

非接触給電を利用した玩具の提案

東藤絵美[†] 吉池俊貴[†] 馬場哲晃[†] 串山久美子[†]

概要: 遊び手が人形を動かさなくとも、ドールハウス内の人形が動いている映像やCMはよく知られている。しかし市販のドールハウス人形は、遊び手が人形を動かす必要がある。本研究では、ドールハウスに人形を置くだけで自動に人形が動くことを目標とし、設計条件として①人形の外観を損ねない/②電池を必要としない/③スイッチでON・OFF操作を必要としない、の3点を掲げた。設計条件の解決の為に非接触給電技術を用いてプロトタイプ制作を行うことで、より使い勝手のよい人形遊びを提案し、上記の人形設計の条件を満たす人形とドールハウスの土台の制作を実現した。また、本稿では非接触給電を用いた音楽シーケンサタイプのアプリケーションについても提案する。給電デバイスの最適な位置に受電デバイスを置くだけで、電力が供給され、ソレノイドアクチュエータを動かして鉄琴の音板を鳴らすシーケンサタイプの楽器を提案する。

キーワード: インタラクションデザイン, 非接触給電, ドールハウス, ミュージックシーケンサ

A Proposal for Contactless Power Transmission Toys

EMI TODO[†] TOSHIKI YOSHIKE[†]
TETSUAKI BABA[†] KUMIKO KUSHIYAMA[†]

Abstract: We can watch a TV commercial that the doll in a dollhouse is moving automatically. However, in fact, those dolls do not run automatically, so we need to put and move dolls if we want to move those. In this paper, we aim at realizing that the doll itself moves automatically like a TV commercial, when we put dolls on the dollhouse. We impose following three conditions, when we design doll. (1) Not spoil an appearance of a doll (2) Not use a battery (3) Not use an ON-OFF operation. We made the prototype, using "Contactless power transmission" as technology which fulfills the above conditions. Moreover, we propose a music sequencer used contactless power transmission. If we put a receiving device on an electric supply device, electric power will be supplied to it. Then, a solenoid actuator strikes glockenspiel. We can play music using this device.

Keywords: Interaction Design, Contactless Power Transmission, Doll House, Music Sequencer

1. はじめに

非接触給電技術の利用によって、金属接点等を使用せずに電力を伝送することが可能となり、様々な分野への応用が考えられる。非接触給電は、給電側と受電側のデバイスの物理的接合なしに、受電側へ電力を送ることが可能で、給電装置の上に受電装置を置くだけで電力が供給され、アクチュエータを動かすことができる。給電側は電源を得るための金属接点やケーブル等を使用しないため、製品の包装デザインの自由度や電池交換不要などのユーザビリティ性が向上する。

本論文では、非接触給電を利用したドールハウス玩具の

試作とミュージックシーケンサタイプの楽器玩具について述べる。

ドールハウス玩具は世界中で親しまれている玩具で、幼児の教育玩具としての役割も担っている。市販されているドールハウスのコマーシャルでは、ユーザーが人形を操作せずに人形が動く演出が見られる。しかし、実際に人形動かすためには、ユーザーが手で人形を動かす必要がある。本研究では、人形を動かすために「非接触給電技術」を利用し、人形をドールハウスに「置く」という単純な動作で、人形が様々な動きをするインタラクティブ性のある玩具を提案する。

また、本稿では非接触給電を用いた音楽シーケンサタイプのアプリケーションについても提案する。非接触給電技術を利用した電力伝送は人間の目には見えないが、電力を受電したアクチュエータが鉄琴を叩く動作は可視化され、

