

音韻意識形成過程における誤りを抑制するインタラクション： 認知アーキテクチャを用いたモデル化の検討

The Interaction that Suppress Errors during Phonological Awareness Formation Process: A Study of Modeling using Cognitive Architecture

西川 純平[†], 森田 純哉[†]

Jumpei Nishikawa, Junya Morita

[†] 静岡大学

Shizuoka University

nishikawa.jumpei.16@shizuoka.ac.jp

概要

人が音声を認識する際には、音韻の単位に関するいくつかの処理が必要になる。それらの処理の一部は音韻意識と呼ばれる能力によって制御される。本研究の目的は、認知アーキテクチャACT-Rの知識検索の仕組みに対応づけて、音韻意識をモデル化することである。とくに音韻意識形成過程に見られる誤りとその要因に着目する。音韻意識形成がかな文字の習得と関連することから、活性化拡散を用いた視覚的補助の効果を検討する。

キーワード：音韻意識, 認知アーキテクチャ, 認知モデル

1. はじめに

新生児は、多様な言語を学習する下地を生得的に備える。たとえば、口や喉の構造、周波数などの物理的な音の特性はどのような言語にも共通して新生児が備える要素である。このほかに、共同注視や役割反転模倣などの社会認知機能も、新生児には生得的に埋め込まれているとされる [2]。新生児は、これらの要素を踏まえ、認知機能を活用しながら、養育者のふるまいを観察したり、模倣したりするといった経験を通して、母語となる言語に特有な構造を得て、言語を発達させていく [9]。

とくに人が音声を認識する際には、言語音に対するさまざまな処理が必要となる。言語発達の初期において、乳児は音声を連続した音のつながりとして聴いているが [12]、発達が進むにつれ、子供は言語をある単位の系列として認識し、処理することができるようになる。音の認識を実現するための処理は、手掛かりとする情報によっていくつかの種類が想定されている。例えば、音の物理的特性によって識別しようとするボトムアップな処理と、知識としてもつ音のカテゴリを

用いて識別しようというトップダウンの処理があると言われている。このようなカテゴリ化された音に基づく処理のためには、連続した音声の、音素やリズムといった音韻的側面に意図的に注意が払えるようになることが必要である。発達心理学や言語聴覚療法の領域では、この能力は、音韻意識と呼ばれる [7, 18, 21]。音韻意識は通常、就学前に発達し、読み書き能力の獲得とも強く関係するとされる。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であるために起こると考えられるものも確認されている [17, 22]。

音韻意識という能力を想定することで、言語発達におけるさまざまな現象が明らかにされる一方で、音韻意識そのもののメカニズムやその形成に対応する人の内部プロセスに関する検討はなされていない。これを踏まえ、本研究の目的は、人が持つ一般的な認知機能によって音韻意識を説明することとする。ここでは、音韻意識形成過程で誤りが発生し抑制されていくという過程を引き起こす各要因に着目し、人の知識検索の仕組みと対応づけることによってモデル化する方法を検討する。モデル化のために認知アーキテクチャACT-R [1] を用いる。

本稿の構成は次の通りである。まず、2. 節にて本研究と関連する研究をレビューする。そののちに、本研究で実装を進めているモデルとモデルを用いたシミュレーションを示す。最後に現状のまとめと今後の課題を示す。

2. 関連研究

本節では、まず、人間の認知過程を理解し説明する方法として、認知モデルと認知アーキテクチャを紹介し、認知モデルを用いた言語学習の研究をレビューする。次に、言語発達と音韻意識の形成に関する先行研

究を紹介する。

2.1 認知モデリング

認知科学の領域では、認知モデリングという手法が取られることがある。認知モデリングとは、人の認知を理解、予測することを目的として、人の認知プロセスに近似するモデルを計算機上に構築するというアプローチである。そのための基盤として認知アーキテクチャが整備されている。認知アーキテクチャを用いることで、共通の基盤の上に種々の要因を切り分けたモデルを構築可能となる。さまざまな認知アーキテクチャが開発される中で、本研究では ACT-R[1] に注目する。ACT-R は思考や記憶に関する心理実験に基づいて構築されており、人の認知に関わる現象は統合的に捉えることを可能にする。また、ACT-R 上のモデルが内部に保持する知識は、すべて記号として表現される。この ACT-R の知識表現に則って、連続音を音韻単位 (つまり記号) の系列に対応づける方法を検討することが、モデル化を通した音韻意識の説明に対して有効であると考ええる。

