

アフォーダンスとその知覚の測定

廣 瀬 直 哉*

Scaling Affordances and Their Perception

Naoya HIROSE

Different layouts afford different behaviors for different animals, and different mechanical encounters. The human species in some culture has the habit of sitting as distinguished from kneeling or squatting. ... Knee-high for a child is not the same as knee-high for an adult, so the affordance is relative to the size of the individual. But if a surface is horizontal, flat, extended, rigid, and knee-high relative to a perceiver, it can in fact be sat upon. If it does, the affordance is perceived visually.

(Gibson, 1979/1986, p. 128)

1. はじめに

アフォーダンスとは、James J. Gibson による造語であり、環境にある事物、事象が動物に対して提供する（afford）ものを表す言葉である。アフォーダンスは環境についての事実であるが、それを利用する動物との関係において決められるものであり、単なる物理的な事実ではない。したがって、アフォーダンスは種により異なる場合がある。例えば、水面は、人間にとっては移動をアフォードする面ではないが、アメンボなどにとっては移動可能な面となる。また、アフォーダンスは、同じ種でも個体間で異なる場合がある。冒頭の引用にあるように、子どもが座ることの出来る椅子は、大人が座ることのできる椅子と同じではない。つまり、アフォーダンスは、個々の動物がどのような身体を持ち、どのような行為能力を持っているかに依存する。それゆえ、アフォーダンスは、古典物理学（classical physics）ではなく、生態物理学（ecological physics）によって記述される（Gibson, 1977）。ここでいう古典物理学とは、MKS 単位系のような外在的計量基準（extrinsic metrics）を用いて測定が行われるような学問体系のことである。これに対して、生態物理学では、動物を基準とした内在的計量基準（intrinsic metrics）が用いられる。

このアフォーダンスの内在的測定を具体的な形で定式化し、最初に実験的に実証したのが Warren（1984）の段上りに関する研究である。Warren は、物理的・生物学的類似性を

* 人間関係学部 臨床心理学科

測定するための次元解析 (dimensional analysis) を基にして、アフォーダンスが動物の特性 A と環境の特性 E を用いて次式で表されることを主張した。

$$\pi = \frac{E}{A}$$

E と A の比で表される π 数 (pi-number) は、動物と環境の適合を表す指標とされる。E と A は同一の単位系で表されるので、 π 数は無次元数となる。Warren はこの π 数を段上りのアフォーダンスに適用した。段上りにおいて π 数は、段の高さ R と脚の長さ L を用いて、 $\pi = R/L$ で表すことができる。この π 数がある特定の値になるとき行動に顕著な特徴が現れる。その 1 つは臨界点 (critical point) であり、ある行為のモードから別の行為のモードへ切り替わる境界である。人は環境にある段の高さによって、行動を変える。適当な高さの段は、両脚だけで上ること (bipedal climbing) ができるが、段が高くなると脚だけでは上ることができなくなり、上ろうとすれば手も使って上ること (quadrupedal climbing) になる。両脚だけで上ることのできる最大の高さが、段上りの臨界点である。Warren はこの臨界境界の π 数を理論的に求め ($\pi = 0.88$)、さらに知覚実験から、臨界点の知覚がこの π 数に一致することを示した。Warren のもう 1 つの特定の π 数は、最適点 (optimal point) であり、エネルギー消費量が最も少ない安定した領域であると考えられる。Warren は、段上り時に実際に消費される酸素消費量から最適点の π 数 ($\pi = 0.26$) を求め、知覚実験からもほぼ等しい値になる ($\pi = 0.25$) ことを示した。

Warren のこの研究をきっかけに多くのアフォーダンスの行為境界 (action boundary) の測定に関する研究が行われるようになった。最初に行われた Warren の研究では、アフォーダンスを π 数で表すことができ、それを正確に知覚できることが示されたのだが、その後の研究では、必ずしもそのことが成立しない。本稿の目的は、その原因について検討することである。

