

## [実験]音で音を消す

# アクティブ・ノイズ・キャンセリング

新連載

第1回 実験環境の構築

川村 新

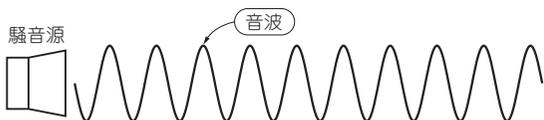


図1 空気の振動によって音が伝わる

アクティブ・ノイズ・キャンセリング(ANC)技術はその名前の通り、音で音を消す技術です。身近な例では、ノイズ・キャンセリング・イヤホン(またはヘッドホン)でANCが採用されています。密閉された小さな空間では、比較的安定して動作させることができます。

イヤホン以外では、本田技研工業のアコードや日産自動車のX-trailなどが車内の騒音低減のためにANCを活用しています。その他、空調機器のダクト、工場、建設作業現場にもANCが採用され、騒音低減を実現しています。

### アクティブ・ノイズ・キャンセリング技術の実装は難しい

#### ● 逆位相の音を作って音を消す

我々の耳に届く音は、図1のように空気の振動です。ここに、消したい音の振動と逆の振動をもつ音(これを逆位相音と呼ぶ)をぶつければ、空気の振動を止めて音を消すことができます(図2)。これがANC技術の概要です。

#### ● 安定した逆位相音をつくるのが課題

音を音で消す、すなわち、ある波に逆位相の波をぶつけてやるということなので、原理は理解しやすいと思います。ところが音は空間を球面状に広がるので、

- 気温
- 人の動き
- 椅子や机の位置
- 壁の材質

などによって伝わり方が変化します。従って、2つの音波が空間上で、ちょうど逆位相となってぶつかるスポットは、小さな領域に限定される上、環境に応じて

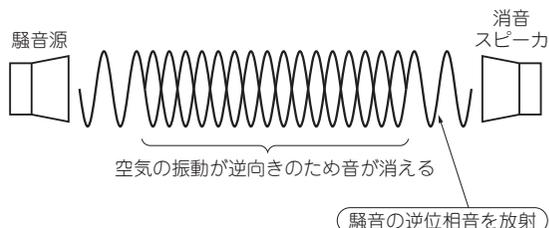


図2 消したい音の逆位相音をぶつければ音を消すことができる

時々刻々と変化します。そのため、指定したマイク位置で、ちょうど逆位相となる音を、自動的かつ安定して作ることは難しい問題であり、ANC技術を実装する上での最大の課題です。

### 連載概要

本連載では、このANC技術を使って自宅で試せる消音実験を解説します。

今回は実験環境の構築までを紹介します。

次回(連載第2回)は、マイクでモノラル音声を取り込み、ステレオ・スピーカ、つまり2つのスピーカのうち、一方から取り込んだ音声を出力し、もう一方から取り込んだ音の逆位相音を出力して、音の打ち消しを行います(図3)。

連載第3回では、2つのスピーカから正弦波を出力し、逆位相による音の打ち消し実験を行います(図4)。

連載第4回以降では、適応アルゴリズムを用いて、自動的に安定した逆位相音をつくることにチャレンジします(図5)。

### 実験環境…ハードウェア

#### ● PCとマイク、スピーカだけでOK

今回の実験では次のUSBマイクロフォンとステレオ・スピーカを使います。

- USBマイクロフォン BX078 (VersionTECH.)
- USBスピーカ MM-SPU7BK (サンワサプライ)
- PC (Windows)

