

聴覚特性を模擬するフィルターを用いた音韻意識形成のモデルベース支援に関する検証

Preliminary validation of a model-based support for phonological awareness formation using filters to simulate auditory sensory issues

西川 純平[†], 森田 純哉[†]

Jumpei Nishikawa, Morita Junya

[†] 静岡大学

Sizuoka University

nishikawa.jumpei.16@shizuoka.ac.jp

概要

音声の認識を支える音韻意識が未熟なとき様々な発話の誤りが表れる。本研究は、個人に対応づけた認知モデルを用いて個人の誤りパターンを推定するシステムを提案する。本稿では、成人を対象とし、音声フィルタにより音韻処理に困難のある子どもを模擬する設定で予備的検証を行なった。結果として、特定の音声フィルタ下のモデル選好に参加者間で一貫性があることが示された。これは提案手法による音韻意識推定の可能性を示唆する。

キーワード: 認知モデル, 音韻意識, モーラ, ACT-R, 支援システム

1. はじめに

言語は、人と人とのコミュニケーションに大きな役割を果たす。言語の発達過程において子どもはさまざまな困難に直面する。顕著な例は音素の分節化に見られる。子どもは、言語発達の初期において、音声を連続したものとして知覚し [6], 音節やモーラなどさまざまな単位 (記号) で分割する可能性を持つ。そして発達するにつれ、母語が規定する単位の系列 (日本語であればモーラ) を処理するシステムへと収束していく。

発達心理学や言語聴覚療法の分野では、この発達の一部は、音韻意識と呼ばれる能力に支えられるとされる [11]。これは言語で使用される音声における音素やリズムなど音韻的側面へ注意が向けられるようになる能力を指す [7]。言語発達の過程で起こる言葉の誤りの中には、その言語の音韻意識の形成が不十分なために起こると考えられるものも確認されている [14]。また、自閉症児においては、音素の習得が全体的に遅れる例や、一部が使用できないという例も存在する [3, 9]。このような発達における個人差の大きい能力の形成をう

まく支援するためには、その子ども個人の認知特性に配慮し、これまでの知見に基づいた方法による支援を行うことが重要である [15]。

本研究では、音韻意識の形成を支援するシステムを提案する。支援システムには、人の内部プロセスに対応するモデルを組み込む。モデルは、音韻意識の形成過程で見られる発話の誤りを表現する。モデル構築のために、認知アーキテクチャ ACT-R [1] が有する機能を利用する。ここでは、音韻意識を ACT-R に実装される一般的な記憶検索の仕組みと対応づけることでモデル化する (ACT-R の解説として [8, 13])。

ACT-R を用いたモデルで、音韻意識が形成されていく過程とそのメカニズムを表現し、モデルを内部にもつシステムを活用することにより、個人の音韻意識が推定可能であるか検討する。とくに、本稿においては、言語発達過程で困難を持つ子どもを対象としたシステムの評価実験に先立って、成人を対象とした予備実験を実施し、モデルの選好について調査する。

2. 関連研究

本節ではまず、支援システム構築のための材料として、音韻認識に関する臨床の現場からの報告と、過去の実験心理学的研究を紹介する。次に、人間の認知過程を理解し説明する方法としての認知モデルと認知アーキテクチャ、そして認知モデルを応用した支援システムを紹介する。

2.1 音韻意識に関する研究

音韻意識の形成については、臨床の現場からの報告と、実験的な手法による調査が複数存在する。言語聴覚療法の臨床の現場からは、子供が特定のモーラを混同するケースが報告されている。たとえば 2, 3 歳前

後の幼児は、子音の/r/と/d/を含むモーラや/s/と/sj/を含むモーラを混同する傾向があることが報告されている [7]。この誤発話は、4, 5 歳頃になると軽減される。一方で、このような音韻弁別が遅れるケースもある。言語聴覚療法士の教科書 [5] では、発達障害のある子どもは母音と同じ母音を持つ母音-子音の組み合わせ（たとえば「あ」と「か」）を区別することが困難であると報告されている。

高橋 [12] は、定型発達の子どもを対象とした横断的な発達心理学的実験を通して、音韻意識形成の段階を、しりとりができるようになる条件と絡めて検討している。この研究では、しりとりをするためには、音をモーラに分割する能力とモーラによる索引が付与された心的辞書が必要であること、この心的辞書の獲得のためには仮名文字の習得が有効であることが示されている。これらの結果は、しりとりを実施するには、モーラに注意を払う音韻意識が必要であり、その能力を獲得するためには、音に対応する視覚的補助（仮名文字の提示など）による強化が必要であることを示唆する。

