

ワイヤレスマイク受信機を用いた講義録画音質の改善*

藤岡 与周†

Improvement of Sound Quality for Lecture Video Recording Using a Wireless Microphone Receiver

Yoshichika FUJIOKA

ABSTRACT

When lecture videos are shot with 4K action cameras or other cameras, the lecture audio may be difficult to hear because it contains a lot of ambient noise and reverberation. In this paper, a method of recording lecture audio is proposed that makes it easy to listen to with less indirect sound by receiving the audio from a wireless microphone. It can be realized by using a small wireless microphone receiver and connecting its earphones output into the external microphone input of a 4K action camera. The system is also equipped with an audio level indicator to adjust the recording level during lectures to be as high as possible without hard clipping, thereby enabling playback of easy-to-hear lecture audio with little white noise.

Key Words: lecture video recording, wireless microphone receiver, 4K action camera, signal-to-noise ratio, 800MHz band

キーワード: 講義録画、ワイヤレスマイク受信機、4K アクションカメラ、信号対雑音比、800MHz 帯

1. まえがき

板書中心の座学講義について、講義の様子を動画撮影し YouTube などを受講生に公開することにより、遠隔オンデマンド講義を実現する手法をこれまでに提案している¹⁾。4K アクションカメラ内蔵マイクを用いた録音では、残響音や周囲の雑音が混じり音声の明瞭度があまり高くない。一方で、大きな講義室では、もともと講義用ワイヤレスマイクを用いて天井等のスピーカから十分な音量で説明を聴くことができることが多い。そこで、単一指向性外部マイクを講義室のスピーカに向けて録音することにより、残響音などの影響をある程度軽減することができるが、それでも音声の明瞭度が十分に高いとは言えない問題があった。この講義用ワイヤレスマイクでとらえた音声をそのまま講義録画に使用できれば、講義ビデオ再生時には講義者の口元からの直接音が支配的となり、残響音や周囲の雑音の影響を大幅に抑えられると考えられる。そこで本稿では、小型ワイヤレスマイク受信機の使用による、聴きやすく明瞭度の高い講義動画音声の録音手法について報告する。

* 令和 6 年 3 月 6 日 受付

† 工学部工学科システム情報工学コース・教授

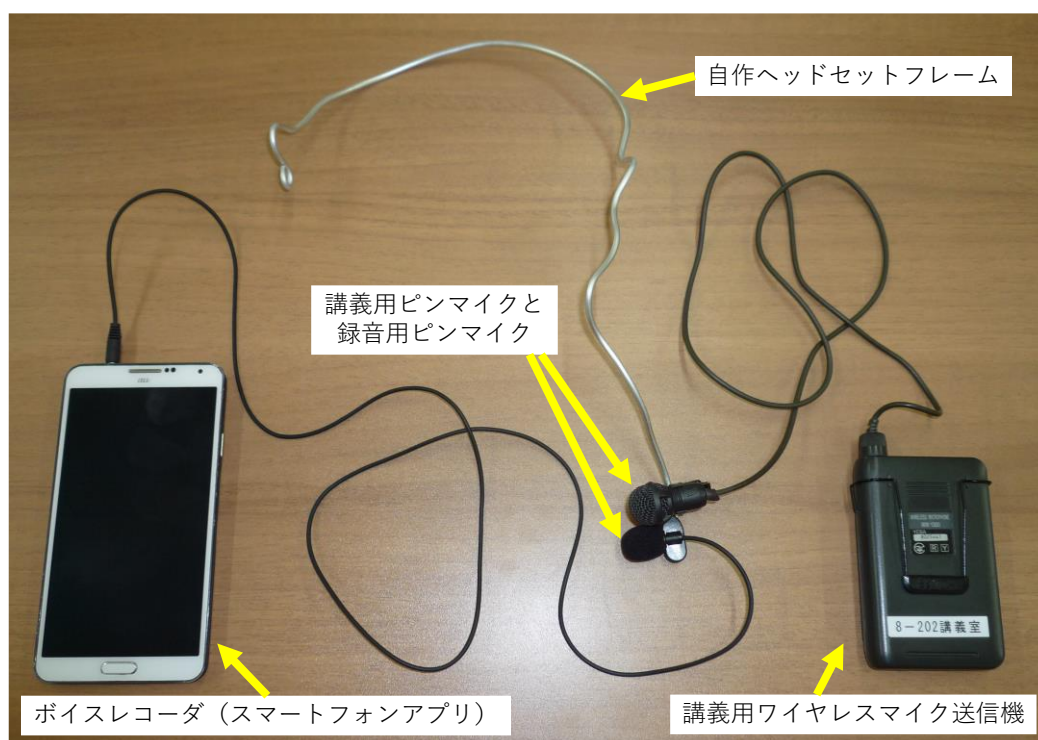


図1 講義用ワイヤレスマイク送信機とボイスレコーダの例



図2 小型ワイヤレスマイク受信機 JTS SIEM-111R

2. 講義マイク音声の録音方法

簡便に講義者の口元音声を録音する方法の一つとして、小型ボイスレコーダを口元近くに設置する方法が挙げられる。ピンマイク付きのボイスレコーダを用いる場合は、例えば図1に示すように講義用ピンマイクの近くにボイスレコーダのピンマイクを取り付けることにより、明瞭な音声を録音可能である。実際に手持ちのスマートフォンに外部ピンマイクを接続し、スマートフォン内蔵ボイスレコーダアプリで録音したところ、明瞭な講義音声を録音できた。録音レベル設定はアプリ内

表 1 小型ワイヤレスマイク受信機の主な仕様

型番	JTS SIEM-111R
受信周波数	B 帯 (806.125~809.750MHz 帯 30 チャンネルの内、任意の 1 チャンネルを選択)
発振方式	PLL シンセサイザー方式
LED ディスプレイ	RF レベル、ロックオン、バッテリー残量ゲージ、ステレオ/モノラル、HF ブースター、ダイナミックリミッター、グループ、チャンネル、ミュート、周波数表示
入力レベル選択スイッチ	0dB / -10dB
出力コネクタ	1/8 インチ(3.5mm)ステレオフォンジャック
イヤホン出力	60mW
最小負荷インピーダンス	16Ω
電源	単 3 形アルカリ電池 x 2
連続使用可能時間	12 時間以上
サイズ	約 72mm×30mm×183mm (アンテナ含む)
重量	約 240g (電池含む)

