

運動の楽しさ出現のメカニズムに着目した体育の授業づくり に関する考察

—強化学習理論に基づく身体運動と神経ネットワーク—

田端 真弓

Creating Physical Education Classes that Focus on the
Mechanism of the Emergence of Enjoyment in Exercise :
Physical Exercise and Neural Network Based on Reinforcement Learning Theory

TABATA, Mayumi

大分大学教育学部研究紀要 第44巻第1号

2022年9月 別刷

Reprinted From

RESEARCH BULLETIN OF THE

FACULTY OF EDUCATION

OITA UNIVERSITY

Vol. 44, No. 1, September 2022

OITA, JAPAN

運動の楽しさ出現のメカニズムに着目した体育の授業づくり に関する考察

—強化学習理論に基づく身体運動と神経ネットワーク—

田 端 真 弓*

【要 旨】 本研究は、体育科・保健体育科がめざす「豊かなスポーツライフ」に着目し、運動の楽しさ出現のメカニズムについて明らかにすることを目的とする。そこでまず、「楽しい体育論」の出現経緯、理論的・思想的根拠及び「楽しい体育論」の楽しさの意味について述べ、次にミハイ・チクセントミハイのフロー理論に着目して、身体運動に携わっている人間にとって楽しいとはどのような状態をさすのかについて検討する。そして、リハビリテーションやスポーツ動作における神経学的メカニズムや神経ネットワークについての知見から個人の身体運動メカニズムについて確認し、最後に強化学習の仮説モデルを分析・検討し、体育の授業づくりについて考察した。これらの検討により、必ずしも子どもは技能の習得によって楽しいと感じるわけではなく、また学習内容のない授業に退屈しないわけでもないこと、個人はいつ、どのように内容において運動を楽しみを感じるか、それは「予知」不可能であることが明らかになった。結論として、個人にとって運動インスピレーションが生起することを予想しながら、強化学習の機能を活用した体育の授業づくりをすることが重要であるとまとめた。

【キーワード】 楽しい体育論 フロー理論 神経ネットワーク 報酬

I 序論

体育科・保健体育科では、「豊かなスポーツライフ」の実現を目標として、健康、安全、体力の向上といった身体に関わる諸々の活動や概念を伴いながら、生涯にわたって運動に親しむ資質や能力を育むことを目的として展開されている(文部科学省, 2018)¹⁾。「豊かなスポーツライフ」の実現とは、スポーツが、「生涯の友」(日下, 2001, p.16)つまり、人々の生活に不可欠な要素となることをめざしており、このような目標とその概念は時に、「生涯スポーツ」とし

令和4年5月31日受理

*たばた・まゆみ 大分大学教育学部芸術・保健体育教育講座(体育科教育学)

て簡略的に説明される。「生涯スポーツ」という語について一定の見解を示した日下（2001）は「生涯スポーツ」を life sport と示し、「人間の生（生命）・生活・人生（生涯）をより豊かにするため」の身体活動や運動の総称であり、E.H エリクソンのライフ・サイクル論をスポーツに援用したものであるとする（pp.6-7）。この理論から各ライフステージに応じたスポーツへの関わり方を示し、その関わりの中核で個人のアイデンティティが形成されるという（日下，2001，pp.7-19）。すなわち，スポーツによる楽しさや個人にとってのスポーツの意味，価値，スポーツに対する信条が個人の「生涯スポーツ」へと影響を与え，その点でスポーツは「自我」の形成に役割を果たすというのである。このうち，就学期にはさまざまなスポーツとの関わり方があるが，学校における教科としての体育は，「生涯スポーツ」の中核を担うものと位置づけられている（日下，2001，p.19）。

菊（2014）は，「生涯スポーツ」について，「1990年の生涯スポーツ・コンベンション」が発端となって官製用語としてスタートしたように，その歴史が浅く，用語の「意味内容」が十分に検討されないまま「政策用語」として「流行」し，のちに運動への関わりを促す手段として教育現場で「独占」的に用いられた（p.293）背景を踏まえ，今後の日本人にとってのスポーツが自発的に関わろうとする文化となっていくことを未来図として描いている（pp.295-298）。

戦後の体育及び学習指導要領の内容について詳述する友添（2009）によれば，「生涯にわたって楽しみ，豊かなスポーツライフを営むことができる人間」の育成は，戦後の逆コースや系統主義から生じた体力づくりを中心とした体育からの転換が図られた，1977（昭和52）年の小学校・中学校学習指導要領の「楽しさ」重視の体育を嚆矢としていたという（pp.67-70）。これは国民が「生涯スポーツ」の主体者となることを求めているが，このとき，スポーツの有する内在的価値，つまり欲求充足の機能や楽しさのフローモデルならびにプレイの自発性といった機能的特性論に注目がなされ，教科論としての「楽しい体育論」及び方法論として「めあて学習」が提示されるようになる（友添，2009，pp.63-99）。以降，「生涯スポーツ」と「楽しさ」はキーワードとなり，「めあて学習」がのちに公的方法論としての性格を獲得することを通して，現在まで継承されていると言える。

「生涯スポーツ」や「楽しさ」を基軸として運動を教授する体育に対して，スポーツ活動中の脳や神経システムに着目した研究も日々，成果を挙げている。大築（2020）は，「スポーツ動作の練習に適用することができると思われる古典的」で「伝統的な練習の原則」を取り上げて，未熟練者が練習に取り組んでいる場合，たとえ動作が乱れ，「バラツキ」をみせていたとしても脳内のプログラムが実行されることによって，脳内回路が形成されると述べ，このような説明に対しては今後「脳科学の見地から改めて検討を加え」られるべきであることを指摘している（pp.157-170）。先に述べた日下は，別稿（日下，2003）で自然体験活動がフロー経験と結びついて個人のアイデンティティの一端を形成するという構造的な理解から，早い段階で身体システム，脳機能，神経メカニズムに触れている。さらに近年では，運動，健康，文化，心理にとどまらない「身体性といった脳科学，認知科学における到達点」としての体育へと教科認識の転換を図ることの必要性も提起されている（綿引，2021，p.181）。

そこで本研究では，体育科・保健体育科がめざす生涯にわたって自発的にスポーツを展開するための楽しさに着目して，身体運動における楽しさのメカニズムについて明らかにすることを目的とする。そのために，まず1980年代に体育を席卷したとされる「楽しい体育論」の出現経緯，理論的・思想的根拠から，「楽しい体育論」が出された当時において体育における楽し

さがいかに捉えられていたかについて述べる。次に、ミハイ・チクセントミハイ（以下、チクセントミハイとする）のフロー理論に着目して、身体運動に携わっている人間にとって「楽しい」とはどのような状態をさすのかについて検討し、人間が身体運動によって楽しさを感じている時の個人の身体メカニズムに対するヒントを得ることとする。さらには人間が身体運動に取り組むときの神経学的メカニズムや神経ネットワークについての知見について確認する。その際、感性・情緒的な側面からではなく、動作の側面から考える。そして、最後に Kim (2013) による神経科学的知見に基づいた強化学習の仮説モデルを分析・検討し、体育授業にとって重要となる理論を整理する。上述の知見を踏まえて体育の授業づくりに向けた試案を提示する。

体育における「楽しさ」の心理学的追究やフロー理論の援用については、これまでも十分に検討がなされ、フロー理論は Society 5.0 の時代にあっても重要であることが成家 (2021) によって強調されている。また、ポジティブ心理学の実践としての体育授業に関する研究も進みつつある（橋本ほか編, 2021）。しかし、本研究の主眼は理論がいかに実践に資するかという問題について取り扱うのではなく、楽しさの本質を多角的に検討し、体育授業づくりの理論的骨格を構築することにある。このことは、体育に関わる極めて哲学的な考察であり、体育授業づくりの骨格にとどまらず、楽しさをめぐる体育の存立基盤を考えようとすることにつながる。

II 「楽しい体育論」の理論的基盤及び導入経緯

1 竹之下休蔵による「楽しい体育論」の提唱

1977年の学習指導要領で「楽しさ」が重視されて以降、スポーツの内在的価値に注目が集まることとなった。それらを主導したのが、竹之下休蔵（以下、竹之下とする）を創立者とした全国体育学習研究会（以下、全体研とする）であった。竹之下は、1950年代半ばに全国グループ学習研究会創立時のメンバー（友添, 2009, p.125）であり、戦後、新体育の影響を受けて出された1953年学習指導要領における体育の3つの目標とそれに対応した学習形態を示した人物であった。3つの目標とは（A）身体的目標（B）民主的態度の目標（C）レクリエーション的目標で、B型学習とは「運動技術を系統的に学習できない」などとしてのちに「大きな批判を浴びながら消え、現在ではすでに死語」となった「民主的態度」の育成をめざすために考案された指導法である。B型学習は、「異質グループによる問題解決学習」の形態をとっていたが、昭和30年代の逆コースと系統主義の台頭により、グループ学習に名称が変更された（友添, 2009, pp.121-125）。現在の異質集団による構成やグループ学習はB型学習が起点であったと考えてよい。グループ学習への名称変更は、B型学習を打ち出した竹之下の学習論の修正と逆コースに慎重になっていた彼の姿勢の緩和、また当時の教育行政の指針の受容を意味していたという（友添, 2009, pp.125-126）。つまり、竹之下は、全体研にみられるような民間団体を創設して体育の研究を行い、現在の体育科教育に通じる指導法や思想の基盤を形成したことで明らかのように、戦後の体育の中核を担っていた人物であったといえることができる。

B型学習からグループ学習への名称変更は、学習指導要領の大幅な改訂を意味するが、1956年から「生涯スポーツ」の主体者たる理念が出される1977年の改訂までは、系統主義を中心として「技能の向上」、「基礎的能力」（友添, 2009, p.80）の重視、また「労働資源」（友添, 2009, p.18）としての体力といった社会的な要求、そこに1964年の東京五輪が相まって、体力づくり、体力向上といった「効果的特性論」「構造的的特性論」を中心とした、いわゆる外在的

価値が叫ばれた時代であった（友添，2009，p.137）。この間グループ学習は指導方法の一端へと格下げされ、一方運動技能を重視する体育は、「個人差を配慮することなく、すべての学習者に一律的な技術」を学習させたことによって、子どもたちに技能が身に付かず、また技能を身に付ける意味も理解されないという問題を生み出した（八代，2008，p.16）。そこで打開策的に出されたのが、運動の意味や価値、運動固有の楽しさや喜びといった内在的価値に目を向けた「楽しい」体育であった。そしてこの体育論は1980年代にピークを迎えたのである。

2 「楽しい体育論」の骨格

1979年の全体研による「脱規律訓練をのぞむ未完プロジェクト」（佐伯，2008，pp.25-31）によれば、「楽しい体育論」は「運動の機能的特性にふれ、味わい、深める楽しさ」を求めて、グループ学習を中心とした授業実践を蓄積し、そのなかで誕生した（佐伯，2008，pp.25-31）。これは友添（2009）による「体育の学習指導要領の目標の変遷」（p.81）で言うならば、近代が醸成してきた二元論的な精神と身体の関係性に基づく「身体の教育」から、着眼点を運動にシフトさせた戦後の「運動による教育」を乗り越えて、「運動・スポーツの教育」へ向かおうという理念の転換に該当する。佐伯（2008）が述べるには「楽しい体育論」の思想的基盤をあえて挙げるならば、児童中心主義とプレイ論であるという（p.31）。これらの背景には、脱産業社会における労働力から健康体力という体力概念の変化及び所得向上と余暇時間の増大によるスポーツの大衆化によるスポーツの万人への需要と生涯学習の概念から導き出された人間の「可能性」を探索するような「生涯スポーツ」としての需要があり、手段としての体育から、運動そのものを目的・内容とする体育へと転換させていこうとする考え方があった（佐伯，2008，pp.27-30）。すなわち、体育は、この時代において、運動の必要性という実用的な側面を持ちつつも、「望ましい生活の創造」（佐伯，2008，p.28）といったような生き方を創造していく側面を備えていったと言える。そして、それらを叶える方法が、児童中心主義に基づく指導方法であり、かつ運動の楽しさを主張するプレイ論であった。

