OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	知覚と行為 : 生態学的アプローチの観点から
Author(s)	柏原, 崇
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1990, 16, p. 91-112
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/11863
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

知覚と行為
——生態学的アプローチの観点から——

柏　原　　崇

Ⅰ. 序
Ⅱ. 生態学的アプローチ
Ⅲ. アフォーダンス（affordances）
　1. 分析単位としてのアフォーダンス
　2. 実験的研究
　　(1) 階段上り・着座
　　① 階段上り（stair-climbing）
　　② 着座（sitting）
　　③ 内在的情報
　　(2) 発達的研究
Ⅳ. 衝突時間（time-to-collision）
Ⅴ. まとめ

知覚と行為
――生態学的アプローチの観点から――

Ⅰ．序

我々は非常に変化に富んだ空間内において，適応的に行動している。このような適応的行動は，いかにして導かれるのであろうか。例えば，歩行という行為について考えてみると，それが円滑に遂行されるためには，歩行環境に関する様々な情報が必要となる。歩行面は，身体重量を支えることが可能であるか？歩行面の摩擦の程度はどうか（滑りやすくないか）？道の幅は，身体の幅に比べて十分広いか？進路に障害物はないか？また，ボールをキャッチするという行為においては，ボールがいつ，どこに落ちるのかといった，時－空間上の運動学的情報だけでなく，落下地点に到達するためには，どの程度筋肉を活動させたらよいか，というエネルギー変換についての力学的特性に関する情報も必要となる。

このように，我々が行う行為と，行為の誘導に必要な情報の抽出過程である知覚は密接な関係にあり，両者は不可分であると考えられる。ところが，知覚と行為の関係について一般的に哲学においては，行為は知覚の下位にあり，知覚ほど重要ではないこと，また，知覚と行為は別々の研究領域を構成していると見なされていること，が指摘されている（Mackay, 1987)。心理学においても同様に，多くの場合，両者は異なる研究領域を形成し，知覚理論は行為とは関係なく，また，行為理論は知覚とは関係なく構築されてきた。このような見解は，伝統的な協応運動理論においてもみられる。もちろん，そこでは知覚と行為の２つのプロセスが，全く無関係であるとは主張されてはいない。しかしながら，知覚系がその所産－知覚表象－を，どの様に決定しかつ伝達するかは，運動系がその所産をいかに受け取り利用するかには影響を与えないし，またそのことによって影響もされないと暗黙裡に仮定されていること，が指摘されている（Michaels & Carello, 1981)。

このような知覚と行為に関する二元論的見解に対して，J. J. Gibson を中心とする，知覚の生態学的アプローチがある。そこでの重要な仮定は，動物－環境共働である。理論的に動物と環境は互いに不可分と考えられ，また，知覚とは動物－環境システムにおけるプロセスであって，単に動物の側だけにおけるプロセスではないと主張される。そして，動物の活動は，動物にとって有用な情報の種類を制限するので，知覚理論と行為理論は独立には展開されえないと主張されている。以下において，生態学的アプローチの概略を示し，知覚と行為が密接な関係にあることを示す実験例を挙げ，両者の関係について述べることにする。

Ⅱ. 生態学的アプローチ

J. J. Gibson（1950, 1966, 1979）は，その三部作において独自の知覚理論を展開してきた。特に後年の著作においては，現在の主流心理学である認知心理学，とりわけ情報処理心理学のパラダイムに異を唱え，知覚とは単純に情報の検出であって，処理される必要はないという，直接知覚理論を主張した。Gibson没後，彼の理論はGibsonianと称される彼の後継者達により受け継がれ，さらに先鋭化され，反Gibsonianとの論争も盛んに繰り広げられている（Ullman, 1980；Fodor & Pylyshyn, 1981；Turvey, Shaw, Reed, & Mace, 1981）。本章では，主としてGibsonの後期の考えを中心として，彼の理論の概略について述べることにする。

Gibsonの理論の大きな特徴であり，最も論議をよぶ点は，先に述べたように，知覚とは単純に情報のピックアップである，という主張である。直接知覚理論といわゆる間接知覚理論も，我々の知覚内容の豊富さについてはその見解は一致している。しかし，その原因についての解釈が異なる。間接知覚理論においては，我々が受容する刺激入力は貧弱（impoverished）であると考えられている。他方我々の知覚は豊かであるので，その原因は知覚者内部に求められる。つまり，知覚者内部の推論，表象，記憶などの仲介を受けて，視覚入力が精緻化され，豊かになってゆくとされる。これに対して，直接知覚理論では，受容される刺激（正確には情報）自体が既に豊かで構造化されているので，我々はそれを単にピックアップすればよく，精緻化する必要はないと考える。このように，知覚内容の豊富さの基盤を，刺激情報の豊かさに求めるのか，それとも知覚者の認知プロセスに求めるかに両者の見解の差がある。

従来，心理学においては静的な理論構築がなされてきたことが指摘されている（Johansson, 1966；Johansson, von Hofsten, & Jansson, 1980）。確かに技術的な問題もあって，タキストスコープやスライド等によって，空間的にも時間的にも限定された刺激が，呈示されてきた。従って，このような実験枠組みにおいては，理論的に静止知覚が一次的で，運動や変化の知覚は例外的，もしくはそれから演繹される二次的なものとして扱われる傾向にあった。しかしながら，我々の周囲世界は決して静止した世界ではなく，我々自身も環境内で常に活動している能動的存在である。我々が活動しているとき，我々の眼球面上では何が生じているのであろうか。そこには，絶えず変化している環境の光学的配列（optic array）がある。これは従来刺激として考えられてきた網膜像のように，像としての性質ではなくて，流動（flux）という性質を持つ。そして，このような時－空間上で変形している流動パターンの中に，ある事象を特定する豊富な情報が存在していると考えられる。例えば，我々が環境内

をまっすぐに歩いて行くとき，環境中の諸対象は注視点から外側に向かって流れていく。このような変化は，我々が前進していることを特定する。逆に，外部から中心に向かってパターンが動いて行く場合には，後退が特定される。さらに，注視対象が常に視野のまん中にあり，パターンが外部に向かって流れる場合には，我々は遅かれ早かれその対象に衝突する。しかも，衝突の時間はパターンの膨張率により特定されるという（Lee, 1976, 1980）。このように，直接知覚理論においては変化の知覚を一次的と見なし，変形の中に対象の同一性と生じている変化を特定する不変項（invariants）が存在すると考え，それらの探索が行われている（Gibson, 1957 ; Gibson & Gibson, 1957 ; Pittenger & Shaw, 1975 ; Pittenger, Shaw, & Mark, 1979 ; Mark & Todd, 1985）。Gibson 理論の中核である，知覚の直接性の問題については，多くの論議があるが，ここでは触れない（詳しくは，Cutting, 1986 ; Ullman, 1980参照）。但し，ＡＩ研究の並列分散処理のアプローチから，直接性の論議が調停されるかもしれないという指摘がある（Gordon, 1988）。

