

# Nutube を用いたエフェクターへの無線給電回路の実装と評価

2017SC023 加藤健吾 2017SC028 小林凜

指導教員：奥村康行

## 1 はじめに

近年、防水性の向上や接続不良の減少といった機器の性能向上や、給電の手軽さといった理由から、電気自動車や工場のセンサ、スマートフォンといった様々な機器に無線給電を実装する研究が進められている。無線給電には、有線給電に比べ給電効率が劣ることや位置ずれの影響を受けやすいことなどのデメリットもあるが、最近では限られた空間全体に対してのワイヤレス充電が研究されるなどデメリットを改善する研究が進められている [1]。また、ノイズなどの影響にシビアなオーディオ製品に無線給電が搭載されることも増えてきた。現在、スピーカーに無線給電を搭載する技術が普及している中、本研究では無線給電の技術をさらにオーディオ製品に普及させるため、まだ無線給電の技術があまり普及していないオーディオ製品であるギター用エフェクターに無線給電を実装し特性評価を行うことにした。ギター用エフェクターは信号音に音色効果を付与する小型オーディオ機器である。数あるオーディオ製品からエフェクターに着目した理由は、エフェクターを複数個ボード上で一度に使用した場合に生じる配線が複雑になりレイアウトの自由度が低下してしまうという制約を無線給電によって改善したいと考えたためである。本研究では、無線給電により供給可能な電力が小さいため省電力で動作する真空管である Nutube を用いたエフェクターと無線給電の外付けデバイスを製作し、電源供給方法の違いによって生じる音質への影響を SNR(signal-to-noise ratio) という評価項目によって比較することで定量的に評価する。

## 2 先行研究との差異

本節では先行研究 [3] との差異について説明する。先行研究では、ELECTRO-HARMONIX 社の BigMuff Ram's Head というトランジスタを用いたエフェクターの回路を参考に自作したエフェクターに対して無線給電の技術を搭載した。この回路は動作電圧 9V、消費電流 2mA で動作するエフェクターであるが、無線給電では有線給電時に比べて 4~7dB ほどノイズが大きいと述べられていた。そのノイズを改善するため本研究では、省電力で動作する Nutube という三極真空管は、有線給電に比べて供給可能な電力が小さい無線給電と相性が良いと考え、結果としてノイズを減少させられると予想したことから CQ 出版社のワイヤレス電力給電実験キット [6] と KORG 社の NUTUBE OVERDRIVE KIT [7] を用いて測定を行った。このキットの外観を図 1 に示す。また、先行研究では有線給電と無線給電のノイズの比較を行ったが、本研究ではそれに加え、無線給電と電池による給電の比較も行った。



図 1 エフェクターの外観 [7]

## 3 給電回路及びエフェクター回路

本研究では無線給電回路と Nutube を用いたエフェクターの回路の 2 つの回路を使用する。本節では、それぞれの回路について詳しく説明する。

### 3.1 Nutube について

本節では、エフェクターに搭載する真空管である Nutube について説明する。Nutube とは、図 2(b) のように従来の真空管と同じアノード・グリッド・フィラメントの構造をもつ、3 極真空管である。その外観を図 2(a) に示す。Nutube の特徴は、従来の真空管と同様な豊かな倍音を生み出しながら、蛍光表示管の技術を応用することにより従来の真空管よりも大幅に省電力化、小型化を実現していることである。[2]

