

行為可能性知覚の（再）調整過程

廣 瀬 直 哉

On (Re)tuning of the Perception of the Action Capabilities

HIROSE Naoya

はじめに

The world can be described at different levels, and one can choose which levels to begin with. Biology begins with the division between the nonliving and the living. But psychology begins with the division between the inanimate and the animate, and this is where we choose to begin.

(Gibson, 1979/1986, p. 7)

動物とは、運動性を持つ生物のことである。つまり、動物には、まず初めに、動きがある。動物は、環境の中を動き回ることができる。しかし、動物の行動する環境は常に一定ではない。このため、動物は、環境の変化にともなって動きを変える必要がある。つまり、環境の中で自由に行動するために、動物は環境とその変化について知る必要がある。このように、動物と環境との関係を考えるとき、動物が環境の中を動くこと、および、環境について知ることの2つが重要である。動物や人間が動くことと知ること、つまり、行為と知覚の間にはどのような関係にあるのだろうか。

一般的な考えにしがえば、われわれが知覚することと行為することは全く別々のものとして区別することができる。心理学において、一般に、知覚系は入力系、運動系は出力系として捉えられており、両者は別個のシステムと考えられている。知覚系と運動系は、知覚表象や運動表象といったシステムの所産を通してのみ、相互に関連を持つと考えられ、基本的に、両者は独立したモジュールとして仮定されている。伝統的な知覚の理論にしがえば、われわれが感覚器官で受容する刺激は貧弱であるとされている。しかし、貧弱な入力には知覚者の内部で、推論や記憶などの様々な心的操作や情報処理を経ることにより、次第に精緻化された豊かな知覚表象になってゆくと考えられている。つまり、われわれが持つ種々な知覚は、主として知覚者内部の過程にその原因が求められている。同様に、運動制御の分野では、鍵盤支配型モデルと呼ばれるモデルが提唱されている (Turvey, Fitch, & Tuller, 1982)。鍵盤支配型モデルでは、運動についての記憶を貯蔵する表象から、楽譜に喩えることのできる運動プログラムが呼び出され、それが運動野の鍵盤で演奏されることで、運動が実行されると考えられている。つまり、鍵盤支配型モデルで

は、伝統的な知覚理論と同じく、運動制御の原因を運動者内部の過程に求めているのである。

これに対して、Gibson (1979/1986) は、直接知覚の理論を提唱した。従来の知覚理論（間接知覚の理論）では、知覚者内部の心的表象や心的操作といった過程を経なければ環境についての情報を得ることができないが、Gibson によれば、環境にある情報がそうした過程を経ずとも直接に抽出 (pick up) されるという。直接知覚の理論によれば、われわれが受容する刺激情報自体が既に構造化されているので、われわれは単にそれを抽出すればよく、それらに関して推論を行ったり、精緻化したりする必要はないとされる。つまり、直接知覚の理論では、知覚の原因を知覚者の内的な過程に帰属させるのではなく、外部の環境の側にその原因を求めているのである。こうしたことから、Gibson や彼の後継者たちのアプローチは、生態学的アプローチ (ecological approach) や生態心理学 (ecological psychology) と呼ばれている。

生態学的アプローチの特徴の一つは、その分析のユニットである (Turvey, Shaw, Reed, & Mace, 1981)。一般に心理学においては、動物は環境と切り離された形で研究が行われてきた。また、研究のほとんどは動物に関するものであり、環境の側の研究はほとんど行われていない。つまり、一般的な心理学において、動物のみを基本的な分析ユニットとしている。これに対して、生態学的アプローチの基本的分析ユニットは動物—環境生態系 (animal-environment ecosystem) である。生態学的アプローチでは、環境の中の重要な情報は何か、それと動物との関係はどうかといったことに焦点が当てられる。また、動物がいかに環境を把握しているか、動物が環境との関係においてその行為をいかに制御しているかということが問題とされる。つまり、生態学的アプローチでは、分析は動物の側だけに限定されるものではなく、環境の側もまた重要な分析のための要素であり、両方の側からの分析が必要とされるのである。

また、生態学的アプローチにおける重要な概念としてアフォーダンスの概念が挙げられる (Gibson, 1966, 1979/1986)。環境の中で行動している動物は、環境が変化すると、変化に適応するために自らの行動を制御する必要がある。そのために、動物には環境の中のリソースを利用する能力が必要である。この動物が環境の中で出会うリソースが、アフォーダンスである (Reed, 1996)。アフォーダンスとは、対象、場所、事象などによって、動物に対して提供される行為可能性であり、動物に対して有益なものも、有害なものもある。アフォーダンスは、良いものであれ悪いものであれ、事物が提供するものであるもので、観察者の要求や知覚によって変化しない。したがって、アフォーダンスは動物—環境の適合を表す環境側の性質である。これに対して、動物—環境の適合を表す動物側の性質は、実効性 (effectivity) と呼ばれる (Turvey & Shaw, 1979)。アフォーダンスは環境が提供する行為の機会であるのに対して、実効性は行為者の持つ行為の手段や能力にあたる。人は道具を使うことによって、その実効性を拡張することができる。実効性は、アフォーダンスに対する相補的な概念である。