ここまでで紹介した研究を踏まえて、本研究で開発する支援システムの課題として、しりとりを設定する。しりどりの処理の中でも、単語から語尾音を切り出す、語頭音により単語を検索するといった操作を行う能力に着目して、音韻意識形成の過程を検討する。

2.2 認知モデリング

人の内的なメカニズムや認知プロセスを理解し、説明・予測するための方法のひとつに、認知モデリングというアプローチがある。認知モデリングでは、計算機上に、人の課題遂行に近似するモデル（認知モデル）を構築し、シミュレーション中の認知モデルのふるまいや内部状態から、人の課題遂行中の認知プロセス、内部状態を推測する。認知モデリングの基盤として認知アーキテクチャと呼ばれるフレームワークが整備されている。本研究では、認知アーキテクチャの中でも ACT-R (Adaptive Control of Thought - Rational) [1] を利用する。ACT-R の構造は複数のモジュールを持つプロダクションシステムとして表現される。各モジュールの動作を規定する様々なパラメータが存在し、個人のモデル化を容易にしている。

著者らは、音韻意識の形成過程における人の内部プロセスに着目し認知モデルを構築してきた [10, 17]。この研究では、ACT-R に実装される一般的な記憶のメカニズムを、音韻意識と対応づけてモデル化してい

る。とくにモデルが保持する音韻の知識に関して、知識間の類似度を設定することにより、音を取り違える誤りを起こす未熟な音韻意識を再現した。また、個別の誤りのパターンや個人への対応づけが容易となるよう操作するパラメータとして複数の生得的要因の設定（モーラ間の類似度をまとめたテーブルの計算方法）と、言語コミュニティにおける経験によって変化することを想定した生得的要因の影響度の大きさに着目している。

認知モデルは、人の認知プロセスを理解し、説明・予測するという志向から、学習やメンタルヘルスなどいくつかの場面における支援システムにも応用されている。たとえば、Anderson らによる ITS (Intelligent Tutoring System) [2] は、幾何学の証明や LISP プログラミングに関して、学習者とシステムが保持するモデルを対応づける。モデルの行動ログから失敗や混乱を検出し、学習支援につなげている。森田らによるモデルベース回想法 [16] では、認知症患者への既存のメンタルヘルスクエアの手法の 1 つである回想法を拡張している。回想法のための写真スライドショーシステムに、利用者個人に対応づけた認知モデルを組み込むことで、適切な回想のガイドを試みている。

これらを踏まえて、本研究においても ACT-R を基盤に認知モデルを構築し、個別化する。それらの認知モデルを含む支援システムを開発し、その実現性を検討する。

3. 個別化認知モデルを用いた音韻意識形成支援システム

本節では、音韻意識形成支援のためのシステムについて述べる。図 1 に、提案システムの概観を示す。システムは、利用者の音韻意識推定・形成支援のために、内部に複数の認知モデルをもつ。システム内部のモデルはシステムは課題を通して利用者の反応に応じたモデルを選択・更新することで利用者の音韻意識を推定する。モデルの尤度（利用者の認知プロセスの表現としての尤もらしさ）を円の大きさに対応づけて示している。

