

非理工系大学生への初年次メディアリテラシー教育としての 音響教育

Education in acoustics as media literacy for first-grade non-technical undergraduates

西村 明¹

Akira NISHIMURA

¹ 東京情報大学 総合情報学部 総合情報学科

Department of Informatics,

Faculty of Informatics, Tokyo University of Information Sciences

概要: 非理工系大学を対象とした1年次科目「情報表現とマルチメディア」における音響の授業内容を紹介した。このうち、知覚符号化と音質の関係を学ぶ授業では、聴能訓練を実施することが知識習得に有効であることを平成25年度の授業において既に示しているのを、これを平成26年度の授業でも確認した。その結果、2年間の授業において共通して、聴能訓練を行ったクラスではMP3のビットレートと品質に関する知識をより習得したが、サンプリング周波数に関する知識の習得に違いは無かった。その理由のひとつとして、平成26年度の受講生に対する授業開始時のアンケート調査により、受講生にとってMP3の事前認知度は高く、サンプリング周波数の事前認知度は低かったことから、認知度の高い用語と音質との関係の知識が、聴能形成を通じてより強化されるという仮説が支持された。さらに聴能訓練は、予め定めた回数だけ受講生に音を聴かせることが容易であることも分かった。

1 はじめに

東京情報大学は、平成25年に1学部4学科を1学部1学科（総合情報学科）に統合した。入試に数学は必須でなく、学生の素養と大学の設置基準（文理融合）から、理工系大学とは言い難い。学生は3年次より12の専門コースのいずれかに属するが、1,2年次はその導入教育を主に選択必修科目により履修する。

1年生の前期選択必修「情報表現とマルチメディア」は、5つのデジタルメディアに関するテーマ（音響、映像、写真、2D-CG、3D-CG）より、学生が自由に2つ選択する、各テーマ7回の実習つき講義である。現代の多くのコンテンツは、デジタル領域で制作・保存・流通する。そのデジタルコンテンツの基本概念と人間の情報処理特性を理解し、コンテンツの効果的な表現を習得することが到達目標である。

音響の授業は著者が担当しており、この授業全体の学習内容をまず紹介する。デジタルオーディオを学ぶ授業では、聴能訓練を実施することが知識習得に有効であることを平成25年度の授業において既に示しているのを [1]、これを平成26年度の授業でも確認した結果を示す。また、授業開始のアンケート調査の結果から、受講生の事前知識と聴能訓練の効果との関係を分析する。

2 音響クラスのシラバス

著者が「情報表現とマルチメディア」音響クラスにおいて、各回で実施する内容と代表的なキーワードを以下に示した。これらの共通の目的は、コンピュータで音情報を活用するために必要な知識と経験を得ることを通じて、音響メディアのリテラシーを学ぶことである。

1. 音の可視化，録音と再生
波形，スペクトル，スペクトログラム，録音レベル調整，録音再生
2. 音のデジタル化
DA/AD 変換，サンプリング周波数，量子化ビット数，ファイルサイズの計算，デジタルの特徴
3. 音情報圧縮
エンコードとデコード，MP3，AAC，WMA，ビットレートと音質，音声の圧縮，映像の圧縮
4. 音の編集と加工
マルチトラック，カット&ペースト，エフェクト，ミックス，保存
5. MIDI
演奏情報のデジタル化，通信カラオケ，制作，DAW
6. マルチメディア情報とインターネット
著作権，著作隣接権，HTML タグ
7. パワーポイントへの音と動画の張り付け，試験

3 実施方法

授業は，事前知識を問う 4 問の Web 上の選択式質問を，冒頭 5 分間に回答させて出席確認する。次の 5～10 分で，先週の小テストの解説を行う。また，小テストの際に自由記述する質問・感想欄に記入された，授業に対する質問に答える。次の 60～70 分間では，講義と実習を交互に繰り返しながら進める。最後の 10～15 分は，授業のスライドや Web 上の資料の閲覧を許可した上で，Web 上の e-Learning システムである WebClass を用いて，当日の授業内容に関する正答選択式の小テストを行う。