Gibson 理論のもう１つの大きな特徴は，その分析単位にある。一般に心理学においては，動物と環境は暗黙裡に各々別々の実体として扱われ，ほとんどが動物の側の研究に限定されてきた。また，知覚を研究する際に環境が考慮される場合でも，それは環境の棲息者とは区別される，独立した環境として記述されてきたことが指摘されている（Michaels & Carello, 1981）。このような動物－環境二元論に対して，直接知覚の研究は自己の環境的ニッチを知っている動物の研究であるので，知覚は動物－環境システムの研究でなければならないと主張されている。このように直接知覚理論の分析ユニットは，動物－環境生態系（animal-environment ecosystem）であるので，別名生態学的アプローチとも称せられる。動物に関して情報を分析する理由として，情報を検出する知覚システムが，各動物により異なることが挙げられる。つまり，ある動物にとっては情報であっても，他の動物にとってはそうでないこともあるので，両方の側からの分析が必要とされる。最も重要な理由としては，アフォーダンスの概念が挙げられる。アフォーダンスとは，対象，場所及び事象によって動物に対して許される，行為を意味する。そして，動物はその意味を直接に知覚可能とされる。従って，アフォーダンスが知覚されるということが意味するのは，それらを特定する情報が刺激作用において利用可能であり，適切に同調された知覚系によって検出されるということである（アフォーダンスについては，次章で詳述する）。

上で述べた以外にも，両知覚理論にはいくつかの見解の異なる点があるが，以下において知覚と行為の密接な関係を示す実験例について述べることにする。

Ⅲ. アフォーダンス（affordances）

1. 分析単位としてのアフォーダンス

生態学的アプローチの枠組みにおける分析ユニットは，動物－環境生態系であり，しかも，知覚と行為の間の関連を最も明確に示す概念が，アフォーダンスの概念である（Gibson, 1977, 1979, 1982）。Gibson（1979）は，次のように述べている。“環境のアフォーダンスとは，環境が動物に提供するもの（offer），良いものであれ悪いものであれ，用意したり備えたりする（provide or furnish）ものである。”（古崎敬他訳，1985）つまり，アフォーダンスとは，対象，場所及び事象によって，動物に対して許される，行動や行為をさしている。例えば，椅子を見るとき，我々は単に物としての椅子を知覚するのではなく，そこに座ることができるという，意味を知覚している。もちろん，ある対象が1つのアフォーダンスしか持たないということではなく，いくつかのリストを有することもある。ビンの場合であれば，単にそこから飲むだけでなく，それを投げること，それで打つことなどをアフォードする。しかしながら，これらのリストが常に検出されるわけではない。投げることが可能であるためには，手を有していなければならない。また，たとえ，手を持っていても，身体（手）がビンに対して十分大きくなければ，それを投げることができないかもしれない。つまり，アフォーダンスの検出には動物の身体スケールが関与し，どのアフォーダンスが検出されるかは，ある特定の動物が潜在的に持っている，合目的行動に依存し，そのような行動は実効性（effectivities）と呼ばれている。形式的には，アフォーダンスは次のように定義されている（Shaw, Turvey, & Mace, 1981）。もし，ある事態もしくは事象Xと動物Zの間に，ある関連した適合が得られるならば，Xは機会Oにおいて，行為YをZにアフォードする。同様に，実効性は次のように定義される。もし，事態もしくは事象Xと動物Zの間に，ある関連した相互的適合が得られるならば，ZはXに対して行為Yをもたらしうる。

生活体は，アフォーダンスを知覚することにより，自己の行動を誘導することが可能ならば，生活体は環境属性と自己の行為系の属性との間の関係を，知覚できなければならない。一般的には，環境や刺激の特性は，知覚者にとって，任意の外在的な連続体の次元に沿って測定される。距離はメートルで，重さはキログラムで，そして時間は秒を単位として測定される。しかしながら，行為者としての知覚者にとっては，これら環境の特性の意味は連続的ではなくて，本来的にカテゴリー的である。例えば，ある物体がある距離にあるとき，その物体は，知覚者にとっては，余り遠くて手が届かないとか，逆に，前屈みにならないでも十分に届く，といった意味を持つことになる。しかし，伝統的には，知覚とは，知覚者が環境の連続的特性を，自己の不連続な行為カテゴリーに変換しなければならないプロセスとして，

解釈されてきたことが指摘されている（Mark, 1987）。

これに対して，行為と知覚の間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測定（extrinsic measurement）によってではなくて，行為者の身体スケールに基づく測定，内在的測定（intrinsic measurement）が必要である，と主張されている（Warren & Shaw, 1981；Warren & Kelso, 1985）。内在的測定とは，相互的システムの一方が，システムの他方の測定のための，“自然のスタンダード”とみなしうるものである。従って，動物のある特性Aは，環境のある特性Eを測定するためのスタンダードとみなしうる。手続き的には，AとEが同一単位で測定され，しかも比として表されるならば，単位は相殺され，特定の動物－環境適合（animal-environmment fit）をユニークに表す無次元数となり，その比は，パイーナンバー（π-number）と呼ばれる。

動物におけるアフォーダンスの知覚を示すいくつかの研究がある。例えば，Michaels, Pindle, and Turvey（1985）は，カマキリの捕食行動について検討している。カマキリは，エサとなる動物が，ある距離内に入ると攻撃を開始する。この距離は，カマキリの成長と共に変化する。しかし，カマキリの成長は連続的ではない。というのは，脱皮することにより，身体が急激に変化するからである。それにも関わらず，カマキリは85%以上の成功率で，エサを捕らえることができるという。そして，このカマキリがエサを捕まえることのできる，最大の距離は，前足の長さによって決まり，その80%の距離だという。また，Ingle and Cook（1977）は，カエルが，ドアのような開口部をジャンプする頻度は，その幅がカエルの頭の幅に近づくにつれて，急速に減少すること，を見出している。つまり，カエルはその特定の身体サイズを通過させる，開口部のアフォーダンスを検出していると思われる。

2. 実験的研究

(1) 階段上り・着座

① 階段上り（stair-climbing）

人のアフォーダンスの知覚に関する，最初の実証的研究は，Warren（1984）により行われた。彼は，視覚的に誘導される行為として，階段上りをとりあげた。

階段上りという活動は，人の二足移動の特別なケースであり，水平な同一距離を歩く場合と比較して，約15倍のエネルギーを消費するという。また，階段を上るときのストライドの長さやリフトワークは，階段の高さによって規定され，そのために最適な歩行を自由に選ぶことはできない。従って，階段上りの代謝効率は，階段の高さと上る人の適合度によってかなりの程度決ってしまう。例えば，階段があまり高いときには，両足だけで上ることはできず，手や膝を使わなければならない。さらに，代謝効率の面からみると，高い場合には膝や

