

身体行為のメカニズム(2)

——身体運動発現の現象学的機構をめぐって^①——

稲垣 諭

身体行為という経験の位相を説明するにあたって、人間らしい行為を組織化する「行為—実行システム」と、認識の働きとは異なる仕方では世界と主体とのかわりを形成する「行為—注意システム」については先に論述した^②。ただし、これらの中でも全く語られずにきた身体の機構がある。それはたとえば、たとえ世界を欠いていても一個の存在者として場所を占める身体の存在にかかわる機構であり、具体的には身体の内感および運動の調整能力である。あるいは、そもそもの運動の起動や制御にかかわる随意運動の発現の機構である。身体は認識や注意と密接に関連しつつも、それらとは独立に動く。内臓の蠕動のように、この運動は生命の特質でもあり、生命の単位としての細胞は生きていくかぎり運動しつづける。とはいえ細胞の運動は、身体の運動とは異なる。細菌や植物のように、細胞の形態を変えて機能を分化させ、再生するような運動性は、身体動作を形成する運動性とは質もメカニズムも異なっている。人間の神経系では、前者の植物性の運動が自律神経系や内分泌系に、後者の動物性の運動が体性神経系（感覚神経、運動神経）にかかわるものとして区分される。以下で扱うのは、後者の運動を組織化し、調整する「行為—調整システム」である。身体動作は、筋、骨、関節といった身体部位の運動の連携から成立するが、そのさい問題を複雑にし

ているのが、それら運動を組織化し、調整するさいの「意識(的認知)」の関与である。

新しい身体動作を身につけようとすると、最初は緊張した意識とともに注意を身体各所へと向ける。しかし動作がいったん獲得され、自在さが増すにつれて、意識の関与は少なくなる。つまり、身体動作の自在さや自由度の獲得は、意識の関与と反比例の関係にある。脳神経科学的には、前頭葉主導の意識的な運動実行から、小脳の自動化された内部モデルへと移行するということに説明される。問題は、この当初の意識の関与は、運動の組織化や形成にとつてどれほど重要なのかということである。この問いの裏側には、意識の関与が逆に、運動の形成を抑制したり、阻害したりする可能性がないのかを確認することも含まれている。初めて肺呼吸を行い、寝返りや座位、立位、歩行といった動作を獲得する乳幼児は、成人が行うように、意識的な注意を各所に向けているようには思えない。というのも、意識や認知、注意そのものがまさに形成途上であり、成人の思い込みを単純に幼児の経験に当てはめられないからである。現に運動学習理論では、意識や注意の活用のモードをいくつも使い分ける必要があることが分かり始めている。そうしたことを勘案して、以下では運動の機構およびその調整のシステムを明らかにしてみる。

1. 運動の機構

休息姿勢をとるために蝶が花卉へと降り立とうとし、バランスが取れず改めて浮き上がり、何度も着地点を見出そうとする場面がある。羽ばたきに速度の変化をつけ、花卉の揺れにそのつど対応しようとしている。このように蝶が、光や風力、重力といった環境の変化にに応じてバランスを維持するように、人間の身体も物理的な制約がかかる中で均衡をそのつど調整する動的なシステムを備えている。ただし、昆虫と人間とでは神経系の仕組みが異なっており、経験の質も蝶と人間では全く別様であるはずである。たとえば昆虫の神経系では、運動中枢が脳とは別に胸部にあり、

その胸部神経節において歩行や遊泳、飛行といった運動パターンが生成される。昆虫のニューロンは無髄神経であり、電位の伝達速度が極めて遅い。そのため伝達経路そのものを物理的に短くする戦略が取られている。この胸部神経節には、学習能力があることも分かり始めている。頭部を切断したゴキブリを吊り下げ、一定の高さまで脚が下がる⁵⁾と電気刺激を与えるようにすると、一時間もたないうちに次第に脚を下げなくなる。運動の記憶学習系が脳以外に分散されているらしい。それゆえ刺激を認知し、それを不快に感じて足を上げているのではないことは確かである。認知系とは異なる仕組みで運動系は組織化され、認知系の役割は、運動神経系が定型的な運動パターンを発現させ、停止させ、切り替えるさいの感覚刺激に対する感度や閾値を変化させることにある。

それに対して高等哺乳類になると、認知系と運動系の仕組みと、それら連動の仕方が極端に複雑化する。身体運動の定型パターンは成熟によってではなく、発達において獲得され、特に人間は定型に収まらない多様な運動パターンをくりかえし開発できる。そのさい認知系の展開や高次化が、運動や行為の生成と複雑化のための重要な手がかりとなる。一般に幼児の神経系の発達では、シナプス結合の形成率および除去率の変動が著しく生じる「可塑性の波」が存在し、その度合いの強弱がそのつど神経系の場所を変えて移動する。発達初期において最も可塑性の高い領域は、一次感覚野と運動野であり、そこから始まることで高次感覚野や頭頂連合野、そして前頭領域へと移行していく⁶⁾。また、可塑性の度合いがひとつの波を作ることにより、細胞の自死によるシナプスの縮退、軸索の後退、細胞の代謝活動の減少といった停滞的局面も重層的に現れる。これら停滞的局面は、乳幼児における「U字型発達」という、一度獲得された機能がまるでも無かったかのように消失し、その後しばらくしてから以前の機能性を組み込んだ新たな機能性のネットワークが立ち上がるという積極的意味合いも備えてもいる。

これら神経系の自己組織化において、定頸、座位、体幹維持、立位、歩行、走行といった基礎的な運動能力の形成

と、知覚、記憶、言語、判断といった認知能力の形成は、多くの連合野を介して密接に、ただし間接的に連動する。このことは、基礎的な運動能力のほとんどが9〜11歳ほどで習得されてしまうのに対し、言語的判断を伴う群化、形式化、統一化といった高次認知能力は、その後から急速に発達することにも関連する（ピアジェの具体的操作期から形式的操作期への移行^①）。小学校高学年にもなれば、多くの子供が一般人には模倣できないほどの全般的運動能力の高さを発揮するが、暗記や計算といった特化的認知技能を除いた判断能力の水準が、成人と同程度に展開するとは稀である。フィギュアスケートなどを見ていると、14歳以前に急に頭角を現し、その後まもなくして、それまで難なくこなしていたジャンプが跳べなくなる選手がよくいる。身長や体重の急激な変動、もしくはその変動率や身体各所の比重が変わり、重さという経験の質そのものが別様になってしまうのか、あるいは経験の蓄積およびその自己認知が、運動能力そのものを限定する制約になるのか、ここにはいくつもの要因が絡んでいると思われる。とはいえ認知能力が、運動能力あるいは身体行為そのものの制約になったり、逆に展開のための手がかりになっていることは確かである。むしろ問題はその関係性の多様なモードが、これまでの現象学的、身体論的道具立てだけではほとんど見えてこないことにある。