ACT-R を用いた言語習得に関する研究は数多く行われている。例えば、英語学習における過去形の不規則変化獲得に関するモデル [8] や、幼児の名詞学習に関するモデル [11] が構築されている。また、脳機能障害のモデル化も存在し、失語症における文理解の誤りを ACT-R のパラメータを用いて説明する研究もある [6]。このように、ACT-R を用いた認知モデルはさまざまなテーマで数多く構築されているが、音韻意識に関する認知モデルを扱った研究はほとんど行われていない。

著者らは、音韻意識を ACT-R の知識検索の仕組みと対応づけてモデル化した [19]。言語発達における生得的要因と対応づけて、音の類似度やそれに基づく部分マッチ検索を導入することで、音韻意識形成過程における誤りの出現が説明される可能性を示している。また、経験的要因と対応づけて学習の効果に対応するパラメータを操作したシミュレーションにより、相対的に類似度の重要度を下げることで誤りが抑制されることも示している。ただし、著者らの先行研究の結果は、パラメータを事前に設定したいくつかの条件のシミュレーションの比較によって得られたものであり、設定されたタスクの遂行を通して音韻意識が形成され、誤りが減少していくという過程は観察されていない。本研究では、タスク遂行を通した音韻意識形成と誤りの抑制を目指して、このモデルを発展させる。

2.2 音韻に関する研究

音韻論の分野では、人が知覚したり発話する音を、心的な表現として示す方法や分類する方法が議論されている。最も有名なものは弁別素性 [4] と呼ばれる表現である。弁別素性は音素を区別する基本的な単位であり、一般に、発声に関する舌や喉の動きによって + か − の二値をとる変数として定義される。表 1 にいくつかの音素に関する弁別素性の例を示す。

表 1: 弁別素性の例

	a	i	u	e	o	k	g	s	z	t	d	n
consonantal	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	+
syllabic	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−
sonorant	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	+
high	−	+	+	−	−	+	+	−	−	−	−	−
back	+	−	+	−	+	+	+	−	−	−	−	−
low	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
anterior						−	−	+	+	+	+	+
coronal						−	−	+	+	+	+	+
voice						−	+	−	+	−	+	+
continuant						−	−	+	+	−	−	−
nasal						−	−	−	−	−	−	+
strident						−	−	+	+	−	−	−
delayed release						−	−	−	−	−	−	−
round	−	−	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−

言語は、その扱う音の単位によって、モーラ言語とシラブル言語に大別される [10]。モーラ言語である日本語において、モーラは一般に持続時間の単位として定義され [3]、ひとつひとつのモーラは日本語の文字である仮名に対応づけられる。この音韻要素と文字が明確な関連性を持つという日本語の特徴は、認知アーキテクチャにおける音韻意識の明瞭なモデリングに有効に働くと考えられる。

音韻意識の形成を、心理学的実験を通して調査している研究はいくつか存在する。原 [14] は、日本語の音韻意識の発達の様相と、読みの習得との関連を調査している。原の研究では、音削除、単語の逆唱や母音同定の音韻操作課題と短文読解課題を通して、音韻操作能力の発達を観察している。この研究では、これらいくつかの課題の成績が平仮名の指導によって向上することが示されている。

言語聴覚士の臨床の現場では、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。例えば 2, 3 歳前後の幼児は、子音の /r/ と /d/ 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 [18]。さらに、発達障害を持つ子供の中には母音のみのモーラとその母音と子音の組み合わせからなるモーラの区別 (例えば「あ」と「か」や「さ」と「た」の区別) が困難であるという報告も存在する [21]。定形発達の児童でも、同様に子音を省略する誤発声は示されており [22]、この種の間違いは、生得的な音韻系 [4] から日本