[†] 首都大学東京大学院 システムデザイン研究科
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

聴覚だけでなく視覚的にも楽しめる。

2. 関連研究

人形を動かす技術の関連研究として、杉浦らのぬいぐるみに動きを与えるリング型デバイス「PINOKY」¹⁾が挙げられる。「PINOKY」は既存のぬいぐるみに取り付けるだけで人形を動かすことができるが、デメリットとして、アタッチメントが大きく人形の外観を損ねる点と、デバイスの電池交換が必要な点が挙げられる。また、椎名らの「柔らかいぬいぐるみロボットの開発」²⁾の研究では、ぬいぐるみの柔らかさを保ちながら、手足を動かす駆動機構が提案されている。しかし、ぬいぐるみを動かすためのPCといった外部機器への接続が必要であるため、ぬいぐるみの外観を損ねてしまう。外にも、辰田らの「ビーズロボット」³⁾の研究では、形状記憶合金を利用してビーズで作られたロボットを動かしているが、電力をロボット内部の電池から得ているため、電池の交換が必要となる。

非接触な電力供給をインタラクティブ作品に用いた事例として、木村らのVITA(visualization system for interaction with transmit audio signals)⁴⁾がある。これはビーム状に放出された超音波から電力を無線で供給し多数配置されたLEDを光らせるインタラクティブを実装している。本研究では給電と受電2つのコイルの相互誘導による電力供給によるもので、より大きな電力を利用できる。他にも無線通信をしてドミノを倒すような「エスパードミノ」⁵⁾のように無線を利用したインタラクティブ作品が関連研究としてあげられる。

本研究で利用するコイルの相互誘導を利用した非接触給電技術は、これまでに電気シェーバーや電動歯ブラシ、コードレス電話などで実用化されている⁶⁾。また、Wireless Power Consortiumはワイヤレス給電の国際標準規格として5W以下の低電力向けの規格「Qi(チー)」を制定し、携帯電話やスマートフォンの充電や、充電式乾電池の充電に利用をしている。そして、家電製品のみならず、非接触給電ハイブリッドバス実証試験車の開発⁸⁾も行われている。このように非接触給電を利用したものは現在多く見られる。

3. 非接触給電・受電デバイス

非接触給電技術は、コイルの相互誘導を利用した技術で、コネクタや金属接点を介さずに電力を送ることが可能である(図1)。非接触給電と電池の比較を(表1)に示す。

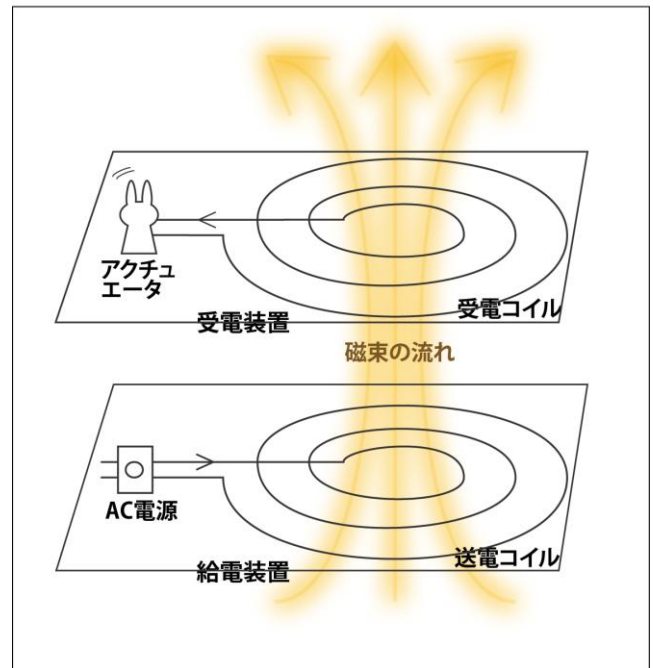


図1 非接触給電の仕組み

Figure 1 Explain the contactless power transmission

表1 電池と非接触給電の比較

Table 1 Comparison of a battery and contactless power transmission

電池	非接触給電
ユーザビリティ ・スイッチ・金属接点・コネクタの設計が必要 ・電池の交換が必要	ユーザビリティ ・スイッチ・金属接点・コネクタの設計が不要 ・電池交換が不要のため手間が省け、環境にやさしい
安全性 ・電池が必要のため、液漏れや誤飲の恐れ	安全性 ・電池不要のため、液漏れや誤飲を防げる

