

# 直交座標型ロボットへの非接触給電システムの開発 The Contactless Power Supply System for a Cartesian Robot

大黒 康平  
Kohei OHGURO  
龍谷大学

t18m009@mail.ryukoku.ac.jp

植村 渉  
Wataru UEMURA  
龍谷大学

wataru@rins.ryukoku.ac.jp

栗井 郁雄  
Ikuo AWAI  
株式会社リユーテック  
awai@ryutech.com

## Abstract

直交座標型ロボットには、その頻繁な動作により電力ケーブルが疲労切断したり、電力ケーブルが大きな空間を占めることにより、設置範囲や組み合わせが制限されるといった問題点がある。このような問題を解決するためには、非接触給電が有効であるが、駆動用サーボモータの運動変化に伴う抵抗値の変動による、動作電力の変化に対応する必要がある。本論文ではこの問題に対して電界結合方式での非接触給電システムを提案し、検討を行う。そのシステムの中心部は1段あたり3つの $\pi$ 型配置の容量で表すことができる。電源から負荷側を見ると並列共振と直列共振があるが、本論文では直列共振を用いて電力伝送を行っている。直列共振周波数は後ろ側のシャントのCのみの影響を受けるため、そのキャパシタンスを小さくする構造を考案する。本システムの電力分配特性を確認すると変動負荷に供給する電力は抵抗値の変動に追従し、それ以外の負荷に供給する電力は一定となったことより、直交座標型ロボットへの複数負荷に対する非接触での電力供給が可能であることを示す。

## 1 はじめに

直交座標型ロボットとは2軸または3軸の直交するスライド軸により構成される産業用ロボットを指し、高速性、正確性、巧緻性、信頼性、柔軟性といった特徴を持つ。それにより、シーリング、部品組み立て、搬送といった人間の労働に置き換わりつつある。しかし、多数回の高速摺動に伴う給電ケーブルの屈曲によってそれが疲労切断[1]したり、多数の給電ケーブルの束が太いために、設置範囲や組み合わせが制限されるといった問題がある。そこで、本論文では各サーボモータへの給電を非接触で行うことにより、ケーブルの欠点を解決することを目的とする。

以下、2章では非接触給電システムの技術的課題とその解決の方針について述べ、3章にて提案する非接触給電回路とその構造を説明する。その回路の電力分配特性を4章にて確認し、5章で本稿をまとめる。

## 2 非接触給電の方式と技術的課題

本論文では位置合わせの自由度が高い電界結合方式を用いて非接触給電を行う[2]。共振用のインダク

タを装荷し、1MHzで共振させる。

しかし、このシステムの実現には次のような技術的課題が存在する。直交座標型ロボットの駆動用にはサーボモータが用いられている。サーボモータの運動変化は抵抗値の変動によって決められる。本論文では変動負荷に対して、常に要求する電力を供給できる回路を考案し、検討を行う。

## 3 提案する非接触給電システム

### 3.1 共振回路について

伝送システムの等価回路図をFig.1に示す。 $C_1$ 、 $C_2$ の各2枚の極板が非接触となっており、入出力合わせて4枚の極板を用いているが、両者はGNDを共有しているため、1段あたり、3つの $\pi$ 型配置の容量で表すことができる。次にFig.1の1段を取り上げ、負荷をショートにした時の電源から負荷側を見たときのCとLのみのリアクタンス $X_{in}$ を式(1)に示す。リアクタンスが0になるかその逆数のサセプタンスが0になることが共振の条件であり、式(1)より、 $C_1$ 、 $C_{11}$ 、 $C_{12}$ 、 $L_1$ での並列共振と、 $C_1$ 、 $C_{12}$ 、 $L_1$ での直列共振があることがわかる。本稿では共振状態が安定しやすい直列共振を用いて、電力伝送を行う。

$$X_{in} = \frac{1 - \omega^2 L_1 (C_1 + C_{12})}{j\omega \{C_1 + C_{11} - \omega^2 L_1 (C_1 C_{11} + C_{11} C_{12} + C_{12} C_1)\}} \quad (1)$$

