

修士論文

言語的カテゴリによる幼児の語彙獲得バイアスの変化

指導教官 齋木 潤 助教授

京都大学大学院情報学研究科
修士課程知能情報学専攻
平成14年4月入学
平成16年3月修了

日高 昇平

平成16年2月13日

言語的カテゴリによる幼児の語彙獲得バイアスの変化

日高 昇平

内容梗概

1歳半ごろの語彙爆発と呼ばれる時期から幼児は驚くべきスピードで語彙を獲得していき、たった一度の新奇語の提示で語の意味を暫定的に推測が可能であることが報告されている。多数の可能な解釈が存在する [16] 日常の場面で、なぜ幼児は新奇語の指示対象を推測することができるのであろうか。近年の研究において、幼児は自分を取り巻く環境や、語彙のありようについての知識を制約として利用することで語彙獲得を促進するメカニズムが提案されている [9, 12]。例えば物体の命名の場面で幼児は形を基準に物体を分類する傾向があることが知られており、形バイアスと呼ばれ、幼児は物体の性質に関する制約知識を持つと考えられている [9]。さらに複数の研究により、このような制約知識には言語差があることが報告されている [4, 25, 26]。しかし幼児の制約知識の獲得、利用のメカニズムは明らかではなく、本研究では主にその説明モデルを提案するために以下の実験を行った。(1) ニューラルネットワークモデルで形バイアス獲得のシミュレーションを行った。(2) SD 法 [15] により、日常物体に関する成人の語彙知識の特性を定量化することで、制約知識の推定を行った。(3) 幼児の言語間比較の心理実験結果を実験 (2) の結果を利用した計算論的モデルでシミュレーションを行った。

実験 (1) では、知覚的特徴の関係性から形バイアスを発現する先行研究のメカニズム [2, 19] には幾つかの条件が必要であり、前言語的な学習の重要性などが示唆された。実験 (2) の結果、物体の主要なカテゴリ基準は固形性、動きなどであることが示唆され、さらにその調査結果に言語的パラメータを付加するモデルで日本語、英語固有のカテゴリ基準を再現可能であることを示し、Yoshida & Smith [26] の境界移動仮説に対する計算論的モデル提案を行った。実験 (3) では境界移動仮説の根拠となる日本語話者・英語話者の幼児を比較した心理実験の結果を (2) の結果を基にしたモデルにより再現し、実験 (2) で提案したモデルの妥当性が示唆された。以上のことから、語彙獲得を促進する認知的バイアスの形成には知覚的要因による制約知識の獲得と、それに対する言語固有のカテゴリ化による分割が相互作用することが重要であることが示唆された。

The linguistic category influence on the children's bias of word acquisition

Shohei Hidaka

Abstract

Past research reported that children could instantly infer novel word meanings presented only once. How do they infer the meanings despite novel words in ambiguous situations? Recently many works suggested that children used prior knowledge as constraints to generalize novel words. What is their prior knowledge? , and how do they acquire the knowledge? For example, several research suggested that children had the bias to categorize objects based on shape, which is called 'shape bias'.

In this research, we (1) simulated the acquisition of 'shape bias' by the neural network model, (2) surveyed adults to analyze the statistical structure of vocabulary, and (3) simulated the cross-linguistic experiment suggesting the linguistic effect on children's bias by using the result of (2).

The experiment (1) suggested that the model needed some assumptions to show the acquisition of 'shape bias'. In the experiment (2), we quantified the knowledge about entities, and showed its factors. Furthermore, we proposed the mechanism how the linguistic categories influenced the perceptual knowledge about entities. In the experiment (3), we simulated the experiment of Yoshida & Smith[26] with the estimate of (2). The result suggested the relevance of (2). In conclusion, the experiments suggests that the interaction between perceptual factors and linguistic factors promotes children's word acquisition.

言語的カテゴリによる幼児の語彙獲得バイアスの変化

目次

第1章	序論	1
1.1	ヒトの認識メカニズム	1
1.2	Quine の問題	1
1.3	Fast mapping	2
1.4	語彙獲得バイアス	2
1.5	存在論的カテゴリ (ontological category)	4
1.5.1	objects/substance, animates/inanimates	4
1.5.2	言語的カテゴリと存在論的カテゴリ	5
1.5.3	境界移動仮説	6
1.6	本研究の目的	7
第2章	実験1	9
2.1	目的	9
2.1.1	先行研究	9
2.2	方法	10
2.2.1	ネットワークアーキテクチャ	10
2.2.2	学習対象	12
2.2.3	手続き	13
2.3	結果	15
2.4	考察	15
第3章	実験2	21
3.1	目的	21
3.2	方法	22
3.2.1	実験協力者	22
3.2.2	材料	22
3.2.3	手続き	22
3.2.4	分析方法	24
3.3	結果	26
3.3.1	予備調査1の結果	26

3.3.2	予備調査 2 の結果	29
3.3.3	語彙調査の結果	29
3.4	考察	35
3.4.1	語彙知識の構造	35
3.4.2	言語的カテゴリーの影響	37
3.4.3	先行研究との比較	38
3.4.4	境界移動仮説についての議論	39
第 4 章	実験 3	41
4.1	目的	41
4.1.1	先行研究	41
4.2	方法	43
4.3	結果	45
4.4	考察	45
第 5 章	総合考察	50
5.1	知覚構造の連合学習による形バイアスメカニズム	50
5.2	存在論的知識の推定	50
5.3	言語的カテゴリーの影響メカニズム	51
5.4	言語間比較の心理実験の再現	52
5.5	境界移動仮説の拡張	52
5.6	方法論的問題点	53
5.7	結語	57
	謝辞	58
	参考文献	59
	付録	A-1
A.1	調査に用いた語彙	A-1
A.1.1	典型的初期獲得語彙	A-1
A.1.2	言語尺度対	A-1
A.2	実験 2 語彙調査のデータ	A-2

第1章 序論

1.1 ヒトの認識メカニズム

ヒトの認識機構においてカテゴリ化は必要不可欠な能力である。ほとんど無限に存在する多様な事象に対して、効率よく処理を行うためには情報の圧縮、すなわちカテゴリ形成を行うことが一つの解決法である。人は卓越した言語能力をもつが、語彙獲得は高度なカテゴリ化能力の結果生じるといえる。例えば我々が‘りんご’という言葉を使うとき、ほとんどの場合「赤く」、「丸く」、「甘酸っぱい」物体を思い浮かべるだろう。我々が相互に意思疎通が可能であるのは、‘りんご’という語に対応する物体に対して我々が共通して同じ知覚的特徴でとらえているからである。‘りんご’の場合は、「丸い」「赤い」などが‘りんご’カテゴリを表す主な特徴であったが、個々の物体の無数にあり得る特徴の中で、どのように情報を取捨選択するべきであろうか？ どのような対象に対してカテゴリを割り当てるかは自明なことではなく、我々が対象のどの特徴に注目しているのかという問題は非常に興味深い。

1.2 Quineの問題

Quine[16]は初期段階の語彙獲得の困難性を次のような例で説明している。例えば、我々が未知の文明に接触し、現地語について全く知識がない状態で現地語と母国語とを対応づける辞書を作成する場合を考えてみる。我々は現地語の知識が無いので、現地人の発話と状況をあわせて発話の指示対象を推定するしかない。仮に、現地人がウサギを指して‘gavagai’と発話したとする。我々はどのようにして‘gavagai’の正しい意味を知ればよいのだろうか？ おそらくは‘gavagai’=「ウサギ」であろう。しかし、他の意味である可能性はある。実際、無数に可能な解釈が考えられる。例えば、‘gavagai’=「ウサギの色」であるとか、‘gavagai’=「毛の生えた動物」であるなどの可能性があり、これらの可能性を検証するには、現地人が同じ色のものに‘gavagai’を使うか、または毛の生えた他の動物に‘gavagai’を使うか確かめればよい。Quineの有名な問題はそのまま初期段階の幼児が言語を学習していく状況にあてはまる。日常的に大人が幼児に語りかけることは、曖昧な状況の中で発せられる。このような状況の中で幼児はどのようにことばの指示対象を学習していくのであろうか？

1.3 Fast mapping

現実には、幼児は新しい語を聞いた時にその意味のさまざまな論理的可能性を検証し推論するようなことはしない。幼児はたった一度の新奇語の提示で即座に新奇語の指示対象を暫定的に特定することができる」と報告されている。語彙の獲得は12ヶ月ごろに始まるとされるが、14-15ヶ月の幼児で既に、このような速い学習が見られ [21]、これを即時マッピング (fast mapping) と呼ぶ。人間は7ヶ月には母国語の連続音声分節化 [8] が可能になり12ヶ月ごろで母国語固有の音声パタンの認識が可能になる [8]、その後、語彙獲得が始まる。しかし、50語前後の語彙数になるまで、2語/週くらいのスピードで語彙獲得するが18ヶ月ごろ、語彙爆発といわれる時期から獲得速度がアップする [1]。語彙の学習が加速する語彙爆発の時期以降には幼児は十分な即時マッピングの能力を持つと言われている [13]。

1.4 語彙獲得バイアス

では即時マッピングを行うためには、どのようなメカニズムが必要であろうか。Markman & Hutchinson [12], Landau, Smith & Jones [9] は「制約 (バイアス)¹⁾」という考え方で、このメカニズムを説明している。制約とは、文面どおり、人の行動を制限するものである。全く知識の無い状態ではQuineの言うように、無限の可能性を検証することになり即時マッピングに見られる速い学習は不可能である。つまり幼児は言語獲得以前から、自分を取り巻く環境についての知識、もしくは言語に潜在する規則などの知識を制約にして、未知の物体に新奇な言葉が与えられる状況において語彙を獲得していると考えられる。幼児の心理実験から「事物全体バイアス」、¹⁾「事物カテゴリバイアス」 [12] や「形バイアス」 [9] などの制約 (バイアス) を幼児が持つことが示唆されている。本研究は特に形バイアスに焦点を当てて研究を行っているので Landau ら [9] の行った実験について紹介する。

Landau ら [9] は新奇物体に可算名詞のラベル付け (命名) を行う場面において、実験刺激の知覚的特徴 (形状、サイズ、触感) を操作し、幼児 (2,3 歳) と成人が物体のどの特徴に注目するか検証した。その結果、幼児、成人共に物体の形状を

¹⁾ 子供のことばの学習を制約するものとして様々な説や理論が提唱されており、それぞれ「制約」 (constraint), 「バイアス」 (bias), 「原理」 (principle), 「仮定」 (assumption) などの用語で記述されている。今井 [5] の考え方を参考にして、本論分ではバイアスに統一して用いる。

類似性の最も重要な基準としていることを示し、これを「形バイアス」と呼んだ。一連の実験において、彼女らはラベル付けの場面(ラベル群)とラベル付けを行わない場面(コントロール群)で反応パターンの比較を行っている。その結果、2, 3歳の幼児ではラベル群でより強い形バイアスが見られたが、成人では両方の群で同程度の形バイアスが見られることが明らかになった。さらに形を重視する傾向が2歳より3歳のほうがより強いことや、形バイアスの強さは獲得語彙数に相関がある[22]ことなどから、成人に近づくとつれて安定した形バイアスを示すと考えられている。このように、語彙数に形バイアスが相関があることなどから、形バイアスは生得的ではなくなんらかの学習によって獲得されることが示唆される。ではその学習メカニズムはいかなるものなのか。その学習メカニズムの手がかりとなるいくつかの実験を以下に紹介する。Colunga & Smith[2] や Samuelson[19] は固形性 (solid)¹⁾の物体(金属製物体など)と非固形性 (non-solid)の物質(ジェルやクリームなど)の性質の違いにより、幼児が注目する物体の知覚的特徴が異なることを示している。これらの研究により、固形性の物体なら形、非固形性の物質なら材質に注目することが示唆された。つまり幼児は自身の周辺にある物体の性質を学習し、その物理的な性質を理解することで、物体のどの特徴が重要であるか判断していると考えられる。さらに Landauら[9]の実験で示唆されるように、一般的な場面での物体の類似性判断ではなく、ラベル付けの場面で形バイアスが強いことから、このような知識は、語彙獲得過程において形成される可能性が強い。このような観点から、Colunga & Smith[2] や Samuelson[19] は行動実験の結果のニューラルネットワークモデルによるシミュレーション実験を行っている。この実験では物体の知覚的属性の連合関係を学習し、行動実験でみられる幼児の反応パターンの再現を行うことで、形バイアスの獲得を説明するモデルに示している。しかし、これらの実験では行動実験結果の再現にとどまり、形バイアスの獲得メカニズムの詳細は明らかではない。そこで、実験1では先行研究で提案されたモデルの妥当性を検証し、様々な条件でシミュレーションを行うことで形バイアス獲得メカニズムについて考察を行った。

¹⁾ ここで固形性の物体とは形を留める存在で、変形すると元の物体とは異なるものと認識されるものを指す。また非固形の物質とは固有の形を持たず変形分解しても同じ性質とみなされる存在をさす。後述の個別性の考え方と深い関連があると考えられる。

1.5 存在論的カテゴリ (ontological category)

1.5.1 objects/substance, animates/inanimates

前節では幼児が、固形性の物体や非固形性の物体など、物体の性質についての知識を利用し、語彙獲得を促進する可能性について述べた。ここでは物体の性質にもとづくカテゴリを存在論的カテゴリとし、幼児の存在論的カテゴリが形成される過程について更なる議論を行う。

ことばを発話する以前の乳児でも基本的な存在論的カテゴリについて豊富な知識をもつことが示唆されており、例えば、物体の個別性を乳児の段階で既に理解できることも報告されている [24]。個別性 (individuation) とは、実体のもつ離散的性質、あるいは連続的性質を指す。この個別性に基づいて実体は大きく2つの存在論的カテゴリに分かれると考えられており、それを物体 (objects) と物質 (substance) と呼ぶ。本研究では以下のように objects と substance を定義して用いる。

objects は「個別化された」存在であり、object 全体として「1個の物体」として認められる。すなわち object の部分は物体と同じ性質を持たない。例えば、ネコや皿などの object において、ネコの足はネコではなく、割れた皿の欠片は皿ではない。これに対して、substance は個別化する単位を持たない。例えば水などの substance を2つのコップに分けても、やはりそれらは水である。substance は「個別化できない」性質をもつ。このように objects と substance は非常に異なる性質をもつ。前述の Colunga & Smith[2], や Samuelson[19] で示された幼児の物体の性質に関する知識は存在論的カテゴリ objects/substance に関する知識であると考えられる。

また生物と非生物では物理法則の因果関係が異なることを生後間もない乳児が理解していることが示唆されており [24]、生物性も幼児が早い段階で獲得する物体の性質だと考えられている。生物性の高い物体は複雑であることが多く、また自発的に動くという性質を持つ。生物性に基づく2つの存在論的カテゴリをそれぞれ、動的物体 (animates) , 静的物体 (inanimates) と呼ぶ。ほとんどの animates は objects の性質を持ち、animates はより個別性の高い objects の部分集合であると考えられている。本研究でも以後そのように仮定して議論する。

一方 inanimates は個別性の低い objects の部分集合と substance からなると

考えられている。このように存在論的カテゴリ animates/inanimates も個別性の性質によりカテゴリ化できるとして、Lucy[11] は存在論的カテゴリを個別性連続体 (individuation continuum) で捉える仮説を提唱した (図 1.1 を参照)。Lucy[11] は存在論的カテゴリが物体のもつ個別性の連続的な軸上に表現されるとして '個別性連続体 (individuation continuum)' を提唱した。個別性連続体には一つの端に動的物体 (animates)、もう一つの端に物質 (substance) があり、その間に物体 (objects) が配置されている。

1.5.2 言語的カテゴリと存在論的カテゴリ

英語における言語的カテゴリ

言語的カテゴリと存在論的カテゴリの関係は古くから指摘されてきた [11, 17]。特に英語における可算名詞 (count noun), 非可算名詞 (mass noun) の文法的規則と objects/substance の存在論的カテゴリは議論の焦点となっている。可算名詞は複数形をもつ名詞 (e.g. dogs, cups) で a や many を伴う。また、非可算名詞とは複数形を持たない名詞 (e.g. milk) で、some や muchなどを伴う。可算名詞は離散的な実体 (entity) を表現し、非可算名詞は境界のない連続的な実体を表現する。Quine の主張によれば語の指示対象は不確定性をもつが、語の意味を確定する手がかりとして文法的規則が利用され、可算名詞、非可算名詞などの言語的カテゴリの知識が存在論的カテゴリを形成する。しかし、Soja ら [23] は可算/非可算名詞の理解ができない 2 歳児と理解が可能になる 2 歳半の幼児を協力者とした心理実験で、2 歳児でも objects/substance の存在論的カテゴリを理解していることを示した。さらに Quine の主張と逆に、存在論的カテゴリは言語獲得以前に理解され、その知識を利用して可算/非可算名詞の理解を促進すると主張している。

Imai & Gentner[4] は Soja の主張を検証するために、日本語、英語を母国語とする幼児を対象として Soja らの実験を拡張している。英語にはまさに物体と物質の存在論的カテゴリに対応する文法的クラスが存在するが、日本語などの言語はこれに対応する文法的クラスを持たない。Soja らの幼児は言語獲得以前に存在論的カテゴリを理解しているという主張が正しければ日本語を母国語とする幼児と英語を母国語とする幼児では同じ反応パターンが見られるはずである。実験の結果は、日本語話者も英語話者と同じく objects/ substance の存在論的カテゴリの区別を持つことがわかったが、単純な物体に対する反応が異なっていた。この実験において単純な物体とは蠟で作成した肝臓の形をした物

体で、objects でありながらその欠片も同じ性質を持ち、substance の性質も持つので、objects/substance のカテゴリ境界にある存在と考えられる。つまり日本語話者でも objects/substance のような区別理解するが、その境界に当たる単純な物体に対して英語話者は objects と同じ反応であるのに対し、日本語話者は中間的な反応をみせるということがわかった。またこの反応の差異は大人になるとさらに大きくなるということも報告されている。このことから英語話者の objects/substance の存在論的カテゴリ境界が明確であるのに対し、日本語話者の存在論的カテゴリ境界は曖昧で異なると考えられる。

日本語における言語的カテゴリ

一方日本語には英語と異なる言語的カテゴリがあり、名詞の生物性によって動詞が異なるものが使われる。例えば、「犬 (animates) がいる」に対して、「箱 (inanimates) がある」や、「犬 (animates) をつれていく」、「箱 (inanimates) をもっていく」など、多くの動詞が名詞の animates/inanimates カテゴリに応じて変化する。日本語におけるこのような言語的カテゴリはどのように存在論的カテゴリに影響するのであろうか。Yoshida & Smith[25, 26] は手足付属し生物を連想させる物体を実験刺激として用い、日本語話者、英語話者でそれらの刺激に対するラベルづけの場面での類似性判断を調べる心理実験を行っている。彼女らは日本語話者にたいして、'いる', 'ある' の言語的手がかりを与えて類似性を判断させる実験と、日本語話者、英語話者にたいして中立的な言語手がかりで類似性を判断させる実験を行っている。その結果、中立的な言語手がかり条件では英語話者は手足の付属した物体と単純な物体を区別なく扱うが、日本語話者では複雑な物体に対しては複数の知覚的類似性により類似性判断を行い、英語話者と異なる animates/inanimates の存在論的カテゴリをもつことが示された。

1.5.3 境界移動仮説

Yoshida & Smith[26] は言語間比較の一連の実験結果を通して、個別性連続体上 [11] で存在論的カテゴリの境界が言語的カテゴリの影響によって変化するという境界移動仮説を提唱した。つまり、英語には objects/substance の存在論的カテゴリに対応する名詞のカテゴリとして可算名詞と非可算名詞があり、それらの言語的カテゴリが物体の知覚的属性に対する注意に影響し、より可算/非可算名詞を区別する知覚的特徴、すなわち形や材質に注目するバイアスが生じる。一方、日本語には animates/inanimates の存在論的カテゴリに対する言語的カテ