で自動的に行われるため、単に録音開始ボタンをオンにするだけで簡単に録音できる。

しかし、講義用ワイヤレスマイクの配線とボイスレコーダ用マイクの配線が絡まりやすく、講義中にやや邪魔になることがある。また、講義ビデオ録画ファイルとボイスレコーダ音声ファイルが別々なものとなるため、講義終了後に講義動画と音声とのタイミングを合わせる編集作業が必要となる。この作業を手動で行うことは煩雑であることから、できれば講義録画時に動画と音声のタイミングを合わせて同一のファイルに記録できることが望ましい。

そこで、図 2 および表 1 に示す小型ワイヤレスマイク受信機^{2,3)}を用いて、講義用ワイヤレスマイク送信機からの電波を直接受信しその音声出力を 4K アクションカメラの外部マイク入力に接続することにより、講義音声を録画時に同一ファイルに記録する方法を提案する。小型ワイヤレスマイク受信機には 800MHz 帯である B 帯であれば 16 チャンネルに分割したものも存在するが、本学の講義用ワイヤレスマイク（ピンマイク）用には B 帯を 30 チャンネルに分割したタイプの物が使用されている。また、この講義用ワイヤレスマイクの周波数バンド名は、B11 から B77 までのように先頭のアルファベット B と 1 から 7 までのグループ番号と一桁のチャンネル番号から構成されている^{4,5)}。これに対し、今回使用した小型ワイヤレスマイク受信機は、A から E までのアルファベットによるグループ名と 1 桁の数字によるチャンネル番号の組み合わせにより周波数を区別している。これらの対応関係を、参考までに 2 号館、3 号館、8 号館の各講義室で使用されている周波数の一例とともに表 2 に示す。

提案手法による講義前の準備作業の一つとして、小型ワイヤレスマイク受信機の受信周波数を各講義室の講義用ワイヤレスマイク送信機の送信周波数に合わせて設定しなおす作業が必要となる。このため、事前に各講義室の講義用ワイヤレスマイク送信機の周波数バンド名を調べておく必要がある。本学で使用されている講義用ワイヤレスマイク送信機の多くは、図 3 に示すように、講義用ワイヤレスマイク送信機の電池カバーを外すと周波数バンド名の 2 つの数字（グループ番号とチャンネル番号）を確認できる。この情報を基に予め表 2 のような対応表を作成しておき、講義室に合

表2 ワイヤレスマイク B 帯周波数とバンド名の対応

周波数(MHz)	バンド名(学内機器)							バンド名(SIER-111R)					
グループ	1	2	3	4	5	6	7	A	B	C	D	E	講義室(例)
806.125	B11						B71	A1					2-201/8-103
806.250		B21							B1				8-202
806.375	B12						B72						2-204/8-104
806.500		B22							B2				
806.625			B31							C1			
806.750				B41							D1		
806.875			B32				B73						
807.000		B23							B3				
807.125	B13							A2					2-203/3-103
807.250						B61							
807.375			B33							C2			3-101
807.500				B42			B74						8-203
807.625					B51							E1	
807.750	B14							A3					2-202/3-202
807.875		B24							B4				
808.000				B43							D2		
808.125					B52							E2	
808.250			B34								D3		3-201/8-204
808.375					B53							E3	
808.500		B25					B75		B5				
808.625			B35							C3			
808.750					B54							E4	
808.875		B26								C4			
809.000	B15							A4					
809.125				B44									
809.250			B36							C5			
809.375				B45			B76				D4		
809.500	B16							A5					3-102
809.625					B55							E5	
809.750				B46			B77				D5		

(2号館、3号館、8号館各講義室のピンマイクのみ。ハンドマイク等は除く。)

わせて小型ワイヤレスマイク受信機の受信周波数を事前に設定する。

小型ワイヤレスマイク受信機の受信周波数の設定方法には、JTS SIER-111R の場合受信周波数を直接設定する方法と周波数バンド名を設定する方法があるが、後者の方が設定のためのキー入力回数が少なく簡便である。ただし、806.375MHz, 806.875MHz, 807.250MHz, 807.500MHz, 809.125MHz の各周波数を使用する場合は、これらに対応する SIER-111R の周波数バンド名がないため、受信周波数を直接設定する必要がある。また、表2をA4サイズ等の用紙に印刷し参照してもよいが、普段よく使う講義室の講義用ワイヤレスマイク送信機の送信周波数とその周波数バンド名を書いたメモを図4に示すように小型ワイヤレスマイク受信機に貼り付けておくことにより、設定内容の確認が容易となる。さらに、今回使用した小型ワイヤレスマイク受信機は、その設定のための表示画



図3 講義用ワイヤレスマイク送信機の周波数バンド名の確認方法の例（バンド名 B14）



図4 小型ワイヤレスマイク受信機設定の工夫

面が小型で文字が小さいことと、バックライトの明るさも必要最低限程度であるため、必要に応じて小型のライト付きループを備えると便利である。加えて、音量ボリュームのつまみ刻印や目盛りがあまり目立たないため、必要に応じてマークしなおすとよい。ちなみに、最初のうちはイヤフォンを小型ワイヤレスマイク受信機に接続して音声をモニタしながら、受信周波数の設定が合っているか否かを確認するとよい。

小型ワイヤレスマイク受信機と4Kアクションカメラとの接続方法を図5に示す。4Kアクションカメラの内蔵バッテリーは小容量であるため、90分の講義を録画することが困難である。そこで、モバイルバッテリーを4Kアクションカメラに接続している。また、小型ワイヤレスマイク受信機にはアルカリ単3乾電池2本の代わりにニッケル水素単3充電電池2本を入れて使用している。これにより電源電圧が約3Vから約2.4Vに低下するが、90分や180分の講義では講義録画用に使用できる