2. アフォーダンスの知覚と行為のずれ

アフォーダンスは、動物にとって環境の重要な性質であるので、正確に知覚されるはずであるという見方がある (e.g., Heft, 1993)。もし動物がアフォーダンスを誤って知覚し、行為の実行に失敗したなら、それは環境への適応に支障をきたす。例えば、跳び越すという行為について考えてみる。雨が降った後の水溜りを跳び越すという行為は日常的に見られる行為である。もし跳び越すことのできる幅を誤って知覚し、跳び越すのに失敗しても、それは衣服を汚す程度である。しかしながら、よくアクション映画のシーンにあるようにビルとビルの谷間を跳び越す場合は、知覚の誤りは死に直結する。アフォーダンスの誤った知覚が生命の重大な危険につながることはそれほど多くはないだろうが、誤った知覚により度々行動を失敗するのは効率が悪い。そのような失敗が頻繁に起これば、おそらく学習等により知覚が修正されるであろう。このように、アフォーダンスの知覚は正確であることが期待されるにもかかわらず、これまでの研究からは、アフォーダンスを正しく知覚することが必ずしも容易ではないことが指摘されている。Gibson (1979/1986) 自身も、E. J. Gibson の視覚的断崖 (visual cliff) の実験を紹介しながら、アフォーダンスが必

ずしも正確に知覚されるわけではないことを述べている。このように実際の行為可能性（アフォーダンス）と知覚される行為可能性は必ずしも一致しない。そこで、アフォーダンスの行為境界に関する研究において、知覚と実際の行為が異なる場合について検討を行う。

3. アフォーダンスの過小評価と過大評価

あるアフォーダンスの行為境界の知覚が正確であるかどうかは、実験を行い、知覚値と実測値（または理論的予測値）を測定して比較することで調べることができる。知覚値と実測値がほぼ一致する場合はアフォーダンスの知覚は正確であるといえ、知覚値と実測値に大きな差が見られる場合は不正確であるといえる。知覚のエラーは、被験者間・被験者内での知覚値のばらつきが大きく一貫した傾向が見られない場合（ばらつきのエラー, random error）と、被験者間・被験者内でのばらつきは少ないが、系統的なずれがある場合（系統的错误, systematic error）に分けられる。系統的错误はさらに、知覚値が実測値より大きくなる過大評価（overestimation）と、知覚値が実測値より小さくなる過小評価（underestimation）に分けることができる。本稿では主としてこの過大評価、過小評価について扱う。

過大評価の典型的な例は、リーチングの知覚判断に関するものである。これまでの研究から、人は実際に手が届く距離よりも遠くまで手が届くと知覚的に判断してしまう傾向があることが明らかにされている。例えば、Carello et al. (1989) は、被験者の約9割がリーチング可能な距離を過大評価し、その過大評価は平均7.4cm にもなることを報告している。同様に、Heft (1993) は予備的なリーチングの課題において平均6.11cm の過大評価が見られたことを述べている。また、動的な物体に対するリーチングにおいても、Bootsma et al. (1992) は、平均して8.6%の過大評価があったことを述べている。一方、過小評価であった研究には、通り抜けることのできる幅のアフォーダンスに関するものがある。これまでの研究から、人は実際に通り抜けることができる幅よりも狭い距離でも通り抜けられると知覚的に判断する傾向があることが明らかにされている。例えば、Warren & Whang (1987) の研究では、肩を回転させず歩いて通り抜けられる幅の実測値は肩幅の1.3倍であったが、通り抜けられる幅の知覚値は肩幅の1.16倍であった。同様に Higuchi et al. (2004) は、歩いて通り抜けられる幅の知覚値が肩幅の1.14倍であることと、さらに、車椅子に載って通り抜けられる幅の知覚値が数%～10%程度過小評価されることを示した。また、通り抜けられる幅以外では、Mark (1995) は、段を上る、座る、またぎ越すときの行為境界が8%～15%過小評価されることを指摘している。

これらの過小評価と過大評価はどうして生じるのであろうか。これまでの研究から挙げられてきたいくつかの要因を検討することにする。

4. 意識的・分析的プロセスの影響

アフォーダンスの行為境界に関する多くの研究では、被験者はある行為に関して、その行為ができるか否かについての意識的、言語的判断を求められる。しかし、日常で私たち

が机の上にある対象物に対してリーチングをする際に、わざわざ姿勢を変えずにその対象物に届くかどうか言語化して判断をすることはなく、ほとんど意識せずに知覚し行為しているのが自然であろう。そのような不自然な言語的判断をさせることがエラーを生じさせる原因となるという指摘も多い (e.g., Carello et al., 1989; Pagano & Bingham, 1998)。

