

アフォーダンス理論と交通

三嶋博之*

自律歩行等の経験を通じて、人はオプティック・フロー（optic flow）を利用したアフォーダンス（affordances）の知覚（perception）を発達させる。この能力は自動車の運転においても利用されるが、高速に移動する車両の挙動をリアルタイムに制御するためには、刻々と変化するオプティック・フローを的確に知覚する必要がある。自動車運転時のオプティック・フロー知覚を支援するために、視覚的テクスチャを路面にマッピングして「シグニファイア」（signifier）として活用することは、オプティック・フローに含まれる豊かなアフォーダンスの中から特定の意味（meaning）や価値（value）を強調して運転者に提供する有望な方法であると考えられる。

On the Theory of Affordances and its Application to Improving the Traffic Environment

Hiroyuki MISHIMA*

Based on their experiences during autonomous walking and other activities, humans develop their perception of affordances by using optic flow. This ability is also used when driving motor vehicles, where drivers are required to accurately perceive a rapidly-changing optic flow so they are able to control, in real-time, the behavior of their vehicle, which is typically traveling at high speeds. As an approach to guiding motor vehicle drivers' perception of optic flow, methods for mapping visual textures onto road surfaces and utilizing them as "signifiers" represent a promising approach for highlighting specific meanings and values among the broad range of affordances in drivers' optic flow.

乳児は、寝転んだ状態で手足を伸縮させる反復運動にはじまり、寝返り、四つ這い、伝い歩きなどによる移動運動をするなかで、自身の身体の協調性と環境への定位の能力を高めていき、生後およそ1年前後で、支えなしでの二足歩行に挑戦する。そして、歩行に習熟していくにつれて徐々にそれは安定化・高速化し、駆け足に移行したり、さらには三輪車や自転車に乗ったりといった、乗り物を利用した移動行為も行われ始めて、移動行為のバリエーションも増加していく。このような移動行為の発達の過程

では、障害物や他者、他の車両にぶつからないための知覚的な予測能力や、自身の運動による回避能力が同時に養われていくだろう。子どもたちは将来、自動車やオートバイ、もしかすると船や飛行機を自ら操縦するようになるかもしれないが、その際に必要な能力の基礎的な部分は、歩行等による自律的な移動の経験を通じて獲得される能力の延長線上にあると考えてよいだろう。

1. 移動のためのアフォーダンス

私たちの移動行為の発達は、私たち自身の運動能力の向上のみによって成立するわけではない。それと同程度かあるいはそれ以上に、私たちを取り囲む環境によって支えられている。これは環境が身体を物理的に支えているということだけでなく、ある種

* 早稲田大学人間科学学術院准教授

Associate Professor, Faculty of Human Sciences,
Waseda University

原稿受付日 2015年11月24日

掲載決定日 2015年11月30日

の環境状況が持つ「意味」や「価値」が私たちの移動を動機づけたり、あるいは逆に回避させたりするという意味で、心理的にも支えているということでもある。

たとえば固く水平で、一定の摩擦力もある整備されたグラウンドのような地面は、私たちがその上に安定して立ったり、つまずいて転ぶ心配をせずに考え事をしながら歩いたり、オリンピック選手になったようなつもりで勢よく走ったりする活動を可能にする。一方で、切り立った斜面では、私たちはもはや手を離して立つことはできず、四肢を駆使して、少しの突起を探してしがみつき、ゆっくりと這うように進むような動作を余儀なくされるだろう。このように、特定の環境にはそれに適した移動行為の様式が「鍵穴と鍵」の関係のようにセットになって存在する。そして私たちは、歩行や駆け足、自転車に乗ることや、自動車を運転することなどのさまざまな移動行為を獲得していく過程で、それぞれの移動様式に応じた環境への正しい働きかけの方法を、環境内での経験を通じて学ばなければいけない。