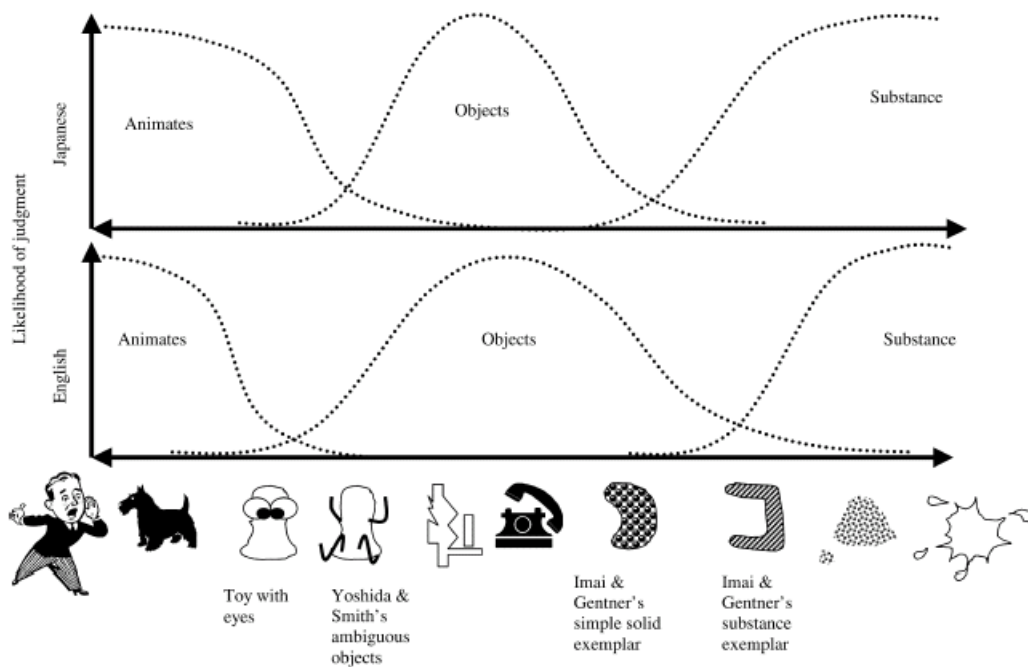


図 1.1: 個別性連続体上での日本語話者、英語話者の動的物体 (animates)、物体 (objects)、物質 (substance) の尤度 (Yoshida & Smith2003)

ゴリとして‘いる’/‘ある’などの使い分けがあるので英語話者同様に‘いる’/‘ある’カテゴリを区別する特徴により注意を向ける傾向があり、animates すなわち複雑な objects を定義づけるため複数の知覚的特徴に注目するバイアスが生じると考えられている。

1.6 本研究の目的

本研究の目的は以下の3点である。

(1) 形バイアスの発現メカニズムとして提案されたニューラルネットワークモデルの詳細な検討を行う。

(2) 境界移動仮説の前提となる存在論的知識の構造を明らかにする。

(3) 境界移動仮説のメカニズムを説明する計算論的モデルの提案を行う。

そこで、実験1では(1)の目的のために、Colunga & Smith[2], Samuelson[20]の研究に基づき、ニューラルネットワークモデルを構築した。このモデルは物体と語のマッピングを学習する過程で、物体の知覚的特徴の関係を抽出し、固形性と形状の関連についての知識を獲得する。このようなメカニズムにおいて仮想的な環境の下でどのような条件ならば形バイアスが発現しうるか検証を行った。

実験2では(2),(3)の目的のために、幼児が初期段階で獲得する語彙に関する成人のイメージの調査を行った。この結果を分析することにより、物体、物質などの構成を明らかにし存在論的知識の構造の定量化を行った。その分析からYoshida & Smith[26]の境界移動仮説が前提とするような個別性連続体[11]が存在論的知識として妥当であるか検討を行った。さらに、得られたデータを存在論的知識として境界移動仮説のメカニズムを説明する計算論的モデルの提案を行い、発達研究からの知見とモデルの定性的な比較検討を行った。

実験3では実験2で得られた結果を用いて、計算論的モデルを構築し、境界移動仮説の根拠となるYoshida & Smith[26]の心理実験のシミュレーションを行い実験2で得られた結果の定量的な側面からの検討を行った。

第2章 実験1

2.1 目的

Colunga & Smith[2](詳細は 2.1.1 節参照)、Samuelson[19] はラベル付けの場面で幼児が物体のどのような知覚的特徴に注目するかを調べた。その実験の結果、幼児は固形性の刺激の場合、形類似の刺激にラベルを拡張した(形バイアス)。これらの実験は幼児が物体の固形性と形の関係についての知識を持つ、すなわち固形性についての存在論的知識を持つことを示している。Samuelson[20] が報告(詳細は 12 ページの 2.2.2 節を参照)しているように実際の語彙の構成において固形性と形類似性の相関が高いことから、物体の固形性に関する知識は効率的に語彙獲得するために有効であると考えられる。また、Samuelson[19] は長期的な訓練を行う実験の結果、形バイアスの強さと獲得語彙数に相関があることを示した。さらに Colunga & Smith[2]、Samuelson[19] は心理実験の結果をニューラルネットワークモデルにより再現し、知覚属性の関係を連想学習することにより暗示的知識、すなわち形バイアスを獲得するメカニズムを提案している。

しかし、彼女らの研究では実験の結果を再現するだけにとどまり、どのような要因が重要であるか、その背後に潜むメカニズムを解明するために十分な知見が得られていない。そこで、実験 1 では先行研究と同様のモデルを用いて、語彙獲得過程の連想学習により知覚的属性の関連を学習する提案モデルを検証した。詳細なパラメータの解析を行うことで先行研究では不明瞭であった語彙構成の統計的な性質や、知覚属性間の関連性が形バイアス発現に及ぼす影響を考察した。また実験刺激の知覚的類似度による選好と形バイアスによる選好の問題を切り分けて行動実験の再分析を行った。

2.1.1 先行研究

Colunga & Smith[2] は次のような実験を行い、3歳の幼児が固形性を手掛かりとして形バイアスを持つことを示した。

(1) 実験者が標準刺激を提示し、その刺激に対して‘this is the Teema.’と未知の単語‘Teema’のラベル付けを行った。

(2) 2つの選択刺激を提示し‘Can you show me the Teema?’とどちらの物体が‘Teema’であるかを幼児に強制選択させた。

2つの選択刺激は形、材質、固形性の特徴次元で統制されており、1つは標準

刺激と形類似でもう一つが材質類似の刺激であった。実験条件 (14 ページの表 2.1 を参照) は標準刺激が固形物/非固形と 2 つの選択刺激が通常の組合せ/非典型的な組合せの $2 \times 2 = 4$ 条件で行われた。固形物としては粘土や布で作られた刺激、非固形物としてはジェルやローションなどで作られた刺激が用いられた。また通常 (traditional) の選択刺激とは標準刺激と同じ固形性の刺激で非典型的 (violating) な刺激は { 形類似かつ非固形性、材質類似かつ固形性 } の刺激セットからなっていた。Samuelson[20] の報告によると幼児の初期獲得語彙には形の基準により分類される物体は固形なものが多く、一方材質の基準により分類される物体は非固形なものが多い (詳細は 12 ページの 2.2.2 節を参照) ので、非典型条件はその逆の組合せを用いて実験されている。この実験において幼児は固形-通常条件と非固形-非典型条件で形の類似する刺激を選択する傾向が見られた。

この結果は固形物に対する形バイアスの効果と刺激間の知覚的類似度の効果を考えると説明できる。通常条件では 2 つの選択刺激が同程度の知覚的類似度を持つので形バイアスの効果で固形条件条件での形類似選択率が高いと考えられる。また非典型条件では標準刺激と 2 つの選択刺激間の知覚的類似度が異なるので、標準刺激が固形の条件では 2 つの効果相殺し、非固形で形類似の刺激と固形で材質類似の刺激を同程度選択したと考えられる。また、標準刺激が非固形な条件では知覚的に近い非固形で形類似の刺激を選択したと考えられる。

以上の結果から幼児が固形物に対しては形類似刺激を選択するというバイアスをもつことが示された。これは語彙獲得過程で固形物に対しては形を基準にして名詞が与えられる場合が多く、その関係を幼児が連想学習し、その知識を新奇な名詞の学習の場面で利用するため、形に対するバイアスが見られると考えられている。

2.2 方法

2.2.1 ネットワークアーキテクチャ

ホップフィールド型のネットワークで物体の知覚属性として、形状 (5 次元)、材質 (5 次元)、固形性 (2 次元) を入力とし、物体に対応する語彙を出力 (7 次元)、隠れ層に 5 次元のユニットを持つネットワークを構成した (図 2.1)。ただし括弧内は標準条件におけるユニット数を表し、結合は図に示したように、入力から入力へ、出力から出力への結合以外は全て結合しているネットワークである。

学習には Contrastive Hebbian Learning (CHL) [14] を用いて学習を行った。CHL はホップフィールド型ネットワークでの結合荷重を最適化するアルゴリズムで、固定フェーズと自由フェーズを持つ。固定フェーズでは入力、出力の値は固定され、隠れ層ユニットのみがホップフィールドネットワークと同じように更新される。自由フェーズでは入力のみ固定され、隠れ層と出力層は更新される。そして2つのフェーズのユニットの活性パターンから重みを式 (2.1) で更新する。これは2つのフェーズのユニットの活性パタンの確率分布の Kullback-Leibler 距離を最小化する更新式から導かれたものである。

$$\Delta w_{ij} = \eta(\hat{a}_i \hat{a}_j - a_i a_j) \quad (2.1)$$

ただし \hat{a}_i, \hat{a}_j は固定フェーズのユニット i, j の活性値、 a_i, a_j は自由フェーズのユニットの活性値であり Δw_{ij} はユニット i, j 間の結合荷重の変化量である。 η は学習率で全条件で $\eta = 1$ で固定した。

本研究ではユニットの学習は言語学習と前言語学習の2つの方式で行った。言語学習は入力を形、材質、固形性とし、出力を語彙とする通常の学習である。一方の前言語学習は形、材質を入力とし、固形性を出力とする学習で、知覚属性間の関係の学習を行う。標準条件では通常の言語学習を行う前に前言語学習を行ってから通常の学習を行い、前言語学習なし条件では通常の学習のみを行った。

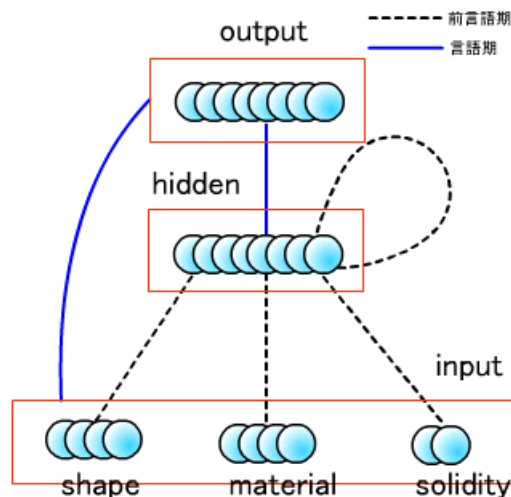


図 2.1: ネットワークアーキテクチャ:前言語学習は図の点線部の結合を学習、言語学習は図の実線と点線部を学習した。

2.2.2 学習対象

Samuelson[20] はマッカーサー乳幼児言語発達質問紙 (MacArthur Communicative Development Inventory; MCDI)[3]¹⁾ に記載されている幼児の典型的な獲得名詞のリストの中から ‘I’, ‘mother’ などの人物の名詞を除く 312 の名詞について評定を行っている。評定は統語的クラス { 可算名詞/非可算名詞/曖昧な名詞 } と固形性 (solidity) { solid/non-solid/曖昧 } とカテゴリ形成がどの特徴 { 形/色/材質/曖昧 } によるかについて行われている。この調査によれば、幼児の名詞は大きく 2 つの群にわかれ、一つは固形性 (solid) で、可算名詞であり (e.g. pillow, flower)、形の類似性で名詞の指示対象が定義される名詞群と、非固形性 (non-solid) で非可算名詞であり (e.g. snow, butter)、材質の類似性で名詞の指示対象が定義される名詞群である。そこで、この知見に基づき本研究ではこの 2 つの名詞群を固形カテゴリ、非固形カテゴリと呼び、これらのカテゴリをモデルでは以下のように表現した。

固形カテゴリ

固形カテゴリの物体は形次元は分散表現による特定の値、材質次元は任意のランダムな値、固形次元は固形を表す局所表現で表される。例えばある名詞「1001010」に対する固形カテゴリの物体は形が「11010」で、材質はインスタンスごとランダム値で固形性は固形を意味する「10」が割り当てられる。

非固形カテゴリ

対照的に非固形カテゴリの物体は形次元は任意のランダムな値、材質次元は分散表現による特定の値、固形次元は非固形を表す局所表現で表される。例えばある名詞「0010011」に対する固形カテゴリの物体は形がインスタンスごとにランダム値で、材質は「01010」で固形性は非固形を意味する「01」が割り当てられる。

学習頻度

標準条件では固形カテゴリ 16 語、非固形カテゴリ 16 語の 32 語を学習させた。Samuelson[20] の調査では固形カテゴリの名詞が大部分を占めており (全名詞 312 語に対して可算名詞:74%、固形性:63%、形類似:43%)、それに対して非固形カテゴリの名詞は少なかった (全名詞 312 語に対して非可算名詞:10%、非固形性: 4%、材質類似:16%)。そこで本研究では固形カテゴリ、非固形カテゴリ

¹⁾ 18-30ヶ月の幼児の発話、理解などの言語発達を調査するため開発された用紙で、この時期に子供が獲得する語彙が記載されている。

の学習頻度の影響を調べるために実際のコーパスの構成比率に近い条件として、固形カテゴリの語を 28 語、非固形カテゴリの語を 4 語で学習を行った (固形カテゴリ高頻度条件)。

知覚属性の関連性

さらに各カテゴリ内で、知覚的属性の関連性のパラメータ解析を行った (相関による変化; 図 2.3)。固形カテゴリでは、形類似性と固形性の相関をパラメータとして 0-1 まで変化させ、同様に非固形カテゴリでは材質類似性と非固形性の相関を 0-1 まで変化させた。例えば、相関パラメータ=0.5 の場合、固形かつ形が一定である物体に対して 16 語中 8 語が割り当てられ、残りの 8 語は、固形であるが形が不定である物体に割り当てられる。すなわち相関パラメータは固形性の持つ形の情報の確からしさ、非固形性の持つ材質の情報の確からしさを表しており、相関が高いほど未知の物体に対しての形バイアスが強いことが予想できる。実際にもこの相関は高いことが前述のように Samuelson[20] により報告されているが、この要因がモデルの形バイアス発現にどのように影響するか検証した (相関パラメータ解析)。

知覚次元

また、知覚属性の次元数の影響を調べるため、固形性次元を 2 に固定し、形次元、材質次元を等しくし、それらの次元を 5-20 の範囲で変化させて分析を行った (次元による変化; 図 2.4)。この解析は行動実験では切り分けられず考察されていなかった実験刺激の類似度による選好と形バイアスによる選好の問題を再分析するために行われた。行動実験の非典型条件では 2 つの選択刺激と標準刺激の固形性次元の類似度が異なるため、知覚的類似度の効果を考える必要がある。ネットワークの知覚次元を前述のように操作することで固形性次元を相対的に低くすることでその影響がどの実験に現れているか分析した (知覚次元解析)。

2.2.3 手続き

学習フェーズ

学習する物体をランダムに選択し、オンライン学習を行った。前言語学習あり条件では言語学習の前に知覚属性の学習を行い、次に言語学習を行った。出力層と教師信号の 2 乗誤差が .01 以下に達したときに学習を終了した。このフェーズは幼児が日常で語彙とオブジェクトを対応付ける過程をシミュレートしたものと考えられる。

テストフェーズ

表 2.1: 各実験条件における2つの選択刺激セット

標準刺激の固形 (solid)/ 非固形 (non-solid)(2) × 選択刺激対の通常 (traditional)/非典型 (violating)(2)=4 条件。選択刺激は形類似、材質類似の2つからなる。traditional 条件では標準刺激と選択刺激の固形性は同じだが、violating 条件は非典型的な2つの刺激の内から選択する条件である。表中の*は高い選択率を示した刺激を示す。

		選択刺激	
		traditional	ontology violating
		形類似/材質類似	形類似/材質類似
標準刺激	solid	solid*/solid	non-solid/solid
	non-solid	non-solid/non-solid	non-solid*/solid

先行研究 (9 ページの 2.1.1 節参照) の実験状況を再現したもので、標準刺激として未知の刺激を提示し未知のラベル付けを行い、次に2つの選択刺激を提示し、ラベルにあうものがどちらかを選択させる。ネットワークでは、標準刺激として入力に学習フェイズで学習していないランダムな形、材質を持つ刺激を入力、ランダムな値の語彙を出力とした。この刺激に対してラベル付けとして学習 2 乗誤差が .1 以下になるまで学習を行った後に、選択刺激を入力としたときの出力と標準刺激を入力としたときの出力の類似度で選択確率を算出した。選択刺激は行動実験の実験条件 (表 2.1) に従い特徴類似の場合はその特徴次元で標準刺激と同一の値をもち、非類似の場合はランダムに特徴の値を決定した。

類似度と刺激の選択確率は以下の式のように Luce の選択公理 [10] に従って、決定した。テストフェーズでは標準刺激と選択刺激 1, 2 の3つの刺激に対してネットワークは出力を生成する。式 (2.2) で示されているように標準刺激と選択刺激の心理的距離は出力ベクトル x_i, y_i のユークリッド距離により決定すると仮定し、式 (2.3) により刺激間の類似度を決定した。選択刺激 1 の選択確率 P_1 は式 (2.4) のように標準刺激と選択刺激 1, 2 の類似度 s_1, s_2 により決定された。 a は距離から類似度に変換する際のスケールを表すパラメータである。

$$\delta = \sqrt{\sum_i (x_i - y_i)^2} \quad (2.2)$$

$$s = \exp(-a\delta) \quad (2.3)$$

$$P_1 = \frac{s_1}{s_1 + s_2} \quad (2.4)$$

2.3 結果

結果の再現性の指標として、4つの条件における行動実験の結果とシミュレーション実験の結果の重相関係数を用いた。最適なパラメータで行われた条件を標準条件 ($R^2 = 0.985$)、前言語学習を行わない条件を前言語なし条件 ($R^2 = 0.813$)、学習する固形カテゴリの頻度を高くした条件を固形高頻度条件 ($R^2 = 0.374$) としてシミュレーションした結果と、行動実験の結果を示す (図 2.2)。固形カテゴリと非固形カテゴリの学習頻度が等しく、前言語学習を行い、関連パラメータが1である条件での実験を標準条件とした。それに対して固形カテゴリ高頻度である場合は non-solid tradition 条件に見られるように、非固形の標準刺激に対しても形状類似刺激を選択するバイアスが見られる (固形高頻度条件)。学習方法の点からは、前言語学習を行わず言語学習を行った場合 (前言語学習なし条件)、再現性が低くなることがわかった。知覚次元解析の結果、形や材質を表現する次元数が小さい場合は実験結果を再現できるが、固形性に対して次元数が大きくなると実験結果は次元数に比例して再現性が崩れることがわかった (図 2.4)。また、関連パラメータ解析の結果入力の変属性と固形性の相関、固形物、非固形物の学習頻度を操作することにより、形 - 固形性相関が強いほど形バイアスは強くなることがわかった (図 2.3)。

2.4 考察

本実験では形と固形性の関係性をニューラルネットワークにより学習することで、幼児の形バイアスを示した行動実験のシミュレーションを行った。その結果から、このニューラルネットワークモデルにおいて先行研究の結果を再現し形バイアスを発現するためには以下の3条件が重要であることが示唆された。

- (1) 物体の知覚的属性の相関が十分に強いこと
- (2) 非言語学習により (1) の関係の十分な学習ができること
- (3) 固形カテゴリ、非固形カテゴリの学習頻度による影響