Heft (1993) は行為境界の判断に関して、2つの異なるプロセスがあることを提案した。一つは知覚的判断 (perceptual judgment) で、もう一つは分析的判断 (analytical judgment) である。知覚的判断は、スキル化された知覚―行為のプロセスであり、そのプロセスについての自覚 (consciousness) や反省 (reflection) はほとんど伴わない。一方、分析的判断は、知覚以外の推論や分析などプロセスを含んでおり、このことによりエラーが生じる可能性がある。Heft によれば、リーチングにおいて過大評価が生じるのは、被験者に対して分析的な態度を取らせるからである。したがって、そのような分析的態度を取らせないようにすれば、判断は正確になると考えられる。このことを確かめるために、Heft は、通常のリーチングの知覚判断の条件に加えて、判断時間を2秒間に制限する条件とリーチングの判断を副次課題 (subsidiary task; 主となるパズル課題を別に設定し、リーチングはその課題遂行の一部とする) として行う条件を設定して実験を行った。その結果、通常条件では46%の被験者が過大評価したが、時間制限条件では23%、副次課題条件では5%に過ぎなかった。したがって、被験者にあまり時間を与えず、考えさせないようにすれば、リーチングにおける過大評価が減少することが示された。しかしながら、Heftの実験では、過大評価の平均幅は小さく、通常条件で1.42cm、時間制限条件で1.22cm、副次課題条件0.21cmであり、有意な差が見られたのは、通常条件と副次課題条件の間でのみであった。

Pepping & Li (2005) も、実際の行為の制御と意識的な言語報告には違いがあり、そのことが系統的エラーを引き起こすと考え、そのことを検証するための実験を行った。Pepping & Li が用いた課題は頭上へのリーチング (overhead reaching) であり、通常のリーチングとジャンプしながらのリーチングの2つがあった。Pepping & Li の仮説は、言語報告による反応は実際の行動による反応に比べてエラーが大きく、また反応時間にも差が見られるというものであった。しかしながら、実験の結果は、言語反応と行動反応の正確さに差は見られず、どちらの反応でも、通常のリーチングの場合はほぼ正確で、ジャンプしてリーチングする場合は過小評価するというものであった。一方、反応時間については反応の仕方と課題による交互作用が見られた。行動反応では単にリーチングするよりジャンプしてリーチングする場合の方がより反応時間がかかっていたのに対し、言語反応では行動反応よりも反応時間は長かったが、どちらのリーチングでもほぼ同じ反応時間であった。この反応時間の結果から、Pepping & Li は意識的な言語報告は実際の行為とはかなり異なる課題であり、知覚的遂行を測定するには注意深く用いなければならないと述べている。

意識的・分析的プロセスの影響について検討した Heft (1993) と Pepping & Li (2005) の研究は、いずれも、意識的・分析的プロセスの影響を明確な結果として示しているとは必ずしもいえないであろう。Heft (1993) と Pepping & Li (2005) の研究では、どちらも通常条件のリーチング判断でのエラーが小さかったために、明確な結果が得られなかったと考えられるので、このことは今後の研究で検討しなければならないであろう。しかしな

がら、たとえ意識的・分析的プロセスがアフォーダンス知覚の判断に影響を与えていることがわかったとしても、それが過大評価になるのか、過小評価になるのかは明らかでない。また、場合によっては、意識的・分析的プロセスにより正確な知覚判断が導かれることもあり得るだろう。したがって、どのようなエラーが生じるか（または生じないか）を説明するには別の要因を検討する必要があるように思われる。Heft (1993) は分析的プロセスの影響はどちらの方向にエラーが生じるかについて予測はしないと述べ、別の2つの要因により、過大評価になるか過小評価になるかが決まるという仮説を提案している。その1つは誤った知覚が重大な結果をもたらすかどうかということである。これは、誤った知覚に基づいて行為することで怪我をしたりする可能性を避けるために安全マージン(safety margin)を設けることを意味する。もう1つは、行為境界が延長できるかどうかということである。これは行為の臨界点が必ずしも固定された1点ではなく、曖昧であることを意味する。以下、この2つの要因とその他の要因について順に検討を行う。

