

音声の構造的表象を用いた英語学習話者の分類に関する実験的検討

鎌田 圭[†] 朝川 智[†] 峯松 信明[†] 牧野 武彦^{††} 広瀬 啓吉^{†††}

[†] 東京大学大学院新領域創成科学研究科 〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

^{††} 中央大学経済学部 〒192-0393 東京都八王子市東中野 742-1

^{†††} 東京大学大学院情報理工学系研究科 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

E-mail: †{k-kamata, asakawa, mine, hirose}@gavo.t.u-tokyo.ac.jp, ††mackinaw@tamacc.chuo-u.ac.jp

あらまし 音声コミュニケーションは、音声の生成、収録、伝送、再生、聴取の何れの過程においても非言語的特徴が不可避免的に混入するが、これを表現する次元をおよそ保有しない音響の普遍構造が提案されている。この構造的表象を用いて、発音の教示生成や英語学習者の発音状態分類に関する技術的可能性について検討されており、非言語的特徴の違いに対して頑健に動作する発音教材の作成に向けた技術構築が行われている。しかし、従来の検討は主に技術的観点から行われたものであり、得られた分析結果に対する教育的観点からの妥当性検証は十分ではなかった。そこで本稿では、英語音声学を専門とする音声学者により学習者発音を母音図表記させ、得られた各学習者の母音図表象と提案手法によって得られる構造表象との比較に基づいた検証を行った。

キーワード 音声の構造的表象, 非言語的特徴, CALL, 学習者分類, 英語音声学

Experimental study of classifying Japanese learners of English using structural representation of speech

K. KAMATA[†], S. ASAKAWA[†], N. MINEMATSU[†], T. MAKINO^{††}, and K. HIROSE^{†††}

[†] Grad. School of Frontier Sciences, Univ. of Tokyo 5-1-5, Kashiwanoha Kashiwa, Chiba, 277-8562 Japan

^{††} Faculty of Economy, Chuo University 742-1, Higashi-nakano, Hachioji, Tokyo, 192-0393 Japan

^{†††} Grad. School of Info. Sci. and Tech., Univ. of Tokyo 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0031 Japan

E-mail: †{k-kamata, asakawa, mine, hirose}@gavo.t.u-tokyo.ac.jp, ††mackinaw@tamacc.chuo-u.ac.jp

Abstract Speech communication induces inevitable variations in speech acoustics due to differences in speakers, microphones, etc. Recently, a novel acoustic representation of speech was proposed where these variations are effectively suppressed. In other words, the dimensions indicating the variations are mathematically removed. Using the new structural representation, some technical discussions were already done to develop a robust CALL system which can show the stable performance with any users. In our previous studies, however, it was claimed that pedagogical discussions on the obtained results were not sufficient. Then in this study, some correlation analysis was done between the obtained results in our previous studies and the vowel charts of the individual learners made by a phonetician who is an expert to instruct Japanese learners of American English pronunciation.

Key words Structural representation of speech, non-linguistic features, CALL, learner classification, English phonetics

1. ま え が き

音声には、その生成の際に話者の声道形状の特性、収録や伝送の際には音響機器の特性、さらには聴取の際には聴取者の聴覚特性、といった非言語的特徴が不可避免的に混入する。従来の音声学では、音響音声学に基づきスペクトルをその物理表象として用いてきたが、スペクトルは上記の非言語的特徴によ

て不可避免的に歪んだものであり、この歪んだ物理表象に基づいて構築されたシステムは、不可避免的に不一致問題を抱えることになる。このため、従来構築された CALL (Computer Aided Language Learning) システムは、不安定性が指摘されており、教育導入に対して懐疑的な報告もされている [1]。