これから、音韻意識の認知モデルについて述べる。その後、システムのユーザインタフェースを示し、システムの動作を述べる。

3.1 音韻意識の個別化認知モデル

この節では、音韻意識推定のためにシステムが持つ、ACT-R 上に構築したモデルについて述べる。本

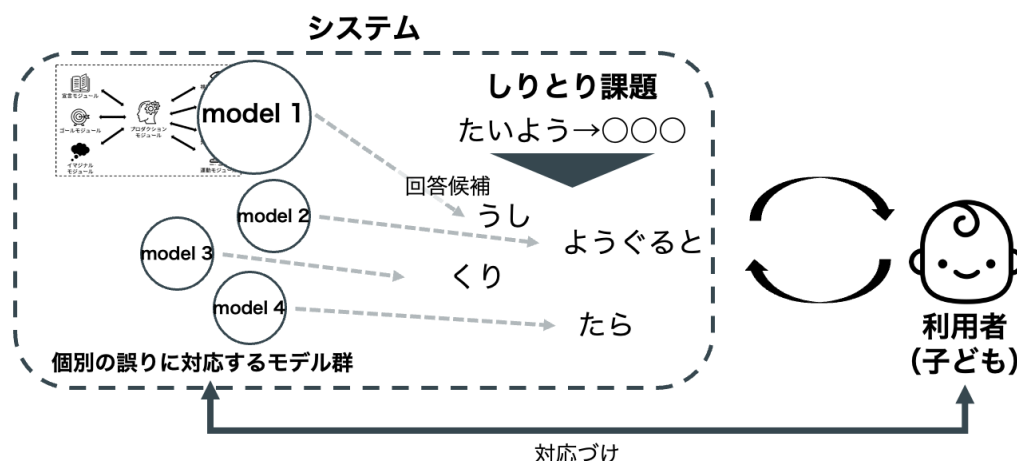


図 1: システムの概観

システムでは、先行研究 [10, 17] で構築された音韻意識モデルを、システムに組み込むために拡張して用いる¹。音韻意識モデルは ACT-R に実装される一般的な記憶検索のメカニズムを用いて音韻意識を表現している。このモデルを基本として、さまざまな誤りを引き起こす未熟な音韻意識に対応づけるために複数の個別化モデルを構築する。

個別化モデルを構築するために操作する要素のひとつは、モーラ間の類似度計算方法（類似度テーブルの定義）である。計算結果をまとめた類似度テーブルごとに複数のモデルを構築する。また、類似度テーブルの影響の大きさに対応する係数（ACT-R において P で表される）の値を操作する。類似度テーブルと係数 P の違いにより、特定のモーラ間の類似度を高く設定されることで、ラ行とダ行の混同、子音脱落など実際に観察されている現象に対応づけることが可能になると考えられる。

3.2 音韻意識形成支援システム

この節では、前節のモデルを組み込んだ音韻意識形成支援システムについて述べる。システムのユーザインタフェースとシステム利用者に課すタスクについて説明したのち、システムの動作について述べる。

3.2.1 ユーザインタフェースとタスク

図 2 は提案システムのユーザインタフェースを示す。本システムにおいては、2.1 節で示した音韻意識

に関する研究 [12] を参考に、単語選択制のしりとりをタスクとして設定する。利用者は、システムが提示する複数の回答候補から適切な単語を選択することでしりとりで回答する。この回答形式は、音韻意識に関する調査 ([12] など) で用いられたしりとりを参考にしている。

提案システムでは、しりとりの問題となる単語、回答候補および回答のためのボタンが Web ブラウザ上に表示されている (図 2)。ここで、画面上では問題・回答候補の表示に文字を使用しない。画面上には問題となる単語に対応するスピーカーアイコンや回答候補に対応する吹き出しを表示し、利用者への提示には音声合成ソフトによる単語の読み上げを用いる。利用者は、アイコン・吹き出しをクリックし、再生された音声を手がかりとして回答を選択する。回答された単語に相当する文字列は履歴欄に文字が表示される。これを見ることで、利用者は回答が適切だったかを判断することができる。

利用者が課題を遂行する手順を以下に挙げる。

1. システム利用者に、問題となる単語が音声で提示される。
 2. モデル群が、問題に対する回答を生成し、選択肢（回答候補）として提示する。
 3. 利用者は、提示された回答候補から、適切なものを選択し、自らの回答とする。
 4. 選ばれた回答を次の問題とし、1. からくり返す。
- また、システム内のモデルは未熟な音韻意識に対応づけられるため、モデルの回答（利用者に提示される選択肢）には、しりとりとして成立していない単語も含まれる。誤った回答候補の選びやすさから、利用者の音韻意識（対応づけられるモデル）を推測する。

¹本稿では支援システムの提示が目的であるため、個別化認知モデルを実現するためのモデルの特徴のみを示す。モデルの内部の詳細はこれらの文献を参照されたい。



図 2: システムのユーザインタフェース。図はしりとり 4 回目の単語として緑色のモデルが出力した候補を選択した状態を示す。

3.2.2 システムの動作

システムは、以下の 2 段階で動作する。

1. システムに含まれるモデルとの対応づけにより、利用者の音韻意識の状態を**推定**し、
2. 推定された音韻意識に基づいて、その利用者に有効だと考えられる**支援**を行う。

