

# ソフトウェアで実現するバーチャル測定装置の製作

山内 勝晴

筑波大学システム情報工学等支援室, 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

第三学群工学システム学類の知的・機能工学システム実験（以下、専攻実験）のテーマの一つである「センサとアナログ信号処理」において、現在、発振器、オシロスコープ等を用いて実現している実験装置を、パソコンと A-D/D-A コンバータ機能を有する USB 端末機器等を用いてバーチャルな計測機器を製作した。

## 1. はじめに

専攻実験のテーマの一つとして「センサとアナログ信号処理」を行っている。この中で空中音響伝送線路の複素伝達特性測定を行っているが、現在の実験装置は、**図 1** に示すように、ファンクションジェネレータからのアナログ信号を、増幅器を介してスピーカで送波し、それをマイクで受波し、オシロスコープで計測する構成である。**図 2** は、実験装置の写真である。

この装置で伝送線路の周波数特性、指向特性、減衰量、伝達速度などの測定を行っている。これらを複数の周波数で測定を行うのだが、現在、周波数設定やデータの読み取りなど手動で行われている。また時間の制約上、測定できる周波数ステップが少なくならざるを得ない。また、現在使用している機器の一部は古くなって故障も多くなっているため、リプレースする必要も出てきている。

## 2. 実験装置の設計と製作

発振器などの計測機器をパソコンに代替し、周波数設定などの変更の自動化や、装置設定をパソコンの画面で行えることにより、測定する周波数を増やし、多くのデータを得られないかと考えた。通常、研究室などではパソコン（以下 PC）で自動計測する際には GP-IB など接続して計測するが、GP-IB を備えた計測器やインターフェイスが高価であるため、限られた予算内で効率的な学生実験のために多くの装置を準備することが厳しい状況である。

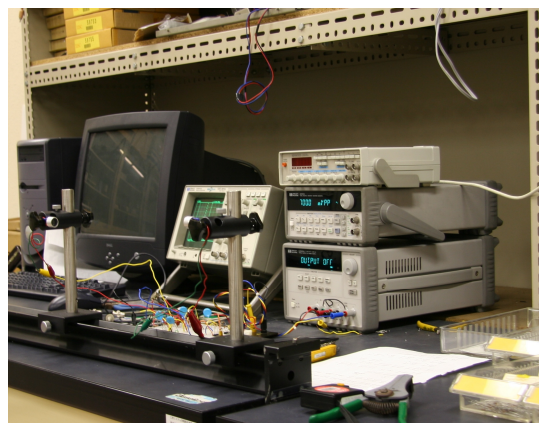


図 2 現在の実験装置の外観

そこで、A-D 変換を備えた USB 機器があることに着目し、これをパソコンで制御する**図 3** に示すような実験装置を製作することにした。パソコン内部の遅延や USB 接続機器で遅延が出ると予想されるため、計測点を 2 地点に増やし、その間で複素伝達特性測定を行うようにする。

本製作により、GP-IB を用いる装置に比べ 1/5 以下の予算で構築することが期待できるため、今まで 3~4 人に 1 台しか割り当てられなかった実験装置が 1~2 人に 1 台使用できるようになり、学生の教育効果の向上にもつながる。またバーチャル測定器であるため、学生が自由に測定器を工夫することが可能となり教育効果の向上が期待できる。

