

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330201

研究課題名(和文) カテゴリ化アルゴリズムと隠れマルコフモデルによる音声言語獲得の機能的モデル

研究課題名(英文) Functional Model of Acquisition of Spoken Language Using Categorical Algorithm and Hidden Markov Model

研究代表者

高良 富夫 (Takara, Tomio)

琉球大学・工学部・教授

研究者番号：70163326

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：話ことばを自分で獲得できる赤ん坊のようなコンピュータモデルを作った。母音の獲得は、音声のはっきりした部分をクラスタ化するものとしてモデル化した。単語の獲得は、隠れマルコフモデルのクラスタ化でモデル化した。子音は、2つの同じ母音系列の単語の音の異なる部分としてモデル化した。赤ん坊が自ら発声訓練をすることは、調音パラメータと遺伝的アルゴリズムでモデル化した。カテゴリ化アルゴリズムと隠れマルコフモデルを用いるとヒトの音声言語獲得のモデルが構成できることが示された。

研究成果の概要(英文)：We constructed a computer model simulating a baby which can acquire spoken language by itself. Acquisition of vowels is modeled as a clustering of clear parts of speech. Acquisition of words is modeled as a clustering of the hidden Markov model. Consonants are modeled as the different sound part of two words which has the same vowel sequences. Self-training of speech by a baby is modeled by articulatory parameters and the genetic algorithm. It was shown that we can construct a human acquisition model of spoken language if we use the categorical algorithm and the hidden Markov model.

研究分野：知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：隠れマルコフモデル クラスタ化 言語獲得 モデル 音声模倣

1. 研究開始当初の背景

言語獲得モデルに関するこれまでの研究は、主として文字言語の獲得に関するものであった。また、音声言語の獲得に関する研究では、音声信号中からの単語の抽出や音素の獲得を取り扱うものであった。また、ロボットの言語獲得の研究もあるが、本研究は、音素の獲得から単語と簡単な文の獲得まで、ヒトの乳児の言語獲得過程に関する言語心理学の知見と認知言語学のカテゴリ化の原理を基本にするとところに特色がある。

通常のパターン認識研究分野で研究されている単語音声認識と本研究における音声単語の獲得との違いは、後者では、尤度だけでなく、単語の事前確率をも推定しなければならないことである。またヒトの幼児は音声の特徴パラメータの統計的性質だけを利用して音素の区別ができるようになると言われている。このようなことが、果たして隠れマルコフモデルや教師なし学習のアルゴリズムで実現可能であるかどうかを明らかにすることも本研究の課題である。

本研究は、日本心理学会(1995年)で言語の獲得を心理学、言語学、脳科学、認知科学の観点から検討するシンポジウムが開催された際、研究代表者が認知科学・パターン情報処理の観点を代表して講演したことをきっかけに始まった。文字言語における言語獲得モデルの成果を達成した他の研究者もこのシンポジウムの共同講演者であった。また、そのころ、研究代表者は、音声自動認識の研究において、よりよい単語音響モデルの自動獲得のため、隠れマルコフモデルと遺伝的アルゴリズムを組み合わせた方法を提案した。本研究は、この研究をさらに進展させたものである。

2. 研究の目的

人間の言語獲得の計算論的モデルが提案されている。これらは、あいまい性のない物理世界のモデルと文字言語を対象にしたものである。しかし、多様であいまい性のある現実の物理的世界と言語とを対応づけるといふ言語の根本的な機能は、乳児期における音声言語の獲得の中で達成されていると考えられる。そこで、あいまいな世界において言語を獲得できる計算論的モデルの検討が必要である。我々は、まず、ロボットの簡単な世界における音声命令を例にして、音声言語の獲得の機能をモデル化し、動作させる。本研究では、乳児の音声言語獲得の機能を、できるだけその過程に沿って、認知言語学のカテゴリ化の原理に基づいて、アルゴリズムと情報表現のレベルで模擬する。そして、その結果と言語学的知見とを照合し、モデルの適合性を検討する。

3. 研究の方法

音声言語の形式を音素・単語・文に分ける。乳児は、母国語の音声にさらされているだけ

で母国語の重要な音素を獲得すると言われている。また単語を発声するまでの間に、いくつかの単語の意味は獲得している。従って、音声言語の獲得のモデルでは、まず基本音素としての原始的な母音を獲得する。これは、母親の言葉に特徴的な、はっきりした音声の部分をクラスタ化することとしてモデル化する。次にいくつかの単語を獲得する。これは、隠れマルコフモデルのクラスタ化としてモデル化する。単語の獲得と並行して音節を獲得し、その結果として子音を獲得する。これは、母音の特徴パラメータだけで表現された単語の音の違いを手がかりとするようにモデル化する。乳児が自ら発声訓練をすることにより調音結合の正規化を獲得することは、主成分分析により得た調音パラメータと遺伝的アルゴリズムでモデル化する。