児童中心主義の思想は、戦後アメリカ占領下の教育改革の一環としてわが国の体育の基本的方針とされていたことを考えると、実態はともかくではあるが、1970～80年代においてはプレイ論の方が体育の時代的転換を反映していたと考えられる。これらのことから、「楽しい体育論」とは時代的潮流によるスポーツや生涯学習という考え方と社会構造の変化の交差点で誕生した理論であり、プレイ論を論理的中心に据えた運動の楽しみを享受することを求めた理論であったのである。

3 「楽しい体育論」への批判

これまで「楽しい体育論」の思想的基盤とその背景からそれがプレイ論に基づく運動の楽しさの追求にあったことを示してきたが、ここでは、「楽しい体育論」はいかに評価されたのかということについて述べることにする。

八代（2008）によれば、「楽しい体育論」を中心的テーマとしていた全体研でも、楽しい体育における技能の位置づけについての議論を重ねていたが、それ以上に体育は技能より楽しさを重んじるのか、また体育は技能を軽視する教科なのかといった社会的批判が大きくなったという（p.95）。佐伯（2008）はこれらを「教科構造論的批判」として受け止めつつ（p.8）、一方でそういった「楽しい体育の弱点」もまた「楽しい体育論」の「長所」になると述べている（p.9）。

そのような批判は、のちに体育の人間形成論を発起させる。友添（2009）によれば、1990年代の先進諸国の「学校体育改革」のなかで、体育で実施するようなスポーツ活動は課外活動で代替可能であるという体育を不要とする議論を醸し出し、矢面にたたされたのが、「プレイ論を基盤としたレジャー志向の生涯スポーツ」（pp.9-10）であった。これらの議論と動向は、体育の存在意義を問い直すことになった。体育は「どのような文化領域に対応する教科なのか」ということを明確に意識していない教師が、単に「人間像を目標」に「社会性」や「道徳性」を形成しようと働くことで、教科内容が曖昧であるがゆえに体育は「楽しさ」で「よし」とする教科観を生み出してきたのである（友添，2008，p.99）。

例えば、小学校体育科では学年目標に「学びに向かう力，人間性等」が示されているが、運動領域に改めて同項が示されている。ここに保健領域及び他教科と運動領域との違いがみられる（文部科学省，2018，pp.9-10）。体育は運動をすることを明確な教科内容とした上で3つの柱のうち「知識及び技能」以外の2つをも重視した教科であることを強調している。

これらのことは、「楽しい体育論」が誕生し、ピークを迎えて、批判を浴び、新たな時代のフェーズに入ってから、体育の楽しさをどのように捉えるのかといった核心的な疑問を投げかけているとともに、楽しさの基盤となったプレイ論の根本に立ち返って新たなフェーズを築くことの重要性を示しているように思われる。

4 竹之下にみる体育論とプレイ

竹之下（1972）は戦前の体育の反省と戦後の日本の社会状況の変化を受けてその時代に見合った体育を常に模索していたと考えられ、その成果がB型学習であり、グループ学習でもあった。「楽しい体育論」について言えば、ホイジンガとカイヨワの遊び論に着目して、プレイの本質とプレイに由来する内容論、学習指導論を展開させようとしていた。体育に向けられた彼の視線は、当該時代におさまるものではなく、日本における体育・スポーツの発展という大きな歴史の流れのなかで構築されたものであることが窺える。それらを端的に示すと次のようにまとめられる。

日本には主に大正期に導入されたスウェーデン体操に基づく指導法、すなわち規律、精神や身体の鍛錬、教師への服従といった指導法が根強く残っており、そのような体操の指導法に対する考え方が日本人のスポーツに影響を与えたために、日本人には、ホイジンガの言うような、スポーツ自体が意味を持つというプレイ・エレメントの発想が乏しいと考えられていた（竹之下，1972，pp.116-120）。一方で、竹之下（1972）はスポーツの競技化，組織化が進んで、プロ・スポーツが発展し、それがアマチュアによって支えられてきた従来のスポーツを凌ぐようになったことで日本人のスポーツ観が変化したとする（pp.121-124）。都市化，余暇増大，生活水準の向上，国民意識の変化という社会的動向は、競技としてのスポーツ，教育としてのスポーツに，運動自体に価値を見出すスポーツという新たな関わり方を生み出すことになったが，それでもスポーツは高度化と手段に偏った考えを有する者が「優位」にあって，竹之下（1972）はスポーツとは何かを再考する必要性を指摘している（pp.128-130）。さらには，スポーツの大衆化の果てには，「スポーツをわきまえた人びとの参加がふえた」（p.125）ということであるべきと，大衆化の本質や意味を問うている。

そして，竹之下（1972）は，プレイ自体が子どもから大人までを扱う複雑かつ多様な活動であることから，多数みられるプレイ論についての研究のなかでスポーツにとって有意義な業績

を残したのが、ホイジンガとカイヨワであるとする (p.136)。周知のことではあるが、竹之下の解釈を基に、ホイジンガとカイヨワのプレイ論をまとめてみると、プレイ自体を目的として位置づけた点において二者は共通点を有し、カイヨワはホイジンガのプレイ論を批判的に継承し、またカイヨワは「プレイをあるがままに取り上げ」という点にその違いは見られるが、プレイの定義において大きく異なっている点はみられないという(竹之下, 1972, pp.139-146)。しかし、ここで強調しておきたいことは、カイヨワの理論にはパイディアとルドゥスという「発展的区別」の2つのベクトルとアゴン、アレア、ミミクリ、イリンクスといった4つのカテゴリーがみられることで、後者が欲求や願望に基づく心理的態度によって区別されているということである(竹之下, 1972, p.147)。のちに述べることになるが、その点にチクセントミハイがカイヨワのカテゴリーを高く評価した理由が見出される。

プレイ論をスポーツへ援用するという着想は、イギリスにおける「体育・スポーツ史研究者」の Peter C. McIntosh (以下, McIntosh とする) からの示唆によるところが大きく、竹之下 (1972) は「児童期の体育におけるプレイ・エレメントの軽視が、おとなになってからのスポーツへの態度へ強く影響する」(p.120) という McIntosh の指摘を支持した。McIntosh は 1963 年に *Sport in society* (C.A.WATT & Co. Ltd., London) を発刊しているが、そこで、スポーツにはプレイの要素が必要であると主張して、ホイジンガのプレイの本質を支持し、カイヨワについては、プレイのカテゴリーを評価して、批判をしつつも近・現代スポーツ論へ適用させた(竹之下, 1972, pp.154-156) のである。

このように「楽しい体育論」につながる理論的根拠は、ホイジンガとカイヨワが述べた目的としてのプレイにあり、上記のような McIntosh のスポーツ論から示唆を得て、体育へプレイ論を援用することに始まった。つまり、「楽しい体育論」の「楽しい」は、自己目的的性格の色彩を帯びており、このような理論的根拠を起点にしていたからこそ、その後、先述したような、技能の軽視といった批判へつながったと説明することができよう。

これらのことから本項をまとめてみると、「楽しい体育論」は文化性と教育的実用性(指導法)及び日常生活における実用性(健康)を取り込んだ理論であった。しかし、これらはいずれも客観視される身体によって規定されている。むしろこれから我々が考えなければならないことは、人間の生存、本能の基盤となる身体機能に焦点をあてた議論であり、人はなぜ運動をするのか、どのような機能で運動やスポーツが成り立っているのかというテーマであると考えられる。つまり、教育の対象となる人間そのものやその人間の身体的構造に着目した視点が必要である。そこで、次に、楽しさが生み出される構造について検討する。

Ⅲ フロー理論からみた身体運動における楽しさと内発的動機づけのメカニズム

1 フロー理論の体育への援用

なぜ人はスポーツによって「挑戦」や「満足」を求めるのか、そしてスポーツにおいてより高いものを求める内的な要因とは何かについて考えることとする。そこで、ここではチクセントミハイのフロー理論を用いて、楽しさの構造に関する概略を述べ、それらが体育とどのような接点を持ち得るのかについて再検討する。

ここでは菊の「スポーツ行動論」的アプローチによるフロー理論の解釈と構造から体育・ス

スポーツ、とりわけ体育について考えていくこととする。

菊(2003)は、「文化としてのスポーツ」が、体育・スポーツで用いられるようになった動向を受けて、「文化」をいかにして考えるべきかと問いに対する理論的構築が、スポーツ行動という側面において進められ、またスポーツ行動自体は、誰もが享受できる「無限定」なものではあるが、そこには「文化崇拜意識」や「文化劣等意識」が暗に関わっているとして、体育・スポーツにおける「文化」に対するスタンスに慎重になるべきであると述べる(pp.81-83)。そういった研究動向のなかで、研究視角の一端としてフロー理論に着目した研究者の一人が今村であり、次節において述べるチクセントミハイの著書の翻訳を中心的に担っていた人物である。

国内的なフロー理論への着目を踏まえて、菊はフロー理論を以下のように捉えている。フローは「心理的な相互連関によって」成立しているように考えられるが、レヴィ＝ストロースの理論を鑑みれば、「心理的な現実」は「社会的な現実」に既定され、その「心理的な現実」が社会を既定していくことになる(菊, 2003, pp.90-91)。つまり社会と心理が一種の「サイクル」を形成しているという。さらに菊はチクセントミハイが、このサイクルから生まれる超越的性質に着目して説明した点に研究の独自性があると考えている。

バリ島の闘鶏に向かうバリ島人の姿勢とロック・クライミングに向かう参加者の姿勢とを比較した菊はフローに対する解釈学的アプローチを展開させることになるが、端的には次のように示すことができる。超越とその非合理性という点において闘鶏もロック・クライミングも共通点を持ち、どちらもフロー体験となるが、両者には離脱を経たあとのベクトルに違いがあるという。闘鶏が「カオス(遊び)」に向かうことに対して、ロック・クライミングは課題—能力の一致という「コスモス(儀礼)」に向かう。バリ島人の闘鶏はバリ社会の意味と象徴を読み取ることを可能にし、そこから現実的社会の構造的秩序を理解するという点で反構造的であるが、「そこからは何ものも生み出そうとしない」という点で原構造にはいたらず、ここにロック・クライミングのフロー経験との「決定的な違い」があるという(菊, 2003, pp.91-100)。こういった構造理解に用いられる原構造、反構造の用語としての起点はチクセントミハイにあると思われるため割愛するが、スポーツを「聖」なるもの、つまり社会的に認められるような行動による「コスモス」の世界として捉える一方で(菊, 2003, p.99)、闘鶏を「乱痴気騒ぎやカーニバル」といったものに類似した性質を有する一種の偏見すらも生じさせるような「カオス」としている(菊, 2003, p.92)。菊(2003)はターナーを引用して「ターナーによる『慣習的な考え方、感じ方、振る舞い方が粉碎される』」、要するに、人が行動を通じてこれまでの習慣的考え方や感じ方を崩壊させる原構造的な批判に至ることがフローの本質を捉えたスポーツ行動であるという(p.101)。

しかし、菊(2003)は、増え続けるスポーツ愛好者の出現について、多数の人々がそれぞれのレベルに応じてフローを体験しているが、彼らはスポーツ行動を通じて原構造的な批判には及んでおらず、社会構造を補強するような、安定的なものにするような反構造の立場にとどまっていると指摘する(p.103)。また、スポーツの制度化が「原構造的な批判を封じ込める構造的な戦略」を有し、スポーツの「堅固な、ゆるぎない構造」を作りあげているというのである(菊, 2003, pp.101-102)。つまり、原構造的批判を許さない社会が構築される、されていることを意味する。そして、先に述べたような「文化としてのスポーツ」の社会の到来は、スポーツが「(欲求—必要)のレベルでは語り尽くせない」「多様な物語」(菊, 2003, p.107)になっていく、またそうあるべきであるとする。菊(2003)によれば、このような「文化としてのス

