

# ランニングの運動司令は事前に「経過を予測」して発せられている？

山崎 健(新潟大学)

## 疾走動作変容、運動指令、運動経過予測

### はじめに

山崎(2015)はランニング中の疾走動作の変容がエネルギー供給系の変容に対する「適応制御」である可能性を指摘し、レース後半に疾走速度と膝関節伸展速度が負相関となる例などを報告した。本研究では、心拍数やペースやピッチからはほぼ定常状態とみなされるランニング実施であっても、加速度計によるデータでは「下肢スティッフネス(バネ係数の指標)」が変容することにより「ランニングスキル変容」を実現しているのではないかとの仮説から、運動指令が、疾走速度や路面状況やシューズなどの変動要因を事前に予測して「運動-感覚系」を変容させるとの「能動的推論(乾と坂口、2020)」などの仮説との関連から検討する。

### 結果及び考察

図1は加速度計から得られた下肢スティッフネス(≡疾走時のバネ係数)のデータであり、定常状態と推定されるランニングであってもシューズ(カーボンプレート入りシューズで上昇)や路面状況(雪面で低下)やランニング後半で上昇するなどの興味あるデータが得られた。

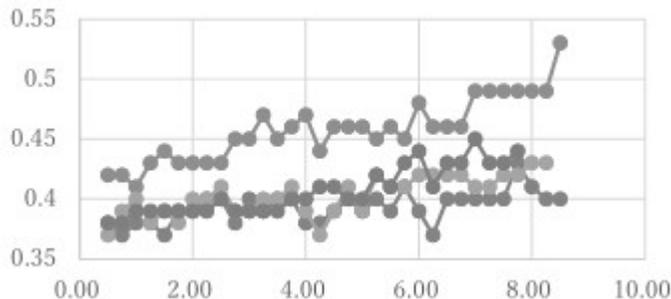


図1 下肢スティッフネスの変化(カーボンプレート入とノーマル)

下肢スティッフネスの増加は膝関節伸展速度を低下させると考えられるが、運動生理学的な背景は両脚の「股関節」「膝関節」「足関節」から構成される運動機構での複合的な「伸張反射( $\alpha$ - $\gamma$ 運動神経連関)」や松波(1986)の指摘する「長ループ反射」も関与して、感覚受容器である各筋群の筋紡錘の感度調節を「状況に応じて適切な伸展反射量を決定している」と考えられる。乾と坂口(2020)は、感覚系と運動系は運動しているという「自由エネルギー原理」に関わり、①予測の誤差を最小にするように「信念」とその「信念更新」を繰り返す過程、②予測誤差信号(サプライズと表現される)を最小化する過程、③

「感覚器の感度調整」が重要であり、ドーパミン作動性の信号変調(感覚精度制御のメカニズム)が必要と指摘する。

図 2 はいわゆる「エコロジカルアプローチ」に関わる Turvey と Kugler のシェーマである。もしもこの課題が 20 回反復されるとすれば、主体の状況に応じて選択される階段やゴールは変容するものと考えられる。

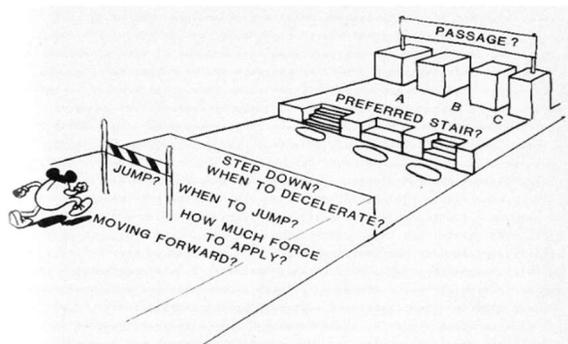


図 2 主体と環境変動への適応(Turvey と Kugler, 1984)

山崎(2015)は、運動習熟のモデルとしての「ダイナミックステレオタイプ」がエネルギー供給系のモード変容に対応して適応制御としてのランニングスキルの変容を引き起こすモデル(図3)を示した。今後、ランニングの運動司令が「生体」や「課題」や「環境」に対応して事前に運動経過を予測して変容させているとの可能性を検討することが必要なものと考えられる。

$$Y = \begin{bmatrix} \text{PCr0} \\ \text{PCr1} \\ \text{PCr2} \\ \vdots \\ \text{PCrN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Gly0} \\ \text{Gly1} \\ \text{Gly2} \\ \vdots \\ \text{GlyN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Mtc0} \\ \text{Mtc1} \\ \text{Mtc2} \\ \vdots \\ \text{MtcN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Sm } \alpha \\ \text{Sm } \beta \\ \text{Sm } \gamma \\ \vdots \\ \text{Sm } \omega \end{bmatrix}$$

図 3 パフォーマンスと運動習熟のマトリクスモデル(山崎、2015)

3 つのエネルギー供給系の「供給モード」に応じて小脳の補正を受けた「スキルモード」が適応制御する

## 文献

1. 乾敏郎・阪口豊(2020)、脳の大統一理論～自由エネルギー原理とはなにか～、岩波書店、pp.35-68
2. 山崎 健(2015)、運動習熟とダイナミックステレオタイプの再考-エネルギー供給系と運動習熟の連関(Linkage)、陸上競技研究 第 103 号、pp.2-11