学生の大部分は大学指定のノート PC を購入しており，それと自分のイヤホンあるいは貸し出すヘッドセットを用いて実習を行う。1 週あたり 2 クラス，前期の前後半で合わせて 4 クラスを対象とする。1 クラスあたりの人数は，少ないクラスで 20～30 名程度，多いクラスで 40～60 名程度となる。実習補助として，アルバイトの学部生 2 名が

巡回している。平成 25 年度の履修者は 224 名，26 年度は 163 名であった。

4 知識習得に対する聴能訓練の効果

平成 25 年度と 26 年度は，デジタルオーディオにおいて音質に影響を与える要因とその知覚に関する教育に，聴能形成が有効かどうかを検証するため，著者の作成した Web ベース聴覚訓練システム [2] を利用して，訓練を実施した。そして，訓練を実施したクラスとそうでないクラスの試験成績の比較を行った。平成 25 年度の結果は既に報告している [1] が，新たに平成 26 年度についても同様な分析を行った結果を報告する。

4.1 Web ベース聴覚訓練システム

著者が開発した Web ベース聴覚訓練システムは，Web サーバ上に Perl 言語によって記述された CGI(Common Gateway Interface) プログラムによって実装されている。音再生機能をもつ Web ブラウザによってクライアント PC が Web サーバにアクセスし，ブラウザ画面をユーザインタフェースとして訓練を行うシステムである [2]。接続するクライアントとして，パソコンの OS やブラウザを問わず利用でき，インターネットを介して刺激音が波形データ (WAV 形式ファイル) としてブラウザに伝送され再生される。パスワード認証によるユーザを特定した個別訓練が可能であり，訓練履歴は個人毎に随時参照可能である。個別訓練が基本ではあるが，2008 年より管理者が訓練を行う際の再生音を聴いて一斉多数同時訓練を行う機能を付加した。

4.2 聴能形成の実施方法

聴能訓練を実施したグループとそうでないグループの 2 グループに分ける 4 クラス (A, B, C, D) のクラス分けを行った。

訓練形式は，受講生が持参するパソコンにて音再生を行う個別訓練とした。訓練システムにおいて呈示される音刺激は全て WAV ファイル形式とし，知覚符号化を経る場合は WAV ファイルへ復号化した。基準音はサンプリング周波数 44.1 kHz，量子化ビット数 16 bit，ステレオの WAV ファイルである。

A と B クラスには音のデジタル化に関する授業において、サンプリング周波数識別を実施した。聴取する音は、4秒間の音楽について、基準音 (wav) と、対象となるサンプリング周波数 (22.05, 11.025, 8 kHz のいずれか) へ変換した音、あるいは原音 (wav) を 0.5 秒隔てて連続して再生する音とした。これら 4 種のペアは、最初にサンプリング周波数を表示しながらランダムな順序で再生し、訓練で再生される音を確認させた。その後、この後者の音のサンプリング周波数の識別を求める訓練を、平成 25 年度は各サンプリング周波数で 2 回、計 8 回をランダムに行った。平成 26 年度は各サンプリング周波数で 3 回、計 12 回をランダムに行った。回答直後に正解は画面表示された。C と D クラスには、同じ講義内容に対して受講生が自身のパソコンでアクセスできるファイルサーバのフォルダに、ファイルサイズとサンプリング周波数をファイル名とした WAV ファイルを置き、自由に再生して音質差を確認するよう指示した。授業の最後に実施する試験問題は、サンプリング周波数に関する知識を問う問題 4 問 (問題文の正誤を二択で選択) と、その他の講義内容に関する問題 15 問 (問題文の正誤を二択で選択する問題、および四択で正答を選択する問題) とで構成した。

サンプリング周波数識別訓練では、結果的に高域遮断周波数の識別を行うことになる。ただし、フィルタや高域遮断周波数の概念を理解してもらうためには経験的に長い授業時間を必要とし、受講生が能動的に高域遮断周波数を意識したり操作する場面は将来的にも少ない。よって、ここでは音のデジタル化に欠かすことのできないサンプリング周波数と、音質との関係を理解してもらうことを主眼としている。

