

再構成可能なエンクロージャの作製と評価

2016SC085 多田舘也

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

スピーカがユニットの本来、または本来以上の性能を発揮するためにはエンクロージャの設計は不可欠であり、スピーカのエンクロージャを自作する場合木材を用いることが多い。また、エンクロージャには様々な型が存在し、形状や容積、材質によりその音質を変化させるため、好みの音質を追求しようとするれば多くの試行錯誤、調整が必要となる。しかしそれらを繰り返すにはその分多くの木材を必要とし、分解にかかる手間や組み上げたエンクロージャ、木材の保管場所と多くのコストがかかってしまうためスピーカ設計の初学者にとって自由に試行錯誤することは簡単ではない。スピーカ設計初学者にとって熱のある時期に設計を実現できないということは大きな機会損失であり、容易に試行錯誤を繰り返すことが可能になればスピーカ設計に対する理解を深めることが可能になるのではないだろうか。そこでエンクロージャを繰り返し自作する際のコスト低減のため LEGO ブロックを用いた再構成可能なエンクロージャを提案する。LEGO ブロック自体は木材よりも高価ではあるが、繰り返し利用できるため長期的に見れば木材よりも安価に活用可能であり、再構成可能という観点から教育への応用性が見込めるため教材化を図り、未来のスピーカ設計者の一助となることを目指す。

本研究では LEGO ブロックを用いたスピーカの周波数特性を測定、評価を行う。なお、本研究では参考文献 [1] を参考にして LEGO ブロックエンクロージャを構成した。

2 先行研究との差異

先行研究では強化ダンボール材と木材を用いて試作したスピーカに対して無響室での周波数特性の測定と主観評価を行っている [2]。本研究では市販品であるバスレフ型エンクロージャと自作した密閉型木製エンクロージャを可能な限り LEGO ブロックで容積を同等にしたスピーカに対して参考文献 [3] に従い、自宅の一室で擬似無響室測定 (Far Field 測定) と近接測定 (Near Field 測定) の 2 つの測定を行った。本研究では LEGO ブロックを再構成した際に周波数特性を変化させることができるかという点に重点を置き、再構成するごとに測定を行いたかったため測定方法を変更した。

3 測定方法

測定は Fostex 社の 1.86 L 木製バスレフ型エンクロージャ P800-E、自作の 2.81 L 密閉型木製エンクロージャ、2 つの木製エンクロージャを LEGO ブロックを用いて可能な限り容積を同等に設計したエンクロージャの 4 つそれぞれにスピーカユニット P800K を取り付けられたスピーカ

に対して行った。本研究段階では密閉度の補強が必須なためビニルテープで LEGO ブロックエンクロージャの周囲を覆っている。また、測定には PC と Fostex 社のアンプ AP05mk2、Dayton Audio 社のコンデンサマイク EMM-6、TASCAM 社のオーディオインターフェース US-1x2 と分圧用回路を用いた。使用器具の配線の略図を図 1 に示す。本研究で用いた 2 つの測定方法はどちらも距離の差を

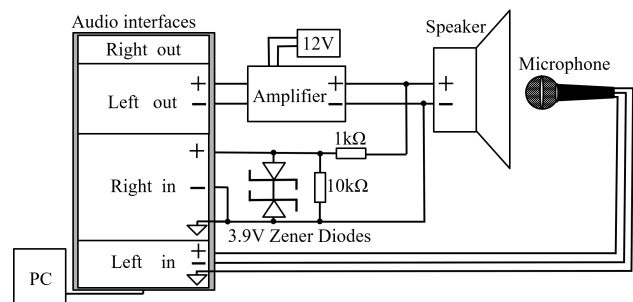
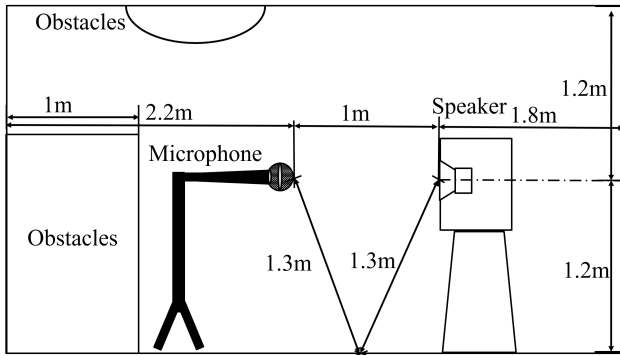


図 1 使用器具の略図

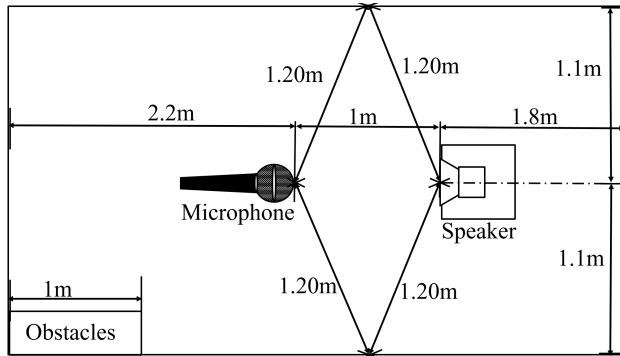
利用した測定方法であり、擬似無響室測定には低域に測定限界が、近接測定には高域に測定限界が存在するためふたつの測定結果を合わせることで総合周波数特性の算出を行う。