アフォーダンスは知覚者の状態により変化しないが、あるアフォーダンスには選択的に注意が向けられる。また、アフォーダンスが知覚されるには、アフォーダンスを特定する情報が利用可能であり、それを検出するように適切に調整された知覚システムを動物が備えている必要がある。そのような動物は、アフォーダンスを用いて自らの行動を制御することができる。つまり、アフォーダンスは動物の行動を制御する選択圧 (selection pressure) となりうる (Reed, 1996)。これは、系統発生的な時間スケールだけでなく、個体発生的な時間スケールや学習などにおいても当ては

まる。つまり、アフォーダンスは動物の行為を選択し、形成する。アフォーダンスは、生態学的アプローチにおいて、動物と環境の関係を最も明確に示した概念である。

内在的スケールに基づく行為可能性の知覚

従来の知覚研究で、環境についての特性が問題とされるとき、それは知覚者とは関連を持たない物理的な特性であった。長さ、大きさ、高さなどの属性は行為者の外部に存在する物理的な特性であり、一般にこれらは知覚者とは関連を持たない外在的なスケールをもとにした測定がなされる。また、こうした環境の特性に関する知覚も、外在的なスケールをもとに、実測値と知覚値の比較などが行われてきた。しかし、われわれが知覚するのは自己と無関連の環境の属性だけではない。われわれは自己との関連で環境の属性を知覚しているのではないだろうか。例えば、われわれが座ることのできる椅子の高さは、行為者と無関連に決まるのではなく、行為者の身体スケールによって決定される。このため、椅子の高さの知覚も、身体スケールに依存することが予想される。このように、われわれが行為可能性を知覚する場合は、その行為者と環境との関係で捉えられなければならない。

これまで行われてきた環境の測定では、メートルやフィートなどの絶対的なスケールが基準とされてきた。当然、大きさや距離の知覚の研究にも、こうした外在的なスケールが用いられてきた。しかし、行為と知覚の関係を明らかにするためには、任意に定義される外在的な測定によるのではなく、行為者の身体スケールに基づく内在的な測定が必要であると考えられる。内在的な測定では、行為システムは環境の性質を測るための自然な基準 (natural standard) とみなされる。したがって、動物のある特性Aは、環境のある特性Eを測定するための基準となる。手続き的には、AとEが同一の単位で測定され、それらが比の形で表されると、単位が相殺され無次元数となる。この比は、動物と環境の適合を表す指標と考えられ、 π 数 (pi number) と呼ばれている。

$$\pi = E/A \quad (1)$$

このような考えに基づいて、Warren (1984) は階段上りのアフォーダンス知覚を取り上げた。階段上りという行為は、人の二足移動の特別な場合であり、水平な所を歩く場合の約15倍のエネルギーを消費するといわれている。また、階段を上るときの歩幅は、階段の高さによって制約されているため、自由に最適な歩行を選択することはできない。したがって、階段上りの代謝効率は、階段の高さとその階段を上る人との適合度によって決定される。階段と階段を上る人のシステムにおいて、式(1)を適用すると

$$\pi = R/L \quad (2)$$

となり、階段を上る人の脚の長さ(L)に対する比率として、階段の蹴上の高さ(R)の内在的な測定を行うことができる。動物—環境の適合の仕方が変化するにつれて、この π 数は変化し、ある特別な値として行動の特徴が顕著に現れることが考えられる。 π 数の特別な値の1つは、臨界点

（critical points）であり、これは二足歩行では上がることのできなくなる最大の位置を表す。臨界点で、行為者は二足歩行から四足歩行に移行するしなければならない、行動の相転移（phase transitions）が起こる。もう1つ特別な値は、最適点（optimal points）である。これはエネルギー消費量が最も少ない安定した領域であり、最も適合したアフォーダンスであるといえる。もし知覚と行為とが密接な関係にあるなら、知覚者はこれらの点を正確に知覚できることが予想される。また、階段上りの π 数は階段の高さと脚の長さの内在的幾何学的関係によって表されているので、階段を上る人の絶対的な大きさに影響されず、一定の値をとることが予想される。このことを確かめるために Warren（1984）の実験では、短身群と長身群の2つのグループを対象に実験が行われた。

Warren（1984）の実験1では、階段の高さの臨界値に対する知覚的判断が求められた。階段を上るには、身体の重心を支持面の上に持ち上げることができなければならない。階段上りの臨界点 $\pi_c = R_c/L$ では、両足だけでは身体を持ち上げることができず、両足で上る行動から、両手と膝を使った行動へ移行する。上ることのできる階段の高さの予測値 R_c は、簡単な生体力学的モデルによって求めることができ、以下の式で表される（ L 、 L_1 、 L_2 はそれぞれ、脚全体の長さ、膝上の脚の長さ、膝下の脚の長さである）。

$$R_c = L + L_1 - L_2 \quad (3)$$

実際の実験に参加した、短身群と長身群の男性被験者計24名のデータをもとに、式(2)に基づいて、両群の R_c と π_c を計算したところ、身長に関係なく両群の値は同じになった。

$$R_c = L + 0.44L - 0.56L = 0.88L \quad (4)$$

$$\pi_c = R_c/L = 0.88 \quad (5)$$

知覚的判断では、歩幅が一定になるように階段の対角線の長さを一定に保ったまま、階段の蹴上の高さを変化させた5種類の階段をスライドで提示し、手や膝を使わずに両足だけで上ることができるかどうかの知覚的カテゴリー判断が求められた。その結果、知覚判断値は、短身群では67.13cm、長身群では81.23cmであり、当然のことながら、長身群は短身群よりも判断値が高くなった。しかし、これらをもとに π_c を計算すると、短身群は0.88、長身群は0.89であり、身長差に関係なくほぼ同一になった。またこれらの値は、式(3)からで予測された生体力学的予測値とも一致していた。これらのことから、階段上りの臨界値は身長には関係なく一定であること、および、その値を知覚者が正確に知覚できることが明らかにされた。

