

発達研究固有の実験的制約を考慮した定量的分析方法 ～バイリンガルの新奇語汎化課題に対する応用～

日高 昇平・吉田 華子・齋木 潤

(受賞の言葉)

発達心理学研究は対象となる子供が日々学習, 成長し, その過程を追究する非常に魅力的な領域である。それにもかかわらず, いやそうであるがゆえ, 大人を対象とする他の研究領域と違い, 子供を対象とする心理実験には多くの制約が付き纏い, そのメカニズム解明の手がかりとなる情報が失われてしまう気がしてならない。そこで, 発達過程の理論的研究者の立場から, より定量的な分析をするための方法論を考え, 本研究の分析方法の提案に至った。実際に, 学会発表の際には本研究で示した事例のように分析方法に疑問を感じる参加者との意見交換ができ, 実験的研究者と理論的研究者の協調の必要性を感じた。このような背景があるので学際的な日本認知科学会で今回, 本研究が評価された事は非常に嬉しい。最後に, 本研究に関する有益な議論, 助言をいただいた京都大学大学院の齋木潤助教授, インディアナ大学の吉田華子さんに深く感謝致します。

目的・背景

言語が認知発達過程においてカテゴリや概念を形成する手掛かりとして働く事が, 多くの研究から示唆されている。幼児の語彙・概念形成は特徴の統制された物体に対する新奇語の汎化課題が一般に用いられている。堅固な人工物に対して新奇語が付与された場合, 幼児は同じ形をした物体に対して新奇語を汎化するが, 物体が動物を示唆する (e.g. 目, 手足など) 属性を持つ場合には, 形, 肌理など複数属性の類似性により新奇語を汎化する (Jones & Smith, 2002)。さらに, 日本語モノリンガルのほうが英語モノリンガルより早い時期に動物性を識別する (Yoshida & Smith, 2003)。それでは, 日本語・英語を同時に学習する幼児はどのような新奇語汎化を行なうのだろうか。本研究の第一の目的は, バイリンガルにおける動物・人工物の概念形成を, 教示言語, 物体の動物性の違いによる新奇語の汎化

パターンを調べる事で議論する事である。しかし, 発達研究固有の問題として一個人で多数の試行が困難であり, 個人差が大きい場合がしばしばあり, 詳細な分析が困難である場合が多い。そこで, 本研究の第二の目的は典型的な新奇語汎化課題における回帰モデルと bootstrap 法の有効性を示す事である。

バイリンガル新奇語汎化課題

協力者

協力者は日本語・英語バイリンガル 31 名 (月齢: 26.5-52.7ヶ月) うち 2 名を実験未完了により除外, 日本語 MCDI (Ogura, Yamashita, Murase, & Dale, 1993)¹⁾ の平均語彙数 275.8 語 (標準偏差 = 156.0), 英語 MCDI (Fenson, Dale, Reznic, Bate, Hartung, Pethick, & Reilly, 1993) の平均語彙数 238.3 語 (標準偏差 = 135.0) であった。

手続き

実験者が標準刺激を幼児に提示し新奇語を命名

A Quantitative Analysis of Novel Word Generalization in Consideration of Experimental Constraints in Developmental Studies, by Shohei Hidaka (Kyoto University), Hanako Yoshida (Indiana University), and Jun Saiki (Kyoto University).

1) The Mac Arthur-Bates Communicative Development Inventory: 幼児の発話, 理解などの言語発達の調査用紙で, 30ヶ月児の 50%が獲得する語彙が記載されている。

した後に、幼児は選択刺激が新奇語であるかどうか yes/no 判断が求められた。実験条件は教示言語（英語「This is a X.」「Is this a X?」/日本語「これは X だよ.」「これは X かな.」, 2 条件), 標準・選択刺激の目 (付属/付属なし, 2 条件), 選択刺激の標準刺激に対する知覚類似性 (同一/形類似/肌理類似/色類似/形・肌理類似/形・色類似, 6 条件). 1 協力者の各条件における試行数は 2 回で全試行数は $2^3 \times 6 = 48$ 回であった。