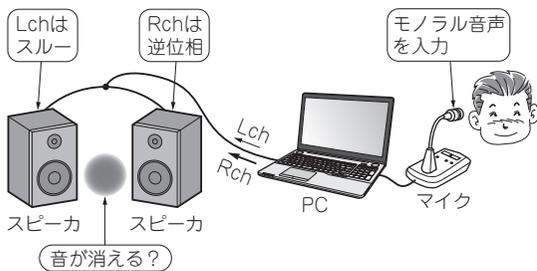


図3 マイクからの音声を逆位相にして、元の音声とぶつかる  
連載第2回の実験イメージ

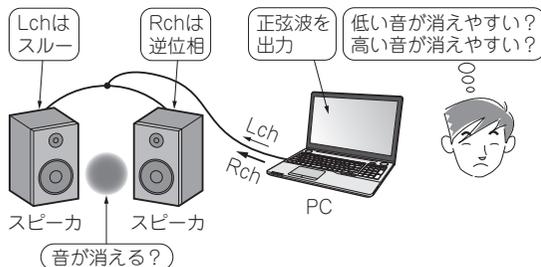


図4 正弦波を逆位相にして、元の波形とぶつかる  
連載第3回の実験イメージ

それぞれを接続した様子を写真1に示します。同じ型の製品でなくとも、マイクとステレオ・スピーカーがあれば、各実験は行うことができるでしょう。

## 実験環境…ソフトウェア

### ● 音声処理プログラムを作成

マイクからモノラル音声を取り込み、入力信号を反転(逆位相にする)させるなどの音声処理をして、スピーカーから出力するプログラムを作ります。Windowsパソコン上でBorland C++コンパイラを利用

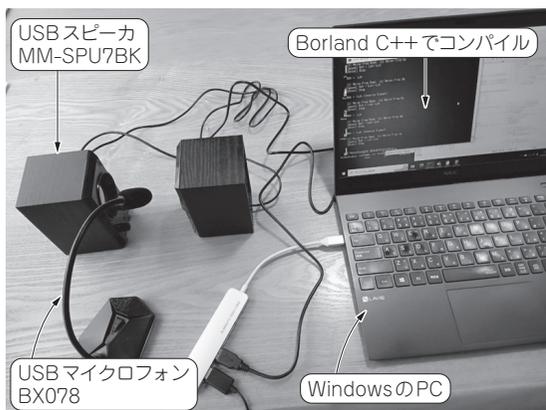


写真1 ANC消音実験の様子

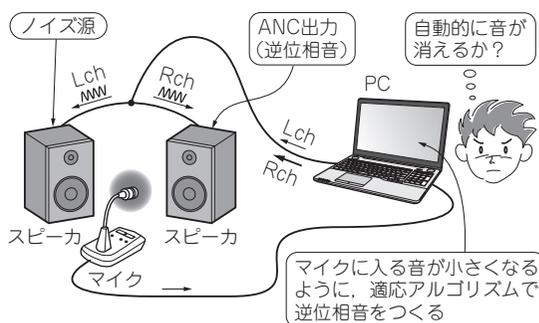


図5 自動的に安定した逆位相をつくる  
連載第4回以降の実験イメージ

用します注1。今回はコンパイラの導入まで次に説明します。

### ● Borland C++コンパイラの導入

#### ▶ステップ1: ウェブ・サイトからファイルのダウンロード

まずは、エンバカデロ社のBorland C++コンパイラダウンロード・ページ(<https://www.embarcadero.com/jp/free-tools/ccompiler>)から、以下の手順に従ってBCC32Cコンパイラをダウンロードしましょう。

ダウンロード・ページ画面中央の「今すぐダウンロード」をクリックし(図6)、必要事項(姓、名、メールアドレスなど)を入力して、下の「今すぐダウンロード」をクリックします(図7)。クリックするとダウンロードが開始されます。

#### ▶ステップ2: ファイルの解凍

ダウンロードが終わったら、ファイルを解凍して任意の場所に置きます。ここではCドライブ直下としておきます(図8)。

#### ▶ステップ3: パスを通す

まずは、ウィンドウ左の「PC」上で右クリックし、表示されたメニューの「プロパティ」をクリックします(図9)。開かれたウィンドウの中から「システムの

注1: 今回はWindows向けのBorland C++でのみ、動作確認を行っています。他のコンパイラでは、windows.hのmmsystem.hあたりでエラーが生じる可能性が高いです。