語に固有のモーラ系に移行する発達過程の存在を示唆している。

高橋 [15] は、定形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。また、しりとりに必要な音韻意識を持たない子供でも、大人の補助によってしりとりに参加することも示されている。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。窪田 [13] は音韻意識形成過程の調査のために4歳児を対象としたしりとり実験を行っている。この実験では、実験参加者はモーラの単位に関する誤りを示している。例えば「どらえもん」に対して「もんしろちょう」、「たいよう」に対して「ようぐると」と誤った回答を行った。これらの例では、日本語ではふたつのモーラに分割される音を、参加者はひとつの単位として認識していたと考えられる。これらの報告は、言語固有の音韻体系が幼少期以降に経験的に獲得されること、音韻体系の誤りが言葉遊びのなかで観察可能であることを示唆している。

これらを踏まえ、本研究では、単語から語尾音を切り出す操作や、語頭音による単語の検索といった音韻操作能力に着目して、音韻意識形成の過程を検討する。また、高橋や窪田の研究を参考に、タスクにしりとりを用いる。モーラを記号として表現するために Chomsky と Halle の弁別素性を用いる。

2.3 マルチモーダル学習

学習を扱うさまざまな研究において、複数のモダリティの情報を統合し活用することの重要性が指摘されている。これは言語獲得においても検討されている。たとえば、萩原ら [5] は複数のモダリティを用いて2エージェント間での記号創発を表現する計算モデルを構築している。また、高橋の研究 [15] における補助の効果も、単語の音（聴覚）とイラスト（視覚）という複数の感覚を利用することの重要性を示すものであると考えられる。

3. モデル

ここでは、音韻意識形成過程の誤りと、それを抑制する要素を検討するためのモデルについて述べる。モデルは、先行研究 [19] のものをベースとして拡張する。図1にモデルの概観を示す。このモデルは、2体

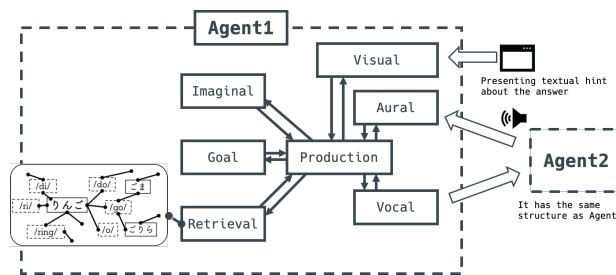


図1: モデル概観

のエージェント（破線部分）から構成される。エージェントが交互に単語を回答することでしりとりを行う。エージェント内の各ボックスは ACT-R のモジュールに対応する。以下では、ACT-R のモジュール構造により、しりとりの処理がどのように実現されているかを示す。

3.1 モジュール構造

3.2 宣言的モジュール

宣言的モジュールには、タスク実行に必要な知識がチャンクという形式で格納されている。本研究のモデルは、単語、音韻、単語と音韻の知識の関連を表す3種類の知識を持つ（表2）。また、このモデルは、しりとりのゲーム中に既に回答された単語に関する知識も保持する。この既出語の知識ははじめは宣言的モジュール内に存在せず、しりとりの進行に従って生成され、格納されてゆく。

3.3 プロダクションモジュール

プロダクションモジュールは、他のモジュールが保持する情報や状態を利用しながら、ルールを選択、適用し、モジュールを操作する様々な処理を行う。本研究のモデルは、相手の回答として単語の情報を受け取ると、しりとりのルールに即して単語を検索し回答する。

図2にこのプロセスをまとめた。まず、エージェントは聴覚モジュールで取得した単語を用いて、単語と語尾のモーラを繋ぐチャンク（表2c）を検索する。その後、検索された単語と音韻の関連知識を用いて、単

表 2: モデルの宣言的知識

(a) 単語知識

word	sound
ringo	"ringo"
gorira	"gorira"
kuri	"kuri"
...	...

(b) 音韻知識

mora	sound
/ri/	"ri"
/go/	"go"
/ku/	"ku"
...	...

(c) 単語と音韻の関連

word	mora	position
ringo	/ri/	head
gorira	/go/	tail
gorira	/go/	head
...	...	...

