

画像・音声刺激から学習した近時記憶の睡眠時想起による 言語シンボル概念獲得モデル

Concept Acquisition Model of Linguistic Symbol by Reactivating Image-Sound Stimuli's Recent Memories during Sleep

佐藤一生†
Kazuki Sato

荒井秀一†
Shuichi Arai

1. まえがき

人間は集団行動のなかで、他者とコミュニケーションを行うために言語を用いている。言語を用いることで、人間は自らの伝えたい内容を知識を用いて言語シンボル刺激として表象し、相手はその言語シンボル刺激から伝えようとしている意味を理解する。この言語シンボルのやりとりの中で、より深い理解を行うために用いるものを概念という。人工知能の分野では、人間の知的活動の解明や、計算機に言語シンボル刺激の柔軟な理解能力を与えることを目的に、計算機に概念を獲得させる研究が数多く行われてきた [1][2]。

しかし、これらの研究は知識を獲得する段階で人間が行う知覚の過程を考慮しないものであり、人間が行う概念獲得からかけ離れたものであった。計算機に言語を理解させるためには、人間の子供が言語を学習するように機械も学習を行う必要がある [3]。そこで我々は認知科学や発達心理学の知見に基づき、計算機に言語シンボル概念を獲得させる枠組みを提案してきた [4]。この枠組みでは計算機に人間が生得的な機能のみを持たせて学習を行い、実世界から人間が得ることのできる刺激のみから記憶を獲得させる。そして獲得した記憶から共通の性質を抽出することで概念を獲得させる。

しかし現在までの研究では、刺激から記憶を獲得する過程については人間の知覚に基づいたモデル化を行ってきたが、記憶から概念を獲得し、それを保持する過程についてはモデル化が行えていない。そのため、この枠組みは人間の行う概念獲得のモデルとして不自然である。この過程のモデル化を行うことで、我々の枠組みは人間が持つような概念を計算機に獲得させることが可能になり、人間の概念獲得への構成論的アプローチを行うことができる。そこで本稿では、脳科学の知見に基づき、記憶の想起から概念の記憶を行うモデルを提案する。

2. 刺激からの言語シンボル概念獲得

概念獲得モデルの提案にあたって、本章では我々の提案してきた言語シンボル概念獲得の枠組みについて述べる。

2.1. 認知的に閉じた状態での学習

本モデルでは計算機による概念獲得を研究の目的とするため、計算機に獲得する概念の知識を与えてはならない。そのため計算機は認知的に閉じた状態、つまり実世界の刺激のみから学習を行う必要がある。そこで我々は、認知的な閉じを保証するために、対話の「場」を定義した。場は人間が実世界から獲得している画像刺激・音声刺激しか扱うことが出来ないように設計した。この場に人間と計算機を接続し、場から刺激を受けとる、あるいは場に刺激を投入することのみ外部とのやりとりを行えるようにした。これにより、認知的に閉じた状態での学習を保証した。

2.2. 刺激の抽象化

人間が刺激から特徴を抽出して記憶するように、本枠組みでは計算機に刺激から抽象度の高い情報への変換を行わせる。この変換の際には必ず何かしらの知識が必要になるが、ここで必要以上の知識を用いると、これも獲得する概念の知識を予め与えていることになる。

そこで我々は、人間が生まれつき保持している刺激を知覚し、記憶するための機能を参考にした。具体的には、人間の視覚における直線・曲線等の特定の形状への反応や、画像特徴の知覚といった機能を、画像刺激のセグメント化や、領域の画像特徴の抽出という形式で、計算機に与えることにした。我々はこれらの機能により、画像刺激から獲得する記憶を図