以下でそれぞれの段階での動作を説明する。

推定 図 3 にシステムが利用者の音韻意識を推定する際の動作を示す。

1. まず、システムは実験ウィンドウから音声を再生することで、システム内のモデル群およびシステム利用者に開始単語（図 3①、図 2 においては「せみぶる」）を提示する。
2. 各モデルは開始単語を確認すると（図 3②）、その語尾を認識し、しりどりのルールに則って単語を回答する（図 3③）。

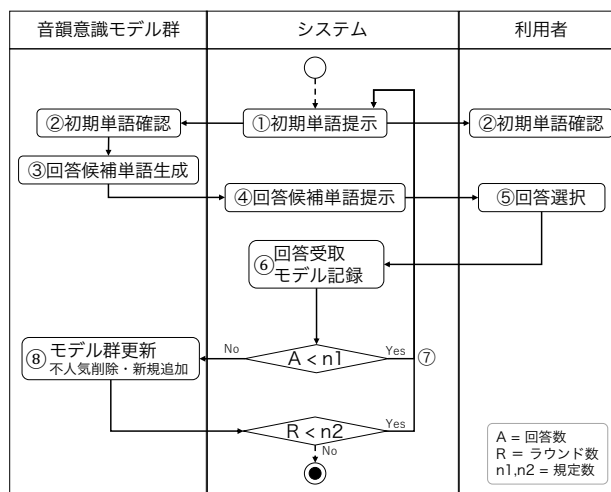


図 3: 提案システムの動作

3. モデルが回答した単語は、実験ウィンドウに表示（図 3④）され、システム利用者が回答するための選択肢となる。
4. システムの利用者は、開始単語及び回答候補単語をもとに、適切だと思ふ単語を回答（選択）する（図 3⑤）。ここで、単語を選択するとは、その単語を生成したモデルを選択することと等しい。
5. システムは、利用者の回答を受け取ると、選択された回答候補を生成したモデルを記録する（図 3⑥）。
6. 一連の処理のあと、利用者の回答を次の開始単語とし、繰り返ししりとりを行う（図 3⑦）。

以上の処理を数回繰り返し 1 ラウンドとする。1 ラウンドが終了した後に、システムは回答候補を提示するモデルを入れ替える（図 3⑧）。ラウンド中に集計された回答（選択）の数から、被選択数が最も少なかったモデルを削除し、最も選択されたモデルのパラメータを引き継ぎつつ一部調整した設定の新規モデルを追加する。調整するパラメータは、3.1 節で述べたように、類似度テーブルおよび類似度の影響度 P である。たとえば、図 1 において、model 4 を削除し、model 1 と同一の類似度テーブルで、 P をやや小さく設定した model 5 を追加するというような入れ替えを行う。この入替を繰り返すことで、利用者の音韻意識に対応づけられたモデルのパラメータを推定する。

支援 利用者の音韻意識に対応づけられたモデルのパラメータが推定された後、システムはそのモデルを用いて音韻意識の形成を支援する。推定に基づいて難易度を調整することでしりとり課題の継続を促し、音韻意識形成の支援を図る。具体的な難易度調整には、そ

の利用者が答えられるであろう問題の割合を調整すること、その利用者にとってまぎらわしくない選択肢を提示することを想定している。また、先行研究 [4] の報告から、子どもがある単語を処理可能かどうか、その単語のモーラ数が影響することもわかっている。このことから、システムの提示する単語の長さを制限するという補助も検討している。

4. ケーススタディ

本節では、構築したシステムを用いて行った予備実験について述べる。本システムは、本来、音韻処理に困難を持つ子どもの学習支援を志向するものである。ただし本稿では、予備的に成人を対象とした実験について報告する。

4.1 目的

個別・個人に適応した認知モデルを内部にもつシステムが、利用者の音韻意識を推定し、音韻意識形成の支援に有効であるかの評価が目的である。この実験においては、参加者募集のコストの観点から、音韻処理に困難のある子どもを対象とするに先立つ予備的検証として、成人を対象とする。システムの出力（モデルが提案する単語）に音声フィルタをかけることで、音韻処理（特に聞き取り）に困難のある子どもの状態を模擬することを想定する。以上の目的のために、単語選択制のしりとり課題において、選択肢に音声フィルタをかけるとき、異なるフィルタによって好まれる回答（モデル）に差が生じるという仮説を検証する。

