

文科系学生に対する聴能形成の意義と成果

Significance and outcomes of technical listening training for non-technological university students

西村 明¹

Akira NISHIMURA

¹ 東京情報大学 総合情報学部 情報文化学科

Department of Media and Cultural Studies,

Faculty of Informatics, Tokyo University of Information Sciences

概要: 東京情報大学情報文化学科では, 2008 年度より文科系学生を主な対象とした講義において, Web 聴覚訓練システムを用いて, 100 名前後の学生に対して同時に聴能形成を実施している. 聴能形成の主な目的は, 音を注意して聴く経験をつけさせるためである. また, サンプリング周波数, 高調波歪, 知覚符号化などと, それらに伴う音質劣化について, 学習と識別訓練を併用することにより, 理解度の向上を目指している.

1 はじめに

聴能形成とは, 音に対する感性, 特にその音の違いを音の物理的要因の違いと対応づけて聴き分ける能力の養成をめざして行う訓練および学習を意味する. これまで聴能形成は, 音響技術者教育, 音楽家の教育, オーディオ関連製造業における技術者教育などのための実施が報告されてきた [1].

これに対して本稿では, 文科系大学生に対して, どのような聴能形成が必要なのかを論じる. また, 講義において聴能形成を実施することにより, どのような教育効果および音の聴き分けに関する訓練効果が得られたのかについて, 紹介することを目的とする.

1.1 東京情報大学, 情報文化学科とは

東京情報大学の教育理念は「現代実学主義」であり, やや具体的には「社会に出てすぐ役に立つ学問としての実学, 実用的な応用技術に力を注ぎ, 情報を活かして新しい未来を切り拓く人材育成」となる.

情報文化学科は 1996 年に文理融合型の学科として発足し, マルチメディア系 (画像, Web, CG, 映像, 音響) と社会科学系 (国際, 社会学, マスコ

ミ) の専門科目を揃えている. 学科の教育方針は「コミュニケーション能力に優れたメディア人を育成する」である. 2007 および 2008 年度の 1 年次の前期終了前後の学生に対して行った文理意識調査の結果 (回答率は 7 割程度) によれば, 高校時代は 29% が理系であるが, 大学での勉強を理系だと感じている学生は 11% である.

1.2 音響情報処理

著者が 2003 年から担当している 3 年後期の選択科目である. 当初は他講義と同時開講のため, 3 年生の 1/5, 30 名程度の受講者数であった. よってパソコン上で周波数分析ソフトや MATLAB 互換である Octave プログラミング環境を用いて, デジタル信号処理の基礎を実習形式で教え, その応用を実例として示す講義を行っていた. しかし 2008 年からは単独開講となり, 受講者は常時 80~110 名前後となり, 実習的な教育は困難になった.

2007 年度までは, 中学校程度の数学もおぼつかない学生を相手に, 加減乗除算が主体とはいえ数式や配列の理解を必要とする音響信号処理を体験させることの困難さに直面してきた. さらに, 信号処理の教育がそういった文科系学生にとっての

「実学」であるのかに疑問を抱くようにもなった。よって受講者が大幅に増えたことを機会に、「現代実学主義」を強く意識した新たな教育方針を聴能形成と共に採り入れ、音響情報処理のカリキュラムを一新することとした。

1.3 文科系学生に必要なとされる聴能形成

聴能形成を通じて、被訓練者は音を注意して聴くことができるようになり、聴感によって音の物理量を理解するようになる。dB や Hz の定義を理解することは重要だが、数学的素養が極端に少なく、それらの理解に多大な困難を要する者にとって、音を聞いて大体何 dB 違うかを判断できたり、周波数が大体何 Hz 位なのかを聴き分けられることは、定義の理解にも増して重要であろう。よって講義期間の前半では、音の物理量、特に周波数と恩圧レベルに関して講義しつつ、オクターブステップの純音やバンドノイズの周波数識別と、純音や雑音を用いた音圧レベル差識別訓練を行うことにした。

