

語彙獲得における社会的環境と対称性バイアス

Symmetry bias and social environment in lexical acquisition

清水 隆宏^{*1}
Takahiro Shimizu

高橋 達二^{*2}
Tatsuji Takahashi

^{*1} 東京電機大学大学院
Graduate School of Tokyo Denki University

^{*2} 東京電機大学理工学部
School of Science and Technology, Tokyo Denki University

In cognitive science, illogical tendency of inference of human called symmetry and mutual exclusivity biases are studied. There is a model that implements the two biases in a flexible way, loosely symmetric (LS) model. With LS, we test the effect of having flexible biases in infant word learning in a social environment with other infants is modeled.

1. はじめに

人間は、「 p ならば q 」から「 q ならば p 」と「 $\neg p$ ならば $\neg q$ 」という非論理的な推論を行う。このような傾向は認知科学ではそれぞれ対称性・相互排他性バイアスと呼ばれ、人間がこの2つのバイアスを完全ではなく、緩やかに働かせていることが知られている。この2つのバイアスを緩く持つモデル (Loosely Symmetric model: LS) が提唱され、人間の因果的直観を忠実に記述するだけでなく、機械学習分野での諸タスクにおいて優れた成績を収めている。

本研究では、幼児を取り巻く実社会を模した環境で、LS に従う幼児エージェントにおいて、緩くバイアスを持つことが語彙獲得過程で与える影響を検討する。

2. 推論モデル

これまでの研究で、対称性バイアスと相互排他性バイアスを含む非論理的推論モデルが提唱されている。本章で述べるモデルにおける a, b, c, d はそれぞれ p と q という事象の共起頻度、あるいは共起確率である $pq, p\bar{q}, \bar{p}q, \bar{p}\bar{q}$ に対応する(表1)。

表1 : 共起情報の 2×2 分割表

	q	\bar{q}
p	a	b
\bar{p}	c	d

条件確率モデル (conditional probability: 以下 CP) は、共起情報による条件付き確率である [篠原 2007]。

$$CP(q|p) = \frac{a}{a+b} \quad (1)$$

完全対称性モデル (rigidly symmetric: 以下 RS) は対称性、相互排他性を完全に持つ [篠原 2007]。

$$RS(q|p) = \frac{a+d}{a+b+c+d} \quad (2)$$

緩い対称性モデル (loosely symmetric: 以下 LS) は対称性、相互排他性を緩やかに持つ [篠原 2007]。

$$LS(q|p) = \frac{a + \left(\frac{b}{b+d}\right)d}{a+b + \left(\frac{a}{a+c}\right)c + \left(\frac{b}{b+d}\right)d} \quad (3)$$

3. シミュレーション

対象とラベルの共起情報から語彙を学習する幼児エージェント (infant agent: 以下 IA) をモデル化する。IA は用いる推論モデルによって、IACP, IARS, IALS とする。これらの IA は「対象 o に対応するラベルは l である」という対応関係の信念 $B(l|o)$ 、「ラベル l に対応する対象は o である」という対応関係の信念 $B(o|l)$ を学習により形成する。信念は各推論モデルを用いて計算する。IA は形成された信念により 3 つの課題に対し判断をする。 a, b, c, d は各々 $lo, \bar{l}o, l\bar{o}, \bar{l}\bar{o}$ の共起確率に対応し、以下の式を用いて計算する。

$$a = P(l, o) \quad (4)$$

$$b = \sum_{l' \neq l} P(l', o) \quad (5)$$

$$c = \sum_{o' \neq o} P(l, o') \quad (6)$$

$$d = \sum_{l' \neq l} \sum_{o' \neq o} P(l', o') \quad (7)$$

本研究では、IA をモデル別に集団を作り、集団内の個体数 5 体としてシミュレーションを行う。IA は大人からある対象 o を見せられ、その対象に対応するラベル l を聞く事で学習する。大人からの教示はランダムに対象 5 つ選ぶ。そして、ラベルを 1 つ提示する。提示されたラベル