4. 研究成果

(1) 音声の特徴パラメータ空間における統計的性質から、乳児は、そのプロトタイプを自分で捉え、これを母音の音素として獲得していると考えられている。プロトタイプとは少し違った音でも正しく聞き分けられるのは、似ている音を同一の音素として捉えているからである。言い換えると、特徴にばらつきのある音素をプロトタイプに引き寄せ「知覚的マグネット効果(perceptual magnet effect)」が存在する。「知覚的マグネット効果」を工学的にモデル化するためには、音声の特徴パラメータ空間における各特徴点が、磁力の中心として周りの特徴点を自分自身に引き寄せればよい。図1にマグネット効果を実行する前の分布、図2に実行後の分布を示す。ここにマグネット効果が表れている。

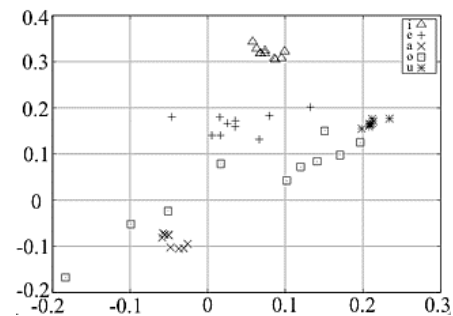


図1 マグネット効果実行前

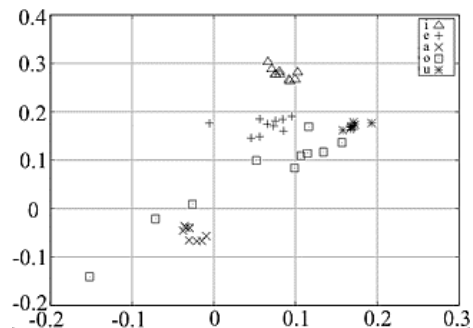


図2 マグネット効果実行後

(2)同じ母音系列の単語間で最も距離が大きいフレームのコードベクトルを発見し、そのベクトルを子音のプロトタイプベクトルとみなすことで子音の獲得をするモデルを提案した。ランダムに選択したベクトルを追加したコードブックを用いる方法と比較した。抽出されたフレームの前後のフレームや複数のベクトルをコードベクトルとする方法について検討した。

まず、DP マッチングを行い、ここで抽出された一つの子音のフレーム付近の数フレームの特徴ベクトルを平均し、コードベクトルに追加する。また、DP マッチングで検出した一つのベクトルを追加した場合、複数の単語から得た子音部ベクトルを追加した場合、コードブックサイズ 64 のコードブックから無作為に選択したコードベクトルを追加した場合についても実験した。

単語獲得実験の結果、本方法は、ランダムにコードベクトルを抽出する方法より有効であることが示された。検出されたフレームのみをコードベクトルにした場合と、付近を平均したコードベクトルを追加した場合とを比較すると、平均したほうが認識率は悪くなった。3つの単語から得た子音部ベクトルを追加した場合に最も良い結果を得た。

(3)これまで母音の獲得を基にするため、スペクトルの静的パラメータを使用していた。このため、子音の獲得には十分な効果が得られなかったと考えられる。そこで、子音の動的特徴をコードに取り込むため、デルタパラメータを使用する方法について検討した。

実験の結果を図3に示す。図の左には、スペクトルパラメータの次元、次にデルタパラメータの次元を示してある。デルタパラメータを使用したコードブックでは、従来法(2-9; なし)に比較して認識率が高くなり、(2-5; 2-5)で最も高いことが分る。これにより子音獲得では動的パラメータの使用が有効であることがわかった。

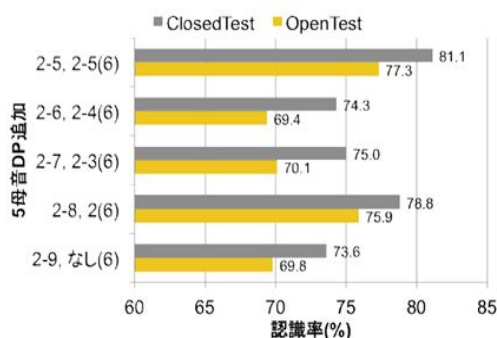


図3 動的パラメータを使用した単語獲得実験の結果

(4)孤立母音のスペクトル空間を張る座標軸で、言語音としての音声の特徴を表現する方法について検討した。少数の主成分で再構成されたスペクトルを用いて単語音声を合成

し、聴取実験によりパラメータの品質と効率を評価した。

比較のため、低次のケプストラム係数だけを用いた合成音声も作成した。聴取実験方法としては一対比較法を用いた。被験者には「日本語としてははっきり聞こえるもの」を選択させた。単語は5つ、パラメータの次数は3次、5次、7次とした。聴取実験結果を図4に示す。この結果から、主成分を用いる方法の音声品質は、3次でも、ケプストラムの7次の音声より良いことが分かる。これにより、提案法の有効性が示された。