### 3.2 無線給電及び無線給電回路について

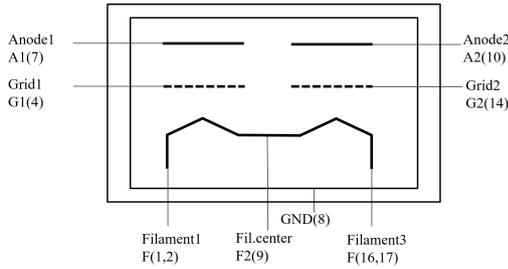
本節では、本研究に用いる無線給電回路について説明する。無線給電には電磁誘導方式、磁界共鳴方式という 2 つの主要な方式が存在する。この 2 つの方式についてローム社の web ページ [4] で以下の表 1 のようにまとめられている。本研究では、エフェクターボード上での使用を前提としていることから CQ 出版社の磁界共鳴方式での給電が可能なキット [5] をまず使用して長距離で給電を行おうとしたがエフェクターを動作させるのに十分な電力の供給が出来なかったため、同じく CQ 出版社の電磁誘導方式での給電が可能なワイヤレス電力給電実験キット [6] を用いた。このキットの外観を図 3、ブロック図を図 4 に示す。

### 3.3 エフェクターの回路について

本節では、エフェクターの回路について説明する。エフェクターとは、入力された信号音に対し、音色効果を付



(a) Nutube の外観



(b) Nutube の内部構造

図 2 Nutube について [2]

表 1 二つの給電方式の比較

	電磁誘導方式	磁界共鳴方式
原理	コイル間の誘導磁束を利用	LC 共振を利用
給電効率	有線給電の約 90%	有線給電の約 60%
給電距離	~ 数 cm	~ 数 m
用途	スマートフォンの充電スタンド	電気自動車の充電スタンド

与するものである．中でも本研究では，オーバードライブと呼ばれる音を歪ませるエフェクターを使用する．アンプは音を増幅させる装置であるが，増幅できる上限が決まっておりそれを超えると音の波形がクリップされ，その部分が歪みとして聞こえる．オーバードライブとは入力された信号音を増幅させクリップを起こす役割を持つエフェクターである．本研究では，KORG 社が販売している，Nutube を用いたエフェクターのキットである OD-S NUTUBE OVERDRIVE KIT[7] を使用する．Nutube を用いたエフェクター回路の増幅部を図 5 に示す．

## 4 評価方法

本節では，ノイズの指標となる SNR の測定方法について説明する．SNR の実測方法については先行研究 [3] に従って測定した．上記によると SNR の測定方法はスペクトラム・アナライザを用いる方法とオシロスコープを用いる方法の 2 通り存在する．

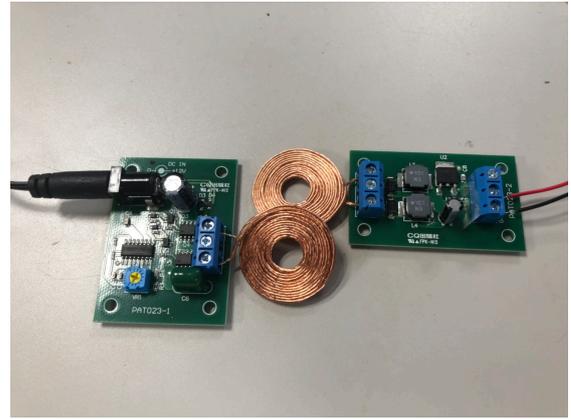


図 3 無線給電キットの外観

### 4.1 SNR について

無線給電は有線に比べて電力供給が安定しないため，ノイズが多くなることが予想される．そこで，EDN Japan の Web ページ [8] を参考に SNR を測定することでどの程度ノイズが入るのかを有線時と比較し，評価する．SNR は Signal-to-Noise Ratio の略で，日本語では信号対雑音比と呼ぶ．これはアナログ回路の一般的な性能指標などに用いられている．SNR は，一般に対数を取って dB で示され，以下の式 (1) で定義される．

$$\begin{aligned}
 \text{SNR} &= \text{信号電力の実効値} / \text{雑音電力の実効値} \\
 &= S - N \\
 &= 20 \log_{10} \frac{V_s}{V_n}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$S$ : 信号音レベル [dB],  $N$ : 雑音レベル [dB],  $V_s$ : 信号電圧の実効値 [V],  $V_n$ : 雑音電圧の実効値 [V] である．