今回制作した、非接触給電装置は、給電デバイス(図2)と受電デバイス(図3)から構成される。給電デバイスは山内らの長距離ワイヤレス給電の実験と研究⁹⁾の回路と給電用コイルから構成されており、受電デバイスは、受電用コイルと整流変換用の回路によって成り立っている。仕様を(表2)に示す。給電された電力は小型のアクチュエータを動かすには十分である。また、受電装置と給電装置に使用するコイルの仕様を(表3)に示す。



図 2 給電装置
 Figure 2 Electric supply device

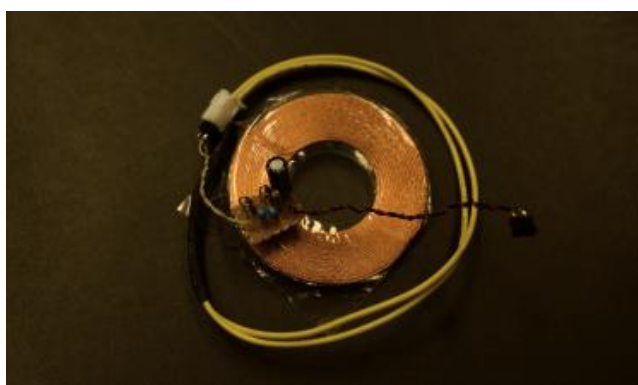


図 3 受電装置
 Figure 3 Receiving electricity device

表 2 非接触給電の仕様

Table 2 Specifications of the supplying electricity device

出力電力	11.4W (電圧 12.4V, 電流 1.04A)
変換効率	72.8%

(条件: 入力電圧 24.1V, 入力電流 0.65A, 入力電力 15.66W)

表 3 平面コイルの仕様

Table 3 Specifications of the plane coil

寸法	φ50mm
インダクタンス	50μH
使用線材	UEW φ0.7×7×7 リッツ線 (φ0.49 単線相当)
ターン数	17 ターン×2 層
Q	82@100kHz
直流抵抗	0.36Ω

3.1 給電デバイス

給電デバイスは、給電回路とコイル、それぞれの給電されるコイルを切り替えるためのリレースイッチ、給電ポイントの切り替えの速さを変えるためのつまみ、そしてそれらを制御するためのマイクロコンピュータから構成される。給電デバイスの外観図を (図 4)、システム構成を (図 5) に示す。

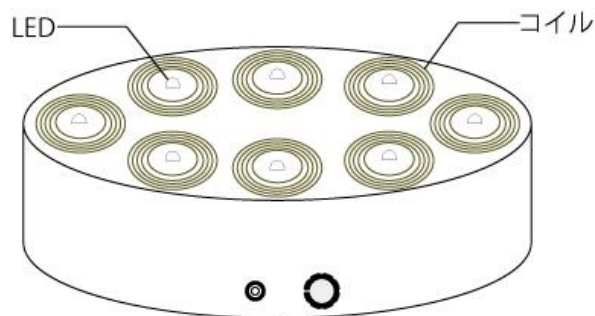


図 4 給電デバイス
 Figure 4 Figure of electric supply device

円形の給電デバイスには 8 箇所の給電ポイントがあり、このポイントリレースイッチを用いて切り替えていく。使用したリレースイッチは Y14H-1C-5DS である。また、切り替わりの速さを変えることが出来るつまみを設置した。つまみにはスイッチ付き可変抵抗を使い、スイッチの on/off と給電ポイントの切り替わりの速さを制御することが出来る。そして、ユーザーに受電装置を置く場所を示すために、給電されている状態のポイントは LED を点灯するようにした。