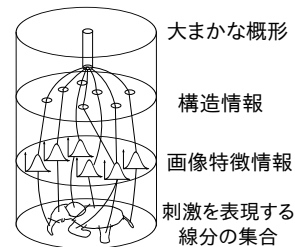


図 1: 画像記憶のモデル

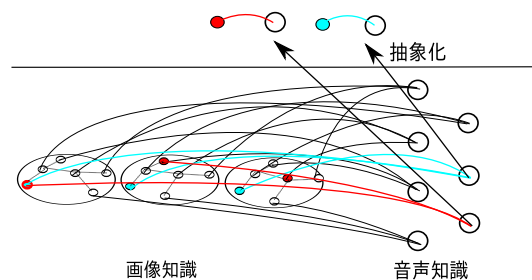


図 2: 記憶間の関係からの概念獲得

1のようにモデル化した。この画像記憶のモデルでは、それぞれの物体に対して全体の大まかな概形、領域の接合関係である構造情報、そして各領域の画像特徴情報を保存している。これにより記憶と刺激を、線分の集合を元に大まかな概形から構造、そして細部の形状へと比較することで、刺激の同定を行うことができる。音声もこれと同様に、人間の聴覚特性に基づいた特徴抽出を行っている。また、同時に提示された複数の刺激を関連付けて記憶するという人間の性質に基づき、本枠組みではこの刺激間の関係をリンクとして保存している。このリンクをたどることで、人間が行うような刺激の認識や連想を行うことが可能である。

2.3. 記憶の抽象化

ここまでで獲得した画像記憶・音声記憶は、単体でそれぞれの刺激の同定に用いることができる。しかし、この同定は刺激の単純な比較を行っているに過ぎず、深い理解を行っているとはいえない。深い理解を行うためには獲得した記憶から共通の性質を抽出したものである概念が必要である。

そこで本モデルでは、刺激からの学習の際に記憶したリンクを用いて、記憶の抽象化を行う。図2に記憶の抽象化の流れを示す。図2は、図1における構造情報、つまり領域間のリンクと、音声・画像間のリンクを表している。ある記憶について考えた場合、その記憶に関連付いている複数のリンクを辿り、リンクの先にある記憶を統合する。そして統合した記憶の中で発散せずに残った特徴を、その記憶の示す概念とする。我々は現在までに、ある音声と関連付いた複数の領域の特徴を統合、抽象化を行うことで概念を獲得するモデルを提案してきた。しかし、現在までの枠組みは獲得した概念の保持を行わず、記憶の統合も一度に行っていた。これは人間の概念獲得のモデルとして考えると不自然である。そこで本稿では、脳科学の知見に基づき、獲得した記憶から概念を獲得するモデルを提案する。

†東京都市大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Tokyo City University

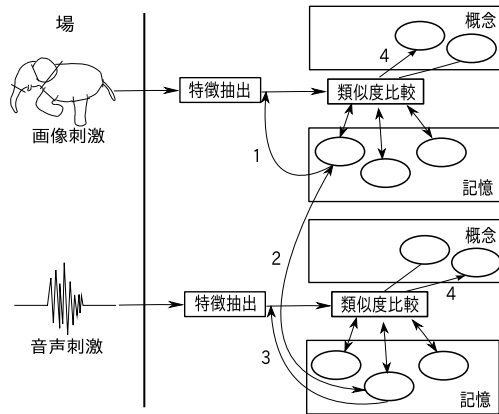


図 3: 想起による概念獲得モデル

3. 記憶の想起による概念獲得

脳科学の分野における記憶の分類において、言語に関する概念は意味記憶に分類され、大脳皮質に蓄えられるとされている。本稿で扱う言語シンボル概念も、この意味記憶である。そしてこの意味記憶は、海馬に保存された最近の記憶である近時記憶が睡眠時に繰り返し想起され、大脳皮質へ転送されることで獲得されると考えられている [5]。本稿ではこの知見に基づいて、獲得した記憶の想起と再認を繰り返し、複数の記憶を統合した概念を獲得するモデルを提案する。以降では、図3に示すモデルにより想起による概念獲得の過程を示す。

3.1. 睡眠時の記憶の想起

脳科学の分野では、学習時に複数回使用したニューロンの電位が長期間増強される性質が知られており、LTP(Long Term Potentiation)と呼ばれている。このLTPが睡眠時まで持続することにより、記憶の想起が起きると考えられている [6]。また、睡眠時に与えられた音声刺激から関連する記憶が想起されることも示唆されている [7]。

そこで本モデルでは、睡眠時において、図3中1に示すように、学習した記憶の再認を行う。ここで、最も多く学習した音声記憶を想起し、刺激の同定と同様にすることで、LTPによる睡眠時の想起をモデル化した。

3.2. 記憶の連想

3.1節で述べたように、脳科学の分野では睡眠時に与えられた音声刺激から関連する記憶が想起されることも示唆されている [7]。この記憶の連想を行うことで複数の知識を統合し、一般化が行われると考えた。