近年、不可避免的に混入する非言語的特徴を表現する次元そのものを保有しない「音響の普遍構造」が提案された [2]。本表象

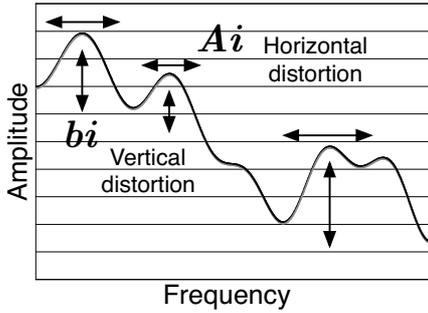


図1 スペクトルに対する水平/垂直方向の音響歪み

は、複数の音声事象の関係のみに着眼する物理表象であり、音素の相対的定義に基づいた音響モデリングである。この新しい音声の構造的表象を発音学習に応用することにより、英語学習者の発音状態を非言語的特徴の影響を受けずに記述可能となることが示されている [3]。従来の手法では不可避であった不一致問題を解消した発音教材を作成することが可能である。

しかし従来の検討は、技術的観点からのみ行われており、教育的観点からの検討が不十分であるとの指摘があった。そこで本稿ではまず、従来より使用している音声資料に対して、英語音声学を専門とする音声学者（第四著者）による母音図作成を行った。そして得られた母音図と、提案手法に基づく構造表象との比較を通して、提案手法の教育的妥当性について検討する。

2. 音声の構造的表象

2.1 音声に不可避的に混入する非言語的特徴

音声に混入する非言語的特徴は、加算性雑音・乗算性歪み・線形変換性歪みの三種類に分類される。加算性雑音は背景雑音などの、時間軸上の加算による混入する雑音であるが、これは不可避ではないため、本研究では対象外とする。

乗算性歪みは、スペクトルに対する乗算で表現される歪みであり、ケプストラムベクトル c に対するベクトル b の加算 $c' = c + b$ に相当する。マイクロフォンなどの伝送特性がその典型例であり、話者の声道形状の違いの一部も乗算性歪みとして扱われる [4]。音声は必ずある話者によって発音され、ある音響機器によって収録されるので、不可避的な歪みである。線形変換性歪みは、 c に対する行列 A の乗算 $c' = Ac$ で表現される歪みである。話者の声道長の差異、さらには聴取者の聴覚特性の差異を表すために、対数スペクトルに対して周波数ウォーピングが施されるが、単調増加かつ連続である周波数ウォーピングは、 c に対する A の乗算で表すことができる [5] [6]。即ち、声道長の差異、聴覚特性の差異は近似的に線形変換性歪みとして扱うことができる。これも不可避的な歪みである。

以上より、音声に不可避的に混入する非言語的特徴は、 c に対するアフィン変換（一次変換） $c' = Ac + b$ で近似的に表現される。図1は、アフィン変換が対数スペクトルに与える影響を示したものである。対数スペクトルの水平変化は A の乗算として、垂直変化は b の加算として記述される。これが最も簡素な非言語的特徴による音声変動の数学モデルである。

2.2 音声に内在する音響的普遍構造

空間内に存在する N 点に対して、 ${}_N C_2$ 個の全ての二点間距

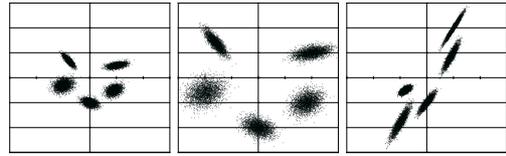


図2 音声に内在する音響的普遍構造

離（即ち距離行列）を求めると、(鏡像としての曖昧性を無視すれば) その N 点で張られる構造は一意に規定される。即ち、事象群に対して距離行列を求めると、その事象群を構造的に規定することになる。ケプストラム空間内の N 点に対して構造を考えた場合、その構造は非言語的特徴（アフィン変換）によって歪みを生じる。この歪んだ構造は、事象群が観測される空間を歪ませることで、不変な構造として再定義可能となる。

音声事象を全て分布として記述し、二事象間距離としてバタチャリヤ距離を考える。二つの分布の確率密度分布関数をそれぞれ $p_1(x)$, $p_2(x)$ とすると、

$$BD(p_1(x), p_2(x)) = -\ln \int \sqrt{p_1(x)p_2(x)} dx \quad (1)$$

と表される。 $0 \leq \int \sqrt{p_1(x)p_2(x)} dx \leq 1$ を確率として解釈すれば、式 (1) は自己情報量となり、単位は [bit] となる。また、二つの分布がガウス分布で表現されているとき、

$$BD(p_1(x), p_2(x)) = \frac{1}{8} \mu_{12}^T \left(\frac{\sum_1 + \sum_2}{2} \right)^{-1} \mu_{12} + \frac{1}{2} \ln \frac{|\sum_1 + \sum_2|/2}{|\sum_1|^{1/2} |\sum_2|^{1/2}} \quad (2)$$