図6 ダウンロード・ページ画面の「今すぐダウンロード」をクリック

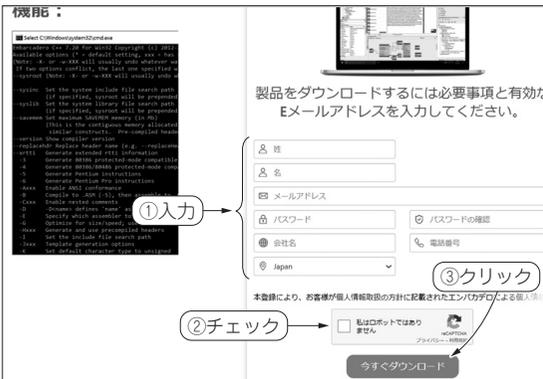


図7 下にスクロールして必要事項を入力し、「今すぐダウンロード」をクリック

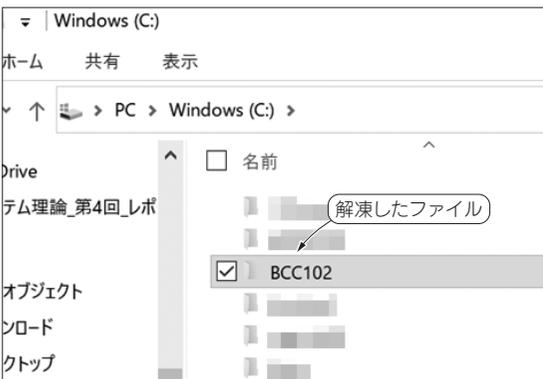


図8 解凍したフォルダはCドライブ直下に入れる

「詳細設定」を探してクリックします(図10)。

「システムのプロパティ」というウィンドウが開くので、その中の「環境変数」をクリックします(図11)。その後、現れた画面の「Path」, 「編集」を順にクリックします(図12)。

次に出てきた「環境変数名の編集」画面右の「新規」をクリックすると、下に新しい入力欄ができるので、「C:\¥BCC102¥bin」と入力して「OK」をクリックします(図13)。これでパスが通るようになり、BCC32Cコンパイラが使えるようになりました。この画面を閉じます。

▶ステップ4：パスが通ったことの確認

検索欄に「cmd」と入力してコマンド・プロンプトを起動します。出てきたウィンドウで「bcc32c」と入力してEnterキーを押してみましょう。その後、図14のように「Embacadero C++ ...」のメッ

注2：「...として認識されていません」というメッセージが表示されると、パスが通っていませんので、パスを通す作業を再確認してください。ただし、パスを再設定した場合、コマンド・プロンプトを再起動しないと設定が反映されないの