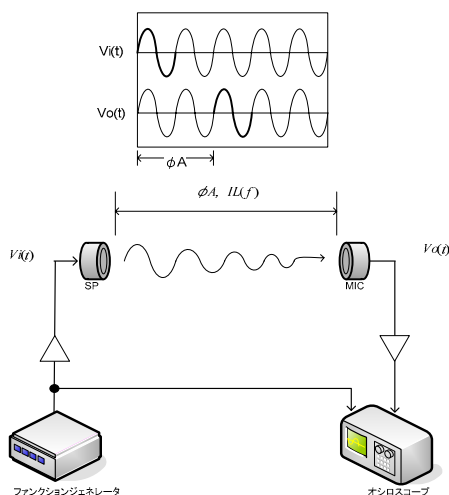


図 1 現在の複素伝達特性実験装置の構成

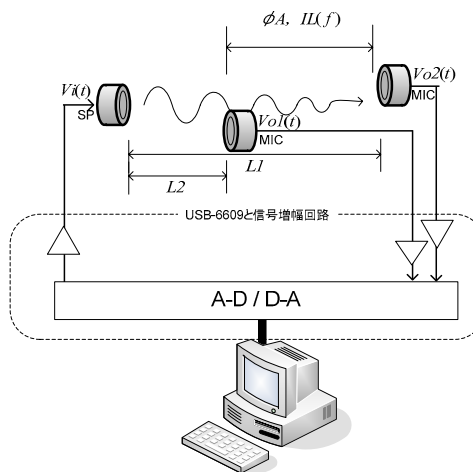


図 3 製作するバーチャル測定装置



図4 製作した実験装置



図5 USB-6009 と信号増幅回路

### 3. 製作したバーチャル測定装置

#### 3.1 装置全体

送波用のスピーカと受波用のマイクは、間隔を正確に測れるように、光学実験などで使用される X 型レール上にバーを立て、動かさないようにしっかりと固定してある。マイクやスピーカの距離を正確に測定する必要があることと、向きに少しでもずれがあると計測に支障が出てしまう為である。(図4) A-D 変換にはパソコンに USB で接続できるナショナルインスツルメンツ社の USB データ収集デバイス USB-6009 (以下、USB-6009) を使用した。音波の送受波時にはアナログ信号の増幅回路が必要になるため、これらの回路を製作した。キャリブレーションができるように、それぞれの増幅回路にはボリュームが付けてある。これらを使用しやすいようにまとめたもの(図3の USB-6009 と信号増幅回路の部分)が図5である。また、この機器のコントロール、及び、プログラムの開発には同社の LabVIEW を使用した。

#### 3.2 送信部

今回製作した実験装置は図3に示すようにパソコンで信号を生成し、パソコンのライン出力で D-A 変換を行いスピーカから送波する。発振は、図6のように出力波形を正弦波・三角波・方形波・ノコギリ波が選択できるようにし、それぞれにおいて周波数、振幅が変更できるようにしてある。この設定はプログラムを停止することなく随時変更できる。また、連続波では位相幅が大きいと位相がわからなくなってしまうので、パルス波の出力も発振できるようにしてある。

この実験装置の製作で使用した USB-6009 には A-D 変換 8 チャンネル (差動 2 チャンネル)、D-A 変換 2 チャンネルあるため、本来ならパソコンのライン出力で D-A 変換するのではなく、この D-A 変換を使用したものを製作したかった。私のプログラミングが悪かったせい、粗くて汚い波形しか作成できなく、低い周波数でも実験に使えるような波形が出せなかった。

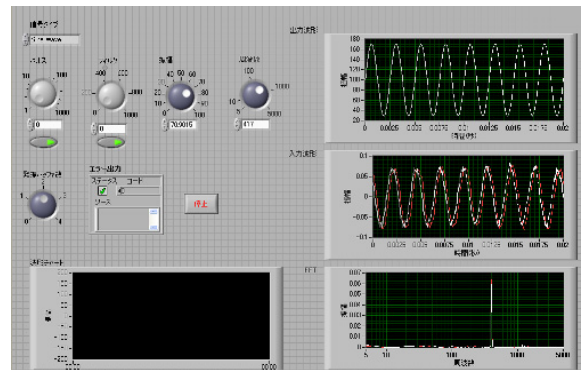
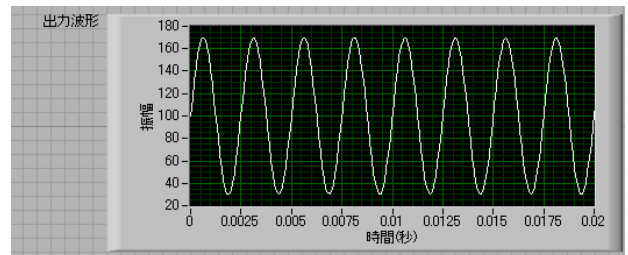
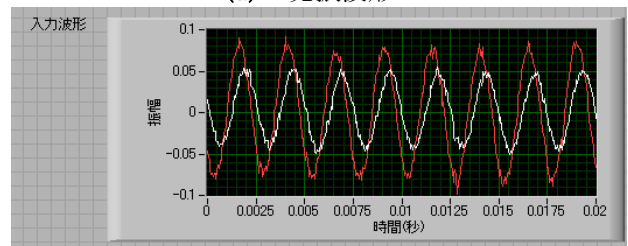