現象学的な身体論では、物的な身体とは異なる「生き生きと作動する身体」が体験的に見出され、その身体の運動の最大の手がかりが、キネステーズ（運動感覚）と呼ばれていた^②。これは、動いている身体を知覚したり、認識したりすることではない。ふつう、自分の身体がどのように動いているのかを認知していなくても、身体は運動している。しかもその動いていることに気づきが伴っている。それは運動感とともに運動の調整を行う気づきである。さらにキネステーズは、身体が物理的に動いていなくても、感じ取られる。視覚情報や触覚情報による疑似的な運動感の誘発は、すでにさまざまなアトラクション等で活用されている。つまり、運動感と実際の運動は一意的に連動してお

らず、運動している必要もない。ということは運動感の現象学的な解明だけから直接的に、身体運動そのものに到達することは当初から無理であることが分かる。キネステーズは、運動の遂行や組織化にとっての重要な手がかりではあるが、キネステーズによって身体運動が成立しているのではないからである。

2. 運動と知覚（認知）

身体を動くものとしたとき、それがどのようにして動くのかではなく、なぜ動くのかという理由の問いとして受け入れてきたのが、哲学的思考の伝統であり、精神に従属する身体の運命でもあった。そして、環境内の情報を知覚するためにと答えてきたのが、一般の生命理解の定石である。この場合、環境情報の知覚を通じて身体が運動し、その運動に応じて新たな環境情報の知覚を行うという循環的図式が描かれる。最近では、センサー・モーター系のロボティクス研究を導いてきた「環境↓知覚↓行動」という発想に対して、「行動↓環境↓知覚」という発想からスタートする「移動知 (Mobiligence)」研究が立ちあげられてもいる。⁹⁾ その基本は、何よりも動作や行動が先行し、それに応じて外部の環境情報や、自己身体の動力学的情報が獲得され、細胞であれ、昆虫であれ、動物であれ、動き続けていることを生命の基本事項として再認識することから始める探求手法である。とはいえ、これらの発想が争点としている知覚情報が先か、運動が先かという問いが正しい問いかけになっているのかどうかはまた別の問題である。どちらにおいても、知覚、環境、運動が循環的に連続することが疑われてはいない。とはいえ、高次脳を備えた人間では、たとえば生存に緊急の知覚情報が与えられていても、まったく動かないという選択ができ、また逆にどんな情報が与えられているかが知覚できない状況においても、ともかく動くことはできる。それに対して、中枢神経系、運動神経系の損傷による運動麻痺では、たとえ外的な知覚情報を詳細で豊かに認知できても、それによって運動との循環が再形成

されるわけではない。さらには、身体の内的差異を細かく知覚できたとしても、それによって動けるようになることもない。こうした自由度をもつ人間の身体に、先の問いかけほどの程度接近できているのか。換言すれば、身体が運動することにおける固有な知の仕組みと、その身体を通じて身体外部の情報捉える知の仕組みとが、どのように関連しているのかということになる。

基礎的な動作から改めて考えてみる。閉眼のまま、まっすぐ立っていると、まっすぐという感じそのものがブレてくる。そのブレに応じて身体も実際にふらつき始める。もしくは身体の動きに応じて、まっすぐという感じがブレてくる。そのふらつきを静止させようと改めて力を込め、重心を移動させることで、さらに姿勢の感じ取りが変化する。この揺れは、開眼時に比べて概算で50%程度増大するようである。視覚情報が姿勢制御の手がかりになっているのは確かだが、先天的に視覚に障害をもつ人が揺れを制御できないわけではない。「手がかり」とは、それがあることによって局面が変化することはあっても、それがなくてはならないほどの強い必然性をもたず、それとは異なる選択肢で代用、調整可能なものの総称である。

こうした体勢維持では、周囲の音、大気の運動、衣服などの接触感覚等は、特殊な環境条件が設定されていなければ、ほとんど無視されている。床の硬さや傾斜も、支持できることが一度経験され、突発的な変化がその後生じないかぎり、ほとんど無視できる。むしろ、身体各所にかかる分散された重さの均衡点をくりかえし探るようになって、姿勢が維持されている。そして日常的にはこうした動作練習を行わずとも不便はない。バスを待つ時も、電車の中でも、こうした動作そのものに注意することなく、姿勢は維持されている。最近の神経科学では、脳幹や脊髄の姿勢反射や、それに基づくCPG (Central Pattern Generator) という自動行為パターン生成器の役割が強調されている。とはいえそれは、ほとんど感じ取れない内臓の蠕動などの自動運動とは異なり、何らかの随意的アクセスが可能なこ