さらに行動実験の非典型条件において以下のことが示唆された。

- (4) 形バイアスと知覚的類似度が同程度の効果があった可能性
- (1) は入力として用いた固形カテゴリ、非固形カテゴリの中での形-固形性、もしくは材質-非固形性の相関をパラメータとして解析した結果から明らかになった。本実験では Samuelson[20] が報告する知見に基づき、仮想的に固形カテゴリと、

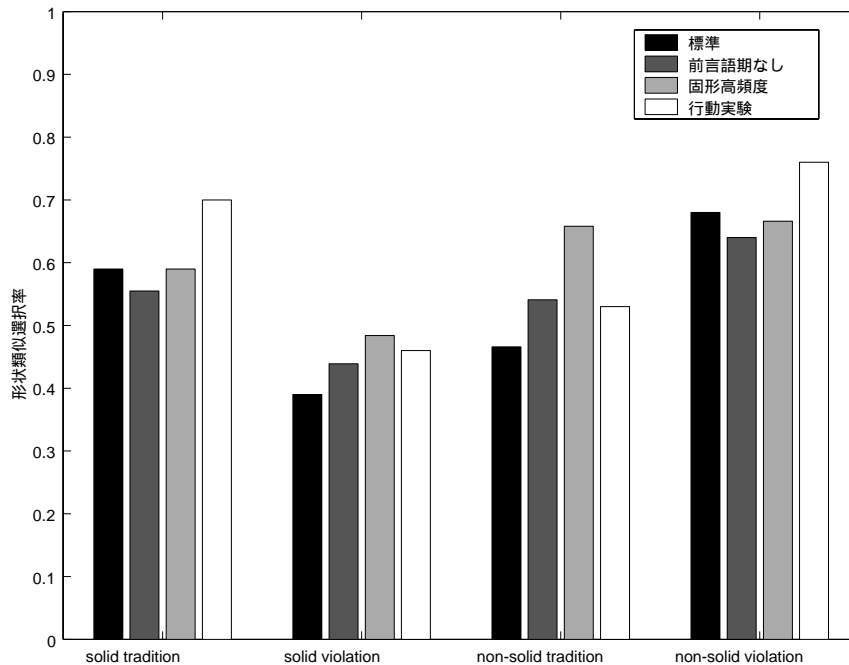


図 2.2: シミュレーション結果

行動実験の結果と各種条件におけるシミュレーション結果。行動実験の結果とシミュレーションの結果の 4 条件の相関係数は最適なパラメータの標準条件で $R^2 = 0.985$ 、前言語学習を行わない前言語期なし条件で $R^2 = 0.813$ 、学習する固形カテゴリの頻度が高い高固形頻度条件で $R^2 = 0.374$ だった。

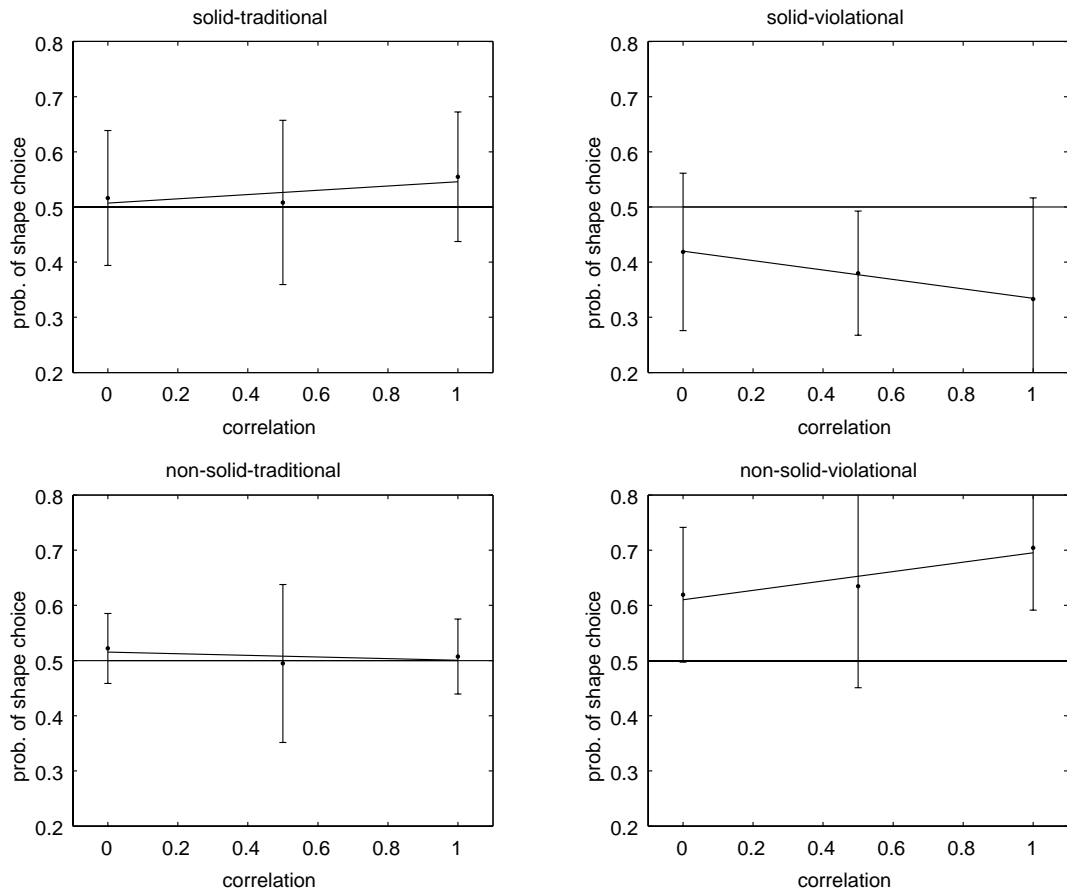


図 2.3: 相関パラメータ解析

学習オブジェクトの固形カテゴリでの形と固形性、非固形カテゴリでの材質と非固形性の相関を変化させた場合の 4 条件の結果。4 条件に同様に効果が現れ、相関が 0 に近づくほど選択率はチャンスレベルに漸近する。この結果は形バイアスの強さは相関パラメータに依存することを示す。

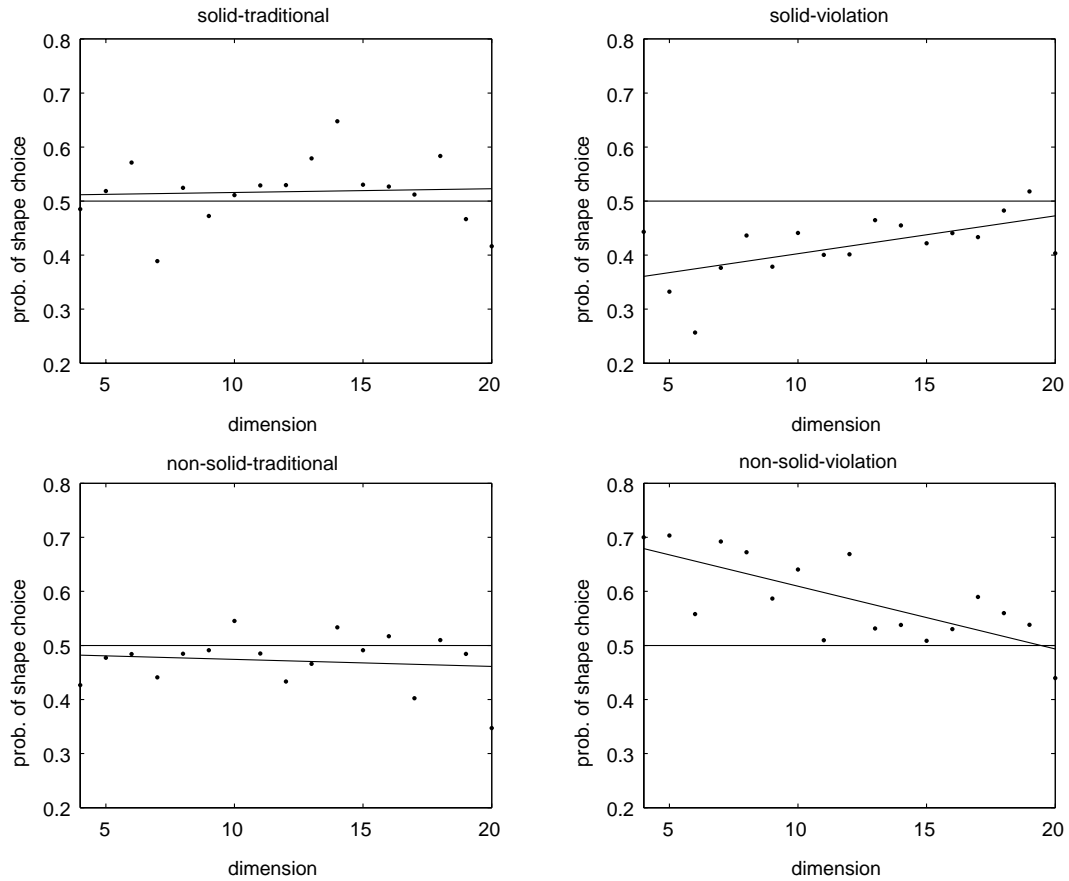


図 2.4: 知覚次元解析

固形性の次元数を固定し、形、材質次元数を 5-20 で変化させたときの 4 条件の結果。violation 条件で次元数が高くなるほどチャンスレベルに漸近する。これは行動実験で知覚的類似度の影響が形バイアス同様に大きかったことを示す。

非固形カテゴリという2つの名詞のカテゴリを仮定した。これは実際の状況での存在論的カテゴリに相当するものと考えられ、相関パラメータが高いことは存在論的カテゴリ境界が明確で関係性が強いことを意味する。この相関パラメータが低い場合には学習すべき手掛かりの予測性が小さくなるので、行動実験の再現ができなくなるのは妥当な結果であると考えられる。

また(2)は、名詞と物体の結合に構造が無く、恣意的な対応であるため、名詞と物体のマッピングを学習するだけでは、新奇な名詞を獲得する際に利用すべき手掛かりが学習できないためだと考えられる。つまり、前言語学習では名詞と知覚属性の学習に先立ち、重点的に知覚属性間の学習を行っているのにより行動実験の再現性が高いと考えられ、言語学習には土台となる知識が重要であることを示唆する結果である。この結果はSojaら[23]の、言語的なカテゴリを認識する以前の幼児でも既に存在論的カテゴリに関する知識があるという主張と合致している。しかし(2)はこのニューラルネットのアーキテクチャに固有な条件である可能性がある。今回の実験ではパラメータ解析を行うために仮想的な知覚的表象と仮想の語彙表現を用いたため、語彙-知覚的表象の学習(言語学習)が知覚-知覚の学習(非言語学習)を阻害している可能性がある。そのため、非言語学習を初期に十分行ってから言語学習を開始するほうが実験結果の再現性は高かったと考えられる。

(3)は固形カテゴリ、非固形カテゴリの学習の頻度をパラメータとして解析することで、固形カテゴリの学習頻度が多い場合には非固形カテゴリの物体に対しても形の類似に対して新奇語を付与するというバイアスが見られることがわかった。実際にSamuelson[20]によれば固形カテゴリの物体が圧倒的多数を占めていることがわかっている。つまり、固形カテゴリ、非固形カテゴリなど異なる知覚的属性の関係が潜在する環境においても、圧倒的多数を占めるカテゴリの関係に偏った知識を獲得してしまう状態をこのモデルで示すことが可能であることがわかった。これはSamuelson[19]の心理実験の結果で見られた、若齢の幼児で見られる、'未熟な形バイアス'に符合する結果である。SamuelsonはColunga & Smith[2]と類似の心理実験を行っているが、若齢の幼児では固形物、非固形物のどちらに対しても形の類似で新奇語を割り当てる'未熟な形バイアス'が見られることを報告している。すなわちこのモデルによれば、若い幼児は'未熟な形バイアス'を示し(固形高頻度の反応パターン)、年齢を経た幼児は頻度の影響を受けない形バイアス(等頻度条件の反応パターン)を獲得していること

になる。ゆえに幼児はモデルで再現できない特性を持ち頻度による影響を修正していることが示唆される。これは今後の有力な検討課題と考えられる。

最後に (4) は固形性の次元数に固定して、形、材質の次元数を操作することで非典型条件における標準刺激と選択刺激の知覚的類似度の差異を変化させた次元解析の結果示された。行動実験の反応パターンは形バイアスの効果と実験刺激の知覚的類似度の2つの効果が重なって得られたものと考えられ、本実験のモデルが妥当であるならば、行動実験での知覚的類似度の効果は形バイアスの効果と同程度かそれ以上の強さを持つと考えられる。

以上を総合して、形バイアス、すなわち固形性の存在論的知識を物体知覚属性に内在する統計的構造を学習することで獲得するメカニズムのモデルとして本実験のニューラルネットモデルが妥当であることが示唆された。しかし、本モデルで説明不可能な知見もあり更なる検討が必要である。さらに本実験で用いた学習パターンはパラメータ解析するために仮想的に作成されたものである。実験的に恣意的なパターンを利用することで語彙獲得メカニズムの一端は明らかになったが、モデルの再現可能性が学習パターンの構造に固有のものである可能性がある。また、言語間比較の心理実験 [4, 25, 26] でみられる言語的カテゴリが形バイアスに影響するメカニズムを考える必要がある。そこで実験2では語彙知識の構造について調査を行う。

第3章 実験2

3.1 目的

実験1では語彙獲得過程において物体の知覚属性に潜在する特性を幼児が学習することにより形バイアスを獲得する可能性が示唆された。実験1では先行研究による知見に基づき物体の固形性に関する2つのカテゴリが存在すると仮定し、理論展開を行った。しかし、実際の環境にある物体の特性として実験1のような単純な仮定が十分に妥当性をもつとは言い難い。そこで実験2では幼児が初期に獲得する日常物体に関する語彙の特性を明らかにすることを目的とする。特に物体の形、色、肌理などの知覚的属性を定量化することで、物体の知覚属性空間を構成し、物体の大局的な性質である存在論的知識の推定を行う。Yoshida & Smith[26]は存在論的知識として個別性連続体[11]を前提とし、さらに個別性連続体上で存在論的カテゴリの境界が移動するという仮説を提唱している。本実験では境界移動仮説の土台となる個別性連続体のような特徴量が存在論的知識として妥当であるか検証を行った。さらに、調査データに基づき境界移動仮説のメカニズムを説明するモデルを提案し、先行研究との比較検討を行った。

幼児の語彙知識を直接測定する困難性から、本研究では成人に対してSD法(Semantic Differential technique)[15]を用いて調査を行った。SD法とは「大きい \iff 小さい」などのような形容語対を複数用いて、コンセプト(評定対象)の心理量を数点の順序尺度により評定する方法である。また、本実験では存在論的知識を推定するために日常物体に対する多種感覚的知識を定量化する必要があり、ある程度知覚次元に関して知見のある色や音など感覚[27]に対し、心理的属性が未だ不明瞭な形や肌理などの知覚次元も統一的に扱う必要がある。その点においても心理量を比較的簡易に測定する方法としてSD法は適していると考えられる。

本実験は予備調査を2回と本調査として語彙調査の計3回行われた。予備調査1はSD法で行われる本調査で用いる言語尺度(形容語対)が日常的にどのような知覚属性を表すのに用いられるかについて調査した。予備調査2は本調査で用いられる言語尺度の候補を絞るため41の候補となる言語尺度について本調査と同様の調査を少数の協力者に対して行った。語彙調査は幼児の典型的な初期獲得名詞に関して、予備調査2で絞られた16言語尺度を用いてSD法により

5点尺度で調査を行った。

3.2 方法

3.2.1 実験協力者

予備調査1には京都大学大学院の23-25歳の学生12名がボランティアで実験協力者として参加した。予備調査2には京都大学大学院の23-25歳の学生10名が一人2000円の報酬を受け取り実験協力者として参加した。語彙調査には京都光華女子大学の18-22歳の女子学生104名が協力者として実験に協力して頂いた。その際、1回分の授業出席として加点することを条件に実験参加を依頼した。

3.2.2 材料

物体の知覚属性

予備調査1では以下の知覚属性について言語尺度対の表現特性を調べた。形、材質、色、肌理、音、温度、味、動き、匂い、機能性(10種)。

言語尺度

予備調査1、予備調査2では知覚的属性を表現する形容語41対、82語¹⁾を用いた。語彙調査ではこの中から予備調査2で限定された16対32語を用いた。

典型的初期獲得語彙

語彙調査ではマッカーサー乳幼児言語発達質問紙(Mac Arthur Communicative Development Inventory; MCDI)[3]²⁾の9カテゴリからほぼ同数選択し、計48語についてSD法で調査を行った。³⁾

3.2.3 手続き

予備調査1

予備調査1は本調査のSD法で用いる言語尺度対がどのような知覚的属性を表現するかを調べる目的で行われた。実験2の一つの目的は言語固有の存在論的知識空間における知覚属性荷重を調べることである。しかしSD法は言語尺度による定量化であるため、どのような知覚属性から空間が構成されるか直接的

¹⁾ 詳細は Appendix 参照

²⁾ 18-30ヶ月の幼児の発話、理解などの言語発達を調査するため開発された用紙で、この時期に子供が獲得する語彙が記載されている。‘animals’, ‘body parts’, ‘clothing’, ‘food and drink’, ‘furniture and rooms’, ‘outside things’, ‘small household items’, ‘toys’, ‘vehicles’ が調査に用いられた9カテゴリである。

³⁾ 詳細は Appendix 参照

には分析できない。そこで、この予備調査1の結果を利用し言語尺度を知覚次元に変換することで知覚属性空間の特性を分析する。予備調査1では形、色などの心理属性を調査するために行われた先行研究[27]を参考にして選択した形容詞41対82語に対して、日常的な物体の10種の知覚的属性(3.2.2節を参照)を表現するのに各言語尺度対が妥当であるかどうかを5点尺度により評定した。調査紙はMicrosoft Excelファイルで配布され調査時間は協力者あたり約30分間であった。教示は以下のように行われた。

「日常の物体に関して、属性(形、色、肌理、材質、動き、匂い、味、音、温度、機能性)を表現するのに適切であるか、不適切であるかを以下の尺度で判断してください。

(例) 形容語対:大きい \iff 小さい 表現対象:物体の形

[1:非常に不適切 2:不適切 3:どちらともいえない 4:適切 5:非常に適切]

予備調査2

48の語彙に対して、41語82対の言語尺度で評定すると協力者一人あたりの負担が非常に大きく、時間的な制約もあるので本研究で目的とする知覚属性空間を張るために有効な言語尺度を選択するために少人数の協力者によって予備調査を行った。予備調査は実験協力者にMicrosoft Excelファイルを配布し、記載されたリストに従い、48語について41対の言語尺度で5段階の評定を行った。調査時間に制限は無かったが、およそ一人2時間で評定を行った。教示は次のように行われた。

「(1) 日常の物体に関して、表現語に当てはまるかを5段階で評価してください。

(例) 物体:蝶 表現語:美しい(汚い)

[1:非常に美しい 2:美しい 3:どちらでもない 4:汚い 5:非常に汚い]

A(B):A \iff Bで非常にAであるとき1,非常にBであるときに5,どちらでもないときは3で判断してください。

(2) 表中の空欄を全て1~5の数字で評定してください。

(3) 全部で1時間30分~2時間ほどで終わると思いますが、途中で適宜休憩をとってもらってかまいません。」

語彙調査

SD法により、初期獲得語彙の48語に関して予備調査2の分析の結果選択された16対の言語尺度で5段階の評定を行った。語彙調査紙に印刷された質問紙

の1ページに1つのオブジェクトが示してあり、それについてのイメージを印刷された16の言語尺度を5段階で(例えば、[大きい、やや大きい、どちらでもない、やや小さい、小さい]) 評定した。調査時間は協力者あたり全体で約1時間だった。また調査は物体の提示順の文脈効果を除去するために相異なる5つの順序パターンの調査紙を作成し、協力者は無作為に1つのパターンの質問紙で回答を行った。また教示はOsgood[6, 15] が用いた標準的な教示に準拠して行い調査紙には以下の教示を記載した。