5. コストと安全マージン

アフォーダンスの行為境界について過大評価または過小評価になる原因の候補としてよく取り上げられるものに、コストと安全マージンがある。先に述べたビルの谷間を跳び越えるのに失敗するような場合は極端であるが、一般に誤ったアフォーダンスの知覚に基づいた結果、行為の実行に失敗すると、それにともなうコストを払わなければならない。危険性がなく、やり直しがきくような場合は、行為にともなう労力を少し浪費するだけのコストですむ。しかし、ある程度のコストが見込まれる場合はより保守的に判断し、安全マージンを設けた方が適応的である。Jiang & Mark (1994) は、またぎ越すことのできる裂け目の幅の判断が、裂け目の深さが深くなるほど過小評価されることを見出した。地面にある裂け目をまたぎ越すことができるかどうかは、幅に依存し、深さには依存しないはずであるが、被験者は深さが深くなるほど自分の行為能力を過小評価したわけである。これは裂け目の深さが深くなるほど、行為に失敗した際のリスクが大きくなるためであり、それを避けるためにより広い安全マージンをとったからであると思われる。このように失敗に伴うコストを避けるためにより保守的に判断することが、過小評価（または過大評価）をもたらす可能性があると考えられる。

このことに関連して、Mark (1995; Mark et al., 1997) は、行為の臨界境界を絶対的臨界境界 (absolute critical boundary) と選好的臨界境界 (preferred critical boundary) に分けている。絶対的臨界境界とは、行為の限界的境界のことであり、例えば段上りの場合、二脚で上れる最大限度の高さが絶対的臨界境界となる。しかしながら、普段私たちが行為を行うときは絶対的臨界境界よりも手前で行為のモードを変えることが多い。これは絶対的臨界境界の付近では無理をして体に負荷がかかることが多いので、別の行為のモードに移行した方が消費エネルギー等のコストが少なく済むためだと考えられる。つまり、実際の行為は絶対的臨界境界やその付近でおこることはほとんどない。段上りの場合を考えると、二脚で上れるギリギリのところまで無理をして二脚で上るのではなく、より低い段でも手を使って上ることの方が楽である。選好的臨界境界とは、このように実際の行為のモードの推移が起こっているところである。このような2つの臨界境界を考えると、安全

マージンは、絶対的臨界境界と選好的臨界境界の間の距離と捉えることができる。Mark (1995) は段を上る、座る、またぎ越すという3つの行為境界に関して、絶対的臨界境界、選好的臨界境界、知覚判断の関係を検討した。これらの行為境界はこれまで過小評価されることが多かったのだが、それは知覚判断が絶対的臨界境界でなく選好的臨界境界に基づいてなされるのが原因であるという仮説が検討された。実験の結果、絶対的臨界境界を知覚するように教示されたにもかかわらず、被験者の知覚判断は選好的臨界境界と一致した。また、Mark et al. (1997) は、リーチングにおいて行為者が自然にリーチング行為のモードを移行する距離を測定して選好的臨界境界を求め、さらに、快適さが選好的臨界境界を決定する重要な要因となっていることを見出した。

しかしながら、臨界境界の知覚判断が、選好的臨界境界の判断とかならずしも一致するとは限らない。これに相当する研究として、Warren & Whang (1987) の通り抜けられる幅の知覚の研究がある。Warren & Whang は実験1で肩を回転させずに通り抜けられる肩幅の実測値を測定し、境界値として肩幅の1.30倍 ($\pi=1.30$) を求めた。これは、肩を回転させずに通り抜けられる限界ではなく、自然に肩を回転させる場合の行為の推移点であるので、Mark の分類にしたがえば、選好的臨界境界だと考えられる。しかしながら、実験2での通り抜けられる幅の知覚の境界値は、これより小さく肩幅の1.16倍であった。つまり、これはぶつからないように安全マージンをとることの反対方向である。Warren & Whang は通り抜けられる幅の絶対的臨界境界については測定していないが、それは肩幅の1倍より少し大きい程度になると予想される。つまり、Warren & Whang の研究では、臨界境界の知覚判断が、選好的臨界境界ではなく、むしろ絶対的臨界境界により近い可能性が示唆される。

コストと安全マージン、選好的臨界境界と絶対的臨界境界は、特定の行為に関しては有効な説明であるように思われる。しかしながら、通り抜けられる幅の例で見たように、選好的臨界境界と絶対的臨界境界の違いだけでは、アフォーダンスの行為境界に関する知覚判断と実際の行為のずれをすべて説明することは出来ないように思われる。