次に、1段目を取り上げ、1MHzで共振させた際に、 $C_{12}$ を変動させた場合のリアクタンス $X_{in}$ の変動を回路シミュレータで確認する。結果をFig.2に示す。Fig.2より、 $C_{12}$ を変動させた場合にはリアクタンス $X_{in}$ は大きくずれることが確認できる。従って、本論文で用いる直列共振では後ろ側のシャントのキャパシタンス $C_{12}$ の最小化が必要である。

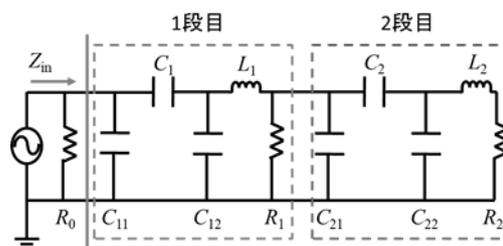


Fig.1 伝送システムの等価回路

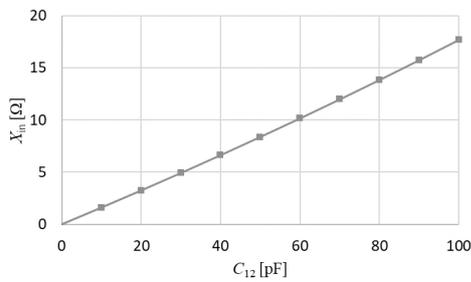


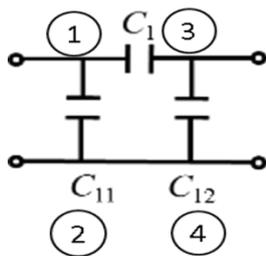
Fig.2 シャント  $C$  と  $X_{in}$  の関係

### 3.2 後ろ側のシャント $C$ を減らす構造

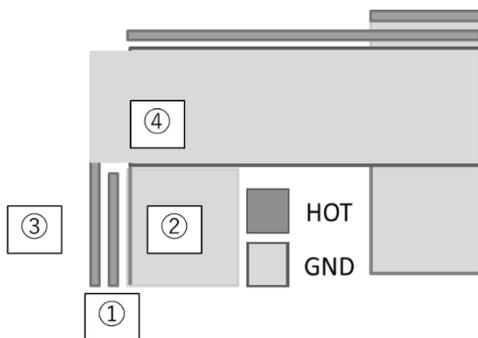
今回使用するシステムの等価回路図と概略図を Fig.3 に、作製した実験機を Fig.4 に示す。前節で、各段の後ろ側のキャパシタンス  $C_{12}$ 、 $C_{22}$  が悪影響を与えることがわかったため、 $C_{12}$ 、 $C_{22}$  が生まれにくい構造を考えた。Fig.3, Fig.4 の丸数字はそれぞれ対応しており、③と④の極板を垂直に配置することで生まれにくくし、②と③で生じるキャパシタンスは①の極板がブロックする。得られた各キャパシタの値を表 1 に示す。共振用に  $L$  を装荷し、1MHz で共振させる。

### 4 電力分配特性

回転の変化によって抵抗値が変動するサーボモータを想定し、変動負荷に対して、要求する電力を供給できているかを確認するために、電力伝送を行う。変動負荷以外の抵抗の値は  $100\Omega$  に固定し、変動負荷の範囲は  $100\Omega$  から  $1000\Omega$  の 10 倍とする。変動負荷と各負荷に供給している電力の関係を Fig.5 に示す。



(a) 等価回路図



(b) 概略図

Fig.3 等価回路図と概略図

表.1 素子値

| 1段目      |          | 2段目      |          |
|----------|----------|----------|----------|
| $C_1$    | 427.2 pF | $C_2$    | 449.8 pF |
| $C_{11}$ | 33 pF    | $C_{21}$ | 31 pF    |
| $C_{12}$ | 2 pF     | $C_{22}$ | 12 pF    |