となる。 μ_{12} は $\mu_1 - \mu_2$ である。

さて、式2に対して共通の如何なるアフィン変換を施しても、距離不変であることが知られており、これは、非言語的特徴による歪みに対して距離不変でとなる。例えば図2に示す三つの五分布群は全て等しい距離行列を持つ。これらの分布群はユークリッド平面上で観測すれば異なる構造として観測されるが、歪んだ非ユークリッド曲面上で観測すれば、不変構造となる。これは話者/マイクに普遍に観測され、音響的普遍構造と呼ぶ。

3. 音声の構造的表象を用いた英語学習者の分類

3.1 日本人学習者の模擬音声の収録

帰国子女、或いは英語劇経験者の日本人12名（男性6名、女性6名、A~L）に米語11単母音を /b V t/ の形で発声させた。ここで有意義語が存在しない場合は、/t/を/d/とするなどの処置を行ない、11単母音の収録を1回ずつ行なった。次に、/b V t o/ という形で日本語母音を5回ずつ収録した。

これらの米語母音と日本語母音を同一話者内で置換することにより、様々な学習者状態を模擬した。本実験では、表1に示す置換パターンを用い、話者ごとに8種類の発音状態を用意した。なお、米語・日本語間の母音置換の対応付けは表2^(注1)の通りである。異なる米語母音が同一の日本語母音と置換される場合は、同一母音・異発声のサンプルを用いた。得られた96種

(注1): 日本語母音は/a/, /i/, /u/, /e/, /o/と表記するのが慣習であるが、本稿では米語母音との混同を避けるため、/あ/, /い/, /う/, /え/, /お/と表記した。

表 1 母音置換によって模擬された 8 種類の発音状態

	α	æ	Λ	ə	ɚ	ɪ	i	u	ε	ɔ
P1	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
P2	A	A	A	A	A	J	J	J	J	J
P3	J	J	J	J	J	A	A	A	A	A
P4	A	A	J	J	J	A	A	J	J	A
P5	J	J	A	A	A	J	J	A	A	J
P6	A	J	A	J	A	J	J	J	J	A
P7	J	A	J	A	J	A	A	A	A	J
P8	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A : 米語母音を使用, J : 日本語母音で置換

表 2 日本語母音・米語母音の置換表

日本語母音	↔	米語母音
/あ/		/æ/, /Λ/, /α/, /ɚ/, /ə/
/い/		/i/, /ɪ/
/う/		/u/, /ɯ/
/え/		/ε/
/お/		/ɔ/

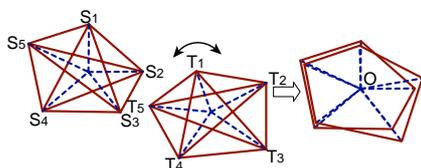


図 3 回転とシフトによる構造群の接近と構造間距離

類 (12 話者 × 8 発音) の母音発音群を, 下記で定義される距離尺度に基づいて距離行列化し, 樹形図化することで分類した.

3.2 構造間距離尺度

学習者が発声する 11 母音の母音間の距離をすべて求めることにより, 11 × 11 の母音間距離行列で表現される構造 (11 角形) を定義することが出来る. 11 角形と 11 角形の構造間距離を規定することができれば, それは学習者と学習者の距離を, 純粋に発音訛に着眼した形で (非言語的特徴を無視した形で) 定義することとなる. 学習者が N 人いた場合, $N \times N$ の母音構造間距離行列に基づいて, 学習者分類が可能となる.

構造間距離は図 3 に示すように, 一方の構造を回転及びシフトして他方に近づけた際に観測される, 対応する二点間距離の総和の最小値として規定できる^(注2). この最小値は, 二つの距離行列間のユークリッド距離として近似できることが示されており, この距離尺度を使用する [7].

$$D(S, T) = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i < j} (S_{ij} - T_{ij})^2} \quad (3)$$

ここで, M は母音数の 11 であり, S_{ij}, T_{ij} は構造 ($M \times M$ 距離行列) S, T の (i, j) 成分である.