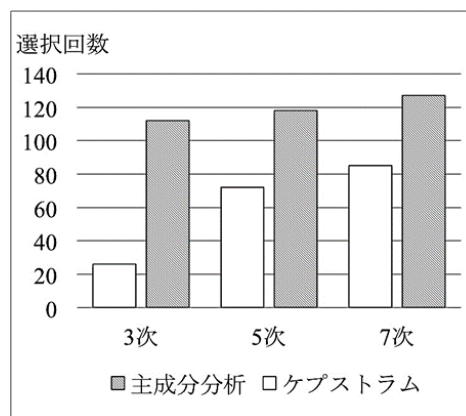


図4 主成分分析法による聴取実験の結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 8件)

T. Takara, A. Higa, S. Yamashiro, T. Ooishi and R. Kawamitsu, Speech Synthesis Method using Principal Components in Spectral Space of Vowels, 査読あり, 10.3850/978-981-09-7961-4_P12000057, 12th Western Pacific, Acoustics Conference 2015, 6-9 December 2015, <http://wespac2015singapore.com/eproceedings/html/P12000057.xml>

高良富夫, 比嘉明周, 母音空間の主成分を用いるスペクトル変換の検討, 査読なし, 日本音響学会講演論文集, 3-Q-45, pp. 391 - 392, 2015年9月

高良富夫, 川満涼子, 中松正志, 宮里太也, 琉球語の連続音声の中の母音長 日本語および韓国語との比較, 査読なし, 日本音響学会講演論文集, 3-Q-40, pp. 381 - 382, 2015年9月

高良富夫, 山城駿佑, 大石節, 母音スペクトル空間上の主成分を用いる音声合成の検討, 査読なし, 日本音響学会講演論文集, 2-Q-34, pp. 379 - 380, 2015年3月

高良富夫, 松茂良滉, 宮平雄介, 音素獲得モデルにおけるマグネット効果の検討, 査読なし, 日本音響学会講演論文集, 1-P-16, pp. 145 - 146, 2015年3月

高良富夫, 平良優香里, 松茂良滉, 河野卓

也，音素獲得モデルにおけるスペクトルパラメータの検討，査読なし，日本音響学会講演論文集，1-R-8，pp. 75 - 7，2014年9月

高良 富夫，金高 恭平，平良 優香里，音声単語の獲得モデルにおける特徴パラメータの検討，査読なし，日本音響学会講演論文集，3-Q5-17，pp. 231 - 232，2014年3月

高良富夫，狩俣勇斗，高江洲昌喬，玉城淑紀，多様なアクセント型を設定できる規則音声合成システムの検討，査読なし，日本音響学会講演論文集，1-P-25a，pp. 353 - 354，2013年9月

〔学会発表〕(計 8件)

T. Takara, A. Higa, S. Yamashiro, T. Ooishi and R. Kawamitsu, Speech Synthesis Method using Principal Components in Spectral Space of Vowels, 10.3850/978-981-09-7961-4_P12000057, 12th Western Pacific, Acoustics Conference 2015, 6-9 December 2015, Singapore

高良富夫，比嘉明周，母音空間の主成分を用いるスペクトル変換の検討，日本音響学会，2015年9月16日-18日，会津大学（会津若松市）

高良富夫，川満涼子，中松正志，宮里太也，琉球語の連続音声中の母音長 日本語および韓国語との比較，日本音響学会，2015年9月16日-18日，会津大学（会津若松市）

高良富夫，山城駿佑，大石節，母音スペクトル空間上の主成分を用いる音声合成の検討，日本音響学会 2015年3月16日-18日，中央大学理工学部（東京）

高良富夫，松茂良滉，宮平雄介，音素獲得モデルにおけるマグネット効果の検討，日本音響学会，2015年3月16日-18日，中央大学理工学部（東京）

高良富夫，平良優香里，松茂良滉，河野卓也，音素獲得モデルにおけるスペクトルパラメータの検討，日本音響学会，2014年9月3日-5日，北海学園大学（札幌市）

高良 富夫，金高 恭平，平良 優香里，音声単語の獲得モデルにおける特徴パラメータの検討，日本音響学会，2014年3月10日-12日，日本大学理工学部（東京）

高良富夫，狩俣勇斗，高江洲昌喬，玉城淑紀，多様なアクセント型を設定できる規則音声合成システムの検討，日本音響学会，2013年9月25日-27日，豊橋技術科学大学（豊橋市）

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：

種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高良 富夫 (TAKARA Tomio)

琉球大学・工学部・教授

研究者番号：70163326

(2) 研究分担者

伊波 靖 (IHA Yasushi)

国立沖縄高等専門学校・教授

研究者番号：60390564

(3) 連携研究者

()

研究者番号：