腰の屈伸量が大きくなり，エネルギー消費量は増大する。逆に，余り低すぎても，ステップ数が多くなることより，エネルギー消費量が増大する。そこで，Warrenは，動物－環境適合が変化するにつれて，事態のアフォーダンスも変化し，行動の質的特徴があるπの値で，生ずると考えた。第1は，臨界点（critical points）で，アフォーダンス境界上の，行動上の位相の移行に対応する。具体的には，もはや両足だけでは上れない高さである。第2は，最適点（optimal points）で，エネルギー消費が最も少ない，安定した，選好される領域であり，“最も適合した”アフォーダンスであるといえる。

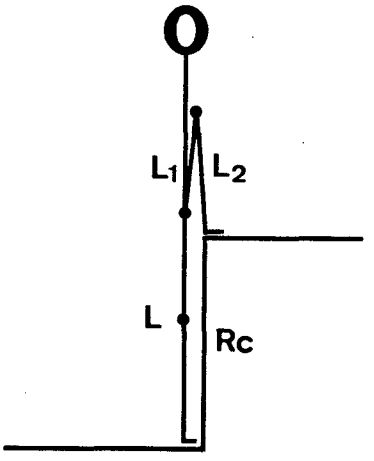

Fig. 1. Biomechanical model of critical riser height, showing idealized maximum leg flexion. From Warren (1984).

実験1では，臨界的な階段の高さに対する，知覚者の視覚的判断を求めた。上ることのできる階段の最高の高さは，簡単な生体力学的モデルにより求められる（Fig. 1. 参照)。身体を階段に上げるためには，重心を支持面のすぐ上に持ち上げることができなければならない。階段が高くなるに伴って，臨界点，πc＝Rc／L，はもはや不可能な点に到達し，両足だけで上る行動から，両手と膝を使った行動に移行する。

実験には，低身長群（163.67cm）と高身長群（189.75cm）の男性被験者，計24名が参加した。上ることのできる階段の高さは，以下の式で計算される。

$$Rc = L + L1 - L2 \quad (1)$$

上式に基づき，各群のRc及びπcを算出したところ，身長差にも関わらず両群とも値は同じで，以下のようになった。

$$Rc = L + .44L - .56L = .88L \quad (2)$$

$$\pi c = Rc / L = .88 \quad (3)$$

実験は，5種類の高さの階段を，スライドで呈示し，両足だけで上ることができるかを判断させた。その結果，低身長群の判断値は，67.13cm，高身長群は81.23cmであった。これらを基に，Rc／Lを計算すると，低身長群，Rc／L＝67.13cm／76.00cm＝0.88，及び，高身長群，Rc／L＝81.33cm／91.33cm＝0.89で，等式(3)の生体力学的予測値と，知覚判断値が一致した。

実験2では，低身長群（160.57cm），高身長群（193.77cm）の，各群3人ずつの被験者を用

いて，実際に階段を上ることにより，酸素消費量が最も効率的な，最適の階段の高さが測定された。その結果，低身長群が19.61cm，高身長群が24.13cmであった。両群ともRo／Lの値は0.26で，足の長さの¼が，最適の高さと言える。実験3では，スライド呈示により，最適な階段の高さの知覚的選好が求められ，両身長群とも，Ro／Lは0.25で，実験2の結果と一致した。このようにWarrenは，環境特性の臨界値及び最適値が，各行為者の足の長さの一定の比として表されること，さらに知覚能力と行為能力が密接に対応していること，を実験的に証明した。

② 着座（sitting）

Mark and Vogele（1987）は，着座行為における，アフォーダンスの検出について検討している。実験には，Warrenの実験とは異なり，標準的身長の女性のみが参加し，座ることのできる高さの知覚判断値SHmax，実際に座ることが可能な高さSHmaxが測定された。さらに，Warren（1984）と同様に，上ることのできる高さの知覚判断値Rmaxが求められ，等式(2)に基づき，実際に上ることのできる高さの予測値Rmaxが算出された。その結果，知覚されたSHmax及び実際のSHmaxは，各々0.899Lと0.902Lであった。つまり，着座行為においても，Warren（1984）の結果と同様に，外在的測定では測定値は被験者間で異なるが，足の長さを単位とする内在的測定では同一であり，知覚判断値と実際の行為値が同じとなった。さらに，知覚判断値Rmax及び予測値Rmaxは，0.888Lと0.885Lで，これもWarrenの測定値と一致した。しかも，階段上りと着座行為におけるパイーナンバーは，両行為においてほぼ同一で，両行為に共通する生体力学的基盤，身体の重心を支持面より上に持ち上げる，を反映しているものと思われる。このように，Warren（1984）とMark and Vogele（1987）の実験は，階段上り及び着座という行為において，知覚判断値と行為可能な実際の高さが密接に対応していることから，知覚者の，環境特性の知覚能力と行為能力が密接に関連していることを示した。また，行為の臨界的境界を知覚者が決定する際に，身体次元（本ケースでは，足の長さ）に関して既にスケール化されている情報が用いられている可能性が示された。

③ 内在的情報

アフォーダンスの検出に際して，内在的にスケール化された情報が，知覚者により利用されるという可能性が示唆されたが，その情報源としては，知覚者の眼の高さ（eyeheight）が有力である。

光学的配列の幾何学的分析によれば，知覚者の眼の高さに対してスケール化される，面の高さ（大きさ，距離）に関する情報が存在するという（Gibson, 1979 ; Sedgwick, 1980）。もし，ほぼ平らな地面に立っている知覚者が，同一平面上に静止している対象に，自分の眼の高