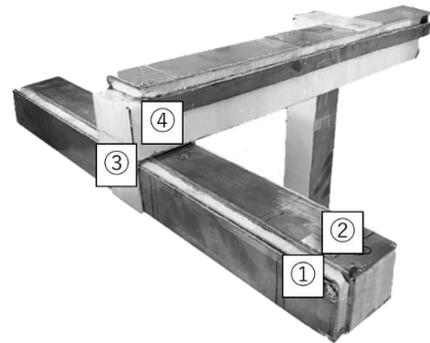


Fig.4 作製した実験機

実線が実測値、破線が回路シミュレーション値となっており、 $P$  の添え字は Fig.1 の  $R$  の添え字と対応している。変動負荷に供給する電力は抵抗値の変動に追従し、それ以外の負荷に供給する電力は一定となった。

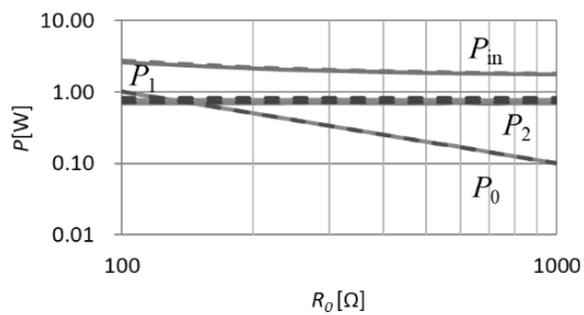
### 5 まとめ

本稿では、直交座標型ロボットへの抵抗値が変動する複数負荷に対し、電力供給することを目指し、原理確認をすることができた。

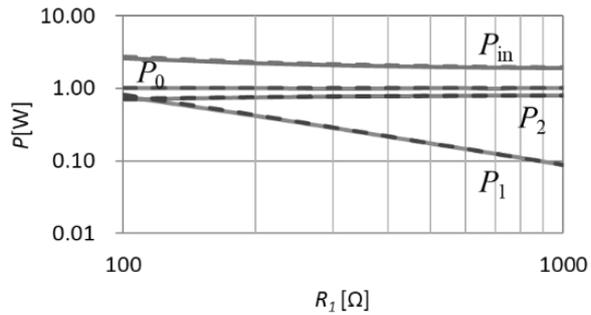
今後、サーボモータの抵抗値が現実に変動する範囲の調査、情報の伝送についての検討を行い、実機への実装を目標とする。

### 参考文献

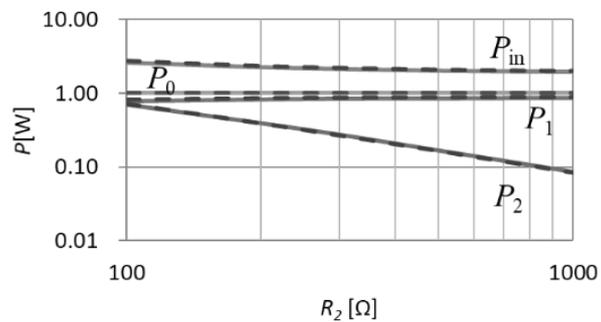
- [1] 川辺健太郎, 張陽軍, 粟井郁雄, “ディスクリピータを用いた多関節アームロボットへの新しい非接触給電法”, 信学技報, WPT2016-23, pp.19-24, 2016
- [2] 大黒康平, 植村渉, 粟井郁夫, “直交座標型ロボットへの電界結合 WPT システムの開発”, 電子情報通信学会総合大会, p.506 2018年3月21日



(a)  $R_1$  を変動



(b)  $R_1$  を変動



(c)  $R_1$  を変動

Fig.5 各負荷に供給する電力