図 6 より，SNR が大きいほどノイズの影響が小さく，SNR が小さいほどノイズの影響は大きいことが分かる．雑音成分はあらゆる周波数で発生するため，測定対象となる単一の周波数は存在しない．そこで，雑音レベルは図 6 より，各周波数でのノイズ成分の総和と定義され，この雑音レベルと信号音レベルの差が SNR であると定義している．また図 6 より，SNR が大きいほどノイズが小さいことがわかる．上記の測定方法は先行研究 [3] にて用いられているものであり，先行研究と結果を比較するため同じ評価方法を本研究でも用いている．

### 4.2 実測方法

先行研究 [3] によると，SNR の測定はスペクトラム・アナライザを用いる方法とオシロスコープを用いる方法の 2 つが存在する．本節では紙面の都合上オシロスコープを用いた測定方法は割愛し，スペクトラム・アナライザを用いた測定方法のみ記載する．本研究では先行研究に従い，信号音が最大録音レベル (1000Hz の純音を信号音とすると，3000Hz の第 3 次高調波の信号音に対する相対レベルが約 -30dB となる信号音レベル) となるようにアンプやエ

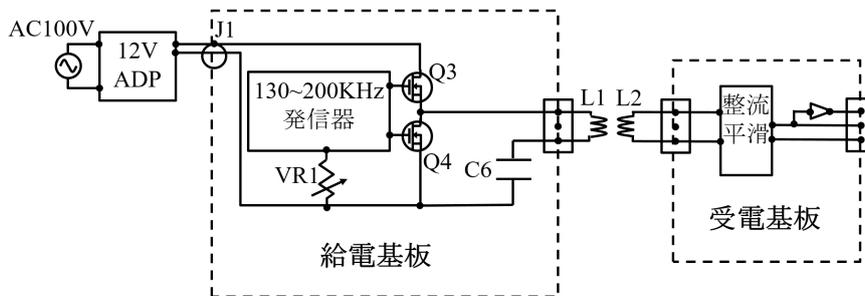
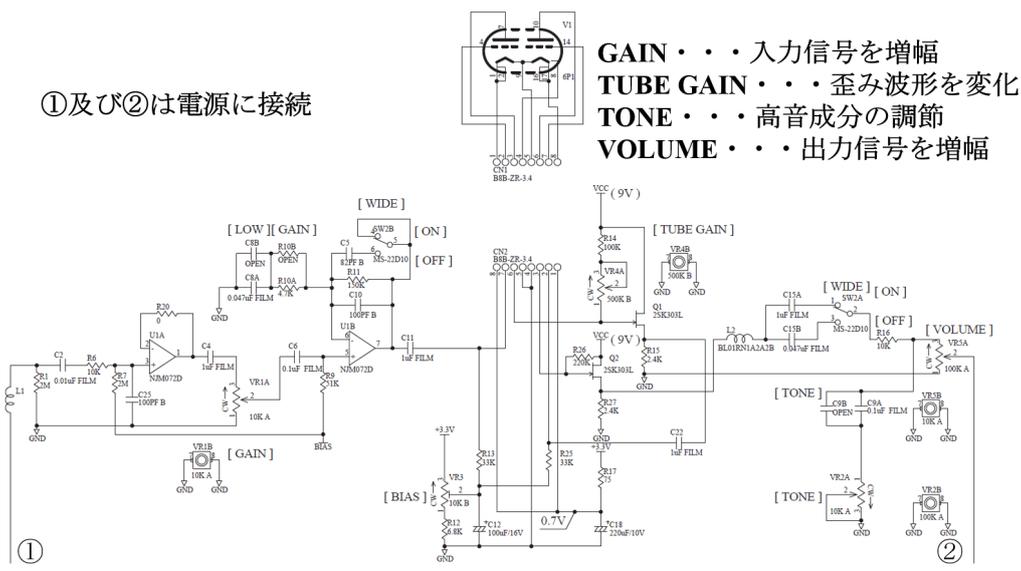