3.3 96 種類の発音構造の分類

Ward 法によるボトムアップクラスタリングにより分類した結果を図 4 に示す. 樹形図のリーフノードにおける数字 (1~8) が発音状態を意味し, A~L が話者を意味する. 樹形図を見ると, おおよそ同じ発音状態が固まる形で 8 つのクラスタが形成されている. この結果より, 構造的表象を用いることで, 話者

(注2): なお, 一次変換によって距離行列が不変であるため, A の乗算は回転として, b の加算はシフトとして解釈される.

や性別などの非言語的特徴に影響されることなく, 発音の分類, 即ち, 言語的な分類が可能となることが実験的に示された.

なお, 構造間距離を (v_i^S を話者 S の母音 i の分布とする)

$$D'(S, T) = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_i BD(v_i^S, v_i^T)} \quad (4)$$

のように, 異なる話者間で母音を直接的に比較する形で定義すると, 完全なる話者分類となった [8]. 言い換えれば, 絶対的物理量の差を見ることで話者分類となり, 差の差を見ることで発音分類となった訳である.

4. 音声学による構造表象 (母音図) との比較

母音図は, 音声から話者性などの非言語的特徴を聴取者が取り除いて, 母音群を構造的に表象した結果と捉えることができる. 本節では, 96 種類の母音構造群の全てを音声学によって母音図化し, それと提案手法による構造表象との類似性について検討する. なお, 母音図化を担当した第四著者は [9], [10] などの日本人向けの発音教則本や [11] などの英語辞書の発音記載を担当するなど, 英語音声学の専門家である.

音声学による母音図と提案手法による母音構造を比較する場合, 個々の学習者の発音構造同士を比較することも可能であるが, 主に本研究では, 図 4 に示した発音分類の教育学的妥当性について検討する. まず, 前節で用いた 96 種類の学習者発音を全て母音図化する. 次に, 母音図に基づく母音間距離行列 (11 角形), 及び, 母音構造間距離行列 (96 角形) を求め, 図 4 と同様の分類を行って, 両者の類似性について検討する. これは, 図 4 の分類は, 8 クラスタ時には妥当な発音分類が行われているが, 8 クラスタに至る分類のプロセスの妥当性の検証が, 図 4 のみでは困難だからである.

4.1 音声資料の母音図化

母音図化は, 次の 4 つの基準で行った. 1) 舌の前後位置, 2) 舌の高さ (口の開き具合), 3) 円唇性, 4) r 音性, である. 通常 (2 次元平面としての) 母音図は舌の前後 / 高低の位置を意図されているが, ここでは, 円唇性, r 音性についても評価すべきであるとの音声学の指摘により, これらも含めて母音図化した. 舌の位置 (前後 / 高低の位置) については母音図上に位置を指定することで評価した. 円唇性については, 無円唇, 弱い円唇, 強い円唇の 3 段階で評価した. また, r 音性は r 音性有り (+), 無し (-) の 2 段階で評価した. 通常, 米語で r 音性があるのは, /ɚ/ のみである. 以上, 各母音を 4 組の値で表現した.

4.2 母音図に基づく母音間距離の算出

母音間距離として, 母音を表す 4 組の値のユークリッド距離を用いた. 本来ならば, 各母音間の知覚的距離などを参考すべきであるが, ここでは, 母音図という従来より調音音声学において広く使われる母音群の構造的表示形式 (4:3:2 の台形 / 2 次元表示) を重要視し, 舌の前後 / 高低位置については台形表示におけるユークリッド距離を用いることとした. これに対して, 円唇性, r 音性を付与することで 4 次元空間の二点間距離として母音間距離は定義できるが, 各次元の尺度が異なるため, 追加する 2 次元には適当な重み付けが必要である. 円唇性, r 音性の重みに対しても調音音声学における構造的表示形式からの