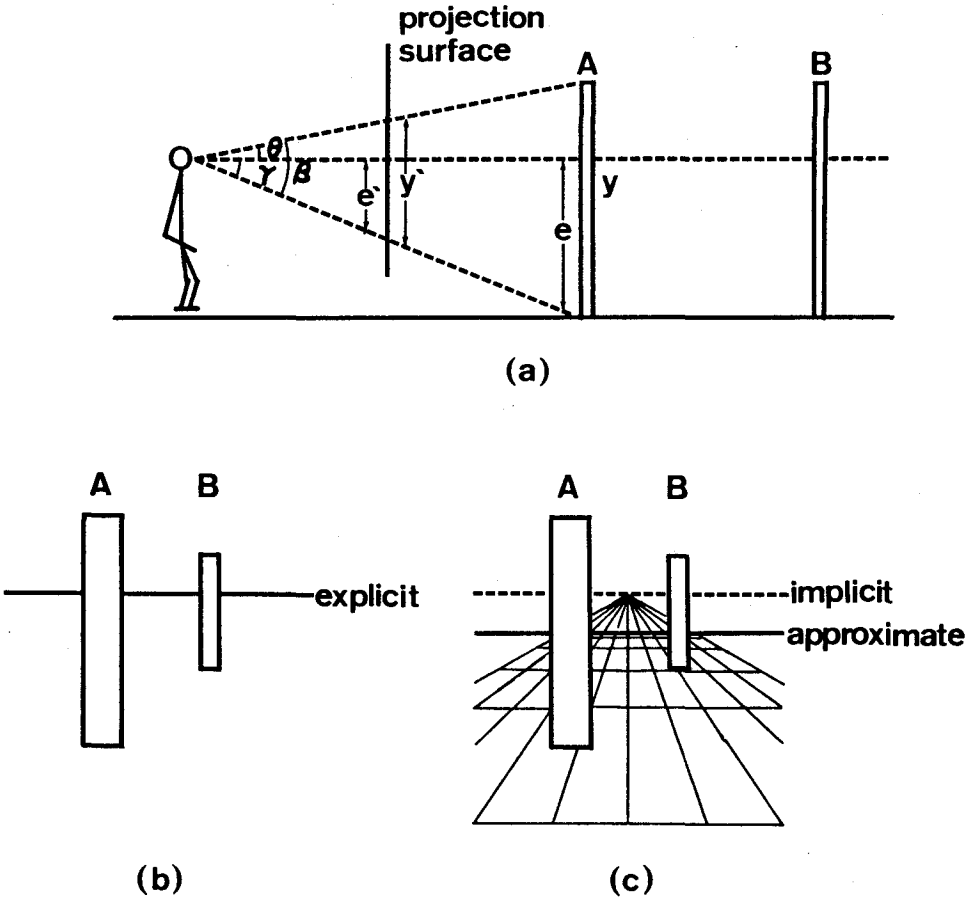

Fig. 2. Eyeheight information for object size. Panel(a) : The geometry of the eyeheight ratio for object A. (The ratio is the same for an identical object B at a different distance.) Panel(b) : The explicit horizon——eye level is given by the height at which the visible true horizon intersects an object. (The heights of A and B are both 1.5e, and their widths are both .25e.) Panel(c) : The approximate and implicit horizons——the location of the true horizon is given by the limit of optical texture convergence for texture on the ground surface, similar to the height of the vanishing point in linear perspective, and by the limit of optical texture compression. From Warren & Whang (1987).

さを水平に合わすことができるならば，対象の高さは，知覚者自身の眼の高さの比として，つまり，眼の高さを単位として特定される。形式的には，以下のように表される (Fig. 2. (a)参照)。

対象の高さyの，眼の高さeに対する比は，投影面上では以下の通りである。

$$y / e = y' / e' \tag{4}$$

さらに，視角を用いて表すと，

$$y / e = (\tan \gamma + \tan \theta) / \tan \gamma \tag{5}$$

もし，対象の高さyが，観察距離に比べて小さいならば，視角は小さく，上式は次のよう

になる。

$$y / e \approx \beta / \gamma \qquad (6)$$

以上のように，対象の高さは，眼の高さの比として表されるが，この比は観察距離に関わらず一定である。次に，眼のレベルを特定する情報源は何であろうか。オープンな屋外においては，地平線と対象が交差するところが，事実上眼のレベルで，例えばFig. 2. (b)では，対象A，Bの高さは同一で，1.5eとなる。但し，この情報は，地平線が見えない場所や，屋内では利用できない。第2の情報源としては，地平線に近似するものとして，建物の基部（底辺）などが考えられる。しかしながら，この情報は，眼の高さを過小評価させ，その結果，対象の大きさを過大評価させてしまう。第3の情報源は，肌理を持った水平な面上において利用可能である（Fig. 2. (c)）。つまり，地平線の位置は，光学的肌理が集束する地点に特定される。最後の情報源は，頭部や眼の位置に関する自己受容感覚が考えられるが，この情報は余り有効な手掛りではないこと，が示されている。

Mark（1987）は，知覚者は観察距離が増大するに伴って，自己の眼の高さを過小評価する傾向にあることを観察している。この眼の高さの知覚の変化は，“内在的に，眼の高さにスケール化される情報”と，関連があると推測される。従って，もしこれが事実で，アフォーダンスの検出において，知覚者がこの情報を用いているとするならば，知覚される眼の高さの変化と，同一の内在的スケールに基づく判断は，高い相関を示すはずである。そこで，実験では，知覚される眼の高さ，Rmax及びSHmaxが，異なる観察距離（1，3.5，7，20，30m）で判断された。さらに，コントロール条件として，1mの距離に置かれた15×10cmの大きさのスタンダード図形と，それと同一の比率だが大きさの異なる図形が，各観察距離において比較された。また，実際のSHmaxが測定され，実際のRmaxは，予測式により算出された。実際の眼の高さ，実際のSHmax及び予測されるRmaxの比として，各観察距離における各判断値が算出された。その結果，知覚された眼の高さ，SHmax及びRmaxの判断は，観察距離と共に単調に減少した。眼の高さの判断と比べると，SHmax及びRmaxは，若干過小評価されたが，両者の相関は非常に高く，0.96（SHmax）と0.95（Rmax）であった。しかし，これらとは対照的に，身体次元とは関連しない，図形の大きさ判断は，観察距離と共には変化せず，眼の高さの判断との相関も－0.38であった。知覚される眼の高さと，SHmax及びRmaxが高い相関を示したというこの実験結果は，これらの知覚判断に際して用いられた情報は，同一の光学的不変性に基づくという主張と一致している。つまり，知覚者は，眼の高さにスケール化された情報に基づいて，判断を行ったと考えられる。

アフォーダンスの知覚に際して，眼の高さに対して内在的にスケール化される情報が，利用されることを示すもう1つの例として，Warren and Whang（1987）は，ドアのような開

口部の passability の知覚について検討している。実験１では，肩幅の大きい群（平均48.4㎝）と，小さい群（平均40.4㎝）を用いて，普通に歩いているときに，肩を回転させずに通ることのできる，臨界的な開口部の幅を，実験的に測定している。その結果，幅の絶対的測定値は，各行為者間で異なっていたが，臨界値πmax＝A／S（A：aperture，S：shoulder）は，両群とも同一で，1.30であった。

実験２，３では，通り抜けることが可能かどうかの知覚判断において，どの様な情報が必要かを検討している。正確な判断を行うためには，知覚者は，開口部の絶対的大きさに関する情報か，または，自己の身体次元に対する開口部の大きさの，内在的情報が必要である。一般的には，絶対的大きさ判断は，ターゲットの視角と知覚された絶対距離に依存すると考えられている。従って，実験２では，これらの判断に際して用いられるであろう手掛り，両眼輻輳，調節及び運動視差を排除した，単眼観察条件を設定し，内的情報の利用可能性について検討している。さらに，運動情報及び両眼情報の付加を検討した，両眼運動条件も行われた。実験には，肩幅の異なる２群（41.4㎝，47.4㎝）が参加し，観察距離５ｍで，開口部の大きさが通過可能かどうかの判断を求められた。その結果，A／Sの値は，両群とも同一で，1.16であった（これは，眼の高さｅの比として表される。知覚者の肩幅は0.25ｅであったので，A／ｅ＝0.29となる。）。この結果は，実験１の値1.30と比べると小さくなっているが，これは両者のインストラクションの差に起因し，実験２では判断にバイアスがかかり，臨界比が小さくなった，と Warren et al. は解釈している。また，両条件間において，A／Sの値には差がなく，静止単眼情報だけで十分なことが示された。この結果より，通過可能か否かの判断に際して，静的な内的情報が利用されることが示唆された。