そこで本モデルでは、図3中2,3に示すように、想起した記憶と関連する記憶の連想を行う。想起した記憶のリンクにより選ばれた候補から、関連している記憶を両者が同時に提示された回数をもとにしてこれを元に連想する記憶を決定する。また、ここで連想した記憶から次の連想を行うことで、複数の記憶を想起する。これらにより、睡眠時の記憶の連想をモデル化した。

3.3. 想起した内容の転送

図3中4に示すように、リンクを元に連想した記憶を想起に用いた記憶毎に保存する。連想を繰り返すことで、最終的に一つの記憶に対する複数の記憶を統合した概念が獲得できる。これにより、想起した記憶からの意味記憶の獲得をモデル化した。

4. 実験

本章では、提案したモデルにより、実際に獲得した記憶から概念の獲得を行う。実験では音声記憶と画像記憶を、学習した記憶の個数と同じ回数である690回想起させ、記憶が想起される回数が学習した記憶の強さを反映していることを示す。画像刺激としてゾウやラクダ等の動物の画像を6種類各15枚ずつ用意し、図4に示すように7種類の音声刺激と関連づけた。これらの刺激を記憶として保持している状態で想起により概念を獲得させる。獲得された音声記憶を表現する

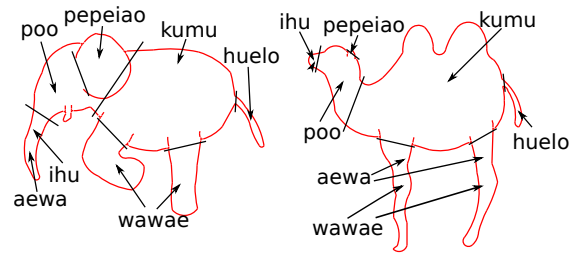


図 4: 記憶の獲得に使用した画像刺激の例

表 1: 音声記憶から連想された画像記憶の数

音声記憶	画像記憶						総数
	ゾウ	ウサギ	リス	ラクダ	キリン	ヒョウ	
poo	18	13	16	10	9	16	82
pepeiao	16	15	18	10	14	15	88
aewa	12	14	14	16	23	10	89
kumu	18	19	19	15	13	22	106
huelo	13	17	18	15	12	17	92
wawae	25	36	27	38	36	30	192
aewa	18	0	0	23	0	0	41

概念と、その生成に用いられた各記憶の事例数を表1に示す。獲得した画像記憶において、“wawae”を示す領域は一つの物体につき二つあるので、最も多く想起されていることが分かる。一方、“aewa”は図4に示した領域以外と関連していないため、2種類の画像記憶のみが想起されていることが分かる。これらにより、本稿で提案したモデルが、学習した記憶の強さを反映した想起を行うことが示された。

5. 結論

本稿では脳科学の知見に基づき、学習した記憶を睡眠時に想起することで概念を獲得するモデルを提案した。今後は、獲得した概念の指示している内容について考察し、統合して得られた概念を用いた刺激の認識を試みる。

参考文献

- [1] 中村友昭, 長井隆行, 船越孝太郎, 谷口忠大, 岩橋直人, 金子正秀, “マルチモーダルLDAとNPYLMを用いたロボットによる物体概念と言語モデルの相互学習”, 人工知能学会論文誌 30(3), pp.498-509, 2015.
- [2] 佐藤彰洋, 賀小淵, 小倉和貴, 長谷川修, “人間との相互作用に基づくヒューマノイドロボット上の語順と挙動のオンライン学習”, 電子情報通信学会論文誌 J91-D(8), pp.2045-2060, 2008-08-01.
- [3] 今井むつみ, “言語獲得におけるシンボルグラウンディング”, 人工知能学会誌 18(5), 580-585, 2003-09-01.
- [4] 椎野友博, 荒井秀一, “画像・音声刺激による対話的逐次学習を用いた言語シンボル概念獲得モデル”, 人工知能学会全国大会, 2F3-1in, 2015.
- [5] 龍野正実, “メモリープレイと記憶の固定化”, Bio-physicis, 47(6), pp.368-377, 2007.
- [6] 高木夕貴, 杉山弘樹, 池谷裕二, “海馬における記憶再生のメカニズム”, Clinical Neuroscience, 33(2), pp.225-227, 2015-2.
- [7] John D. Rudoy, Joel L. Voss, Carmen E. West-erberg, Ken A. Paller, “Strengthening Individual Memories by Reactivating Them During Sleep”, Science, 326(5956), pp.1079, Nov 2015