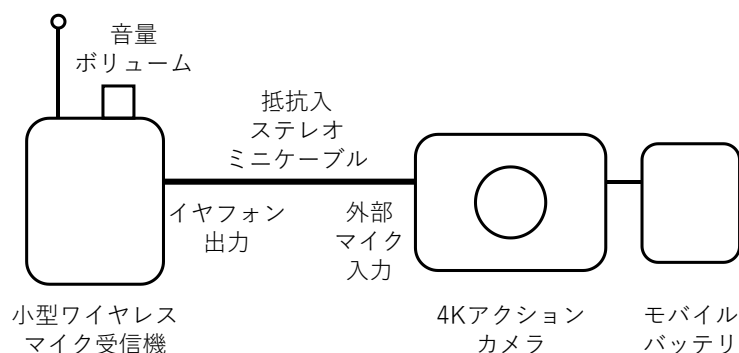
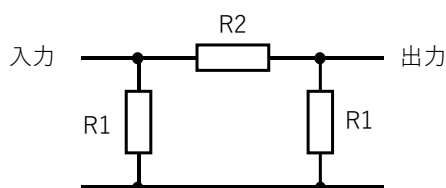


図5 機器間の接続方法

表3 抵抗入ステレオミニケーブルの主な仕様

型番	フジパーツ FNT-OM101R
コネクタ	3.5mm ステレオミニプラグ
長さ	1m
入出力インピーダンス	100Ω
減衰率（信号源出力インピーダンス 0Ω、出力端開放時）	-36dB

図6 π 型アッテネータ

ようである。ただし、講義後すぐに充電することを心がけ、低い電源電圧による影響が発生しないように注意する必要がある。

3. 録音レベルの調整

3.1 抵抗入ステレオミニケーブルの試作

図5に示すように、音声信号は小型ワイヤレスマイク受信機のイヤフォン出力から4Kアクションカメラの外部マイク端子に接続されている。この際、イヤフォン出力とマイク入力の電圧レベルは通常大きく異なるため、高レベルのイヤフォン出力電圧を低レベルのマイク入力電圧にまで減衰させる必要がある。そこで、当初表3に示す市販の抵抗入ステレオミニケーブルを使用した。このケーブルは、ステレオ端子各チャンネルにつき図6に示す π 型アッテネータにより信号を減衰する構成であり、抵抗値R1とR2はそれぞれおおよそ100Ωと6.3kΩである⁹⁾。

本ケーブルを用いて講義用ワイヤレスマイク送信機と図5の構成でマイク録音テストをしたところ、再生される音声にサーと聞こえるホワイトノイズが比較的大きく含まれることが分かった。この主な原因として、使用している4Kアクションカメラのマイク入力回路が低雑音なものではないことが考えられる。また、マイク録音テストの際に比較的静かな口調で原稿を読んだことも原因

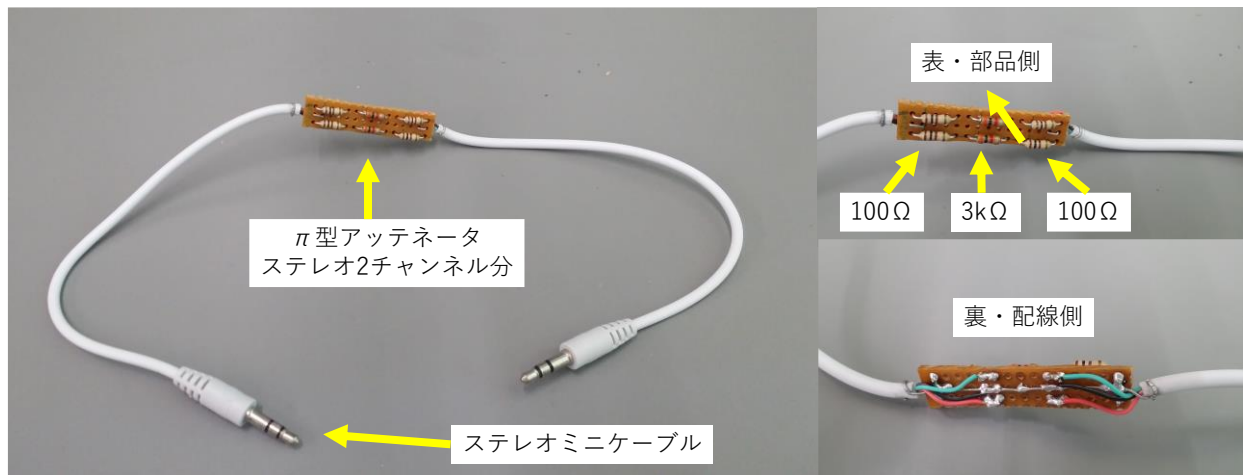


図7 試作した抵抗入ステレオミニケーブル ($R_1=100\Omega$ 、 $R_2=3k\Omega$)

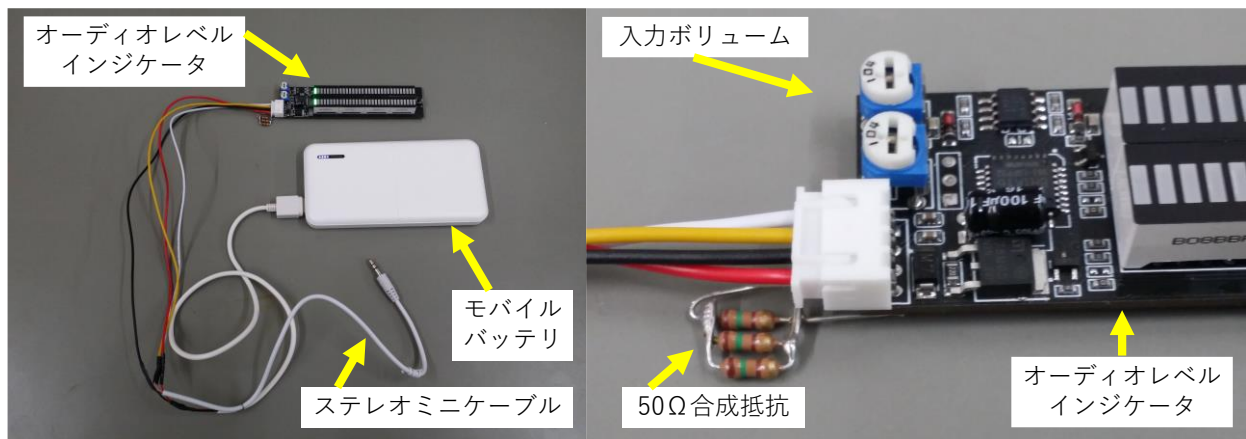


図8 オーディオレベルインジケータ

と考えられるが、小型ワイヤレスマイク受信機のイヤホン音量ボリュームを最大にしてもあまり改善されなかった。

再生音声に含まれるホワイトノイズの影響を相対的に低下させるためには、マイク入力音量レベルが飽和して音割れすることがない程度でできるだけ高い音量レベルで録音することが効果的である。このため、 R_2 の抵抗値を何種類か変えて π 型アッテネータを試作しマイク録音テストを繰り返した結果、図7に示すように $R_1=100\Omega$ 、 $R_2=3k\Omega$ の π 型アッテネータによるステレオミニケーブルを用いることにより、音割れしにくくかつホワイトノイズを相対的に低下できることがわかった。本ケーブルは信号源出力インピーダンス 0Ω で出力端開放時の減衰率が約 30dB であり、表3の抵抗入ステレオミニケーブルと比較して約 6dB 、すなわち約2倍マイク入力レベルが高くなる。ただし、非シールドケーブルで試作しており、このため外部からのノイズを拾いやすいと考えられる。

