

アフォーダンス系と高次の情報処理 Affordance Systems and Higher-Order Information Processing

中山 康雄
Yasuo Nakayama

大阪大学大学院人間科学研究科
Osaka University, Graduate School of Human Sciences
nakayama@hus.osaka-u.ac.jp

Abstract

In this paper, I propose to use the term “affordance system” instead of “affordance” in order to characterize interactions between sensory systems and motion systems. Here, affordance systems are applied not only to description of agent’s interactions with physical environments but also to description of our higher-order information processing. The chunking of appropriate information elements plays an essential role for performing higher-order information processing. Through chunking of salient objects, Children can learn to structure their environments which include their caregivers and neighbors as their essential components.

Keywords — affordance system, chunk, magnet effect, working memory, tree structure

1. はじめに

本稿ではまず、アフォーダンス概念を拡張することを提案する。ひとつの提案は、生態心理学の鍵概念である「アフォーダンス」の代わりに「アフォーダンス系 (affordance system)」というより体系的な連関を持つ概念を用いることにある。そしてアフォーダンス系は、感覚系と運動系間の相互連関を持つものとして特徴づけられる。発達をアフォーダンス系の遷移として捉えると、感覚系の変化と運動系に関する能力変化が相互連関的に描写できる ([15])。

ところで、本発表での主眼は、むしろ、この「アフォーダンス系」という概念を、現実の物理的環境のみでなく、より抽象的な情報処理の段階にも適用できることを示すことにある。全体の考察は、哲学的なものであり、その主張は素朴な体験や先行文献に基づく考察を基盤にしており、独自の実験を基盤にしたものではない。アフォーダンス系概念と「チャンク (chunk)」というワーキングメ

モリ (working memory) の心理学の概念を結びつけ、より一般的な概念枠組みを提案することも、本稿のもくろみのひとつである。

2. 「アフォーダンス系」の規定

ギブソン (James Jerome Gibson, 1904-1979) のアフォーダンス概念は、環境の中で生きる生物体の情報を表すために導入されたものである。それは、事物が観測者に提供しうる (afford) 事がらをさす ([17] p.4, [6])。動物の場合、環境の意味はそれぞれの動物種に特有な形で現れてくる。つまり、動物が環境から受け取る情報は、その動物自身から独立ではなく、その動物に依存した形で現れてくる ([18] p. 134)。

中山・福田 (2010) は、このアフォーダンス概念を拡張して、「アフォーダンス系」という概念を用いることを提案した ([15])。本稿でも、ある動物のある時間帯での「環境のアフォーダンス」を、その時間帯でのその動物に対する「環境の現れ方」として解釈する。同一状況にいる二種類の動物では、環境は、通常、異なる仕方で現れる。それは、環境への関係の仕方や関係の築き方が、動物の種類によって異なることによっている。その意味で、知覚情報は動物がその動物特有の仕方で環境に働きかけるときに環境から得られる情報ということになる。

中山・福田 (2010) では、発達にともなう運動系・知覚系の相互依存的発展および統合的遷移という現象を主に論じた ([15])。例えば、それまでバタバタと手足を動かすことしかできなかった乳幼児がハイハイができるようになることを考えてみよう。このようなときには、組織的なアフォー

ダンスの変化が発生している。というのも、自ら動きまわることができるようになった乳幼児では、動くことによる知覚の変化と運動パターンの増加に伴い、この乳幼児が受けとる環境の意味や価値も変わると考えられるからである。このようなタイプのアフォーダンスの組織的変化を描写するために、「アフォーダンス系」という用語がここでは導入された。アフォーダンス系というのは、人間や動物やロボットなどの行動体にある時間帯に提供されているその行動体にとっての環境に関する情報の集まりのことである。人間の成長過程の中では、このアフォーダンス系の創発と遷移が何段階かのステップによりなされ大人へと成長していくと考えられる。これは、障害児の成長に関しても同様である。

3. 知覚バイアスとアフォーダンス系

ここでは、音声認識や視覚におけるバイアスをアフォーダンス系的一种として捉えることを提案する。まず、音声認識について考えてみよう。

浅田らのグループは、「音声模倣ロボット」を用いて母音の学習を研究している(図1, [8], [9], [21], [1] pp. 53-58)。この発話ロボットを用いた実験において、浅田らの研究結果は、アフォーダンス系の問題に関して興味深い現象を示唆している。

