

機関番号：24403

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500237

研究課題名（和文）

語彙獲得過程における単語の分節化・認知・語形変化の包括的学習モデルの構築

研究課題名（英文）

The integrated model of lexical segmentation, word recognition, and inflectional morphology

研究代表者

牧岡 省吾 (MAKIOKA SHOGO)

大阪府立大学 人間社会学部・教授

研究者番号：60264785

研究成果の概要（和文）：

幼児は、生活環境の中で養育者の発話を聞いているだけで、文を単語に分節化し、単語の意味を獲得する。本研究では、とくに分節化の過程に注目し、ニューラルネットワークによるモデル化を行った。従来の研究では分節化学習と単語の聴覚的認知過程は別々にモデル化されていたが、本研究では、幼児への発話例から単語への分節化を自動的に学習し、かつ単語の聴覚的認知過程に関する心理実験の結果と整合するモデルを構築した。

研究成果の概要（英文）：

Children are rarely given explicit information about word boundaries during their native language acquisition. However, they can somehow learn to segment a stream of speech into words and to recognize them. Simulations showed that the proposed model, called SegRec, could learn to segment utterances without an explicit teacher, and that the time course of the utterance recognition by the model fit the psychological data from the studies of auditory word recognition.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：認知科学, 実験系心理学, 語彙獲得, ニューラルネット

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 言語研究の最終目標の一つとして、実際に言語を獲得し、文の理解と産出が可能であるようなシミュレーションモデルを構築することがある。本研究は、そのような長期的目標に向けて、脳内の言語処理過程の基盤を明らかにすることを目指している。デジタルコンピュータの内部では、特定のビット列がどの記号を表すのかが、設計者によりあらか

じめ規定されている。これに対して、脳内の神経細胞が発する信号は、平均発火率と発火タイミングという量的情報しか持たない。特定の神経細胞の発火が何を表すのかは、神経細胞同士の関係性によって規定される。このように記号的でない情報処理基盤の上で、言語という記号系はどのように成立しているのだろうか。自由な記号操作を実現できるような人工ニューラルネットワークのアーキ

テクチャを探ることによって、この問題にアプローチすることが可能である。

これまでに提案された言語獲得過程の脳内モデルのほとんどは、獲得における特定の側面のみを扱ってきた。たとえば動詞の過去形の獲得に関する代表的モデルは、語幹と過去形のマッピングの学習のみを扱っていた。しかし幼児が母国語を習得する環境においては、養育者は単語を1つずつ区切って発話するとは限らず、文中の単語の指示対象をすべて明示することも少ない。現実の幼児は、発話の中のどこからどこまでを1つの単語とみなすべきか、そして各単語と対応させるべき意味属性は何かを、能動的に探索し、学習しなければならない。発話を単語に分節化する過程に関してはいくつかの研究が行われており、単純回帰型ニューラルネットワーク(SRN)を用いるモデルや、統計的学習と生得的制約条件を組み合わせたモデルなどが提案されているが、いずれも分節化過程のみを扱っている。

(2) 研究代表者は、本研究期間の開始以前に、発話の分節化過程のニューラルネットワークモデルを構築した。その際、分節化過程を独立に扱うことはせず、語の聴覚的認知過程と分節化過程を包括的に扱うことを試みてきた。このモデルは、一次視覚野の複雑型細胞の構成からヒントを得た音韻層と、文を記憶する文比較層、単語の表現を生成する項目層から構成される。文が呈示されると、モデルは現在の入力文と記憶済みの文が一致する部分を持つかどうかを能動的に探索し、一致部分を単語候補として抽出する。モデルが単語を認知する際には、抽出された音素系列同士を競合させることにより、単語に該当する系列が勝ち残る。人間が聴覚呈示された単語を同定する際、単語を最後まで聞かなくても、一意に特定可能になった時点ですぐに同定されることが知られている。上記の競合による認知メカニズムは、このような現象を自然に説明することができる。

しかし、それまでに構築した競合による認知メカニズムなどには、神経系のモデルとして不自然な点が残されており、改良を必要としていた。また、分節化学習のアルゴリズムの心理学的妥当性についても検討する必要があった。

## 2. 研究の目的

母語を獲得する過程において、子どもは文を単語に分節化することを学習しなければならない。しかし周囲の大人は単語を1個ずつ区切って発音するわけではない。子どもは、切れ目のない音素系列として発話される文

をどこで区切ればよいのかを学習する必要がある。一方、大人が母語を聞く際にも、リアルタイムに文を単語に分節化する必要がある。このように分節化は語彙の獲得と認知に必須の過程であり、それらを包括的に理解する必要がある。

本研究では、そのような包括的モデルとして研究代表者がこれまでに提案したモデル SegRec のアルゴリズムの検証と改良、そして拡張を行う。具体的には、以下の3点を目的とする。

(1) 成人を対象とする心理実験を行い、モデルの学習アルゴリズムについて検証する。

(2) 心理実験で得られたデータをもとに、モデルの学習アルゴリズムを改良する。

(3) モデルを拡張し、語形変化の規則を導出できるようなメカニズムを明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) 研究開始後に得られた着想に基づいて、単語認知過程における複数の候補の競合アルゴリズムを改良した。単語の聴覚的認知過程に関してこれまでに提案された Cohort モデル(Marslen-Wilson, 1987)を参考に、モデルが切れ目のない発話を入力されたときに活性化する多数の単語候補の中で、整合性をもつ候補同士が協調し、矛盾する候補と競合するメカニズムを構築し、シミュレーションプログラムとして具体化した。