試作した抵抗入ステレオミニケーブルを用いて図5の構成で実際に講義を録画したところ、マイク録音テスト時とは異なり、録音レベルが大きいため音割れして大きな雑音が発生したり、逆に録音レベルが小さくホワイトノイズが相対的に気になるなど、講義毎に録音レベルが大幅に異なることが分かった。その主な原因の一つとして、マイクと口元間の距離が講義毎に変化することが挙げられる。また、その日の体調などにより、話す音量が異なることも考えられる。誰もいない部屋で

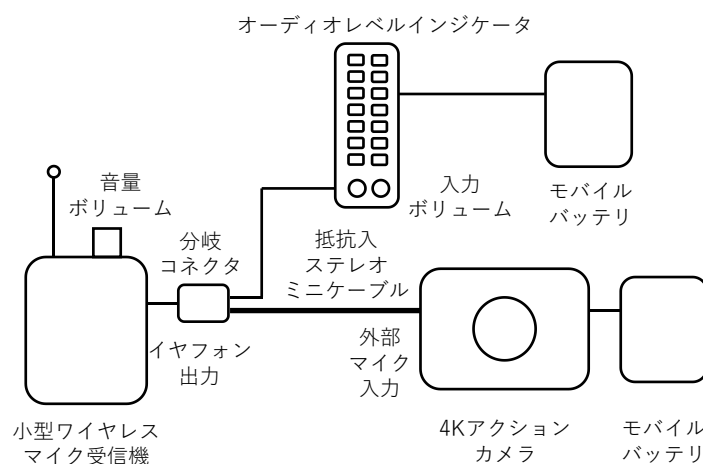


図9 オーディオレベルインジケータの接続

マイク録音テストする場合と学生を前に講義を行う場合とでは、後者の方がより元気に話すことが多い様である。

3.2 オーディオレベルインジケータの追加

4K アクションカメラのマイク入力レベルを講義中に容易に確認し調整できるようにするため、図8に示すオーディオレベルインジケータを備えることとした。図9に示すように、小型ワイヤレスマイク受信機のイヤフォン出力から分岐コネクタによりオーディオレベルインジケータに音声信号を接続している。

当初はこのオーディオレベルインジケータの電源を4K アクションカメラに接続したモバイルバッテリーに接続していた。しかし、これにより4K アクションカメラ用のモバイルバッテリー、オーディオレベルインジケータ、分岐コネクタ、4K アクションカメラを回るグランドループが形成された結果、電源電流の一部がマイク側のグランドを流れることにより、録音された音声に非常に大きな機械的で耳障りなノイズが混入し、再生時にとても音声聞き取りにくい不具合が発生した。使用したモバイルバッテリーがリチウムイオン電池の約3.7Vを5Vまで昇圧するスイッチング電源方式であることも、このように非常に大きなノイズを発生する原因の一つと考えられる。

このグランドループを断ち切るため、オーディオレベルインジケータには専用に別のモバイルバッテリーから5Vの電源を供給している。この結果、グランドループに起因する非常に大きなノイズの混入を大幅に減少できた。ただし、オーディオレベルインジケータの消費電力が小さいため自動的にモバイルバッテリーの電源がオフになってしまう。そこで、 $150\Omega/4W$ の抵抗を3並列に接続した 50Ω の合成抵抗を図8に示すように電源に並列に接続し、常時約100mAの電源電流を流すことにより、モバイルバッテリーのオートパワーオフ機能を無効化している。その代わりに、使用しない場合はオーディオレベルインジケータとモバイルバッテリーとの配線を外す必要がある。

使用したオーディオレベルインジケータには各チャンネルに低レベル16個（緑）、中レベル8個（黄）、高レベル8個（赤）の計32個3色のLEDが備えられている。実際に明るい講義室で使用してみると、赤と緑のLEDは十分明るく点灯して見えるが、黄色のLEDは点灯しているかどうか

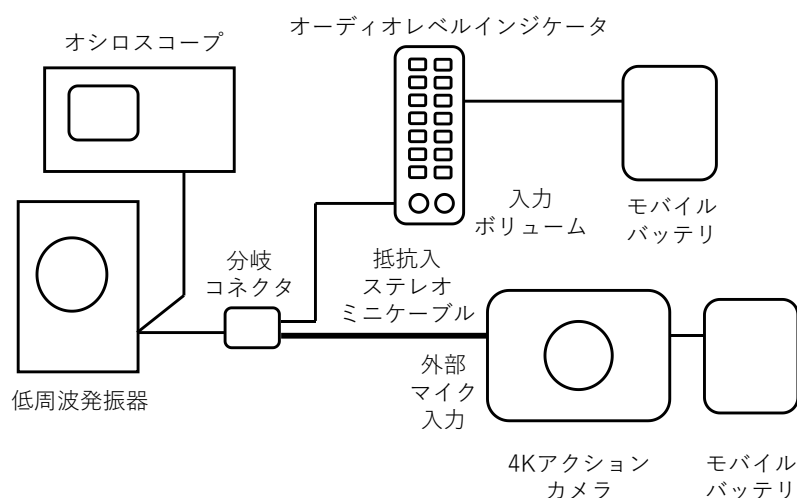


図 10 オーディオレベルインジケータの入力ボリューム調整方法

```
ffmpeg -i test.MOV test.wav
```

リスト 1 MOV 形式の動画ファイルから wav 形式の音声ファイルを抽出するコマンド例（ファイル名が test.MOV の場合）

視認が難しかった。従って、中レベル 8 個の LED も緑である 2 色タイプのオーディオレベルインジケータが使いやすいと思われる。

また、音割れを防ぐ目安を得るため、音声のピーク値を一定時間表示するピークドロップモードでの表示方法を用いている。4K アクションカメラのマイク入力レベルが音割れするレベルに達したらオーディオレベルインジケータの表示が赤色 LED を点灯するようにすると都合が良い。この表示感度の調整は、オーディオレベルインジケータの入力ボリュームにより調整できる。