デジタル音響機器全盛の現代、ある程度の高音質の音響機器は非常に安価に入手できる。一方、近年利用頻度が高い携帯型音楽プレーヤにおける MP3 に代表される知覚符号化や室外でのヘッドホン聴取は、室内でスピーカ再生の音楽をじっくり楽しむ旧来のオーディオマニア的聴取とは一線を画している。アナログ時代は、例えばカセットテープ機器における、録音レベルやノイズリダクションシステム、カセットテープの品質や管理に注意を払って音質を保つ努力が、聴取可能な程度の音質向上に反映されていた。しかしデジタル時代となり、機器やメディアの利便性および音質が格段に向上したがゆえに、音を注意して聴く経験/必要性が少なく、そのため逆に音質に鈍感な状態をもたらしていると考えられる。

本学科の卒業生が、技術開発系で音に関わる職業に就くことは極めて少ない。しかし営業職につく学生は毎年4割弱存在し、音に関する製品やサービスの営業/販売職(例えば家電量販店)は非常に身近な職業である。このような職業において、また利用者側の立場においても、製品やサービスの不適切な使用によって音質が劣化することへの理解は必要である。さらに、映像制作や Web サイトなど CG/マルチメディアコンテンツの制作に携わる卒業生も一定数存在する。このような職業にお

いては、コンテンツの品質のひとつである音質に関して注意を払う能力を備え、音質差をもたらす要因を理解しておくことは重要である。そういった職業に就かないにしても、よい音質で音楽を楽しむための方法を知ることが、人生にとって有意義であろう。そうした社会や生活の現場で生かすことのできる技能や経験のため、聴能形成が活用できると考えた。

よって、講義期間後半では、デジタルならではの音質劣化(クリッピング歪、サンプリング周波数、知覚符号化)による音質差を識別する訓練を、それら音質差の生じる要因に関する講義と併せて行うことにした。

1.4 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 サーバ上の Perl による CGI に対して、クライアント PC が音再生機能をもつ Web ブラウザによってアクセスし、ブラウザ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は、インターネットを介して OS やブラウザを問わず利用できることが確認されている。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 年度の講義での利用のため、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。

講義は有線 LAN を完備した通常教室で行われ、学生はノート PC を持参して有線 LAN に接続し訓練を行う。講義期間前半は、受講者全員が教員の操作するブラウザから再生される音を教室備え付けスピーカより聞きながら、一斉に周波数識別や音圧レベル差識別訓練を行う。システム操作や音を注意して聴くことに慣れてきた講義期間後半では、ヘッドホンを毎回配布し、スピーカでの聞き分けが困難な音質差に注目した訓練を個別に行う。同じ訓練は 2,3 週の講義に渡って実施される。ヘッドホンは市価 1000 円程度の安価なヘッドセットを配布しているが、自分の所有するものを利用してよいことにしている。なお、入学時にほぼ全員の学生が購入した T 社製ノート PC は、16kHz 以上にエリアシングノイズが現れる以外、S/N 比、歪率、周波数特性において良好な性能を持っている。

2 講義と聴能形成の内容

音を聴いて判断する訓練だけでは、聴能形成とはならない [1]。聴能形成には、訓練に関連する内容の講義も含む。以下に音響情報処理で実施している講義と聴能形成の内容を示した。講義内容の詳細については、別の機会にゆずるが、ここでは各回に重要なキーワードを複数示した。これらの12回の講義に対して、冒頭週にはガイダンス、3週分の講義を終えた後に復習、最後に全体の総復習とした講義を加え、全15週の講義を形成する。