とも確かである。

幼児が歩行を身につけ、速度の調整能力や上肢の自由度が上がり始める前段階に、両手や片手を挙げていないと歩行できない場面、上肢だけが前方に移動して下肢がついてこない場面、体幹が推移する速度に下肢の調節が追い付かず、止まれなくなる場面等々がある。あるいは上肢の振りは走行なのに、下肢が体幹を十分持ち上げきれず、早歩きなのか、走行なのかの判定が難しい動作も出現する。そもそも歩行の延長上に走行があるのではない。早歩きは走行ではなく、ゆっくりの走行も歩行とは異なる。歩行と走行の変換には、非連続なパターンの創出がともない、そこに転移点がある。しかも歩行から走行への転移点と、走行から歩行への転移点の出現範囲は異なっている。つまり、歩行から徐々に速度を上げて走行へと変化する局面と、走行の速度を徐々に落として歩行に変化する局面は、転換の条件パラメータが異なる。現に走行は、慣性速度ゼロであっても開始できるが、トップスピードの走行から歩行への切り替えは容易ではない。特定の速度の範囲に、どちらのパターンも安定的で、滑らかに出現できる位相が存在し、その位相からのズレは、歩行か、走行かのどちらかのパターンへの引き込みが起こる。こうしたことは、コンピュータプログラミングではすでに明らかにしている。非線形の力学系でモデル化した場合、歩行も走行も固有な循環値をもつリミットサイクル型のアトラクタとして説明でき、転移点の近傍には二つのアトラクタが共存する位相も見られる⁽¹⁰⁾。体幹の重心の左右上下の落差を前方への推移力に転換する歩行と、下肢の弾性と反発力を両腕の振りを通じて維持する走行とでは運動創出の仕方が異なり、そこには「振り子」と「バネ」ほどのモデルの違いがある。にもかかわらず、定常歩行のプログラムから、あらかじめプログラムされてはいない走行パターンが容易に出現するのである。ここには関節自由度の個数から概算された、特定の速度に最適な酸素消費量パターンに落ち着くというエネルギー効率の問題も関与している。とはいえ、そうした周辺問題にはとどまらないコンピュータプログラミングによる身体運

動の再現そのものの難題がここに出現している。

実際の歩行周期は、どんな場合でも厳密に一定ではない。歩幅も速度も常に一定程度揺らいている。この揺らぎの性質は、時系列の異なる空間周波数を重ね合わせ、フーリエ変換を行うと比較的容易に見出せる。健康者であれば、 $1/f$ 揺らぎ（スペクトル密度が周波数の逆数に比例）となるが、高齢者やハンチントン病の患者では、ホワイトノイズという極めて不規則で同強度の波にしかならない¹⁾。揺らぎは、歩行パターンのロバストネスを維持するのに一役買っており、突発的な外乱に対する対応可能性を強化するようである。そのためこの揺らぎの性質から、歩行パターンの分類も可能となる。とはいえこの揺らぎの解析は、実験室の平坦な床の上で一定の歩幅と速度を保つよう指示された場合に検出されるものであるため、それが現実の歩行空間でどのような値を示すのかはよく分かっていない。そもそも現実世界では、歩行周期の乱れが、環境要因にあるのか、内発的要因によるものか、あるいは歩行リズムそのものの維持に含まれているのかを特定するのに困難を極める。さらに被験者は、揺らぎの特性に沿うように歩行を継続しているわけではなく、揺らぎを含み込んだ歩行になっているのかどうかを感じ取ることもできない。そのため自由度をもった歩行そのものの獲得や、そこからの走行への変換プロセスの形成という現実の発達場面で、揺らぎがどのような役割を担っているのかは、現行の経験科学の水準からいってもほとんど謎である。

一般に、神経系に類比させたプログラムをコンピュータ上で走らせるコネクショニズムでは、論理計算、単語学習、視覚情報処理といった認知機能であれば、比較的うまくモデル化し、再現でき、さらには運動機能を認知機能を通じて制御することもできる。たとえば昆虫のカイコガは、匂いフィラメントを頼りに餌場に向かう。匂いの分布は連続的な濃度勾配をもたず、そのつど大気の影響で著しく変化する。そのため一度定位した濃度の高い方に進めば良いというわけではない。カイコガでは、直進、ジグザク、回転という三つの運動パターンを駆使することで効率的に餌

場に到達している。これと同様の運動パターンが可能なロボットに、カイコガの認知能力に類似させたプログラムを組み込めば、目標を実験者が設定するまでもなく、同じような軌道を描いて餌場に到達できる。ただし、こうしたロボットは、車輪を備えたモーター系機械である場合がほとんどである。認知能力の再現に対して運動能力そのものの工学的再現は、たとえ三パターンだけであれ、昆虫の飛行能力に比べると足元にも及ばない。

これと同じような実情が、人間の運動の神経科学的解明でも生じている。つまり、認知機能の神経学的解明は急速に進み、それが意識の現実とは異なる体験世界の解明のてがかりとなることがある一方で、運動機能の神経学的解明は、最終的には運動細胞の活動電位による骨格筋の収縮と調節に還元されてしまう。筋収縮の強さは、運動細胞プールにおいて活動する運動細胞の数と、その活動の強さによって決まり、随意運動では大型の筋肉の場合、毎秒7〜14回の電位発射、小さい筋肉の場合、8〜40回程度の電位発射を行う¹³⁾。この電位発射の総数の変動が各所における筋収縮を調整することで、身体運動が成立するというのである。ここでの説明は確かに余りにも簡素化しすぎている。とはいえ、認知能力とは異なり、運動の機構を体験的な現実へとつなぐための道筋は、このままではほとんど見えな¹⁴⁾い。

歩行における筋電位等の定量化は進められており、それに基づいた歩行訓練プログラムが改良されてもいる。Locomat (Hocoma 社、スイス) という大掛かりな免荷式歩行装置が全世界で発売されており、日本にもどうやら一台あるようである。この装置は患者を牽引し、体重の負荷を減らすと同時に、股関節と膝関節部分を覆う外骨格装置が自動起動することで、歩行パターンの反復トレーニングを可能にする¹⁵⁾。とはいえ、この装置を導入した中澤本人も述べているが、たとえば脊髄損傷の被験者には障害度に応じて一定程度の効果があるように見えるが、RCT (ランダム化比較試験) では通常の歩行訓練との間に有意な差はほとんどないようである。救いとしては、セラピストの

介助負担や、専門知識がそれほど要らなくなることと、患者本人の主観的報告が概ね良好であるくらいであると正直に述べられている。

運動の機構の再編に、本人にとっての動作の体験や感じ取りがどのような手がかりとなるのか。あるいは、運動を生成するシステムの機構が、どのようにして本人の経験を貫く形で浸透するようになるのか。これは運動能力のリハビリテーションにとって避けられない難題である。単にまっすぐ立っていても、前方に倒れる力の傾向を感じ取ると、後ろに倒れる力の傾向を感じ取るとは異なる。後方への傾向の感じ取りを維持したまま、前方に一歩足を出す場合、その歩幅も、まなざしの角度も、全体的な体勢の変化も、前方への傾向を感じ取っている場合とでは、動作の次の組織化へのプロセスが異なってしまう。また、前方への傾向のさらに一歩先には、突如落下するような変化への予期も出現するはずである。足の現実の踏み出しは、この予期に対してどのようなタイミングで行われるのがよいのか。すでに歩行できるものにとってこの予期は、思い起こすのが困難な意識の基層に組み込まれている。そのため、こうした重心の移動傾向とそれによる行為予期の働きを詳細にすることが、運動の機構の再編にとってどの程度効果があるのかを見積もることも困難にしている。