3.3 小型ワイヤレスマイク受信機イヤフォン出力電圧と録音レベルの関係

オーディオレベルインジケータの感度調整に使用した機器の接続構成を図 10 に示す。ここで、低周波発振器の信号周波数は 1kHz とした。低周波発振器の出力振幅レベルは発振器の出力ボリュームやアッテネータにより調整できる。この出力振幅レベルは、図 9 の小型ワイヤレスマイク受信機のイヤフォン出力レベルに相当する。また、これは抵抗入ステレオミニケーブル入力側の振幅レベルにも相当しており、その振幅のピークツーピーク電圧はブラウン管オシロスコープの表示波形を目視して測定した。ここで、低周波発振器の電源投入後十分安定する前に測定を開始したためか、時間と共に多少振幅レベルが変動していたため、振幅値はおおよその値を示している。

試作抵抗入ステレオミニケーブルを用い、オシロスコープに表示される低周波発振器出力波形のピークツーピーク振幅電圧を確認しながら、何種類かの振幅電圧レベルを設定し 4K アクションカメラで録画を行い、録画された MOV 形式の動画ファイルから FFmpeg⁷⁾を用いてリスト 1 に示すコマンドにより wav 形式の音声ファイルを抽出した。この wav 形式ファイル内の音声データ振幅絶対値の最大値を録画開始 1 秒後から終了 1 秒前までの分についてリスト 2 に示す Python プログラム⁸⁾を用いて求め、音割れしないおおよその最大イヤフォン出力レベルを求めた結果を表 4 に示す。

```

import wave

fname = 'test.wav' # test.wav: File name sample
print("File name : ", fname)

waveFile = wave.open(fname, 'r')
buf = waveFile.readframes(-1)
waveFile.close()

nchannels = waveFile.getnchannels()
samplewidth = waveFile.getsampwidth()
framerate = waveFile.getframerate()
nframes = waveFile.getnframes()

print("Channel num : ", nchannels)
print("Sample width : ", samplewidth)
print("Sampling rate : ", framerate)
print("Frame num : ", nframes)

import numpy as np

if samplewidth == 2:
    data = np.frombuffer(buf, dtype='int16')
    print("int16: -32768 < data < 32767")
elif samplewidth == 4:
    data = np.frombuffer(buf, dtype='int32')
    print("int32: -2147483648 < data < 2147483647")

if nchannels == 2:
    l_channel = data[:,nchannels]
    r_channel = data[1:nchannels]

# Absolute amplitude detection from 1 second after file start to 1 second before file end (Sampling freq. = 32kHz)
max = 0
for i in range(32000, nframes-32000):
    amp = l_channel[i]
    if amp < 0:
        amp *= -1;
    if max < amp:
        max = amp
print("Absolute max value = ", max)

```

リスト 2 wav ファイルに含まれる録画開始 1 秒後から終了 1 秒前までの音声信号振幅絶対値の最大値を求める python プログラム

ここで、4K アクションカメラで録音された音声データは 1 チャンネル 1 サンプルあたり符号付 16 ビット整数で記録されている。このため、音声データの振幅値は-32768～32767 の整数値となる。表 4 ではこの値の絶対値の最大値を示している。この値を x とすると、次式により x の値をディビーフルスケール[dBFS]表記の値 y に変換できる。

$$y = 20 \log_{10} \left(\frac{x}{32768} \right)$$

上限は $x=32768$ であり、このとき $y=0$ dBFS となる。0 dBFS に対応する入力信号レベル以上の信号が入力されると、録音時にハードクリップによる音割れが発生し、再生時に大きな歪や雑音が発生するため、録音レベルが 0 dBFS 以下になるように適切に調整する必要がある。

試作した抵抗入ステレオミニケーブルを用いた場合、ピークツーピーク電圧がおおよそ 0.5Vpp

表4 4K アクションカメラの録音入力レベル (試作ケーブル)

(振幅絶対値 32768 = 0 dBFS(peak))

低周波発振器出力レベル [Vpp]	録音振幅最大値(絶対値)(0 ~ 32768)	録音振幅最大値 [dBFS]	備考
0.1	6555	-14.0	
0.3	18063	-5.2	
0.5	30257	-0.7	
0.0	81	-52.1	ホワイトノイズレベル：発振器側ケーブル入力端ショート
-	86	-51.6	ホワイトノイズレベル：小型ワイヤレスマイク受信機接続・マイクオフ・ミュートオン・出力ボリューム最大

試作 100Ω・3kΩ・100Ω π 型アッテネータ付ステレオミニケーブル使用時

表5 4K アクションカメラの録音入力レベル (市販ケーブル)

(振幅絶対値 32768 = 0 dBFS(peak))

低周波発振器出力レベル[Vpp]	録音振幅最大値(絶対値)(0 ~ 32768)	録音振幅最大値[dBFS]	備考
0.5	20661	-4.0	
0.8	25059	-2.3	
1.0	31714	-0.3	
0.0	75	-52.8	ホワイトノイズレベル：発振器側ケーブル入力端ショート
-	75	-52.8	ホワイトノイズレベル：小型ワイヤレスマイク受信機接続・マイクオフ・ミュートオン・出力ボリューム最大

市販 100Ω・6.3kΩ・100Ω π 型アッテネータ付ステレオミニケーブル使用時

のイヤフォン出力電圧で、音割れせずにホワイトノイズが相対的に少ない録音が可能となることが明らかとなった。また、市販の抵抗入ステレオミニケーブルを用いた場合、表5に示すようにおおよそ 1.0Vpp のイヤフォン出力電圧で音割れせず聞きやすい録音が可能となる。すなわち、試作した抵抗入ステレオミニケーブルは市販品と比べて約2倍の感度となる。これらの結果を用いて、イヤフォン出力電圧がおおよそ 0.5Vpp の場合にオーディオレベルインジケータの赤色 LED が光りだすようにその入力ボリュームを調整した。