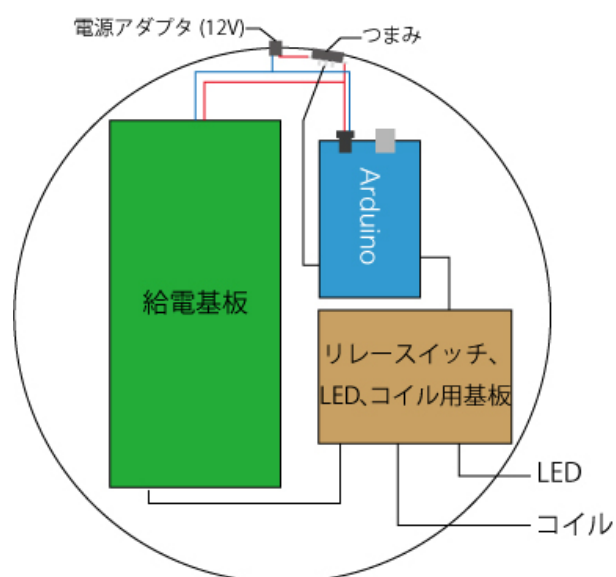


図 5 システム構成図
 Figure 5 System construction

本研究で扱う非接触給電の給電コイルと受電コイルの最適な間隔は 10mm 程度である⁹⁾。そのため、ユーザーが受電デバイスを置いた時にコイル間の間隔が 10mm 程度になるよう、コイル群を覆う筐体を作成した (図 6)。



図 6 筐体
Figure 6 Case of device

3.2 受電デバイス

受電デバイスは、受電用の相互誘導用コイルと整流変換用基板、そしてアクチュエータで構成される。本稿では回路の小型化などの利点により蓄電用コンデンサに $100\mu\text{F}$ の電解コンデンサを使用している。本給電デバイスで 12V の電力を伝送したところ約 2V の電圧が受電できた。その様子をオシロスコープ(Agilent Technologies 社製デジタルオシロスコープ DS0514A)で計測した図を以下に示す (図 7)

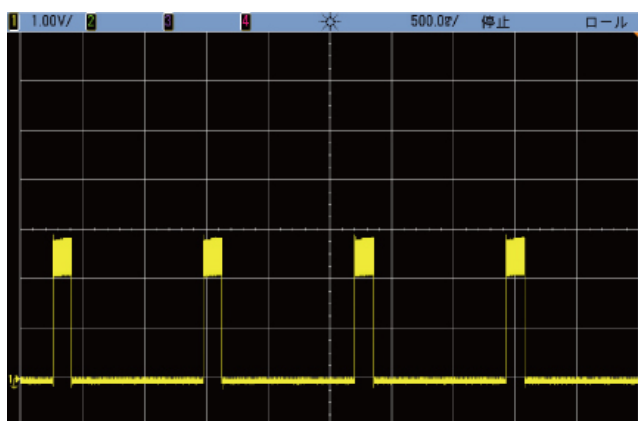


図 7 受電電圧
Figure 7 Receiving voltage

4. アプリケーション

4.1 ドールハウス

本アプリケーションでは、市販されているドールハウス玩具のテレビコマーシャルのように、人形を置くだけで人形自身が動くことの実現を目標とする。人形設計の条件として、①人形の外観を損ねない②電池を使用しない③スイッチで ON・OFF 操作をしない を掲げ、以上の条件を満たす技術として、非接触給電技術を用いて制作を行った。人形の中に入っている受電デバイスは、3.2 で述べた受電デバイス、そして人形を動かすためのアクチュエータで構成される(図 8)。



図 8 人形と受電デバイス
Figure 8 Doll and receiving device

今回人形を動かすためのアクチュエータは 3 種類使用した。1 つ目は、ソレノイド機構を利用した上下運動である。ソレノイドアクチュエータは 500 回巻、 8.6Ω である。2 つ目は、振動モータによる振動表現である。3 つ目は LED を利用した発光である (図 9)。