浅田らは日本人の被験者に約四百種類の母音をランダムに聞かせて、それを模倣させた。すると、模倣された母音は日本語の「あいうえお」のいずれかに引き寄せられることがわかった([1] pp. 56-58)。つまりこの場合、母音の聞き分けが自分が発音できる母音発声に影響されていることが判明した。これは、「マグネット効果 (magnet effect)」と呼ばれている現象である([21], [11])。このことをより抽象的に表現すると、聞かれた母音はすでに確立されたアフォーダンス系によって知られているどれかのパターンに適合するものとして分類され、それに従って模倣の音声が発生される。そしてこのとき、母音発声パターンの種類と母音の聞き取りのパターンが一致している。浅田も言及しているように、赤ちゃんは生後6カ月くらいま

ではあらゆる言語の母音を発するが、それを過ぎると次第に母国語の母音しか話さなくなる([1] p. 58, [7] p. 145)。ここにアフォーダンス系の遷移が起きており、母国語の母音を話すようになるときには、母音を母国語の分類によって聞き分けるようになると思われる。

この母音の聞き取り現象を一般化させると、私たちは環境そのものを知覚しているわけではないことがわかる。むしろ私たちは、入ってくる情報を分類できる形に(無意識に)整形して聞いている。外部情報に対するこの編集能力のために逆に、日本で成長期を過ごした私たちが、読めば理解できる外国語の文を聞いた場合でも発音を聞き分けられないので理解できないという現象が起こるのである。

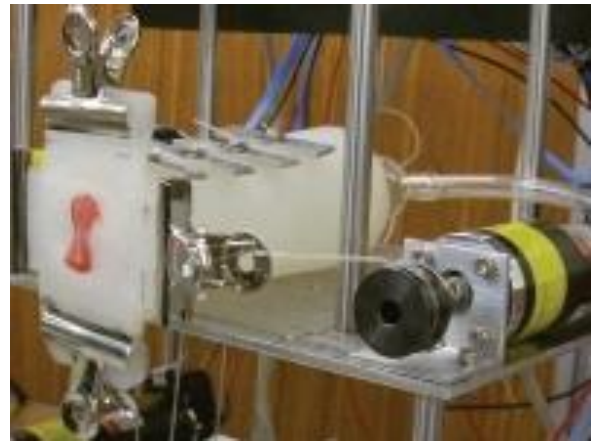


図1 発話ロボット Burpy ([21] より)

母音発声に関するマグネット効果は、当然、〈音素の発声に関するマグネット効果〉へと拡張できるだろう。日本で育った人は、LとRの区別が苦手なことはよく知られているが、これも乳幼児期に形成された音素の聞き取りと発声に関するアフォーダンス系の固定化により説明できる。つまり、ある種のアフォーダンス系の獲得の学習には、臨界期が存在すると思われる。¹

¹ 開一夫によれば、視覚系以外の認知機能に関しては、今のところ脳神経系レベルでの臨界期の存在を実証した研究はない([7] p. 176)。しかし一方で、生後6カ月くらいまではすべての赤ちゃんがLとRの発音の区別ができるのに、この区別の必要のない日本語環境で育った赤ちゃんはこの弁別

乳幼児における他の学習と同様に、音素の学習においても、養育者や身近の人々が重要な役割を演じている。これをアフォーダンス系の観点から記述するならば、人間の発達においては、養育者や身近の人々が環境の主要な部分を形成しているということになる。² 動物においては、環境との相互作用は主に、身体行動によって形成される。乳幼児においてはこれに加えて、身近の人々との身体的コミュニケーションや発声による（身近の人々も含んだ）環境への働きかけが見られる。また環境は、部分に分割され、クラス分けされ、個別化される。養育者などの特別な存在者が、コミュニケーションを通じて相互作用する環境の主要な構成要素として現れる。

4. チャンクと情報処理の階層性

幼児が単語の意味を理解できるようになるとき、幼児は音節の特定の連鎖をひとつのチャンクとして捉えることができるようになる。ここでは、自分が知っている単語の集合がバイアスを形成しており、自分が聞いた音声をこのバイアスに引きつけて聞いているのである。ここでも、〈単語に関するマグネット効果〉が起こっていると言えるだろう。また養育者の側でも、乳幼児が発するひとかたまりの音列を自分が理解できる語に引きつけて解釈すると思われる。