米国の心理学者であったジェームズ・J・ギブソン (James J. Gibson, 1904-1979) は、a) 特定の環境状況——「鍵穴」に相当する——に対して適合する「鍵」としての特定の行為が存在すること、また、b) そのような「鍵」が (他者を含む) 環境の側から提供されており、私たち人間や動物は経験を通じてそれを知覚できるようになること、を主張した。そして、環境が提供する「鍵」としての可能な行為を「アフォーダンス」(affordance) と呼んだ^{1), 2)}。なお、「鍵穴と鍵」のたとえば、説明のために筆者が便宜的に用いているものである。

「環境のアフォーダンスとは、良いものであれ悪いものであれ、環境が動物に提供する (offer) もの、あるいは用意したり備えたりする (provide or furnish) ものである。アフォードする (afford) という動詞は辞書にもあるが、アフォーダンスという名詞はない。この言葉は私の造語である。[アフォードないしは] アフォーダンスという言葉で、私は、いかなる既存の用語でも表現できない、環境と動物の相互に関連することを表現する。この言葉には動物と環境との相補性が含意されている」(Gibson, 1979/1986, p.127. [] 内は三嶋による補足)

海は泳ぐことや船に乗ることをアフォードするが、平らな地面はその上を歩いたり、自動車で走行することをアフォードする。同じ地面であっても、降雪があったり凍結したりしている場合には、より慎重な移動行為がアフォードされる。ただし、対象表面の微妙な色合いや光沢、肌理の変化、その上を移動する他者の振る舞いなどの情報からそれらのアフォーダンスに私たちが気づくためには、経験を通じた一定の学習による知覚系の鍛錬が必要である。たとえば子供たちは自身の身体の制御に習熟していない上に、環境のアフォーダンスの知覚も発展途上でもあるため、凍結した地面などではよく転んでしまう。さらに言えば、それは危険性が伴う一方で、同時に「スリリング」であったりもするので、子供たちは敢えて同じことを繰り返して転び続ける「遊び」に転化したりもする。しかしそのような繰り返しの活動が、地面の特性、そして地面のアフォーダンスのより豊かで正確な知覚を導くことにも繋がっていくのであり、たとえば「転倒危険」といった記号的な標識による警告がここにあったとしても、それは少なくとも自身で能動的に環境の危険を察知できるようにするための知覚学習という文脈においては、あまり本質的な意味は持たないだろう。

2. 「アフォーダンスのための標識」としての「シグニファイア」

街なかで人だかりができていて、という場面は、そこを偶然通りがかる私たちの注意を集めやすい。「人だかり」は問題となっている出来事の副次的な産物である場合が多いと考えられるが、しかし多くの人々の注意がそこに向けられていることの「痕跡」であり、その出来事への言語的な命名の有無にかかわらず生じている、ある種の「一大事」のしるしでもある。このような、他者による知覚と行動の結果から生じる痕跡について、米国の認知科学者であるドナルド・A・ノーマンは、特に「社会的シグニファイア」(social signifier)、ないしは単に「シグニファイア」と呼ぶ³⁾。バスが停留所に停まっていて、バスに向けて並んでいた人の列がそのバスに吸い込まれていったなら、それはバスが間もなく発車することを「まもなく発車します」という言語以外で表す「シグニファイア」と考えられるだろう。あなたがバスの後ろについた自動車に乗る熟練ドライバーであったとすれば、そのタイミングでの追い越しは避けるべきとの判断に至るはずである。あるいは、あ

なたが雪道を走行しているとしよう。除雪が間に合っておらず、路面の区画線や表示は雪で完全に覆われており、路肩の境界も曖昧である。しかし、そこに幸いにして二筋のタイヤ痕が先へと続いているのが見えたとする。このタイヤ痕は、過去に他車の安全な走行を支えた地面が存在することに対するシグニファイアである。それを見つけたあなたは、そのタイヤ痕に自身の車の車輪を重ねるようにして、その道を安全に走行しようとするだろう。