がどの対象を指しているのかを各々の信念により判断し、対応関係を学習する。また、大人からの教示の他に IA 同士での教示も行う。これは、幼児が幼稚園などで他児童、あるいは歳の近い兄弟と言葉を教え合ったり、言葉遊びをするという現実的なダイナミクスである。各 IA は自身の信念を使用し、他 IA に教示する。対象は色と形の 2 つの属性を持ち、ラベルは各々に対応するものとする。属性は色属性 10 種、形属性 20 種とし、対象は計 200 種を用いる。ラベルは計 30 種を用いる。教示はターン毎に計 50 回繰り返す。50 回中 5 回を大人からの教示とし、45 回を IA 同士の教示とする。

3.1 課題

Test1 は教師の「 o は何?」という質問に対し、正しい l を答えられるかをテストする。

$$\text{What}(o) = \arg \max_l B(l|o) \quad (8)$$

Test2 は大人の「 l はどれ?」という質問に対し、正しい o を答えられるかをテストする。

$$\text{Which}(l) = \arg \max_o B(o|l) \quad (9)$$

Test3 は IA が大人に「 l を取って」とお願いし、取ってもらった o が望みの対象であるかをテストする。大人が取る対象 o' は $\text{Which}_a(l)$ によって与えられる。

$$\text{What}(\text{Which}_a(\text{What}(o))) = \text{What}(o) \quad (10)$$

4. 結果

図 1, 2, 3 は各 IA の集団毎における各課題の額種過程を横軸ターン数、縦軸正答率で表している。Test1, Test2 では IALS の正答率の時間発展が良く、Test3 では IACP 以外の IA が正答率の向上がみられた。