またたとえば、通常歩行のような重心の動きとは異なり、スキーのモーグル競技等での滑走法は、膝の緩衝作用を最大限發揮することで、重心の上下移動を極力抑え込んでしまう。斜面のコブに沿わせるように重心を移動させてしまうと、コブを乗り越えるさいに後方に重心がかかり、十分な速度をつけられない。そのためモーグル選手は、斜面に対して垂直に体幹を傾け、コブの凹凸に膝で対応し帳消しにすることで、いわば斜面と平行に体幹を滑らせるのである。スキーを少し練習して、このコブの緩衝ができるようになる、通常の歩行ではまったく活用しないような重心の維持の仕方があることが分かる。こうした体勢維持にかかわる重心の感じ取りと行為パターンは、通常の認知機

能の延長上で獲得されるものではない。身体がそれみずからで行為を創出するというのに近い。とりわけ身体動作は、教科書の知識を通じて形成できるものではないからである。地震の最中で身体そのものの安定が失われる場合、認知能力はほとんど機能しない。それは本来、実験室のように環境と身体体勢の安定が確保された上で初めて本領を發揮するのであって、身体そのものや、身体運動の安定的パターンの獲得場面においては逆に停止回路にはまり込んでしまう。意識にとって何が起きているのか理解できないまま、身体の組織化の水準が切り変わってしまうことは誰でも経験しているはずであり、このプロセスをくぐるのが動作の組織化には欠くことができないのは確かである。

3. 異なる運動感覚系

みずからが動いていることを感じ取る自己運動感覚には、運動を調整する固有なメカニズムが含まれている。それは身体がどの方向に、どれほどの速度で、どのような安定性をともなって動いているのかにかかわる方向感覚、速度感覚、平衡感覚を司るものである。これら感覚は、自動的に精微な身体制御にかかわると同時に、行為主体が感じ取れることもできる触覚性感覚である。しかもこれら感覚は、他動的に動かされている場合にも感じ取られる。こうした運動感覚系には幾つものメカニズムが介在しているが、特に身体の全体的な運動や頭部の運動においては「前庭感覚系」が重要な役割を演じている。内耳の半規管は、互いに直交する水平半規管、前半規管、後半規管の組み合わせから構成され、それぞれが、垂直・水平・回旋の三つの軸の回転運動に反応し、卵形嚢・迷路小嚢の耳石器においては回転運動ではなく、自己直進運動が検出される。こうした内耳の受容器からの前庭神経は、脊髄だけではなく、視床を経由した大脳皮質への投射をもっている。サルでは、6つの投射域が見つかっており、体性感覚野2V、3aV、頭頂―島前庭皮質(PIVC)、頭頂―側頭連合野(T3)、島顆粒部I_g、7野の吻側7antへと投射されている。

ただし、これら相互の投射域がどのような機能性をもっているのかはいまだ不明であるが、運動神経系の反射連鎖を長ループ状に抑制し、調整する仕組みであることが予想されている。ヒトでもP I V Cの障害によって眩暈や回転運動の感覚が生じる。

暗室で椅子に座り受動的に回転させられた場合、回転運動感覚が生じるのは誰でも理解できる。ただしこの感覚は、回転の加速が終わり、等速回転に達してしばらくすると消失してしまう。そして仮にその後減速が起こると、逆方向への回転運動感覚が生じ、停止後もしばらく持続する。前庭感覚系は内リンパ液の流動と多毛感覚細胞の接触から起動するが、重要なのは、速度そのものへの反応ではなく、速度の変化、つまり回転角加速度に反応することである。身体行為で重要なのは、動作の極端な局面変化が起こる行為の開始、分岐、静止の諸位相であり、そこにおける咄嗟の対応能力の確保である。前庭感覚系は、こうした速度の変化の度合いに直接反応して作動する。またたとえば、歩行中であっても、頭部は上下、前後、左右への相当の揺れを経験している。頭部の移動に伴って相対的な眼球位置もくりかえし変動しているが、世界の現れが、地震が起こっているように振動することはない。それは動眼反射という頭部の移動方向とは反対方向へと眼球を移動させることで現れのブレを抑えこむ前庭感覚系による眼球運動調整の働きである。¹⁵⁾

前庭感覚系は、頭部を含めた身体全体の速度の変化率（加速度）に対応して働く。そのため運動の非線形的変化に対応して抜群の感度をもつのに対し、変化が終わり、速度が一定に保たれてしばらくすると前庭感覚系による運動感覚は消失する。とはいえ、通常の身体運動の多くは、比較的等速で線形の持続性をもつものが多く、そこでも自己運動感覚は持続している。つまり、ここで前庭感覚系は、「視覚を通じた自己運動感覚系」にシームレスに切り替わる。ベクシヨンと呼ばれる、この視覚誘導性の自己運動知覚は、視覚を優位に活用する高等動物にとっては欠くことがで

きない。周囲の風景の変化に応じて身体が運動感や移動感をもつことは、誰もが経験していることであり、停止したエスカレーターを上るさい身体が後ろに引かれるような、遅延した運動感をもつ場合にもこれが関係している。行為主体は、たとえば人為的に引き起こされたスクリーン上の風景の変化率の差異に合わせるように、おのずと歩行速度を速めたり、遅くしたり調整している⁽¹⁸⁾。この動作の調整要因としての視覚入力には、五歳以下の幼児では成人以上に強い影響力があり、そのため視覚的外乱に対して動作の過剰修正が容易に出現することも分かっている⁽¹⁹⁾。

