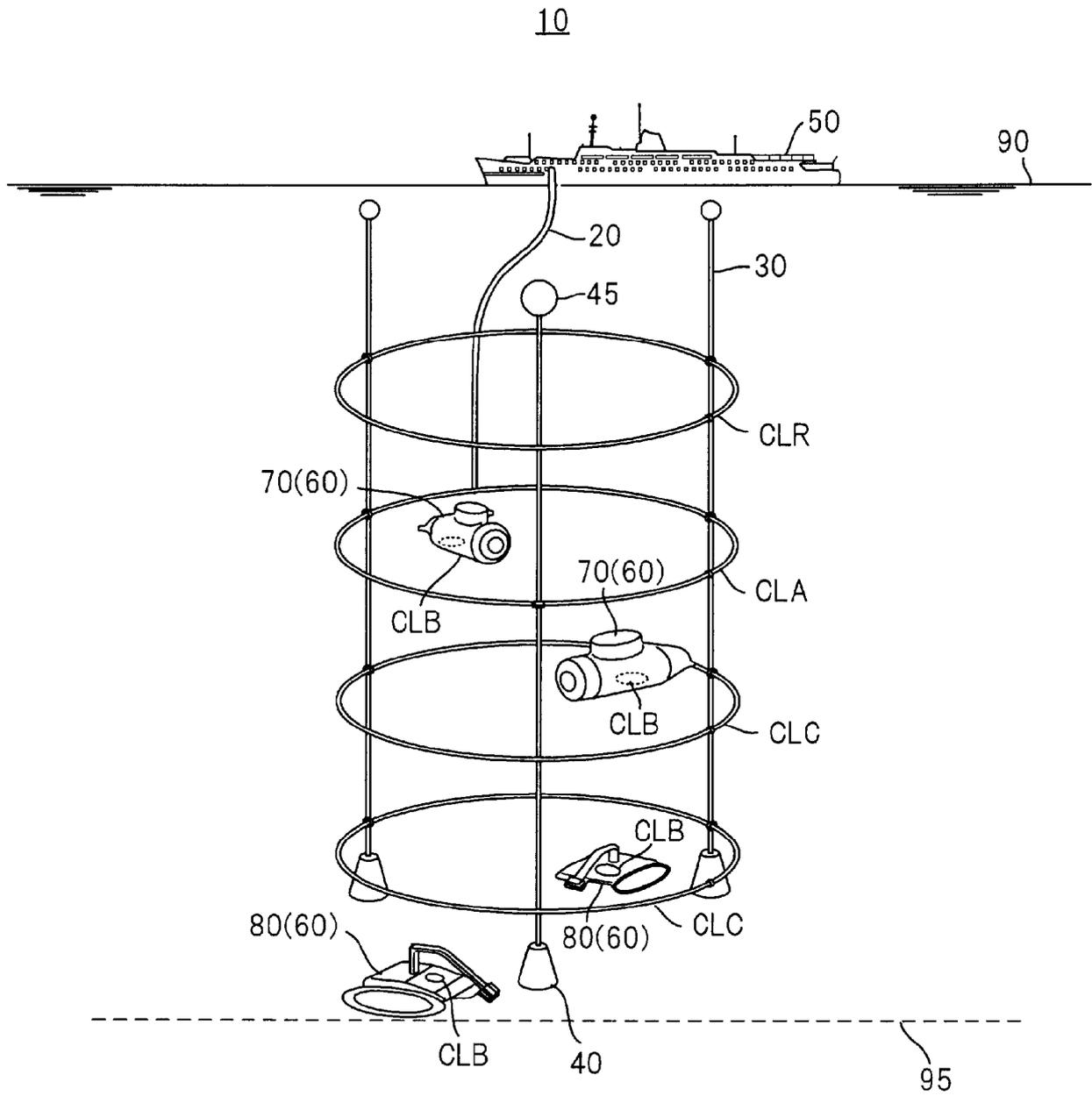
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/022515

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02J50/12(2016.01)i, H02J50/50(2016.01)i, B63C11/00(2006.01)n

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)
H02J50/12, H02J50/50, B63C11/00

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Ryosuke HASABA, Katsuya OKAMOTO, Futoshi DEGUCHI, Kazuhiro EGUCHI, Yoshio KOYANAGI, "Study of wireless power transmission for under seawater using EM simulation", Proceedings of the 2016 IEICE General Conference Tsushin 1, 15 March 2016 (15.03.2016), page 681	1-5
Y	Dai FUTAGAMI, Toshio ISHIZAKI, Ikuo AWAI, "Creation of industrial value of sea floor by implementation of undersea wireless power transfer", 2015 Proceedings of the Society Conference of IEICE 1, 08 September 2015 (08.09.2015), pages S62 to S63	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 21 July 2017 (21.07.17)	Date of mailing of the international search report 01 August 2017 (01.08.17)
--	---

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/022515

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2015/087724 A1 (RCS Ltd.), 08 June 2015 (08.06.2015), paragraphs [0015] to [0073]; fig. 1 to 11 (family none)	5
A	WO 2014/034491 A1 (NEC Corp.), 06 March 2014 (06.03.2014), entire text; all drawings & CN 104584380 A & EP 2892127 A1 whole document & RU 2594006 C1 & US 2015/0303702 A1 whole document	1-5
P,A	WO 2017/013825 A1 (Panasonic Intellectual Property Management Co., Ltd.), 26 January 2017 (26.01.2017), entire text; all drawings & JP 2017-28832 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

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

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02J50/12, H02J50/50, B63C11/00

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	榑場亮祐, 岡本克也, 出口太志, 江口和弘, 小柳芳雄, 海中ワイヤレス電力伝送の電磁界シミュレーション検討, 電子情報通信学会2016年総合大会講演論文集 通信1, 2016.03.15, p.681	1-5
Y	二神大, 石崎俊雄, 栗井郁雄, 海水中無線給電の実用化による海底の産業的価値創出, 電子情報通信学会2015年通信ソサイエティ大会講演論文集1, 2015.09.08, pp.S62-S63	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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 21.07.2017	国際調査報告の発送日 01.08.2017
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 杉田 恵一	5 T	8 9 3 6
	電話番号 03-3581-1101 内線 3568		

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
Y	WO 2015/087724 A1 (有限会社アール・シー・エス) 2015. 06. 08, 第0015段落から第0073段落および図面第1図から第11 図 (family none)	5
A	WO 2014/034491 A1 (日本電気株式会社) 2014. 03. 06, 全文全図 & CN 104584380 A & EP 2892127 A1, whole document & RU 2594006 C1 & US 2015/0303702 A1, whole document	1-5
P, A	WO 2017/013825 A1 (パナソニック I P マネジメント株式会社) 2017. 01. 26, 全文全図 & JP 2017-28832 A	1-5