実験３では，単純な Ames の部屋の事態を設定し，開口部の載っている台の高さを知覚者に気づかれないように持ち上げ，実質上の知覚者の眼の高さ（ｅ*）を低くした。知覚カテゴリー判断のシフトの程度を吟味することにより，眼の高さに関する情報が利用されているかどうかが，直接的に検討された。この実験操作による結果の予測として，以下の３点が考えられる。第１に，開口部の大きさを外在的情報に基づいて判断し，その大きさと自分の肩幅についての知識を比較するならば，眼の高さが変化しない条件と比べた場合，知覚判断はシフトしないはずである。何故ならば，台を持ち上げても，絶対的な開口部の大きさと肩幅の関係は，変化しないからである。第２は，内在的な眼の高さに依存して，判断が行われる場合である。その場合，実験２に示されるように，A／ｅの値0.29は条件間で一定と考えられる。しかしながら，知覚者の実質的な眼の高さｅ*は低くなっていることから，カテゴリー境界はシフトし，Aの大きさは過大評価され，より狭い幅でも通ることができると判断される，と予測される。第３は，眼の高さ以外の他の身体スケール情報に基づいて，判断がなさ

Table 1 Means and Standard Deviations (㎝) for Observers in the Flat and Raised Conditions

	S		e			Category boundary(A)		Eyeheight ratio	
Condition	M	SD	M	SD	e*	M	SD	A/e	A/e*
Flat	41.4	2.9	162.1	9.0	157.6	44.3	3.5	0.273	0.281
Raised	41.2	3.4	160.7	9.5	134.7	40.0	5.9	0.248	0.296

S=shoulder width, e=standing eyeheight, e*=effective eyeheight.
Modified from Warren & Whang (1987).

れる場合である。この場合，眼の高さだけが操作されているので，判断はシフトしないと予測される。通過可能か否かの判断は，2条件設定された。1つは，台の高さが4.5㎝高いflat条件と，26.0㎝高いraised条件である。従って，実質上の眼の高さの変化は，21.5㎝となる。観察距離は，2.2mで，観察者は各々15人である。各測定値は，Table 1に示される通りである。さらに，眼の高さを変化させたことが絶対距離判断に影響し，結果的に，開口部の大きさ判断がシフトするという可能性を吟味するために，コントロール条件が設定された。新たな観察者15人は，flat及びraised事態において，異なる観察距離（1.80，1.95，2.10，2.25，2.40m）で，常に35㎝の開口部が呈示され，開口部までの絶対距離判断が求められた。

結果は，Table 1に示されるように，raised条件の方がflat条件よりも，臨界的判断値が4.3㎝小さくなっている。つまり，raised条件では開口部の大きさが過大視されている。カテゴリー境界を，眼の高さeの比，A／eとして表すと，flat条件0.273，raised条件0.248となり，両者の差は有意である。しかしながら，実質上の眼の高さe*の比，A／e*で表すと，flat条件0.281，raised条件0.296となり，両者の差は有意ではなく，実験2の臨界比0.29に近くなる。また，絶対距離判断においては，眼の高さの効果は有意ではなかった。これらの結果から，少なくとも本実験事態においては，眼の高さに対してスケール化された情報が，アフォーダンスの検出に際して利用されることが確かめられた。

(2) 発達的研究

アフォーダンスの知覚に関する，発達的研究はE. J. Gibsonらにより行われている。Von Fieandt and Gibson（1959）は，大人の被験者において，剛体性の変形面と弾性的変形面の区別が可能なことを示した。Gibson et al.も同様に，3－5ケ月の乳児が剛体性運動（水平軸及び垂直軸の回りの回転）と変形的運動（圧縮）を視覚的に区別可能なこと，また，1ケ月の乳児において硬さの異なる物体の触覚的経験の後に，視覚的運動において両者を区別

可能なことが示されている（Gibson, Owsley, & Johnston, 1978 ; Gibson, Owsley, Walker, & Megaw-Nyce, 1979 ; Gibson & Walker, 1984)。

前述したように，アフォーダンスは行為系の特性と環境特性の間のユニークな関係であり，行為系の特性が異なれば，検出される環境特性も異なることが予測される。そこで，Gibson et al.（1987）は，移動形態の異なる二群，這い這い群と歩行群を用いて，ある支持面を渡る際のアフォーダンスの検出に関する実験を行っている。実験には，這い這い群（平均10.25ケ月）と歩行群（平均14.44ケ月)，各16人の乳児が参加した。呈示された支持面は，剛体性の面と変形する面である。前者は硬い合板に，ある肌理を持ったパターンが描かれた布が覆ってある。後者は，水ベッドを同一の布で覆い，呈示に際しては揺することにより変形面を生じさせた。両者とも，視覚的及び触覚的情報を用いることができた。乳児は，支持面の端に座らされ，どの様な行動がとられるかが観察された。その結果，歩行群では14人が剛体面を横断し，その際９人は這って，５人は歩いて渡った（這って渡った乳児の数が多いのは，最初の状態が座っていたことと関連する)。変形面では，12人全員が這って渡った。また，這い這い群では，13人が剛体面を，11人が変形面を渡った。さらに，渡るまでの潜時，視覚的及び触覚的探索量，回避的行動のいずれにおいても，歩行群の場合，変形面の方が有意に多かった。しかしながら，這い這い群では，視覚的探索が幾分長いことを除いては，両者の面は区別されなかった。結果は，歩行群が支持面のアフォーダンスを検出できたことを示し，しかも移動形態の発達が，面のアフォーダンスの探索並びに検出と密接に関連することが確かめられた。これらGibson et al. の結果は，発達の極めて初期に，乳児は刺激作用の高次の属性に応答することを示しており，これら発達的研究を通じて，エコロジカルアプローチの主張の妥当性がより吟味されて行くものと思われる。