実験2では、階段上りの最適点 π_o の実測値が測定された。短身群と長身群で、実際に階段を上ることにより、酸素消費量の最も効率的な階段の最適な高さを測定した結果、短身群が19.61cm、長身群が24.13cmであった。しかし、 π_o を計算すると両群に差はなく、ともに0.26であり、脚の長さの約1/4が最適の階段の高さであることがわかった。実験3では、最適な階段の高さの知覚的選好の判断が求められた。その結果、短身群、長身群とも π_c は0.25であり、実験2の結

果とほぼ一致していた。これらのことから、階段上りの最適値に関しても、その値は身長差に関係なく一定の値であることが明らかになり、また、知覚者はその値をほぼ正確に知覚できることが示された。

Warren (1984) の研究は、どのようにしてアフォーダンスが客観的に測定できるかを初めて実証的に示した研究である。実験結果から、階段上りの行為の臨界値と最適値が各行為者の身体スケールの比として表されること、および、それらを被験者が知覚できることから、知覚能力と行為能力が密接な対応関係が明らかにされた。

同様の考えに基づく研究として、Mark & Vogeley (1987) の階段上りと座る行為におけるアフォーダンス知覚がある。Mark & Vogeley (1987) の実験 2 には女性 56 名が参加し、座ることのできる高さ SHmax の知覚判断値と実際に座ることができる高さの実測値、および、上ることのできる階段の高さ Rmax の知覚判断値が測定され、上ることのできる階段の高さの予測値が計算された。実験の結果、階段上りの臨界値の判断に関しては、Warren (1984) とほぼ同じ結果であり、Rmax の知覚判断値は、脚の長さを単位として、0.888 L であり、予測値は 0.885 L であった。一方、SHmax の知覚判断値は 0.899 L であり、SHmax の実測値は 0.902 L であった。この結果は、座る行為においても、Warren (1984) の実験と同様に結果が得られたことを示している。つまり、外在的測定では被験者間にばらつきがみられたのであるが、内在的測定では被験者間で差はみられなかった。また、知覚値は実測値とほぼ等しいことから、被験者が座れる高さの臨界値をほぼ正確に知覚できることが明らかにされた。さらに、階段上りと座る行為における π 数を比較すると、その値はほぼ同じであった。このことは、階段上りと座るという行為において、行為者が支持面よりも上に自分の重心を持ち上げなければならないという共通の生体力学的要件を満たす必要があるためだと考えられる。

また、Mark (1987) の実験 1 では、内在化された目の高さについての情報がアフォーダンス知覚にどのように影響しているかが検討されている。観察者は観察距離の増大にともなって、自己の目の高さを過小評価する傾向にあることが知られている。生態学的アプローチによれば、この目の高さの知覚の変化は、環境についての“内在的に目の高さにスケール化された情報”と関連があることが予想される。したがって、もしこれが事実であり、観察者がアフォーダンスを知覚する際に、この情報を用いているとすれば、知覚される目の高さの変化は、同じ内在的スケールに基づく判断と高い相関を示すことが推測される。実験は、5 つの異なる観察距離 (1, 3.5, 7, 20, 30m) で行われた。座ることのできる座面の高さ SHmax の知覚判断値および実測値、上ることのできる階段の高さ Rmax の知覚判断値および予測値、そして目の高さが測定された。実験の結果、SHmax, Rmax, 目の高さの知覚判断値は、観察距離の増大とともに単調に減少した。また、目の高さの SHmax の相関は 0.96、目の高さの Rmax の相関は 0.95 であり、両者とも高い相関を示した。実験では、コントロール条件として、1 m 先に置かれた標準図形と、それと同一比率で大きさの異なる図形の知覚が行われたが、これは SHmax や Rmax とは対照的に、観察距離との関連はみられず、知覚された目の高さの標準図形の知覚との相関も -0.38 と低かった。SHmax および Rmax が知覚された目の高さの相関を示したことは、これらの判断の際に使われている情報が、同じ目の高さにスケール化された情報に基づいているという生態学的主張と一致しているものと思われる。

Warren & Whang (1987) の研究では、様々な幅の隙間や通路の通過可能性についての知覚を扱っている。通り抜けることのできる隙間の幅(A)と肩幅(S)との関係は、内在的スケールを用いて

$$\pi = A/S \quad (6)$$

で表される。 π 数が減少して1に近づくと、行為者は肩を回転させて通り抜けなければならない、この点が行為の転換点と考えられる。しかし、この値は身体の幾何学的な次元だけでは決めることはできない。それは、歩行にともなう体の揺れや安全域を考慮しなければならないためである。したがって、隙間の幅の最小値を決定するためには、課題固有の分析が必要である。実験1では、長身群と短身群を用いて、普通に歩いているときのビデオテープを録画、分析することにより、肩を回転させずに通り抜けることのできる臨界的な隙間の幅を実験的に測定した。その結果、長身群は62cm、短身群は53cmで両群に差がみられた。しかし、幅の絶対的測定値を肩幅で割った π 数は、両群とも1.3で同じであった。