ところで、言語獲得初期に見られる語彙の多くは、「ワンワン（犬）」、「トット（鳥、魚）」、「ブーブー（自動車）」などの幼児特有の名詞である（[2] p. 92）。また養育者は子どもの言葉を模倣し、不適切な言葉は訂正したりして、学習しやすいモデルを提供する（[2] p. 97）。このような養育者の姿勢

能力を失うことも報告している（[7] p. 145）。

² 乳幼児の発達においては、模倣が大きな役割をはたすと言われている。このことから、ヒトにとっての環境要素として身近の人々の存在が大きな意味を持つことがわかる。模倣はしばしば、「ミミック (mimic)」、「エミュレーション (emulation)」、「イミテーション (imitation)」の三段階に分けられる。イミテーションは、意図も目的も動作も同じであるような模倣であり、ヒトにしか存在しない能力だと言われている（[7] p. 115）。

は、音素の学習において見せる彼らの態度と同様のものである。

〈単語に関するマグネット効果〉は、〈音素に関するマグネット効果〉が確立した後に確立すると考えられる。³ 少なくとも、単語が音声的には音素から構成されるという構造上の観点から、単語に関する認識は、音素に関する認識よりもより高次の認識に位置づけられるべきである。そして当然、文の認識は単語の認識よりもより高次の認識ということになる。⁴ ただし、乳幼児は単語を一語文としても用いているので、単語と文の区別は文法構造を持つ文を使うことができから始めて明らかになると考えられる。また、言語行為 (speech acts) の理解が文の使用とともに現れると言える（[3], [19]）。⁵

また顔の認知は、誕生直後に観察されることが知られている（[7], [12], [10]）。私たちでも、漫画や絵画を見るとき、そこに人間の顔や意味のある風景を（意識せずして）探し出す。つまり、知覚には顔の認知に関するバイアスがすでにかかっている。これは、音声認識のバイアスと同様に、一種の〈顔認知に関するマグネット効果〉と呼んでもいいものだろう。漫画の中で、引かれた一連の線が、顔型や人の身体型に引き寄せられて認識されているのである。また、錯視 (optical illusion) の例から、私たちが線を見るとき、〈空間認知に関するマグネット効果〉が現れていると考えることができる。例えば、ミュラー・リヤー図形 (Müller-Lyer

³ 音声の習得は0歳ではじまるが、一語文の習得は1歳から2歳半で起こる（[2] p. 95）。

⁴ 二語文は1歳半から2歳で習得され、文節や句は2歳から3歳で習得される。文構成が習得されるのは、3歳以降になる（[2] p. 95）。

⁵ バンライパーは言葉の働きを次の五つに分類している（[20], [2] p. 96）。(1) 思考や意志を他人に伝えたり受けとったりするための手段、(2) 思考の手段、(3) 他人に要求を出しその人を動かすための手段、(4) 喜怒哀楽など感情を表現するための手段、(5) 自己の存在を他人に知ってもらうための手段。(1) は主張型や自己拘束型の言語行為に、(3) は指令型の言語行為に、(4) は表現型の言語行為に対応する。言葉を知る段階にある1歳以降の幼児は、まず(3)、(4)、(5)のタイプの行為を学習し、次に(1)、(2)のタイプの行為を学習する。

figure) で同じ長さの線が異なる長さに見えるのも、二次元的に描かれた線の組み合わせを三次元的に読み解く人間の視覚認知のバイアスから説明できる。そして実際私たちは、漫画の中に描かれた図を平面的なものではなく、立体的でしかも動的なものとしていつも読み解いている。

5. ワーキングメモリとチャンクの階層

ワーキングメモリが関与する意識的な活動においては、情報処理の容量に限界があることはよく知られている ([16], [4])。情報がひとまとめにされチャンクとして処理できることは、このワーキングメモリの容量の限界という制約の中で効率的に情報処理をするための非常に重要な戦略である。ミラーは、チャンクを作り上げてこれを巧妙に利用することによって記憶できる情報量を拡大できることを指摘した。例えば、956384215074 は 12 けたの数字であるが、これを 956, 384, 215, 074 というように 3 個の数字にまとめて記憶すると、4 チャンクで表すことができる ([16] p. 16f, [13])。このようなとき、情報に階層性が生まれ、元の平坦な情報が階層的データ構造に変形されていることに注意したい。

チャンク付けは入れ子の操作を許すので原理的には非常に複雑な情報を扱うことを可能にする。そして、チャンク付けの操作を複数回行うことにより、情報の木構造 (tree structure) が自動的に生まれることが分かる (図 2)。