語の語尾にあたる音韻知識 (表 2b) を検索する。その音韻知識を用いて、その音韻を語頭に持つ単語を検索し、選ばれた単語をゴールモジュールに回答候補として保持する。

回答候補が選び出された後、エージェントは単語の語尾が「ん」出ないこと、その単語がこのゲーム中に既に回答されてるものではないことをチェックする。回答候補がこれらの条件に当てはまる場合、エージェントは回答候補を再度検索する。候補がこれらの条件に当てはまらず、しりとりたりの回答として有効な場合、エージェントはそれを回答済みの単語として宣言モジュールに格納し、発話モジュールを通じて発話する。しりとりタスクの試行中、2 エージェントは、制限時間までこの手順を交互に実行する。

3.4 知識検索に関するパラメータ

以上を踏まえると、単語の語尾音に注目するという音韻意識は、単語知識に紐付いた音韻の知識が検索されることと対応づけられる。ACT-R の知識検索は活性値というパラメータに制御される。活性値は検索されやすさを表す値として宣言的モジュール内の各知識に付与され、ある知識 i の活性値は式 1 のように複数の項の加算として表される。 B_i は、知識の使用回数や経過時間から算出される値で、学習の効果に対応する。 S_i は、他のモジュールが保持している知識からの影響を表し、活性化拡散と呼ばれる文脈の効果に対応する。 P_i は、知識と他の知識との類似度の影響を表す。 ε_i はノイズの項である。

$$A_i = B_i + S_i + P_i + \varepsilon_i$$

(1)

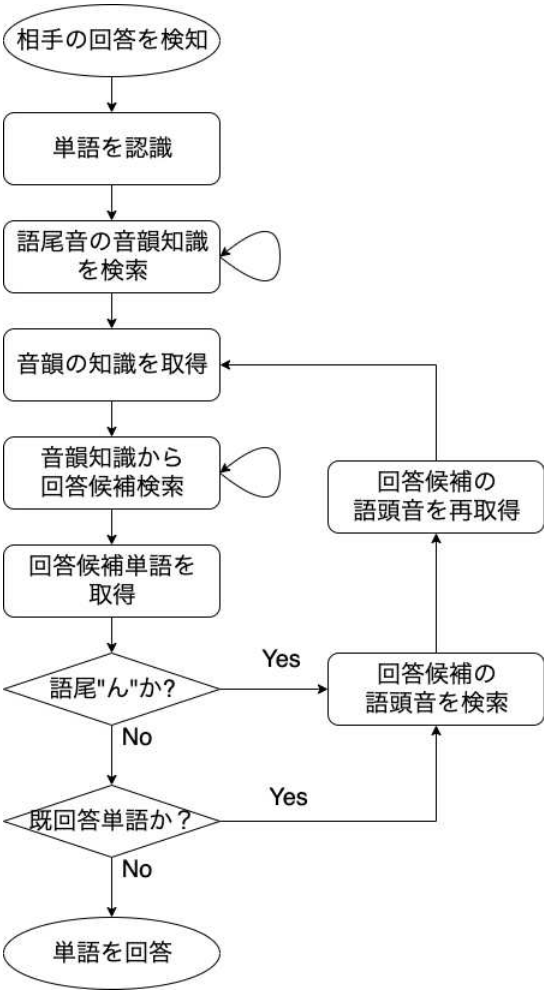


図 2: エージェントのプロセス

このモデルでは、ひとつひとつの音韻の知識に他の音韻の知識との類似度 (式 2、式 1 の P_i の項に対応) を設定し、部分マッチ検索を利用している。 M_{ki} はある知識と別の知識との類似度を示し、 P は類似度の重要度を示す係数である。 P の値が小さいほど類似度の影響は大きくなり、値が大きいほど類似度の影響は小さくなる。

$$P_i = \sum_k PM_{ki}$$

(2)

これにより、エージェントが似ている音を間違え、しりとり失敗するといった音韻意識の誤りを再現できる。

3.5 音韻に関する誤りの抑制

しりとりたりの遂行を通して音韻意識を形成し、誤りを減少させるためには、部分マッチによる誤検索が起きないように、類似度 P_i の重要度が下がる仕組みを考える必要がある。これは、活性値 (式 1) における他の