「この調査は形容語による尺度を使い、ある物体が人によりどのような意味をもつかについて調べるものです。それぞれの物体があなたにとってどういう意味をもつか考えたうえで判断してください。用紙の各ページの上部に判断の対象となる事物が記されており、その下に形容語を両端に付した一連の尺度が印刷されていますので示された物体についてそれぞれの尺度を用い順次判断するようにお願いいたします。」

3.2.4 分析方法

予備調査1

予備調査1は言語尺度のもつ知覚属性の表現特性を調査したもので、全協力者の平均を各言語尺度の表現特性とした。定量化した各言語尺度の表現特性を基に、平均データを階層クラスタ分析により可視化した。

予備調査2

予備調査2は主成分分析を用いて全協力者の平均データの分析を行った。主成分分析とは、観測データが最も分散が大きくなるような射影を求める代表的な手法である。予備調査2と語彙調査は全協力者の平均を各コンセプト(評定した48の語彙)の各言語尺度における評定値とした。予備調査2の結果を主成分分析し、寄与率の高い順に16次元選択しこれを語彙調査で用いる言語尺度とした(図3.1に**で示された語が選択された)。予備調査2の結果選択されなかった語彙は本実験で用いた48のコンセプトに関して分散が小さかった言語尺度であり、多くのコンセプトに対して「どちらでもない」のような評定を受ける尺度を省いたことになる。省いた言語尺度は語彙調査で評定に用いたとしても語彙調査は主に主成分分析を用いたため分析結果はほとんど変わらないと考えられる。

語彙調査

語彙調査は全協力者平均データを用いたが、全データのうち欠損値は0.13%で中立的な回答である‘どちらでもない’と回答したとみなした。語彙調査の結果は主成分分析を行い、寄与率の高い順から第1、第2主成分軸で意味空間を生成した。この可視化された空間上での配置から定性的な分析を行い、さらに第1-3主成分の階層クラスタ分析を行い意味空間がどのような構成であるか検討を行った¹⁾。語彙調査は成人の知識を定量化したものであり、それを基に幼児カテゴリ化を検討することの問題点については総合考察で議論した。

主成分分析によるモデル

本実験では、境界移動仮説のメカニズムとして語彙調査の結果得られたデータを基に、言語的カテゴリ(表3.2.4)をパラメータとし主成分分析するモデルを提案する。つまり、主成分分析を用いたモデルにより言語固有の存在論的知識の推定を行った。このモデルは次の2点を仮定したモデルである。

(1) 幼児は物体の類似度を計算するための基準として、過去に学習した物体例の特徴空間上で分散の大きい射影を用いる。

(2) 物体の特徴として知覚的な特徴(語彙調査の結果得られた16次元)と言語的特徴(表3.2.4)を同様に扱う。

(1)の仮定は、例えば「りんご」と「青りんご」しか知らない幼児にとっては「形」は「りんご」も「青りんご」もほとんど同じで「色」のみに違いがあるので、「色」の次元が最も分散が大きくなるので自身を取り巻く環境を評価するのに用いる基準はほとんど「色」だけになるということの意味する。また、議論の焦点は新奇物体の命名という言語の関与する場面であるので、言語的特徴も同様に考慮するという(2)の仮定も妥当であると考えられる。

言語的属性は中立条件、日本語条件、英語条件として表3.2.4に示すように決定した。日本語条件は各名詞の動詞‘いる’/‘ある’の用法を基準に筆者の判断で2つの群に分けた。また英語条件は各名詞の可算名詞/非可算名詞の用法を基準に辞書を参考に2つの群に分けた。以上の2つでは言語次元は0または1の値をもち、属する群を表した。中立条件とはこのような群を持たない次元として全てのコンセプトが0.5の値を持つとした。以上の仮定を置いて主成分分析を行った結果を中立、英語、日本語条件における言語固有の存在論的知識と推定した。しかしこれらの結果得られる主成分軸は言語尺度の重みとして表現され

¹⁾ 語彙調査の分析と主成分分析によるモデルでの中立条件で得られた主成分空間は中立条件の言語カテゴリ次元の分散が0のため同じものである。

表 3.1: 予備調査 1 の結果例: M_{lp}

		言語尺度 l	
		'roundness'	'solidity'
知覚属性 p	shape	0.92	0.38
	material	0.2	0.91

ており、直接的にどのような知覚的属性に対して重み付けがなされているが明らかではない。そこで、本実験では式 (3.1) で各主成分軸の知覚属性の重みを定義し、言語カテゴリ条件によりどのような比率であるか分析を行った。

$$W_{dp} = \left| \sum_l C_{dl} M_{lp} \right| \quad (3.1)$$

W_{dp} は第 d 主成分軸における知覚属性 p の荷重であり、 C_{dl} は第 d 主成分の言語尺度 l における主成分得点、 M_{lp} は予備調査 1 における言語尺度 l の知覚属性 p の表現適性を表す。 C_{d*} は単位行ベクトルで M_{*p} は単位列ベクトルであるので、 W_{dp} はこの 2 つの内積の絶対値であり、2 ベクトルのなす角 θ を用いて $W_{dp} = |C_d \cdot M_p| = |\cos\theta|$ である。

例えば第 1 主成分軸が $C_{1*} = (\text{roundness}, \text{solidity}) = (0.8, 0.6)$ で予備調査 1 の結果、表 3.1 のような言語尺度の知覚属性の表現特性が得られていたとする。 $Shape = |0.92 \times 0.8 + 0.38 \times 0.6| = 0.96$ で $Material = |0.2 \times 0.8 + 0.91 \times 0.6| = 0.71$ で第 1 主成分は知覚属性 shape に重みを置く次元であると解釈する。

3.3 結果

3.3.1 予備調査 1 の結果

予備調査 1 における協力者の回答の平均を言語尺度の表現特性とし、そのデータを重心法により階層クラスタ分析した結果を示す (図 3.1)。表現する知覚属性により階層ができていることがわかる。例えば最上位の階層での分岐の基準は抽象的で、多様な場面で使用される語 ('よい (悪い)' や '美しい (汚い)' など) が固有の属性についての表現語かであると考えられる。続いて上位 3, 4 番目で匂い、温度、味など、視覚、聴覚以外の知覚の表現語 ('温かい (冷たい)' など) が分岐している。また、色、材質、肌理などが物体表面の視覚的性質を表す語 ('滑らかな (いびつな)' など) が近接することがわかる。また形、音、動きなどの空間的属性を表す語 ('丸い (四角い)' など) は近接する傾向があった。

	English	Japanese		English	Japanese
蝶	count	いる	椅子	count	ある
ネコ	count	いる	ドア	count	ある
魚	count	いる	冷蔵庫	count	ある
カエル	count	いる	テーブル	count	ある
ウマ	count	いる	雨	mass	ある
サル	count	いる	雪	mass	ある
トラ	count	いる	石	mass	ある
腕	count	ある	木	count	ある
目	count	ある	水	mass	ある
手	count	ある	カメラ	count	ある
膝	count	ある	カップ	count	ある
舌	count	ある	鍵	count	ある
ブーツ	count	ある	お金	mass	ある
手袋	count	ある	紙	mass	ある
ジーンズ	count	ある	はさみ	count	ある
シャツ	count	ある	植木	count	ある
バナナ	count	ある	風船	count	ある
タマゴ	count	ある	本	count	ある
アイスクリーム	count	ある	人形	count	ある
牛乳	mass	ある	糊	mass	ある
ピザ	count	ある	飛行機	count	ある
塩	mass	ある	列車	count	ある
トースト	count	ある	自動車	count	ある
ベッド	count	ある	自転車	count	ある

表 3.2: 名詞の言語的カテゴリ

日本語条件 (Japanese) は各名詞に対する動詞の‘いる’と‘ある’の用法を基準に分類したカテゴリであり、英語条件 (English) は各名詞が可算名詞 (count) と非可算名詞 (mass) のどちらに属するかを基準としたカテゴリである。

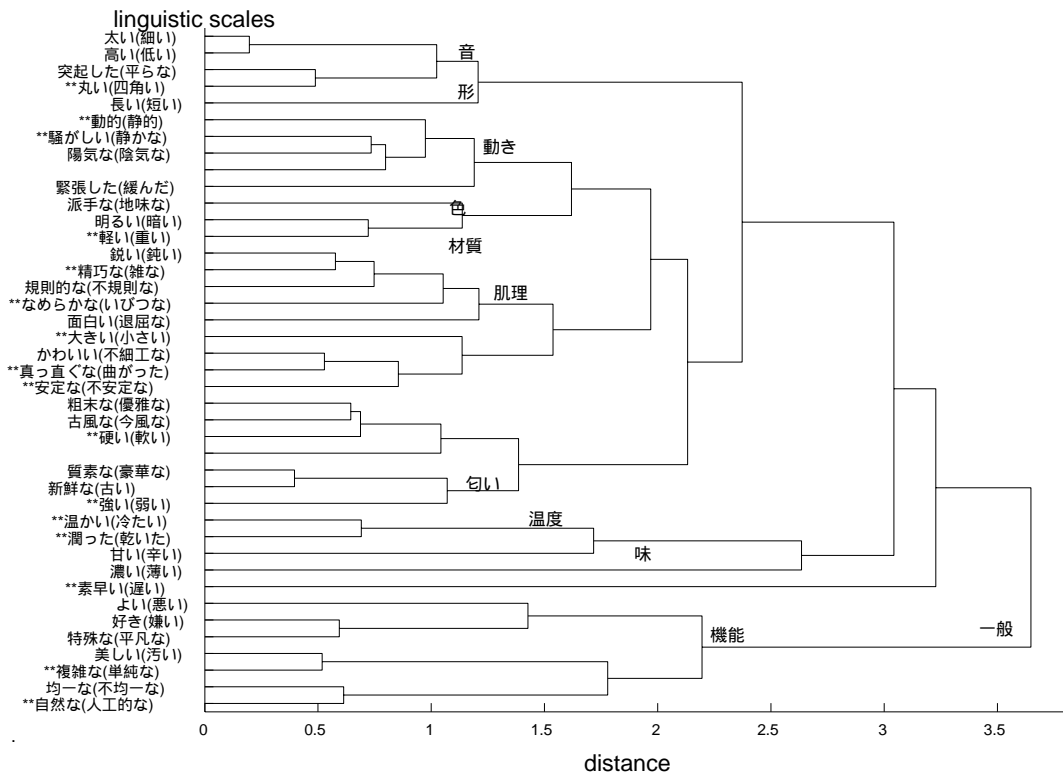


図 3.1: 言語尺度の知覚属性表現特性 階層クラスタ分析

**は予備調査 2 により選定され語彙調査に用いられた言語尺度を表す。言語尺度は知覚属性の表現特性に従いクラスタを作り、音、形、動きが比較的近接し、色、材質、肌理が近接していることがわかる。

3.3.2 予備調査 2 の結果

予備調査 2 の協力者平均データを主成分分析し、寄与率の高い上位 16 の言語尺度を語彙調査で使用する言語尺度とした。その結果、選択された言語尺度は図 3.1 の中で**で示された言語尺度である。

3.3.3 語彙調査の結果

寄与率

中立条件での主成分分析の寄与率を図 3.2 に示す。6 次元で 90%を超え、第 1 主成分の寄与率が約 39%、第 2 主成分の寄与率が約 19%、第 3 主成分の寄与率が 12%で、この 3 次元で 70%と大部分の分散が表されていることがわかる。

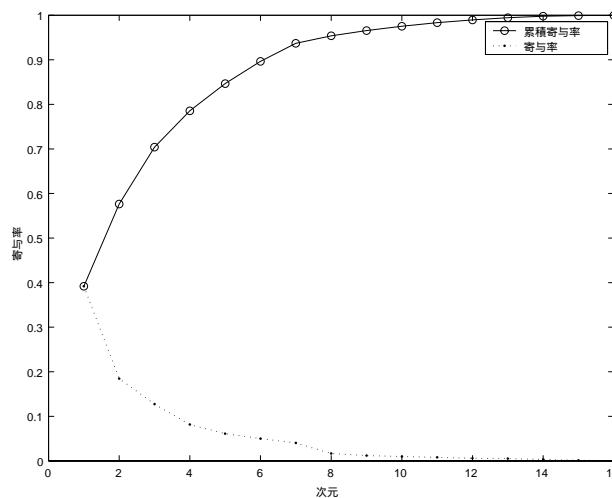


図 3.2: 主成分分析 (中立条件) の寄与率

第 1 主成分の寄与率が約 39%、第 2 主成分の寄与率が約 19%で、この 2 次元で 58%と大部分の分散が表される。

主成分分析

協力者平均データに主成分分析を行い、第 1、第 2 主成分を 2 次元プロットしたものを示す (図 3.3、図 3.4、図 3.5)。中立条件では図中右上部に動物や体部分、左上に乗物、左下に家具、右下に液体や柔軟な物体が分布している。このことから主成分軸を解釈すると、第 1 主成分は固形性もしくは大きさを表現する軸、第 2 主成分は動きを表現する軸とみなすことができる。しかし、この空間において、明確なカテゴリ境界は見られないことがわかる。

一方、可算名詞/非可算名詞の言語的カテゴリの情報を加えた英語条件では可

算名詞カテゴリと非可算名詞が分離して分布しており、第1主成分方向は主に物体の固形性を表現する軸になっている。中立条件における固形性成分が言語的情報により強調された結果、固形性を基準とした存在論的カテゴリが形成されたと考えられる。また‘いる’/‘ある’の言語的カテゴリを情報を加えた日本語条件では‘いる’カテゴリと‘ある’カテゴリが分離して分布しており、第1主成分方向は主に動きを表現する軸になっていることがわかる。中立条件の動きの成分が言語的情報により強調され、最も分散が大きい方向になったため、中立条件では第2主成分であった動き第1主成分に入れ替わったと考えられる。すなわち動き、または生物性の存在論的カテゴリが形成されたと考えることができる。

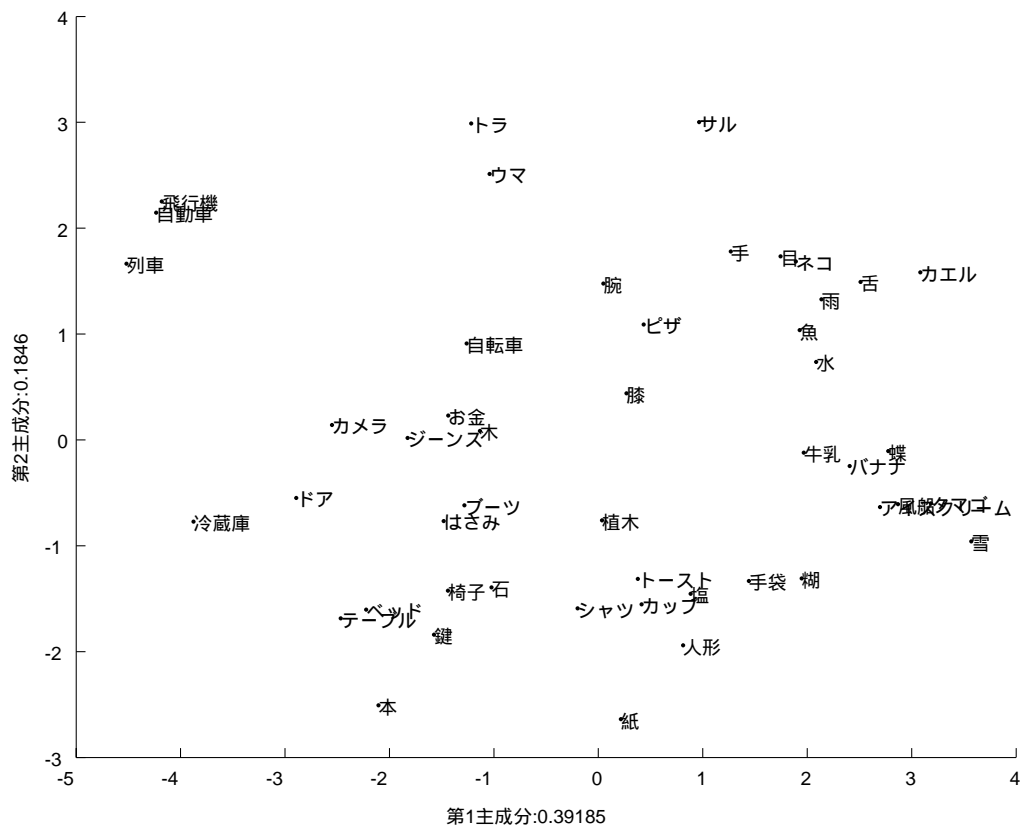


図 3.3: 主成分分析結果 (中立条件) の第 1,2 主成分の 2 次元プロット
 右上部に動物や体部分、左上に乗物、左下に家具、右下に液体や柔軟な物体が分布している。このことから主成分軸を解釈すると、第 1 主成分は固形性もしくは大きさを表現する軸、第 2 主成分は動きを表現する軸と考えられる。

階層クラスタ分析

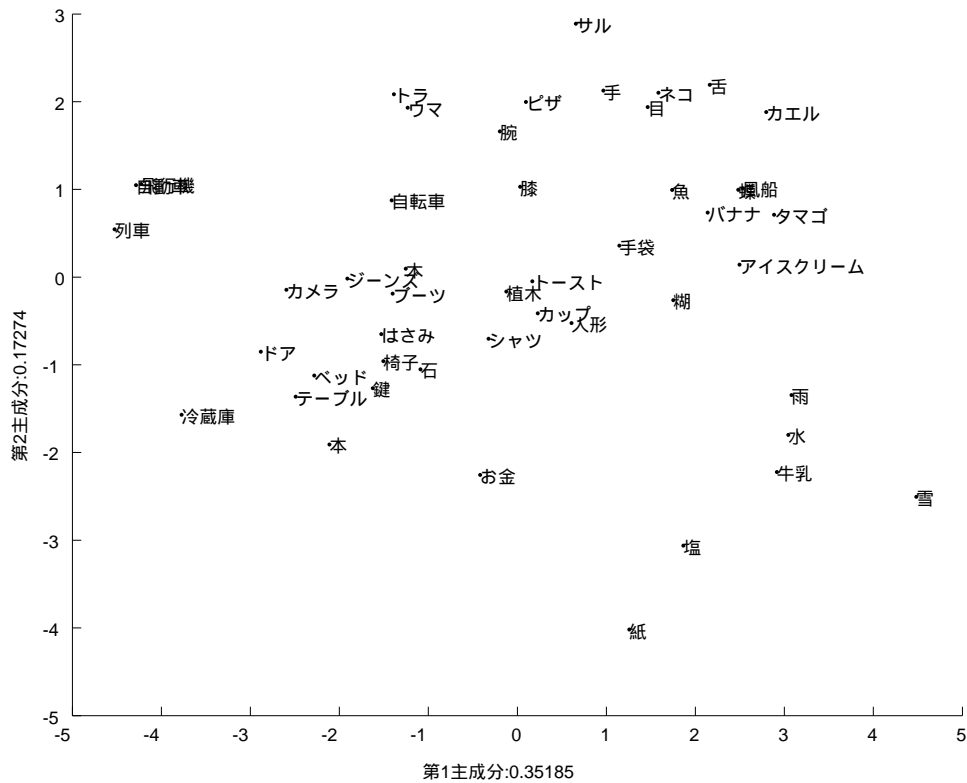


図 3.4: 主成分分析結果 (英語条件) の第 1,2 主成分の 2 次元プロット
物質 (substance) が分離して分布し、第 1 主成分が固形性の存在論的カテゴリを表現すると考えられる。