実験2では、隙間の通過可能性の知覚判断が行われた。実験には、長身群と短身群の2群が参加し、被験者は5m先から、肩を回転させることなしに、開口部が通過可能であるかどうかの判断を求められた。また、隙間の通過可能性の知覚にどのような光学的情報が必要かを検討するために、狭いスクリーンから単眼で見る静止条件と歩行しながら両眼で見る運動条件の2つの観察条件が設けられた。実験の結果、知覚された絶対的な幅は、長身群と短身群で差はみられたが、観察条件による差はみられなかった。さらに、 π 値を計算すると、長身群と短身群で差はなく、1.16であり、ここでも臨界値の判断が、絶対的なスケールに関係なく一定であることが示された。この1.16という値は、実験1で求められた実測値1.30と比べるとわずかであるが有意に小さい。これは、実験1では「自然に歩く」ように教示したのに対して、実験2では「歩くことができるか」という判断を求めたので、この教示の差が影響したのではないかとWarrenらは推測している。

これまで述べた研究において、行為システムの臨界点とはある行為が別の行為に取って代わる相転移の点であった。例えば、階段上りの場合、臨界点を超えると、両脚だけを使う二足歩行から、手を使う四足歩行に移行しなければ階段を上ることはできない。WarrenやMarkらの研究では、階段上りや座る行為の可能性と不可能性が問題とされていた。つまり、階段に上ることができるか、できないか、椅子に座ることができるか、できないかといった判断が被験者に求められていた。これに対して、三嶋(1994)は、ある行為が他の行為に取って代われること、つまり、行為の可換性を強調し、複数の行為ユニット間で重なり合ったアフォードンスの競合を問題として取り上げた。

三嶋(1994)では、2つの行為が重なり合った場面として、“またぎ”と“くぐる”という行為が取り上げられた。床面に対して平行な棒が障害物としてある場合、脚を引き上げてまたぎ越すか、首や腰を曲げてくぐり抜けるかは、その障害物と行為者との幾何学的、運動学的な関係によって制約されている。歩行姿勢を維持するという点では、障害物が脚の長さより低い位置にある場合はまたぎこすことが有利であるが、障害物が脚の長さより高い位置にある場合はくぐり抜

けなければならない。2つの行為のカテゴリーの知覚が適応的になされたとすると、両者の行為が可能な場合、歩行姿勢を崩さずに障害を回避できるまたぐ行為が選択されることになるであろう。したがって、障害物の高さ(B)と行為者の脚の長さ(L)との比が1と近似するとき、すなわち、

$$B/L \approx 1 \quad (7)$$

となるとき、2つのアフォードンス知覚の転換が起こることが予想される。

実験には、長身群と短身群の2群の被験者計14名が参加した。被験者は、7 m 先に提示される55cm から105cm の間で上下するバーをまたぐのが良いか、くぐるのが良いかのカテゴリー判断を求められた。実験の結果、またぐとくぐるの知覚的境界は、長身群で88.125cm、短身群で77.143cm であり、両群に有意な差がみられた。しかし、バーの高さを被験者の脚の長さで割ったB/Lは、長身群で1.064、短身群で1.071となり、両群ともほぼ同じであり、予測値の1ともほぼ一致していた。これらの結果から、長身群と短身群はともに、自己の脚の長さの1.07倍の高さにあるバーをまたぐ行為とくぐる行為の知覚的境界としており、行為者は自己の遂行能力を参照した適応的な情報、すなわち、アフォードンスを知覚していることが示された。

行為可能性の変化にともなう知覚の再調整

これまでみてきたように、階段上りや座る行為などにおいて行為可能な臨界点での知覚判断値が実測値や予測値とほぼ一致していることから、行為者の知覚と行為が密接に関連していることが示された。つまり、行為に関する知覚はよく調整されていて、行為と知覚の間にずれはほとんどないということができるだろう。しかし、知覚と行為の関係は常に一定に保たれているわけではなく、変化することもあるだろう。長い時間スケールでみた場合、われわれの行為可能性は必ずしも同じであるとはいえない。成長、または訓練などによって、今までできなかった行為ができるようになることもある。例えば、成長によって身長が伸び、脚の長さが長くなると、今まで上れなかった段差も手を使わずに上れるようになるかもしれない。また、逆に、老化、または身体的損傷などにより、今まで可能であった行為ができなくなることもある。例えば、人は歳をとると、若い頃と同様に高い障害物をまたぎ越すことができないかもしれない。このように、身体のサイズや運動能力等に変化が起こると、行為の可能性が変化する。このとき、行為に関する知覚もそれにともなって変化する必要があるだろう。もし、そうでないなら、人や動物は環境に適応していくことができない。この行為可能性の変化にともなう知覚の変化はどのような過程なのであろうか。