1. 高さと同波数
波形、周期、同波数、周期と同波数の計算、絶対音感
純音同波数識別 (一斉)
125 ~ 8 kHz, オクターブステップ
2. 大きさと強さ
振幅、音圧レベル、聴野、相対レベル、騒音計、騒音レベル
純音強度差識別 (一斉)
0, 2, 5, 10, 20 dB
3. デシベル
dB 値の計算、電圧と音圧の関係、異なる音の加算時の dB 値
ピンクノイズ強度差識別 (一斉)
0, 2, 5, 10, 20 dB
4. 同波数特性
f 特表記法, f レンジ, フラットな f 特, イコライザ, 20 kHz 以上の必要性?
バンドノイズ中心同波数識別 (一斉)
125 ~ 8 kHz, オクターブステップ
5. 音響機器の音質要因
歪率, 歪の原因, SN 比, チャンネルセパレーション
440 Hz 純音クリッピング歪率識別 (個別)
0, 0.15, 1, 2, 5%
6. 音響機器の性能要因
指向特性, 感度, ゲイン, 出力, 能率, インピーダンス
音楽強度差識別 (一斉)
0, 2, 5, 10, 20 dB
7. 音のデジタル化
標本化, 量子化, 10 進法 2 進法変換, サン

プリング定理, エリアシング, アナログとの比較, データ量の計算

サンプリング同波数識別 (個別)

8, 11k, 16k, 22k, 44kHz

8. 音情報圧縮
可逆圧縮, 不可逆圧縮, エントロピー符号化, 予測符号化, 振幅圧伸, 知覚符号化
MP3 ビットレート識別 (個別)
64 kbps, 96 kbps, 128 kbps, WAV
9. 現代の知覚符号化
MPEG AAC, ジョイントステレオ, VBR, SBR, SAOC, 音声符号化
MPEG4AAC+SBR ビットレート識別 (個別)
32 kbps, 48 kbps, 64 kbps, WAV
10. オーディオの迷信とその正体
プラーボ効果, 隠れ基準つき二重盲検法, 評論家の功罪
MP3 タンデム符号化 (個別)
128 kbps 符号化回数 4 回, 2 回, 1 回, 原音
11. マルチチャンネル・サラウンド再生
5.1ch, キャリブレーション, 将来のサラウンド
12. オーディオデータと著作権管理
音楽著作権, CCCD, DRM, 電子透かし

第6回目の講義内容と同訓練内容には、若干繋がりが乏しいように見える。これは、スピーカやマイクロホンの指向特性の説明、例えば正面と背面の強度差を説明するとき、バンドノイズの強度差よりは音楽の強度差の方が、(同波数特性は無視しているのだが) 理解しやすいと考えたからである。また、第10回の講義内容と同訓練内容にも繋がりにくいように見える。これは、MP3 128 kbps のような原音との識別が困難な程度の音質劣化でも、重ねられていけば識別可能になることを、オーディオ評論家の唱えるごく微細な、かつありえない音質差と対照させるためである。

3 訓練内容と成績の推移

講義期間前半の識別訓練では、普通教室備え付けのスピーカ受聴で行うため、高品質での再生は

望めないが、周波数識別や音圧レベル差識別などでは特に問題がないと考えている。それぞれの識別訓練では、各内容の訓練の冒頭に順番に選択肢となる呈示音を再生して確認する。初めての内容の訓練時には、再生毎に受講生が回答したタイミングを見計らって、正解を逐次口頭で伝える。同じ訓練を2度目以降実施する際は、基本的に途中で正解を伝えず、全て回答が終わってからまとめて受講生のPC画面に個人毎に正解と成績を表示するしくみを用いる。後者の訓練形式の方が、一般に課題として困難なため、訓練を経ることで識別成績が向上したかどうかを定量的に検証することは困難である。

図1には、2009年度の講義において、初めて純音レベル差識別訓練を行った時(10月13日)の結果を左側に、初めてのピンクノイズレベル差識別訓練(10月27日)の結果を右側に示した。各回80名程度が参加しており、全参加者の平均回答率(%)を示している。レベル差識別は、基準音と音圧レベルを下げた呈示音をペアにして呈示する。図1では、ピンクノイズの方が明らかに成績が良いが、これはピンクノイズの方が識別が容易なためか、レベル差識別能力が全般に向上したためかは明らかではない。