この自己運動感を誘発するベクションは、中心窩を経由しない視野の周辺部もしくは背景の光学的変化を空間周波数成分として検出している。そのため周辺部の対象物の輝度やコントラスト、形態のばやけ等を変化させても、運動感に変化は現れない。つまりベクションは、そもそも精緻な対象認識ではなく、運動調整を行うために独立に発展した機能システムのようなものである。あるいは、動作や行為に必要な最小調整要因（この場合は、空間周波数成分の変化）だけを検出するために特化した機能システムである。これら前庭感覚系とベクションによる視覚系は、どちらも現実感知できる自己運動感を誘発するが、前者は実際の身体運動が必要であるのに対して、後者は必ずしもそうではない。また前者は、速度の変化率に反応し、後者は視覚的变化に反応する。だからといって、それらを明確に区別するための内感的精度をもち合わせていないのが人間の経験の実情である。

さらにこれに体性感覚に基づく「身体感覚系」の運動感覚が連動している。これは、身体各部の運動における移動感や速度感の内感であり、主動なのか、被動なのかの差異に気づく自己動作の内感である。たとえば暗室中の回転パネルの上で座ったままでいると、しばらくすると回転感覚が消失することは前述した。前庭感覚系の反応がなくなつたからである。しかしそれと同時に被験者が足踏みを行っている⁽²⁰⁾と、回転感覚は残り続ける。この場合、足踏みという動作の運動感に伴う予期が回転感覚を誘発している可能性があり、視覚がなくても動作と連動して、いくつもの

運動感が並列的に生起するらしい。また暗室の中で回転ドラムに手を伸ばして触れているだけで、自己回転感覚が誘発されるといふ古典的報告もある¹⁶⁾。つまり指先の接触感の変化が、自己がそのうちにある空間世界の変化として感じ取られる。

これら三つの運動感覚系の競合のモードも次第に明らかになりつつある。その対応は、正確な自己運動軌道を検出することよりも、とにかく折り合いをつけ、運動感覚系を安定させる方略が取られている。たとえば、視覚系と身体感覚系の運動方向の競合は、両者の中間の方向として感じ取られ、視覚系と前庭感覚系の競合は、視覚系に優位があるが、両者が正反対の方向で生じる場合、自己運動感覚自体が相殺される。

仮にこれら運動感が一切ないまま、身体四肢が動いている場面を想起しようとする と確かに奇妙ではある。だからといって、運動感と身体運動が線形の関係であることは、神経系の仕組みから見てもなさそうである。運動感自体は、随伴的特性が強く、実際の運動の間接的な調整要因となることはあっても、その起動や制御の直接要因ではない。そうであるとすれば、運動感の消失や変異に対するリハビリ医療における対応の仕方も単純な仕組みでは成立しないことが分かる。たとえば動作療法では、実際の身体運動とともに運動感の内的差異を形成し、そこに調整能力を細かく作ることに力点を置いていた¹⁶⁾。しかし運動感覚系の特性に鑑みると、それら運動感の差異の形成と、身体の現実的運動とは直接対応していない。ということとは、運動感の差異を作り出すことが、同時に何か別の行為の機構に働きかけている可能性が高く、結果として見れば、運動感の差異に対応するような身体動作の実現が行われている。本来、運動感の感じ分けの細かさは、どんなに訓練を積んだとしても、動作に対応する各関節や筋の動きの細かさに比べて圧倒的に粗雑である。それゆえ運動感の差異と、四肢の緊張度や可動域の変化といった身体運動の差異の間には多くの対応可能性の迂回路が存在し、それを探り当てるのが運動回復のリハビリの不可避の課題となる。

4. 意識と行為の調整

すでに指摘したように、身体動作の連なりからなる行為を考察するさい、厄介な問題として浮上するもののひとつが意識の関与である。身体には脊髄や脳幹を介した多くの反射制御系が存在する。これら制御系は、末梢からの入力に一意的に反応するものではなく、大脳皮質や小脳からの投射経路を介在させることで、制御に時間的な隙間を開き、行為を微細に調整する仕組みを備えている。そして、ここに意識が関与してもいる。遅刻しそうなことに気づいたさい、おのずと歩行速度が変化していることはよくある。そのさい、脚の運動速度を変えるよう直接意図してはいない。それに対して、早まった速度を意識的に落とすよう調整もできる。前者は、意識的思考に行為がいわば自動的に対応しているのに対し、後者は、意識の目的そのものを動作の調整へと設定している。前者のおのずと歩行動作が変化している場面と、意識を介して歩行動作を調整する場面では何が異なっているのか。普段自分がティーカップを手にするのをイメージして、実際にその動作を行ってみる。おそらく取っ手の部分を何本かの指でつかむはずである。とはいえ、カップの大きさや内容量の違い、取っ手の形状に応じて、何種類かの掴み方のパターンがあり、右手と左手のどちらでもつかうのか、他方の手が何を行っているのかによっても動作は変化する。場合によっては取っ手をもつ必要もなく、カップを上から鷲づかみすることもできる。こうした動作を真似るさいには、過去の記憶イメージを用いて、その対象すら想起している。そして、そうしたパントマイム動作はどこかごちなく、ゆっくりとしてしまう。さらには何度か試行しているうちに、本当にこんな掴み方をしているのかが分からなくなったりもする。それに対して、実際にカップを掴むさいには、友人との会話に意識が向いていても、何の困難もなく対応している。どこを掴んだらよいかに迷ったり、液体がこぼれないように極度に注意することもほとんどない。逆に実際にカップを

意識的に掴もうとすると、先のパントマイムに近い状況に陥るか、あるいは幾分か身構えた動作となる。精巧で、滑らかな動作や行為には、意識の関与はむしろ阻害要因となる。

こうした場面で、大脳皮質に腹側経路と背側経路という独立の視覚経路があることは何度も指摘されており、その内実も徐々に詳細になりつつある。たとえばグッデルは、腹側経路と背側経路を「知覚システム」と「視覚運動システム」として、つまり「視知覚」と「行為の視覚的制御」という異なる視覚システムとして再定義している。前者は、即座に反応を導出するのではなく、三〇〇ミリ秒以上の時間スケールで働き、意識的知覚を成立させる。それに対して後者は、刻々と変化する視空間座標を数百ミリ秒単位以下で保持し、更新することで、即座の行為とその制御を可能にする。両者には、機能出現までの「時間スケールの違い」、「記憶の潜在化モードの違い」、「準拠枠の違い（対象相互の関係性と、自己と対象との関係性）」、「相互の干渉モード」の違いがある。さらに、一方は意識が関与し、他方に意識は関与しないといった単純な区分が適切ではないことも明らかになっている⁽²⁾。というのも、意識的な視覚に不可欠な腹側経路であっても、三〇〇ミリ秒程度の間は、意識や気づきが成立する以前に作動してしまうからである。