ギブソンのアフォーダンスは環境におのずと存在する意味や価値であり、その環境に暮らす人間や動物は経験を通じてそれを知覚し利用することができるものである。ただし、環境のアフォーダンスは、人間や動物に知覚されなくとも存在し、それゆえに人間や動物の進化や発達、学習を動機づける「生態学的な実在」である。一方、ノーマンのシグニファイアは「知覚されたアフォーダンス」であるとされる³⁾。すなわち、それは他者によって少なくとも一度は知覚され利用されたアフォーダンスと、そのアフォーダンスに基づいて行われた行為の痕跡であり、その痕跡を知覚した行為者の注意をその背後にあるアフォーダンスの利用へと向けさせる。その意味でシグニファイアは「2次的なアフォーダンス」であり、いわゆる言語そのものではないが、ある種の「アフォーダンスのための標識」——記号的な「標識」とは区別される——として機能するものと解釈できるだろう。

製品の「デザイン」というものを考えたとき、そのデザインは誰かに知覚され、そしてそのデザインが意図した通りの一定の方法で利用されることが目的とされているはずである。一方、人工物も自然物も、すべての存在は何らかのアフォーダンスをおのずと有するが、そのアフォーダンスは複雑で多重であることが常である。たとえば、椅子は座ることを意図して製作され、それゆえに座ることを主にアフォードするが、文脈によってはその上に立って天井の照明を交換することもアフォードしている。したがって、もしもその椅子のデザイナーが椅子の上に立つ利用法を望まないのであれば、デザイナーは椅子の上に立つ利用法に対して利用者の注意ができるだけ向かないよう、他の情報により意識を向けさせるようなシグニファイアをデザインに織り込むか、あるいは椅子に立つ結果からもたらされる危険な状況を感知しやすいようなシグニファイアをデザインすることなどが必要になるだろう。

3. 道路のアフォーダンスとその変更

道路はその線形ないしは構造、舗装の素材や施工方法、周囲の環境や時間帯、天候等によってさまざまなアフォーダンスを持ちうる。したがって、たとえば非自覚的な減速をアフォードする道路や、逆に増速をアフォードする道路等、さまざまな道路がありうる。一方、公道においてはその走行のための規則が存在し、アフォーダンスの知覚のみでは適切な走行は不可能であるため、そこで許容される走り方を何らかのかたちで利用者に伝える方法が必要である。

一つの方法は、道路のアフォーダンスに直接的に変更を加える方法である。たとえば道路管理者の立場として、安全な道路を作るために取るべきおそらく最初の方策は、施設の改良等によって、物理的に安全な道路を構築することであろう。無理な線形となっているのであればそれを無理のない形に改修したり、あるいは舗装を工夫したりすることによって路面の摩擦係数を高めるなどの方策がありうるかもしれない。しかし同時に、そのような方策は、その道路をより速く走ることをアフォードする情報としてドライバーに知覚される可能性を孕んでおり、意図したものは別の影響を生じてしまうかもしれない。したがって、ここで必要なことは、運転者によって知覚される道路の「心理的安全性」としてのアフォーダンスと、実際の道路の「物理的安全性」とを調停する設計思想である。安全限界の低い道路をあたかも極めて安全であるかのように見せてはいけけないのは言うまでもなく、たとえ客観的に安全性の高い道路であっても、それが過度に安全に見えてしまった場合には問題が生じる可能性が高まる。いずれにしても、道路のアフォーダンスを変更することはひいては道路そのものを変更することであり、結果として知覚されるアフォーダンスは、椅子に座らずその上に立つ人が出てくるのと同じように、必ずしも意図したものになるとは限らない。

道路の適切な利用法を使用者に伝えるもう一つの方法は、道路そのものの性能に働きかけるアプローチとは別の、たとえば「減速せよ」等の記号的なメッセージを標識によって伝える方策であろう。しかし、たとえばそのような言語メッセージがカーブの途中で表示された場合、その表示を見ること自体が、ドライバーにとって必要な走行のためのアフォーダンス知覚を妨げてしまう可能性もあるし、道路の持つ