C と D クラスには音情報圧縮の講義内容に対応して MP3 ビットレート識別を実施した。聴取する音は、4秒間の音楽について、基準音 (wav) と、対象となるビットレート (128, 64, 32 kbps) へ変換した音、あるいは原音 (wav) のいずれかを 0.5 秒隔てて連続して再生する音とした。これら 4 種のペアは、最初にビットレートを表示しながらランダムな順序で再生し、訓練で再生される音を確認させた。その後、連続再生の後者の音のビットレートの識別を求める訓練を各ビットレートにおいて 3 回、計 12 回をランダムに行った。A と B クラスには、同じ講義内容に対して受講生がアクセスできるファイルサーバのフォルダに、ファイル

サイズとビットレートをファイル名とした WAV ファイルあるいは MP3 ファイルを置き、自由に再生して音質差を確認するよう指示した。授業の最後に、知覚符号化の音質に関する問題 4 問と、その他の問題 16 問を実施した。いずれも問題文の正誤を二択で選択する問題であった。

4.3 聴能形成の有無による理解度の比較

表 1 には、平成 25 年度「情報表現とマルチメディア」の授業内容ごとのクラスと訓練の有無の対応、2 回の授業の最後に行った問題正答数を、各クラス毎に示した。クラス人数は、授業ごとに欠席者数が異なるため、一定ではない。クラス (4 つ) と問題内容 (聴能訓練を行った内容に関する問題群とその他の問題群) の 2 要因に対して、正弦逆変換法を用いた分散分析に基づく正答比率の差の検定を、授業内容毎に行った。表 2 は、平成 26 年度について、同様の結果を示したものである。

平成 25 年度の、音のデジタル表現の授業における試験の正答率に関しては、問題内容に関しては高度に有意であったが、クラスに関して ($\chi^2_{(3)} = 1.42$)、またそれらの交互作用 ($\chi^2_{(3)} = 0.186$) に関しては有意ではなく、訓練によって理解度が向上したとは言えなかった。音響情報圧縮の授業に関しては、問題内容、クラス、それらの交互作用のいずれも危険率 1% 未満で有意であった。図 1 に、それぞれの問題群ごとの正答率をクラスごとに示した。聴能訓練に関係ない問題群においてクラス間の正答率は有意ではなかった ($\chi^2_{(3)} = 5.36, p > 0.05$) ので、クラス間で学生の能力あるいは学習成果に平均的な差があったとはいえない。聴能訓練に関係ある問題群においては、クラス間で有意に正答率が異なり ($\chi^2_{(3)} = 22.11, p < 0.01$)、ライアン法による多重比較の結果、訓練実施クラス D と非実施クラス B 間で有意差が無かった ($\chi^2_{(1)} = 0.351$) 以外は、訓練実施クラスが非実施クラスより有意に高い正答率を得た。

平成 26 年度についても平成 25 年度と同様の結果であった。音のデジタル表現の授業における試験の正答率に関しては、問題内容に関しては高度に有意であったが、クラスに関して ($\chi^2_{(3)} = 3.75$)、またそれらの交互作用 ($\chi^2_{(3)} = 0.883$) に関しては有意ではなく、訓練によって理解度が向上したとは言えなかった。図 2 に、それぞれの問題群ごとの正答率をクラスごとに示した。音響情報圧縮の授

表 1: Number of correct answer and students for each class in 2013.