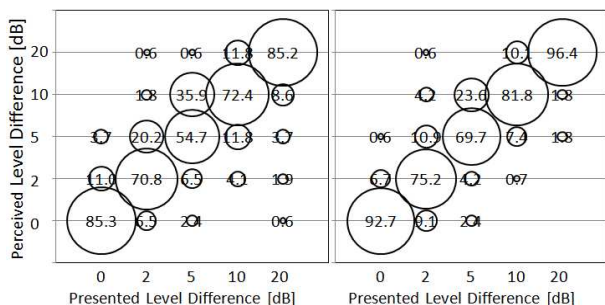


図1: 2009年度レベル差識別訓練成績。左は純音(10月13日), 右はピンクノイズ(10月27日)。横軸は呈示したレベル差, 縦軸は回答したレベル差を示す。丸の中の数字は呈示に対する回答のパーセンテージ。

知覚符号化ビットレート識別訓練では、基準音(wav: 44.1kHz, 16 bit, stereo)あるいは劣化音(符号化復号化済み wav ファイル)が単独で再生され、いずれかを回答する。正解は回答直後に被訓練者のブラウザ画面に表示される。基準音と劣化音を対にして連続再生したほうが識別は容易であるが、再生時間を短くすることを優先した。また、訓練前に各カテゴリの再生音をシステムの練習機

能を用いてよく聴いておくようにと教示を与えた。歪率識別の訓練の呈示方法と教示も同様である。

2009年度のMP3の識別成績を図2に示した。左側は最初の訓練(12月8日), 右側は3回目の訓練(1月12日)の結果である。64 kbpsの正当率は、最初に比べて3回目の方が、危険率0.1%未満で有意に高かった。MPEG4AAC+SBRに関しては、有意な正当率の向上は見られなかった。なお、2008年度のこれらの訓練に対する成績は、MP3で有意な向上なし、MPEG4では有意な向上があった[3]ため、これらが訓練の一般的な結果であるかどうかは分からない。

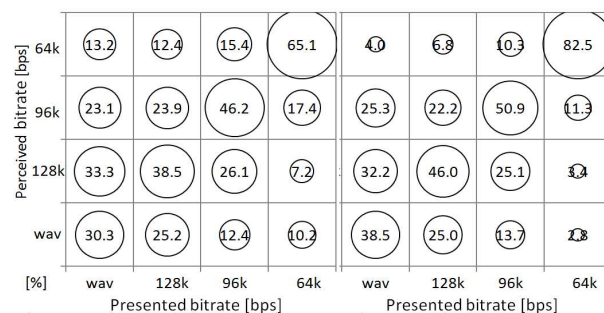


図2: 2009年度MP3ビットレート識別訓練成績。左は初回(12月8日), 右は3回目(1月12日)。横軸は呈示したレベル差, 縦軸は回答したレベル差を示す。丸の中の数字は呈示に対する回答のパーセンテージ。

講義では、受講生に識別成績の向上を求めることはしない。むしろ、MP3の原音(wav)と128 kbpsのように、識別が困難であることを実際に体験してもらいたい旨を伝えている。一方、MP3の64 kbpsの音質劣化は、図2右でも分かるように、他の条件と識別できる率が訓練によって高まっており、訓練の効果が表れている条件もあることを、講義では示すことにしている。なかでも、歪率の識別は、特に困難ではあるが、重要なのは純音(高調波歪率0%)と他の条件との聞き分けであることも述べる。

4 授業評価アンケート分析

本学の授業評価アンケートは無記名かつ学生が収集する形式で実施されている。2008年度後期における音響情報処理の授業評価は、全学科全科目の5段階評価の平均値より「知識、技術の習得度」において0.2ポイント高く4.0、「授業の計画性」で

0.1ポイント低く3.8であった。他の「明瞭性」「熱意」「満足度」はいずれも平均より0.1ポイント高く、3.8~3.9であった。一般に受講(回答)者数が多い科目は評価が低くなる傾向にあり、学年の約半分にあたる84名が回答したこの選択科目は受講者が多い部類であるが、その割には良好な評価が得られたと自負している。また、2009年度の評価は2008年度に比べて各項目±0.1ポイント程度の評価であった。