項の影響を考慮することで検討できる。たとえば、著者らの先行研究 [19] では、学習の効果 (知識の検索回数と経過時間の効果) に対応するパラメータ (式 1 の B_i の項) におけるベースレベルの値を操作したシミュレーションにより誤りが抑制されることを示唆している。また、高橋の研究 [15] では、十分な音韻意識を持たない子供がしりとりができるようになるための要素として、大人による補助の効果が示されている。本研究では、この大人による補助に着目する。このモデルではとくに、しりとりの回答に合わせて視覚情報 (仮名文字) を提示する補助を検討する。

補助 (とくに視覚情報の提示) の効果は、活性化拡散 (式 1 の S_i の項) によって表現できると考える。活性化拡散は一般に、文脈の効果として説明される。たとえば、イマジナルモジュールに “ご” という知識が保持されているという状態 (文脈) によって、宣言的モジュールにおいて “ご” に関連した知識 (“ご” で終わる “りんご”, “ご” で始まる “ごりら” など) が検索されやすくなると説明できる。つまり、エージェントに、視覚モジュールで取得した情報をイマジナルモジュールに保持するという処理を持たせた上で、活性化拡散を導入することにより、文脈の効果によって相対的に類似度の重要度が低下し、誤検索が抑制されるという過程を想定できる。このことは、複数の感覚情報を統合し明瞭な結果を得る、マルチモーダル学習の過程に対応づけられると考える。

4. シミュレーション

本節では、前節で述べたモデルを用いて行ったシミュレーションについて述べる。著者らの先行研究 [19] のシミュレーションを踏まえ、ここでは視覚的補助に対応づけてモデルに組み込んだ活性化拡散により、音韻の誤りが減少するかどうかを確かめる。

既発表 [20] において、モデルに活性化拡散を組み込むことで誤りが減少することを示した。今回は、タスクの遂行 (時間経過) に伴って音韻の誤りが減少するののかどうかに焦点を当てた結果を示す。さらに、活性化拡散を組み込んだ状態をトレーニングフェーズとして想定し、パラメータを引き継いで活性化拡散をオフにしたモデル (テストフェーズ) との比較の結果も示す。

4.1 設定

シミュレーションに関する設定は以下の通りである。部分マッチの重み P を 8 段階 (1, 10, 20, 30, 40, 50,

60, 70) に変化させた条件でシミュレーションを行った。モデルに持たせる単語の知識は、天野・小林による『基本語データベース: 単語親密度』[23] に掲載されるものから選定した。まず、しりとりのルールにもとづき、名詞以外の品詞、同音異義語などの重複、ろ (炉) やわ (輪) など一音のみで構成される単語を除外し、20,544 語を取り出した。さらに、子どもの連想語彙数の調査 [16] を参考に、2,054 語をランダムに取り出してモデルの知識として用いた。また、単語末尾の長音記号はすべて削除した。音韻の知識は日本語に存在するモーラを参考に 103 個の知識を定義した。シミュレーションは、開始から 3,600 秒が経過することを終了条件とした。

4.2 結果

図 3 は、各モデルについて課題遂行による正答率の変化を示したものである。横軸は、課題を遂行している時間を 4 区間に区切ったものであり、縦軸はそれぞれの区間における正答率を示す。ここで正答率とは、しりとりにおける全回答に占める、しりとりのルールに則った回答の割合である。つまり、りんご → おかしなどの誤りの少なさを表す。

まず、図 3a および b のグラフに着目すると、活性化拡散オンの方が正答率が高く、補助の組み込みによって正答率が高まったことが確認できる。タスク遂行という時間経過に伴う正答率については、図 3a-c の区間ごとの推移から、どのモデルにおいても時間経過とともに向上せず、むしろ下がる傾向が示された。

次に、トレーニングフェーズとテストフェーズの結果に注目する。各グラフについて第一区間のみに着目して比較すると、テストフェーズの方が正答率高いことがわかる。これは、補助のある条件を通してトレーニングされた活性値を引き継ぐことによって正答率が向上したことを示唆している。ただし、テストフェーズ (図 3c) では、不安定な結果が示されている。 $P: 10$ 条件において、第一区間の正答率は他の条件よりも高く、第一区間から第二区間へ正答率が急激に低下している。