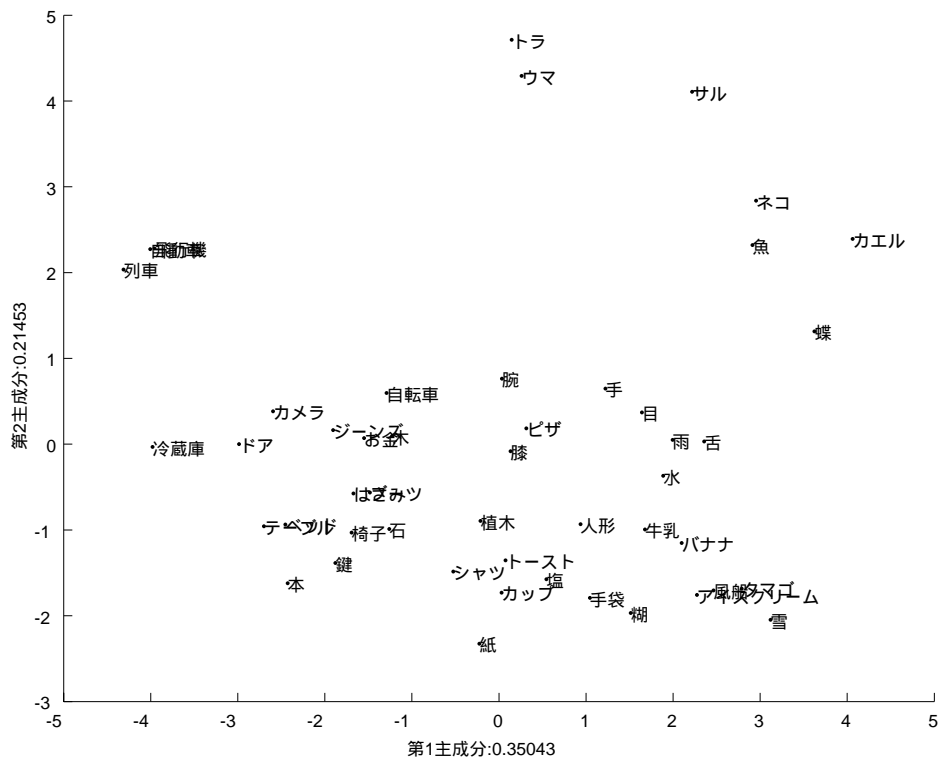


図 3.5: 主成分分析結果 (日本語条件) の第 1,2 主成分の 2 次元プロット
生物 (animates) が分離して分布し、第 1 主成分が生物性の存在論的カテゴリを表現すると考えられる。

主成分分析による結果をさらに詳しく分析するために階層クラスタ分析を行った。図 3.2 に示されるように寄与率から、高々3次元で70%以上の分散を表現できることがわかったので、中立条件、英語条件、日本語条件の第1-3主成分を用いて、階層クラスタ分析によりその構造を可視化した(図 3.6, 図 3.7, 図 3.8)。

階層クラスタ分析の結果中立条件では、図に示したように、MCDIの各カテゴリの語彙が主にクラスタを形成し、全体的には大きさを基準としたクラスタの形成がなされていることがわかる。

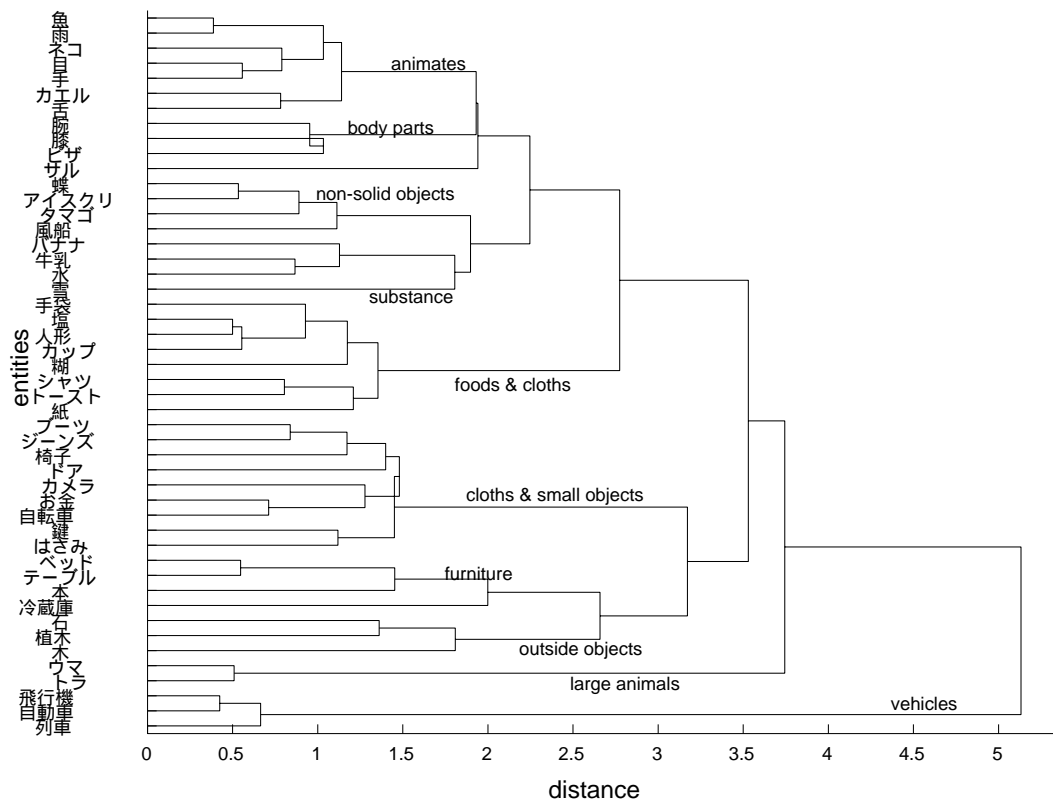


図 3.6: クラスタ分析:中立条件

MCDIのカテゴリ {animals(1,9), body parts (2), small things(6), foods(5), cloths(5,6), furniture(7), vehicles(10), outside things(8), toys} に従い概ねクラスタを形成しているが、境界が曖昧な部分もみられる。図中下方に大きい物体、上方に小さな物体が示され、全体的には大きさを基準にしてクラスタが形成されている。

一方英語条件では、まず固形のクラスタと非固形のクラスタに分かれ、固形クラスタは次の階層で大きさを基準に2つに分岐し、さらに大小それぞれのクラスタは動的/静的の動きを基準としたクラスタに階層的に分岐していることがわかる。つまり、英語条件では、存在の分類基準が固形性 > 大きさ > 動きの順

になっており、objects/substance の存在論的カテゴリが形成されると考えられる。これは英語話者を協力者とした命名タスクで示された知見 [2, 20, 19] に合致し、妥当な推定であると考えられる。

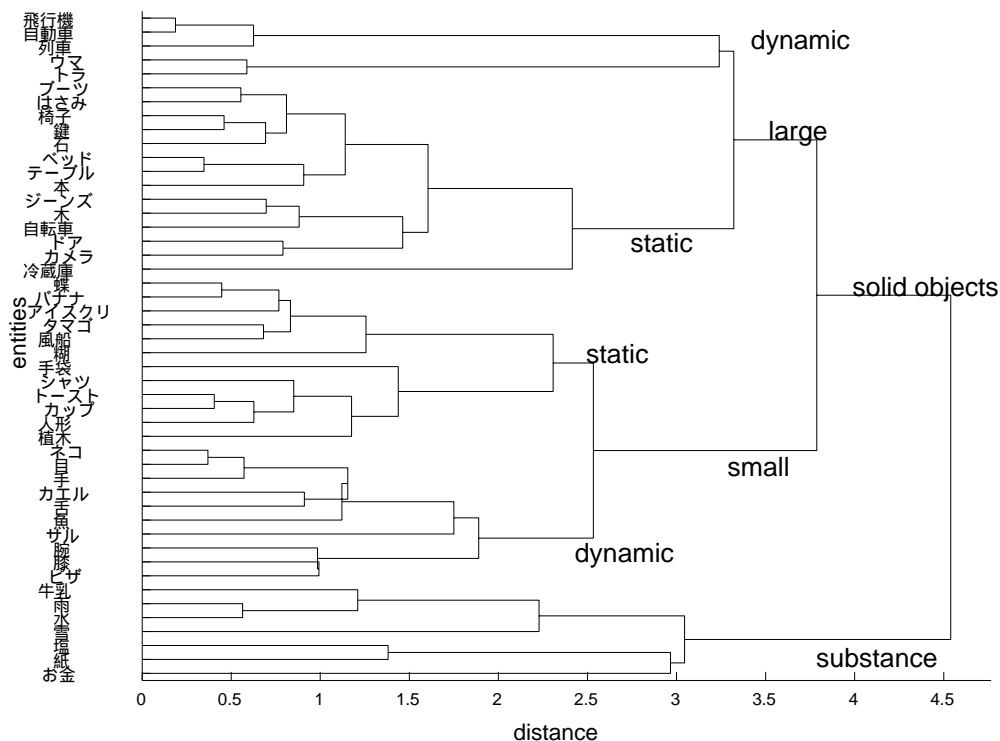


図 3.7: クラスタ分析:英語条件

objects/substance の存在論的カテゴリと類似のクラスが上位の階層で固形性を基準にして形成されている (1)。objects は次の階層で大きさを基準に分岐し (2)、次に動的/静的の基準で (2) の中で階層的にクラスが形成されている (3)。以上のことから英語条件における分類基準は固形性 > 大きさ > 動きの順になっている。

また日本語条件では動的な物体のクラスと静的な物体のクラスが最上位で分岐しており、静的なクラスの中でも、固形/非固形のクラスができており、日本語条件における存在の分類基準は動き > 固形性で英語条件と対照的に animates/substance の存在論的カテゴリが形成されると考えられる。また体の部分や飛行機、自動車、列車といった乗り物は動的クラスターの近くに位置し、表 3.2.4 で定義されたクラスのみがクラスターを形成するのではなく、大局的に動きの基準に従ってクラスター形成している。日本語条件の結果は日本語、英語の言語間比較を行った結果 [25, 26, 4] と定性的に合致し妥当な推定結果であると考えられる。

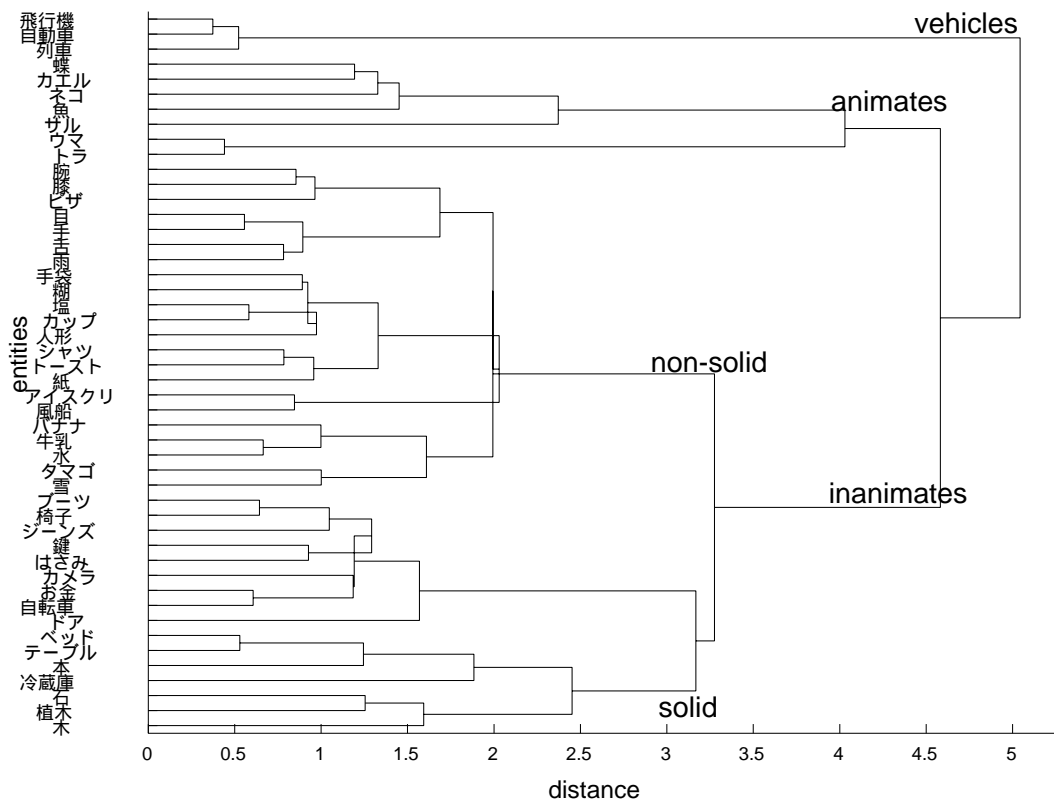


図 3.8: クラスタ分析:日本語条件

生物 + 動的な物体 (1) / 非生物が上位の階層でクラスタを形成している (2)。次の階層では固形性に基づいてクラスタが形成されている (3)。以上のことから日本語条件における分類基準は動き (生物性) > 固形性の順になっている。

第一主成分の分析

言語情報をパラメータとして主成分分析した結果、英語条件では固形性の存在論的カテゴリ、日本語条件では生物性の存在論的カテゴリが生成されることが示唆された。そこで、それぞれの条件における主成分軸がどのような知覚的属性により構成されているかを分析するために主成分分析して得た第一主成分得点と、調査1の言語尺度の知覚表現特性を利用して知覚属性荷重の推定を行った。その結果得られた知覚属性荷重を図3.9に示す。英語条件と日本語条件を比較して、英語条件では形次元が高く、日本語条件では色、肌理次元が高いことがわかる。動き次元などは英語条件で高いが、これは調査1の結果から本実験で用いた言語尺度のセットでは形、動き、音次元が相関が高いことがわかっており、それらの次元は英語条件で高く、他の次元は日本語条件で高いことがわかる。英語条件で形次元が高いことは、形バイアスを報告する先行研究 [2, 9, 19, 22, 26] を支持する結果になり、対照的に色、肌理などの知覚属性を重視する日本語条件は言語間比較を行った実験 [4, 25, 26] でみられる日本語話者、英語話者の反応パタンの差異と符合する結果になっている。

3.4 考察

3.4.1 語彙知識の構造

本実験では、語彙イメージの構造を定量化し、存在論的知識を推定するためにSD法で言語尺度を用いた多次元データを作成し、分析を行った。本実験では主に主成分分析を用いて分析を行ったが、その寄与率から語彙イメージは数次元の空間で十分に表現できることが示唆された。さらに、主成分分析する際に言語的カテゴリを表す1次元をデータに加えて主成分分析することで、言語情報を加味した存在論的知識を推定し、この言語パラメータによる中立条件、英語条件、日本語条件の3条件の比較検討を行った。主成分分析の寄与率より比較的低次元にデータを圧縮できることが示唆されたので、累積寄与率71%の第1-3主成分の階層クラスタ分析を行った。その結果中立条件では曖昧な部分もあるもののMCDIの各カテゴリがクラスタを形成されており、全体的には大きさを基準としたクラスタが形成されていた。本実験で用いられた語彙は全てMCDIの各カテゴリからサンプルされたものであるため、妥当な結果であると考えられる。さらに中立条件の第1主成分、第2主成分軸の2次元プロットから、これらのクラスタの空間的分布を定性的に分析した。その結果、第1主成分方

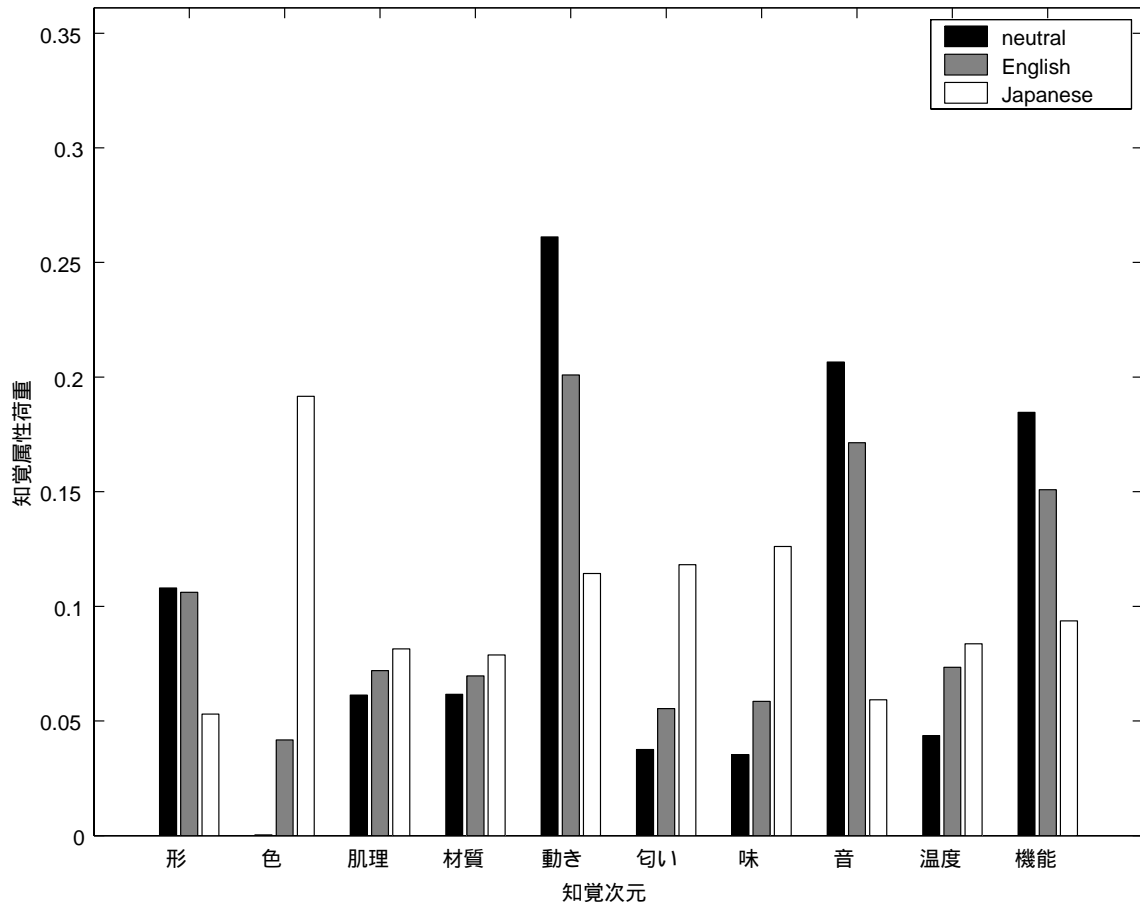


図 3.9: 知覚的属性の荷重

英語条件と日本語条件を比較して、英語条件では形次元が高く、英語条件では色、肌理次元が高いことがわかる。これは言語的カテゴリが英語では固形性を、日本語では生物性を強調するためと考えられる。値は知覚属性の総和が 1 になるように正規化してある ($\sum_p^{10} W_{dp} = 1$)。

向は物体の固形性、第2主成分方向は物体の動きに相当する次元と解釈することができた。この結果から物体に関する語彙イメージの主要因は固形性もしくは大きさで、次に動きであることを示唆された。

3.4.2 言語的カテゴリの影響

続いて、言語的カテゴリを加えた提案モデルにおいて、英語条件、日本語条件の第1-3主成分について階層クラスタ分析を行った。英語条件の階層クラスタ分析の結果、上位の階層で大きなクラスタができており、そのクラスタは英語の言語的カテゴリである可算名詞/非可算名詞の影響を強く反映していた。また主成分分析の結果からも、第1主成分のある値を境界にして *objects/substance* が分離して分布しており、英語条件における第1主成分軸は固形性の存在論的カテゴリを表すと解釈することができる。

一方日本語条件の階層クラスタ分析の結果、英語条件同様上位の階層で大きなクラスタが形成していたがカテゴリメンバは大きく異なっていた。日本語条件は言語的カテゴリ‘いる’/‘ある’の影響を強く反映しており、*animates/inanimates* の存在論的カテゴリを再現した結果と考えられる。主成分分析の結果からも、第1主成分のある値を境界に *animates/inanimates* に分離して分布しており、日本語条件における第2主成分軸は生物性の存在論的カテゴリと解釈できる。