Ⅳ. 衝突時間（time-to-collision）

知覚と行為の間の密接な関係を示し，しかも活動のコントロールが内在的情報に基づいていることを示す，一連の研究がLee et al. により行われている。先に述べたように，我々の活動に伴って，眼球面上で絶えず変形する光学的配列が存在する。そして，このユニークな光学的流動パターンの中に，我々の活動を導くための情報が存在し，活動に際してそれを利用していると思われる。例えば，Lee and Lishman（1975）は，一方向を除き周囲が壁で覆われた，“スインギングルーム”を用いて，流動パターンの持つ情報を検討している。被験者を床に立たせ，天井から吊したスインギングルームを動かして，被験者の前方，後方及び側方の動きに対応する光学的変化を呈示した。例えば，部屋を前に動かしたときには，身体

を後方に揺り動かされたときと類似の光学的流動パターンが，眼球面上では生じる。従って，姿勢維持に際してこれら視覚的情報が用いられているとすると，バランスを保つために身体を前方に倒すという動作がとられるはずである。結果は，予想通り各運動方向を補償する動きが観察された。また，幼児（13－16ケ月）を用いた実験でも，同様の結果が得られている（Lee & Aronson, 1974）。

我々が環境内で活動するとき，環境内の対象にあとどのくらいで到達するか，逆に運動対象がいつ我々に衝突するかに関する情報は，生態学的観点からも非常に重要である。一般的には，ある対象への到達時間は，物体までの距離と速度によって求められる。しかしながら，それらの計算の複雑さを考えると，日常的活動においてこれらの外在的情報を直接利用しているとは考えにくい。Lee（1976, 1980）は，環境内を移動する際に利用可能な情報の幾何学的分析を行っている。我々が環境内を一定の速度Vで歩いているとき，網膜上ではどの様な変化が生じているであろうか。分析の便宜上，行為者は静止し，環境が投影面（網膜）に対してまっすぐに一定の速度で接近している場合が，Fig. 3．に示される。P及びGは環境内の任意の肌理の要素を表し，P′及びG′は投影面上での各対応点を表す。肌理の要素Pの環境内の位置は，距離座標Z(t)とR，及びOZP面とOZX面のなす角度(θ)によって決まる。

Z(t)及びRの関係は，次式で表される。

$$Z(t)/R = 1/r(t) \tag{7}$$

上式をtで微分すると，

$$\dot{R}/V = r(t)^2/V(t) \tag{8}$$

さらに，(7)(8)式よりRを消去して，

$$Z(t)/V = r(t)/V(t) \tag{9}$$

上式は，肌理Pが存在する前額平行面に到達する時間Z(t)／V［Tc(t)：時間tにおける，time-to-contact］は，もし現在の速度が維持されるならば，光学的変数r(t)，V(t)の比により，直接に特定されることを示す。また，この関係は前額平行面上の全ての肌理の要素に当てはまり，面の膨張率の逆数τ(t)と等しくなり，知覚者はこの情報を原則的に利用可能だという。例えば，Schiff and Detwiler（1979）は，接近対象のアニメーションフイルムを用いて，距離や速度に関する情報は呈示せずに，衝突時間（2－10秒）を判断させた。その結果，衝突時間は全体的に過小評価されたが，対象の像の膨張率の有効性が確かめられた。また，Todd（1981）は，コンピューターディスプレーを用いて，大きさの異なる正方形を呈示し，どちらが先に観察点に到達するかを判断させた。接近速度や到達時間の差などを操作して実験を行ったところ，判断は非常に正確で，到達時間差が50msあれば正答率は80％以上であり，時間差10msでチャンスレベルとなった。

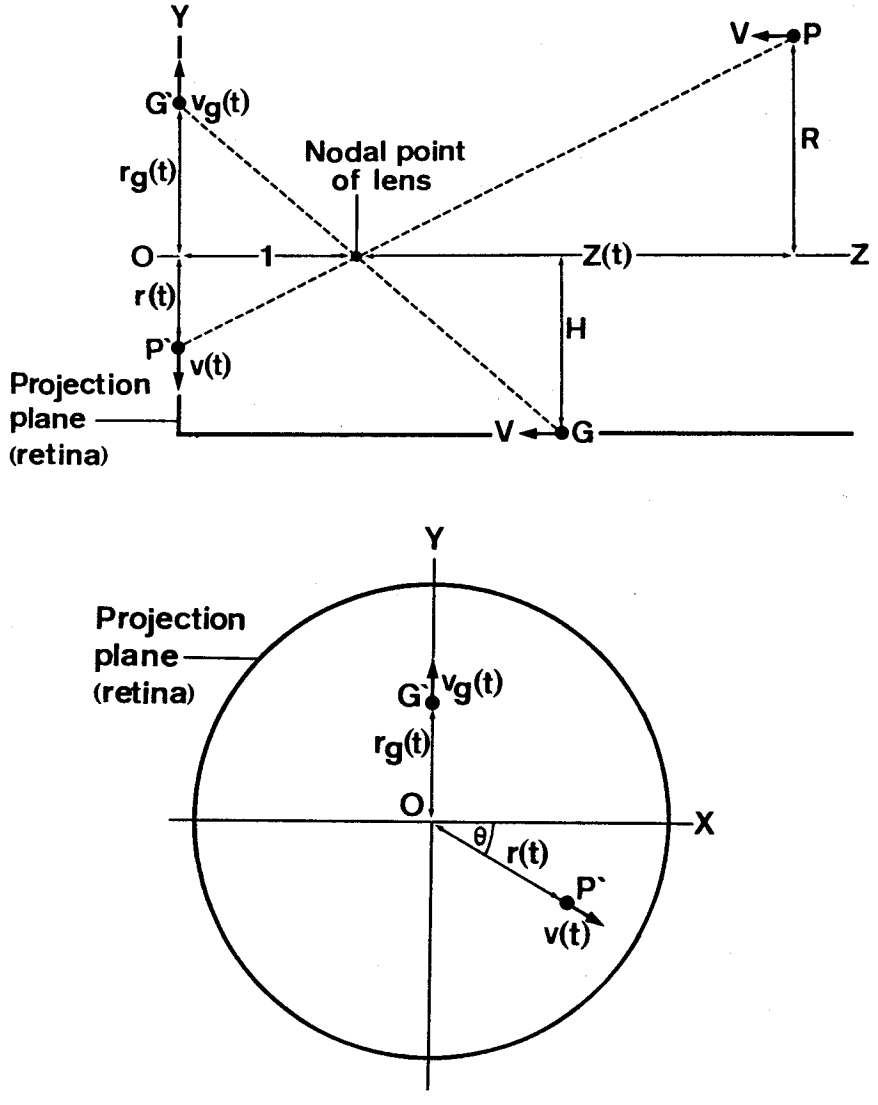

Fig. 3. Showing how rectilinear movement of the point of observation relative to the environment generates an optic flow field. The schematic eye is considered to be stationary and the environment moving towards it with velocity V in the direction Z to O. P and G denote texture elements on surfaces in the environment, G being on the ground surface. Light reflected from the moving environmental texture elements passes through the nodal point of the lens giving rise to the moving optic texture elements P′ and G′ on the "retina". The densely textured environment gives rise to a densely textured optic flow field wherein all optic texture elements move outwards along radial flow lines emanating from O.
From Lee (1980).