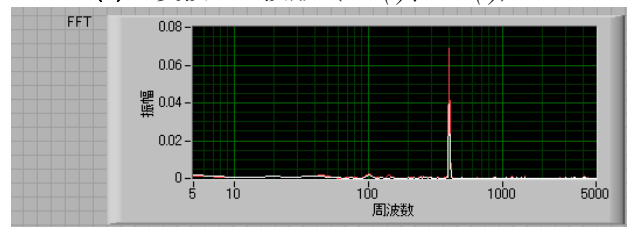
図6 製作したバーチャル測定器の操作画面



(a) 発振波形



(b) 受波した波形 ( $V_{o0}(t)$ 、 $V_{o1}(t)$ )



(c) 周波数スペクトル

図7 製作したバーチャル測定器の動作例

#### 3.3 受信部と解析部

発振された音波はコンデンサマイクで受波し、増幅器を通して USB 接続の A-D コンバータ (USB-6009)

でデジタルに変換され、パソコンに取り込まれる。取り込まれた波形は図 7 のようにリアルタイムにグラフ表示される。受波した 2 つの波形 (図 3 の  $V_{o0}(t)$ 、 $V_{o1}(t)$ ) は同一グラフに表示することが可能で、この 2 点間の位相や振幅差を見ることができる。

図 7 (a) のグラフが発振波形、図 7 (b) グラフが伝搬してきた音波を受波した 2 つ波形 (図 3 の  $V_{o0}(t)$ 、 $V_{o1}(t)$ )、図 7 (c) のグラフが周波数スペクトルである。いずれのグラフも X 軸、Y 軸に対して拡大縮小することができ、そのグラフのスナップショットを簡略化されて見やすいグラフで保存ができる。学生のレポートなどに貼り付けるのにとっても便利である。また、この LabVIEW は出力表示内容を簡単に変更できるため、必要に応じてその場で変更可能である。

#### 4. おわりに

ハードウェアの測定装置だけでは、実現できる機能に制限があったが、製作したバーチャルな測定装置だと、計測の基本原則を理解していると、ソフト的に色々な測定機能を追加することが可能になるため、クリエイティブな能力を付与できる学生実験が

できるのではないかと期待できる。

本実験装置の製作は、独立行政法人日本学術振興会 の平成 17 年度科学研究費補助金 (奨励研究) で「USB で制御する学生実験用音響伝達特性測定のためのバーチャル測定器の開発」という研究課題で採択され、補助金を受けている。

#### 謝辞

本実験装置の製作においてご指導してくださっている知能機能システム専攻 水谷孝一教授、及び、アドバイスをして下さったシステム情報工学等支援室 小野雅晃技術専門職員、中山勝技術専門職員に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] 筑波大学工学システム学類 平成 17 年度知的工学システム実験・機能工学システム実験テキスト
- [2] (ロバート・H・ビショップ著) 日本ナショナルインスツルメンツ株式会社監訳 尾花健一郎訳 「LabVIEW プログラミングガイド」 (株式会社アスキー 2005)