英語条件と異なり、中立条件で第2主成分であった動きが第1主成分になり、あたかも知覚空間が回転したように見える。これは言語的情報と中立条件の第2主成分(動き方向)の相関が高かったため、この方向が最大分散を持ったためと考えられる。つまり、英語条件では元々の分散最大方向を強調したため、分布の境界を明らかにする程度の影響であったが、日本語条件では異なる性質すなわち、動きまたは生物性が主要因となるという質的な影響が見られた。

英語条件、日本語条件における言語差を定量的に分析するためにその第1主成分得点と言語尺度の知覚属性表現特性を利用して、それぞれの条件における知覚属性荷重の推定を行った。この結果、英語条件では形、日本語条件では色、肌理、材質などを重視することが示され、言語固有の知覚属性のバイアスが示された。これは次節3.4.3で述べるように Yoshida & Smith[26] が報告する結果と合致した結果である。しかし形、動き、音などの次元は非常に相関が高く、これらの知覚次元の特性は分離することはできていない。これは本実験で用いた方法に問題点があると考えられる。予備調査1の結果(図3.1)で示されたように本実験で用いた言語尺度の特性として、形、動き、音の次元を同様に表現す

るものが含まれていることが示唆されたので、知覚次元の特性を正確に表現するには不十分であると考えられる。また、予備調査1の特性で主成分得点を式(3.1)の変換することの妥当性も議論の余地がある。

3.4.3 先行研究との比較

中立条件において物体の表現の主要因が固形性であるという結果は Colunga & Smith[2], Samuelson[20, 19] が示唆する形バイアスと物体の固形性の強い関連性と合致すると考えられる。本実験の調査は成人を対象として行われたが、言語的な影響と独立な知識を測定できたと仮定すれば、この結果は言語的情報なしでも知覚属性が固形性を主要因とする構造を持つと解釈することができる。それゆえに Soja ら [23] が報告した、統語的分別ができない2歳児でも objects/substance のような固形性の存在論的カテゴリを区別できるという知見を提案モデルは説明可能であると考えられる。しかし Soja らはその実験を根拠に言語的カテゴリによる影響を否定したが、本研究からは Soja らの主張とは逆に言語的影響の可能性が示唆される。なぜなら言語的影響は英語条件では元々の知覚属性空間のカテゴリ境界を強調する程度であったが、日本語条件では本来第2主成分であった動性が主要因となる強い影響を持つ可能性が示唆されたからである。つまり、本研究は Soja ら [23] の結果は支持するが、その解釈は異なり、彼女らの実験では言語的影響を否定するには不十分であると考えられる。

Soja ら [23] の実験を受けて、日本語、英語話者の協力者による言語差を見た Imai & Gentner[4] の実験では、日本語話者、英語話者は複雑な objects と substance では大きな違いが見られないものの、その中間にあたりと考えられる単純な objects では反応パターンに差が見られることを報告している。モデルの日本語条件では objects、substance は連続的に分布しており、英語条件では objects、substance の大きな隔たりがある境界が見られることから、objects/substance 境界付近の刺激に対し日本語話者が中間的反応をし、英語話者は objects とみなしたという実験結果と提案モデルの結果は定性的に合致すると考えられる。

そして同じく Yoshida & Smith[26] は日本語話者、英語話者を協力者として、動物的刺激(手足の付属した刺激)を用いた実験を行ったの実験を行い(詳細は41ページ4.1.1)、日本語話者は生物性の手掛かりとなる‘いる’/‘ある’の言語情報に敏感に反応することを報告している。彼女らの結果は日本語条件で生物/非生物の間に大きな隔たりがあり、英語条件ではないという本実験の結果と合致すると考えられる。さらに Yoshida & Smith[26] は日本語話者、英語話者の間

で特に形のみが一致した刺激に対する類似性の判断が異なることを報告している。これは本実験で行った主成分得点の知覚属性荷重の分析で、英語条件では形次元を重視するのに対し、日本語条件では色、肌理など他の次元を重視するという結果と一致している。

また Landau ら [9] が報告するように、ラベル付けの場面で文脈依存的に類似性判断の反応パターンが異なることも本実験の主張と合致する。つまり一般の場面において、‘同じもの’または‘似ているもの’は複数の解釈があり得るが、ラベル付けの場面では言語的知識により言語固有のバイアスが働くことで解釈を限定する効果があると考えられる。提案モデルは、主成分分析に言語次元をくわえることで特定の基準に対する重み付けを行い文脈固有の有効な射影を探索するので、Landau らの示唆するカテゴリ化メカニズムを定性的に説明すると考えられる。

以上のように、提案モデルは複数の先行研究の結果を定性的に説明可能であり Yoshida & Smith[26] が境界移動仮説の主張の根拠となる多くの事実に合致することが示された。従ってモデルの仮定した2つの作業仮説(24ページ3.2.4)の妥当性が示唆された。つまり幼児が物体の類似性を判断する際に学習した事例の知覚的、言語的特徴空間での最大分散方向を基準として利用するという仮説の妥当性が示された。

3.4.4 境界移動仮説についての議論

Yoshida & Smith[26] は存在論的知識は個別性連続体で表現され(詳細は6ページ1.5.3を参照)、言語的影響によりその境界が移動するという仮説を提唱している。しかしそのメカニズムの詳細は全く不明であり検証すべき多くの課題が残されている。前述のように Yoshida & Smith[26] の主張する境界移動仮説と提案モデルの示した結果は定性的に合致しているが、単に仮説の説明モデルに留まらず、彼女らの主張する境界移動仮説の前提とする存在論的知識やその境界移動メカニズムに関してさらに深い示唆が得られた。まず第1に境界移動仮説では存在論的知識として個別性連続体 [11] を仮定しているが、本研究ではそのような特殊な概念軸は必要ではなく各言語パラメータを加えた後に創発的に類似の構造が表現された。また境界移動メカニズムとして、本実験では言語パラメータと主成分分析を用いた計算論的なモデルが複数の行動実験の知見に合致することを示した。以上の点から提案モデルは境界移動仮説を拡張し、さらに計算論的構造に関する示唆を与えるものと位置づけられると考えられる。

本研究と彼女らの主張で決定的に異なる点は個別性連続体は animates, objects, substance の順に分布しており、境界が移動してもその位相的關係は崩れないのに対し、本研究から推定されるメカニズムでは文脈に依存してその構造は変化し得る。つまり、彼女らの主張するように個別性連続体が妥当であるか検証するには様々な文脈において、animates(生物的物体) と substance(物質) との心理的距離が objects(物体) と substance(物質) との心理的距離より常に大きい事を示せばよいと考えられる。

第4章 実験3

4.1 目的

実験2では成人の語彙知識を定量化したデータを分析することで、Yoshida & Smith[26]の提唱する仮説の定性的な検証を行った。また、主成分分析により得られた軸を知覚属性荷重を定義することにより解釈を行った。本実験では実験2で得られた結果を利用して、Yoshida & Smith[26]の行った幼児の言語間比較実験の結果を再現する。実験2で言語カテゴリーの英語、日本語条件において得られた知覚属性荷重をそれぞれ日本語話者、英語話者の形、色、肌理の知覚的特徴に対する注意であると仮定し、これを組み込んだ計算論的モデルを構築することにより先行研究の実験のシミュレーションを行うことが目的である。これにより、定性的に合致した実験2の結果を定量的に検証し、さらに詳細な語彙知識の構成メカニズムを探ることができると考えられる。

4.1.1 先行研究

Yoshida & Smith[26]は協力者として3歳の単一母語の日本語話者、英語話者を用い、手足を模した物体を付属した物体実験刺激を利用し新奇名詞汎化タスクを行っている。新奇名詞汎化タスクとは、実験者が人工的に作成した物体に対して、その物体と幾つの特徴で類似し、また幾つの特徴で非類似した物体に対して同じ名詞を使うかどうか問うタスクである。つまり新奇名詞汎化タスクは幼児が未知の名詞を獲得した際に、その名詞をどのような特徴の物体に適用するかを調べることで物体と語彙の対応付けに関する知識を調べる実験になっている。彼女らはこのタスクを用いて、(1)日本語話者に対して2つの異なる教示を与える実験と、(2)日本語話者、英語話者に対して行う実験を行い、さらに(2)を補強するために(3)単純な物体を刺激として(2)のコピー実験を行っている。どの実験も標準刺激を提示し新奇ラベルの命名を行った後、それに対して1つの刺激を提示し、その刺激が新奇ラベルに属するものかyes/noで強制選択させるものであった。また標準刺激とその後で提示される刺激との特徴の違いで6つの条件があり、いずれも形、色、肌理の知覚次元で統制されている(図4.1、表4.1)。(1)の実験は協力者として日本語ネイティブの幼児を用いて、2つのグループにわけ行われた。1つは新奇名詞を提示する際に‘ここに がいるよ’と教示した群と、もう一つは‘ここに があるよ’と教示した群である。この2つの群は同じ刺激にも関わらず異なる反応パターンを見せた。特にそ



図 4.1: Yoshida & Smith(2003) の実験刺激
(左上: 標準刺激または Shape+Texture+Color) これを基準にして6つの特徴を
統制した刺激と比較する。(中央上)Color 条件 (中央右)Texture 条件 (左下)

の差は刺激が形のみ一致する条件で顕著で、‘いる’群は低い yes 反応を見せたが、‘ある’群はチャンスレベルの 50%より高い yes 反応を見せた。この結果から、日本人は‘いる’という言語手がかりにより、実験刺激を生物的物体であるとみなし、複雑な物体を判断するために複数の特徴により類似性を判断するので形のみ的一致では yes 反応率が低かったと考えられている。一方‘ある’群では、実験刺激を非生物的物体とみなし、単純な物体であるので形バイアスが働き、形のみ的一致でも高い yes 反応率を示したと考えられている。

(2) の実験では日本語話者、英語話者を協力者として中立的な言語手がかりで新奇名詞を提示し同様の実験を行った。言語的に中立な教示とは日本語話者に対しては‘これは だよ’であった。英語には生物的/非生物的な物体を言語的に区分する方法は無いので‘This is a ’であった。この実験の結果は、日本語話者の反応パターンは の実験の‘いる’条件の反応パターンと類似の結果であり、一方、英語話者の反応パターンは の実験の‘ある’条件の反応パターンと類似した結果であった。すなわち、日本語話者は中立的な言語手がかりでも手足の付属した刺激を生物的物体とみなし、複数の知覚的特徴を類似性の基準としたが、英語話者は非生物的物体とみなし、形だけ的一致でも高い yes 反応し、形バイアスを示した。

(3) の実験は (2) の結果が日本人が yes 反応しにくいだけであるという対立仮説を検証するために、単純な刺激を用いてその他はすべて (2) と同様に行った。その結果単純な刺激では日本語話者、英語話者はほとんど同じ反応パターンをみせ、yes 反応のバイアスの仮説は否定された。

実験 (1)、(2)、(3) の実験結果から Yoshida & Smith[26] は Lucy[11] が提唱する個別性連続体上での存在論的カテゴリーの境界が日本語話者と英語話者では異なることを示唆した。また、その境界が言語的カテゴリーの境界とよく一致し、実験 (1) に見られるように文脈での言語手がかりでも反応パターンが変化することから言語的影響による境界移動仮説を提唱している。本実験では本研究実験 2 で得られた結果を利用することで、先行研究実験 (2) のシミュレーションを行う。

4.2 方法

行動実験は 2 つの物体を提示し、その物体が同じラベルの属するかを yes または no で強制選択させるタスクである。シミュレーションでは物体は知覚的特

表 4.1: 実験条件

実験は 6 条件で行われ、先行提示される標準刺激後で提示される刺激の特徴 (shape, texture, color) を統制している。○は特徴の一致を意味し、×は不一致を意味する

condition	1	2	3	4	5	6
shape					×	×
texture			×	×		×
color		×		×	×	
	S+T+C	S+T	S+C	S	T	C

特徴 {shape, texture, color} を持つとし、他の属性は全て同じであると、物体の心理的距離に応じて確率的に yes 反応をすると仮定する。提示された 2 つの物体間の知覚属性空間における心理的距離 δ を物体の知覚的特徴の重み付き距離で定義し (式 4.2)、心理的距離 δ に対して yes 反応確率 P_{yes} (式 4.1) を以下の式で定義した。

$$P_{yes} = \exp(-b\delta) \quad (4.1)$$

$$\delta = \left(\sum_{i \in perception} D_i w_{li} (e_i - s_i)^m \right)^{\frac{1}{m}} \quad (4.2)$$

ただし b は心理的距離を yes 反応確率に変換する際のスケールングを表すパラメータ、 m は距離基準パラメータで $m=1$ の場合 city-block 距離、 $m=2$ の場合ユークリッド距離である。また e_i は標準刺激の知覚次元の値、 s_i は提示刺激の知覚次元の値である。 e_i は 0-1 の範囲でランダムに値を生成され、 s_i は実験条件 (表 4.1) に従い、特徴一致の場合 e_i と同じ値であり、特徴不一致の場合ランダムに値を決定される。 $i \in perception = \{shape, color, texture\}$ で物体の知覚的特徴の集合を表す。 w_{li} は言語 $l \in \{English, Japanese\}$ の知覚次元 i の重みを表し、実験 2 で推定された知覚属性荷重で定数である。 D_i は 3 つの知覚属性の比を表す補正項で 2 自由度のパラメータである。このモデルは上記式 (4.1)、(4.2) のように 4 つのパラメータ (b, m, D_i, D_j) をもつ。4 自由度のパラメータでシミュレーションを行うモデルを「4パラメータモデル」とし、パラメータ D_i を固定し ($(D_{shape}, D_{texture}, D_{color}) = (1, 1, 1)$) 2 自由度のパラメータでシミュレーションを行うモデルを「2パラメータモデル」とした。

以上の 2 つのモデルについて数値実験を行い行動実験結果の再現を行った。

4.3 結果

シミュレーション実験の結果を示す (図 4.4, 図 4.3)。まず先行研究の結果に対して、2パラメータモデルでは、モンテカルロ法によるパラメータの推定の結果、 $b = 10.5$ 、 $m = 0.4$ と推定された。シミュレーション実験の結果と行動実験結果は言語 (2) × 知覚属性 (6) = 12 条件の反応パタンの重相関係数が $R^2 = 0.683$ であった。

また実験刺激の各知覚次元における平均差異をパラメータ D として加えた4パラメータモデルでは、最適なパラメータは $b = 12$ 、 $m = 0.8$ 、 $(D_{shape}, D_{texture}, D_{color}) = (7, 1, 0.6)$ ($D_{texture} = 1$ は定数) と推定された。最適パラメータにおける行動実験との重相関係数は $R^2 = 0.916$ であった。

行動実験では、S+T, S+C, S 条件などの形が標準刺激と一致している条件において英語話者は高い yes 反応を示す (同じラベルに属する物体であるとみなす) のに対し、日本語話者の yes 反応が低い。この点が日本語話者と英語話者の存在論的カテゴリーの差異を示し、境界移動仮説の根拠になっている。

上記の観点から行動実験と比較すると、4パラメータモデルではS+C条件の日本語話者で乖離が見られる以外ほぼ行動実験を再現していることがわかる。特にS+T, S条件では日本語話者と英語話者の反応の差異を顕著に示している。一方2パラメータモデルでは、英語話者の反応パターンはよく再現できているものの、日本語話者の反応パターンに関しては非常に大きな乖離が見られる。

4.4 考察

本実験では実験2で推定された、知覚属性荷重 w_{li} を利用し計算論的モデルを構築し、幼児の行動実験のシミュレーションを行った。シミュレーションは心理的な距離のパラメータを2つ持つ2パラメータモデルとそれに加えて知覚属性間の比を表す補正項 D を含めた4パラメータモデルでおこなった。

パラメータ D には2つの解釈が考えられる。1つは行動実験で用いられた刺激の各知覚属性の平均的な心理的距離の比であるという解釈で、もう1つは実験2で推定された W_{li} は知覚属性間の比は正確に表現しておらず、 D は言語共通の知覚属性に対するバイアスもしくは補正項という解釈である。

まずパラメータ D を実験刺激の平均心理距離と考える場合、2パラメータモデルは実験刺激の形、色、肌理の知覚属性が平均的に同じ差異であることを仮定し

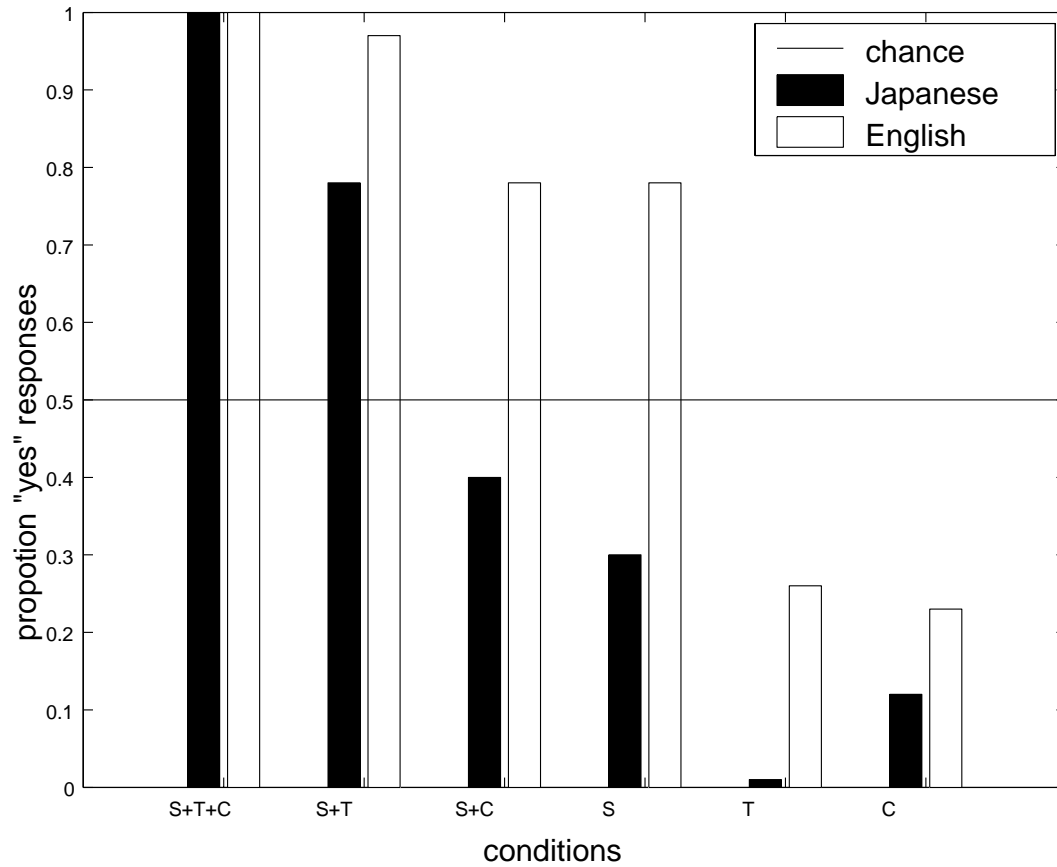


図 4.2: Yoshida & Smith(2003)