Pufall & Dunbar (1992) は、上る行為 (stepping onto) とまたぐ行為 (stepping over) の2種類のアフォードンスに関して発達的な研究を行った。Warren (1984) の階段上りのモデルにしたがえば、上ることのできる階段の最大の高さは、脚のプロポーションから算出され、脚の長さの88% ($\pi = 0.88$) であった。Pufall らが対象としたのは、6歳から10歳の子どもである。この年齢の子どもは、成長による脚の長さの変化がみられるのであるが、脚のプロポーション、すなわち、脚全体の長さに対する膝から上と膝から下の脚の長さの比は、大人と同じ値で一定で

ある。このため、子どもの階段上りにも、Warren のモデルが当てはまる可能性がある。もしそうであれば、子どもも、大人と同様に、階段上りのアフォーダンスの臨界値を正確に知覚できるかもしれない。しかし、脚のプロポーションが一定であっても、その他の骨格的な成長がアフォーダンス知覚に何らかの影響を与えており、大人とは異なる結果になる可能性もある。これらの可能性を検討するために、実験 1 では、子どもを対象に階段上りに関するアフォーダンス知覚の実験が行われた。また、Mark (1987) でみられた観察距離と知覚判断値の関係が、子どもにおいてみられるかどうか検討された。実験には、6, 8, 10 歳児の 3 つの年齢群計 24 名が参加した。被験児は、1, 3.5, 7 m の異なる観察距離から、上ることのできる最大の高さ SONmax と目の高さ EH の知覚判断を行った。知覚判断の後、実際に上ることができる高さを実際の目の高さの実測値が測定された。

実験 1 の結果、SONmax の知覚判断値は年齢にともなって増加していたが、知覚判断値を実測値との比で表すと年齢間に差はなかった。つまり、全ての年齢で同様の正確さで、上ることのできる最大の高さが判断されたことになる。観察距離の違いに関しては、Mark (1987) の結果と同様に、知覚判断値は距離の増大にともなって過小評価される傾向がみられた。また、身体スケール化された SONmax, つまり知覚判断値を脚の長さで割った π 数を求めると、6 歳児で 0.86, 8 歳児で 0.84, 10 歳児で 0.94 となり、Warren (1984) や Mark & Vogeley (1987) らが大人で見出した 0.88 という値に近いことが示された。目の高さ EH に関しても、SONmax と同様に、知覚判断値は年齢にともなって増加していたが、知覚判断値を実測値との比で表すと年齢間に差はなかった。しかし、観察距離と EH の知覚判断値との間に関連性はみられなかった。

実験 2 では、またぐ行為に関するアフォーダンス知覚が検討された。Pufall らの分析によれば、またぎ越すことのできる最大の高さ SOVmax は、生体力学的モデルにしたがって、以下の式で算出される (L , L' , UL はそれぞれ、脚全体の長さ、股下の長さ、膝上の脚の長さである)。

$$L' = 0.94L \quad (8)$$

$$SOVmax = L' - UL = 0.94L - 0.4L = 0.50L \quad (9)$$

これは、三嶋 (1994) がまたぐ行為とくぐる行為における転換点がほぼ脚の長さであると想定して算出した $1.0L$ と比べると、かなり低い値である。これは、Pufall らの分析では、またぐ行為は、通常の歩行姿勢の状態、体を回転させずにまたぐことを指すためである。実験では、子どもがまたぐ行為のアフォーダンスの臨界値を正確に知覚できるかということと同時に、観察距離の効果も検討された。実験には、6, 8, 10 歳児の 3 つの年齢群計 24 名が参加し、1, 3.5, 7 m の異なる観察距離から、またぐことのできる最大の高さ SOVmax と目の高さ EH の知覚判断を求められた。判断の後、それぞれの実測値が測定された。その結果、SOVmax の知覚判断値は年齢にともなって増加していたが、知覚判断値を実測値との比で表すと年齢間に差はなく、全ての年齢で同様の正確さで知覚判断がなされていた。観察距離の違いに関しては、実験 1 と同様に、知覚判断値は距離の増大にともなって過小評価される傾向がみられた。また、SOVmax の

π 数を求めると、6歳児で0.48、8歳児で0.50、10歳児で0.51となり、年齢による差はなく、生体力学的モデルからの予測値0.50とほぼ同じであることが示された。また、EHに関しては実験1と同様の結果で、知覚判断値を実測値との比で表すと年齢間に差はなく、観察距離とEHの知覚判断値との間に有意な関連性はみられなかった。

Pufall & Dunbar (1992)の研究では、Warren (1984)が大人を基に構築した階段上りのモデルが、年齢範囲は狭いものの、子どもにおいても年齢に関係なく当てはまることが示された点で意義深い。これは、脚の長さをユニットとした生体力学的モデルの拡張性と妥当性を支持するものである。また、上るとまたぐ行為での π 数が異なっていたことから、子どもが上るとまたぐという2つの異なるアフォーダンスを弁別的に知覚していることが示された。Pufallらは、こうした結果が得られたのは、子どもが継続的にこれらのアフォーダンスに適応しているためであると解釈している。

アフォーダンス知覚は、知覚者の身体の幾何学的な特性だけに依存するのではない。しかし、大人（大学生）や子どもを対象とした階段上りの実験では、行為可能性およびその知覚が1つの身体スケール（脚の長さ）だけに依存して決定されていた。これに対して、Konczak, Meeuwse & Cress (1992)は、老人を被験者とした実験から、上ることのできる階段の高さが、身体スケールだけでなく、その他の生体力学的な制約を受けることを示した。

