

コメント

多賀巖太郎・山口陽子・清水博著「生物をデザインする二足歩行運動の神経筋骨格系モデル」について

津田一郎、九州工業大学情報工学部

(1993年1月12日受理)

多賀氏らは表題の論文(以下TYSと略す)において、ヒトの二足歩行運動を理解するためのみごとなモデルを提唱した。神経系と筋骨格系を機能的にはそれ以上分離できない運動系と見なすことにより、モデル運動系とモデル環境の両者も分離できない一体として機能することを示した。要素系を非線形振動子で組み立てることにより、引き込みの役割が抜き出された。

パフォーマンスの良さは必ずしもモデルの良さを意味しない。実際の観点からは、パフォーマンスの成功失敗は系に何が起きているのかを見抜くのに役立つ。その意味でも成功例と失敗例の条件をもう少し整理して示してほしかった。筋骨格系のパラメーターはヒトのデータから算出されたもののようだが、神経系と知覚情報の神経系へのフィードバックを決めるパラメーターは既知ではないと思われる。パフォーマンスの成功失敗という観点からこれらのパラメーター(の値)がどのような意味を持つのかの考察は、「生物のデザイン」が許容できる程度にもっともらしいかどうか、すなわちその「生物系」をわれわれが理解可能かどうかを判断するのに不可欠である。もしそのような考察がなされないなら、工学的応用には適しても、「生物系」の理解とは無縁のものとなるだろう。パフォーマンスのよいパラメーターの値を試行錯誤で探すだけでなく、その生物学的意味を明らかにしなければ「生物モデル」にはならないのではないか。著者たちはこのことは十分理解していると思うが、TYSを読んで哲学とパフォーマンスが興味深いだけに私は欲求不満に陥ってしまった。つまりTYSにおいては、TYSの哲学とモデルとの間にモデルを生物のモデルと位置づけるための生物学的ストーリーが欠如しているように思われるのである。

パフォーマンスのよさはしばしば哲学と生物学的意味づけを混同させてしまう。ここで哲学とは生物のデザインに関する指針であり、生物学的意味づけとはモデルの整合性のことである。モデルの整合性はパフォーマンスという出力系の座標空間での意味づけだけを意味しない。TYSにおける唯一の不満足感はモデルの整合性を吟味すべき集合論のとりかたの考察が不十分であることからくるように思われる。つまり、モデルの内部に何が構造化されたのか、また構造化されたものが生物学的意味づけられるものなのか、といったことに関する考察が不足しているのである。

TYSにおいて、感心させられたのは、従来の「運動系」のモデルと異なり、

それほどモデルを複雑にしないで知覚系からのフィードバックを取り入れたことである。体性感覚フィードバックは陽に、前庭感覚情報や視覚情報は陰に非特異的に中枢からの情報のなかに埋め込まれている。ただし、普通の視覚情報からのフィードバックという意味ではないことはもちろんである。なぜなら視覚情報は系にとって遠隔情報であるので、目的に応じて陽に扱わねばならないからである。しかし、視覚情報をどこまで非特異的にできるかは興味のあるところである。非特異情報 u_0 をコントロールするだけで、梯子を昇り降りすることはできるのだろうか。TYSの図をみるとふつうの坂の昇り降りでは過渡現象がありこれが系に柔軟性を持たせているように見えるのだが、非特異情報の制御だけでこの過渡現象を取り除きなおかつ系に柔軟性をもたせるようにできるのだろうか。

TYSでは二体の引き込みも調べられている。しかし、ここの結果は私には殆どトリビアルに見える。「相手の脚が床についたときにhipのニューラルオシレーターへ適当な大きさのパルスを入力」し、「お互いの歩いている位置及び歩行速度の差に応じて、hipのニューラルオシレーターへの定常入力を変化させる」のでは、引き込むための情報をあまりにも「手」で入れすぎているのではないか。例えば、二体の相対速度だけで制御することはできないのだろうか。さらにヒトが並んで歩く時、完全に同期して歩くことはない。何かの行進ならいざしらず、通常は並んで歩くという意味は初期位置が同じなら相対速度がゼロを中心にわずかに揺らぐということであろう。フェーズロッキングが比較的起こりやすい場合とそうでない場合は速度がパラメーターになっていると思われる。

もうひとつ実地的な興味として、パーキンソン病の人の歩き方は運動制御が困難であるために非常に特徴的なものになっているが、それをシミュレートし、条件を求めることは可能であろうか。パーキンソン病の人の歩き方は筋骨格系が硬化してくる老人のそれと似ている。パーキンソン病の場合、中脳の黒質のドーパミン作動性ニューロンが激減することが原因であると言われているが、老人においても筋骨格系の硬化以外にこの種のニューロンの減少が示唆されている。そこで、TYSのモデルの u_0 を多少特異的にしてこのような問題に向かうことは可能だろうか。

TYSで私が最も重要と思うことは、機能という概念を明確にしようとしている点にこそある。生物は環境と分離不可能になったとき機能発現したといわれる、と考えよう。環境への適応という言葉を使いたくないのは、ある観点からは適応していないと見なされるものも別の観点からは適応していると見なされ得るからである。TYSのモデルがある環境のもとではバツリ倒れ、別の環境のもとでは歩き始めたり走りだしたりする場合、おそらく前者では系と環境の間の情報の流れがとだえ、両者が分離された状態であり、後者では情報流の循環がおり両者が不可分のものとなっているということが想像される。このことが正しいなら、陽に外(「系プラス環境」の外)から系の機能を入れなくとも、系にとって何が機能かを分離不可能性によって示すことができる。TYSの重要性はモデルがこのことを主張している点にあるように思われる。