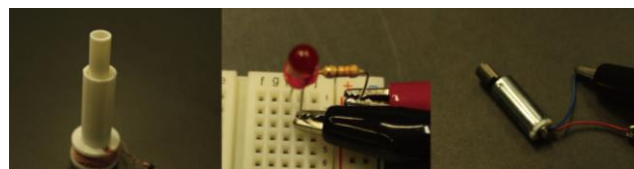


図 9 アクチュエータ
Figure 9 Actuator

人形は、モグラ(ソレノイドの上下運動)、うさぎ(ソレノイドの上下運動)、木(LED による発光)、ハリネズミ(振動モータによる振動)の 4 種類を制作した (図 10)。人形は羊毛フェルトで制作し、子供たちに馴染みやすいデザインに

した。ユーザーが給電ポイントに人形を置くと、給電されている間だけ、人形が上下運動を行ったり、発光をしたり、振動したりするもので、従来のドールハウスにはなかった、台に人形を置くと反応が返ってくるおもちゃを実現した。

以上の実装により、土台に置くだけで人形が動くというインタラクティブ性のあるドールハウスの提案を可能にした。



図 10 アプリケーション 1, ドールハウス
Figure 10 Application1, Doll house

4.2 楽器玩具

非接触給電を用いた玩具の応用として、筆者らは、ミュージックシーケンサタイプの玩具のプロトタイプを制作した。給電装置は 3.1 で述べた土台を利用し、受電装置として、ソレノイドアクチュエータの上下運動を用いて、鉄琴を叩くデバイスを制作した (図 11)。例えば、Kanai ら¹⁰⁾ではソレノイドアクチュエータが上下動をし、音に連動してアクチュエータが動いているのが視覚や触覚でも感じる事の出来るミュージックシーケンサを開発している。今回実装したデバイスは、8 箇所に配置した円形の給電ポイントに鉄琴の音板を有する受電デバイス (図 12) を置いていくと一定のリズムで給電し、給電された際にソレノイドアクチュエータ (図 13) が上下動し鉄琴の音板を叩いて鳴らす。鉄琴には EMUL MTGL-8C カラフル鉄琴 8 音 を使用した。遊び方は、給電装置にある 8 カ所の給電ポイントが一定の時間間隔で順番に移り変わっていくタイミングに合わせて、ユーザーが鉄琴を叩く受電装置を並べ換えていくことで、自動演奏することができる。また、給電装置にあるテンポ調整用のつまみを利用することで、テンポを変えて演奏することも可能である。使用手順を (図 14) に示す。



図 11 アプリケーション 2, 楽器玩具
Figure 11 Application2, Music toy



図 12 受電デバイス
Figure 12 Receiving electricity device



図 13 受電デバイス内部
figure 13 The inside of a receiving electricity device

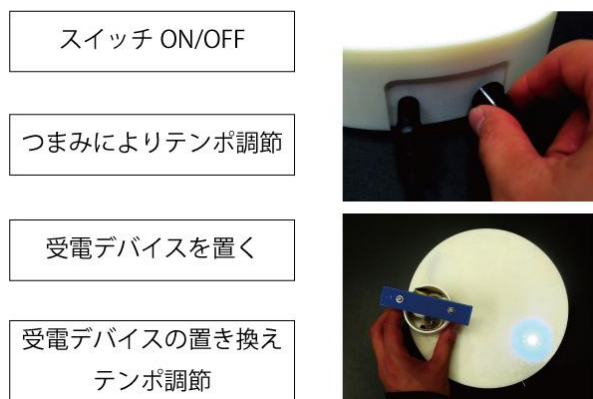


図 14 使用手順

Figure 14 How to play

5. 考察と今後の展望

ドールハウス玩具の人形設計の条件として掲げた、①人形の外観を損ねない②電池を使用しない③スイッチで ON・OFF 操作をしない の3つの条件について考察する。②電池を使用しない点は、非接触給電を利用したため、条件を達成した。また、①人形の条件を損ねない③スイッチで ON・OFF 操作をしない点はプロトタイプ試作において、人形の内部に受電装置をすべて内蔵することができたため、条件を達成できた。よって今回目標とした条件はすべて達成した。後はアクチュエータの数を増やすことと、人形にマイコンを取り入れて人形側で動きの制御を可能にすることを目指す。