英語話者は形を基準に日本語話者は複数特徴を基準に刺激の分類を行っていることが示唆される。

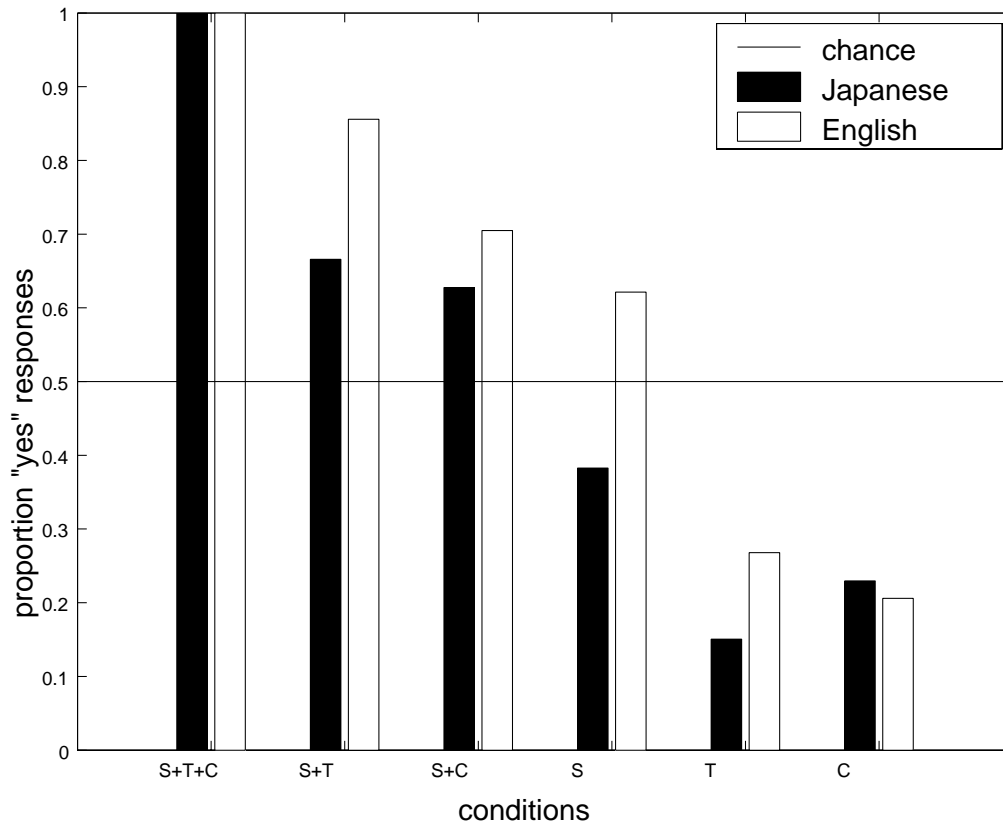


図 4.3: 4 パラメータモデル

行動実験の 12 条件に対して重相関係数は $R^2 = 0.916$ である。S+C 条件での日本語話者の反応に行動実験との差が見られる。

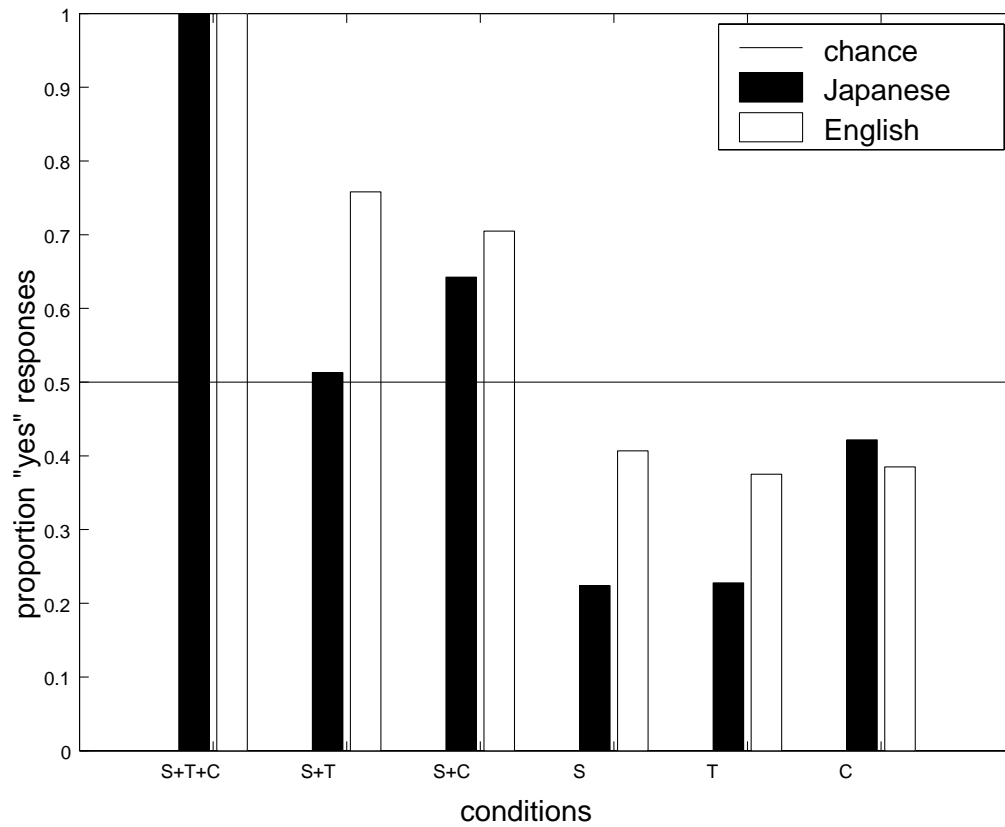


図 4.4: 2 パラメータモデル

行動実験の 12 条件に対して重相関係数は $R^2 = 0.683$ である。

たモデルである。4パラメータモデルで推定された値は $(D_{shape}, D_{texture}, D_{color}) = (7, 1, 0.6)$ とかなり大きな差があり、行動実験において実験刺激の差異が統制されていないことを考慮に入れると実際に刺激の平均差異が大きい可能性は否定できない。

一方、知覚属性の補正項と考える場合、 D の大きな差から本研究の実験2で推定された知覚属性荷重(36ページの図3.9)において知覚属性間の比が正確に本来の値を表現していない可能性が考えられる。実験2で用いた式(3.1)は日本語条件、英語条件の両方に対して実験2の予備調査1の同じ結果を反映するので言語間の相対的な重みを推定するには有効であると考えられる。しかし実験2で用いた言語尺度の構成が、例えば形を表現するものに偏っていた場合、知覚属性間の重みの比は意味を成さない。ゆえに偏った D の値から実験2の知覚属性間荷重の推定に関して検討する余地があることが示唆される。

先行研究ではS+T,S+C,S条件において最も特徴的な結果が示されており、日本語話者は生物的なオブジェクト(手足が付加されたオブジェクト)に対しては複数の特徴をもって類似度を判断する傾向にあり、英語話者は形のみ的一致でも類似していると判断する傾向がある。すなわち英語話者では動物的なオブジェクトと非動物的なオブジェクトを同じオブジェクトのカテゴリとする傾向があり、日本語話者では生物的なオブジェクトと非生物的オブジェクトの差異を特に重視する傾向がある。この点は行動実験における最も重要な点で、Yoshida & Smith[26]が提唱する境界移動仮説の根拠になっている。この観点において、本実験の2パラメータモデルではS+C条件で日本語条件、英語条件の差がほとんどなく、十分に再現できていないと考えられる。一方4パラメータモデルではS+C条件などでcolor次元に対する選好の傾向が見られるものの、2パラメータモデルに比較して再現性は高い。

以上を総合すると、実験2で推定された知覚属性荷重を用いて比較的単純な計算論的モデルにより行動実験結果の再現は可能であることが示唆され、実験2で提案したモデルの境界移動メカニズムとしての定量的な妥当性が示唆された。また4パラメータモデルの結果から、言語によらない知覚属性のバイアスとして形次元に対するバイアスが強いことが示唆された。また2パラメータモデルと4パラメータモデルの比較から、実験2で推定された知覚属性荷重が知覚次元間の比を正確に示していない可能性が示唆され、今後の課題になると考えられる。

第5章 総合考察

本研究では以下の3つの目的について実験を行った。

- (1) 形バイアスの発現メカニズムとして提案されたニューラルネットワークモデルの詳細な検討を行う。
- (2) 境界移動仮説の前提となる存在論的知識の構造を明らかにする。
- (3) 境界移動仮説のメカニズムを説明する計算論的モデルの提案を行う。

5.1 知覚構造の連合学習による形バイアスメカニズム

(1)の目的のために実験1ではニューラルネットワークモデルを構築し、語彙獲得過程で物体の知覚的特徴の連合を学習することにより、物体、物質の存在論的カテゴリーの知識、すなわち形バイアスの獲得をシミュレートした。実験は仮想的な環境を仮定し物体の知覚的特徴をパラメータとして操作し比較検討することで、以下の考察を得た。まず、仮定したモデルで獲得する形バイアスに必要であるのは、環境要因として、十分な知覚的属性の相関関係と物体と物質の学習頻度の適度な偏りである。これは、先行研究で報告されているように初期獲得語彙の大部分が物体に対するものであるという点や、Samuelson[19]の示した非固形性の刺激も形を基準に類似性を判断するという‘未熟な形バイアス’が再現できる点で合致する結果である。しかし頻度の影響については幼児は年齢を追うごとに‘未熟な形バイアス’から‘形バイアス’に修正すると考えられるが、モデルではその特性を示すことはできず今後のさらなる検討が必要である。また学習方法の検討から、前言語的に十分な知覚学習をすることが重要であることが示唆された。

5.2 存在論的知識の推定

実験1のモデル研究はあくまで仮想的環境の下での結果であり、実際の物体や物質の構造を反映したものではなく、言語的影響も考慮されていない。そこで、目的(2)、(3)のために実験2ではSD法により成人の語彙に関する知識を定量化し、言語パラメータと主成分分析によるモデルの提案を行い、境界移動仮説のメカニズムの検討を行った。調査は2つ行われ、1つは言語尺度の知覚属性の表現特性の調査で、もう一つはSD法でMCDIから典型的初期獲得語彙48語を選びコンセプトとし、それに対する16の言語尺度を用いて評定を行っ

た。これらの評定には言語的屬性に関するものは含まれず、日常的な物体の知覚的屬性を反映しているものと考えられる。分析では、SD法で得られた16次元の屬性による主成分分析の結果に加えて、言語的屬性として中立、日本語、英語の言語的カテゴリーのデータを加えて、分析を行った。主成分分析による第一、二主成分空間の分布の定性的考察、さらに階層クラスタ分析の結果から、中立条件では大きさ(固形性)に次いで動きが存在論的カテゴリーの基準となっていた。英語条件では重要な順に固形性、大きさ、動きがカテゴリー基準となっていた。一方日本語条件では順に動き、固形性がカテゴリー基準となっていた。英語条件が中立条件の基準を明確にし中立条件と同様に固形性の基準を主要因としたのに対し、日本語条件では中立条件では2次的であった動きの基準が主要因となる変化が見られ、これは言語間比較実験[4, 25, 26]で示された知見に定性的に合致する。しかし、Yoshida & Smith[26]が提唱するような個別性を基準とする存在論的空間は定量化された語彙知識からは見られなかった。本研究で提案するモデルでは個別性連続体を仮定する必要は無いが、語彙知識を定量化し、言語的カテゴリーを用いることで言語固有の存在論的知識を再現可能であることを示すことができた。

5.3 言語的カテゴリーの影響メカニズム

本研究のモデルは主成分分析を実装に利用し、言語的カテゴリー次元をパラメータとするが、このメカニズムについて更なる議論をする必要がある。主成分分析は多次元空間上で最もデータの分散が大きくなる射影を探索する手法である。つまり最も分散を保存する意味で情報を圧縮する手法であるといえる。実験でパラメータとして用いた言語的カテゴリー次元は16次元のデータの平均的な分散よりも大きかったので、1次元でも十分な影響を持つと考えられる。言語的カテゴリーをデータに加えて分析することで、英語条件では可算/非可算の言語的カテゴリーの分散を保存するのに有効な合成変数が選択されると考えられる。つまり、言語的カテゴリーを説明する知覚的屬性の合成軸が選出されるのである。日本語条件では‘いる’/‘ある’の言語的カテゴリーと相関する特徴量が選択された結果、パラメータで指定された生物的オブジェクトだけではなく動的物体である乗物や体の部分などが近隣に分布し全体として連続的な animate/inanimates の存在論的空間を生成することができた。この言語固有の存在論的空間がどのような知覚次元に基づいているのか調べるために、分析した結果得られた第一主

成分軸と言語尺度調査で評定した言語尺度の知覚属性表現特性を用いて知覚属性荷重を推定した。この結果、英語条件では形に、日本語条件では色、肌理に相対的に重みを置いていることが明らかになった。これは、先行研究 [4, 25, 26] の報告と定性的によく合致する結果である。以上の結果をまとめると、以下の3点になる。

- [1] 個別性連続体は推定された存在論的知識空間の特徴量として見られなかった
- [2] 言語的カテゴリをパラメータとして加え、言語カテゴリをよく表現する知覚的属性を強調することで言語固有の存在論的知識の構造が再現できた。
- [3] 各言語条件における存在論的空間の知覚的荷重の推定値は定性的に先行研究の知見に合致する。

5.4 言語間比較の心理実験の再現

実験3では(3)の目的で行われた実験2のモデルを補強するために境界移動仮説の根拠となる Yoshida & Smith[26] の心理実験をシミュレートし定量的検証をおこなった。この実験は日本語、英語における存在論的カテゴリの差異を顕著に示しており、この実験結果を再現することは実験2で得られた結果の妥当性を示すのに有効であると考えられる。実験2で得られた日本語条件、英語条件の知覚的荷重を心理的距離の計算に利用し、類似度を算出する計算論的モデルを構築した。モデルは2パラメータモデルと4パラメータモデルの2つについて試みたが、2パラメータモデルでは $R^2 = 0.683$ 、4パラメータモデルでは $R^2 = 0.916$ と高い再現率を示した。また先行研究 [26] で、日本語話者と英語話者で反応パタンの最も顕著な差が現れている shape 条件での特性をモデルで再現することができた。

5.5 境界移動仮説の拡張

本研究で示された結果は概ね Yoshida & Smith[26] の実験結果、また他の先行研究 [2, 4, 19] の実験から得られる知見を満たすものであるが、Yoshida & Smith[26] の提案する境界移動仮説をそのメカニズムの面で拡張するものと考えられる。先行研究は言語的な影響のない非言語的存在論的知識は Lucy[11] が提唱した個別性連続体を仮定していた。しかし、実験2の結果からそのような特徴量は見られないことが示唆され、さらにその仮定を置かずに主成分分析を基にした計算論的モデルを構築することで調査データから先行研究を満たす存在

論的空間を推定することが可能であることを示した。本研究の結果からは、単一特徴(個別性)で構成された空間ではなく、多種知覚次元の構成する特徴空間から言語的情報により、最適な構成を持つ特徴空間を選択するというメカニズムが示唆される。実験2の結果から中立の存在論的空間と英語の存在論的空間は元来類似の構造を持つことが示唆され Yoshida & Smith[26]の境界移動仮説では説明できない Sojaら [23]の実験結果も説明可能であり、本研究は境界移動仮説を拡張し、そのメカニズムに関する具体的な仮説を示すことができたと考えられる。Sojaら [23]の実験は彼女らが存在論的カテゴリに対する言語的影響を否定する根拠としていたが、その実験結果を含めて言語的影響の可能性を示したことも意義ある。さらに以下の観点からも本研究は境界移動仮説に無い利点を持つ。Yoshida & Smith[25, 26]は日本人が複雑なオブジェクトに関して、単一の特徴の一致では類似物体とみなさず、形と色、形と肌理などの複数の特徴の一致により類似性選択を行っていると報告している。これは固形物であるため形が不変量として選択されやすい形領域と、非固形であるため形が不定であり、他の表面属性の色、肌理などが不変量として選択される材質領域、そして形は不変であるものの、複雑な部分を持つ生物などの形、色、材質などの複数の不変量を必要とする複数領域があると考えられる。個別性連続体を仮定する境界移動仮説では複数領域と材質領域が形領域を挟むように分布していると考えられるが、本研究で示された存在論的知識空間では図5.2のように自然に形領域と材質領域と両方を併せ持つ領域の位相関係を持つことができる。しかしこの点については根拠が希薄で更なる研究が必要であると考えられる。

5.6 方法論的問題点

本研究は方法論に関して以下の点で議論をする必要がある。

- (1) 幼児の語彙知識の代用として成人の語彙知識を用いた点。
- (2) 言語的カテゴリの影響を議論する上で日本語話者を協力者とした点。
- (3) 主成分分析で尺度混在のデータを用いた点。

まず(1)についてである。幼児のラベル付けの場面での類似判断タスクを行う複数の心理実験 [9]において、幼児と成人の反応パターンに共通性が見られ、さらに乖離が見られる場合においても、多くは年齢が成人に近づくほど連続的に

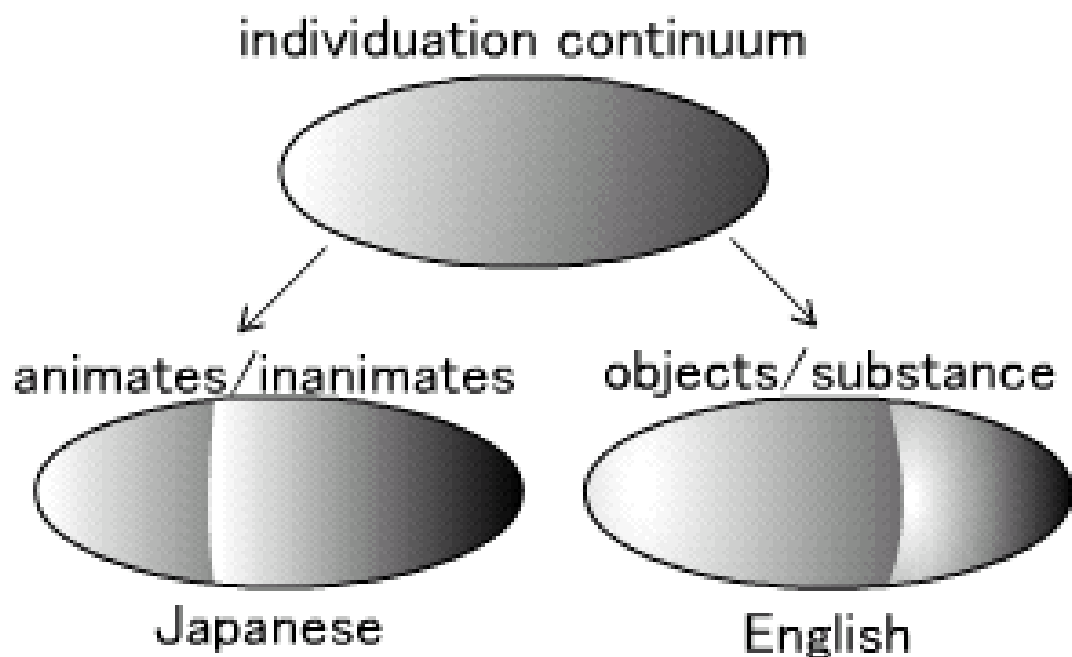


図 5.1: 個別性連続体境界移動仮説

実体は個別性に従い連続かつ一様に分布する (上図)。言語カテゴリの影響で境界が発生し、存在論的カテゴリが生成される (下図)。しかしそのメカニズムの詳細は不明である。