図4 無線給電のブロック線図



①及び②は電源に接続

**GAIN**・・・入力信号を増幅  
**TUBE GAIN**・・・歪み波形を変化  
**TONE**・・・高音成分の調節  
**VOLUME**・・・出力信号を増幅

図5 エフェクター回路の増幅部

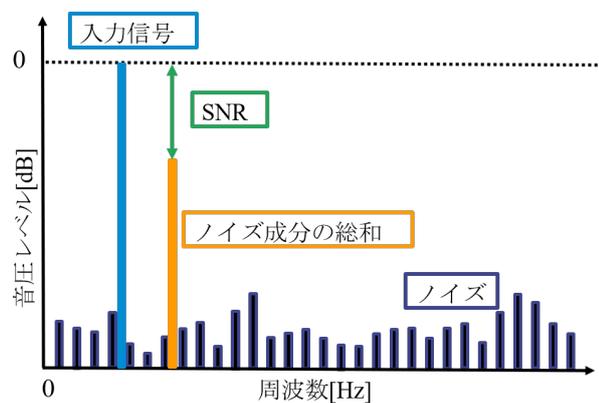


図6 SNRのイメージ図[8]

フェクターのつまみを調整し、その時の信号音レベルをスペクトラム・アナライザを用いて計測する。その後、アンプやエフェクターのつまみを変えずに信号音がない状態での雑音レベルをスペクトラム・アナライザを用いて計測する。それらの信号音レベル [dB] と雑音レベル [dB] の差をSNR とする。スペクトラム・アナライザには音声信号をFFT(高速フーリエ変換) してそのリアルタイムにその周

波数成分(スペクトラム)を表示するフリーソフトであるWavewSpectra[7]を使用した。入力信号として、1000Hzで、ギターの入力電圧に近い1.5Vの信号をファンクションジェネレーターからエフェクターに入力し、アンプからの出力音をマイクで録音して、WaveSpectraで測定した。WaveSpectraによる実測風景を図7、構成図を図8に示す。

### 5 結果と考察

本章では実測の結果を記載する。実測により得たスペクトルを図9、図10、図11に示す。実測の結果、有線給電時のSNRは14.14dB、無線給電時のSNRは9.60dB、電池での給電時は14.87dBとなり、無線給電は有線給電と比較すると4.54dB、電池での給電と比較すると5.27dB程度ノイズが大きくなるのがわかった。これは、使用した無線給電キットの動作として直流電力を高調波電力に変換して給電し、その高調波電力を整流するというプロセスや、キットを長時間使用した際にコイルがかなり熱を持つことがわかり、それらが原因で給電を行う際の安定性が欠けたことからノイズが大きくなったのではないかと考えられる。



図 7 WaveSpectra による実測風景

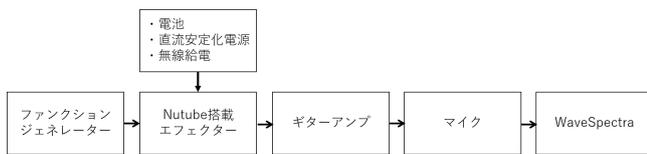


図 8 WaveSpectra による測定の構成図

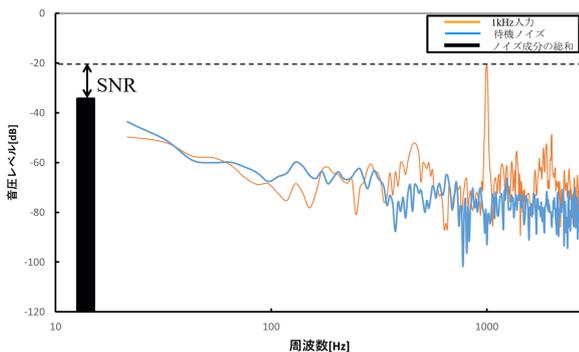


図 9 有線給電時の WaveSpectra による実測波形

## 6 おわりに

本研究ではオーディオ製品に無線給電を搭載する際に、有線給電時に比べノイズが大きくなるという課題に対し、エフェクターに Nutube という省電力で動作するという特徴から無線給電と相性が良いと考えられる真空管を搭載するという手法を用いて改善を試みた。その結果、先行研究 [3] では SNR が 4dB から 7dB 程度であったのに対し、本研究では SNR が 4dB から 5dB であったことからノイズの最大値が約 2dB 程度軽減され、ノイズが改善されることが確認できた。