結果

全条件における新奇語汎化パターンを図 1 に示す。結果が示すように幼児の反応パターンには大きな分散があり分散分析による条件の有意差は見られなかった, これは協力者の言語学習状況の個人差 (大きな語彙獲得数分散), また yes/no 判断課題に固有の問題を反映している可能性がある。そこで, 以下では類似性判断モデルを用いた分析を行ない, 本実験のように個人差の大きな発達心理学実験に対するモデル分析の必要性, 有効性を議論する。

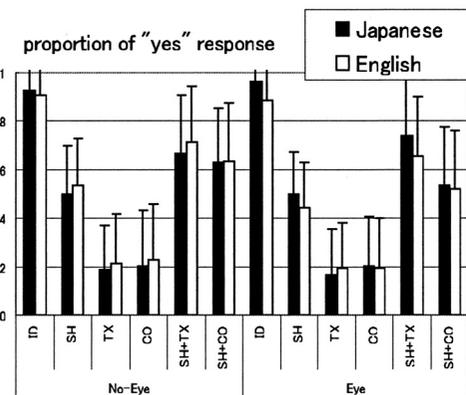


図 1 バイリンガルによる新奇語汎化課題: ID, SH, TX, CO はそれぞれ同一, 形, 肌理, 色類似条件を表す。

個人差を考慮した分析

本来, 新奇語汎化課題において, 実験者の興味の対象は反応パターンが反映する幼児の内的な類似性である。ここで以下では, 新奇語汎化課題における類似判断を心理的距離 (非類似性: 図 2 の横軸) に対して類似性 (yes 反応) 判断 (図 2 の縦軸) が単調減少の意思決定曲線に従うと定式化し議論する。幼児の

内的類似性がある正規分布に従うとすれば, 決定曲線が線型である場合, 反応パターンはスケールが違ってだけで, 内的類似性と同一して分析してよい事になる。しかし図 2a の場合, 二峰分布になり, 正規分布を仮定し平均, 分散を検定する事に意味はない。ただし協力者・課題に依存した個人差が小さい場合 (図 2b) は局所線型性を仮定でき正規分布による検定に問題はない。そこで本研究では内的類似性を非線型回帰により推定し bootstrap 法を併用することで, 新規汎化課題の分析を行なった。

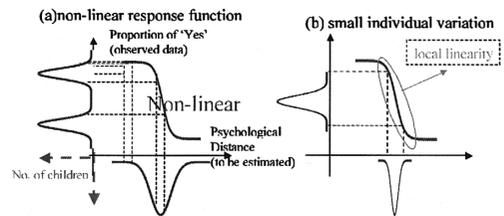


図 2 反応パターンと非線型の意志決定関数

具体的には標準刺激と選択刺激の属性類似度, 属性に対する協力者の感度, 反応バイアスを以下の式 (1, 2, 3, 4) により定義し, 推定した属性感度の分析を行なった。

$$d^t \Sigma d = \sigma_S d_S^2 + \sigma_T d_T^2 + \sigma_C d_C^2 \quad (1)$$

$$\Pr(yes|Linear) = -m d^t \Sigma d + b \quad (2)$$

$$\Pr(yes|Log) = \exp(-m d^t \Sigma d + b) \quad (3)$$

$$\Pr(yes|Logistic) = (1 + \exp(-m d^t \Sigma d + b))^{-1} \quad (4)$$

ただし $m > 0$ はスケール, $b > 0$ は反応バイアスを表す自由パラメタである。また $d = (d_S, d_T, d_C)^t$ は形類似条件である場合 $d = (0, 1, 1)^t$ であり, Σ は要素が $\sigma_S, \sigma_T, \sigma_C$ の対角行列である。つまり標準刺激と選択刺激の類似度は実験的に統制された類似度 d が, 幼児の内的な属性感度 Σ によって重み付けられた距離 $d^t \Sigma d$ により決定されるとする。我々の興味は属性感度 Σ であるので, b, m を含めた 5 パラメタを協力者個人の反応パターンに対する 2 乗誤差を最小化することで決定した。決定関数は, 線型モデル (式 1), Log モデル (Luce, 1959) (式 2), Logistic 関数モデル (式 3) の内から, 新奇語汎化パターンへの適合性を比較する事で選択する。また, 回

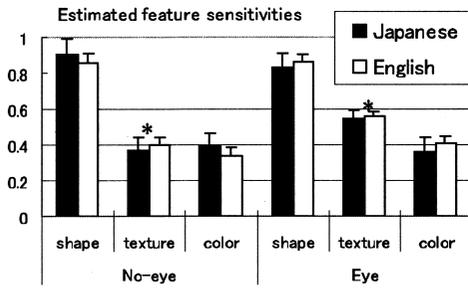


図3 属性感度 σ_S , σ_T , σ_C . 誤差は bootstrap 標準偏差.