4.2 方法

4.2.1 実験デザイン

本節で述べる予備実験では、単語選択制しりとり課題中のモデルの嗜好を調べるために、モデル 4 水準 × フィルタ 2 水準の条件下で参加者の行動を比較した (2 要因参加者内計画)。それぞれの条件について以下の節で述べる。

モデルの設定 本実験では、システム内に、4 体のモデル (4 水準) を用意した。モーラ間の類似度の異なる計算方法による 2 種類の類似度テーブル (母音-子音連結テーブル, 母音-子音平均テーブル) と、類似度の影響の大きさ 2 通り (係数 $P = 10, 30$) からなる 4 水準のモデルを用意した。表 1 にモデルの設定をま

とめる。また、この後は各モデルを指すために表中の各セルに示される呼称を用いる。

ここで、本実験は予備的検証を目的とするため、3.2.2 節で述べたようなシステム利用中のモデルの更新 (パラメータ変更とモデルの入替) を行わない。つまり、システム動作による利用者へのフィッティング (図 3 の「⑦モデル群更新」) は行わず、静的な個別化モデルに対する嗜好を評価する。

システムの出力と音声フィルタ 本実験では、成人を対象として、音韻の処理において困難を抱える子どもの状態 (個人特性) を模擬するため、システムの出力 (音声) にフィルタをかける。具体的にはまず、システムが出力する音声を仮想オーディオデバイス BlackHole を通してオーディオソフト GarageBand に入力する。GarageBand に入力された音声にエフェクト (Voice Transformer) を用い、大きくフォルマントシフトの操作をすることで歪ませ、音の聞き取りにくさを再現する。エフェクトがかけられた音声は GarageBand のモニタ機能から BlackHole を通し、スピーカーから出力された。Voice Transformer の Formant つまみ²を +10, -10 に設定する 2 水準で参加者の行動を比較する。

4.2.2 実験参加者

静岡大学情報学部生および大学院情報学専攻の計 2 名 (男性 1 名, 女性 1 名) の参加者について実験を行った。このあと、実験参加者 2 名をそれぞれ参加者 A, 参加者 B とし、実験設定について示していく。

4.2.3 使用機材

ノート PC のディスプレイにシステムを表示し、内蔵のタッチパッドによって操作した。システムの音声出力には Google Cloud Text-to-Speech API を用い、4.2.1 節の通りソフトウェアを用いて音声フィルタの設定した。また、実験終了後に事後アンケートに回答した。

4.2.4 実験手続き

本実験の流れを表 2 で示す。実験概要説明 5 分, しりとり課題 2 回 (1 回 25 分), 事後アンケート 5 分, 途中休憩 5 分, 計 1 時間 5 分である。

²Formant つまみは、音声の中の倍音構成を変化させることで声質を操作する。また、過度な調整を加えると音声に歪みが発生する。

表 1: 個別化モデルの設定と呼称

	母音-子音連結テーブル	母音-子音平均テーブル
類似度係数 $P = 10$	P10-SIM1	P10-SIM2
類似度係数 $P = 30$	P30-SIM1	P30-SIM2

表 2: 実験の流れと参加者ごとの条件

	参加者 A	参加者 B
実験概要説明 (5分)		
しりとり課題 1 (25分)	+10 条件	-10 条件
休憩 (5分)		
しりとり課題 2 (25分)	-10 条件	+10 条件
事後アンケート (5分)		

まず、実験参加者をシステムが表示されたディスプレイの前に座らせ、実験目的とシステムの利用方法を口頭で説明した。説明の終了後、実験について不明な点が無いことを確認して、しりとり課題を実施した。各条件に1回のしりとり課題を25分間とし、計2回のしりとり課題終了後、事後アンケートに回答させた。2回のしりとり課題は、音声フィルタの設定が異なり、参加者 A に対しては +10 条件、-10 条件の順で、参加者 B は -10 条件、+10 条件の順で実施された。

4.3 結果

参加者がどのモデルの提示した回答を選んだのかを集計し、音声フィルタの影響を分析する。図 4a に、参加者が誤った単語を選択した際に、その選択肢を提示したモデルごとの被選択回数を集計した。つまり、各条件において、参加者が選んだ回答がどのモデルの提示した回答だったのかを、とくに誤答したときに着目して積み上げグラフとして示している。図 4b は、図 4a で示したモデルの被選択回数を条件ごとの列とし、各条件についての相関を算出したものである。この図より、+10 条件において参加者間に有意な相関 ($r = 0.97, p < .05$) が観察される。他の条件間では有意な相関は認められない。つまり、+10 のフィルタ下では、参加者間で選択肢の選ばれやすいモデル・選ばれにくいモデルが一致することが示唆される。