また最終講義時に、聴能形成の実施に関する記名アンケート(2008年度:106名回答,2009年度:103名回答)も行った。図3は、良かった点の回答(複数回答可)であり、講義の目標に叶う回答である、「音を注意して聴く体験ができた」あるいは「音の物理的な違い(周波数、強さなど)による、聞こえの違いが体験できた」という回答が、6割以上の学生から得られた。一方、「講義内容が、音で体験できることにより理解が深まった」は3割程度であり、講義内容と聴能形成の関連性の意識がやや弱いことも分かった。

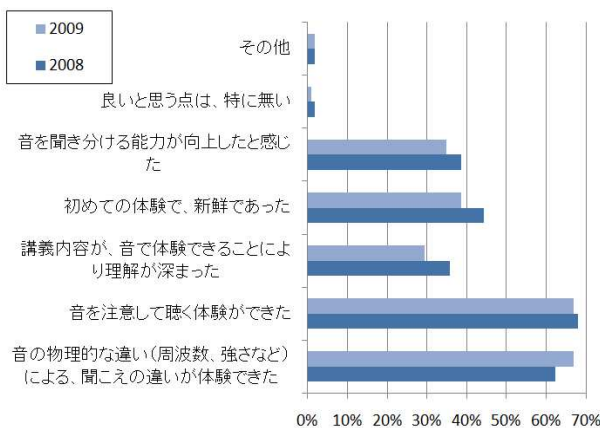


図3: 講義中に聴能形成の実施をして良かった点のアンケート結果。

良くない点の回答(複数回答可)は、図4に示した。多いものは「ノートPCの持参が面倒」である。これは、パソコン実習室にて講義を行うことで解消できると考えられるが、80名以上の受講が可能な実習室は時間割の都合上利用できず、現時点での改善は諦めている。次に多い回答は、「良くない点はない」であり、前述の良かった点への回答と併せると、聴能形成に対して肯定的な感想を持っている受講生が多いことが分かった。「訓練を経ても、音の違いがよくわからない」において、2009年度でやや回答率が下がっていることは、違いが分からないことを気にする必要は無い旨を強調した効

果が、若干あったと思われる。また、ひとつの訓練は2,3週しか続けなかったことや、冬季休暇で訓練間隔が空いたこと、歪率やMP3, MPEG4の識別判断などの全選択肢での平均正当率が50%前後となる難しい訓練があったことから、訓練の成果を感じられない学生が居たと考えられる。