階段を上るためには、階段の上に脚を持ち上げ、その上げた脚を使って、体を上に引き上げることが必要である。これらの一連の行為を達成するには、少なくとも3つの生体力学的制約が存在している。脚の長さ、腰の柔軟性、脚の筋肉の強度である。脚の長さはこれまでの研究で指摘されてきたものであり、脚の長さが十分でないと、階段の上に脚を持ち上げることはできない。しかし、脚の長さが十分であったとしても、腰の柔軟性がなければ脚を階段の上に上げることはできない。また、持ち上げた脚で体全体を引き上げるには、脚の筋力が必要である。大学生や子どもでは、柔軟性や脚力は十分あるので、階段上りの上限は、脚の長さのみによって決定されていた。しかし、老人の階段上りの上限は、脚の長さといった幾何学的な次元だけでなく、腰の柔軟性や脚の筋肉の強度などのダイナミックな性質に依存することが推測される。このことを確かめることがKonczakらの実験の目的であった。

実験には、老人24名（平均年齢71.3歳）と青年24名（平均年齢23.5歳）の2つの年齢群が参加した。2つの年齢群は、それぞれ、長身群と短身群の2つの下位群に分けられた。被験者は、5mの半円状にランダムに置かれた8種類の高さの階段の中から、上ることができると最高の高さの階段を選択するように求められた。知覚判断の後に、実際に階段上りを行って実測値が測定された。さらに、脚の長さをはじめとする身体各部の長さ、足腰の柔軟性、脚の筋力が測定された。その結果、青年群において、身体スケールを基にしたWarrenのモデルからの予測値は、長身群0.93、短身群0.92であったが、実測値は、長身群0.96、短身群1.00であり、知覚判断値は長身群0.88、短身群0.95であった。つまり、青年群に関しては、ほぼWarrenのモデルが当てはまっているといえる。これに対して、老年群では、Warrenのモデルからの予測値は、長身群0.89、短身群0.91であったが、実測値は、長身群0.73、短身群0.62であり、知覚判断値は長身群0.75、短身群0.62であった。このことから、青年群で当てはまっていた身体スケールに基づくモデルが、老年群には当てはまらないことがわかった。しかし、老人と青年のどちらの群も、上ることので

きる高さの知覚判断値は実測値の間とはほぼ同じ値であったことから、同程度の正確さで、老人も階段上りのアフォーダンスの臨界値を知覚できることが明らかにされた。また、階段上りの高さの知覚判断値、実測値と脚の長さ、腰の柔軟性、脚の筋力との相関を分析すると、青年群では、腰の柔軟性、脚の筋力との相関が有意であり、老年群では、脚の長さ、腰の柔軟性、脚の筋力との相関がみられた。

Konczak らの実験結果から明らかになったのは、大学生や子どもを対象とした先行研究と同様、知覚値と実測値に差がみられず、老人の行為能力と知覚能力の間に緊密な関係があることが示されたことである。しかし、大学生や子どもでは当てはまっていた身体スケールを基にしたモデルは、老人においては当てはまらなかった。また、相関分析により、腰の柔軟性や脚の筋力と知覚判断値や実測値に相関がみられたことから、階段上りの臨界値は、脚の長さだけでなく、腰の柔軟性や脚力といった複数の生体力学的制約に影響されることが示唆された。このため、アフォーダンスの測定には身体スケール化された測定だけでなく、より一般的なダイナミックなスケールを基にした測定を考える必要があるだろう。

Pufall & Dunbar (1992) や Konczak, Meeuwssen & Cress (1992) の研究では、発達や加齢にともなった行為能力の変化とアフォーダンス知覚の関係が問題とされていた。しかし、行為の可能性が変化するのは、年齢による変化だけではない。Mark (1987; Mark et al., 1990) は、実験的に身体スケールを変化させたときのアフォーダンス知覚について検討を行っている。

Mark (1987) は、10cm のブロックを足につけて行為可能性を変化させたときの、上れる階段の高さと座れる椅子の高さの知覚について検討を行った。10cm のブロックを足につけたとき、膝から上の脚の長さには変化がないため、上れる階段の高さ R_{max} に変化はないことが予測される。また、膝から下の脚の長さは、ブロックをつけることにより長くなるため、座れる椅子の高さ SH_{max} は10cm 高くなることが予測される。しかし、被験者が目の高さとの比率で上れる高さ、座れる高さを知覚しているとすると、目の高さの変化に応じて、両行為の知覚判断値は高くなるはずである。目の高さに対する R_{max} , SH_{max} の比が約0.5だとすると、ブロックをつけることで目の高さが10cm 上昇すると、両行為に対する知覚値はどちらも約5 cm 高くなると予測される。したがって、座れる椅子の高さ SH_{max} の知覚判断は、実際に座れる高さよりも過小評価され、反対に、上れる階段の高さ R_{max} の知覚判断は、実際よりも過大評価されるとが推測される。Mark (1987) の実験2では、この仮説に関して検討が行われた。