6. 行為境界の曖昧さ

Heft (1993) は、目標を達成するために行為を調整することで行為境界が延長される可能性があることを述べている。行為境界とは、行為のモードが推移する境界であるが、実際の行為が行われる中では、この境界は必ずしも明確に意識されているわけではない。例えば、リーチングにおける行為のモードは、腕だけのリーチ (arm-only reach)、腕と肩のリーチ (arm-and-shoulder reach)、腕と胴のリーチ (arm-and-torso reach)、部分立位のリーチ (partial-standing reach)、完全立位のリーチ (full-standing reach) に分けることができる (Choi & Mark, 2004; Gardner et al., 2001)。これらの行為のモードは研究者により明確に定義されているが、その間の移行はかならずしも行為者によって意識的に行われているわけではない。実際に、実験で被験者は腕だけのリーチを求められても、無意識的に、体をひねったり、前傾したりする行為が見られる (Mark et al., 1997)。このことに関連して、Rocha & Wraga (1997) は、リーチングの過大評価において姿勢の役割を強調している。日常のリーチング動作では、姿勢を制約されて腕だけで (自由度1で) リーチングをする

ことはなく、体を傾けて体全体をつかって（多自由度で）リーチングを行うのが普通である。Rocha & Wraga は、日常は多自由度で行うリーチングに慣れているにもかかわらず、自由度 1 でのリーチングの判断をさせられることが、リーチングの過大評価の原因であると考えた。これを確かめるために実験を行い、自由度 1 のリーチングと多自由度のリーチングの知覚判断を比較したところ、姿勢を制約された自由度 1 のリーチングは体全体でおこなう多自由度のリーチングに比べて、過大評価されることが示された。これらのことから、被験者にとっての行為境界は、研究者が設定するように、意識して明確に定められるわけではないように思われる。

さらに、Gardner et al. (2001) は、課題の特性がリーチングのモードの選択に影響を与えることを実験により示した。実験では、リーチング時に細かな姿勢制御が必要な課題（ビーズに針を通す）とそうでない課題（ブロックをつかむ）を用いて、課題特性と距離によりリーチングのモードがどのように選択されるかが検討された。その結果、リーチングのモードの推移の境界は、対象物までの距離だけでなく、課題によりどのような姿勢が必要とされるかに依存することが明らかにされた。このことから、行為境界が単純に決定されているわけではなく、変化しうることがわかるであろう。

このようにアフォーダンスの行為境界は、必ずしも 0/1 のようなはっきりした境界はなく、かなり曖昧さを含んだもののよう考えられる。そうした行為の境界をどのように表現して、行為のモードの選択と関連づけて行くかは今後の課題といえるだろう。

7. 性・文化などによる知覚判断の差

先にあげた Mark (1995) の研究では、段を上る、座る、またぎ越す行為の臨界境界の知覚判断が、絶対的臨界境界でなく選好的臨界境界を反映していることが示されたが、その実験での被験者はすべて女性であった。これに対して、Warren & Whang (1987) の研究では知覚判断が選好的臨界境界と異なっていたが、その実験の被験者はすべて男性であった。この 2 つの結果の違いは、女性の被験者と男性の被験者の安全マージンの取り方が影響した可能性が考えられないだろうか。このことを裏付ける証拠として、Warren & Whang と同様に、男性のみを被験者とした行為境界の知覚の研究では、被験者の知覚判断は、選好的臨界境界より絶対的臨界境界に近い（もしくはそれ以上）ことが多い（例えば、Higuchi et al., 2004 ; Hirose & Nishio, 2001; 三嶋, 1994）。著者がこれまでに行っていた研究では主に男性被験者を対象にしていたが、その多くは自分の行為能力を過大評価していた印象が強い。同様に、Choi & Mark (2004) は、彼らが行ったこれまでの研究から、リーチングのモードの推移に男女差がみられることを述べている。Choi & Mark によれば、女性はぎこちない動作や不快な動作を避ける傾向があり、男性は身体全体の動きを最小にするような傾向がある。このように考えてみると、知覚判断において、男性は自分の行為能力を過大評価の傾向があり、女性は過小評価する傾向があるように思われるだろう。