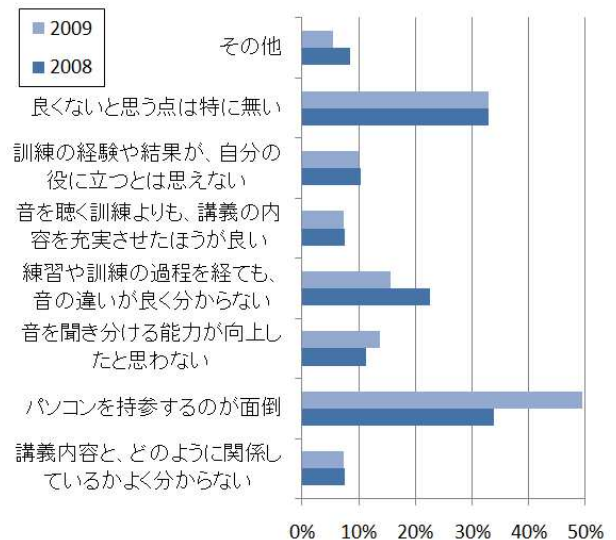


図4: 講義中に聴能形成の実施をして良くなかった点のアンケート結果。

さらに、Webベースの聴覚訓練システムの使い勝手に関してもアンケートを行った。本システムで個別の訓練を行う場合は、個人毎のPCへ非圧縮の音ファイルをネットワーク伝送して再生する仕組みをとっている。このため、同時に多数(80~100名)がLANに接続し、初めて特定の音ファイルを再生する際には、ネットワーク伝送に負荷がかかり再生が遅くなることが考えられる。一方、同じ音ファイルを二回目以降再生する場合は、その音ファイルはブラウザのキャッシュに保存されている事が多いため、再生の待ち時間は少なくなる。よって、「個別に訓練を行う際の音再生のスムーズさは、全般的に見てどうであったか」を回答させた。結果は、図5に示した。2008年度と2009年度では、学内の主要なネットワーク機器環境、サーバやクライアントの性能はほぼ変わっていないのであるが、2009年度の方が、全般的に悪い評価の回答率が高くなっている。これは、学内全体のネットワークトラフィックが増大する傾向にあるためではないかと考えられる。音ファイルをすべて受講生のPCにダウンロード展開しておき、システムを利用する方法も可能であるが、管理側としては刺激音を容易に修正できなくなる、という欠点も

ある．今後は，これまでの結果から訓練内容を吟味した上で，学生の PC に訓練用音ファイルをあらかじめダウンロードさせておく方法へ移行することも検討すべきであろう．

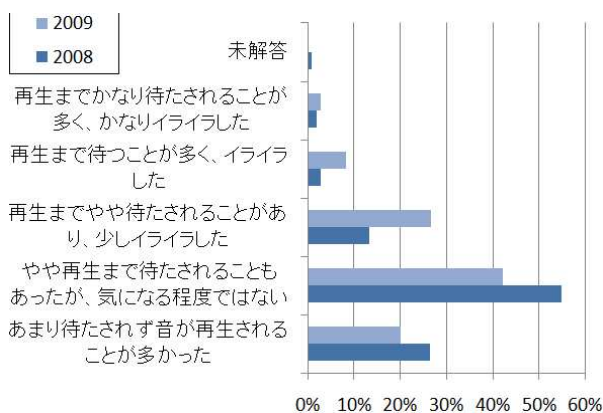


図 5: 音再生のスムーズさへのアンケート結果．

最後に，この Web ベースの聴覚訓練システムを今後も使ってみたいかどうかを問うた．使いたい時が来るかもしれない，という以上の肯定的な回答が 70 % 以上を占めていることから，訓練システムとしての操作性に加えて，訓練内容や訓練の意義に対して肯定的な評価をしていることが分かった．

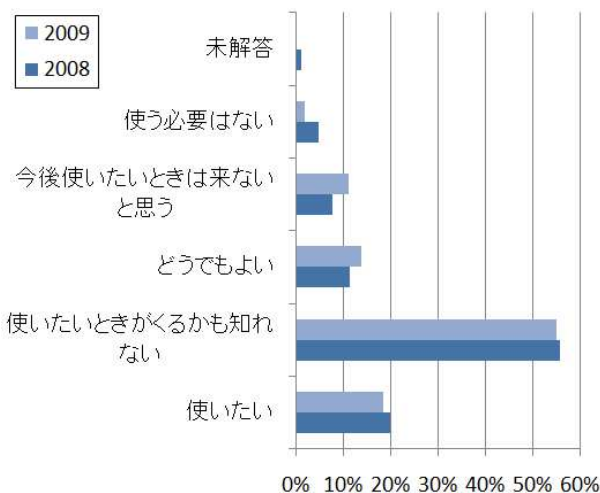


図 6: Web ベース聴覚訓練システムを，この講義の終了以降も使いたいかのアンケート結果．

5 まとめ

文科系大学生への講義に聴能形成を導入し，音を注意して聴くこと，音の物理的要因と知覚との

対応や，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ついての教育を効果的に実施することを意図した．学生の評価および訓練成果から，教育意図に対して一定の成果が得られたことが分かった．今後は講義内容と聴能形成との連携をより密にすることによって，音響関連知識をより効率的に習得できるよう講義計画を更新していく予定である．

参考文献

- [1] 北村音吉, 佐々木實, 岩宮眞一郎, 他, 音の感性を育てる 聴能形成の理論と実際 (音楽之友社, 東京, 1996).
- [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, “文科系学生に対する Web 訓練システムを用いた聴能形成,” 平成 21 年度秋季日本音響学会講演論文集, No. 3-10-2, 1335–1336 (2009).