時間経過に伴う正答率の低下や、テストフェーズにおける不安定な結果といった問題の原因については、検討が十分にできていない。ただし、解答単語の検索において既回答の単語が繰り返し検索されることで正答に時間がかかるというようなしりとりのルールに由来する可能性や、しりとりのタスクと 2,000 語程度という語彙数に対して、3,600 秒というシミュレーショ

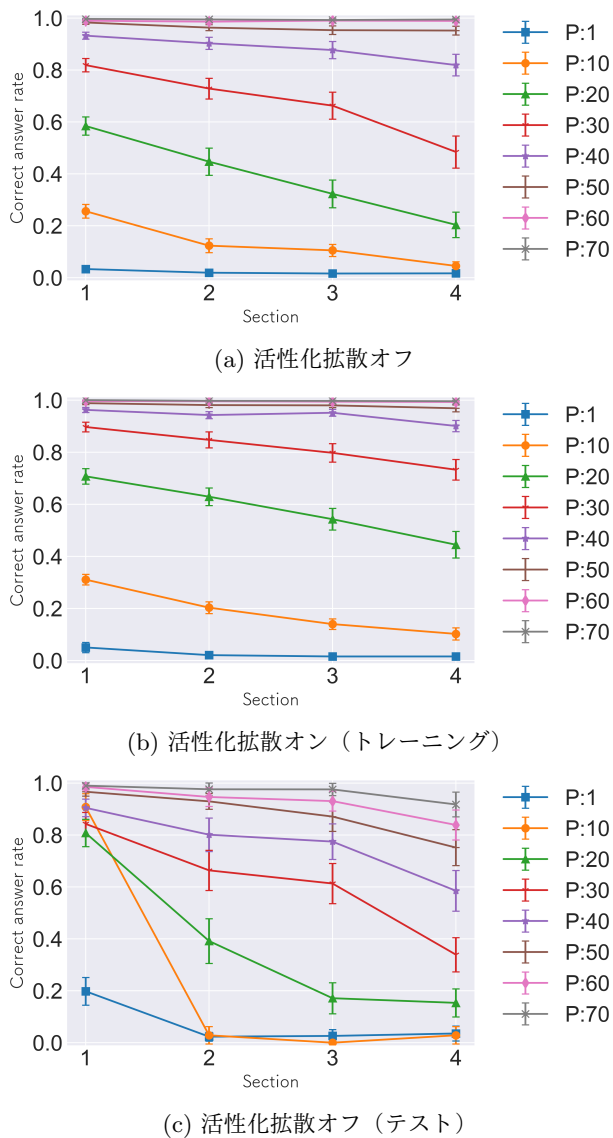


図 3: しりとり遂行による正答率の推移 (エラーバーは $\pm \frac{SD}{5}$)

ン時間の設定がアンバランスである可能性も考えられる。

5. まとめと今後

本研究では、音韻意識形成過程の誤りの抑制に関わる要素をモデル化する方法を検討した。先行研究のモデルをベースとした音韻意識と ACT-R の知識検索の仕組みの対応付けを発展させ、しりとりにおける視覚的補助の効果を活性化拡散と対応付けてモデル化可能であるという仮説を導いた。この仮説に基づいたモデルを構築し、行ったシミュレーションを行った。シミュレーションの結果から、視覚的補助及び活性化拡散を組み込んだモデルでは、組み込んでいないモデルと比べて、しり通りの正答率が向上するという結果が示さ

れた。

また、活性化拡散を組み込んだモデルをトレーニングフェーズとして捉え、活性値を引き継いで活性化拡散をオフにしたテストフェーズとの比較も行った。この結果では、課題の前半においてテストフェーズの方が正答率が高かった。これは、トレーニングされた活性値を引き継ぐことにより正答率が向上することを示唆している。以上の結果から、視覚情報の提示の効果によって、音韻の誤りが抑制できたことが示唆される。