実験2には、被験者として12名の大学生が参加し、そのうち半分は上ることのできる階段の最大の高さ R_{max} を知覚的に判断し、残りの半分は座ることのできる座面の最大の高さ SH_{max} を知覚的に判断した。被験者は、ブロックをつけない状態（ブロックなし条件）または10cm のブロックをつけた状態（ブロック条件）で、2 m 先にある装置の高さの判断を行った。1 試行は、上昇系列（55cm から始まる）と下降系列（90cm から始まる）からなり、被験者は上るまたは座ることのできる最大の位置になるまで、実験者に装置を動かすように指示することを求められた。それぞれの条件での試行数は6であった。また、ブロック条件では、試行と試行の間に少しの間動き回る機会が与えられた。しかし、その際に実際の行為を行うことは禁じられた。知覚判断の後に、実際に座ることのできる最大の高さが測定され、上ることのできる高さが脚の長さの測定値から計算された。その結果、ブロック条件における座ることのできる高さの判断では、

予想されたように、SHmaxの実測値に比較して、SHmaxの知覚判断値は約5cm低く、過小評価の傾向がみられた。しかし、知覚判断値は試行を重ねるとともに増加し、過小評価は次第に減少した。また、ブロック条件における上れる階段の高さの判断では、実測値より知覚判断値が高く、過大評価がみられたが、試行とともに知覚判断値は減少し、過大評価は減少する傾向がみられた。これらの結果から、ブロックをつけた状態で経験を積むことにより、何らかの知覚—運動学習が行われており、被験者の知覚判断値が次第に実測値に近づいていく可能性が示唆された。実験3ではこの可能性についてさらに検討が行われた。

実験3には、8名の大学生が参加し、実験2と同様に、半分は椅子の高さの判断を、残りの半分は階段の高さの判断を行った。実験の手続きは実験2とほぼ同様であったが、試行数は12試行に増やされた。実験の結果、ブロック条件における椅子の高さの判断では、最初は、実測値より知覚判断値が高く、過大評価がみられたが、試行とともに知覚判断値は増加し、9～12試行ではほぼ実測値と同じになった。また、ブロック条件における階段の高さの判断では、最初は過大評価がみられたが、11～12試行ではほぼ実測値と同じになった。これらの結果から、身体スケールを変化させると、最初は、行為可能性を過大評価または過小評価するのであるが、実際に当該の行為を行わなくても、次第に実際の行為可能性を知覚できるようになることが明らかにされた。Markはこの過程を再調整 (retuning) と呼んだ。

Mark et al. (1990) では、座ることのできる最大の高さの知覚に関する再調整に関してより詳細な検討が行われた。Mark (1987) では、試行間に移動を許可した結果、再調整が起こっていたのであるが、試行間に移動せず、通常の姿勢で知覚判断を行っている場合でも、試行数を重ねるにつれて再調整が起こることがわかった。また、視野を制限したり、無理な姿勢をとらせて知覚判断を行わせると再調整は起こらなかった。これらの結果は、情報探索活動の点から解釈された。再調整が起こるかどうかは、特定のアフォーダンスの検出を可能にするような情報探索活動が行えるかどうか依存しており、試行間の移動を許可したり、通常の姿勢で知覚判断を行う場合には、このような探索活動が行えるため再調整が生じると考えられる。また、ブロックのある、なしに関わらず、情報探索活動が知覚判断の正確さに欠かせないものであることが明らかにされた。

Mark らは、階段上りと座る行為の知覚において再調整を見い出したが、他の行為の知覚においても同じように再調整はみられるのであろうか。廣瀬・西尾 (1996) は、Mark らの先行研究を拡張し、またぐ行為の知覚において身体スケールの変化にともなう再調整を検討した。身体スケールを変化させるためには、高さ10cmの下駄が用いられた。実験には、男子大学生12名が被験者として参加し、下駄を履いた状態 (下駄あり条件) または脱いだ状態 (下駄なし条件) で、3m先にあるバーに関して、またぐことのできる最大の高さを判断するように求められた。また、下駄あり、下駄なしのそれぞれの条件は、10試行ずつからなり、試行と試行の間に3m離れた目印まで往復移動することが求められた。両条件での知覚判断が終了した後、実際にまたぐことのできる最大の高さの測定と、脚の長さなど身体各部の測定が行われた。その結果、下駄なし条件では、知覚判断値と実測値の差は2.7cmであり、わずかながら過大評価の傾向がみられた。また、下駄あり条件では、知覚判断値と実測値の差は0.6cmであった。下駄なし条件で過大評価がみられたのは、またぐ行為に関して設定された基準が、両脚を完全についた状態でバーに触れ

ずにまたぐという厳密な基準であったためであり、通常のまたぐ行為を行うときには過大評価ではないと思われる。逆に、下駄を履いた状態では、被験者はより慎重であったということが出来る。また、試行間での推移を分析すると、下駄なし条件と下駄あり条件の両方で、試行間に明らかな増加または減少の傾向はみられなかった。つまり、またぐ行為の知覚に関しては、再調整はみられなかったことになる。廣瀬・西尾（1997）においても、同様に、下駄あり条件では、試行間に明確な増加、減少の変化はみられなかった。階段上りや座る行為の知覚においてみられた再調整が、またぐ行為の知覚においてみられなかったことから、行為の種類によって、それに対する知覚の調整または再調整の過程が異なっている可能性が示唆される。