スポーツ」の担い手には、教育制度としての体育も含まれており、体育は、就学期以降の射程として「生涯スポーツ行動」を捉えている (p.107)。

菊 (2003) は、これらを踏まえて体育を次のように説明する。わが国における「堅固な、ゆるぎない構造」は近代以降のわが国のスポーツ行動に対する制度的枠組みによって形成されたと述べ、その枠こそが体育であったし、体育やスポーツに向けられた評価の低さであったという (p.102)。そして、体育は「フロー体験がもっている豊かな反構造的世界に開かれること」が大切であるが、フロー理論を誤解することによってフローが自動的に結果を導くものとして「道具化されていく傾向を生み出す」とする (菊, 2003, pp.104-105)。つまりこのことは、本来原構造的批判を生起するスポーツが、教育制度の枠に組み込まれることで、個人が原構造的批判に至ることを避けるように機能することを示している。個人はスポーツを通じて自分を「粉碎」するに至らず、制度の中で批判は封じ込められるというのである。歴史的にみれば、まさに近代、特に戦前の体育・スポーツはその典型であったとみてよい。

「文化としてのスポーツ」に着目した「スポーツ行動論」的側面からの菊によるアプローチは、スポーツにおけるフロー体験の本質と可能性を指摘し、またそれらの体験が体育の授業の核心ともなり得ることを説明しているといえる。一方で、これまで体育とそれをめぐる制度がそれらを大きく阻んできたと同時に、体育における「楽しさ」はフローに対する誤解によって手段としての理論へと変貌する可能性を指摘しているのである。

2 チクセントミハイによる楽しさの理論とその構造

ここではチクセントミハイの代表的な著書として『楽しむということ』(今村訳, 1991) (原典は *Beyond Boredom and Anxiety*, 1975)²⁾ を概観することとする。チクセントミハイは、当該時代の報酬に関する心理学研究の成果について、楽しさの追求のための行動が欲求の「昇華」としてしか捉えられておらず、動機づけについては外発的報酬や「外発的処罰に対する恐れ」によってなされていたと説明し、金や地位といった外発的な動機づけのみに着目することによって見過ごされる本質の軽視を問題として挙げていた (今村訳, 1991, pp.19-20)。さらに「物的所有」は「天然資源の浪費」と「労働の搾取」の行動を導き、人間の生活の「枯渇」を生むこと、そして近代がまさにそのような時代であったことを指摘し (今村訳, 1991, pp.22-23)、「物的誘因に依存しない」日常の行動から、人間の行為への意味づけ、価値づけ、そこにみられるであろう内発的動機を検討した (今村訳, 1991, pp.24-25)。

人がなぜ「楽しさ」や「創造性」を追求するのかという問題に対して、「臨床的接近法の主流を受けつぐ精神」は、「基本的本能的な欲求と社会的抑圧」の「葛藤」の結果とみる (今村訳, 1991, p.28)。つまり葛藤が生じなければ人間は「何事も楽しくない」、楽しさや創造性を持っていないという説明を導くことになると考えられる。これは特定の状況下でしか活動が意味を持ち得ないということでもあり、人間の行動に対する極めて消極的な見方ということになる。

チクセントミハイが提唱したフローとは「自己目的的経験」としてスタートしたものであるが、活動中に退屈と心配が相殺されて活動に没入し、絶え間ない挑戦を経て、技能をフル稼働させることで明瞭なフィードバックを受け取るという「特異でダイナミック」な状態、また筋の通った因果の体系の流れのなかにあることをさす (今村訳, 1991, p.66)。この体験は、スポーツ活動や身体運動、創造的活動、遊び、また仕事にもみられ、幅広く起こることを指摘している (今村訳, 1991, pp.67-84)。しかし、彼らによって日常生活にある些細な運動もマイク

ロフローとしてフロー概念の一部とみなされているように、個人は何気ない刺激に対する絶え間ない調整をしていて、楽しさを見出すことができるようになっており、それらが不自由になると「注意過程」「刺激入力」の「制御」の「低下」といった「深刻な結果」を生む(今村訳, 1991, p.262) ことになる。このことを「無用のもの、無意味なもの」とみなされていた行為は、精神の健康にとって重要な役割を持つ(今村訳, 1991, p.264) と説明している。この考え方を踏まえるならば、人間は何気ない何かに意味を見出して生きていく力を有して、そのことで人間の生命は成り立っていると捉えるべきである。

チクセントミハイは、「楽しさ (enjoyment)」と「快楽 (pleasure)」を区別して「楽しいもの」とは、「刺激」の特徴や「学習によって得た快体験」のパターンだけでなく、「個人の目標や能力」、「外部状況に対する主体的評価」といった「主体的な諸過程の複雑な相互作用」を有しているという(今村訳, 1991, p.26)。上述のような楽しさは、内発的報酬、外発的報酬の両方によって組織づけられ、ある特定の活動が完全に自己目的であることはなく「一つの連続体上に位置している」(今村訳, 1991, p.45) という。そして、さらに「所与の活動における人間の能力と内発的満足とは結びつかない」(今村訳, 1991, p.44) し、楽しみながら自己目的に行っていた活動に外部から報酬を与えられると「統制」と感じられ「不愉快」に変わる(今村訳, 1991, p.46)。また、「広く行われている楽しい活動でさえ、そのすべての瞬間が自己目的なものとして経験されるという仮定や、内発的報酬に対して常に非常に敏感な人は所与のいかなる経験をも楽しんでいう仮定を立てることはできない」(今村訳, 1991, p.48) とあって、楽しいからといっていつも自己目的とは捉えられないし、また自己目的だからといって自己目的の経験を常に楽しんでいるとも限らないことが理解できる。

チクセントミハイが最も明らかにしたかった点は、楽しさがどのようなメカニズムによって生み出されるのかということであった。内発的動機づけに関する先行研究のなかでもっとも重要とみなした説明が、カイヨワの自己目的的活動のカテゴリーであり、「自分の限界を試し、技術をみがき、新しい経験を克服することによる自己超越の手段」としての理論の一貫性を評価しながら、一方で体系化によっておこる理論の脆弱性をも指摘し(今村訳, 1991, pp.50-52)、自己目的の経験を明らかにした。

その研究成果は、自己目的的活動の構造を調査した「諸理論を支持」しながらも、自己目的的活動における「没入と積極参加」の重要性を示し、また活動は「相互作用」のなかで生み出され、行為の可能性は不透明でもなく予知されるものでもないという特質があったとした(今村訳, 1991, p.60)。さらに自己目的的活動は、「既知のものを乗り越える」、個人の能力を拡大する超越的な側面を有して、物理的障壁と限界を超えていこうとする「身体的能力」を問題にする方法と、苦闘といったような内的障害を越えていこうとする「知的問題」を扱う方法とがあるという(今村訳, 1991, p.61)。これらは文化や時代によって既定される部分もあるとは考えられるが、ここでは人間が新しい次元に突入する方法が示されていて、ダンスといった活動については検討の余地があるものの、まさにスポーツは前者の典型で、体育科・保健体育科の運動領域、体育分野などの運動内容は、前者の色彩を帯びている。

これらの活動に従事する人は、日常では獲得することのできない経験をその活動に見出し、かつそれに努力と時間を注ぎ込んでいると同時に、外発的報酬がばやけていることが特徴で、主に内発的動機に基づいて行動していたという(今村訳, 1991, p.65)。このように退屈と心配の相殺から没入を経て挑戦をし、明瞭なフィードバックを受け取るという「全人的に行為に没

入している時に人が感ずる包括的感覚」をフローとして説明し、それはまたゲームや遊びでもさらには「楽しさとは無縁と思われる活動」においても経験できるもので、さらに「人々はもともとフローそれ自体を求めるといふ（今村訳, 1991, p.66-67)。

体育科・保健体育科では「豊かなスポーツライフ」を目標に、運動を長期的に継続することを想定しているが、それはチクセントミハイの主張を借りれば、運動やスポーツに対する退屈と心配の相殺が可能であるか、その彼方であるフロー体験をできるような身体形成を促すことができるかどうか、に委ねられるものと考えられる。言い換えれば、体育授業がそのような体験をすることを後押しすることができるかということになる。

では、フローに至るといふことは具体的にどういうことなのか。チクセントミハイはフローについて6つの特徴を導き出している。①行為・意識の融合、②注意集中、③自我喪失、自我忘却、超越、世界との融合、④行為や環境の支配、⑤矛盾のない行為と明瞭なフィードバック、⑥自己目的の性質である。これらの6つの特徴をチクセントミハイのことばを借りながら、運動やスポーツ活動の過程に重ね合わせてみると、次のように説明できる。①行為・意識の融合とは、個人は行為を意識せずにいられる段階にあって、「遂行能力の範囲内」の技能を持ち合わせている状態で（今村訳, 1991, pp.68-70）、これらと④行為や環境の支配、⑤矛盾のない行為と明瞭なフィードバックを合わせて考えると、フローとは特定の運動が当たり前に行えるレディネスを有して、運動が自動化されている、もしくは無意識に遂行できる状態にあるということの意味する。さらに自我が忘却されるに至っても（③）個人の身体や挑戦に対する意識が失われるということではなく、フロー状態にあるときには人は内的プロセスを意識し、運動感覚や筋肉に対する意識が高まり、活動中の個人は、自身の身体への意識を充実させている状態にある（今村訳, 1991, pp.75-76）。これらがあってこそ⑤矛盾のない行為と明瞭なフィードバックと考えることができる。このとき、個人は、世界との調和のなかにあると解釈することができる。そういった没入の状態は、①行為・意識の融合の意識を意識しないことであり、②注意集中の注意すべきできないところに注意が向いたときにフロー状態が崩れることと表裏一体の関係にあって、これらについては、亀山（2003）が身心合一の立場から解釈している。また、フロー状態への入るといふことは「挑戦対象の性質や技能の客観的水準に依存しているわけではない」「その人が挑戦や技能をどう知覚するかにかかっている」し、「所与の状況において人が退屈するか、不安を感じるか、またはフローの状態になるかを完全に予知することは不可能」であって、「その人のパーソナリティの特性」についての理解も必要であると考えられているがそれは容易ではないという（今村訳, 1991, p.87)。

このようにスポーツが個人の限界を超越する「身体的能力」という性質を持っていることを考えるならば、体育にとってフローはその一つの学びの要素であると理解することができる。これはすでに述べられていることでもある。フローの特徴に含まれる「自動」や「訓練」（今村訳, 1991, p.81）といった性質を踏まえると、体育のなかで十分に学ぶには難しい要素が含まれており、体育でフローを十分に体験することができるとは考えられないが、経験できないと結論づけることもまた早計な判断となる。体育の授業で「予知」された完全な指導が生み出されるとは限らないことを考えると子どもたちがフローを体験できるような授業づくりを考案すること自体に意義が見出され、その結果として個人にとっての楽しみを構築する可能性があると考えてもよい。そういった理想像を実現しようとする理論が実は体育からみた「生涯スポーツ」論であるのではないだろうか。

そしてチクセントミハイの主張を運動の指導と運動の楽しさという立場から解釈するならば、授業の時間という運動の機会が訪れ、教師が事前に、しかも入念に教材を準備していたとしても、さらには子どもの技能に適した内容でかつそのレディネスが十分に備わっていたとしても、実際に楽しく感じられるかどうかは、授業を受ける子どもの知覚によるところで、「予知」できないこととなる。予測不可能という考え方は、指導の限界を決定するものと捉えられる一方で、可能性のある理論が織り込まれ、周到な教材が準備された指導の展開は、子どもの運動に対する無限の可能性を引き出すことにつながる。体育ではそれが身体を主とした活動や運動を通じてなされ、身体メカニズムを十分に活用した活動になると考えられる。したがって、運動の指導には身体すべてを包括的に、全体的に捉えることもまたその方法となるはずである。すなわち、近年、注目されつつある脳のメカニズムもまた重要となってくると思われる。そこで、次章では脳・神経科学的メカニズムと運動について考えていく。