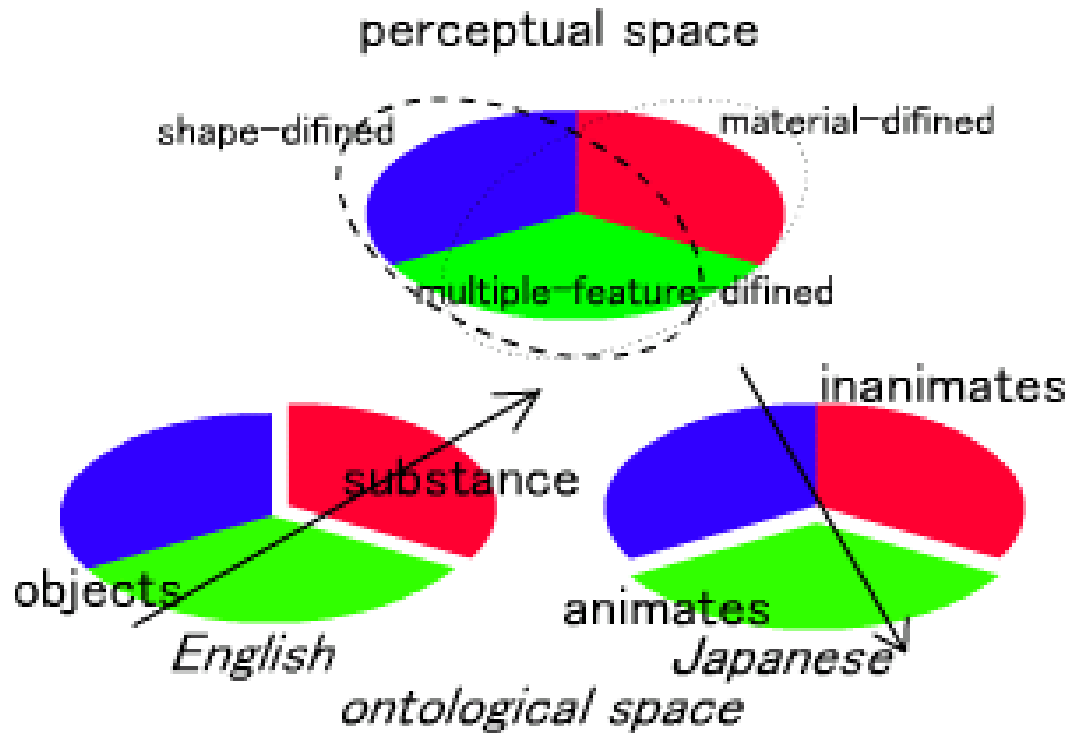


図 5.2: 本研究の提案モデル

調査による結果、存在論的知識空間は個別性のような特定の特徴量が優位な空間ではなく多次元空間である(上図)。さらにこの空間では形領域と材質領域と複数領域が位相的に自然な関係で分布している。言語的カテゴリの制約により黒い領域と灰色の領域のコントラストを識別するための軸が発生することで、animates/inanimates など言語固有な存在論的カテゴリが生成される(下図)。従って文脈依存的で柔軟性を持ち、個別性連続体境界移動仮説はこのモデルの1側面である。

成人の反応パターンに近づく傾向が見られる。このことから究極的には幼児の知識は成人の知識に漸近すると考えられるので、安定した成人の知識を幼児の知識の代用として利用することには大きな問題は無いと考えられる。また幼児の語彙知識を定量化する確立された方法が無いので、幼児の心理実験で用いる刺激を成人が評定し、実験条件をコントロールする手法は多くの研究で取り入れられている [4, 7]。また、本研究のように理論的研究でも成人の知識を測定、利用する研究はあり [2, 19]、その点でも幼児の知識の代用として成人の知識を利用するのは妥当な方法であると考えられる。しかし、幼児を対象とした SD 法を工夫し、語彙知識の定量化を行い検証することで方法論を確立することは極めて有益であり、成人の同様の方法と比較することで興味深い成果が得られる可能性がある。

次に、(2) についてである。実験 2 の分析では言語カテゴリをパラメータとしてデータに加え、主成分分析を行っているが、協力者として日本人を用いたために、調査の結果には日本人固有の言語カテゴリの影響が含まれている可能性が考えられる。つまり調査結果を言語カテゴリの影響を考えない'中立な'条件として扱ったことに、問題がある可能性は否定できない。しかしこれらの言語的カテゴリの影響が強く結果に反映されている場合、パラメータとして同様の情報を含めて解析を行っても中立条件と英語条件や日本語条件にほとんど差が見られないことが予想される。しかし実際には寄与率の高い主成分軸には条件間で大きな差異が見られた。ゆえに今回の調査では言語的カテゴリの影響は小さいと考えられる。しかし、知覚の構造そのものがアメリカ人と日本人で異なる可能性や、非言語的な文化の影響など多くの要因から、同様の調査を行ってもアメリカ人と日本人で異なる結果が得る可能性はある。SD 法は言語尺度により評定を行うので翻訳の問題も生じ単純に比較することは難しいが、今後アメリカ人でも同様の調査を行い比較することは重要な課題として挙げられる。

最後に (3) についてである。これは 16 次元の言語尺度による評定が順序尺度もしくは比尺度として扱えるのに対し、パラメータとして加えた 1 次元はカテゴリ尺度である点で問題があると考えられ、変数の尺度については慎重な議論が必要である。そこで今後の課題として混在尺度のための主成分分析 (OSMOD)[18] などの利用を検討することが挙げられる。

5.7 結語

実験 1,2,3 を総合すると、語彙獲得バイアスの形成メカニズムには2つの要因が含まれている可能性が示唆される。一つは、我々を取り巻く環境の知覚に潜在する構造、つまり物体や物質の知覚属性のもつ特性である。もう一つは我々がこれらの物体を効率よくカテゴリ化する際に用いる言語に潜在する構造である。さらに2つの要因の相互作用について以下のようなメカニズムが示唆された。まず環境の知覚に潜在する構造が存在論的カテゴリの形成の土台となっていると考えられる。しかし知覚的構造は一義的でなく他面的な構造をもち、言語的カテゴリにより制約を受ける。すなわち多面的な構造のある側面が重み付けられることで言語的カテゴリ固有の存在論的カテゴリを形成するのである。その結果先行研究のようにラベル付けの文脈では、言語的カテゴリの影響を受け、心理実験における言語固有の反応パターンが見られたと考えられる。人のカテゴリ化の認知機構は未だ多くの謎を含んでいるが、本研究は先行研究で得られた仮説をさらに拡張することで体系的理解を行うための足掛かりとなると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、終始懇切丁寧なご指導をして下さいました乾敏郎教授、齋木潤助教授、杉尾武志助手に心から御礼申し上げます。また京都光華女子大学でアンケート調査の場を提供して下さいましたリサーチアソシエイトの吉田千里さんに心から御礼申し上げます。最後に、本研究に関して援助して下さいました認知情報論研究室の皆様には感謝します。

参考文献

- [1] Benedict, H.: Early lexical development: comprehension and production., *Journal of Child Language*, Vol. 6, pp. 183–200 (1979).
- [2] Colunga, E. and Smith, L.: Committing to an Ontology: A Connectionist Account, *The Twenty Second Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (2000).
- [3] Fenson, L., Dale, P., Reznick, J., Bate, E., Hartung, J., Pethick, S. and Reilly, J.: MacArthur Communicative Development Inventories., San Diego (1993).
- [4] Imai, M. and Gentner, D.: A cross-linguistic study of early word meaning: universal ontology and linguistic influence., *Cognition*, Vol. 62, pp. 169–200 (1997).
- [5] 今井むつみ: ことばの学習のパラドックス, 共立出版株式会社 (1997).
- [6] 岩下豊彦: SD 法によるイメージ測定, 川島書店 (1983).
- [7] Jones, S. and Smith, L.: How children know the relevant properties for generalizing object names, *Developmental Science*, Vol. 5, pp. 219–232 (2002).
- [8] Jusczyk, P. and Aslin, R.: Infants' detection of the sound patterns of words in fluent speech., *Cognitive Psychology*, Vol. 29, pp. 1–23 (1995).
- [9] Landau, B., Smith, L. and Jones, S.: The importance of shape in early lexical learning, *Cognitive Development*, Vol. 3, pp. 299–321 (1988).
- [10] Luce, R.: On the Possible Psychological Laws., *The Psychological Review*, Vol. 66, pp. 81–95 (1959).
- [11] Lucy, J.: *Language diversity and thought: A reformulation of the linguistic relativity hypothesis.*, Cambridge University Press, Cambridge (1992).
- [12] Markman, E. and Hutchinson, J.: Children's sensitivity to constraints on word meaning: Taxonomic versus thematic relations., *Cognitive Psychology*, Vol. 16, pp. 1–27 (1984).
- [13] Mervis, C. and Bertrand, J.: Acquisition of the novel name-nameless category (N3C) principle., *Child Development*, Vol. 65, pp. 1646–1662 (1994).
- [14] Movellan, J.: Contrastive Hebbian learning in the continuous Hopfield

- model, *Connectionist Models Proceedings of the 1990 Summer School*, pp. 10–17 (1990).
- [15] Osgood, C., Suci, G. and Tannenbaum, P.: *The measurement of meaning*, Univ. of Illinois Press (1957).
- [16] Quine, W.: *Word and Object*, MA:MIT Press, Cambridge (1960).
- [17] Quine, W.: *Ontological relativity and other essays*, Columbia University Press, New York (1969).
- [18] Saito, T. and Otsu, T.: A method of optimal scaling for multivariate ordinal data and its extensions., *Psychometrika*, Vol. 53, pp. 5–25 (1988).
- [19] Samuelson, L.: Statistical Regularities in Vocabulary Guide Language Acquisition in Connectionist Models and 15-20 Month Olds., *Developmental Psychology*, Vol. 38, pp. 1016–1037 (2002).
- [20] Samuelson, L. and Smith, L.: Early noun vocabularies: do ontology, category structure and syntax correspond?, *Cognition*, Vol. 73, pp. 1–33 (1999).
- [21] Schafer, G. and Plunkett, K.: Rapid word learning by 15-month-olds under tightly controlled conditions., *Child Development*, Vol. 69, pp. 309–320 (1996).
- [22] Smith, L.: Learning to recognize objects, *Psychological Science*, Vol. 14, pp. 244–250 (2003).
- [23] Soja, N. N., Carey, S. and Spelke, E. S.: Ontological categories guide young children’s inductions of word meanings: object terms and substance terms., *Cognition*, Vol. 38, pp. 179–211 (1991).
- [24] Spelke, E.: Principles of object perception., *Cognitive Science*, Vol. 14, pp. 29–56 (1990).
- [25] Yoshida, H. and Smith, L. B.: Early noun lexicons in English and Japanese., *Cognition*, Vol. 82, pp. 63–74 (2001).
- [26] Yoshida, H. and Smith, L. B.: Shifting ontological boundaries: how Japanese- and English- speaking children generalize names for animals and artifacts., *Developmental Science*, Vol. 6, pp. 1–34 (2003).
- [27] 大山正, 今井省吾, 和気典二: 新編感覚・知覚心理学ハンドブック, 誠信書房 (1994).

付録

A.1 調査に用いた語彙

A.1.1 典型的初期獲得語彙

蝶, ネコ, 魚, カエル, ウマ, サル, トラ, 腕, 目, 手, 膝, 舌, ブーツ, 手袋, ジーンズ, シャツ, バナナ, タマゴ, アイスクリーム, 牛乳, ピザ, 塩, トースト, ベッド, 椅子, ドア, 冷蔵庫, テーブル, 雨, 雪, 石, 木, 水, カメラ, カップ, 鍵, お金, 紙, はさみ, 植木, 風船, 本, 人形, 糊, 飛行機, 列車, 自動車, 自転車

A.1.2 言語尺度対

1)

動的 (静的), 騒がしい (静かな), 軽い (重い), 大きい (小さい), 複雑な (単純な), 精巧な (雑な), 硬い (軟らかい), 安定な (不安定な), 強い (弱い), 自然な (人工的な), 丸い (四角い), 温かい (冷たい), 素早い (遅い), 真っ直ぐな (曲がった), 滑らかな (いびつな), 潤った (乾いた)

¹⁾ () は反意語をあらわし、対になっている

A.2 実験2 語彙調査のデータ

	動的 (静的)	つるおっただ (乾いた)	軽い (重い)	大きい (小さい)	複雑な (単純な)	遅い (早い)	静かな (騒がしい)	安定な (不安定な)
蝶	0.31	0.546	0.053	0.87	0.452	0.548	0.166	0.483
ネコ	0.25	0.512	0.299	0.712	0.466	0.827	0.579	0.512
魚	0.3	0.12	0.351	0.584	0.577	0.784	0.316	0.399
カエル	0.214	0.161	0.137	0.8	0.649	0.709	0.74	0.529
ウマ	0.188	0.486	0.813	0.096	0.425	0.865	0.425	0.354
サル	0.048	0.543	0.423	0.611	0.568	0.911	0.957	0.661
トラ	0.13	0.6	0.854	0.101	0.392	0.817	0.57	0.445
腕	0.183	0.582	0.5	0.49	0.438	0.643	0.522	0.349
目	0.226	0.159	0.288	0.476	0.243	0.692	0.349	0.425
手	0.144	0.438	0.308	0.517	0.397	0.675	0.5	0.353
膝	0.322	0.716	0.438	0.611	0.495	0.529	0.409	0.401
舌	0.228	0.12	0.262	0.704	0.478	0.625	0.476	0.418
ブーツ	0.478	0.733	0.55	0.421	0.649	0.375	0.505	0.534
手袋	0.623	0.642	0.137	0.695	0.702	0.451	0.267	0.238
ジーンズ	0.332	0.829	0.536	0.45	0.599	0.627	0.553	0.329
シャツ	0.611	0.829	0.104	0.44	0.709	0.589	0.329	0.284
バナナ	0.661	0.394	0.31	0.63	0.743	0.515	0.44	0.406
タマゴ	0.673	0.387	0.183	0.861	0.712	0.481	0.308	0.599
アイスクリーム	0.654	0.147	0.173	0.695	0.719	0.567	0.452	0.536
牛乳	0.596	0.104	0.404	0.524	0.709	0.522	0.286	0.308
ピザ	0.428	0.536	0.387	0.291	0.481	0.611	0.701	0.49
塩	0.697	0.76	0.149	0.873	0.736	0.613	0.327	0.392
トースト	0.546	0.779	0.151	0.726	0.762	0.606	0.454	0.385
ベッド	0.805	0.637	0.863	0.096	0.7	0.332	0.151	0.103
椅子	0.579	0.813	0.457	0.553	0.712	0.49	0.379	0.257
ドア	0.337	0.81	0.606	0.255	0.712	0.534	0.481	0.313
冷蔵庫	0.659	0.459	0.95	0.091	0.31	0.42	0.394	0.202
テーブル	0.786	0.815	0.817	0.236	0.728	0.34	0.257	0.154
雨	0.346	0.07	0.353	0.675	0.643	0.678	0.572	0.651
雪	0.601	0.226	0.127	0.817	0.651	0.346	0.077	0.435
石	0.844	0.861	0.804	0.418	0.788	0.303	0.159	0.221
木	0.721	0.409	0.876	0.087	0.49	0.298	0.183	0.163
水	0.433	0.019	0.363	0.488	0.704	0.714	0.272	0.351
カメラ	0.32	0.712	0.517	0.594	0.13	0.752	0.471	0.317
カップ	0.724	0.476	0.327	0.695	0.786	0.452	0.32	0.262
鍵	0.692	0.813	0.267	0.861	0.313	0.526	0.334	0.363
お金	0.315	0.666	0.498	0.531	0.502	0.613	0.563	0.644
紙	0.76	0.853	0.048	0.594	0.796	0.541	0.282	0.332
はさみ	0.341	0.82	0.257	0.733	0.663	0.697	0.505	0.411
植木	0.788	0.386	0.661	0.452	0.476	0.337	0.175	0.233
風船	0.385	0.591	0.026	0.635	0.815	0.454	0.276	0.68
本	0.899	0.796	0.588	0.55	0.397	0.364	0.126	0.175
人形	0.764	0.653	0.26	0.675	0.558	0.339	0.192	0.298
糊	0.721	0.267	0.284	0.728	0.75	0.452	0.279	0.411
飛行機	0.156	0.788	0.942	0.029	0.067	0.865	0.697	0.433
列車	0.125	0.774	0.945	0.055	0.293	0.769	0.764	0.347
自動車	0.06	0.786	0.891	0.123	0.159	0.853	0.786	0.332
自転車	0.133	0.728	0.5	0.49	0.512	0.752	0.6	0.495

	冷たい (温かい)	自然な (人工的な)	丸い (四角い)	弱い (強い)	雑な (精巧な)	まっすぐな (曲がった)	なめらかな (いびつな)	硬い (柔らかい)
蝶	0.579	0.084	0.421	0.111	0.678	0.553	0.313	0.776
ネコ	0.553	0.202	0.202	0.517	0.502	0.627	0.334	0.829
魚	0.219	0.101	0.397	0.34	0.57	0.476	0.298	0.642
カエル	0.288	0.091	0.236	0.298	0.474	0.582	0.409	0.808
ウマ	0.782	0.142	0.406	0.728	0.654	0.32	0.3	0.476
サル	0.692	0.137	0.281	0.615	0.445	0.55	0.522	0.666
トラ	0.565	0.07	0.337	0.952	0.558	0.382	0.385	0.538
腕	0.707	0.305	0.377	0.611	0.626	0.538	0.365	0.57
目	0.541	0.3	0.096	0.296	0.8	0.387	0.284	0.685
手	0.736	0.216	0.276	0.505	0.668	0.51	0.288	0.75
膝	0.589	0.323	0.238	0.462	0.577	0.68	0.43	0.341
舌	0.774	0.272	0.236	0.385	0.635	0.613	0.238	0.858
ブーツ	0.536	0.803	0.556	0.587	0.601	0.346	0.353	0.425
手袋	0.849	0.695	0.272	0.459	0.561	0.55	0.388	0.861
ジーンズ	0.422	0.649	0.673	0.769	0.49	0.368	0.478	0.358
シャツ	0.478	0.697	0.721	0.512	0.58	0.363	0.368	0.685
バナナ	0.476	0.132	0.31	0.365	0.428	0.757	0.346	0.822
タマゴ	0.514	0.166	0.041	0.142	0.58	0.63	0.25	0.618
アイスクリーム	0.017	0.625	0.197	0.245	0.512	0.612	0.185	0.873
牛乳	0.236	0.166	0.385	0.457	0.563	0.411	0.18	0.784
ピザ	0.892	0.776	0.089	0.45	0.442	0.671	0.466	0.738
塩	0.31	0.236	0.488	0.522	0.555	0.459	0.462	0.375
トースト	0.865	0.582	0.856	0.37	0.45	0.428	0.462	0.671
ベッド	0.769	0.654	0.851	0.712	0.603	0.291	0.272	0.526
椅子	0.413	0.653	0.666	0.613	0.582	0.413	0.387	0.209
ドア	0.332	0.738	0.865	0.706	0.584	0.245	0.43	0.118
冷蔵庫	0.07	0.885	0.925	0.731	0.767	0.248	0.425	0.099
テーブル	0.454	0.625	0.594	0.707	0.575	0.425	0.344	0.13
雨	0.113	0.075	0.296	0.505	0.457	0.291	0.38	0.671
雪	0.06	0.065	0.166	0.26	0.627	0.401	0.226	0.892
石	0.202	0.065	0.202	0.817	0.361	0.683	0.692	0.05
木	0.716	0.043	0.365	0.777	0.601	0.329	0.468	0.286
水	0.142	0.072	0.351	0.536	0.584	0.351	0.168	0.767
カメラ	0.393	0.798	0.873	0.587	0.887	0.351	0.44	0.159
カップ	0.584	0.688	0.257	0.45	0.555	0.55	0.349	0.274
鍵	0.219	0.868	0.63	0.671	0.779	0.563	0.675	0.113
お金	0.243	0.844	0.51	0.639	0.666	0.471	0.51	0.286
紙	0.358	0.601	0.923	0.279	0.546	0.171	0.298	0.651
はさみ	0.197	0.817	0.656	0.745	0.577	0.406	0.495	0.163
植木	0.635	0.233	0.442	0.56	0.604	0.464	0.488	0.478
風船	0.596	0.63	0.053	0.091	0.488	0.63	0.25	0.887
本	0.519	0.644	0.928	0.572	0.702	0.255	0.375	0.236
人形	0.505	0.748	0.272	0.341	0.69	0.529	0.363	0.644
糊	0.332	0.6	0.346	0.401	0.481	0.514	0.269	0.825
飛行機	0.318	0.928	0.454	0.839	0.901	0.403	0.373	0.077
列車	0.476	0.861	0.894	0.825	0.752	0.293	0.462	0.099
自動車	0.418	0.897	0.709	0.825	0.839	0.469	0.459	0.096
自転車	0.409	0.714	0.519	0.488	0.606	0.575	0.522	0.282