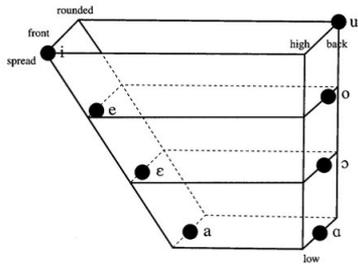


図 9 知覚的に等距離となる基本 8 母音

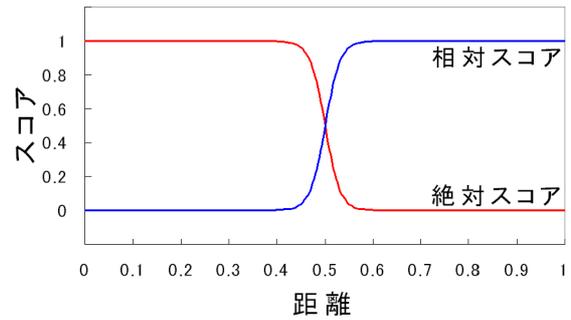


図 10 シグモイド関数

状態ごとに固まった 8 つのクラスタに分かれている。この特徴は構造的表象に基づいて構築された樹形図にも共通している。両樹形図において 8 つのクラスタの結合順序は一部異なっているが、樹形構造は僅かなデータの差異で大きく変わることがあるので、より詳しい分析をする必要がある。樹形図では視覚化の際に情報が劣化するため、樹形図同士の比較は注意を払わねばならない。

樹形図化において使用するデータである母音構造間距離行列 (96 × 96) で比較を行った。96 種類の学習者発音に対して、 ${}_{96}C_2$ 個の母音構造間距離が得られる。構造的表象に基づく母音構造間距離と、母音図に基づく母音構造間距離を算出し、プロットを行った。結果を図 7 に示す。横軸は母音図に基づく母音構造間距離を、縦軸は構造的表象に基づく母音構造間距離を表す。相関係数は 0.628 になり、相関が確認できた。しかし、樹形図の構造を一致させるほどの強い相関ではなく、クラスタの結合順序が一部異なるのはこの歪みが原因であると考えられる。

また、母音構造間距離行列の算出には近似式が使われているので、構造間距離行列の算出に使われた母音間距離そのものを用いた相関分析を行った。96 種類の学習者発音に対して、それぞれ ${}_{11}C_2$ 個の母音間距離が得られる。よって、2 組の $96 \times {}_{11}C_2$ 個のデータの相関を見る。音響的な母音間距離 (母音ケブストラム分布間のパタチャリヤ距離) と、母音図に基づく母音間距離を算出し、プロットを行った。結果を図 8 に示す。横軸は母音図に基づく母音間距離を、縦軸は音響的な母音間距離を表す。相関係数は 0.723 になり、より強い相関が確認できた。調音音声学の分野では、今回用いた母音表示形式 (4:3:2 の台形 / 2 次元表示) のほかに、基本 8 母音 (図 9) が知覚的に等距離である [9] という考えもあり、この場合、母音間の距離尺度は変わってくる。母音図空間が一意に定義されていないという事実が母音図と構造的表象の相関を弱める一因であると考えられることもできる。

5. 母音図に基づく英語発音スコアと構造的表象に基づく英語発音スコアの比較

母音図に基づいて学習者に英語発音スコアを付けることが可能である。この章では、母音図を基に付けられた英語発音スコアと音声の構造的表象における母音構造間距離との関連性について調べる。

5.1 母音図に基づいた英語発音スコアの算出

母音図を用いて、各学習者に 1) 絶対スコア、2) 相対スコア

の 2 つの英語発音スコアを付ける。

5.1.1 絶対スコア

各母音が理想的な発音をしているかを測る。理想的な発音をしている話者 (モデル話者) には、各話者の状態 P8 (完全な米語話者) を用いる。比較は母音ごとに行い、各母音に 0 点から 1 点までのスコアを付け、11 点満点で評価する。

スコア付けは母音間の距離を基にする。まず、モデル話者と学習者の各母音に対して母音図上での距離を算出する。母音図上での距離は前章と同様の方法で計算する。距離が近ければ理想的な発音として 1 点に近い点数に、逆に遠ければ 0 点に近い点数に変換する。変換には以下の式で表されるシグモイド関数を用いた (図 10)。