IV 身体運動と神経学的メカニズム及び神経ネットワーク

1 身体統合性、全体性を説明した体育・スポーツに関する先行研究における記述

序論で触れたように日下（2003）は、自然体験活動におけるフロー体験をとりあげて、このような体験が高齢者の温泉浴でも説明できると述べ、入浴中に起こる身体の「情報システム」に触れている（p.135）。湯浅泰雄の身体論が説明の論拠となっているが、①外部感覚-運動回路、②全身内部感覚回路、③生命維持回路もしくは情動-本能回路という身体システムを経由して、①②③と順に刺激に対する「受動」によって「快・不快の情動反応を引き起こし、その後②①と回路を逆戻りするよう「身体が能動的に感応する」ことで、「外界への身体運動となって表現される」（日下、2003、pp.135-138）と述べている。身体アイデンティティを深めるための自然体験活動や温泉浴といったフローに関わる体験が、身体メカニズムを通じてなされることを指摘したという点で興味深い。

前述のように、日下は日常的な体験活動を研究対象にした身体の「システム」に着目している一方で、「スポーツにおける身体」（日下、2001、pp.115-116）についても記述している。「身体は、さまざまな練習の体験によってある程度習慣化された意識的、前（無）意識的な『はたらきとしての構造』（技量）をもつ行為の主体」で、「技量（技能）は、通常は、身体の潜在的・可能的構造として意識下に沈んでいるが、実際の『動作』を行う時には、現実的統合体の『図』としてその意識下の『地』から浮かび上がってくる。主体は、その錯綜する多数の『地』の「引き出し」の中から、「いま・ここ」に適合した構造を選択し、現実化して「動作」として遂行する」（日下、2001、p.115）という。意識下にある動作は「下位動作」とも言われ、子どもの運動のベースとなる「有意義な行為パターンである」（日下、2001、p.115）とも考えられている。これらの学問的基盤はフッサーからメルロ・ポンティへ継承されることで概念化された「身体図式」にあり、それは世界と運動をつなぐ目に「見えない」「生体自動制御装置」であるという（日下、2001、p.116）。これらを端的に示すと、無数の「見えない」「意識下」にある「下位動作」が基盤となって、見える動作となり、我々の動きが構成される。その過程で我々の身体は、動きを取捨選択し、統制、制御する機能を作動させている。それこそが「生体自動制御装置」であるということになる。そして次のように述べる。

「生ける」習慣的身体は、生理学によって認識される「客体的身体」の底に「実存的^{マズ}志向弓」の束（システム）として滞在し、外界に向かって投射される。このシステムは、解剖学的には「見えざる回路」であり、心理学的には「意識されない回路」であるが、練習によって意識下に体得したこの習慣的構造は、いつでも取り出せる、比較的浅い「記憶」として実在している（日下，2001，pp.116）

このことは人間がスポーツに取り組んでいるときには、目に見える動き、結果としての運動と内的感覚に基づく目に見えない動きやシステム、そしてそれらを成立させる骨格筋レベルの身体機能と、体得・習得として運動を成り立たせるような記憶の機能とが複雑に相互に関連し合っていることを示し、このような指摘は、身体運動が生理、解剖、心理、脳、神経といった身体システムが統合されることで成立していることを意味する。その「回路」の定着具合や統合による「習慣化」の程度が個人差を創り出している可能性がある。ここで日下はスポーツに特化して説明しているが、子どもの運動にとって「下位動作」が重要になるという指摘をも踏まえると、日下の「スポーツにおける身体」は、子どもの運動の延長にあると考えることができる。すなわち、スポーツのこの習慣的構造すべてを体育における子どもの身体活動に符号させることはできないにしても、習慣的構造の一部が反映されることは間違いなさであろう。

次に久保（2018）に着目してみると当該研究の中心的課題は、教育哲学者矢野智司による「客体としての身体」から「生きられた身体」への転換を図るべきとする指摘を受けて、身体教育における身体論を再考し、意味生成として位置づけようとしたことにある。その論述過程のなかで、『身体図式的同調』、自己と他者の同調的感応（共感）、相互作用という身体的体験を生起する」（久保，2018，p.44）神経科学によるミラーニューロンの存在を取り上げた。全体構造を示すために、その内容をまとめてみる。その際、前述の矢野の指摘は、それまでの体育の原理やそれに伴う思想に対する鋭い批判、すなわち我が国の近・現代の体育に対する批判を出発点としているとみられる。このことは「楽しい体育論」ともかわりを有すると考えられるためにまず矢野の身体教育に対する指摘の起点を取り上げることにする。

矢野（1995）は、これまでの身体教育を「身体の教育」「身体による教育」と述べ、それらは個人の身体を「客体として」捉えた教育であったとしている（pp.55-62）。これらの身体教育の根本にある原理についても述べているが、この点については久保（2018）が「労働をモデル」とした「発達の論理」、すなわち「有用性の原理」とコンパクトに示している。（p.35）例えば、入江（1988）は近代の体育が「具体的な労働力へと変換させる社会的装置としての教育」を求め、「身体的能力」を「生理学的、解剖学的な能力を示すのではなく、政策主体たる社会的総資本としての近代国家が要求する政治的、社会的、経済的、軍事的価値へと変換された資質」として労働力という概念に内包されてきたと述べる（pp.13-15）。このような「客体としての」教育とは、戦前の我が国の体育であり、また戦後アメリカ占領下の中で展開された体育のことを指しているとみられる。すなわち「身体の教育」は戦前期の体育であり、「身体による教育」はすでに1910～20年代にかけて萌芽した新体育による影響を受けた「社会性」の教育や「性格」の陶冶といった民主的な体育のことである。戦前期体育の反省に立って、竹之下を中心に戦後の体育が展開されてきたことはすでに確認してきたが、新体育による民主的な体育の受容の問題点について、矢野（1995）は、『経験をとおして学ぶ』という言葉をも、そのまま身体活動をとおして学ぶというように解したため、身体活動を教育のための手段としてしまっ

た」ことにあり、これはデューイが主張したプラグマティズムを十分に理解せずに受容した結果である (p.62) との見方を示している。矢野 (1995) がこのような指摘をした根底には、人間の持つ「可塑性と非固定性」が環境に適応できるような「教育の可能性」(p.55) となるという考え方があり、久保 (2018) の表現を用いるならば、そのためには身体が「実存の主体」(p.44) となり、また「身体は私によって生きられた私の身体」として「意味生成」(矢野, 1995, p.58) をすることが必要であるという。もちろんここには個人の身体は「社会的・歴史的に形成されてきた」(p.57) という捉え方があって、身体による体験が「自己」と「世界」の基礎となること (p.59) を主張している。

これを受けて久保 (2018) は、意味生成の体験に到達するような、「世界の新たな意味」(p.44) を生むような身体教育を論じることとなるが、その過程において、矢野が詳述することのなかった「生きられた身体」「開かれた身体」とは、「主体が溶解し、至高性を回復することが可能な」身体のこと、バタイユ、矢野、稲垣正浩といった研究者間で研究視角や立場の違いによって様々な用いられてきた「溶解体験」、意図的な認知作業を必要としない「非-知の体験」、「内的体験」というものが「至高性」や「生成」といった点で、共通項を有しているとする (pp.35-38)。従来、スポーツにおける至高性や境地はフロー体験や同調、溶解体験で説明され、これらが「高度な運動技術」を要することが前提とされてきたが (久保, 2008, pp.38-39)、久保 (2018) はこれらについて疑問を呈し、当該研究において、目標や結果が重視されない身体運動、パフォーマンス向上を狙わない身体運動についても、溶解体験が可能である (pp.43-44) と結論づける。久保は、体育が「何らかの成果を生み出すことを目標としており、その成果を功利的に生み出す身体、その活動は有用な手段であり、それによって教科の存立が認められている」という「現状」(p.35) を十分に踏まえた上で、「開かれた身体」による身体運動は、「間身体性」によって「身体図式的同調」や「同調的感応」、「相互作用」という体験を生じさせるが、それは神経科学によるミラーニューロンという身体システムの存在を通じてなされるというのである。

以上をまとめると、身体が「実存の主体」となる時代においては、これまでの「身体の教育」や「身体による教育」または「運動による教育」では、説明し得ない時期にさしかかっていると捉えることができる。よって、溶解体験や非-知の体験といった新たな身体性が求められ、溶解体験が技能・習熟レベルにかかわらずあらゆる身体運動に生じるという見方が体育において必要になる。久保は「意味生成」を主張する過程で、脳・神経科学研究による成果にひもづく研究方法上の手続きの重要性を提示していると言える。

2 体育の授業づくりの方法としての諸理論・領域の解釈

ここでは、人間の脳・神経のメカニズムを行動科学的視点から提示したい。よって、ここで依拠した記述は体育授業を受ける子どもたちの身体について直接的に言及されるものではないが、子どもの身体が常に発達過程にあること、つまりやがて一定の成長を遂げて成人の身体になるであろうというという将来的予測からリハビリテーションにおける脳のメカニズムを捉えてみる。このことは加齢とともに変化し続けていく身体を抱えながら生をまっとうしていく我々がスポーツや運動、日常生活における動作についてどのような身体的メカニズムのもとで身体を動かしていくのか、というまさに「生涯」の身体に通じる。

1) 身体所有感、運動主体感、随意運動からみた体育授業の捉え方

動きや動作について触れる前に捉えておくべきことは、人間の身体そのものと運動についてである。森岡（2016）は、「身体性と身体を表現する用語は、時代や学問体系によってさまざまに表現されている」として、これまで身体性と言う用語が多様に捉えられてきたことを受けながら、身体性を「Gallagherなどが論議している身体所有感（sense of ownership）と運動主体感（sense of agency）」に限定した（pp.65-66）。身体所有感とは『この身体は私の身体である』という自己の身体に関する意識であり、「視覚や触覚などの異種感覚の統合により起こり」、「身体所有感の損失や障害」によって「身体失認」等といった状態に至るという（森岡，2016，p.70）。これはすなわち、身体所有感の損失が起こった場合、自分の身体でありながら、それが誰の身体なのか理解できないということをする。

一方で、人間の脳は「錯覚」という現象も生じさせる。森岡（2016）はラバーハンドを用いた研究から得られた結果を基に、「錯覚」は「視覚一体性感覚」が一致していること、「視覚一触覚の時空間」が一致していること、内受容感覚と外受容感覚が一致していること、情動的側面が関わっていることといった一定の条件によって成立するとしている（pp.70-74）。つまり、視覚、体性感覚フィードバックが時空間的に一致している場合、本来偽物であるラバーハンドを見ていると本物になったと感じたり、自分の手になったように感じたりして、ラバーハンドへの刺激を自分の手へ向けられた刺激として受容することができるということである。これらのことは一定の条件下で脳は各種感覚を統合した上でつじつま合わせをして、自分が所有している身体でないものに対して、あたかも自分の身体であるかのような所有感を起こすことができるということを意味する。

他方で、運動主体感とは「自己の運動を実現しているのは自分自身であるという主体の意識のこと」であり、脳腫瘍手術を要する患者を対象にした調査結果を基にして、主に「右の下頭頂小葉の機能が行為者主体の運動意図」を生み出すと考えられている。（森岡，2016，pp.91-92）また、後述するように、「期待される感覚フィードバック」と「実際の感覚フィードバック」の不一致は運動主体感を低下させる（森岡，2016，pp.98-99）。よって、フィードバックの一致が主体感に関わっていると理解することができる。

これらのことから、少なくとも次のように考えることができるであろう。体育で取り扱うような運動やスポーツ活動の際には、一般的に身体所有感が働き、また自身の運動に対する主体意識が働いている。そして、体育授業では学習者の意図・無意図にかかわらずそういった自己の身体を顧みるような努力がなされていてもなんら不思議なことではないのである。