我々がある行為を遂行する際，タイミングが非常に重要である。例えば，Alderson, Sully and Sully (1974) は，テニスボールを片手でキャッチするときの様子をハイスピードカメ

ラで撮影し，動作分析を行っている。ボールをキャッチするためには，手を開いた状態でボールとのミーティングポイントに動かし，適切な時期に手を閉じなければならない。このタイミングは，±14msと彼らは推定している。また，スピードがかなり速いテーブルテニスの場合には，タイミングの正確さは±4msのオーダーという報告もある（Tyldesley & Whiting, 1975）。行為におけるタイミングの問題と先述のτ(t)の知覚と関連して，Lee and Reddish（1981）は，興味深い観察を報告している。カツオドリは，空中から急降下して魚を捕まえるが，例えば30mの高さから降下した場合，時速は55マイルにも達するという。そして，急降下する際には，恐らく軌道を修正可能なように翼は半分だけ折りたたまれ，水面に到達する直前に完全にたたまれるという。もしタイミングが狂えば，翼は損傷を負うことになる。カツオドリは，この折りたたみのタイミングをいかにして知るのであろうか。カツオドリのダイブのフィルム分析によると，その判断は水面からの距離よりも，むしろ時間に関する情報に基づいていることが示されている。つまり，12mの高さからダイブする場合には，約5.5mの高さで，また，4mの高さからダイブするときは，約2.3mでたたまれ始めるという。しかし，それらが開始される時間は非常に接近しており，各々400msと320msであった。これらの結果より，Lee et al.は時間情報(τ)が，カツオドリの翼の折りたたみのタイミングに用いられることを示唆している。同様に，人の場合においても，行為のタイミングにおける視覚情報の重要性が指摘されている。Lee, Lishman, and Thomson（1982）は，国際クラスの女子のロングジャンパーの，踏切のタイミングについて分析している。それによると，助走は2つの位相からなっているという。1つはアプローチ相と呼ばれる段階で，この位相ではなるべくステレオタイプ的なストライドパターンが維持され，踏切板の約6m手前まで持続する。次の位相は照準相で，踏切板のなるべく前方でジャンプできるように，ストライドの長さが調整される位相である。ちなみに，本実験に参加した選手の場合，標準誤差は8cm（約9m／secで助走）だった。Lee et al.によると，このようなストライドの調整に際して調整されるのは，1つの力学的変数，ステップの垂直インパルスだけである。つまり，アプローチ位相においては，垂直インパルスは常に恒常に保たれようとする。そして，踏切板が近づくにつれて，それとのTc(t)に基づいて垂直インパルスが調整され，従ってストライドの長さが調節されるという。Warren, Young, and Lee（1986）は，モーター駆動の装置を用いて，ターゲットが不規則に置かれた面上を走る場合を観察している。それによると，Lee et al.と同様に，ステップの長さは垂直インパルスを変えることによって調整され，垂直インパルスは光学的変数τによってコントロールされることを確かめている。

これらLee et al.による一連の実験は，行為のコントロールに際して時間に基づく光学的変数(τ)が用いられることを示し，さらに知覚系と運動系は機能的に分離不可能であり，それ

らは単一の知覚－運動システムの構成要素であることを示している。

V. ま と め

本論は，生態学的アプローチの観点から，知覚と行為の間の密接な関係を示す実験例について述べてきた。これら一連の実験結果が示すのは，従来考えられてきたように知覚系に対して多大の責務を負わせたり，両者を各々独立に論じることは理論的に不適切と思われることである。また，Warren（1984）が示したアフォーダンスに関する実験的研究は，今まで空虚な概念として捉えられることのあったアフォーダンス概念に実体を与え，知覚と行為の関係を分析するための１つの有力な手法を与えたものと思われる。

前述したように，Gibsonの生態学的アプローチに対しては，多くの批判がある。確かに，Gibson没後，彼の後継者達は理論的枠組みをより堅固にするために，哲学的リファインは徹底的に行われてきた。しかしながら，理論構築の精緻さとは裏腹に，その土台ともいうべき実験的証拠はほとんど提出されることがなく，同一の例が何度も引用されることもあった。また，理論の中核となるアフォーダンスの実験的証拠の提出は，本論で述べたようにごく最近のことである。このように生態学的アプローチは，特にGibson没後，認知心理学との対決色を強めるために理論的考察が先行しすぎたこと，また，不変項を実験的に探索することが非常に困難であることから，なかなかその証拠を提出できなかったという問題点はある。しかしながら，我々の知覚系は情報の非常に豊かな環境に適合するように進化してきたこと，我々はその中で能動的に活動すること，そして我々は身体を有する存在であること，などを考えると，知覚系と行為系を分離することは理論的に不可能であり，両者の分析に際して生態学的アプローチが有力な指針を与えるものと思われる。

引 用 文 献

Alderson, G. J. K., Sully, D. J., & Sully, H. G. 1974 An operational analysis of a one-handed catching task using high speed photography. *Journal of Motor Behavior*, **6**, 217-226.

Cutting, J. E. 1986 *Perception with an eye for motion*. MIT Press.

Fodor, J. A., & Pylyshyn, Z. W. 1981 How direct is visual perception? : Some reflections on Gibson's "Ecological approach". *Cognition*, **9**, 139-196.

Gibson, E. J., & Walker, A. S. 1984 Development of knowledge of visual-tactual affordances of substance. *Child Development*, **55**, 453-460.

Gibson, E. J., Owsley, C. J., & Johnston, J. 1978 Perception of invariants by five-month-old infants : Differentiation of two types of motion. *Developmental Psychology*, **14**, 407-415.

Gibson, E. J., Owsley, C. J., Walker, A. S., & Megaw-Nyce, J. S.1979 Development of the perception of invariants : Substance and shape. *Perception*, **8**, 609-619.

Gibson, E. J., Riccio, G., Schmuckler, M. A., Stoffregen, T. A., Rosenberg, D., & Taormina, J. 1987 Detection of the traversability of surfaces by crawling and walking infants. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Perfomance*, **13**, 533-544.

Gibson, J. J. 1950 *The perception of the visual world*. Boston : Houghton Mifflin.

Gibson, J. J. 1957 Optical motions and transformations as stimuli for visual perception. *Psychological Review*, **64**, 288-295.

Gibson, J. J. 1966 *The senses considered as perceptual systems*. Boston : Houghton Mifflin.

Gibson, J. J. 1977 The theory of affordances. In R. E. Shaw & J. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting and knowing : Towards an ecological psychology*. Hillsdale, N. J. : Erlbaum. Pp. 67-82.