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-p)}} \quad (5)$$

この関数は $x = p$ のとき、値は $\frac{1}{2}$ となり、 a は $x = p$ 付近でのグラフの傾きに影響する。実験的に $a = 64$ 、 $p = \frac{1}{2}$ (x や p の距離尺度は図 6 に準ずる) として分析した。

5.1.2 相対スコア

相対スコアでは発音の区別が曖昧になりやすい 2 つの母音を区別して発音できているかを測る。

学習者の 2 つの母音を比較し、スコアを付ける。日本人が発音の区別を苦手とする 13 組 (表 3) について比較し、それぞれの組について 0 点から 1 点までのスコアを付け、13 点満点で評価する。

絶対スコア同様、スコア付けは母音間の距離を基にする。学習者の各母音の組み合わせに対して母音図上での距離を算出し、この距離を 0 点から 1 点までのスコアに変換する。絶対スコアとは逆に距離が遠ければ明確に区別して発音できているとして 1 点に近い点数に、距離が近ければ 0 点に近い点数に変換する。距離からスコアへの変換は絶対スコアでも使用したシグモイド関数 (図 10) を用いる。

5.2 母音図に基づく英語発音スコアとの比較

母音図に基づく英語発音スコアと音声の構造的表象における母音構造間距離との関連性を調べる。状態 P8 のスコアと状態 P1~P7 のスコアとの差を用いる。これは、構造的表象では母音構造自体を評価した値が存在せず、母音構造間の距離が存在するのみであるので、英語発音スコアも距離に変換する必要があるからである。

また、英語発音スコアには 1) 絶対スコアのみ、2) 相対スコア

表 3 相対スコアで評価する母音の組み合わせ

区分	母音の組み合わせ
/あ/に置換されやすい母音	/æ/↔/ʌ/, /æ/↔/ɑ/,
	/æ/↔/ɔ/, /æ/↔/ə/,
	/ʌ/↔/ɑ/, /ʌ/↔/ɔ/,
	/ʌ/↔/ə/, /ɑ/↔/ɔ/,
	/ɑ/↔/ə/, /ɔ/↔/ə/
/い/に置換されやすい母音	/i/↔/ɪ/
/う/に置換されやすい母音	/u/↔/ʊ/
/え/に置換されやすい母音	なし
/お/に置換されやすい母音	/ɑ/↔/ɔ/

アのみ, 3) 絶対スコア + 相対スコアの 3 通りの英語発音スコアを用いた。

96 種類 (12 話者 × 8 状態) の学習者発音に対して, 84 個 (12 話者 × 7 状態) の P8 基点の英語発音スコア距離が得られる。英語発音スコア距離と, P1~P7 と P8 の構造的表象における母音構造間距離を用いて, プロットを行った。結果を図 11~13 に示す。横軸は母音図に基づく英語発音スコアを, 縦軸は構造的表象における母音構造間距離を表す。相関係数は, 絶対スコアのみときは 0.410, 相対スコアのみときは 0.677, 絶対スコア + 相対スコアときは 0.670 となり, 相対スコアのみや絶対スコア + 相対スコアときは相関が確認された。なお, 12 話者すべてのデータを用いず, 各話者 (A~L) ごとに相関を取り, 相関係数を平均すると, 絶対スコアのみは 0.619, 相対スコアのみは 0.792, 絶対スコア + 相対スコアは 0.804 となった。

3 通りの英語発音スコアのうち, 相対スコアのみ場合は強い相関を示した。また, 絶対スコアのみ場合は他の 2 つに比べ, 弱い相関となった。構造的表象は相対的な関係のみに着目した表象であるので, これは理にかなった結果である。

6. ま と め

音声の構造的表象と調音音声学の関係について実験的に検討した。調音音声学で用いられる母音図を空間と見立て, 母音間距離を定義し, 様々な分析を試みた。

96 種類の母音構造を樹形図にして比較した結果, クラスタの結合順序は一部異なったものの, 母音構造間距離や母音間距離では強い相関が確認された。また, 母音図から英語発音スコアを算出し, 構造的表象における母音構造間距離と比較した結果, 良好な相関が確認された。