クラス	受講 人数	音のデジタル表現	
		サンプリング周波数	その他
A	47	89 (0.473)	499 (0.708)
B	53	92 (0.479)	509 (0.707)
訓練なし			
C	54	105 (0.495)	578 (0.727)
D	48	92 (0.479)	531 (0.738)
音響情報圧縮			
クラス	受講 人数	音響情報圧縮	
		知覚符号化の音質	その他
C	47	168 (0.894)	563 (0.749)
D	45	152 (0.844)	519 (0.721)
訓練なし			
A	53	160 (0.755)	565 (0.666)
B	52	172 (0.827)	600 (0.721)

業に関しては、問題内容、クラス、それらの交互作用のいずれも危険率1%未満で有意であった。図3に、それぞれの問題群ごとの正答率をクラスごとに示した。聴能訓練に関係ない問題群においてクラス間の正答率は有意ではなかった ($\chi^2_{(3)} = 3.87$) ので、クラス間で学生の能力あるいは学習成果に平均的な差があったとはいえない。聴能訓練に関係ある問題群においては、クラス間で有意に正答率が異なり ($\chi^2_{(3)} = 14.24, p < 0.01$)、ライアン法による多重比較の結果、訓練実施クラスDと非実施クラスA間で有意差が無かった ($\chi^2_{(1)} = 3.23$) 以外は、訓練実施クラスが非実施クラスより有意に高い正答率を得た。

よって、聴能形成のような受動的に音を聴き能動的にその音を識別する訓練を経験する授業のほうが、能動的に音ファイルを比較聴取するだけの授業よりも、知覚符号化の音質に関する知識の習得に効果があることが、2年間の授業に渡って確認された。

4.4 用語の事前認知度と聴能形成の効果との関係

既報 [1] では、MP3のビットレートと品質に関する知識の向上は見られたが、サンプリング周波数に関する知識の向上は明確に現れなかった理由として、親和性や認知度の高い用語や単位と音質との関係の知識が、聴能形成を通じてより強化さ

表 2: Number of correct answer and students for each class in 2014.

クラス	受講 人数	音のデジタル表現	
		サンプリング周波数	その他
A	26	50 (0.481)	244 (0.626)
B	46	85 (0.462)	439 (0.636)
訓練なし			
C	28	55 (0.491)	295 (0.702)
D	41	87 (0.530)	427 (0.694)
音響情報圧縮			
クラス	受講 人数	音響情報圧縮	
		知覚符号化の音質	その他
C	26	93 (0.894)	294 (0.707)
D	37	128 (0.865)	436 (0.736)
訓練なし			
A	26	83 (0.798)	259 (0.803)
B	43	133 (0.773)	479 (0.696)

れたと推測した。具体的には、サンプリング周波数という概念が、受講生にとってビットレートやMP3より事前認知度が低かったと推測した。ビットレートやbpsという単位は、音以外でもネットワークの伝送速度や、映像コンテンツのデータ量や品質に対応するものとして知られている。さらにMP3も圧縮フォーマットとして一般に知られている。しかし、サンプリング周波数やHzという単位は、一般に品質に関わる値や単位として知られていない。しかし、平成25年度の受講生において、このような用語に対する事前認知度に違いがあったかどうかについては明らかではなかった。

そこで平成26年度の授業では、最初に用語に対する認知度をアンケートにより受講生に回答させた。用語として、「サンプリング周波数」「MP3」「Hz」「ビットレート」を取り上げた。認知度は、以下の5段階のいずれかを選択させた。

- 知っており、そのおおよその意味を知っている。
- 知っているが、その意味を正確には知らない。
- 聞いたことはあるが、その意味は知らない。
- 聞いたことがあるような気がするだけで、意味は全く知らない。
- 聞いたことはない。

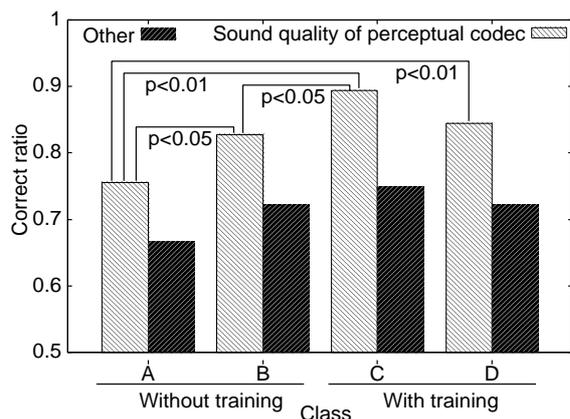


図 1: Correct answer ratios of the test at the end of the class which educates perceptual codecs in 2013. Correct answer ratios were obtained from the class with or without ear training. Other obtained from the questions concerning about except for perceptual codecs.