視覚入力は、腹側経路には視覚野のV1を經由することで伝達されるが、背側経路には視覚野經由のルートだけではなく、それを經由しない上丘からの原始ルートも存在する。視覚野がそもそも介在しないのであるから、このルートを「視る」という経験位相として分類してよいのか実は不明である。にもかかわらず、盲視例のように、対象を意識的に知覚し、報告できなくとも、このルートを活用することで適切な行為を遂行できる⁽³⁾。砂浜だろうと、砂利道だろうと見えない地面の凹凸に適切に足を出し、関節の急な変形にも咄嗟に対応できている。あるいは、物をつかむ動作のプレシェイピングも、意識的視覚の事実である対象の大きさの錯視によって影響されない。これらが可能な

は、背側の頭頂連合野と運動前野における動作予期のプロセスが、意識経験とは独立に進行しているからである。しかしこれとは逆に、特殊な背側経路の障害によって対象の形態や大きさについて知覚し、その位置や方向についての詳細な報告ができて、それへのリーチングにおいて適正な手の形を作れない「視覚性運動失調」というものが存在する。患者は、対象が知覚できているのに、手指を大きく伸長させたまま、暗中で物色するような動作を行う。対象に近づいても手の形を調整する動きが一切出現しない。これは、身体制御そのものに動揺が現れる小脳性の運動失調とは異なり、対象の位置が分からないバリント症候群とも異なる。意識的に対象が何であり、その位置の見当もついているのに、身体四肢がその現実一切を見落としてしまう。意図的に調整しようとしても、手の形を対象に合わせた、沿わせたりすることが、そもそも身体にとってどのような経験であるのかがごっそりと抜け落ちているのである。

背側の視覚運動システムは、行為の開始や誘導を数秒単位で遅延させた場合、腹側の視知覚システムが優位な干渉モードへと移行してしまう。プレシェイピングに意識の誤差が介在しないことは先に述べたが、その物体の観察と運動の開始に数秒の間を置くと、知覚体験に引きずられるようにプレシェイピングの精度が落ちる。ここでは腹側経路による調整が、一見正確な動作の起動を妨害しているようにも思える。しかし、たとえ形と大きさに関してはそうであるとしても、腹側経路には、動作を通じてかかわる対象の重さや質感にに応じて身体運動の調整を行う働きがあるらしい。確かに背側経路では、対象がその行為主体にとってどのような配置もしくは位置を占めているのかを割り出せる。しかしそのさいの対象に対する動作（つかむ、持ち上げる、ずらす、押す等々）に必要な筋出力の加減は、背側経路では加味されない。たとえば、同じ大きさの菓子箱と電話帳が置かれている場合、つかむ動作以前から筋の緊張度に差異が出ている。それは対象の持ち方（もつ位置）にも影響する。ハサミの柄の部分自分から遠い場所に置かれていれば、少し無理な手首の返し方をして、柄をつかむのが一般的である。このような道具の「重量」や「物性」、

「機能性」を加味した動作の遂行には、腹側経路がどうやら不可欠である。試みに、計算や意味の類推を行いながらハサミを掴むという二重課題で腹側経路に負担をかけると、ハサミの柄の部分をもつ動作が出現しなくなる。ただしハサミ自体は刃の部分であっても適切につかみ持ち上げられる。背側の働きによってハサミのような形をした物の位置にはちゃんと対応できるのである。にもかかわらず、背側経路による空間の位置体系と身体運動との照合には、道具的な機能空間への対応可能性がないようである。そもそも空間位置には、機能的な優位さを備えた位置の固有配列がある。駅のホームの白線はできれば踏まないほうがよく、多くの場合、明確に意識していなくても白線の内側を歩いている。そのさい単に足を前方に出すための位置の指定およびその動作の調整と、より望ましい位置の特定およびその動作の調整とは、すでに別の動作システムに由来している可能性が高い。そして、この二つの経路が干渉する隙間に、意識的な調整の可能性があるようにも思える。

すでに臨床テストが行われているのか定かではないが、バリント症のように対象の位置が分からない場合でも、重さや弾性、表面の物性といった対象特性の知覚を通じて、筋出力の強弱だけは調整されている可能性がある。仮にその筋の調整感に当人が気づけるのであれば、対象の位置が分かるよう訓練することよりも、調整感の差異から環境の特定を行い、身体動作の補助につなげることはできそうである。こうした腹側経路の調整能力の活用はリハビリでも未開発の今後の課題である。ただし、これとは逆の腹側経路の局所的な障害によって生じる「視覚形態失認」の患者が、背側経路の特殊な活用の仕方を見つけてもいる。たとえば、コーヒークップとハサミが並んで置かれていても、視覚形態失認の患者は、どちらがカップで、どちらがハサミであるかを意識を介して認知できない。世界内に輪郭が現れず、曖昧な色の広がりしか存在しないからである。そこで実際にハサミを取ろうと、とにかく手を伸ばす動作を遂行してみる。仮に手首が縦に旋回し、取っ手をつかむような準備動作に進展すれば、それはハサミの柄をつかむ動

作になってはいないことに気づける。つまり、動作を開始する中で、おのずと手の開き方や指の動き、関節の角度が非意識的に決まる。その動作の進行プロセスが内的に感じ取れば、そのパターンと、ターゲットに必要なであろう動作パターンとを瞬時に比較し、行為を修正することができる。その患者は試行錯誤の中で、動作パターンの正しさの感じ取りを習得し、正しくない場合は、即座に動作パターンを切り替えて対応できるようになっている。⁽²⁸⁾さらには、実際に動作を遂行しなくても、対象の視覚イメージではなく(そもそもできない)、望まれる行為遂行のイメージをくりかえし思い描くことで、実際の行為の精度を高めることもできている。この場合、腹側経路に関連するイメージや視覚性のイメージではなく、背側経路による位置座標と身体動作との対応を、意識とは異なる仕方調整するような特殊なイメージ活用を行っている。実行すべき行為のプライミングを、イメージを介して行ってしまうのだと思われる。いわば身体の潜在的な起動状態をあらかじめ調整するようなイメージ活用である。