4.4 考察

この予備実験では、システムの出力（モデルが提案する単語）に音声フィルタをかけることで、音韻処理

（特に聞き取り）に困難のある子どもの状態を模擬することを想定し、異なるフィルタ（個人差）によって好まれる回答（モデル）に差が生じるという仮説を検証した。このために、モデル 4 水準 × フィルタ 2 水準の条件下で参加者の行動を比較した

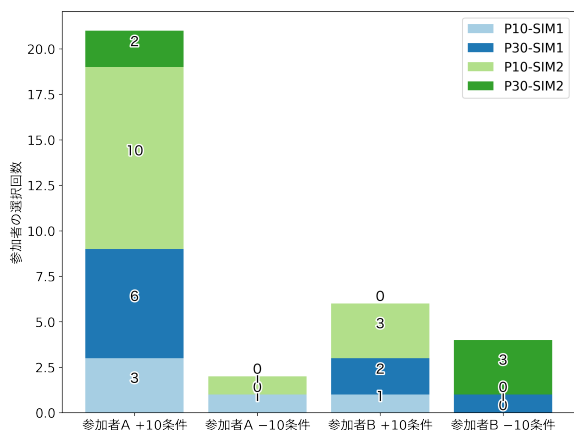
とくに、4.3 節の結果で、図 4b において、参加者間の +10 条件にのみ有意な相関が見られ、他の組み合わせでは有意な相関が認められなかった。つまり、+10 フィルタがかけられているときには、参加者の間で、選びやすいモデル・選びにくいモデルがある程度一致していると考えられる。よって、本研究の仮説である、音声フィルタの特性によって好まれる回答（モデル）に差が生じることに一定の妥当性が得られた。

5. まとめと今後

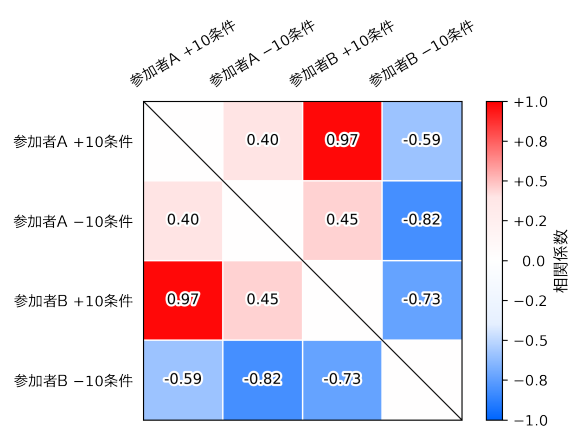
本研究では、音韻意識の形成を支援するシステムを提案した。個別の誤りのパターン・個人に適応した認知モデルを内部にもつシステムが、利用者の音韻意識を推定し、音韻意識形成の支援に有効であるか検証することが目的であった。しりとりを行う認知モデルを用意し、参加者に単語選択制のしりとりを課した。参加者がモデルの提案する単語を繰り返し選択する中で、参加者の持つ音韻意識に似た構造のモデルを推定する。

この目的のため、本稿では、音韻処理に困難のある子どもを対象とする前段階として、成人を対象とした予備的検証を行なった。システムの出力（モデルが提案する単語）に音声フィルタをかけることで、音韻処理（特に聞き取り）に困難のある子どもの状態を模擬することを想定した。この予備実験では、単語選択制のしりとり課題において、選択肢に音声フィルタをかけるとき、異なるフィルタによって好まれる回答（モデル）に差が生じるという仮説を検証した。参加者 2 名を対象とした予備実験において、特定の音声フィルタを使用したとき、参加者間に一貫して誤った（しりとりとして適切でない）選択として選ばれやすいモデル・選ばれにくいモデルが存在することが示唆された。予備実験の仮説には一定の妥当性が得られたと言える。

本研究に対して、多くの課題が残されている。まず、



(a) 参加者の誤答回数を、その選択肢を提案したモデルの被選択回数として集計。



(b) 誤答時モデル被選択回数の条件間の相関. 図4aに示したモデル被選択回数を条件ごとの列とした相関行列.