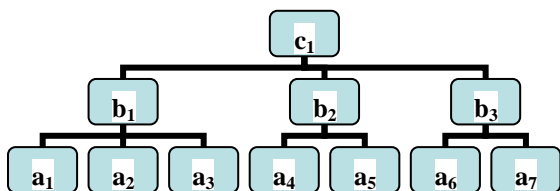


図 2 チャンク付けにより構成される木構造

図 2 では、 $\langle a_1, a_2, a_3 \rangle$ という情報の組みから b_1 というチャンクが A レベルよりひとつ上の階層である B レベルで形成され、さらに、 $\langle b_1, b_2, b_3 \rangle$ という情報の組み合わせから c_1 というチャンクが B レベルよりひとつ上の階層である C レベルで形成

されている。またこのチャンク付けは、C レベルから D レベルへというように上に伸ばすこともできれば、A レベルからさらに下位のレベルへと下へも伸ばすことができ、さらに新しいチャンクをすでにあるレベルで付け加えることにより横にも伸ばすことができる。このような木構造は、オントロジー (Ontology) などの一般的データ構造 (data structure) や ([14])、文法構造を表わすことができるものである。文法構造を例にとれば、A レベルは音素レベル、B レベルは単語レベル、C レベルは語句レベル、D レベルは単文レベル、E レベルは複合文レベルということになる。そして、これら構造全体は長期記憶に保存されることになる。これらの考察は、バッドリーによるワーキングメモリの新モデルともよく対応している (図 3)。

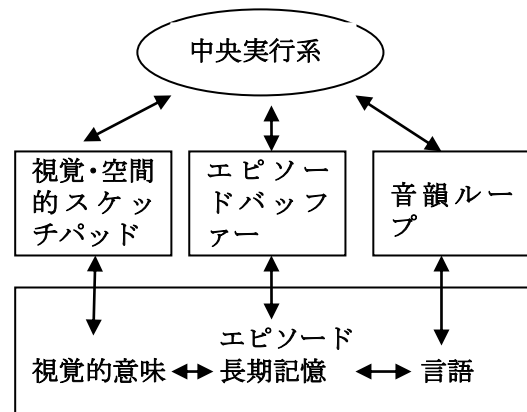


図 3 ワーキングメモリの新モデル ([16], [5])

6. 関心枠とアフォーダンス系

次に、関心枠の中で情報が探し出されることについて考察したい。すでに述べたように、ワーキングメモリが関与する意識的な活動においては、情報処理の容量に限界がある。バッドリーは、短期の記憶には、受動記憶 (passive memory) と情報に注意を向けることにより情報が保持される能動記憶 (active memory) があると指摘した。ワーキングメモリは、この能動記憶に対応している ([16] p. 21, [4])。

通常の状態では私たちが外部から情報を取り入れるとき、私たちは設定された関心枠にそって情報を意識化しているということをここでは、提案したい。この関心枠を私は、アフォーダンス系と同

一視したい。この関心枠は、将棋の達人が将棋の盤を一瞬にして読み解く仕方であり、情報のチャック付けの枠組みでもある。将棋の達人は、将棋のコマの並びを構造化・階層化して見ており、そのため、コマの並びを精確に記憶できることになる。外部からの情報は、それが意識化される場面では、すでに中立的ではなく、バイアスがかかった形で情報処理されている。

乳幼児においては、身体的運動能力の発達と言語能力の発達は同時進行している。この二種類の発達に共通の基盤はないだろうか。本稿では、そのような基盤としてアフォーダンス系を提案した。身体発達におけるアフォーダンス系の獲得や発達は、外界の事物の独特なチャック付けの習得と言ってもよいだろう。環境は、私たち人間には事物のチャックとして現れる。例えば私の研究室は、ドアや椅子やソファや机がなどの個物が特定の配置のもとに置かれるものとしてひとかたまりの形で私は把握し、そのような多くの研究室の集まりとして研究棟の五階を私は把握し、そのような階の複数の集まりとして私は勤務先の研究棟を理解している。このような層構造をなしたデータ構造は、私たちがいたるところで見いだすものである。そして知識表示のために知識工学でも用いられているオントロジーのデータ構造は、このような木構造をなしている ([14])。アフォーダンス系がチャック付けと結びついたとき、高度で複雑な情報処理が可能になると言える。入れ子は、再帰的操作 (recursive operation) であるため、理論的には任意の有限の深さの木構造をデータ構造として用いることができることになる。