こうしたイメージとともにその患者がどのような経験をしているのかはよく分からない。背側経路に含まれる、運動連合野および頭頂連合野に由来する自己運動感を手がかりにしている可能性はある。統合失調症やパラノイアに典型的な「させられ体験」では、頭頂葉の過剰活性が見られるという報告も出ており、⁽²⁹⁾意識的な目標設定に対応するものとは異なる動作が出現した場合、たとえその動作が適切なものであっても自己運動感そのものが変異してしまうらしい。させられ体験の多くでは、自動的な動作遂行に意識的な調整を行う隙間が存在しないか、もしくは調整することそのものが、させられ体験的な運動感と連動してしまうことが考えられる。その場合、身体動作が次々と繰り返り広げられていく行為のネットワークの外部に、自己の居場所が割り当てられてしまうのである。⁽³⁰⁾

5. 注意の解除と動作の発現

一般的に、ある動作を習得するには、その動作の正しいやり方を最初に理解することが最短の近道であると考えられがちである。しかし、正しい動作のやり方が提示されるということは、そのひな型から逸脱することが即座に誤りや、失敗につながるということを喚起させる。それによって、ある動作を習得するという本来の目的が、そのやり方から外れないよう行為に制約をかけるという過剰な注意とすり替えられてしまう。本来、ひとつの同型的行為は、様々に異なる手順を通して実行可能であり、場合によっては、本人がそれと気づかなくても実現されうる。幾つかの臨床データではすでに、課題に対する正しいやり方の指示を与えることが、指示を全く与えないグループに対して、パフォーマンスを下げるという結果が出ており、その後のパフォーマンスの保持期間にも悪影響を与える⁽²⁸⁾。一般に言語的指示は、その「意味の理解」と「視覚イメージ」による対応へと進んでしまう。視覚神経系でいえば、腹側経路での行為の手続きである。意味が明瞭であればあるほど、知識や視覚イメージによる対応が進んでしまうのである。そのように習得される動作は、発達プロセスの最中で獲得されてきた動作とはすでに別経路での経験の活用仕方になっている。乳幼児は、寝返りや立位、歩行といった動作を、それを学ぼうとして獲得するわけではなく、何かを手本として習得するわけでもない。だとすれば、指示すべき内容を見かけのターゲットとして設定し、その指示に応じることの間接的に本来のターゲットが巻き込まれるような課題の設定こそが、本来どんな場面でも自然な動作学習となる。

「二重課題（デュアルタスク）負荷検査⁽²⁹⁾」というののもともと、認知や行為の同時処理能力を評価するための検査法であり、注意が分散される二重の課題を設定することで、ターゲット課題への注意依存度を見極めることを目的としていた。つまり「注意の分散にに応じて、課題の処理能力そのものが低下する」という仮説を前提にして、認知系や

運動系に起きる変化を評価するのである。歩行しながら計算問題を解いたり、ドライブ中に音声単語を暗記したり、コップの水をこぼさないように歩いたりとすでに様々な実験が行われている。そしてどの程度の負荷が、他方の課題遂行の障害になるのかを明確にするのである。基本的には、同じ系における競合モジュールの見極め、もしくは認知系と運動系の間接的な影響関係の特定に力点が置かれている。そのため機能性分析の域を出ないものがほとんどである。

それに対して、重度障害児のリハビリの探究プログラムを自前で開発している人見が設定する二重訓練（デュアルエクササイズ）では、ターゲット課題への注意が意識に透明になるようにして、あるいは見かけの課題の実行にターゲット課題をこなすための行為が不可分に組み込まれてしまうように訓練場面が設定されている。したがって課題設定の力点は、負荷と妨害による機能性の評価ではそもそもなく、見かけの課題への注意の最中で、ターゲット課題における身体の組織化のモードを、意識とは異なる仕方でも切り替え、機能性そのものの再編に届かせることにある²⁸。それは注意の引き算ではなく、見かけの課題への注意そのものや、その先にある身体経験の水準を刷新するための工夫である。そもそも認知神経リハビリテーションが、触覚性身体を治療のターゲットにしているかぎり、訓練課題はつねに二重とならざるをえなかった²⁹。一つの課題が同時に、別の経験の組織化のきっかけとなることを絶えず予期しつつ、訓練は組み立てられねばならない。「意識／非意識（注意／非注意）」、「外的世界（世界内身体）／内的世界（作動する身体）」、「主神経系（見かけの活性化）／従神経系（本来の活性化）」、「認知（触覚）／運動」というように、訓練にはつねに大項目での二項関係があり、各項のモードや部位に応じて、小項目がマトリクス状に分化していく。問題の焦点は、単に並列する二項の課題の設定ではなく、それら二つの課題の間に、どのような内的な組織化の連関を探り当てることのできるのか、それがどのようにして動作や経験の水準を変化させるのかの見通しを獲得する

ことである。内的連関とは、どちらを前景化させるのかに応じて、各項目の役割も、連関の強度も変化してしまうような密な間接的関係である。対象の認知的な特定が、上肢の調整感を向上させ、四肢の運動感の変化が、対象の素材の判別の精度を高め、内的身体への気づきが自己の掛替えのなさを補強するというように課題はいつも二重となる。たとえば立位で閉眼しながら、布のような生地に触れ、その生地を動かさないような指示を与えると、その課題の最中で姿勢の動揺が減少する⁽⁹⁾。生地自体は、身体姿勢の支持面として活用できはしないが、対象へのかかわりという上肢による局所的動作とその注意が、体勢全般の行為の組織化のきっかけを与えるようである。

特に立位での体勢維持のように、一定程度の振幅の中で均衡性を創り出す動作は、たとえ静的動作であっても、意識による対応では遅すぎる。高振幅の揺れへの低頻度（低速）の調整は意識的に可能であったとしても、低振幅の揺れへの高頻度（高速）の調整は非意識的にしか実現されえない。そして現に身体はそれを行っている。身体にある揺れが生じたさい、その揺れとは異なる方向性と速度をもつ別の揺れを作り出し、前者の揺れと後者の揺れの積み重なり瞬間にまた別の揺れを作り出す。揺れの微分のような細かな振幅において身体は倒れてもいないし、止まってもいない。ここでは、身体が倒れそうだから、それを立て直すということは別の事態が起こっている。身体の運動と動作の経験では、意識も注意も、常に間接的に活用されているにすぎず、動作の自然性を作り出すためには、認知的意識とは独立に作動する身体の運動を注意の解除や分散を通じて起動させる必要がある。そうすることで初めて、日常的な社会生活のネットワークが首尾よく機能するさいに透明になっている身体経験の片鱗に触れうるのである。