表1 新奇語汎化パターンと月齢・語彙獲得数との相関 (母相関 0 に対する検定: *は $p < .05$, **は $p < .01$ を表す)

		Japanese		English	
		no eye	eye	no eye	eye
age	SH	.01	.28**	.16*	-.07
	TX	.17*	-.04	.07	.27**
	CO	.37**	.07	.32**	.18**
Japanese MCDI	SH	-.04	.09	.19**	.17*
	TX	.15*	.11	-.01	.32**
	CO	.16*	.13*	.15*	.04
English MCDI	SH	.13*	.17*	.16*	.20**
	TX	-.01	-.03	-.18**	-.16*
	CO	-.08	-.14*	.29**	.03

帰分析の信頼性を示し、協力者の語彙数と課題成績の相関を求めるために、全協力者から一部の集団を無作為に抽出し、その集団に対するモデルの推定値を得る事を複数回繰り返す bootstrap 法を用いた。

結果・考察

線型 (式2)・Log (式3)・Logistic (式4) 回帰モデルの新奇語汎化パターンへ適合性 (6 属性条件 \times 29 人 = 174 自由度) は、Log モデルが 4 条件全て (教示 \times 動物性) で最も適合した (それぞれ 4 条件平均の AIC は 436.5, 170.0, 180.5)。この結果から本実験は個人差が大きく、非線型性を考慮すべきケース (図 2a) である事が示唆されたので、以下では Log モデルによる分析結果を示した。全協力者の反応パターンに対する Log モデルによる回帰により推定した属性感度 Σ が図 3 である (4 条件全てで $b = 0$, $m = 12$)。Bootstrap 法により、全協力者 29 人から無作為抽出した 22 人に対する回帰モデル推定値 20 サンプルに対して Friedman 検定 (ノンパラメトリック 2 要因分散分析) を行なった結果、肌理感度 σ_T に関

してのみ、刺激の眼 ($p < .01$)、教示言語 ($p < .01$) の主効果がみられた。つまり幼児は動物性の物体の場合、教示言語によらず肌理感度を上げ、また日本語教示で非動物性の物体に対しては肌理感度を下げる事が示唆された。表 1 は bootstrap サンプルの平均の月齢、日本語・英語語彙数と属性感度との相関値を示している。相関分析により、日本語語彙の多い幼児は英語教示条件の眼あり物体でも、日本語教示では眼なし物体でも肌理感度が高く動物性を重視し、英語語彙の多い幼児は全条件で形感度が高い事が分かる。

結果を総合すると、日本語教示または刺激の眼により幼児は動物性を重視し (肌理感度上昇)、日本語語彙の学習と動物性概念の獲得は相関している事が示された。また、個人差の大きい発達心理実験においても、適切なモデルの選択により有効な分析が可能である事が示された。

謝辞

本研究は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム (京都大学, D-2) の補助を受けた。

文献

Fenson, L., Dale, P., Reznic, J. S., Bate, E., Hartung, J. Pethick, S., & Reilly, J. (1993). Macarthur communicative development inventories. San Diego.

Jones, S. S. & Smith, L. B. (2002). How children know the relevant properties for generalizing object names. *Developmental Science*, 5, 219-232.

Luce, R. D. (1959). On the possible psychological laws. *The Psychological Review*, 66, 81-95.

Ogura, T., Yamashita, Y., Murase, T., & Dale, P. (1993). Some preliminary findings from the Japanese early communicative inventory. In *Paper presented at the Sixth International Conference for Child Language*.

Yoshida, H. & Smith, L. B. (2003). Shifting ontological boundaries: How Japanese- and English- speaking children generalize names for animals and artifacts. *Developmental Science*, 6, 1-34.

(Accepted 29 July 2005)



日高 昇平 (学生会員)

1979年生。2002年、九州大学理学部生物学科卒業。2004年、京都大学大学院情報学研究科修士課程修了。現在、京都大学大学院情報学研究科博士後期過程在学中。概念形成、語彙獲得の理論的研究に従事。