技習得のためのコーチングのモデル

概要

コーチングによって疾走の習得を数学的に表現することが可能である。すなわち、言語化による技習得のプロセスを汎関数を使って説明する。このことによって、伝えることが難しい身体知がいかなるプロセスで形成されるのかが記述できる。

Keywords: 汎関数、メタ認知言語化、評価関数、最適化

1　初歩的な歩行の例

初歩的な歩行を例にとって、その習得過程からモデルを構築しよう。歩行をこれから習得しようとしている人がいるとする。彼は立つことはできるが歩行ができない。言葉掛けによって学習者に歩行が可能になるように導くことを想定する。

教授者と学習者は言葉のキャッチボールをしながら、段階的な歩行の習得を目指す。まず一歩を踏み出すことを学ぶ。教授者は、「30cm 右足を出す。右足に体重をうつし、左足を 30cm 出して、左足に体重を移す」、などと指示する。その指導に対して学習者はそのとおりに実行するかもしれないし、できないかもしれない。ともかく、そのときの感覚を自覚し、言語化してもらうと、「左右にぐらぐらする」とか「片足ずつ重みを乗せるという感覚がある」とか言うかもしれない。それを聞いて、教授者は次の指示「『左右のぐらぐら』を大事にしながら歩いてみよう」に促されて、学習者は再びそれを実行にうつす。このときも、実行できるかもしれないし、実行できないかもしれない。そしてそのときの感覚を言語化してもらう。つまり、教授者は、学習者に具体的な数値から、歩行のときに感覚化される左右の振り子感覚を伝えるようになる。なぜならば、その振り子感覚が歩行を可能にする感覚だからである。

この歩行訓練の例をもとにして、そのモデルを構築してみよう。まず、教授者による指示「30cm 右足を出す。右足に体重をうつし、左足を 30cm 出して、左足に体重

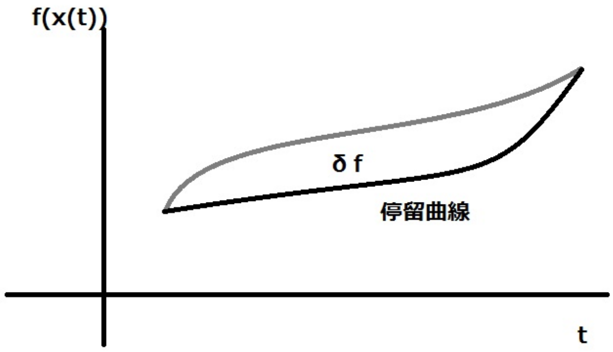
を移す」をそれぞれ、指示 $x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t)$ とする。パラメータ t はそれを実行するタイミングをはかっている。たとえば、「30cm 右足を出す」のは $t=0$ のときの $x_1(t)$ である。おそらく 30cm でなくともよいはずで、28cm だろうが 32cm だろうが大きな違いはないかもしれない。しかし、30cm が学習者にとっては最適な目安だったとすると、t がある値において、$x_1(t)$ が極値をもつことが要請される。

$x(t) = (x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t))$ に対して、実数に値をとる $f(x(t), \frac{dx(t)}{dt})$ を評価関数としよう。この評価関数は教授者の指示にいかに近づけているかを表かするものとする。$\frac{dx(t)}{dt}$ によって、動的な評価も可能にしている。この評価関数の停留曲線つまり、変分によって教授者の指示を表現する。その作用積分を

$$I = \int f(x(t))dt \tag{1}$$

とすると、変分は $\delta I = 0$ によって表され、そのオイラー方程式が教授者が求める動きである。ここに、t は単なるパラメータであって、時間ではない。このとき、学習者に自らの身体感覚を言語化してもらう。教授者が求める歩行という運動感覚に沿わないとき、さらなる言葉掛けがなされる。

停留曲線であらわされる教授者の求める歩行は身体感覚的なものである。この感覚が学習者に伝わればよいが、往々にして困難な場合が多いのではないだろうか。そこで、優れた教授者は段階的な指導法を考案して、自らの身体感覚を学習者にコピーしようとするのである。コピーしたい技術は、具体的な指示「30cm 右足を出す。右足に体重をうつし、左足を 30cm 出して、左足に体重を移す」ではなくて、言語化によって伝えにくい歩行に伴う身体感覚である。教授者の停留曲線と学習者の曲線が異なるときは齟齬となって、教授者は学習者の認識にそって指導をする。この様子が汎関数とその停留曲線によるモデルによって表現できる。次節では、このモデルを一般化してみよう。