SegRec の全体像を図1に示す。入力層である音韻層はスロット型の構造をもち、各スロットには英語あるいは日本語の音素に対応するユニットが存在する。文が入力されると、Hebb 型学習により、文比較層に入力文の完全局所表現が生成される。さらに文が入力されると、現在の入力文と記憶済みの文が比較され、3 文以上で共通する音素系列が存在するとき、その系列に対して項目層の1つのユニットが割り当てられる。SegRec は発話が入力されるごとに上記の過程を繰り返し、共通部分の音素系列の内部表現を項目層に生成していく。しかし共通部分が正しく単語に対応しているとは限らず、単語の部分や単語境界をまたぐ系列が学習されることも多い。競合層がこの問題を解決する。競合層には、項目層の全ユニットに対応するユニットがスロット状に配置される。つまり競合層のユニットは項目層のコピーであり、項目層はタイプを表現し、競合層はトークンを表現するとも言える。競合層で複数のユニットが相互作用することにより、互いに矛盾しない(重複しない)一群の項目が生き残る。このような競合メカニズムは、Cohort モデルの具体化例の1つで



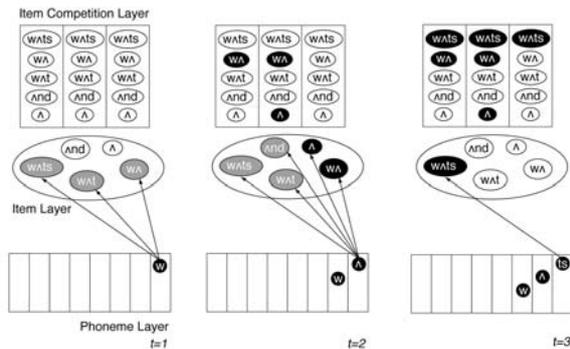


図3 競合の過程

れて複数の単語の候補が同時に活性化し、実際の発話と整合する候補が絞り込まれていくという心理実権から得られた知見と同様な流れで単語の認知を行う(図3)。また、このような競合過程が分節化学習を促進する役割を果たすことを確認することができた。分節化学習と単語認知の過程を包括的にモデル化した例は、これが初めてである。

(3) 研究方法(2)で述べた成人を対象とした心理実験により、日本語の非単語と新奇対象物との対応関係を学習する際にも、複数の単語と対象物との対応付けが同時並行的に学習されるという知見を得た。これは、本モデルが分節化学習において使用している複数の文を記憶し互いに比較して単語候補を絞り込む学習アルゴリズムが、意味獲得のモデルにも適用可能であることを示唆している。この実験においては日本語非単語1つずつ区切って呈示していたが、より現実の言語獲得場面に近い状況とするため、切れ目のない非単語系列を呈示し、複数の新奇対象物の画像を同時に実験参加者に見せることにより、非単語の切り出しと非単語と対象物との対応が同時に学習されるかどうかについて、検討中である。

(4) 今後の目標としては、研究の目的(3)で挙げた語形変化の規則抽出よりも、分節化された単語と意味との対応付けの学習過程の解明の方が、語彙獲得研究における意義が大きいと考え、研究方法(3)で述べた理論的な検討に基づき、複数の文とそれらが発話された状況下に存在した事物との対応付けを並列に行うモデルの構築を検討している。研究方法(2)および研究成果(3)で述べた心理実験の結果と照らし合わせるにより、意味学習のアルゴリズムを検証することが可能と思われる。

## 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2件)

- ① Makioka, S. (2009). A self-organizing learning account of number-form synaesthesia, *Cognition*, 査読有, 112, 397-414
- ② Tamaoka, K. & Makioka, S. (2009). Japanese Mental Syllabary and Effects of Mora, Syllable, Bi-mora and Word Frequencies on Japanese Speech Production, *Language and Speech*, 査読有, 52, 79-112

[学会発表] (計4件)

- ① Utsumi, K., Saito, S., & Makioka, S. (2011). The temporal dynamics of the intention-superiority effect, *The 9th Tsukuba International Conference of Memory*. 2011.3.7, Gakushuin Univ.
- ② Makioka, S. (2009). A neural network model of lexical segmentation and recognition, *CogSci 2009 (31st Annual Meeting of the Cognitive Science Society)*, 2009.7.30, VU University, Amsterdam.
- ③ 牧岡省吾 (2009). 文の分節化と単語認知の包括的学習モデル, 日本心理学会第73回大会, 2009年8月26日, 立命館大学
- ④ 牧岡省吾 (2008). 単語の分節化と認知過程に関する教師なし学習モデル, 日本認知科学会第25回大会, 2008年9月6日, 同志社大学

[その他]

ホームページ等

<http://www.hs.osakafu-u.ac.jp/~makioka>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

牧岡 省吾 (MAKIOKA SHOGO)

大阪府立大学・人間社会学部・教授

研究者番号: 60264785

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし