

## 階段状の語彙発達曲線の成因：語とその参照物の共起パターンの生起確率は閾値を一斉に超える

### A possible cause of the stepwise shape of word learning curves: the statistical significance of the co-occurrence pattern of each word and its referent exceeds a threshold at one time.

荒木 修<sup>†</sup>, 深田 智<sup>†</sup>, 尾関 基行<sup>†</sup>, 岡 夏樹<sup>†</sup>  
Osamu Araki, Chie Fukada, Motoyuki Ozeki, Natsuki Oka

<sup>†</sup>京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology  
osamu@ii.is.kit.ac.jp

#### Abstract

This study shows a possible cause of the occurrence of the stepwise shape of word learning curves reported by Minami et al. (2012). In our simulation, co-occurrence frequency of each word and its possible referents are counted, and a word is judged as acquired when the statistical significance of the co-occurrence of the word and its referent exceeds a threshold. We show that the stepwise shape of word learning curves occurs in our simulation, and examine the cause of the shape. Furthermore, by simulations in multiple conditions, we show possible origins of individual differences in the shape of learning curves.

**Keywords** — computer simulation, Fisher's exact test

#### 1. はじめに

語彙発達の計算モデルの研究が近年盛んに行われている。McMurray[1]や、Mayor and Plunkett[2]は、質問紙を用いた横断データに基づき、子ども集団の平均的ふるまいとして推定された、滑らかな加速の語彙発達曲線(図1)を前提として、単語の頻度分布から語彙爆発の要因を説明する計算モデルを提案した。また、Hidaka[3]も横断データを用いたが、平均ではなく子ども集団の獲得月齢分布に注目し、分布の予測性により、学習機構を推定した。

ところが、最近、南ら[4][5]は、語彙発達が、従来考えられてきたように滑らかな曲線状に進むのではなく、階段状に進むことを示すデータ(日誌法により収集した17名の縦断データ)を発表した。図2に階段状の変化の概念図を示す。階段の大きさや数には個人差があり、階段が小さく、大

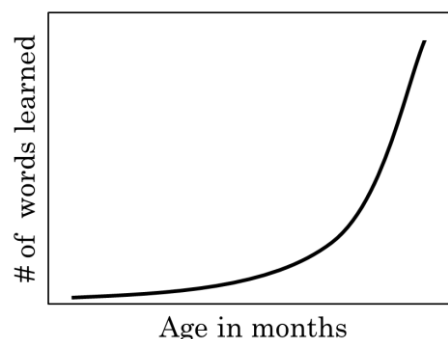


図1 従来想定されてきた、滑らかに加速する語彙発達曲線の概念図(文献[1]の内容に基づき著者が作図)

きい目で見れば滑らかな曲線状に進むと見て差し支えない子どもと、大きくはっきりした階段状の変化を示す子どもの両方が存在することが分かった。

南らは、階段状の変化が生じる原因の解明は今後の課題であるとしているが、本研究の目的は、この階段状の変化を生み出している可能性がある原因の1つを提示することである。我々は、発話された単語とその単語の指示対象となりうる物体との共起回数を数え上げ、特異的な共起があることが統計的に有意に示された時点でその単語が獲得されたとする語彙獲得のシミュレーションを行い、階段状の変化が生じることを示した[6]。本論文では、さらに複数の条件で追加シミュレーションを行い、その結果から、幼児語彙発達曲線の個人差の説明を試みる。なお、語彙発達の加速(爆発)については、本論文では扱わない。語彙爆発

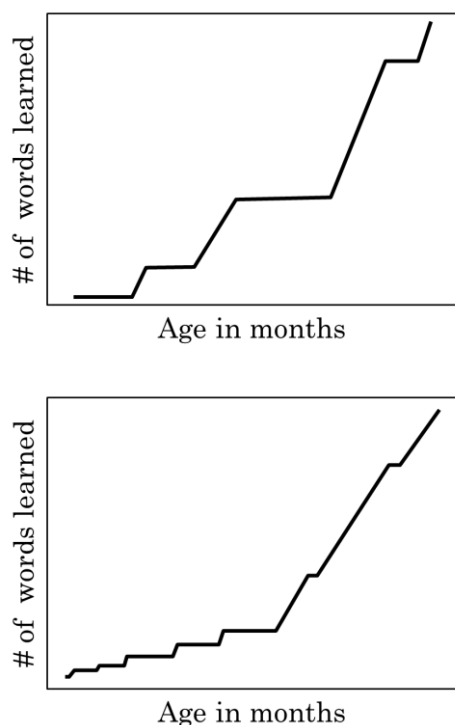


図 2 語彙発達曲線に見られる階段状の変化の概念図 (文献[4]の内容に基づき著者が作図)

は、先に獲得した語の利用など、本論文でのシミュレーションでは扱っていない要因により生じると我々は考えているからである。

## 2. 提案する語彙獲得モデル

McMurray[1]や、Mayor and Plunkett[2]、Hidaka[3]は、ある語を定められた回数以上聞くと獲得されるという単純なシミュレーションを行った。これに対して、本研究のシミュレーションでは、ある語とその語が参照する可能性があるものの共起度数を数え、ある語とその参照対象が特異的に共起することが統計的に有意になった時点でその語が獲得されるとする、より精密なモデルを使用する。

我々のシミュレーションの前提を記す：

- 発話は語に分節済みであるとし、また、参照されるものも分節済みであるとする。
- 語は内容語 (何かを参照する単語) だけでなく機能語 (参照物を持たない単語) も混在してよい。提案する学習アルゴリズムでは、参照物と有意に共起する内容語だけが

獲得される。ただし、簡単のため、本論文では、内容語のみが発せられるとしてシミュレーションを行う。

- 参照されるものは、物体だけでなく、その属性であってもよい。提案アルゴリズムでは、共起情報に基づき、物の属性を表す言葉 (形容詞) も獲得できるし、また、属性の集合として物の名前を獲得する (「りんご」は丸くておいしいもの) こともできる [7]。ただし、簡単のため、本論文では、物の名前 (名詞) と物体との共起による名詞獲得のシミュレーションについてだけ、報告する。
- ある語が発せられたとき、参照される可能性がある物体は複数存在しうるとする。共同注意や状況や獲得済みの知識等により、参照される可能性がある物体を少数に絞り込める場合とそうでない場合があると想定する。

シミュレーションの具体的な手順は以下の通りである：

1. 発話単語をジップの法則に従って1つ選択する。ジップの法則は、出現頻度が  $k$  番目に大きい要素が、全体の出現頻度の  $1/k$  に比例する割合を占めるという経験則であり、単語の使用頻度に適用できるとされている。本シミュレーションでは、単語総数 (物体の種類の数) を  $N$  としたときのある単語  $k$  が発話される確率を(1)式で計算する。

$$f(k, N) = \frac{1/k}{\sum_{n=1}^N 1/n} \quad (1)$$

2. 参照される可能性がある物体をジップの法則に従って所定の数だけ選ぶ。所定の数とは、発話単語に対応する物体を含んだ参照される可能性のある物体の数で、シミュレーション開始時に設定した最小値から最大値の範囲の中から一様な確率でランダムに決定する。「参照される可能性がある物体数」は1つのみでなく複数となる場

合もあり、学習側の絞り込み能力や、数える側がどの程度の学習の足場を提供するかを反映して決まる。

3. 発話された単語と、参照される可能性がある各物体との共起回数をそれぞれ数える。
4. 各単語と各物体について、その時点までの累積共起度数から四分表（表 1）を作成して、Fisher の直接法[8]により、度数パターンの総和確率  $P_t$  を計算する。

Fisher の直接法は、対応のない 2 条件間の比率の差の有意性の検定に使われる。周辺度数( $p, q, r, s$ )を観測された値に固定した場合の、「各セルの度数パターン( $a, b, c, d$ )」（表 1 を参照）が観測される確率  $P$  ((2)式により算出)と「より偏ったパターンが観測される確率」の総和確率  $P_t$  を求める。共起度数が高低どちらに偏っているかは、(3)式により求めた値から区別する。今回は共起度数が特異的に高いものだけに注目し、(3)式の値が 0 未満となる場合は除外する。

$$P = \frac{p!q!r!s!}{a!b!c!d!t!} \quad (2)$$

$$a - \frac{pr}{t} \quad (3)$$

5.  $\theta$  を前もって定めた閾値とし、 $P_t \leq \theta$  であれば、その単語が獲得されたとする。 $P_t \leq \theta$  であることは、ある単語とそれが参照する物体の共起回数が統計的に有意に多いことを意味する。
6. 以上の 1. から 5. を 1 エピソードとして、エピソードを繰り返す。

### 3. シミュレーション実験

本節では、3 つの実験について、それぞれの実験設定、実験結果、および、考察を記す。

#### 3.1. 実験 1

実験 1 では、参照される可能性がある物体のすべてに注目して、発話単語とそれぞれの参照候補

表 1 注目した単語と物体の共起の特異性を調べる四分表

物体 \ 注目単語	「X」	「X」以外	計
<X>	a	b	p
<X>以外	c	d	q
計	r	s	t

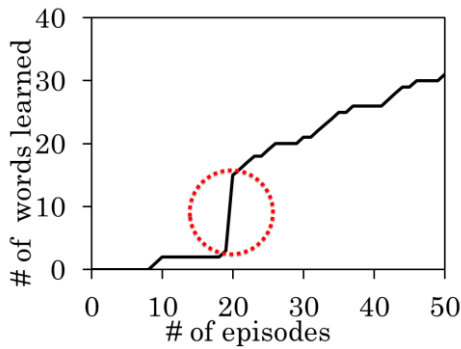
物体との共起回数を数えるとする。参照される可能性がある物体数の最小値と最大値の指定を変えて、獲得単語数の推移がどのように変わるかを調べた（図 3）。本実験では、単語総数（物体の種類総数） $N$  を 1000 語とし、総和確率の閾値を  $\theta = 0.05$  とした。

図 3 では、獲得単語数が急激に増加するところ（グラフ中、点線で丸く囲んだところ）がいくつか存在する。これらの急増箇所では、1 エピソードで同時に複数の単語が獲得されている。これらの同時に獲得された単語について四分表を調べると、それぞれの急増箇所毎に特定の共起度数パターン（表 2）を持った単語が同時に獲得されている。例えば、図 3(a)の急増箇所では、多数の単語の四分表が表 2(a)の共通パターンとなっている。19 エピソードの時点で、1 - 0 - 0 - 18 のパターンの単語が多数あり、これらの単語の四分表が 20 エピソードの時点で、一斉に 1 - 0 - 0 - 19 のパターンになることにより、同時に閾値を超えたことが分かる。

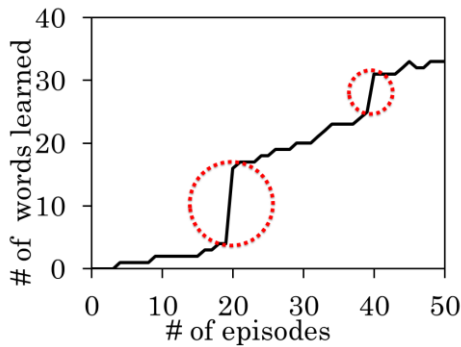
他の急増箇所でも同様に、特定の共起度数パターンの単語がそろって閾値を超えることが起こっているのが表 2 から分かる。なお、図 3(c)では、配置される物体数が 1 から 3 の間で変動するため、共起度数パターンの種類が多くなり、結果として、ある特定の共起度数パターンを共通して持つ単語の数が減るため、階段の大きさが小さくなっている。図 3(d)でも、同様の理由で、さらに階段の大きさが小さくなっている。

#### 3.2. 実験 2

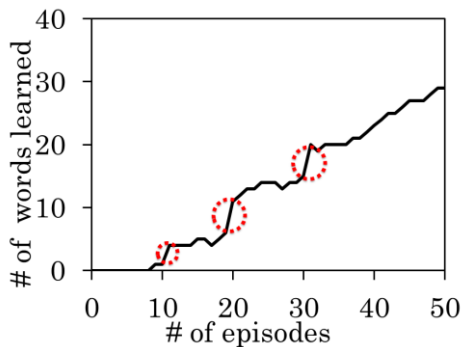
実験 1 では、参照される可能性がある物体すべてに対して、発話単語との共起を数えた。これに



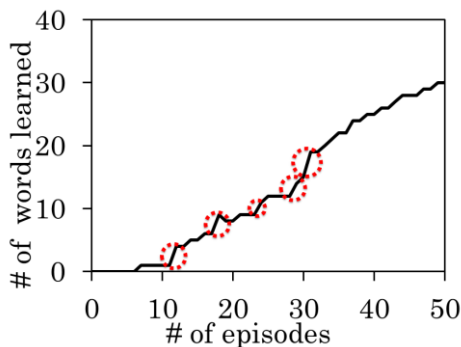
(a) min: 1 max: 1



(b) min: 3 max: 3



(c) min: 1 max: 3



(d) min: 1 max: 5

図3 実験1におけるエピソード数と獲得単語数の推移 (min/max はそれぞれ、参照される可能性がある物体の最小数/最大数)

表2 図3において獲得単語が急増した点における、同時獲得単語に関する四分表のパターン ((a)は図3(a)の急増点での共通パターン、(b-1)は図3(b)の1番目の急増点でのパターン、(b-2)以下も同様。また、min/max はそれぞれ、参照される可能性がある物体の最小数/最大数、EP はエピソード数)

(a) min: 1 max: 1 EP: 20

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	0	19	19
計	1	19	20

(b-1) min: 3 max: 3 EP: 20

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	2	57	59
計	3	57	60

(b-2) min: 3 max: 3 EP: 40

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	1	2
他の物体	2	116	118
計	3	117	120

(c-1) min: 1 max: 3 EP: 11

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	0	20	20
計	1	20	21

(c-2) min: 1 max: 3 EP: 20

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	1	40	41
計	2	40	42

(c-3) min: 1 max: 3 EP: 31

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	1	2
他の物体	0	40	40
計	1	41	42

(d-1) min: 1 max: 5 EP: 12

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	2	58	60
計	3	58	61

(d-2) min: 1 max: 5 EP: 18

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	1	41	42
計	2	41	43

(d-3) min: 1 max: 5 EP: 31

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	2	57	59
計	3	57	60

(d-4) min: 1 max: 5 EP: 31

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	4	97	101
計	5	97	102

対して、実験 2 では、参照される可能性がある物体のうちの 1 つをランダムに選んで注目し、その物体についてだけ発話単語との共起回数を数える。この設定での獲得単語数の推移を図 4 に示す（ただし、(a) の条件は図 3 と同じになるため、省略）。その他の実験設定は実験 1 と同じである。

実験 2 (図 4) では、参照される可能性がある物体のうち 1 つだけに注目して共起回数を数えるため、正しいペアの共起が数えられない場合があり、実験 1 (図 3) と比べて単語獲得速度が遅くなる。特に、図 4(b) では参照される可能性がある物体は必ず 3 つあり、その中の 1 つだけを選んで共起を数えるため、(配置された物体の種類の重複がない場合は) 1/3 の確率で正しい物体の共起を数える設定となっており、それに応じて、単語の獲得速度が図 3(b) に比べて、遅くなっている。

また、図 4 でも図 3 と同様に、獲得単語数が急激に増加するところ（グラフ中、点線で丸く囲んだところ）がいくつか存在する。実験 1 と同様に、これらの同時に獲得された単語について四分表を調べると、それぞれの急増箇所毎に特定の共起度数パターン（表 3）を持った単語が同時に獲得されている。実験 2 では、エピソード毎に共起回数は 1 ずつ数えられるため、表 3(b)~(d) で共起度数パターンに共通している部分がある。例えば、20 エピソードの時点では、表 3(b)~(d) のそれぞれで、1-0-0-19 のパターンが共通している。40 エピソードの時点でも、表 3(c)~(d) で、1-1-0-38 のパターンが共通している。

### 3.3. 実験 3

実験 3 では、総和確率の閾値を緩く設定し、 $\theta = 0.10$  とした。その他の実験設定は実験 1 と同じである。実験 3 での獲得単語数の推移を図 5 に示す。

図 5 でも図 3 と同様に、獲得単語数が急激に増加するところ（グラフ中、点線で丸く囲んだところ）がいくつかあることが分かる。ただし、図 3 に対して図 5 では、急増の大きさが小さく、早い段階で急増点が生じている。例えば、図 3(a) 対

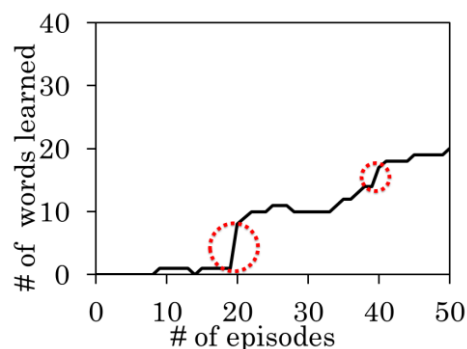
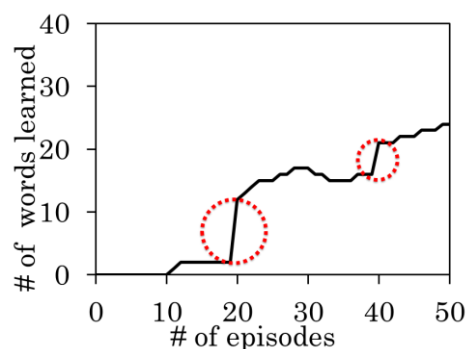
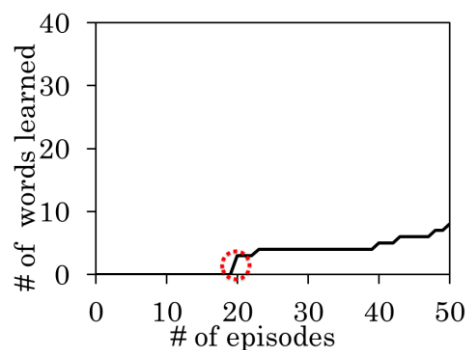


図 4 実験 2: 1 つの物体のみをランダムに注目して発話単語との共起回数を数えるとしたときの、エピソード数と獲得単語数の推移 (min/max はそれぞれ、参照される可能性がある物体の最小数/最大数)

して、図 5(a) では、急増点は小さく、より早い段階で起きている。それぞれの急増箇所毎に共通する特定の共起度数パターン（表 4）を見ると、表 2(a) では、20 エピソードの時点で 1-0-0-19 のパターンとなっているのに対して、表 4(a) では、10 エピソードの時点で、1-0-0-9 のパターンとなっている。閾値  $\theta$  を実験 1 と比べて緩い値に

したことにより、より早い段階で閾値を超えるようになったことが分かる。獲得単語数の急増は、潜在的に学習が進んでいた単語が一斉に閾値を超えることにより生じるが、閾値を緩くしたことでそのタイミングが早くなり、その分、発話され学習が並行して進んでいる単語数が少なくなり、結果、小さい急増が早く表れている。図 5(b)でも同様に、図 3(b)に対して、小さい急増がより早く表れている。図 5(c)では、図 3(c)の 1 番目の急増点が見えなくなっている。これは、図 3(c)の 1 番目の急増は元々小さく、実験 3 で閾値を緩くしたことにより急増が早まり、1 番目の急増のタイミングでは単語が 2 個以上獲得されなかったためである。そのため、図 3(c)の 2 番目・3 番目の急増点、図 5(c)では 1 番目・2 番目の急増点となって表れている。図 5(d)でも同様の理由で、急増点が多く表れて小さくなっているが、元々急増が小さいため、はっきりとした変化としては表れていない。

#### 4. 考察：子どもの語彙獲得への関わり

##### 4.1. 実験 1

実験 1 では、次のことを示した。複数の単語の学習を並行して進めると、単語とその参照物の共起度数パターンが生起確率が、一斉に閾値を超えるという現象が起これ、そのタイミングで獲得単語数が階段状に一気に立ち上がる。この現象は、「共起度数を数え、共起パターンの特異性を統計的に判定する」と言う提案モデルに固有の特殊なものではなく、閾値を有する競合系で一般的に生じると我々は考えている。

図 3 のシミュレーションでは、ある注目した語—ある注目した参照物候補のペアの共起回数だけでなく、その注目した語—注目外の参照物候補のペア、注目外の語—注目した参照物候補のペアや注目外の語—注目外の参照物候補のペアの共起回数も数えて総合的に判定しているが、これは、多数の単語—参照物ペアが互いに競合している系とみなすことができる。ある単語とその単語の正しい参照物との共起回数（四分表（表 1）の a の値）

表 3 図 4 において獲得単語が急増した点における、同時獲得単語に関する四分表のパターン ((b) は図 4(b)の急増点でのパターン、(c - 1)は図 4(c)の 1 番目の急増点でのパターン、(c - 2)以下も同様。また、min/max はそれぞれ、参照される可能性がある物体の最小数/最大数、EP はエピソード数)

(b) min: 3 max: 3 EP: 20

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	0	19	19
計	1	19	20

(c - 1) min: 1 max: 3 EP: 20

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	0	19	19
計	1	19	20

(c - 2) min: 1 max: 3 EP: 40

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	1	2
他の物体	0	38	38
計	1	39	40

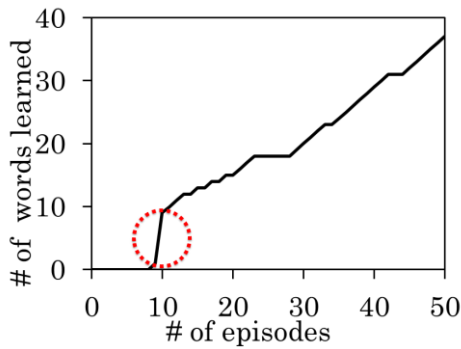
(d - 1) min: 1 max: 5 EP: 20

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	0	19	19
計	1	19	20

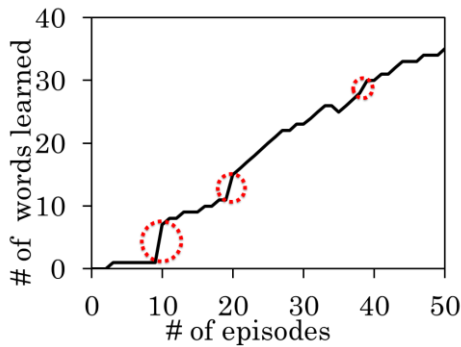
(d - 2) min: 1 max: 5 EP: 40

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	1	2
他の物体	0	38	38
計	1	39	40

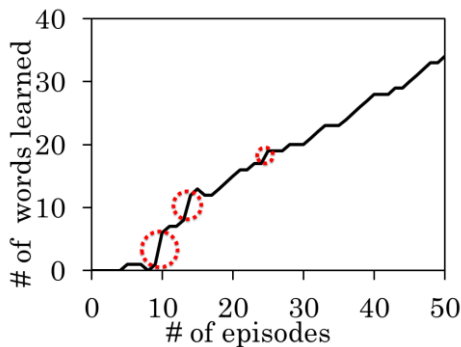
が増えた時、それ以外の各単語に関する四分表(表 1)の d の値も同時にカウントアップされるため、並行して学習が進み、あるタイミングで一斉に閾値を超える現象が起きて、獲得単語数の急増が生じている。この獲得単語数の急増は、例えば、競合系である winner-take-all 型のニューラルネッ



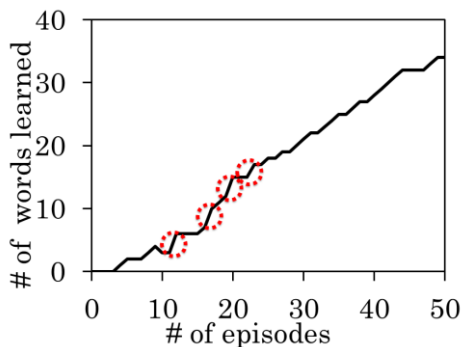
(a) min: 1 max: 1



(b) min: 3 max: 3



(c) min: 1 max: 3



(d) min: 1 max: 5

図5 実験3: 閾値  $\theta=0.10$  としたときの、エピソード数と獲得単語数の推移 (min/max はそれぞれ、参照される可能性がある物体の最小数/最大数)

表4 図5において獲得単語が急増した点における、同時獲得単語に関する四分表のパターン ((a)は図5(a)の急増点での共通パターン、(b-1)は図5(b-1)の急増点でのパターン、(b-2)以下も同様。また、min/max はそれぞれ、参照される可能性がある物体の最小数/最大数、EP はエピソード数)

(a) min: 1 max: 1 EP: 10

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	0	9	9
計	1	9	10

(b-1) min: 3 max: 3 EP: 10

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	2	27	29
計	3	27	30

(b-2) min: 3 max: 3 EP: 20

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	1	2
他の物体	2	56	58
計	3	57	60

(c-1) min: 1 max: 3 EP: 10

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	1	19	20
計	2	19	21

(c-2) min: 1 max: 3 EP: 14

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	2	29	31
計	3	29	32

(d-1) min: 1 max: 5 EP: 12

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	2	2	4
他の物体	3	26	29
計	5	28	33

(d-2) min: 1 max: 5 EP: 17

	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	3	40	43
計	4	40	44

(d-3) min: 1 max: 5 EP: 20

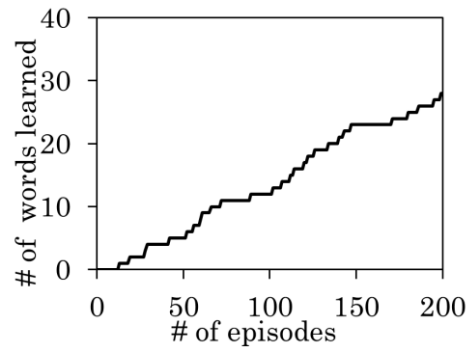
	注目した単語	他の単語	計
参照物体	1	0	1
他の物体	4	45	49
計	5	45	50

トワークで、単語とその参照物の対応を学習させても、一斉に学習が進む現象として、同様に起こり得ると考えられる。

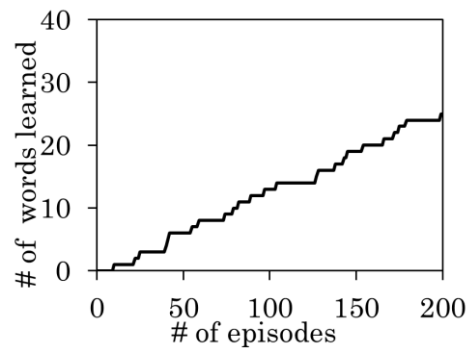
これに対して、閾値を有する競合系を構成していない場合には、獲得単語数の急増は生じない。図 6 に、単語とその単語が参照する物体との共起回数が 2 回以上となった場合に、その単語が獲得されるとするシミュレーションの結果を示す。図 6 では、乱数の影響による揺れによって、獲得単語数は小さな階段状に推移しているが、獲得単語数の増加速度はほぼ一定であり、1 エピソードで同時に複数の単語が獲得されている部分は存在しない。このシミュレーションでは、ある注目した語—ある注目した参照物候補のペアの共起回数が閾値を超えただけでその単語を獲得したとしており、その注目した語—注目外の参照物候補のペア、注目外の語—注目した参照物候補のペアや注目外の語—注目外の参照物候補のペアの共起回数は考慮していないため、競合系を構成していない。

このシミュレーション（図 6）でも小さい段ができることを考慮すると、階段状の変化の原因には少なくとも 2 つあると言えよう。1 つは一斉に閾値を超える現象（図 3）、もう 1 つは、出現する語の確率的な揺らぎ（図 6）であり、前者は大きい段や小さい段を生み出していて、後者は小さい段を生み出していると考えられる。

また、実験 1 では、参照される可能性がある物体数を変えると、単語獲得数の推移に見られる階段の大きさや数が変わることを示した。子どもの絞り込み能力の違いや、養育者がどの程度の学習の足場を提供するかの違いにより、参照される可能性がある物体数が変わると考えられるが、このことが、子どもの語彙発達曲線の階段状の変化の数や大きさの違いとなって表れている可能性がある。例えば、語彙発達曲線に大きい階段状の変化が見られる幼児は、共同注意等に基づいた絞り込みがうまくできていると考えられる。この仮説を、子どもの語彙発達データと合わせて共同注意の能力を調べることにより検証できたとすれば、子どもの語彙発達データから、その子がどの程度、参



(a) min: 1 max: 1



(b) min: 3 max: 3

図 6 共起した回数のみで学習判定したシミュレーションでの、エピソード数と獲得単語数の推移（min/max はそれぞれ、参照される可能性がある物体の最小数/最大数）。図 3 のシミュレーションに対して、ある注目した語—ある注目した参照物候補のペアの共起回数が閾値を超えただけでその単語を獲得したとしており、その注目した語—注目外の参照物候補のペア、注目外の語—注目した参照物候補のペアや注目外の単語—注目外の参照物候補のペアの共起回数は考慮していないため、図 3 のような大きな階段状の変化は生じない。

照物の絞り込みをしているかを推測できる可能性がある。

## 4.2. 実験 2

参照される可能性のある物体が複数ある場合に、子どもはそれらすべての物体との共起を数えている可能性（実験 1：図 3）と、その中の 1 つだけに絞った物体との共起を数えている可能性（実験 2：図 4）があると考え、このそれぞれの場合の発達曲線を比較した。(b)(c)(d)に見られるように実



験設定によってこの両者の関係は多様であるが、比較的一般的な設定と考えられる(c)(d)で比較すると、後者の方が大きい階段ができる傾向がありそうである。

### 4.3. 実験3

実験3では、単語獲得を判定する閾値が  $\theta=0.10$  で、実験1に対して緩い値となっており、この条件では、急増の大きさは小さく、急増のタイミングは早く表れる。閾値  $\theta$  は、子どもの判断の慎重さを表すパラメータであると解釈できる。慎重な判断をして十分確からしくなるまで新しい語を使わない子と、よく分からなくてもどんどん使う子を比べると、前者は階段状の変化が大きく遅く表れる語彙発達曲線を示し、後者は階段状の変化が小さく早く表れる語彙発達曲線を示す傾向があると予想できる。

### 4.4. 総合的考察

以上をまとめると、次の予想を立てることができる：

次の2つの能力や性質を両方備えた子どもの語彙発達曲線は、大きい階段状の変化を示す。

- (1) 参照物の候補を十分絞り込める、または、勝手に絞り込んでしまう。
- (2) 慎重に判断して初めての語を使用する。

獲得語彙の縦断的記録とともに、心理実験により子どもの能力や性質を調べることにより、上記の予想が成立するかどうかを検証することは、容易ではないが可能であると考えられる。心理学分野の専門家の協力を得て、ぜひ挑戦したい。

## 5. まとめ

本論文では、子どもの縦断データに見られる獲得単語数の階段状の変化に着目し、計算機シミュレーションにより、同様の階段状の変化が起こることを示した。本シミュレーションでは、発話された単語とその語の指示対象となりうる物との共起回数を数え上げ、特異的な共起があることが有意に示された時点でその語が獲得されたとした。

さらに、この階段状の変化が生じるのは、ある注目した語とある注目した参照物候補の共起度数だけでなく、その注目した語—注目外の参照物候補のペア、注目外の語—注目した参照物候補のペアや注目外の語—注目外の参照物候補のペアの共起度数も含めた統計的な計算において、あるタイミングで複数の語に対する統計値が同時に閾値を超えて変化することが原因であることを示した。さらに、複数の条件でのシミュレーションにより、幼児が持つ絞り込み能力や判断の慎重さの違いが、幼児語彙発達曲線の階段状の変化の個人差となって表れる可能性があることを示した。

## 参考文献

- [1] B. McMurray, (2007) “Defusing the Childhood Vocabulary Explosion”, *Science*, Vol. 317, No. 5838, p. 631.
- [2] J. Mayor and K. Plunkett, (2010) “Vocabulary Spurt: Are Infants full of Zipf?”, 2010 International Conference on Infant Studies, 4-011-44.
- [3] S. Hidaka, (2009) “Different Classes of Words Are Learned in Different Ways”, *Proceedings of the Thirty-First Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 2316-2321.
- [4] 南泰浩, 小林哲生, 杉山弘晃, (2012) “折れ線近次による語彙爆発開始時期の推定”, *信学技報*, Vol. 111, No. 471, SP2011-159, pp. 25-30.
- [5] 南泰浩, 小林哲生, 杉山弘晃, (2012) “線形関数とプラトー割込による幼児語彙発達のモデル化”, *言語処理学会第18回年次大会発表論文集*, pp. 50-53.
- [6] 荒木修, 深田智, 尾関基行, 岡夏樹, (2012) “語彙発達曲線に見られる階段状の変化の原因についての一考察”, *信学技報*, Vol. 112, No. 176, HCS2012-36, pp. 19-23.
- [7] 荒木修, 深田智, 尾関基行, 岡夏樹, (2011) “語意獲得とはどのような問題か：普通名詞と指示詞の意味獲得の計算機シミュレーションに基づく考察”, *HAI シンポジウム 2011*, III-2B-4.
- [8] R. A. Fisher, (1922) “On the Interpretation of  $\chi^2$  from Contingency Tables, and the Calculation of P”, *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 85, No. 1, pp. 87-94.