アフォーダンスと標識に示される記号的な情報が競合してしまう場合もあるだろう。道路における表示に限らず、近年の自動車では車室内での表示も増加しており、走行の制御に必要な本質的な情報である「景色の流れ」あるいは「オプティック・フロー」^{1),2)}への注意の配分が妨げられたり、逆の意味を提示して競合するような事態となる可能性も高まっている。オプティック・フロー等から得られる道路のアフォーダンスの知覚を妨げない標識のあり方が求められる。

4. 移動の制御とオプティック・フロー

私たちを取り囲む環境に存在するさまざまな対象は、私たちを取り囲む光の強度や色の分布——「光学的配列」(optic array)——に反映している。そして、私たち自身の移動や、私たちの視野内にいる他者の運動から法則的に生じる光学的配列の運動は「オプティック・フロー」(optic flow) と呼ばれる^{1),2)}。

私たちが前方に向けて歩くと、景色は後方に流れる。前を見ながら後退すると、今度は景色が前方に流れる。私たちが速く走れば景色も速く流れ、ゆっくり歩けば景色もゆっくりと流れる。生じるフローには速度分布の勾配があり、まっすぐに前進しているときに真正面に見える一点では流動が起こらず、そこから外側に向かって徐々に景色の流れが速くなり、真横の位置で最高速に達して、再び後方に向け

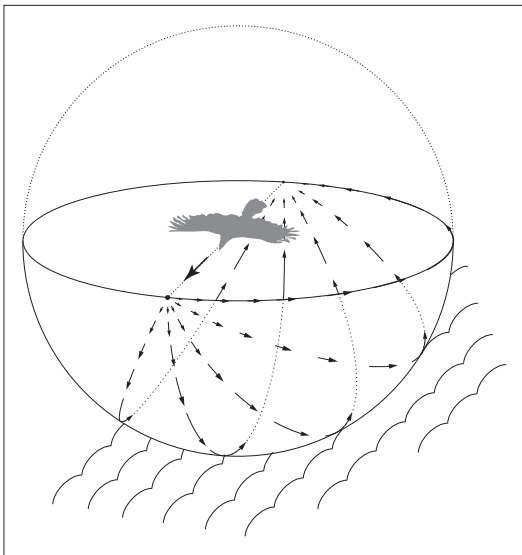


Fig. 1 オプティック・フロー。進行方向正面の中心から外側へとフローは徐々に加速し、観察点の真横において速度が最大となる。フローの流出点と流入点ではフローは生じない。(Gibson, 1966, p.161を参考に作成)

て徐々に減速して真後ろの一点で再び停止する(Fig.1)。

観察者の移動に伴うフローは、「グローバル・フロー」と呼ばれる。一方、観察者自身が静止していても、視野の中で自律的に運動するものが存在すればその部分にはフローが生じ、これを「ローカル・フロー」と呼ぶ。観察者が動き、かつ観察者以外のものもそれぞれが自律的に動く場合は、グローバル・フローとローカル・フローが同時に生じることになる。

以上から、オプティック・フローの特筆すべき性質が明らかとなる。それは、オプティック・フローは環境の情報を含んでいると同時に、移動する主体の動きに関する情報も重畳されたかたちで含まれている、という事実である。つまり、少なくとも移動行為に限れば、私たちはオプティック・フローを——オプティック・フローによって特定されるアフォーダンスを——利用できていれば、移動の制御のおおよそが達成できるということでもある。

5. 非記号的な道路標識としてのシグニファイアの利用

私たちが移動すると、その移動に応じた景色の流れとしてのオプティック・フローが生じ、私たちはその法則的な変化を知覚することで再帰的に自身の移動を制御する。このとき、必要なオプティック・フローを知覚しやすくする工夫——たとえば適切な強調を施すなど——があれば、私たちの移動の制御はより容易で安定したものになる場合がある。このような「強調」はあくまでも背後に存在するアフォーダンスを基礎としており、文脈から離れて外部から導入された記号的な標識とは本質的に異なる。