2　一般的なモデル

初歩的な歩行訓練のように、教授者と学習者が言語化によって互いに身体感覚を共有していく様を表現するために、変数空間を設定し、それを教授者が要請する方向性を評価関数 f で表す。教授者の言葉による指導を x であらわし、それを実行した学習者の言葉による感想の表現を y とする。指導表現 x と感想表現 y は交互に交わされていき、次第に指導者の期待する目標にすりあわされていく。指導表現と感想表現は何回かなされるので、$k = 1, 2, \cdots, N$ に対して、x^k, y^k とする。また、指導表現はいくつかの要素で構成されているとすると、

$$x^k = (x^k{}_1, x^k{}_2, \cdots, x^k{}_{n_k})$$

である。ただし、n_k は k 番目の指導の次元（指導の数）である。y についても同様であるが、次元は異なる。$x^k{}_l$ は k 回目の指導の l 番目の指導である。さらに、$x^k{}_l$ が時系列に変化する場合は t の関数 $x^k{}_l(t)$ である。

$$x^k = x^k(t)$$

たとえば、第 1 回目の第 1 番目の「まず右足を 30cm 前に出す」という指導は、時間によってその動作の実現されていくので、時間の関数 $x^1{}_1(t)$ によって表される。実は、パラメータ t は時間である必要はない。その事例にとって適切なパラメータを選んでよいものとする。

指導者の指導に対して、学習者はそれを実行にうつした結果、どのように実現したかを同じ変数 x であらわすものとする。その学習者の実行結果に対して教授者の指導からどのぐらい隔たりがるのかを数値化できたとすると、それは評価関数を設定したことに他ならない。k 回目の指導に対する学習者の実行結果 $x^k(t)$ に対する評価を関数 $f^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)$ で表すならば、これが評価関数である。

評価関数 $f^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)$ に対して、作用積分 $I^k[x^k]$ を次のように定めることができる。

$$I^k[x^k] = \int_{t_0}^{t_1} f^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)dt$$

この作用積分の停留曲線は、オイラー方程式

$$\frac{df^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)}{dt} - \frac{df^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)}{d(dx^k(t)/dt)} = 0$$

によって導かれる。

停留曲線は教授者が要請する選手の動きである。それは単に指導 $x^k(t)$ を実行すればいいというわけではない。言葉による指導 $x^k(t)$ は、学習者が理解しやすい形に表した具体的な指示であって、教授者の伝いたい身体感覚はその指示を忠実に実行した後に、学習者によって気づかれることが期待されている。学習者の気づきが不十分で、それが学習者の感想 $y^k(t)$ にあらわれるとみると、教授者は次の指示を与えることになる。

教授者の指導 x^k と学習者の感想 y^k の間には相関がある。この相関は個人差のあるものであり、個々の事例として興味深いが、ここでは報告の趣旨からいささか離れるので、ここに留めおく。ここでいうモデルは、変数 x^k, t と評価関数 $f^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)$ によるものなので、指導のシステム (X, f) と記すことにする。ただし、$X = x^k(t), dx^k(t)/dt, f = f^k(x^k(t), dx^k(t)/dt),\ k = 1, 2, \cdots, N$ とする。

3　モデルの応用

以上のモデルを疾走の前段階として訓練されている、立位、起立動作にそれぞれ応用していみよう。

3.1　立位

立位の指導は教授者より、「80 度の角度で立つ」ことが指示される。実際は個人差があり人により、その角度からずれて「鳩尾がハマる」感覚が要請される。まず、$x^1 = 80$ 度とする。これに対して学習者からさまざまな反応 y_1 がある。つぎに、立位の場合はパラメータ t を角度とし、$x^2(t)$ が「鳩尾がハマる」という感覚表現となる。このとき、80 度近辺で、学習者の身体感覚が「鳩尾がハマる」ということになれば、指導の目的は達せられる。評価関数を

$$f^2(x^2(t)) = x^2(t)$$

とすると、変分する必要はなく、微分でその極値が得られるので、それが「鳩尾がハマる」感覚である。その前後で、その感覚が無いし、近づけば僅かに「鳩尾がハマる」感覚をもつので、連続で滑らかな関数 $x^(t)$ によって与えられる。

3.2　起立動作

座った状態から立位への動作はが起立動作である。教授者からは、「できるだけ早く立位になる」ことが要請される。動作は時系列で実現するので、パラメータは時間にとる。$x^1(t)$ はその時系列の空間に実現する重心移動をあらわすとしよう。評価関数は、動きを表す微分も含めて、$f^1(x^1(t), dx^1(t)/dt)$ であるのに対して、作用積分 $I^1[x^1]$ を次のように定めることができる。

$$I^1[x^1] = \int_{t_0}^{t_1} f^k(x^1(t), dx^1(t)/dt)dt$$

この作用積分の停留曲線は、オイラー方程式

$$\frac{df^1(x^1(t), dx^1(t)/dt)}{dt} - \frac{df^1(x^1(t), dx^1(t)/dt)}{d(dx^1(t)/dt)} = 0$$

によって導かれる。具体的に評価関数が与えられれば計算できる。