図9 ウィンドウ左カラムの「PC」上で右クリックして「プロパティ」をクリック

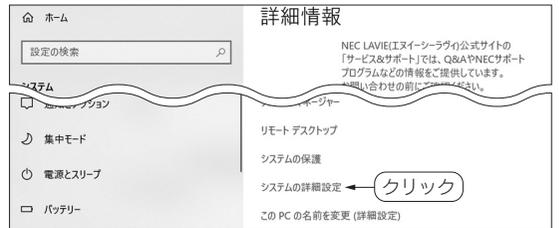


図10 「システムの詳細設定」をクリック

「システムの詳細設定」の位置はWindowsのバージョンによって異なる。図はWindows11 Pro.の場合



図11 「システムのプロパティ」の「環境変数」をクリック

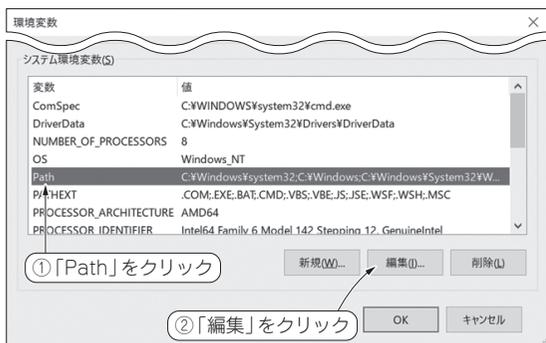


図12 「Path」をクリックした後に「編集」をクリック

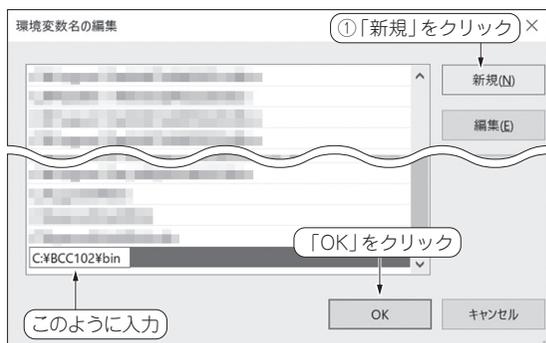


図13 環境変数名の編集



図14 コマンドプロンプトに「bcc32c」と入力後に上記のメッセージが表示されればOK

メッセージが表示されれば、パスが通っています<sup>注2</sup>。  
**▶ステップ5：サンプル・プログラムを実行する**  
 パスが通れば、Borland C++コンパイラが使える状態になっています。早速、プログラムtest.cを実行してみましょう。test.cの内容はリスト1に示すように4行のみです。

まず、test.cがあるフォルダに移動して、  
`> bcc32c test.c`  
 と入力し、Enterキーを押してください。図15の画面上部のようなメッセージができれば実行ファイル「test.exe」が出来上がっています。

次に、  
`> test.exe`  
 と入力し、Enterキーを押してみましょう（.exeは省略可能）。「Hello World!」と表示されれば成功です（図15の下部）。これで実験の準備が整いました。

◆参考文献◆

- (1) ノイズキャンセリングイヤホン特集, イヤホン・ヘッドホン専門店e☆イヤホン.  
<https://www.e-earphone.jp/ex/contents/feature/5234/noise-cancelling-earphone/>
- (2) HONDA アコード, 本田技研工業株式会社.  
<https://www.honda.co.jp/auto-archive/accord/4door/2023/webcatalog/interior/cabin/>
- (3) NISSAN エクストレイル, 日産自動車株式会社.

リスト1 「Hello World!」と表示するサンプル・プログラム (test.c)

```
#include <stdio.h>
int main(void) {
    printf("Hello World!\n");
}
```

「bcc32c test.c」と入力してEnterキーを押す



図15 test.cをコンパイルして実行ファイル「test.exe」を作成し、実行すると「Hello World!」と表示がでる

- (4) 車の森, 株式会社ヨシダオートサービス.  
[https://www.nissan.co.jp/OPTIONAL-PARTS/NAVIOM/X-TRAIL\\_SPECIAL/E-POWER/2207/index.html#!page?guid-475eabf6-035e-47bc-9179-ae5dbe4b45e8](https://www.nissan.co.jp/OPTIONAL-PARTS/NAVIOM/X-TRAIL_SPECIAL/E-POWER/2207/index.html#!page?guid-475eabf6-035e-47bc-9179-ae5dbe4b45e8)
- (5) 空調ダクトの騒音を軽減する「ANC(アクティブノイズコントロール) 消音装置」とは, 有限会社岩元空調.  
<https://www.ductya.com/blog/post-104/>
- (6) ANC騒音制御, 株式会社エフ・ピー・エス.  
<https://fpsinc.co.jp/anc/>
- (7) 協和ANC消音システム, 協和化工株式会社.  
<http://www.kyowakako.co.jp/products/anc.html>
- (8) 音のなんでもQ&A, 一般社団法人日本音響学会.  
<https://acoustics.jp/qanda/answer/73.html>

かわむら・あらた