ちなみに、図9の構成で講義用ワイヤレスマイク送信機の電源スイッチがオフで小型ワイヤレスマイク受信機がミュートオン状態の場合、ホワイトノイズのみが録音され、その値は約-52 dBFS 程度となった。小型ワイヤレスマイク受信機を接続せず抵抗入ステレオミニプラグの入力端子をグラウンドショートした場合とほとんど差がないことから、小型ワイヤレスマイク受信機専用のモバイルバッテリーを用いてグラドループを回避したことが、機械的で耳障りなノイズの大幅な減少に効果があったといえる。また、パソコンに接続してオーディオ信号を入出力する市販のサウンドカードには、符号付 24 ビット等の音声データ表現の場合、信号対雑音比(SN 比)が 100dB 程度の物もあることから、今回使用している 4K アクションカメラの外部マイク入力の SN 比はそれらに比べると 50dB 程度($10^{(50/20)}$ = 約 320 倍程度) ノイズが大きいといえる。ただし、使用した 4K アクションカメ

ラでは音声データが符号付 16 ビットデータとして記録されることから、このデータ表現上の制約により、仮にノイズ振幅の絶対値が 1 であった場合 $20\log(1/32768) = -90.3$ [dBFS] のノイズレベルとなる。

市販の抵抗入ステレオミニケーブルを使用した場合のホワイトノイズ振幅絶対値が 75 であるのに対し、試作した抵抗入ステレオミニケーブルを使用した場合のホワイトノイズ振幅絶対値が 81 や 86 であるのは、試作ケーブルが非シールドケーブルで試作されていることと、アッテネータ通過後 4K アクションカメラマイク入力までの信号伝搬距離が比較的長いことが影響しているものと考えられる。今回試作したアッテネータ回路はケーブルのほぼ中間の位置に備えられているが、アッテネータ通過後の低レベル信号が伝搬する経路に外部からのノイズが混入すると相対的に大きなノイズが混入することと等価になる。この低レベル信号の経路長をできるだけ短くするためには、表面実装部品の抵抗を用いるなどしてアッテネータ回路を小型化するとともに、アッテネータ回路をどちらかのミニプラグのごく近くに配置し、そのミニプラグを 4K アクションカメラの外部マイク入力に接続するなどの工夫が、シールドケーブルの利用に加えて重要と考えられる。今回使用した 4K アクションカメラはもともとホワイトノイズのレベルが高いためあまり大きな影響はないが、SN 比の高い録音機器を用いる場合は試作した抵抗入ステレオミニケーブルのノイズ対策も十分考慮する必要がある。

ホワイトノイズがどの程度低ければよいかの参考例として、会議室などにおける SN 比は 30dB 以上であることが望ましいとされている⁹⁾。従って、音割れしないよう最大 0 dBFS 以下で、かつノイズレベルの -52 dBFS から 30dB 高い -22 dBFS 程度より大きい平均録音レベルであれば、ホワイトノイズもあまり気にならない良好な講義音声を聴きとることができると考えられる。講義中には、説明をしている際にオーディオレベルインジケータの表示を時々見て、赤色 LED が光りだす手前のレベルになるように小型ワイヤレスマイク受信機の出力ボリュームを適宜調整することにより、マイクと口元の間隔が講義毎に異なったり、あるいはその日の体調等で大きな声や小さな声で話しても、録音レベルの適切な調整が可能となる。

4. アンテナの位置関係

図 9 に示す構成の各機材を三脚上に備えた様子を図 11 に示す。各機材はクイックシュー上のフラットバーに全て取り付けられている。4K アクションカメラ、モバイルバッテリー、単一指向性外部マイク(+20dB アンプ付)の組み合わせによる撮影機材¹⁾と比べると、金属製筐体の小型ワイヤレスマイク受信機やオーディオレベルインジケータ専用モバイルバッテリーなども含む重量がクイックシューより上の部分で約 1.2kg に増加し、持ち運びが多少面倒となった。なお、4K アクションカメラ、モバイルバッテリー、単一指向性外部マイクを備えた構成の場合、クイックシューより上の部分の重量は約 0.6kg であり、また今回使用した三脚はクイックシューを除くと約 0.7kg の重量である。

当初は小型ワイヤレスマイク受信機を 4K アクションカメラより低いところにぶら下げるように

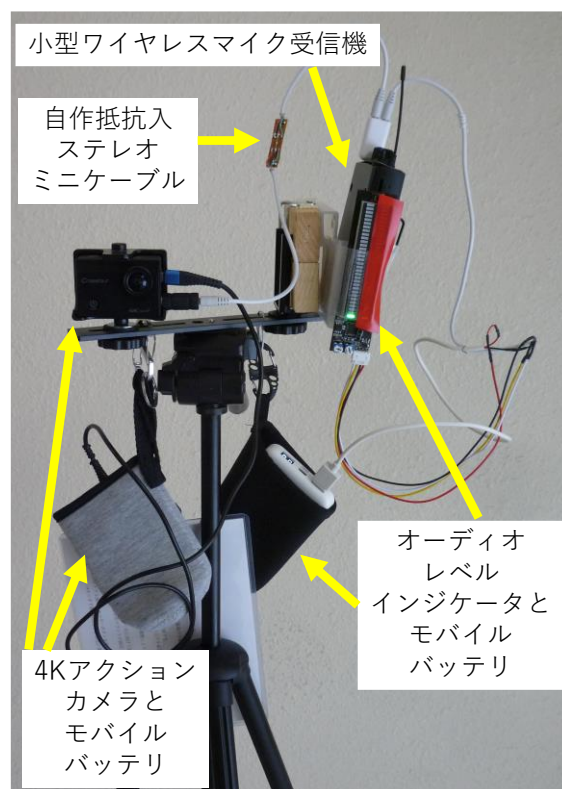


図 11 小型ワイヤレスマイク受信機を備えた講義撮影機材

していたが、実際に講義動画の録画を繰り返したところ、講義音声は明瞭に聴きとれるようになったものの、時々講義音声途切れて聞こえないことがあった。なお、バックアップとして単一指向性外部マイクを用いた録画機材でも講義動画を録画しているため、このようなトラブルが発生した場合、バックアップ機材で録画した講義動画を学生への講義動画公開に使用できる。