各用語についての回答数を、図 4 に示した。最もよく知っている受講生が多いのは MP3 であり、つぎに Hz であった。最も知られていないのはサンプリング周波数であった。受講生が高校生のときには、普通科では教科情報 (a, b, c のいずれか) が必修科目であり、そのほとんどの教科書が情報のデジタル化という単元のなかで、サンプリング周波数という用語とその意味を解説している [3]。ところが、受講生たちへのその知識の定着はかなり悪いようである。意外であったのは、Hz という単位の認知度が高く、ビットレートの認知度が低かったことである。しかしながら、MP3 の認知度が高く、サンプリング周波数の認知度が低かったことから、認知度の高い用語と音質との関係の知識が、聴能形成を通じてより強化される、という仮説を支持する結果が得られたといえる。

4.5 自発的聴取と聴能訓練との聴取回数の違い

聴能訓練の利点として、受講生に半ば強制的に指定回数だけ音を聴かせることができ、そのことが音質に関する理解を高める、という解釈もできる。聴能訓練との比較対象となった、受講生が自発的にファイルをクリックして聴取する、という授業形態では、「音質の違いに注意して何度も繰り返し聴いて下さい」との指示を与えるものの、受

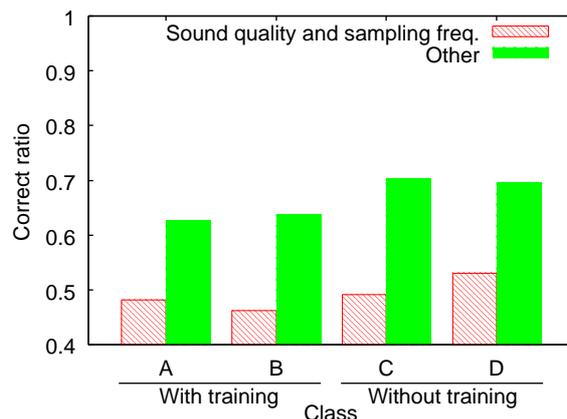


図 2: Correct answer ratios of the test at the end of the class which educates sampling frequency in 2014. Correct answer ratios were obtained from the class with or without ear training. Other obtained from the questions concerning about except for sampling frequency.

講生に半ば強制的に聴取させることは難しい。

平成 26 年度の授業は、受講生が自発的に再生するファイルを、認証が必要な Web サーバに置くことで、どの受講生がどのファイルを何度再生したかが分かるような仕組みを利用した。前半実施 B および C クラスの Web サーバの記録は手違いにより消去されてしまったので、後半実施の A クラス (サンプリング周波数の聴能訓練、MP3 は自発的聴取) と、D クラス (A クラスの逆) に対する Web サーバの記録を分析した。

D クラスでサンプリング周波数が異なるファイルの再生を行ったのは 41 名であり、再生回数は、平均 5.6 回、最低 1 回、最高 13 回、標準偏差 2.9 回であった。A クラスで MP3 ビットレートが異なるファイルの再生を行ったのは 23 名であり、再生回数は、平均 5.0 回、最低 1 回、最高 14 回、標準偏差 3.3 回であった。よって、繰り返し聴取の指示にもかかわらず、各条件ごとにほぼ 1 回~2 回程度の再生しか行われていないことが分かった。

一方、聴能訓練に関しては、A クラスでは 23 名が実施し、そのうち規定の 16 回 (試聴 4 回と判断 12 回) に満たない再生回数だったのは 4 名、D クラスでは 40 名が実施のうち規定再生回数に満たないのは 1 名であった。これらより、聴能訓練では定めた回数だけ受講生に聴取させやすいことが分かった。