本研究に対して、多くの課題が残されている。まず、全ての条件において、課題の遂行という時間経過に伴って正答率が低下する傾向が見て取れた。このような正答率低下の原因について調査する必要がある。考えられる可能性として、既に回答した単語が知識検索に影響を及ぼすというようなしりとりルールに由来することや、しり通りのタスクと 2,000 語程度という語彙数に対して、3,600 秒というシミュレーション時間の設定がアンバランスであることがあげられる。

また、モデルの評価も必要である。モデルが課題を通して学習する過程が、子どもの言語発達を説明するものになっているかを確かめるために、人間に対して行った実験データとの対応づけが重要になる。例えば、中村ら [22] は、子供の発達過程で見られる誤りの種類を音韻プロセスという分類に基づいて整理し頻度をまとめている。このようなすでに存在する人間の実験データと、シミュレーションから収集できる具体的な誤りのデータを比較することで検討が可能になると考える。

文献

- [1] Anderson, John R, (2007) "How can the human mind occur in the physical universe?".
- [2] Baron-Cohen, Simon, (1997) "Mindblindness: An essay on autism and theory of mind": MIT press.
- [3] Bloch, Bernard, (1950) "Studies in colloquial Japanese IV phonemics," Language, Vol. 26, No. 1, pp. 86-125.
- [4] Chomsky, Noam and Morris Halle, (1968) "The sound pattern of English", Studies in language: Harper & Row New York.
- [5] Hagiwara, Yoshinobu, Hiroyoshi Kobayashi, Akira Taniguchi, and Tadahiro Taniguchi, (2019) "Symbol Emergence as an Interpersonal Multimodal Categorization," arXiv preprint arXiv:1905.13443.

- [6] Mätzig, Paul, Shravan Vasishth, Felix Engelmann, David Caplan, and Frank Burchert, (2018) “A computational investigation of sources of variability in sentence comprehension difficulty in aphasia,” *Topics in cognitive science*, Vol. 10, No. 1, pp. 161–174.
- [7] Stahl, Steven A and Bruce A Murray, (1994) “Defining phonological awareness and its relationship to early reading,” *Journal of educational Psychology*, Vol. 86, No. 2, p. 221.
- [8] Taatgen, Niels A and John R Anderson, (2002) “Why do children learn to say “broke”? A model of learning the past tense without feedback”, *Cognition*, Vol. 86, No. 2, pp.123–155.
- [9] Tomasello, Michael, (1999) “The Cultural Origins of Human Cognition”: Harvard University Press.
- [10] Trubetzkoy, Nikolai Sergeevich, (1969) “Principles of phonology..”
- [11] Van Rij, Jacolien, Hedderik Van Rijn, and Petra Hendriks, (2010) “Cognitive architectures and language acquisition: A case study in pronoun comprehension,” *Journal of Child Language*, Vol. 37, No. 3, pp. 731–766.
- [12] 梶川祥世, (2002) “子どもの音声習得 (特集言語音声の科学—音声認知のメカニズムを探る)”, *言語*, Vol. 31, No. 11, pp.42–49.
- [13] 窪田晴夫, (2000) “子供のしりとりとモーラの獲得”, *神戸大学文学部紀要*, No. 27, pp.587–602.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 国立国語研究所, (1981) “幼児・児童の連想語彙表”, 東京書籍.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 西川純平・森田純哉, (2020) “音韻意識の形成過程における誤りの認知モデリング”, *SIG-ALST*, Vol. 5, No. 03, pp.13–18.
- [20] 西川純平・森田純哉, (2020) “視覚的補助を用いた音韻意識形成過程の誤り抑制の認知モデリング”, *SIG-ALST*, Vol. 5, No. 01, pp.7–12.
- [21] 石田宏代・石坂郁代, (編) (2016) “言語聴覚士のための言語発達障害学”, 医歯薬出版.
- [22] 中村哲也・小島千枝子・藤原百合他, (2015) “健常発達における音韻プロセスの変化”, *リハビリテーション科学ジャーナル*, Vol. 10, pp.1–13.
- [23] 天野成昭・小林哲生, (2008) “基本語データベース: 語義別単語親密度”.