無線機器を利用する場合の基本として、アンテナをできるだけ高い位置に設置し相互のアンテナ間に障害物が無いようにすることが望ましい。このため、小型ワイヤレスマイク受信機を 4K アクションカメラの隣に設置するための取り付けベースを作成し、小型ワイヤレスマイク受信機のアンテナができるだけ高い場所に来るようにしている。本来であれば、イヤフォン出力に接続するケーブル等よりも上部にアンテナを配置すべきであり、例えば L 型イヤフォンコネクタなどを使用してアンテナ近くの音声出力用配線をできるだけ下げることが重要と考えらえる。

講義を行う際、当初はアンテナが内蔵されている講義用ワイヤレスマイク送信機をスラックスのポケットに入れて腰の位置あたりにアンテナが来るようにしていたが、ワイシャツなどの胸ポケットに入れるようにし、アンテナ位置が胸の高さに来るようにしている。多少なりともアンテナ位置を高くする目的で、図 12 に示すように腕章に講義用ワイヤレスマイク送信機を取り付けて講義を行ってみたが、胸ポケットに入れる場合とあまり違いが無い様である。機能面だけで考えると頭上に講義用ワイヤレスマイク送信機を置くことが望ましいが、見た目が奇抜なものになりそうであるため実験していない。

このようにできるだけ高い位置にアンテナを設置することにより、講義音声が無音状態に途切れる頻度は減少したが、完全になくなってはいない。この主な原因の一つとして、受信機側のアンテナ



図 12 ワンタッチ腕章への講義用ワイヤレスマイク送信機の取り付け

ナが 1 系統のため、教員の立ち位置や姿勢によってはアンテナ間の電波が反射波などの合成の結果大幅に減衰してしまうフェージング現象の発生が考えられる¹⁰⁾。この問題への対策として、2 系統以上の受信アンテナと受信機を少し離れた場所に備え、いずれか受信状況のよい方の信号を常に切り替えて用いるダイバーシティ受信法が挙げられる。たとえば、SONY URX-P40 ポータブルダイバーシティチューナーのような小型のダイバーシティ方式ワイヤレスマイク受信機が市販されているため、それらを利用する方法が挙げられる。

また、講義用ワイヤレスマイク送信機と小型ワイヤレスマイク受信機との距離が近すぎると、受信機の電波入力レベルが大きすぎて不具合を起こすこともありうる¹⁰⁾。受信機内部回路の信号レベルを測定し確認することは困難であるが、この原因が考えられる場合、講義用ワイヤレスマイク送信機と小型ワイヤレスマイク受信機との距離を離すか、あるいは受信機側の電波入力レベルを減衰させる設定を行うなどの対策が必要と考えられる。

5. 運用上の注意点

単一指向性外部マイクと 4K アクションカメラを用いた講義録画では、仮に単一指向性外部マイクの内蔵電池が消耗しても講義音声の録音は可能である。これに対し、小型ワイヤレスマイク受信機を用いた講義録画では、受信機の電源スイッチをオンにするのを忘れたり、講義用ワイヤレスマイク送信機の送信周波数に受信周波数を合わせるのを忘れたり、受信機の電池が切れたりすると、音声は全く録音されないため、講義開始前のチェックが重要となる。これらの問題はいずれもオーディオレベルインジケータで確認できるが、講義中は授業に集中することも多く、オーディオレベルインジケータが無反応であることに気づかないこともあった。従って、意識的にオーディオレベルインジケータの表示を時々確認するように心がける必要がある。なお、録画中を示す外部ランプがあれば録画スイッチを押し忘れるミスにもいち早く気づきやすいと考えられる。

また、講義中説明をしている際は講義用ワイヤレスマイク送信機の電源スイッチをオンにするが、

板書などをしていて説明していない場合に講義用ワイヤレスマイク送信機の電源スイッチをオフにすると、講義用ワイヤレスマイク送信機からの電波送信も停止してしまう。この際に、こちらの講義室のスピーカからは聞こえないものの、近くの講義室の講義音声は小型ワイヤレスマイク受信機で混信して受信され4K アクションカメラに録音されることがあった。調査したところ、近くの講義室の講義用ワイヤレスマイク送信機の周波数が0.125MHzしか離れていない設定で使用されていたためであることが分かった。このように、近くの講義室の講義用ワイヤレスマイク送信機の周波数が別であってもその周波数が近接していたり、あるいは遠くの講義室で同じ講義用ワイヤレスマイク送信機の送信周波数を使用して講義が行われている場合などは、小型ワイヤレスマイク受信機の周波数選択度などの性能の影響により、こちらの講義用ワイヤレスマイク送信機の電源スイッチをオフにするとそれらの電波を混信して受信することがあるので注意が必要である。そこで、講義中は話していなくても常に講義用ワイヤレスマイク送信機の電源スイッチをオンのままにすることで対策している。

さらに、オーディオレベルインジケータで音声レベルが適切であることを確認し講義動画を録画後、講義動画を再生し音声を確認したところ無音であったことがあった。調査したところ、抵抗入ステレオミニケーブルを接続した2.5mm モノラル変換プラグが4K アクションカメラから抜けかけ、音声が無音になったようである。この変換プラグが抜けてしまっていれば、4K アクションカメラ内蔵マイクでの録音が行われるが、抜けかけた中途半端な状態であったためその切り替えが行われず、かつ抵抗入ステレオミニケーブルからの音声も接続されない状態であった。一度これらを載せた三脚を倒したことがあり、その際に2.5mm モノラル変換プラグが抜けかかった状態になったと考えられる。現状ではこのケーブルの抜け止め防止機能がないため、講義開始前にケーブル類の接続がしっかりされているか手で触って確認するようにしている。

このようなトラブルが発生した場合、いずれも4K アクションカメラがモノラルタイプの外部マイクしか利用できないため、4K アクションカメラだけではトラブルを回避できず、バックアップ録画機材の準備などのように様々な工夫や注意が追加で必要となり、煩雑性が増す。4K アクションカメラの中には、ステレオ外部マイク入力端子を有する機種もあるため、片方のチャンネルに小型ワイヤレスマイク受信機からの音声を、もう片方のチャンネルに単一指向性外部マイクからの音声を入力し録音することにより、トラブルが発生しない通常の場合は小型ワイヤレスマイク受信機の音声を用い、小型ワイヤレスマイク受信機の音声出力にトラブルがある場合には単一指向性外部マイクの音声を用いて講義動画を変換・作成し、学生に公開するとよいと考えられる。4K アクションカメラ外部マイク端子のケーブル抜け止め対策を追加で行えば、バックアップで別カメラでの講義録画も不要となるため、講義前後の準備や後片付けなどが簡単になると考えられる。