図 4, 5 は学習初期である 10 turn 目の IALS と IACP の信念をグラフ化したものである。

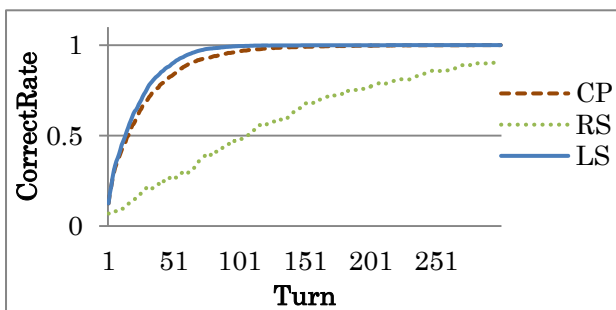


図 1: Test1 の正答率の時間発展

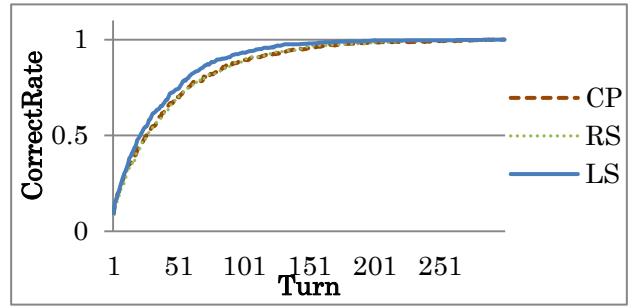


図 2: Test2 の正答率の時間発展

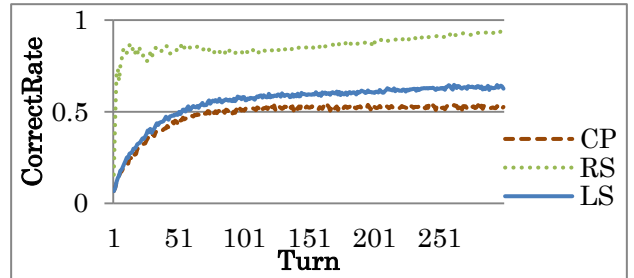


図 3: Test3 の正答率の時間発展

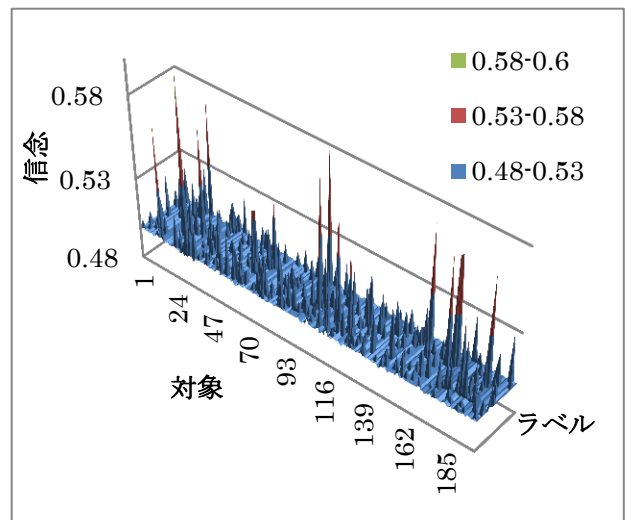


図 4: 10 turn での IALS の信念 $B(l|o)$

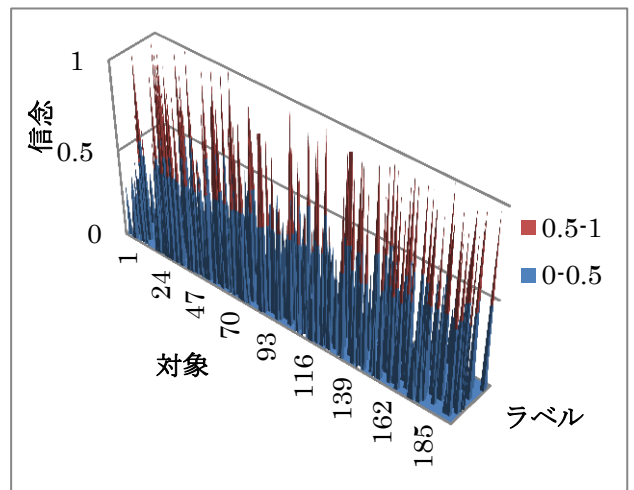


図 5: 10 turn での IACP の信念 $B(l|o)$

5. 考察

図 4, 5 は 10 Turn での IALS と IACP の全ての対象とラベルにおける信念 $B(I|o)$ をグラフ化したものである。図 1 からわかるとおり 10 Turn では信念形成の途中であるため正答率が低い。そのため、IA 間で行われる相互作用では誤った情報が伝わってしまう。図 5 の IACP の信念ではその誤った情報による誤信念の形成が顕著にあらわれている。しかし、図 4 の IALS の信念を見ると誤信念の形成はみられるが、IACP のように誤った情報の影響を強く受けてはいない。

以上のことから、IALS は学習初期での誤った情報の影響を IACP よりも受けにくい、その後の信念形成が他 IA よりも速く行うことができると考えられる。そのため、Test1 と Test2 の正答率の時間発展の結果で IALS が良い成績をおさめたと考えられる。

6. おわりに

本研究は、語彙獲得過程において IA 同士の相互作用が学習課程にどのような影響を及ぼすかを検証した。IALS は、未発達な信念を持つ IA 同士の相互作用を許した集団においても、対称性バイアスの調律機構により性質の異なる課題に対応する能力を持つと考えられる。

参考文献

- [篠原 2007] 篠原修二, 田口亮, 桂田浩一, 新田恒雄: 因果性に基づく信念形成モデルと N 本腕バンディット問題へ応用, 人工知能学会論文誌 22 巻 1 号 G, pp.58-68, 2007.
- [篠原 2006] 篠原修二, 田口亮, 桂田浩一, 新田恒雄: 語彙獲得課題における非論理的推論の有効性, *ISPJ Symposium Series* Vol. 2006, No. 10, pp. 187-194, 2008.
- [甲野 2010] 甲野佑, 高橋達二: 因果帰納の調和対称ヒューリスティクス, 日本認知科学会第 27 回大会発表論文集, 43-46, 2010.
- [高橋 2010] 高橋達二, 菅野宏明: 因果帰納の対称性と非対称性, 日本認知科学会第 27 回大会発表論文集, 199-200, 2010.
- [Takahashi 2011] Tatsuji Takahashi, Shuji Shinohara, Kuratomo Oyo, Asaki Nishikawa, Cognitive Symmetries as Bases for Anticipation: a Model of Vygotskian Development Applied to Word Learning, *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, 24, 95-106, 2011.