道路におけるオプティック・フローの強調の代表的なものは、ある意味当然ではあるが「車線」である。これはオプティック・フローが提供する走行のためのアフォーダンス——たとえば道路に沿って移動すること——に意識を向けやすくする機能を有するという意味で、ノーマンの定義する「シグニファイア」³⁾の一つと解釈できると私は考える。首都高美女木JCT付近下り本線で利用されている「オプティカルドット」⁴⁾は、車線(実際には楕円形の「ドット」のセットを、走行するに従って徐々に間隔が狭まるように路面に配置したもの)に速度抑制という特定の機能を持たせることを意図してデザインされたものだと言えるだろう。

道路におけるシグニファイアには、上述のように意図してデザインされたものの他にも多くのものが存在する。たとえば、道路には側壁やガードレールにおける接触痕、路面におけるブレーキ痕、轍、車線等のかすれ等、さまざまなものが存在するが、それらは過去の通行者が道路のアフォーダンスをどのように知覚し、また利用してきたかに関する情報になっていて、熟練したドライバーはそれら天然の「デザインされていないシグニファイア」を利用した運転を行っていると考えられる。意図して設置した記号的な標識が、文脈から離れてしまうことがあるゆえにあまり利用されない場合がある一方で、天然のシグニファイアがむしろ意味あるものとして利用される場合があるという事実は、道路における表示や、あるいは車両から運転者への情報提供の方法を考える上で重要なヒントになるかもしれない。

6. アフォーダンスのルーツとしての「安全運行の場」

自律的な移動行為は、アフォーダンスを提唱したギブソンにとって生涯のテーマであった。特に、自動車や飛行機など、高速で移動する乗り物を自在に操って動きまわる移動行為は、移動に伴って生成される高速なオブティック・フローに対する高度の知覚能力が要求される点で、より移動知覚の本質に迫りやすいと言えるだろう。そこで本稿の締めくくりとして、ギブソンがその研究歴の当初にまとめた小さな、しかしその後の流れを作る原点とも言える論文を紹介し、現代に通じる課題について検討したい。

ギブソンは、自動車エンジニアのクルックスとともに、1938年に『自動車運転の場に関する理論的分析』(A Theoretical Field-Analysis of Automobile-Driving)と題した論文を著した。そして、自動車の運転行動について分析する中で、「安全運行の場」(field of safe travel)のアイデアを提出した⁵⁾。「安全運行の場」とは、自動車が何かに衝突することなく走行することができる「走行可能な経路の集合体」である (Fig.2)。

Fig.2における右端の車をあなたが運転していると考えよう。ここは米国で、左ハンドルの車の運転席に乗り込み、右側通行の道路を走っているとしよう。あなたの車は、図の右側から左側へと走行している。前方には、直線の道路と丁字の交差点、そして4台の自動車が見える。一番手前のクルマは、右側の路肩に停車している。前方から対向車が2台接

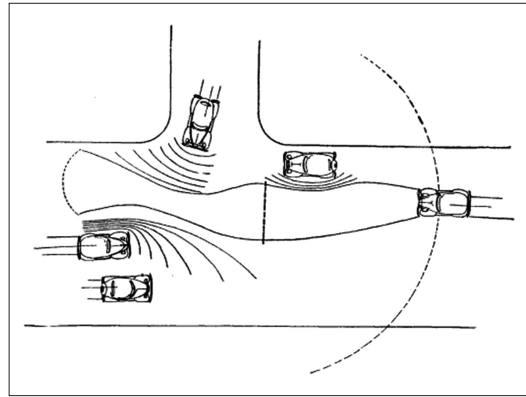


Fig. 2 自動車の安全運行の場と最短停止領域。自車(画面右)から進行方向(左側)に伸びる帯状の領域が安全運行の場であり、その中間部に描かれた点線は最短停止領域の限界を表す。(J. J. Gibson & Crooks, 1938, p.455) From the American Journal of Psychology. Copyright 1938 by the Board of Trustees of the University of Illinois. Reprinted by permission of the University of Illinois Press.