ミュージックシーケンサタイプの玩具に関しては、給電装置で使用しているリレースイッチ(Y14H-1C-5DS)がスイッチを切り替える際に僅かな動作音を発するため、鉄琴の音色を妨げてしまうことがあった。したがって、今後、音のならないリレースイッチを使用することを考える。また、鉄琴だけでなく様々な音を鳴らし、演奏の音色のバリエーションを増やすなど、組み合わせ方によって多種多様な演奏方法を考えている。他にも、給電装置にセンサを搭載し、受電装置をセンシングすることも検討する。

6. 参考文献

- 1) 杉浦裕太, リーカリスト, 尾形正泰, 牧野泰才, 坂本大介, 稲見昌彦, 五十嵐健夫, "PINOKY: むいぐるみを駆動するリング型のデバイス", 第19回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2011), <http://www.designinterface.jp/projects/PINOKY/wiss2011Pinoky.pdf>
- 2) 椎名 美奈, 石川 達也, 長谷川 晶一: むいぐるみの柔軟性を持ったロボティック・ユーザ・インタフェース (RUI) の構築, 日本バーチャルリアリティ学会第13回大会論文集, セッション1A2-5, 2008. http://haselab.net/files/paperDB_uploads/pdf-qj045g3w.pdf
- 3) 辰田恵美, 塚田浩二, 椎尾一郎: ビーズアクチュエータの試作とその応用, 全国大会講演論文集, 一般社団法人情報処理学会, 2011-03-02, p.241-243, <http://ci.nii.ac.jp/naid/110008601155/>
- 4) Kentaro Kimura, Osamu Hoshuyama, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. 2011. VITA: visualization system for interaction with transmitted audio signals. In ACM SIGGRAPH 2011 Posters (SIGGRAPH'11). ACM, New York, NY, USA, , Article54 , 1 pages. <http://doi.acm.org/10.1145/2037715.2037776>
- 5) 須木康之, 小林茂, 鈴木宣也: エスパードミノ: 近距離無線通信における情報伝達状態の顕在化, 情報処理学会インタラクシオン 2010, <http://www.interaction-ipsj.org/archives/paper2010/demo/0067/0067.pdf>
- 6) 安倍秀明, 坂本浩, 原田耕介: 磁気結合コイルの正確な位置合せを不要にした非接触給電, 電子情報通信学会論文誌. B, 通信, 社団法人電子情報通信学会, 2003-06-01 , pp. 987-996 , <http://ci.nii.ac.jp/naid/110003170475/>
- 7) 安倍秀明, 田村秀樹, 秋定昭輔, 山下幹弘, 坂本浩, 原田耕介: 出力安定化機能を有するシンプルな非接触充電回路, 電子情報通信学会技術研究報告. 電子通信エネルギー技術, 社団法人電子情報通信学会, 1999-02-19 , pp. 23-30 , <http://ci.nii.ac.jp/naid/110003189868/>
- 8) 清水 邦敏, 増田 敦, 井上 昌三, 市川 竹志, 大崎 敏明, "非接触給電ハイブリッドバス実証試験車の開発" 自動車技術, 自動車技術会 2008-11-01, p.41-46, <http://ci.nii.ac.jp/naid/10024450168/>
- 9) 山内幸長, 山本宣春: 長距離ワイヤレス給電の実験と研究, トランジスタ技術 2011 年 1 月号, pp. 174~182, CQ 出版
- 10) Takaharu Kanai, Yuya Kikukawa, Tatsuhiko Suzuki, Tetsuaki Baba, and Kumiko Kushiya. 2011. PocoPoco: a tangible device that allows users to play dynamic tactile interaction. In ACM SIGGRAPH 2011 Posters (SIGGRAPH '11). ACM, New York, NY, USA, , Article50 , 1 pages. <http://doi.acm.org/10.1145/2037715.2037772>