註

(1) 本稿は、平成三三年度科学研究費補助金（課題番号 21720011）を受けての研究成果の一部である。

- (2) 拙論：『身体行為のメカニズム―身体運動発現の現象学的機構をめぐって―』、『白山哲学』44号、二〇一〇年、一三三―一五九頁参照。
- (3) ここにはベルンシュタインが提起した「行為の自由度問題」が関連している。N・A・ベルンシュタイン：『デクステリティ巧みさとその発達』（工藤和俊・佐々木正人訳、金子書房、二〇〇三）参照。
- (4) P・A・ワイズ：『生きているシステム』、『還元主義を超えて』（アーサー・ケストラー編、池田喜昭監訳、工作社、一九八四）参照。
- (5) 淺間一、矢野雅文、石黒章夫、大須賀公一編：『シリーズ移動知―第1巻 移動知―適応行動生成のメカニズム』（オーム社、二〇一〇）参照。
- (6) J・L・エルマン他：『認知発達と生得性―心はどこから来るのか―』（乾敏郎・今井むつみ・山下博志訳、共立出版株式会社、一九九八）参照。ただし、可塑性の度合いの位置変化やその時期について完全な決着がついているわけではない。神経細胞の髄鞘化や代謝活動の増減、脳波の位相同期性といったパラメータにより異なった見解が出現し、いまだ論争のひとつでもある。
- (7) J・ピアジェ：『発生的認識論』（滝沢武久訳、白水社、一九七二）参照。
- (8) キネステーズに関しては、拙書：『衝動の現象学』（知泉書館、二〇〇七）一六七頁以下参照。
- (9) 淺間一、矢野雅文、石黒章夫、大須賀公一編：『シリーズ移動知―第1巻 移動知―適応行動生成のメカニズム』（オーム社、二〇一〇）参照。
- (10) 多賀殿太郎：『脳と身体の動的デザイン―運動・知覚の非線形力学と発達』（金子書房、二〇〇二）。
- (11) J. M. Hausdorff, S. L. Mitchell, et al: "Altered fractal dynamics of gait: reduced stride-interval correlations with aging and Huntington's disease", *J. Appl. Physiol.* 82(1): p. 262-269, 1997.
- (12) 丹治順：『脳と運動』（共立出版、二〇〇七）参照。
- (13) 中澤公孝：『歩行のニューロロハビリテーション』（杏林書院、二〇一〇）。
- (14) 中澤公孝：『前掲書』二〇一〇、第三章参照。
- (15) 内川恵二編：『感覚・知覚の科学』③ 聴覚・触覚・前庭感覚』（朝倉書店、二〇〇八）参照。

- (16) 土屋和雄、高草木薫、荻原直道編：『シリーズ移動知―第2巻 身体適応―歩行運動の神経機構とシステムモデル』（オーム社、二〇一〇）参照。
- (17) D. N. Lee, E. Aronson: "Visual proprioceptive control of standing in human infants", *Perception and Psychophysics* Vol.15, No.3, 1974, p. 529-532.
- (18) W. Bles: "Stepping around, Circular vection and Coriolis effects", *Attention and Performance IX*, F. Long and A. Baddeley (Eds.), Erlbaum, 1981, p. 47-61.
- (19) T. Brandt, W. Buechele and F. Arnold: "Arthokinetic nystagmus and ego-motion sensation", *Experimental Brain Research* 30, 1977, p. 331-338.
- (20) 成瀬悟策：『姿勢のふしぎ』（講談社、一九九八）、『動作療法―まったく新しい心理治療の理論と方法』（誠信書房、二〇〇〇）参照。
- (21) M・A・グッデル、A・D・シルナー：『もうひとつの視覚』（鈴木光太郎・工藤信雄訳、新曜社、二〇〇八）、一五八頁以下、もしくはM・J・フアラール：『視覚性失認』（河内十郎・福澤一吉訳、新興医学出版社、一九九六）第三章参照。
- (22) M・A・グッデル、A・D・シルナー：前掲書、九六頁以下参照。
- (23) M・A・グッデル、A・D・シルナー：前掲書。
- (24) S. A. Spence, D. J. Brooks, S. R. Hirsch, P. F. Liddle, J. Meehan, and P. M. Grasby: "A PET study of voluntary movement in schizophrenic patients experiencing passivity phenomena (delusions of alien control)", *Brain*, 120 (Pt 11), 1997-2011, 1997.
- (25) こうした体験領域の解明には、遠心性コピーと感覚フィードバック、自己所有感 (sense of ownership) と自己作動感 (sense of agency) との差異、さらにそこにおけるイメージの介入等々に関するさらなるデータが必要になる。運動感の変化に応じて、それに対応する行為の結果はシミュレートされる。とはいえ、運動感に変化が連続的に生じていけば、そのつど行為の予期はブレてしまう。そのため、特定の行為の帰結を生じさせるには、その行為の目的、手順、軌道に応じて内感側の調整を行わねばならない。一方は、運動感の変化からそのつどの運動軌跡を予期し、他方は逆に運動軌跡から運動感の変化を調整する。これはダイナミクスの計算論では、順モデルと逆モデルと呼ばれる。
- (26) G・ウルフ：『注意と運動学習―動きを変ええる意識の使い方』（福永哲夫監訳、市村出版、二〇一〇）参照。

- (27) 中澤公孝：前掲書二〇一〇、第四章参照。
- (28) 人見眞理：「リハビリのポイエティック―神経現象学リハビリテーションの臨床」、『現代思想 特集―臨床現象学 Vol. 38-12』(青土社、二〇一〇)参照。
- (29) 河本英夫：『臨床するオートポイエシス』(青土社、二〇一〇)、一七〇頁以下参照。
- (30) M. A. Riley, T. A. Stoffregen, M. J. Grocki, M. T. Turvey: "Postural stabilization for the control of touching", *Human Movement Science* 18, p. 795-817.