近し、交差点では1台が右折しながら合流しようとしている。自動車の運転に習熟しているあなたには、これら4台の自動車のいずれにも衝突することなく、安全に走行できる隙間が「見えている」はずだ。その安全に走行できる隙間は、実際には輪郭線で区画されているわけではないが、図では便宜上、前方に広がった帯状の領域として表現されている。そして、この図に明示されていないが、「安全運行の場」の内部には、安全ないしは危険の程度の勾配が存在し、おそらくその左右の周縁部よりも、中心部の経路がより安全なものとなっている。

「安全運行の場」の内部には、自動車の速度や制動能力、路面の状態によって大きさが変化する「最短停止領域」(minimum stopping zone)が仮定されている。図の中では「安全運行の場」の、あなたが運転する自動車から見て奥行き方向の中間部に、点線の区切りとして描かれている。「安全運行の場」と「最短停止領域」の奥行き距離の比率は、自動車の運行における安全の許容範囲を特定する。安全志向のドライバーは、「安全運行の場」を「最短停止領域」に対して十分に大きくするだろうし、急いでいるドライバーでは両者は接近して、その比率は1に近づくだろう。

「安全運行の場」のアイデアは、それが環境に実在すると仮定され、また、可能な行為を特定しているという点で、後にギブソンによって提唱される「アフォーダンス」との理論的類似性が指摘されている

6)~9)。つまり「安全運行の場」はすなわちほぼ「アフォーダンス」と同義であるが、より正確には「アフォーダンスのスケッチ」とでも呼ぶべき具体性を持っており、それゆえに「安全運行の場」は「シグニファイア」に近いものとも読み取れるかもしれない。

7. おわりに

私たちが自律的に車両を制御するためには、道路のアフォーダンスを知覚し、それを制御のために有効に活用する必要がある。しかし、道路の走行のためのアフォーダンスを知覚するためには経験を通じた熟練が必要であることは、私たちが歩行を発達させてきた過程を見れば明らかである。ただし、オプティック・フローの強調、ないしは「安全運行の場」として語られている環境情報を強調することによって、アフォーダンスの知覚をガイドできる可能性はありそうである。その具体的な方法の一つは、シグニファイアとしての標識について検討することであると考えられる。

参考文献

- 1) Gibson, J. J.: The Ecological Approach to Visual Perception. Psychology Press, 1986 (Original work published 1979). (ジェームズ・J・ギブソン、古崎敬・古崎愛子・辻敬一郎・村瀬旻 (訳)『生態学的視覚論』サイエンス社、1985年)
- 2) Gibson, J. J.: The Senses Considered as Perceptual Systems. Boston: Houghton Mifflin, 1966 (ジェームズ・J・ギブソン、佐々木正人・古山宣洋・三嶋博之 (監訳)『生態学的知覚システム：感性をとらえなおす』東京大学出版会、2011年)
- 3) Norman, D. A.: Living with Complexity. Cambridge, MIT Press, 2010 (D・A・ノーマン、伊賀聡一郎・岡本明・安村通晃 (訳)『複雑さと共に暮らす：デザインの挑戦』新曜社、2011年)
- 4) 韓亜由美、玉木真、小野晋太郎、佐々木正人、須田義大、池内克史「高速道路におけるシークエンスデザイン ‘オプティカルドット’ による走行制御効果の長期検証」『生産研究』Vol.64、No.2、pp.297-302、2012年
- 5) Gibson, J. J., Crooks, L. E.: A Theoretical Field-Analysis of Automobile-Driving. The American Journal of Psychology, Vol.51, No.3, pp.453-471, 1938
- 6) Jones, K. S.: What Is an Affordance? Ecological Psychology, Vol.15, No.2, pp.107-114, 2003
- 7) Kadar, E. E., Shaw, R. E.: Toward an Ecological Field Theory of Perceptual Control of Locomotion. Ecological Psychology, Vol.12, No.2, pp.141-180, 2000
- 8) Reed, E. S.: James J. Gibson and the Psychology of Perception. New Haven, CT US: Yale University Press, 1988
- 9) Warren, W. H., Jr.: Visually Controlled Locomotion: 40 Years Later. Ecological Psychology, Vol.10, No.3-4, pp.177-219, 1998