擬似無響室測定はスピーカからマイクに直接入る音よりも壁や床に一度反射してマイクに入る音のほうが遅れて測定されることを利用した測定方法である。図 2(a) に擬似無響室測定の水平方向から見た測定環境、図 2(b) に擬似無響室測定の鉛直方向から見た測定環境を示す。擬似無響室測定の設置方法はスピーカ、マイク間を 1m の間隔を空けて壁から十分に離し、高さを床、天井間の中間地点に、スピーカユニットの中心部が左右の壁の中間地点になるように設置する。図 2(a) を見るとスピーカ、マイク間の距離は 1m に対してスピーカから出力された音が床に反射してマイクへ入力される距離は 2.6m と、反射した音は 1.6m 分遅れて入力される。同様に図 2(b) を見るとスピーカ、マイク間の距離は 1m に対してスピーカから出力された音が壁に反射してマイクへ入力される距離は 2.4m と反射した音は 1.4m 分遅れて入力されることで最低でも 1.4m 分距離に差が生まれ、時間にして 0.0041 秒間反射の影響がない状態での測定が可能となる。

近接測定はマイクとスピーカ間を接近させ、壁や床からの反射音が入らない状態で行う測定方法であり、バスレフ型エンクロージャのポート部から発した音も測定が可能である。近接測定の設置方法はスピーカ、マイク間を 1cm の間隔を空け、壁、床からの距離を十分にとる必要がある。スピーカからマイクに直接音が入力されるため擬似無響室



(a) 水平方から見た向擬無響室測定環境



(b) 鉛直方向から見た擬無響室測定環境

図 2 擬無響室測定環境

測定と同様に反射の影響がない状態での測定が可能である。オーディオインターフェースは PC から電源を供給されており、測定用の信号を生成、ひとつの出力に対してふたつの入力を用いることでアンプの性能差に左右されない測定を可能にする。

4 使用するソフトウェアについて

測定、測定結果を算出するために ARTA, The Edge, Limp, Speaker workshop の 4 つのソフトを使用する。ARTA は測定用のソフトであり、測定用の sweep 音の出力、擬無響室測定、近接測定の測定結果に対してソフト内でフーリエ変換を行い数値、波形として出力する役割を持つ。The Edge では近接測定で得た 2π 空間でのデータを 4π 空間でのデータへと変換するために必要な音波の回折特性を計算する役割を持ち、Limp によってインピーダンスの測定を行う。Speaker workshop は擬無響室測定の測定結果や近接測定の測定結果、The Edge で計算した回折特性の適用、バスレフ特性の合成を行い総合周波数特性を求める為に扱われる。

5 測定結果

1.86 L 木製バスレフ型スピーカ、約 1.87 L LEGO ブロックバスレフ型スピーカ、2.81 L 木製密閉型スピーカ、約 2.81 L LEGO ブロック密閉型スピーカの測定結果を図 3 に示す。なお、LEGO ブロックの空洞部分を考慮しない値となっている。

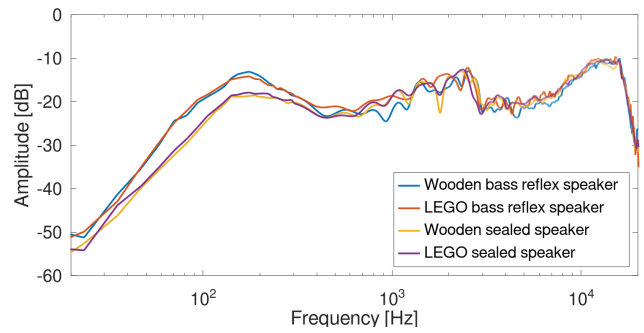


図 3 測定結果

図 3 を見ると木製バスレフ型スピーカの 30Hz から 300Hz 帯において音圧レベルが大きいのが、バスレフ型スピーカ自体が低音域を強調する性質を持つため妥当であり測定結果と製品情報は概ね一致する。次に LEGO ブロックバスレフ型スピーカに注目すると木製バスレフ型スピーカと近い波形となっている。LEGO ブロックスピーカは木製バスレフ型スピーカを可能な限りで同等の容積になるよう設計をしているため近い結果になったのは予想通りであるが、バスレフ型スピーカ同士で比較した時、700Hz から 3000Hz において測定結果に違いがある。理由としては容積は同等に近く設計したが寸法の違い、もしくは材質による差があるためだと考えられる。木製密閉型スピーカ、LEGO ブロック密閉型スピーカについては予想と同じ結果となっており、こちらもバスレフ型と同様に木製スピーカを LEGO ブロックで可能な限りで模したため近い結果となっている。密閉型同士で見た時 700Hz から 3000Hz において測定結果に違いがあるのはバスレフ型と同様に寸法の違い、もしくは材質による差だと考えられる。

6 おわりに

本研究で木製エンクロージャを自作した際の値段がおおよそ千円であった。LEGO ブロックエンクロージャはそれぞれ約二万円で作成した計算である。二十回以上は再構成を繰り返したため LEGO ブロックを用いることで木材より安価にエンクロージャの設計ができたと考える。また、好みを除けば低音域から高音域まで偏りが無い周波数特性が望ましいため、今後複数のスピーカユニットを用いることで実現を目指したい。

7 参考文献

- [1] Y 杉, “Y 杉さんの LEGO スピーカー製作記,” <https://www.kit-ya.jp/etc/club/seisaku/ysugi>, 参照 Sep.17,2020.
- [2] 磯山拓都, 森幸男, 喜山嘉明, “強化段ボールをエンクロージャ素材に用いたスピーカの音響特性,” 信学技報, vol. 114, no. 52, SP2014-38, pp. 367-370, 2014.
- [3] Iridium17, “自作スピーカー測定・Xover 設計法マスターブック,” 熊谷 健太郎 (編), (社) SK Audio, 2017.