7. まとめ

乳幼児における運動能力の発達と言語発達の間に関連はないだろうか。本稿は、この間の関係についてアフォーダンス系とチャック付けという概念を用いて考察した。浅田らの母音獲得に関する構成論的研究に見られるように ([8], [9])、現段階における工学的研究はデータのレベルでは主に最下層の情報を扱っている。このような研究は、ど

のようにより高次のデータ処理へと拡大させていけるのだろうか。本稿では、このような問いとの関連で、チャック付けによる階層性の導入という提案を行った。本研究はなお、純粋に理論的段階にとどまり、どのように情報をチャック付けするかについては、述べていない。本当の難問は、本稿が提案したような抽象的な考察を具体的に工学的に実現するところにあるのかもしれない。⁶

参考文献

- [1] 浅田稔 (2008) 『ロボット未来世紀』 日本放送出版協会.
- [2] 浅見千鶴子・稲毛教子・野田雅子 (1980) 『乳幼児の発達心理 2 1～3歳』 大日本図書.
- [3] Austin, J. L. (1962) *How to Do Things with Words*, Harvard University Press.
- [4] Baddeley, A (1986) *Working Memory*, Oxford University Press.
- [5] Baddeley, A (2000) "The episodic buffer: a new component of working memory?" *Trends in Cognitive Sciences*, 4, pp. 417-423.
- [6] Gibson, J. J. (1979/1986) *The Ecological Approach to Visual Perception*, Hillsdale, NJ: Erlbaum. (古崎敬ほか訳 (1985) 『生態学的知覚論』サイエンス社).
- [7] 開一夫 (2011) 『赤ちゃんの不思議』岩波書店.
- [8] Ishihara, H., Yoshikawa, Y., Miura, K., and Asada, M. (2008) "Caregiver's sensorimotor magnets lead infant's vowel acquisition through auto mirroring," *Proc. of the 7th IEEE Intl. Conf. on Development and Learning*.
- [9] 石原尚・若狭みゆき・吉川雄一郎・浅田稔 (2011) 「乳児母音発達を誘導する自己鏡映的親行動の構成論的検討」『認知科学』第 18 巻

⁶ 本研究は、グローバルCOEプログラム「認知脳理解に基づく未来工学創成」、科学研究費補助金基盤研究(C)「現代唯名論の理論的および応用的研究」(研究代表者:中山 康雄)、科学研究費補助金基盤研究(B)「メレオロジーとオントロジー— 歴史的的分析と現代的探究」(研究代表者:松田毅)からの支援を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

第1号, pp. 100-113.

- [10] Johnson, M. H. and Morton, J. (1991) *Biology and Cognitive Development: The Case of Face Recognition*, Blackwell.
- [11] Kuhl, P. K. (1991) "Human adults and human infants show a "perceptual magnet effect "for the prototypes of speech categories, monkeys do not," *Perception & Psychophysics*, 50, pp. 93-107.
- [12] Meltzoff, A. N. and Moore, M. K. (1977) "Imitation of facial and manual gestures by human neonates," *Science* 198.
- [13] Miller, G. A. (1956) "The marginal number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information," *Psychological Review*, 63, pp. 81-97.
- [14] 溝口理一郎 (2005) 『オントロジー工学 (知の科学)』 オーム社.
- [15] 中山康雄・福田佑二 (2010) 「アフォーダンス系の創発と遷移に関する哲学的考察」, 日本認知科学会第27回大会発表論文集 (CD-ROM版), pp. 605-614.
- [16] 荻阪満里子(2002) 『脳のメモ帳 — ワーキングメモリ』 新曜社.
- [17] 境敦史・曾我重司・小松英海 (2002) 『ギブソンの心理学の核心』 勁草書房.
- [18] 佐古仁志 (2008) 「アフォーダンスの構造 — 生態記号論に向けて」『年報 人間科学』大阪大学大学院人間科学研究科社会学・人間学・人類学研究室, pp. 133-148.
- [19] Searle, J. R. (1969) *Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language*, Cambridge University Press.
- [20] Van Riper, C. (1963) *Speech Correction: Principles and Methods*, Prentice-Hall, Inc.
- [21] 吉川雄一郎, 浅田稔 (2009) 「音声模倣発達過程の理解に向けた認知発達ロボティクスの試み」 *バイオメカニズム学会学会誌*, Vol.33, No.4, pp.231-236.