さらに、大築（2020）は、随意運動とは「自分の意志で行っていること、その運動の目的と結果が意識されていること、その開始と停止が意識されていること、そして練習によって上達すること」（p.1）であると述べている。咄嗟の行動については説明の対象から除外して、「強制的」に応じる場合も、動きが「自動化」された場合も、自らの「意志」による運動であるとして「随意運動」と捉えている。ただし、ここにおける「運動」とは、「日常生活」の動作からスポーツ活動までを含めた「運動」であり、「何度も繰り返して」なされるものが「練習」である（大築，2020，p.1）。

佐藤（2018）は、「運動が習熟して無意識で適切に動ける」（p.200）ことの重要性をスポーツの技能習得を例に挙げ、マイネルのいう「運動習熟の最高段階」の「自動化」（p.207）と関連づけて説明し、スポーツにおける「熟練」とは「意識」を向けなくとも動く状態、「無意識的」

に動かせる状態 (pp.207-208) になっていることを指しているという。これはつまり、「熟練」よって「感じ」が「意識の底」に沈む (佐藤, 2018, p.201) とあるように、自分の動きに意識を向けなくとも自然に体が動く状態のことをさし、「地」が備わっている状態のことをいう。ところが「健全な人間であれば、動いているとき自分の身体についてさえあまり意識など向けない。何かものをつかむときでも、意識は対象物へ向かっているのであり、手の位置や動かし方を考えることは少ない。だから、匿名的と言われるのである。そのような身体のあり方が一挙に崩れる例として脳梗塞などによる身体麻痺がある。それまで意識することなく (匿名的) に動かしていた手足が、突然自分の意志に従わない物体になるのである。」(佐藤, 2018, p.202) とあるように、「一体性」が崩壊すると身体の動きが「自動化」されていることに気づくとともに、「地」が個人の意識に浮かび上がる。スポーツにおけるハイパフォーマンスレベルで言及するならば、「自動化」に至るまで特定の運動を行い、無意識に至ることによって「熟練」に到達するのである。「自動化」に至るまで運動をするということは、佐藤の言う「習慣化」(p.201)、大築の「練習」による「上達」でもある。

上述のような説明をリハビリテーション等と対比させると体育やスポーツが鮮明になってくる。障害や病理現象による脳を中心とした身体機能に関する研究から森岡 (2016) は「脳機能に関する理論研究では、運動を『行為を遂行するために外界から適切な情報を選択する手段』と捉え、意識経験や意思決定の重要性を強調する。運動機能回復を学習と捉えるのであれば、この比較照合プロセスが運動機能回復の根底に存在する学習の機序であると言えよう。」

(p.148) と述べる。「比較照合」とは、ここでは誤差学習のことを指しているが、これについては後述する。このことから、脳機能系の研究では、運動は意思決定を導くための手段であって、人間が情報収集をするために運動がなされると考えているというのである。さらに森岡の主眼はリハビリテーションにあるがゆえ、運動機能の回復を中心に運動を捉えており、この立場からは運動は手段とはなりえず目的としての位置づけを有することになることが窺える。このようにみると、体育やスポーツは意思決定の手段ではないし、また機能回復をねらいとしたものではないことが明確になる。そして、スポーツを扱う研究領域では遊びやスポーツにおける本質的な特徴は「脱目的性」にあると考えられてきた (日本スポーツ運動学会編, 2021, p.8)。

2) 運動習得の身体的メカニズム

次に脳領域から身体運動の仕組みについてみていく。「身体運動」には、「一次運動野からのインパルスは内包を通して延髄錐体で大部分 (85%) は交叉」することで脊髄に至る皮質脊髄路があり、6野 (運動前野) から「一次運動野を介さず」に「脊髄運動ニューロンを興奮させる」網様体脊髄路もあって、後者は「同側を下降することが知られており、皮質脊髄路が四肢の運動指令を担うのに対して、網様体脊髄路は四肢の運動に随伴する頭部・体幹の運動指令を担う」(森岡, 2016, pp.15-17) とある。割合は異なってもインパルスは対側、同側に伝わり、皮質脊髄路、網様体脊髄路の働きは一次運動野を経由するか否かという伝達経路の違いがあったとしても身体は全体として機能しながら運動を遂行しているということが出来る。ラットやリスザルを対象とした研究結果から、森岡 (2016) は一次運動野も「挑戦する運動課題によって絶えず生物学的変化としてダイナミックに変化し続けている」(p.17) と述べる。

一次運動野の適応は、大築 (2020) によって日常生活動作に近い運動から「ピアノ」の演奏、スポーツにおける特定の練習までで説明される。そのうちバレーボールのアタッカーの選手と

陸上競技のトラック種目の選手の一次運動野の上肢筋群筋活動誘発領域の比較から、アタッカーの利き手の支配領域が拡大しているという事例を挙げ「一次運動野の個別ニューロンと骨格筋の間にはいわゆる古典的な一対一対の対応のみがあるのではなく」、「複数筋の共同活動による体肢全体の同時複合的な動作がスムーズに出来るように、機能的適応としての大脳皮質―骨格筋神経経路のつなぎ換え」が生じると述べる(大築, 2020, pp.4-5)。このような運動の学習には「前頭連合野, 運動前野, 頭頂連合野, 小脳」そして「海馬, 補足運動野」などが働き, これらを踏まえると運動中には脳の様々な領域が同時に作動しながら, 複雑な運動出現を可能にしている(樋口・森岡, 2008, p.220)と言える。

このなかでも特に運動学習にとって重要な役割を果たしているのが小脳である。小脳は, 運動前野とともに誤差学習にもかかわる領域で, 「運動の記憶, 学習の神経機構」としての役割を持っており, 「筋骨格系の運動の自由度の解放につながるもの」である(樋口・森岡, 2008, p.225)。大築(2020)によれば, この過程には, 海馬における LTP (長期増強, long-term potentiation) とともに「練習による脳の変化」を説明する現象で知られる小脳の LTD (long-term depression, 以下, LTD とする) という長期抑圧システムが働いていて「LTP によってよく使うニューロン回路を強化し, LTD によって不適切な回路を削り落とすことで, メリハリのきいたよい動きを習得できる」ようになる(大築, 2020, pp.1-2)という。

さらに森岡(2016)は, 物を掴む, 握るといった道具を操作する運動には「運動の学習・習熟が求められる」「技術人の熟練, 熟達した動きにも不慣れな時期があったはずであろう」と述べ, それらは運動学習過程で「学習初期は意図した運動予測と実際の運動結果の誤差を小脳が検出し, その誤差を大脳が修正し, 末梢器官に対して適切な運動指令を与えることで運動の精度やスキルが上がる」(pp.148-149)という。このような小脳での誤差の検出のメカニズムを端的に説明すると次のように示すことができる。

LTD はすでに述べてきたように必要のない動きをそぎ落として動きノイズを消し去るシステムのこと, そのシステムによって「洗練化された運動プログラム」が運動の記憶となり, 「内部モデル」が形成される。このモデルを基にした指令が一次運動野に送られることで, 運動は「調整」「実行」へとうつされ, その過程ではモデルに基づいたフィードフォワード制御が作動して(森岡, 2016, p.150), 動きの先取りがなされるのである。

これらの記述を逆説的に解釈すると, 運動を習得しようとするならば人間は誤差学習を経ることが必要で, この過程を踏まなければフィードフォワード制御が作動しないということになる。このことはつまり, 予測と結果の誤差学習を経験したことで自己が「実行」しようとする運動の修正が図られるようになり, 小脳の運動に関わる記憶を踏まえて修正を繰り返すことで運動の「熟練」「熟達」に到達すると考えることができる。これは体育やスポーツの理論で説明される運動の「自動化」, 無意識化と言い換えても差し支えないように思われる。つまり, 運動における滑らかで速やかな動きは, 小脳の記憶や学習の機能によって成り立っているということが共通見解である。誤差学習については後述する。

3) 運動中における脳内の情報処理メカニズムと子どもの運動の捉え方

これまで運動習得の身体的メカニズムに着目してきたが, 次に, これらの運動を出現させる仕組みの一端をとりあげてみたい。その一つに, 脳における情報処理過程があると思われる。森岡(2016)によれば, 人間の脳の視覚情報経路にかかわる脳イメージング研究の進展によっ

て、「目で見た物体がなんであるか (what) といった形態認知は一次視覚野から腹側経路 (ventral stream) を経由して最終的に下側頭葉で処理される。一方、物体がどこにあるか (where) といった空間認知は背側経路 (dorsal stream) を経て頭頂連合野で処理され」、これに加えて後者には「how (どのように行為を起こすか)」という運動制御に関わる働きが説明されるという (p.58)。これらのことから「形の視覚的認識とそれに基づく運動は別物」と述べ、森岡 (2016) はカナヅチ、鉛筆、コーヒーカップの「形態認知」「空間認知」「運動制御」を例としてあげている (pp.58-61)。これらをスポーツに例えるならば、前者は、向こうから飛んでくるものは何か？何に用いるものなのか？といったことをさし、それが今、自分の身体の位置に対してどの地点にあるのかといった相対的位置感覚、さらに飛んでくるものを「身体図式」をも含めてどう操作するのかという後者を通じて、運動の出現に向けた情報処理がなされていくものと考えられる。

中澤 (2021) は「大脳運動関連領野」がかかわる「運動に関連する高次の情報処理」について、野球における「バッティング運動」を用いて文章及び図で説明している。以下、当該箇所を端的に示すと次のようになる。

まず、打者に対して飛んできたボールがストライクとなるなら、バットをふるというような「動作プランと企画」は運動前野で行い、眼や視覚野から背側経路と腹側経路を通じてそのボールの空間認識と飛んできた物体の判断をするといったように「視覚処理」をする。続いて飛んできたボールを見極め、打つべきタイミングで打てるようにバットを振るという行為が続く。ここではそれまでの感覚運動が統合される。その後実際に身体動作に入るが、脚をあげ、腰をひねってバットを振るという動作とその「制御」は補足運動野に委ねられ、最終的にボールを打って飛ばすという段階に至ると一次運動野によって「プログラム」を遂行し、筋による出力へとつながる (pp.141-143)。

このような「大脳運動関連領野」の機能について、「健康な人であれば、そして野球選手であれば、いともたやすくバッティング運動をすることができる。しかしその背後には、高次運動野と一次運動野の働きだけを見ても、これだけ複雑な脳の情報処理と運動の制御機構が関わっている」と結論づけている (中澤, 2021, p.143)。ここで示された「バッティング運動」はスポーツ、運動におけるオープンスキル系の活動であることが読み取れる。本来、飛んでくるボールのコースや速度、球種に加えてボールの重量や性質などに大きく左右される、非常に複雑になり得る運動を身体システムの点から簡潔に示しているが、我々にとって簡単そうに見える動きであっても脳内の情報処理は可視化された動き以上に複雑なのである。

ここで改めて体育やスポーツの立場からこれらのメカニズムを眺めてみると、体育やスポーツにおける学びは、指導の対象となる子どもたちが身体所有感を有し、運動主体感を持つと動作をしていること、その上で小脳を中心とした記憶とフィードフォワード制御、脳内の情報処理といったシステムを用いて、運動というさまざまな挑戦課題を通じて自己の身体地図の再編成をなそうとしていると理解することができる。その際、フィードフォワード制御は大きな役割を果たすこととなり、人間は状況に応じて動き・動作の先取りをしていくのである。それらは修正という過程を経て無意識化へと向かう。彼らはその道程の真っ直中にあると解釈すべきであろう。