Gibson, J. J. 1979 *The ecological approach to visual perception*. Boston : Houghton Mifflin. 古崎 敬・古崎愛子・辻敬一朗・村瀬 旻（訳） 1985 生態学的視覚論 サイエンス社

Gibson, J. J. 1982 Notes on affordances. In E. Reed & R. Jones (Eds.), *Reasons for realism*. Hillsdale, N. J. : Erlbaum. Pp. 401-418.

Gibson, J. J., & Gibson, E. J. 1957 Continuous perspective transformations and the perception of rigid motion. *Journal of Experimental Psychology*, **54**, 129-138.

Gordon, I. E. 1989 *Theories of visual perception*. John Wiley & Sons.

Ingle, D., & Cook, J. 1977 The effect of viewing distance upon size preference of frogs for prey. *Vision Research*, **17**, 1009-1013.

Johansson, G. 1966 Geschehenswahrnehmung. In W. Metzger (Eds.), *Handbuch der Psychologie*. 1 Band. *Allgemeine Psychologie*. Göttingen : Verlag für Psychologie, Dr. C. J. Hogrefe. Pp. 181-208.

Johansson, G., von Hofsten, C., & Jansson, G. 1980 Event perception. *Annual Review of Psychology*, **31**, 27-63.

Lee, D. N. 1976 A theory of visual control of braking based on information about time-to-

collision. *Perception*, **5**, 437-459.

Lee, D. N. 1980 Visuo-motor coordination in space-time. In G. E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behavior*. Amsterdam : North-Holland. Pp. 281-295.

Lee, D. N., & Aronson, E. 1974 Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception & Psychophysics*, **15**, 529-532.

Lee, D. N., & Lishman, J. R. 1975 Visual proprioceptive control of stance. *Journal of Human Movement Studies*, **1**, 87-95.

Lee, D. N., & Reddish, P. E. 1981 Plummeting gannets : A paradigm of ecological optics. *Nature*, **293**, 293-294.

Lee, D. N., Lishman, J. R., & Thomson, J. A. 1982 Regulation of gait in long jumping. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, **8**, 448-459.

MacKay, D. G. 1987 *The organization of perception and action.* New-York : Springer-Verlag.

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**, 361-370.

Mark, L. S., & Todd, J. T. 1985 Describing perceptual information about human growth in terms of geometric invariants. *Perception & Psychophysics*, **37**, 249-256.

Mark, L. S., & Vogele, D. 1987 A biodynamic basis for perceived categories of action : A study of sitting and stair climbing. *Journal of Motor Behavior*, **19**, 367-384.

Michaels, C. F., & Carello, C. 1981 *Direct perception.* Englewood Cliffs, N. J. : Prentice-Hall.

Michaels, C. F.,Prindle, S., & Turvey, M. T. 1985 A note on the natural basis of action categories : The catching distance of mantids. *Journal of Motor Behavior*, **17**, 255-264.

Pittenger, J. B., & Shaw, R. E. 1975 Aging faces as viscal-elastic events : Implications for a theory of nonrigid shape perception. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Perfomance*, **1**, 374-382.

Pittenger, J. B., Shaw, R. E., & Mark, L. S. 1979 Perceptual information for the age level of faces as a higher order invariant of growth. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, **5**, 478-493.

Schiff, W., & Detwiler, M. L. 1979 Information used in judging impending collision. *Perception*, **8**, 647-658.

Sedgwick, H. A. 1980 The geometry of spatial layout in pictorial representation. In M. A. Hagen (Ed.), *The perception of pictures*. New York : Academic Press. Pp. 33-90.

Shaw, R. E., Turvey, M. T., & Mace, W. 1981 Ecological psychology : The consequence of a commitment to realism. In W. B. Weimer & D. S. Palermo (Eds.), *Cognition and symbolic processes* **II**. Hillsdale, N. J. : Erlbaum. Pp. 159-239.

Todd, J. T. 1981 Visual information about moving objects. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, **7**, 795-810.

Turvey, M. T., Shaw, R. E., Reed, E. S., & Mace, W. M. 1981 Ecological laws of perceiving and acting : In reply to Fodor and Pylyshyn (1981). *Cognition*, **9**, 237-304.

Tyldesley, D. A. & Whiting, H. T. A. 1975 Operational timing. *Journal of Human Movement Studies*, **1**, 172-177.

Ullman, S. 1980 Against direct perception. *The Behavioral and Brain Sciences*, **3**, 373-415.

Von Fieandt, K., & Gibson, J. J. 1959 The sensitivity of the eye to two kinds of continuous transformation of a shadow pattern. *Journal of Experimental Psychology*, **57**, 344-347.

Warren, W. H. Jr. 1984 Perceiving affordances : Visual guidance of stair climbing. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, **10**, 683-703.

Warren, W. H. Jr., & Kelso, J. A. S. 1985 Work group on perception and action. In W. H. Warren Jr. & R. E. Shaw (Eds.), *Persistence and change*. Hillsdale, N. J. : Erlbaum. Pp. 269-281.

Warren, W. H. Jr., & Shaw, R. E. 1981 Psychophysics and ecometrics. *The Behavioral and Brain Sciences*, **4**, 209-210.

Warren, W. H. Jr., & Whang, S. 1987 Visual guidance of walking through apertures : Body-scaled information for affordances. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, **13**, 371-383.

Warren, W. H. Jr., Young, D. S., & Lee. D. N. 1986 Visual control of step length during running over irregular terrain. *Jurnal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, **12**, 259-266.

PERCEPTION AND ACTION
—— From the Viewpoint of the Ecological Approach ——

Takashi KASHIWABARA

This paper describes the relation between perception and action from the viewpoint of the ecological approach. Generally, many psychologists have conceived that perception and action constitute separate domains of inquiry. Most theories of perception have been constructed without reference to action. On the other hand, the ecological approach wihch has been developed by J. J. Gibson and his followers claims that the unit of analysis is an animal-environment system, and that perceiving is a process in that system, not in an animal. Because animals' activities restrict the kind of information that tyey find useful, a theory of perception cannot be developed independently of a theory of action.

The central concept of the ecological approach is an affordance. Gibson (1979) proposed that animals perceive what environmental objects offer or afford for action. Warren (1984) examined this proposal experimentally for the activity of human stair-climbing. Whereas the absolute (extrinsic) measure of the perceptual boundary between "climbable" and "unclimbable" varied according to the actor's body scale, the perceived maximum climable stair height was a constant proportion (0.88) of each actor's leg length. Mark (1987) and Warren et al. (1987) provided evidence that perceptual judgments of critical action boundaries are based on body-scaled eyeheight information. Furthermore, Lee (1976, 1980) demonstrated that the time-to-collision is specified by a simple parameter, τ , of the optic flow field, and that actors could actually use the information to control their activities.

A series of experiments clearly shows that perception and action cannot be treated separately. Therefore, the theory of perception must be constructed in relation to the action. And the intrinsic measurement employed by Warren (1984) seems to be a useful means of studying the relation between perception and action.