これにより, 音声の構造的表象と母音図表象には相関があることが実験的に示され, 実際の調音行動と音声の構造的表象に関連があることが間接的に示された。

今後, 音声学者の相関分析などを通し, より音声学者の評価戦略に近い自動評定を可能にすべく検討を行う予定である。

文 献

- [1] A. Neri, C. Cucchiari, and H. Strik, "Automatic speech recognition for second language learning: How and why it actually works," Proc. Int. Congress of Phonetic Sciences, pp.1157-1160, Aug 2003.
- [2] 峯松信明, 西村多寿子, 西成活裕, 櫻庭京子, "構造不変の定理とそれに基づく音声ゲシュタルトの導出," 信学技報, SP2005-12,

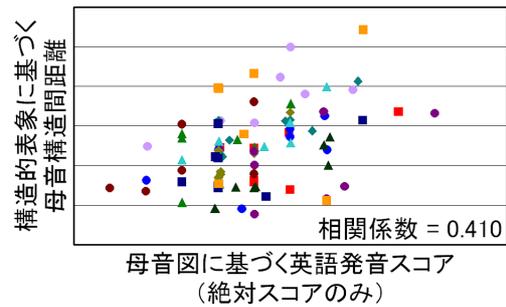


図 11 英語発音スコア (絶対スコアのみ) との相関

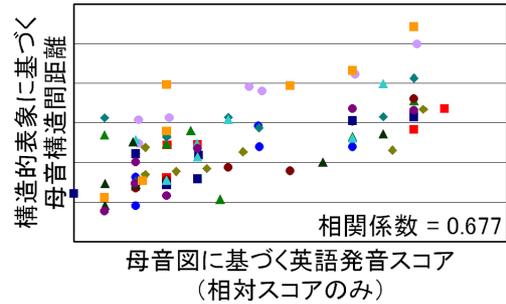


図 12 英語発音スコア (相対スコアのみ) との相関

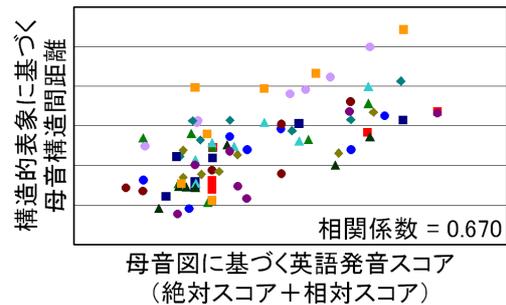


図 13 英語発音スコア (絶対スコア + 相対スコア) との相関

pp.1-8, May 2005.

- [3] 朝川智, 峯松信明, 広瀬啓吉, "発音の構造的表象に基づく学習者分類と発音教示生成," 信学技報, SP2005-156, pp.37-42, Jan 2006.
- [4] D.Reynolds and L.P.Heck, "Speaker verification:from research to reality," Proc. Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing, tutorial session, May 2001.
- [5] M. Pitz and H. Ney, "Vocal tract normalization equals linear transformation in cepstral space," IEEE Trans. Speech and Audio Processing, vol.13, pp.930-944, Sep 2005.
- [6] 江森正, 篠田浩一, "音声認識のための高速最尤推定を用いた声道長正規化," 信学論 (D-II), vol.J83-D-II, no.11, Nov 2000.
- [7] 峯松信明, 志甫淳, 村上隆夫, 丸山和孝, 広瀬啓吉, "音声の構造的表象とその距離尺度," 信学技報, SP2005-13, pp.9-12, May 2005.
- [8] N. Minematsu, S. Asakawa, and K. Hirose, "Structural representation of the pronunciation and its use for CALL," Proc. Int. Workshop on Spoken Language Technology, 2006, to appear.
- [9] 牧野武彦, "日本人のための英語音声学レッスン," 大修館書店, 2005.
- [10] 英語音声研究会, "大人の英語発音講座," NHK 出版, 2003.
- [11] 浅田幸善, Paul E. Davenport, 藤田崇夫, 牧野武彦, 宮井捷二, "グランドセンチュリー英和辞典 第 2 版," 三省堂, 2005.