図4: 参加者が誤答時に選択したモデルの傾向

ケーススタディの結果は更なる分析が必要である. 本稿では, しり通りの誤答に着目した回答数とモデル選択頻度のみを対象として分析しており, 統計的手法を用いた検定により厳密に影響を確かめる必要がある. このためには, 同様の設定でより多くの参加者を募集し追加実験を行う必要がある. また, 音声フィルタの設定について検討の余地がある. 今回は, 既製ソフトウェアのパラメータ設定により音の歪みをフィルタとして用いた. これに対し, 困難を抱える子どもの特性を再現する研究は存在する. たとえば, 定型発達者が自閉スペクトラム症の特異な知覚を体験するためのシミュレータが開発されている [18]. このような知見を参考に, 仮説に基づいてシステム出力を変更するフィルタを作成することで, より現実の困難に対応づいた検証が可能になる. 今回除外したモデルの推定・更新を含めた動的条件での実験も必要である. 十分な予備実験を行いシステムが完成したのち, 本来対象とする音韻意識に問題のある子どもを参加者として募集し評価実験を行う.

文献

[1] Anderson, John R, (2007) “How can the human mind occur in the physical universe?”: Oxford University Press.
 [2] Anderson, John R, Boyle, C Franklin, and Reiser, Brian J, (1985) “Intelligent tutoring systems,” Science, Vol. 228, No. 4698, pp. 456–462.
 [3] Grandin, Temple and Panek, Richard, (2013) “The autistic brain: Thinking across the spectrum”: Houghton Mifflin Harcourt.

[4] 原恵子, (2001) “健常児における音韻意識の発達”, 聴能言語学研究, Vol. 18, No. 1, pp.10–18.
 [5] 大石敬子, (2016) “評価” 石田宏代・石坂郁代 (編) “言語聴覚士のための言語発達障害学”, 医歯薬出版, 第2版, 第4章, pp.77–117.
 [6] 梶川祥世, (2002) “子どもの音声習得”, 言語, Vol. 31, No. 11, pp.42–49.
 [7] 小林はるよ, (2018) “音韻意識の形成と言葉の発達—『言葉が遅い』を考える—”, こだま出版.
 [8] 森田純哉, (2020) “機械学習時代における認知的学習モデルの役割—ACT-Rによる学習モデルの事例と支援システムへの搭載—”, 人工知能, Vol. 35, No. 2, pp.223–232.
 [9] 麦谷綾子・保前文高・廣谷定男・佐藤裕・白勢彩子・田中章浩・山本寿子・梶川祥世・今泉敏・立入哉, (2019) “こどもの音声”, 音響サイエンスシリーズ, No. 21, コロナ社.
 [10] Nishikawa, Jumpei and Morita, Junya, (2022) “Cognitive model of phonological awareness focusing on errors and formation process through Shiritori,” Advanced Robotics, Vol. 36, No. 5-6, pp. 318-331.
 [11] Stahl, Steven A and Murray, Bruce A, (1994) “Defining phonological awareness and its relationship to early reading,,” Journal of educational Psychology, Vol. 86, No. 2, pp. 221–234.
 [12] 高橋登, (1997) “幼児のことば遊びの発達: “しりとり”を可能にする条件の分析”, 発達心理学研究, Vol. 8, No. 1, pp.42–52.
 [13] 寺尾敦, (2015) “認知アーキテクチャの理論に

- よる脳の構造と機能の解明”，電子情報通信学会誌, Vol. 98, No. 12, pp.1083-1090.
- [14] 寺尾康, (2006) “言語産出メカニズムの連続性について: 言い間違いからみた言語発達”, ことばと文化, No. 9, pp.115-131.
- [15] 坂爪一幸, (2011) “特別支援教育に力を発揮する神経心理学入門”, 学研プラス.
- [16] 森田純哉・平山高嗣・間瀬健二・山田和範他, (2015) “メンタルタイムトラベルを誘導するモデルベース回想法”, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol. 2015, No. 16, pp.1-6.
- [17] 西川純平・森田純哉, (2021) “音韻意識形成過程における誤りの認知モデリング”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 23, No. 2, pp.189-200.
- [18] 長井志江, (2016) “自閉スペクトラム症の特異な視覚世界を再現する知覚体験シミュレータ”, 精神看護, Vol. 19, No. 1, pp.59-63.