4) 運動スキルの獲得における誤差と報酬

運動学習と脳についてまとめていくこととする。具体的には先に述べたような運動の記憶や神経ネットワークの再組織化、脳の可塑的变化という機能を踏まえて、どのようにして運動のスキルが獲得されていくのかといった運動における学習の仕組みについてである。森岡は Schmidt の運動学習の定義を挙げて、「ヒト」が環境に適応しながら運動課題を繰り返し練習することによって、パフォーマンスやスキルの向上を獲得する、その一連のプロセスを運動学習 (motor learning) としている (樋口・森岡, 2008, pp.194-195)。森岡 (2008) が紹介する「鉄球回し」という身体の一部を学習対象とした実験は、日常生活における些細な活動を含んだ「運動」の捉え方で (p.130)、こういった「運動学習」の位置づけは、激しい肉体的活動に限定したものではない。これらに注意しながら「運動学習の様式」を考えてみると「連続的運動学習とは連続的に繰り返される動作 (行動) の中から、運動順序に関する知識」や「身体の手順」を獲得することで、「適応的運動学習」とは、「外界の条件に従いながら「感覚情報に基づいて行う運動学習のこと」で、前者をクローズドスキル (closed skills)、後者をオープンスキル (open skills) と述べて、これらの「神経基盤は異なる」と説明する (森岡, 2016, pp.130-131)。しかしながら、いずれにしても脳内の「相補的な活動」を通じて学習プロセスを構成し、「機能的連結」を経て、「神経ネットワークのダイナミックな変化」を起こしながらスキルを向上させていく (pp.131-132)。

そして、運動学習によるスキルの獲得は、運動主体感や身体所有感と密接に関わる「身体運動制御システム」によって生じる「予測」と「誤差」に支えられている (森岡, 2016, p.98)。Blakemore SJ の成果の引用による「身体運動制御システムの模式図」(森岡, 2016, p.98) を体育やスポーツの学習の立場から端的に解釈するならば、スムーズな動きを達成するためには、身体内部で「円滑な運動の制御」がなされることが必要となる。

さらにこの過程は、運動意図に始まり身体システムを経た「実際の感覚フィードバック」と、運動意図から遠心性コピーを経て運動感覚を予測するという脳システムによる「期待される感覚フィードバック」の「誤差」の「検出」によって引き起こされ、この「誤差」に基づく学習が「誤差学習」である (森岡, 2016, p.98)。「実際」と「期待」に基づく情報が一致する場合もあるし、「実際」と「期待」が一致しない場合もある。一致は主体者の「予測」通りであったということになり、不一致は、「予測」と異なる結果になっている、つまり主体者の思い描いたように身体が動いていないことを意味する。「誤差」については前述の通りであるが、一致する、しないは、「期待される感覚フィードバック」が明確である場合のみに生じるとみられる。つまり、自分がこれから行おうとしている運動に対して明確なイメージが想起されている状態が用意された上での誤差検出である。たいてい特定の運動に精通した熟練者と呼ばれる者たちは自分が行おうとしている運動についてのイメージを描くことができる。しかし、注意しなければならないのは、これから新たな運動を習得しようという段階にある子どもにとって運動のイメージはおそらく容易ではなく、ここに体育の教材に対する意図が重要になるであろうと考えられる。

再び話題を学習へ戻すこととするが、森岡 (2016) は、「運動学習様式と脳機能の関連」を踏まえて運動学習を戦略的に遂行するときに基本となる3つの学習システム①強化学習、②教師あり学習、③教師なし学習を挙げて、「3つの運動学習戦略」(p.138)として示した。ここでいう「教師」とは教壇に立って指導にあたる者をさすのではなく、個人内にある運動の「基準」

のことをいう。①強化学習では報酬とその誤差システムは要となり、②教師あり学習はすでに述べてきたように内部モデルによる修正が重視される。本稿では①強化学習に着目したい。森岡（2016）が取り上げているように、「強化学習」（reinforcement learning）とは、「環境において主体が現在の状態を観測し、とるべき行動を決定する機械学習の一種」であり、「報酬系の作動によって起こることから、報酬学習とも呼ばれ」、「報酬予測誤差情報によりその運動が強化される学習過程」のことをさす（森岡，2016，pp.138-139）。この学習の最大の特徴は、学習が報酬を目的になされることを意味するだけでなく、報酬を予測するときにも働き、「遅延報酬にも対応」している点にあり（森岡，2016，p.139）、「学習者が外的な報酬のみを意識するのではなく、内的な感覚手がかりを報酬に変化させるプロセスにこの強化学習は意味をもち、古典的条件づけ理論との相違がある」（森岡，2016，p.227）という。強化学習は「中脳ドーパミン作動系ループ」が大きく影響を及ぼし、黒質緻密部を起点にした運動の発現に関わる経路と、腹側被蓋野から中脳辺縁系または中脳皮質系の経路が機能し、「腹側被蓋野からの経路は意欲（motivation）に関与し、この意欲を生み出す経路は運動学習を継続するための大事な経路」と述べている（森岡，2016，p.139）。

大築によるスポーツをも視野に入れた「運動学習（Motor Learning）の進行経過」（2020，p.11）のなかでも報酬と学習のかかわりが説明されている。以下それを端的に示すと、運動学習は①潜在学習から②顕在学習へ、そして③定着、④保持、⑤想起という5つ進行段階が挙げられているが、③定着以降の3過程は「習い覚えた1つの技術動作を適切に定着させ、出来るだけ長く保持して、臨機応変に想起して応用することが、巧みな動作を行うために重要」（大築，2020，p.12）であると述べられている。一方、①潜在学習と②顕在学習は、運動の「習熟期」としての位置づけがなされている。①潜在学習は、幼児期に模倣によって運動を学習したり、ミラーニューロンなどの機能によって見聞きしたりすることによって運動を学習していく段階のことで、ここでは報酬と動作がいかに関連性を有しているのかを模索する時期であり、そして学習後期にあたる②顕在学習では報酬と動作が明確に把握されている学習期であるという（大築，2020，pp.9-11）。「我々が普段スポーツ動作の習得のために練習する場合は、最初から免許皆伝などのような上達という報酬を目指して行うのであるから、顕在学習に属する」と説明されているように（p.11）、体育やスポーツにおける技能の習得にかかわる事項が「報酬」として示されている。

さらに強化学習は、「予期しない、あるいは予期した以上の報酬」によって高められ、『報酬予測』と『実際の報酬と予測の差（報酬予測誤差）』を脳はコード化し、「この予測された報酬と実際の報酬における差（prediction error: RPE）」³⁾が生じ、「実際の報酬が予測を上回る場合を『positive RPE』、実際の報酬が予測を下回る場合を『negative RPE』と呼び、positive RPEが大きいほど最大の学習効果が得られるが、繰り返しによりその positive RPEは減少し、学習後期には小さくなる」という（森岡，2016，p.141）。既存の研究結果によって説明されるこれらの事実から、森岡（2016）は「練習の繰り返しによって、通常、意欲が低下していくのはこの positive RPE が減少していくから」で「指導者」は「新たな活動や新しい文脈、すなわち新しい難易度を有した課題をつくり提案することが必要になる」（p.141）としている。体育やスポーツ活動中にも同様のことが想定され、技能を獲得することで positive RPE が減少し、活動そのものに対する意欲が低下することが考えられる。そういった場合に体育やスポーツの指導者は、報酬予測誤差の程度に応じた課題の提示が望まれると言える。これが、体育で言う

「実態に応じた」ということであろう。

ここまで報酬の果たす役割について述べてきたが、本章をまとめるにあたって報酬の持つ本質について捉えたい。つまり、RPE に準じて体育授業で学習者の意欲が低下しないような、飽きないような課題設定が必要であるとすれば、またそれを報酬として考えたならば、報酬が単なる一時的なおもしろさやプレイ論にみられるような興奮を伴うものであればよいのか、その点について注意深く考察されなければならない。なぜなら、すでに述べてきたように、単なる活動としての体育は体育という教科の存立を危機に陥れるような議論を展開させてきた経緯があるからである。

森岡（2016）によれば、過大な報酬予測は報酬予測誤差を負の意味で大きくさせることがあり、これらは学習に「無力感」を生じさせることにつながるという（pp.141-142）。だからこそ難易度が重視されるのであるが、加えて報酬とは「金銭的報酬やパフォーマンス結果」だけではなく「他者に褒めてもらうといった社会的な報酬」をも含んでいる（森岡，2016，p.143）。森岡（2016）はこういった報酬に基づく学習について「最近になって、報酬に基づく強化学習には3つの階層に分かれていることが指摘されている」として、Kim（2013）による「報酬価値・行動の神経システム」を紹介し、それを身体運動の立場から解釈している（pp.144-145）。Kimの理論とその理論的背景については次章に詳述するとして、まずここでは森岡の「報酬価値・行動の神経システム」解釈と運動学習への理論的援用について検討する。

まず、3つの階層の内容について①報酬に基づく行動、②価値の判断と意思決定、③目標志向型の制御のことであると森岡は訳語で説明している（森岡，2016，p.145）。第1層は腹側線条体を主として快樂という心理学的情動を引き起こし、学習初期の動機付けの生成、次に第2層は、眼窩前頭皮質に対応した価値判断を担い、学習の動機付けの維持にかかわって、第3層は前頭連合野背外側部を中核として目標志向の行動へつながり、目先の報酬で満足することなく報酬価値を高めたり修正したり、報酬を先延ばししたりして具体的な目標を立てるように働くとする（森岡，2016，pp.144-145）。第2層は「失敗してもそれ（失敗すること）が報酬」になり、「失敗が続いて新たなスキルを学習することが自分にとって価値あることといった思考の柔軟化に関わる」「失敗が徐々に修正されて、さらに洗練された運動スキルを学んでいくに違いないと未来志向的な意識へと変換させていく作用をもつ」段階として理解とされ、一方第3層による目標志向型の制御は、「ヒトが目先の報酬感のみで満足せず、報酬価値を高めたり、修正したりしながら、その報酬感を未来に先延ばしし、その報酬を得るために具体的な目標を立てて自己の身体行動に基づいて認知的に制御してく知性をもった生物であることを示すもの」と考えられている（森岡，2016，p.145）。

こういった強化学習に対する理解を体育やスポーツの立場から解釈するならば、次のようなことについて言及することが許されるであろう。「報酬価値・行動の神経システム」における第2層そして第3層へと至るにつれて人間らしさが反映され、これらの階層による報酬を通じて、人間は運動に対する未来への可能性をもつことができると同時に、運動によって人間の身体はゆっくりと神経ネットワークを再組織化させる。それはやがて自らの力で変化を起こすというように未来を切り拓くこととなる。これらを体育授業に置き換えた場合、一過性の、一時的な楽しみを求める授業とは、第1層の行動に基づく活動であると捉えられ、体育は第2層や第3層へと至る過程を導く教科であることが望まれる。人間にとって、運動とは、negative RPEを報酬へ変換することにあるように、失敗を修正し、洗練させることができるかもしれないとい

う意識への変換を促すことができるもの、報酬の未来への先延ばしによって、失敗やうまくいかない運動に対して忍耐し、それらを克服するための目標を立てて、粘り強く取り組むことができるものと言えるのではないだろうか。ただし、ここには就学期の教育や学習といった観点が含まれていない。よって、次章では Kim (2013) の示す理論を検討することとする。

V 強化学習の仮説モデルの論理的検討と身体教育

前章において、報酬の存在と強化学習の構造を示し、それらが人間らしい行動を成り立たせていることを確認した。本章では、Kim による報酬と神経システム理解に着目して今後の教育・研究上の動向や理論を明らかにし、体育の授業づくりへの糸口を模索していく。

1 Kim によるモチベーション諸理論の収斂と教育的動向

Kim (2013) によれば、モチベーションの研究が、強化学習理論、欲求理論、帰属理論、自己効力感理論、自己決定理論、期待理論、到達目標理論、興味理論、自己制御理論など様々な心理学的な理論を構築させ、これらによって複雑であるとされるモチベーションの理解が深められてきた (p.1) という。その一方で、そのような「伝統的な理論」は、モチベーション概念を曖昧にさせたり、包括的な理論を欠如させたり、それらの測定方法に限界を生じさせたりしてきたことを指摘して、Kim はこれらを「3つの限界」(p.1) と捉えている。これらを打破するために、Kim (2013) は「ニューロイメージング技術を用いた脳活動のパターンの測定」に着目し、「タスク中の脳内変化を調べることによって、ダイナミックだが一方で潜在的でもあるモチベーションの性質」(p.2) を理解しようと、認知神経科学、感情神経科学、社会神経科学、発達神経科学、神経経済学の研究成果に基づいた「モチベーションプロセスの仮説モデル」を提示した。そのような研究方法について Kim は次のような意義を説明している。