おわりに

本稿では、生態学的アプローチの観点から、主に身体スケールに基づくアフォーダンス知覚の調整および再調整過程に関する研究について述べてきた。これらの研究から明らかにされたように、知覚と行為の間には密接な関係があり、両者を独立したシステムとして扱うような研究からは、知覚や行為について多くを得ることはできないように思われる。

Warren（1984）によるアフォーダンスに関する実証的な研究から始まった一連の研究では、主として、1つの身体スケールを基にアフォーダンスの測定が行われてきた。しかし、Konczak et al.（1992）の研究で示されたように、アフォーダンスは多次元的であり、脚の長さといった身体スケールの1つの次元にのみ依存するのではない。アフォーダンスは、その他のダイナミックな生体力学的次元にも依存している。Warren（1995）は、行為者の幾何学的な次元を指す身体スケールに対して、より一般的で行為のダイナミックな性質に依存する内在的スケールを行為スケールと呼んだ。今後は、身体スケールだけでなく、行為スケールを基にしたより複雑な π 数を考える必要があると思われる。階段上りにおける高さの知覚に関しては、多次元的な制約を考慮したモデルが既に提唱されている（Konczak et al., 1992）が、その他の行為に関する知覚も同様のモデルが構築されることが期待される。

動物と環境の関係を考えるとき、動物がいかに環境に適応しているか、つまり、アフォーダンス知覚がいかに調整されているかということに焦点が当てられるが、それと同時に、いかに環境に適応していくのか、つまり、アフォーダンス知覚の再調整や学習、発達の過程を明らかにすることも重要であるように思われる。Gibson（1966）は、単純なアフォーダンスは学習なしに検出できるかもしれないが、一般的には、アフォーダンスの知覚にとって学習が必要であることを述べ、学習の重要性を主張している。また、Pufall & Dunbar（1992）は、アフォーダンス知覚の発達の過程を明らかにするには、縦断的な研究が必要であることを指摘している。しかし、Mark（1987; Mark et al., 1990）の研究から明らかにされたように、知覚判断を何度も繰り返しているとそのことで再調整が生じる可能性があるので、縦断的な研究を行う際には、実験結果から発達と再調整を分離する何らかの方法を考案しなければならないであろう。また、廣瀬・西尾（1996, 1997）により、行為の種類により再調整が異なる可能性が示されたことから、行為の種類によるアフォーダンス知覚の調整および再調整過程の差異について詳細な研究が行われることが望まれる。

文 献

- Gibson, J. J. (1966). *The sense considered as perceptual systems*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. (Original work published 1979)
- 廣瀬直哉・西尾新 (1996). 身体スケールの変化に伴う高さ知覚の retuning. 日本心理学会第60回大会発表論文集, 540.
- 廣瀬直哉・西尾新 (1997). 身体スケールの変化に伴う高さ知覚の retuning(2). 日本心理学会第61回大会発表論文集, 539.
- Konczak, J., Meeuwesen, H. J., & Cress, M. E. (1992). Changing affordances in stair climbing: The perception of maximum climbability in young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18 (3), 691-697.
- Mark, L. S. (1987). Eyeheight-scaled information about affordances: A study of sitting and stair climbing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13 (3), 361-370.
- Mark, L. S., Balliett, J. A., Craver, K. D., Douglas, S. D., & Fox, T. (1990). What an actor must do in order to perceive the affordance for sitting. *Ecological Psychology*, 2 (4), 325-366.
- Mark, L. S., & Vogeley, D. (1987). A biodynamic basis for perceived categories of action: A study of sitting and stair climbing. *Journal of Motor Behavior*, 19 (3), 367-384.
- 三嶋博之 (1994). “またぎ” と “くぐり” のアフォーダンス知覚. 心理学研究, 64(6), 469-475.
- Pufall, P. B., & Dunbar, C. (1992). Perceiving whether or not the world affords stepping onto and over: A developmental study. *Ecological Psychology*, 4 (1), 17-38.
- Reed, E. S. (1996). *Encountering the world: Toward an ecological psychology*. New York, NY: Oxford University Press.
- Turvey, M. T., Fitch, H. L., & Tuller, B. (1982). The Bernstein perspective I: The problem of degrees of freedom and context-conditioned variability. In J. A. S. Kelso (Ed.), *Human motor behavior: An introduction* (pp. 239-252). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Turvey, M. T., & Shaw, R. E. (1979). The primacy of perceiving: An ecological reformulation of perception for understanding memory. In L. G. Nilsson (Ed.), *Perspectives on memory research* (pp. 167-222). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Turvey, M. T., Shaw, R. E., Reed, E. S., & Mace, W. M. (1981). Ecological laws of perceiving and acting: In replay to Fodor and Pylyshyn (1981). *Cognition*, 9 (2), 237-304.
- Warren, W. H. (1984). Perceiving affordances: Visual guidance of stair climbing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10 (5), 683-703.
- Warren, W. H. (1995). Constructing an econiche. In J. Flach, P. Hancock, J. Caird & K. Vicente (Eds.), *Global perspectives on the ecology of human-machine systems*. Vol. 1. (pp. 210-237). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Warren, W. H., & Whang, S. (1987). Visual guidance of walking through apertures: Body-scaled information for affordances. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13 (3), 371-384.

(博士後期課程 3 回生, 教育心理学講座)