ところが、アフォーダンス知覚の性差を直接検討した Pepping & Li (2000) の研究からは、必ずしも男女の差があるとはいえない。Pepping & Li は、頭上のリーチング（overhead reaching）において知覚値と実測値の比較を男女で行っているが、男女差は見られなかったことを報告している。しかしながら、Pepping & Li の被験者は体育系学部の学生であり、

通常の人にくらべて、自分の身体や行為能力に関して自覚的であった可能性もあり、必ずしも男女差が全くないともいえないだろう。現在のところは、アフォーダンスの行為境界の知覚判断において、男女による違い、社会・文化的な差、経験による差等がある可能性があるとしかいえないであろう。このような差があるかどうかは今後の研究を待たなければならないが、このように知覚判断に差がみられるのは、先に述べたように、純粹に知覚的なプロセスだけではなく、それ以外の分析的・推論的な要素が判断に入り込んできた結果として生じた可能性があるだろう。

8. おわりに

本稿では、アフォーダンスの行為境界の知覚と実際の行為のずれを中心にその要因を探ってきた。これまでのところ、知覚のずれを統一的に説明できる要因は提出されていない。今後も統一的な説明ができる要因を探して研究が行われていくと思われるが、単一の要因で統一的な説明ができるのであろうか疑問に思えてくる。それは、私たちの知覚一行為システムが、複雑なシステムであり、単一の原因に帰することはできないからである (cf. Thelen & Smith, 1994)。今後の研究は、複数の要因を考慮した実験を施行し、より明確な説明をおこなうように期待される。

文 献

- Bootsma, R. J., Bakker, F. C., Van Snippenberg, F. J., & Tdlohreg, C. W. (1992). The effects of anxiety on perceiving the reachability of passing objects. *Ecological Psychology*, **4** (1), 1–16.
- Carello, C., Groszofsky, A., Reichel, F. D., Solomon, H. Y., & Turvey, M. T. (1989). Visually perceiving what is reachable. *Ecological Psychology*, **1** (1), 27–54.
- Choi, H. J. & Mark, L. S. (2004). Scaling affordances for human reach actions. *Human Movement Science*, **23** (6), 785–806.
- Gardner, D. L., Mark, L. S., Ward, J. A., & Edkins, H. (2001). How do task characteristics affect the transitions between seated and standing reaches? *Ecological Psychology*, **13** (4), 245–274.
- Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. In R. E. Shaw & J. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing* (pp. 67–82). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gibson, J. J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. (Original work published 1979)
- Heft, H. (1993). A methodological note on overestimates of reaching distance: Distinguishing between perceptual and analytical judgments. *Ecological Psychology*, **5** (3), 255–271.
- Higuchi, T., Takada, H., Matsuura, Y., & Imanaka, K. (2004). Visual estimation of spatial requirements for locomotion in novice wheelchair users. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, **10** (1), 55–66.
- Hirose, N. & Nishio, A. (2001). The process of adaptation to perceiving new action capabilities. *Ecological Psychology*, **13** (1), 49–69.
- Jiang, Y. & Mark, L. S. (1994). The effect of gap depth on the perception of whether a gap is crossable. *Perception & Psychophysics*, **56** (6), 691–700.
- 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. (1995). Perceiving the preferred critical boundary for an affordance. In B. G. Bardy, R. J. Bootsma, & Y. Guiard (Eds.), *Studies in perception and action III* (pp. 129–132). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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., Nemeth, K., Gardner, D., Dainoff, M. J., Paasche, J., Duffy, M., & Grandt, K. (1997). Postural dynamics and the preferred critical boundary for visually guided reaching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **23** (5), 1365–1379.
- 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.
- Pagano, C. C. & Bingham, G. P. (1998). Comparing measures of monocular distance perception: Verbal and reaching errors are not correlated. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **24** (4), 1037–1051.
- Pepping, G. J. & Li, F. X. (2000). Sex differences and action scaling in overhead reaching. *Perceptual & Motor Skills*, **90** (3), 1123–1129.
- Pepping, G. J. & Li, F. X. (2005). Effects of response task on reaction time and the detection of affordances. *Motor Control*, **9** (2), 129–143.
- Rochat, P. & Wraga, M. (1997). An account of the systematic error in judging what is reachable. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **23** (1), 199–212.
- Thelen, E. & Smith, L. B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- 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., & 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.