## 参考文献

[1] 川原圭博, “部屋中どこでもワイヤレス充電の実現 ~ 電池が切れない IoT システムへの応用に期待 ~,” 東京大学, <https://www.akg.t.u-tokyo.ac.jp/archives/2334>, 参照日: Sept. 17, 2020.

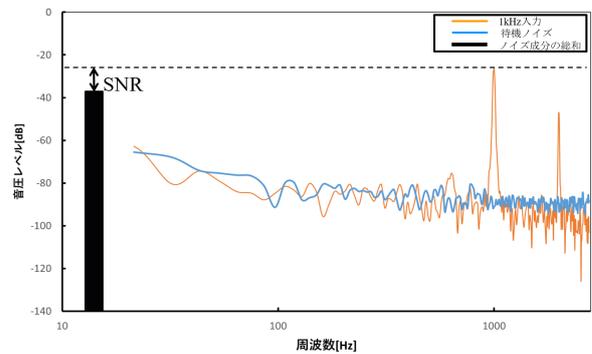


図 10 無線給電時の WaveSpectra による実測波形

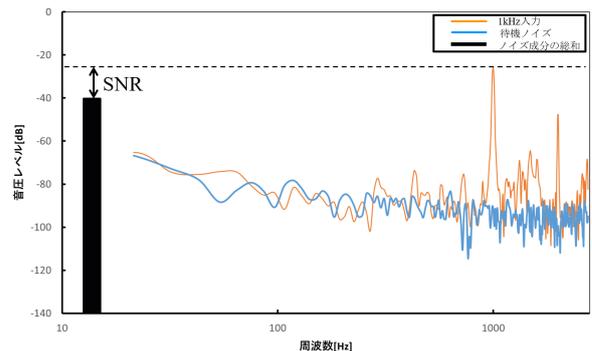


図 11 電池による給電時の WaveSpectra による実測波形

[2] KORG, “Nutube-Japanese,” <https://korgnutube.com/jp/>, 参照日: Sept. 17, 2020.

[3] 大蔵優介, “エフェクターへの無線給電の実装と評価,” 南山大学 2015 年度卒業論文, <http://www.st.nanzan-u.ac.jp/info/gr-thesis/2018/fujii/pdf/15sc075.pdf>, 参照日: Sept. 17, 2020.

[4] ローム株式会社, “ワイヤレス給電(無線給電)方式,” [https://www.rohm.co.jp/electronics-basics/wireless-charging/wireless-charging\\_what](https://www.rohm.co.jp/electronics-basics/wireless-charging/wireless-charging_what), 参照日: Sept. 17, 2020.

[5] CQ 出版社, “ワイヤレス電力給電実験キット,” <https://shop.cqpub.co.jp/detail/1192>, 参照日: Jan. 19, 2021.

[6] CQ 出版社, “ワイヤレス電力給電実験キット扁平コイル・セット,” <https://shop.cqpub.co.jp/detail/1393>, 参照日: Sept. 17, 2020.

[7] KORG, “OD-S NUTUBE OVERDRIVE KIT,” <https://www.korg.com/jp/products/effects/od-s/>, 参照日: Dec. 04, 2020.

[8] ITmedia, Inc. “SNR と SFDR,” EDNJapan, <https://ednjournal.com/edn/articles/1301/28/news003.html/>, 参照日: Dec. 04, 2020.