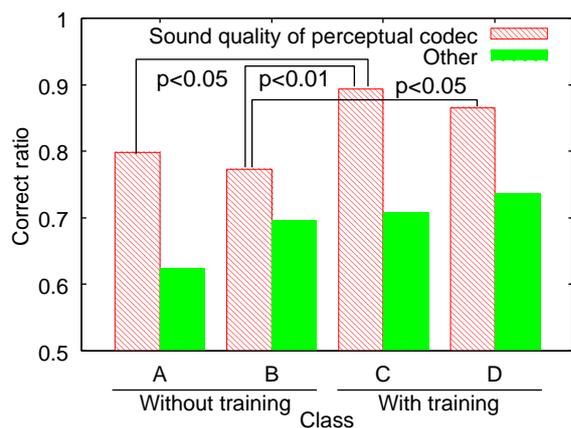


図 3: Correct answer ratios of the test at the end of the class which educates perceptual codecs in 2014. Correct answer ratios were obtained from the class with or without ear training. Other obtained from the questions concerning about except for perceptual codecs.

5 考察

聴能形成のような受動的に音を聴き能動的にその音を識別する訓練を経験する授業のほうが、能動的に音ファイルを比較聴取するだけの授業よりも、知覚符号化の音質に関する知識の習得に効果があることが、2年間の授業に渡って確認された。ただしこの結論は、著者のみが実施した授業において示されたことに注意が必要である。科学的に言えば、著者が聴能形成を行った授業において故意により丁寧に教えていた、という可能性を排除する必要がある。よって、他の教員が同様に授業において効果を示すことも必要である。

6 まとめ

非理工系大学を対象とした1年次科目「情報表現とマルチメディア」における音響の授業内容を紹介した。このうち、知覚符号化と音質の関係を学ぶ授業では、聴能訓練を実施することが知識習得に有効であることを平成25年度の授業において既に示している [1] ので、これを平成26年度の授業でも確認した。その結果、2年間の授業において共通して、聴能訓練を行ったクラスではMP3のビットレートと品質に関する知識をより習得したが、サンプリング周波数に関する知識の習得に違いは無かった。その理由のひとつとして、平成26

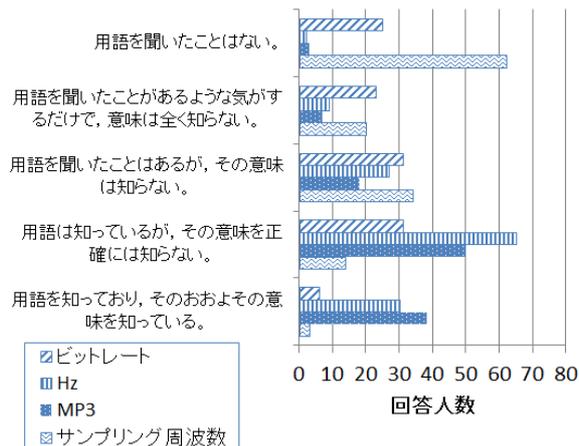


図 4: Numbers of students corresponding to the degree of knowledge of 'sampling frequency', 'MP3', 'Hz', and 'bit rate'.

年度の受講生に対する授業開始時のアンケート調査により、受講生にとってMP3の事前認知度は高く、サンプリング周波数の事前認知度は低かったことから、認知度の高い用語と音質との関係の知識が、聴能形成を通じてより強化されるという仮説が支持された。さらに聴能訓練は、予め定めた回数だけ受講生に音を聴かせることが容易であることも分かった。

参考文献

- [1] 西村明, “非理工系大学生に対する音響の授業における聴能形成とその効果,” 日本音響学会誌, **70**, 252–259 (2014).
- [2] 西村明, “TCP/IP ネットワークとWWW ブラウザを用いる聴覚訓練システム,” 日本音響学会誌, **62**, No. 3, 208–213 (2006).
- [3] 西村明, 滑川敬章, 熊谷仁, “高校教科「情報」における「音のデジタル化」単元教材の作成,” 日本音響学会春季講演論文集, No. 2-2-11, 1487–1488 (2008).