さらに、4K アクションカメラ内蔵バッテリーの容量が小容量のためか、しばらく4K アクションカメラを使用していないと内蔵時計がリセットされ、日時情報が狂ってしまうことがあった。日時情報を動画画像内にも表示するように設定していると、この時計が狂った場合動画画像内の日時も別のものになってしまう。この対策として、4K アクションカメラを使用しない場合は充電器で常時充電しておくことや、使用前にその都度内部時計の情報を確認する必要がある。

6. むすび

小型ワイヤレスマイク受信機と 4K アクションカメラを用いて講義動画を録画した結果、カメラ内蔵マイクや単一指向性外部マイクを使用する場合と比較して講義室内の残響音や雑音がほとんど含まれない明瞭な音声を記録・再生することができた。マイクと口元の距離が近いほど明瞭度は増す傾向にあるが、一方で呼吸音などの不要音も録音してしまいそちらの音が気になって聞き苦しくなる場合もあったため、マイクと口元との位置関係に注意が必要である。講義用ワイヤレスマイクには小さな風防スポンジが付属しているが、より十分な機能を有する風防スポンジなどを別に用意して呼吸音などの不要音を録音しないようにしたり、マイクと口元との適切な距離を保つためのさらなる工夫などもまた必要と考えられる。

今後の課題として、ダイバーシティ方式の小型ワイヤレスマイク受信機を使用した場合の音切れ発生の抑制について調べることが重要である。また、提案手法ではグラドループを発生させないために 2 個のモバイルバッテリーを使用しているが、その分重量が重くなり持ち運びが不便である。絶縁型電源回路の使用などにより、外部電源としてのモバイルバッテリー個数や重量を減らすことにより、軽量化を図ることが講義録画の準備や撤収を容易にするうえで重要である。さらに、録音レベルを適切に自動調整する回路モジュールを 4K アクションカメラ外部マイク入力に挿入できれば、講義者による録音レベル調整が不要となり、講義者がより講義に集中できるようになると考えられる。

参考文献

- 1) 藤岡 与周：板書を用いた遠隔講義の一手法，八戸工業大学紀要，Vol.40，pp.177-194，2021.
- 2) JTS (ジェーティーエス)/ SIEM-111R、SIEM-111 用受信機、B 帯，<https://www.soundhouse.co.jp/products/detail/item/288546/> <2024 年 2 月 16 日アクセス>
- 3) SIEM-111R，<http://www.jts.com.tw/english/products/detail.php?fid=1&subid=8&pid=222> <2024 年 2 月 16 日アクセス>
- 4) https://www.toa.co.jp/products/ic/800mhz_wireless/ <2024 年 2 月 16 日アクセス>
- 5) B 帯ワイヤレス周波数，<https://shige-pj.com/ch-plan-B.pdf> <2024 年 2 月 16 日アクセス>
- 6) フジパーツ 3.5mm ステレオミニケーブル 1m 抵抗入 100Ω(オーム) ステレオミニ-ステレオミニ 1m FNT-OM101R，<https://www.amazon.co.jp/%E3%83%95%E3%82%B8%E3%83%91%E3%83%BC%E3%83%84-3-5mm-%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%AC%E3%82%AA%E3%83%9F%E3%83%8B%E3%82%B1%E3%83%BC%E3%83%96%E3%83%AB-%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%AC%E3%82%AA%E3%83%9F%E3%83%8B-%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%AC%E3%82%AA%E3%83%9F%E3%83%8B-FNT-OM101R/dp/B0B3RJW1L8> <2024 年 2 月 16 日アクセス>
- 7) FFmpeg: A complete, cross-platform solution to record, convert and stream audio and video., <https://ffmpeg.org/> <2024 年 2 月 16 日アクセス>
- 8) Python での wav ファイル操作，<https://qiita.com/Dsuke-K/items/2ad4945a81644db1e9ff> <2024 年 2 月 16 日アクセス>
- 9) 音響とオーディオの考え方，
<https://zoom-support.nissho-ele.co.jp/hc/ja/articles/360032918452-%E9%9F%B3%E9%9F%BF%E3%81%A8%E3%82%AA%E3%83%BC%E3%83%87%E>

3%82%A3%E3%82%AA%E3%81%AE%E8%80%83%E3%81%88%E6%96%B9#:~:text=%E4%BF%A1%E5%8F%B7%E5%AF%BE%E9%9B%91%E9%9F%B3%EF%BC%88SN%EF%BC%89%E6%AF%94%EF%BC%88%E3%83%8E%E3%82%A4%E3%82%BA%E3%81%AE%E5%A4%9A%E3%81%84%E9%83%A8%E5%B1%8B%EF%BC%89,-SN%E6%AF%94%E3%81%A8&text=%E3%81%A9%E3%82%93%E3%81%AA%E3%82%B9%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%82%B9%E3%81%AE%E9%9B%91%E9%9F%B3%E6%8C%87%E6%95%B0,%E3%82%B9%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%82%B9%E3%81%A8%E3%81%97%E3%81%A6%E5%88%86%E9%A1%9E%E3%81%95%E3%82%8C%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82 <2024 年 2 月 22 日アクセス>

- 10) ワイヤレス完全理解マニュアル：VOL.4 アンテナの設置に関するベストプラクティス, <https://www.shure.com/ja-JP/performance-production/louder/all-about-wireless-antenna-positioning-best-practices> <2024 年 2 月 22 日アクセス>

要 旨

講義動画を 4K アクションカメラなどで撮影する場合、講義音声に周囲の雑音や残響音などが多く含まれるため、講義音声聴きにくい場合がある。本稿では、講義用ワイヤレスマイクの音声を小型ワイヤレスマイク受信機で受信し、4K アクションカメラの外部マイク入力に入力することにより、間接音が少なく聴きやすい講義音声の録音方法を提案している。また、オーディオレベルインジケータも備えて音割れがしない程度にできるだけ高い録音レベルとなるように講義時に調整することにより、ホワイトノイズの少ない聴きやすい講義音声を録音再生可能としている。

キーワード：講義録画、ワイヤレスマイク受信機、4K アクションカメラ、信号対雑音比、800MHz 帯