「神経教育学や教育神経科学の領域は、教育、発達、認知、感情、社会神経科学を結びつける学際的なフィールドで、カリキュラム開発、学習戦略、指導方法、学習教材、そして多様な形で学習を高めるための介入プログラム、究極的には最善の学習環境を与えることにねらいを置いていて」、前者は「子どもや青少年の脳の発達特性がモチベーションに関わる脳機能を最大限に利用できるようなことも考慮され」ながら教育へ「貢献」し、後者は「現存するモチベーション理論のなかで異論が多い議論を解決することに貢献し、伝統的な慣例を越えてモチベーションに関する創造的な理論を提起することが期待される」とする (Kim, 2013, p.10)。これらのことから、Kim の理論は神経科学に関する成果に基づいたモデルをいかに教育に還元させるかという点に集約されていることが窺え、Kim による仮説モデルはその一端をなしているのである。

2 モチベーションプロセスの構造

初めに Kim (2013) は、「Levels of explanation and units of analysis on motivation」において、心理学研究の成果を踏まえ、モチベーションを行動レベル（選択、頻度、エフォート、時間、制御）と心理レベル（快樂、価値、目標）、そして神経科学的成果から神経レベルを挙げて各レベルを分析ユニットとした (p.2)。次に「Three sub processes of motivation process」では、モチベーションプロセスの生成、維持、制御を示し、それらに関連する脳領域を挙げて

モチベーションの「下位プロセス」と位置づけ、さらに「Key brain regions related to motivational process」では、心理学的レベルの分析ユニットを中心に、モチベーションプロセスと脳の主たる領域を示した (Kim, 2013, pp.3-4)。総括すると、モチベーションの生成は快楽を基盤に「報酬に基づく行動」(reward-driven approach) を生起し、それらには神経学的レベルとして NAcc (側坐核) とそれに深く関わる ventral striatum (腹側線条体)、さらには ventral striatum に情報を送る Amygdala (扁桃体) が機能する。維持は「価値の判断と意思決定」(Value-based decision) によって引き起こされ、それは価値という心理レベルに依存し、意思決定に関わる脳領域である OFC (眼窩前頭皮質) を中心に striatum (線条体) や ACC (前帯状回) が機能する。そして、目標を持つことで働く「目標指向型制御」(Goal-directed control) はモチベーション制御に関わり、DLPFC (背外側前頭前野) が主たる脳領域となる。これらが森岡の「報酬価値・行動の神経システム」の3つの階層の説明の基となった理論である。

なかでも報酬はモチベーションに「最も大きな影響を与える変数のひとつ」であり、「報酬系のプロセスは一連の「下位プロセス」で成り立っていると Kim は説明する (Kim, 2013, pp.2-3)。例えば、「報酬を期待すること、行動を伴う報酬を連想すること、報酬獲得のために計画をすること、報酬の価値を符号化すること、報酬にかかわる価値を塗り替えること」があり、「多様な脳の領域が報酬系過程のなかで強化され」、そのなかでも「報酬に関連する脳の主要な領域は、一般的に報酬経路として知られているドーパミン経路である」(Kim, 2013, p.3) という。これらのことから報酬はモチベーションを基礎づけるような「下位プロセス」である脳の領域によって強化されながら、モチベーションを大きく左右する「変数」となること、また報酬をめぐる人間の脳内は多様な領域を活性化させ、多様な考え方や捉え方に至っているということが言及される。すなわち強化学習とは、そういった身体システムを活用した学習ための戦略の一つであると理解される。

強化学習時には中脳辺縁系ドーパミン経路 (mesolimbic dopamine system) と中脳皮質系ドーパミン経路 (mesocortical dopamine system) に区分される経路を軸とした神経伝達物質、ドーパミンがかかっているという (Kim, 2013, pp.8-9)。さらに報酬処理 (reward processing) には、モチベーションプロセスにかかわる脳領域のうち、欲求や情動に対してより強く結びついた OFC, Amygdala, NAcc と「目標到達のための実行」に重要な役割を果たす DLPFC, MPFC (前頭前野内側皮質), ACC がある (p.3)。脳領域とドーパミンの関係性については後述するが、先にモチベーションとも言い換えることのできる内発的な動機について確認したい。

Kim (2013) は「例えばサッカー選手はサッカーをするために強く内発的動機をもっているかもしれないが、肉体的トレーニングやサッカーの練習の間に時折快楽の感情を持たないかもしれない。内発的な目標志向型行動は、本能的に動機づけられているが、目標に到達するための手段になる行動は一時的に不快となることがある。快楽 (pleasure) や楽しみ (enjoyment) が内発的動機づけの十分な条件とはならないという新たな主張が優位にある認識となっている。」と述べて、「内発的に動機づけられた活動は必ずしも快楽を帯びた楽しみ (enjoyment) を引き起こすとはかぎらない」と結論づける (pp.4-5)。

内発的動機を有しているにもかかわらず「不快」な感情が引き起こされる理由について、Kim (2013) は Berridge と Robinson の研究成果を基に、報酬における「2つの価値」を示した。それが「好意の程度に応じる快楽的価値」すなわち liking と「欲求の程度に応じた誘意性の価値」、wanting である (pp.4-5)。その例と説明を端的に示すならば、コカイン中毒にさらされ

たラットは、薬物を欲するが薬物を好んではないというもので、ラットを用いた NAcc への刺激は **wanting** を生じさせるが、感情に関わる **liking** と意思決定や実行に関わる **wanting** は「NAcc のなかでも解剖学的には分かれている」として、これらは脳内におけるシステムとして区別されるために、人々が喜び (**pleasure**) や楽しさ (**enjoyment**) を感じるときに活動を継続するという従来のモチベーションの説明には慎重な解釈が必要であるという (p.5)。さらに、これらの成果から Kim (2013) は「学校での活動がモチベーションを引き起こすために楽しく (**enjoyable**) あるべきという考え方は注意深い再考を要する。なぜなら、快楽 (**pleasure**) や楽しみ (**enjoyment**) は自動的にモチベーションを導くとはかぎらないからである。」(p.5) と指摘する。「長距離走」や「体の動きを高める運動」など個人によってはそう感じられる運動もあるだろう。

これらのことからモチベーションは報酬によって大きく影響されるが、そのときには様々な脳の領域が活性化する。しかし、**liking** と **wanting** にみられるような近年の研究成果から好意と欲求のシステム上の相違に着目して考えることの必要性が示唆される。したがって、体育において、喜び、楽しさを短絡的にモチベーションと関係づけようとする理解は慎重に捉えらるべきである。一方で、そのような短絡的理解が「楽しい体育論」の誤解を生み出してきたとも考えることができる。

3 報酬予測誤差 (RPE) と学習効果：モチベーションの維持

強化学習にドーパミンが関与していることをすでに示してきたが、Kim (2013) はパーキンソン病の事例から「ドーパミンは主に報酬や快楽 (**pleasure**) に関係していることで知られているが、そのドーパミンとは運動パフォーマンスや調節、学習、記憶に重要な役割を果たす神経伝達物質」(p.5) で「学習の程度はドーパミンの放出量による」(p.6) と述べる。ここでいう「学習」とは「刺激」と「行動」「結果」を結びつける強化のことで、それがポジティブであってもネガティブであってもドーパミンの放出量は増大するが、この現象は予期された報酬と実際の報酬の誤差、すなわち RPE によって引き起こされ、「予期」と「実際」の差がその増減に関わるといことが読み取れる。このような説明は、ドーパミン放出量が、個人にとっての報酬の大きさや程度をよりどころとするのではなく、RPE の誤差によってニューロンがどの程度活性化するか依存していると捉えることができる。

上述のようなドーパミンと学習の関係性について Kim (2013) は「適応の観点からみれば、非常に効果的な学習方法」(p.6) と捉えており、指導方法の原理の一端とその課題について次のように指摘する。

RPE には **positive RPE** と **negative RPE** の2つのタイプがある。(…) **positive RPE** が大きければ大きいほど驚きも大きくなり、それゆえ学習は最大のものとなる。しかしながら、繰り返し報酬を活用することによって **positive RPE** が小さくなると同時に報酬そのものに対する期待も大きくなる。そのため学習がもたらすものはなくなり、報酬はゼロにかぎりなく近くなる。(Kim, 2013, p.6)

目標行動に対して児童生徒のモチベーションを維持するためには、目標行動の間とそのあとでドーパミンが一定程度放出される必要がある。(…) 学習を最大にするためには

positive RPE が大きくなるような比較的新しい強化が必要不可欠となる。(…)しかしながら、教育者にとって通常モチベーションを損なわせる反復練習を行うことを求めるような学習がジレンマの一つとなる。(Kim, 2013, p.6)

このような記述を踏まえると体育を次のように捉えることができる。学習の経過や習得状況によって次第に低下する報酬や報酬予測誤差のなかで、学習者がモチベーションを維持するためには、ドーパミンが放出されるような学習内容が求められる。その一方で、学習には「反復」を要するものもあるというのである。ここに「楽しい」活動に対する指導者の見極めが必要になってくるように思われる。体育授業でいうならば、それらは、「ボール運動」、「球技」で用いられるドリルゲームという教材の総称に象徴される。つまり、我々は、ボール操作にかかわるドリルゲームを、「楽しい」活動と「反復練習」の「ジレンマ」のなかで生み出されたであろうゲームとして理解することができるし、それらの理論的根源のひとつが RPE にあるであろうという解釈に至るのである。

そして、RPE と学習効果に対する Kim (2013) の見解は以下に帰結する。「初歩的なモチベーションを持ち合わせていない児童生徒」にとって、教師による「報酬を引き出すようなアプローチ」や「賞賛」、情動や感情によってモチベーションが生じ (p.9)、そして「positive RPE を通した学習はモチベーションを継続するプロセス」となり、「誤差が大きくなればなるほど、学習者の意識も大きく」なって、「集中力を発揮するような学習」となる (Kim, 2013, p.6)。一方、「モチベーション維持のプロセスのなかで、positive RPE と価値判断は非常に重要なファクターとなり、失敗の経験や認識された苦痛は敵となる」(Kim, 2013, p.8) のである。

この説明からはモチベーションを継続させるためには、RPE が大きい方が望ましく、またネガティブな結果を招かないようにすることが望まれると考えることができる。しかし、「期待された報酬が行動の結果として与えられると、行動の価値が下がり、フラストレーションによって接近行動の減退が次第に大きくなり、また、代替となるその他の行動が圧倒的に魅力的になっていく。この誘惑は長期にわたる目標を想起することや現在のパフォーマンスをモニタリングすること、具体的なプランを設定すること、新しい戦略を選択することのような未来に向けての認識コントロールによって阻害される。」(Kim, 2013, p.9) とあるように、negative RPE にも一定の重要性があることが説明される。

negative RPE によってなされる認識コントロールは目標志向型行動を追求するため、また新たな報酬を見つけるような計画と戦略を修正するための失敗の成功の状態のなかで、自己調整のプロセスとなる。(Kim, 2013, p.9)

モチベーション調整の敵となるものは、即座の衝動や実行処理能力の低さ、特定のゴールや目標の不足である。欲求充足や目標への到達を遅延させることはモチベーション調整にとってのバロメーターとなる。(Kim, 2013, p.9)

これらのことを踏まえると、学習者は、それぞれに関わる脳の領域の機能を介することによって、特定の活動へのきっかけが生じ、特定の活動への「価値」を高めて「目標」に向かいながら最大の能力を発揮していくことになる。その過程では、「失敗」や「誘惑」を越えて認識を

コントロールし「欲求充足」「目標への到達」を遅らせ、目標を再確認しながら学習を進めていくのである。

ただし、「子どもや青年にとって彼らの OFC を含めた前頭葉は未発達であり、経験不足が価値の創造に限界を与える。それゆえ、我々は学習することの有益性を彼らに知らせることもあるし、彼ら自身に選択する機会を与えることもあるし、価値判断の質を高められるようにすることも求められる。」(Kim, 2013, p.7) とあるように、「未発達」であるがために子ども自身が行為に価値づけできなかつたり、見失ったりすることがある。そこに関わる者が一定の発達を遂げた「成人」としての教師になるのであろう。

そして、スポーツの本質と RPE という報酬の観点から体育での活動について改めて考えてみると、「脱目的」的で快樂を求めるのも運動であり、「目標」に向かうことも運動であるとみなされるし、「失敗」することもまた運動で、目標到達を「遅延」させるのも運動である。すなわち、はじけるような感覚を得られるのも体育であるし、目標を見つけ出してチャレンジするのも体育の活動であるし、またミスすることも体育の活動である。運動に取り組むなかで目に見えるような成果が生まれていない子どもがいたとしても、その子どものモチベーションが低いもしくは低下しているとは断定できない一方で、例え完成度の高い動きを見せる子どもや特定の運動を好んでいる子どもがいたとしても常にモチベーションを継続するには十分な状態であるとは言えないのである。ここで述べることができることは、negative RPE が生まれる運動よりは、positive RPE が導かれる運動内容の方が好ましいということ程度である。ここに体育授業を担当する教師の力量が発揮されるのである。これらを踏まえて、最後に体育における楽しさに着目した授業づくりについて考えていくこととする。

VI おわりに～体育の授業づくり～

これまで述べてきたように、体育授業では生涯にわたってスポーツに親しむこと、「豊かなスポーツライフ」の実現に向けた態度を形成することが最終的な目標とされている。しかし、楽しさという点に着目した場合、「楽しい体育論」にみられるように教科の存立に関する議論は戦後の体育の克服すべき課題のひとつであったととらえてよいものと思われる。そしてプレイ論やフロー理論にみられるような楽しさを追求する自己目的的活動及びスポーツが歴史的に有してきた快樂や娯楽、楽しみといった人々の姿勢と態度(田端, 2019)が、一方で体育における楽しみを感受する活動を曖昧にしてきたとも考えられる。近代における身体の取り扱いを乗り越えようと、個人の実存に目が向けられた時代にあつては、身体によって個は体験し、運動によって世界を形成し、環境との調和をなすものとして捉えられようとするが、やはりここでも体育の教科としての限界が自覚されることとなる。

そうしたなかで、神経科学を中心に身体構造や身体メカニズムに関する研究成果が蓄積され、とりわけ脳の科学的研究については、意識や日常生活における動作やスポーツ活動中の脳内メカニズムすらも明らかになってきている。これらの研究の進展は、体育で扱う子どもの身体とその機能を一元的に人間の運動として把握しようとすることや子どもの身体を物的対象としてみなすことを助長する危険性をもはらんでいる。これらのことを踏まえながら、強化学習の理論を用いつつ、体育授業づくりの試案を提示して本稿を締めくくることとする。

体育授業にかかわらず、各教科では指導内容の明確化、指導と評価の一体化、カリキュラム

マネジメントなどと学習指導要領のもつ法的拘束力に旋回させられながらスタンダード化に向かっていると考えられる。そのなかで絶え間ない授業研究活動を求められているのが教師であるとも言えよう。

体育授業では何ができるのか。授業は健康観察や点検、スタンダードに従えばめあての提示といった導入、主たる活動を構成する展開、それらを振り返る終末で構成される。体育における教材研究と言えれば専ら主たる活動の工夫、実態に合わせた内容構成がその対象となるが、教材の配列や導入と展開のつながりを考えた場合、導入となる運動を柔軟に構成することが重要となるように思われる。それらは主たる活動につながるような、といった視点が一般的に優先されるが、これまで述べてきたように、子どもの身体的発達や神経科学的ネットワークの形成、また小学校体育の内容構成授業などを中心に考えれば、すべての運動は個人の運動というつながりを有した関係性のなかで成り立っていると言うべきである。それらを強化学習の3つの階層、すなわち、①「報酬に基づく行動」、②「価値の判断と意思決定」、③「目標志向型の制御」に照らし合わせてみると、必ずしも子どもは技能の習得によって楽しいと感じるわけではないし、しかし、学習内容のない授業に退屈しないわけでもない。個人はいつ、どの内容において運動を楽しみと感じるか、それは「予知」不可能なのである。そうであるならば、3つの階層がひとつの単元計画や単位時間計画のなかにもちりばめられたような授業づくりを考えてはどうだろうか。現実的には指導内容を明確にし、適切な評価を実施することが求められ、よくも悪くも可視化された運動が技能として我々の眼前に表出されるのであるが、学習者にとっての1単位時間の体育の時間は多くの人とのかかわりや神経ネットワークの形成及び再組織化、学習者の意思や思考・判断、そして情緒が無数に重なりあった時間となる。その無数の体験のなかで先生や友達に褒められたから運動が楽しく思えたという子どももいてよいし、単元を通して失敗と修正を重ねながら懸命に練習し、粘り強く取り組んで技能を獲得した子どもがいてもよいし、そうした子どもがいたとして例えそれがその授業内や単元内で大きな成果を生まなかったとしても、そのような体験を経て課題や計画を明確にし、自分にとっての運動を長期的な展望で見通すようになった場合は、生涯という観点から見たスポーツへの関わり方の一端を、報酬系を経て獲得したと言えるのではないだろうか。個人にとっての運動のインスピレーションは、多様な「地」という土台を経て、ある時、突然訪れるのであろう。このような見方で3つの階層を捉えた授業づくりがあつてよいと思われる。

本研究においては各分野、領域で使用される用語についての詳細な検討及び統一が十分になされたとは言えない。これらのことを踏まえつつ理論構築をしていくことが今後の課題である。

注

- 1) 『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 保健体育編』（2018）及び『高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 保健体育編・体育編』（2019）にも同様のことが明記されている。さらに体育科・保健体育科では12年間を「各種の運動の基礎を培う時期」「多くの領域の学習を経験する時期」「卒業後も運動やスポーツに多様な形で関わるができるようにする時期」（文部科学省，2018，p.10）と3つに区分している。
- 2) フロー理論として取り扱う題材がスポーツに限定されることによって本研究の対象である体育授業から疎遠になっていかざるを得なくなる。こうした外延—内包の哲学的研究方法論上の理

由により、『楽しむということ』に限定して考察した。

- 3) 森岡 (2016) では RPE (reward prediction error) について PRE と表記されている。本稿では引用も含めてすべて RPE として表記を統一した。

参考文献

- 橋本公雄ほか編 (2021) 自己成長をはかる大学体育—挑戦的課題達成型体育授業の理論と実践—。花書院。
- 樋口貴弘・森岡周 (2008) 身体運動学—知覚・認知からのメッセージ—。三輪書店。
- 今村浩明・浅川希洋志編 (2003) フロー理論の展開, 世界思想社
- 亀山佳明 (2003) フロー経験と身心合一。今村浩明・浅川希洋志編, フロー理論の展開。世界思想社, pp.40-80。
- 菊幸一 (2003) スポーツ行動論としてのフロー理論の可能性。今村浩明・浅川希洋志編, フロー理論の展開。世界思想社, pp.81-110。
- 菊幸一 (2014) 嘉納治五郎が残した課題と日本の現代スポーツ—日本の生涯スポーツ推進における「失われた三〇年の課題」を克服するために—。公益財団法人日本体育協会監修・菊幸一編著, 現代スポーツは嘉納治五郎から何を学ぶのか—オリンピック・体育・柔道の新たなビジョン—。ミネルヴァ書房, pp.293-300。
- Kim, Sung-il (2013) Neuroscientific model of motivational process, *Frontiers in psychology*, 4: 1-12。
- 久保正秋 (2018) 意味生成としての「身体教育」の可能性。体育学研究 63: pp.33-48。
- 日下裕弘ほか編 (2001) 生涯スポーツの理論と実際—豊かなスポーツライフを実現するために—。大修館書店。
- 日下裕弘 (2003) 自然体験活動におけるフローと身体アイデンティティ。今村浩明・浅川希洋志編, フロー理論の展開。世界思想社, pp.111-142。
- ミハイ・チクセントミハイ: 今村浩明訳 (1991) 楽しむということ。思索社。
- 文部科学省 (2018) 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 体育編。東洋館出版社。
- 森岡周 (2016) リハビリテーションのための脳・神経科学入門 改訂第 2 版。協同医学出版社。
- 中澤公孝 (2021) パラリンピックブレイン。東京大学出版会。
- 成家篤史 (2021) 新しい体育の教材論, pp.53-58。鈴木直樹ほか編, GIGA スクール時代における体育の「主体的・対話的で深い学び」—Society5.0 がもたらす体育のコペルニクスの転回—。創文企画。
- 日本スポーツ運動学会編 (2020) コツとカンの運動学—わざを身につける実践—。大修館書店。
- 大築立志ほか編著 (2020) 運動学習の脳・神経科学—その基礎から臨床まで—。市村出版。
- 佐伯年詩雄 (2008) 「楽しい体育」批判の思想的根拠を問う。全国体育学習研究会編, 「楽しい体育」の豊かな可能性を拓く。明和出版, pp.6-9。
- 佐藤徹 (2018) 現象学的スポーツ運動観察論。大学教育出版。
- 田端真弓 (2019) 幕末期日本における居留外国人のイギリススポーツへの姿勢—The Daily Japan Herald ならびに The Japan Herald の記述を手がかりに—。東北アジア体育・スポーツ史研究 4: 11-22。
- 竹之下休蔵 (1972) プレイ・スポーツ・体育論。大修館書店。
- 友添秀則 (2009) 体育の人間形成論。大修館書店。
- 綿引勝美 (2021) 体育。日本教科内容学会編, 教科内容学に基づく教員養成のための教科内容の構成の開発。あいり出版, pp.181-196。
- 矢野智司 (1995) 子どもという思想。玉川大学出版部。
- 八代勉 (2008) 「楽しい体育」は技能軽視の体育か。全国体育学習研究会編, 「楽しい体育」の豊かな可能性を拓く。明和出版, pp.15-19。

Creating Physical Education Classes that Focus on the Mechanism of the Emergence of Enjoyment in Exercise :

Physical Exercise and Neural Network Based on Reinforcement Learning Theory

TABATA, Mayumi

Abstract

This study clarifies the mechanism of emergence of enjoyment in physical exercise, focusing on enjoyment for the voluntary evolution of sports throughout one's life, which is the goal of physical and health education. The research methodology was as follows. (1) Describing the emergence of the 'theory of enjoyment in physical education' (theory of *Tanoshii-Taiiku*) that dominated physical education in the 1980s, its theoretical and ideological basis, and the definition of 'enjoyment'. (2) Examining the circumstances that make up 'enjoyment' for people engaged in physical exercise focusing on Mihaly Csikszentmihalyi's flow theory. (3) Verifying the mechanisms of physical movement in individuals based on findings on neurological mechanisms and neural networks in rehabilitation and sports movements. (4) Analysing and examining a hypothetical model of reinforcement learning and present a proposal on how to create a physical education class. This study drew the following conclusions. Children do not necessarily find enjoyment through the acquisition of skills. However, this does not mean that they are not bored in classes without learning content. It is impossible to predict when and in what content an individual will find exercise enjoyment. It is necessary to create lessons that utilise the function of reinforcement learning while anticipating the occurrence of exercise inspiration for the individual.

【Key words】 'theory of enjoyment in physical education' (theory of *Tanoshii-Taiiku*), Flow theory, Neural Network, Reward