

ランニングパフォーマンスを決定するマトリクスモデルの検討

山崎 健 (新潟大学)

キーワード：ダイナミックステレオタイプ、エネルギー供給系、スキルモード

長距離レース中のパフォーマンス（経過タイム）は刻々と変動する。その要因は、通常エネルギー供給系の出力レベルの変容であり、「クレアチンリン酸系」「解糖系」の減少に対して「ミトコンドリア系（有酸素系）」はある程度のレベルを維持しているものと考えられている。レース後半にランニングフォームが変容し、これは疲労の進行によるランニングフォームが乱れた（悪くなった）と評価されるが果たしてそうであろうか？

旧ソ連圏のスポーツトレーニング理論での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」について、山崎（1986年）は動作系が対応幅を持つマトリクスモデル（図1）を示した。そして、猪飼（1975年）の示したパフォーマンスの回帰式 $P=C \int E(M)$ （Cはサイバネティクス、Eは化学的エネルギー、Mは意欲）について、3つのエネルギー供給系それぞれに対応した運動スキルの存在可能性から $P=s1 \times r1 + s2 \times r2 + s3 \times r3 + \dots + b$ （sはスキル、rはエネルギー資源、bは残差でその他の要因）という重回帰式モデルを示し、エネルギー供給系と運動スキル系それぞれがマトリクス構造を持つモデルを示した（図2：2011年）。

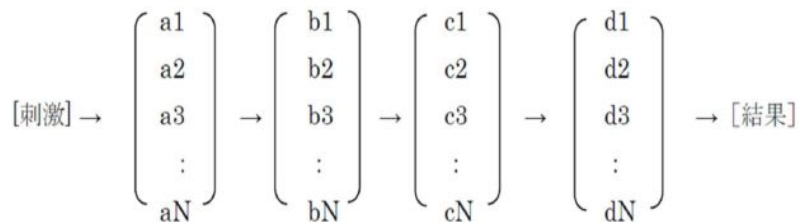


図1 ダイナミックステレオタイプのマトリクスモデル（山崎：1986年）

$$Y = \begin{bmatrix} PCr0 \\ PCr1 \\ PCr2 \\ \vdots \\ PCrN \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Gly0 \\ Gly1 \\ Gly2 \\ \vdots \\ GlyN \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Mtc0 \\ Mtc1 \\ Mtc2 \\ \vdots \\ MtcN \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Sm \alpha \\ Sm \beta \\ Sm \gamma \\ \vdots \\ Sm \omega \end{bmatrix} + b \text{ (残差:その他の要因)}$$

図2 パフォーマンスのマトリクスモデル（山崎：2011年）

PCrはクレアチンリン酸系、Glyは解糖系、Mtcは有酸素系の各レベル（0~N）、Smはスキルモード（ $\alpha \sim \omega$ ）を示す

このモデルは長距離レースの最終的パフォーマンスが、エネルギー補填・供給系のモード変容に対応したスキルモードを適切に選択することにより決定される可能性を示す。例えば、レース後半のクレアチンリン酸系や解糖系のエネルギー生産性の減少が、ストライドを若干短くして膝関節や足関節の弾性係数を変容させ「ハイピッチランニングモード」に切り替えることを示す。

	股関節		膝関節			足関節		
	伸展	屈曲	伸展	屈曲	固定	伸展	屈曲	固定
大腰筋		◎						
大腿四頭筋		○	○		○			
ハムストリングス	◎			○	○			
腓腹筋						○		○
前脛骨筋							○	○

	股関節		膝関節			足関節		
	伸展	屈曲	伸展	屈曲	固定	伸展	屈曲	固定
大腰筋		◎						
大腿四頭筋		○	○		◎			
ハムストリングス	◎			○	◎			
腓腹筋						○		◎
前脛骨筋							○	◎

図 3 単純化した各関節筋群の活動の様相（例えば、上：前半ストライド型、下：後半ピッチアップ型）

図 3 は、股関節・膝関節・足関節の各筋群の活動の様相を単純化したモデルで、後半の膝関節と足関節での◎は、協働性収縮により関節固定への関与が高いことを示す。

また、疾走速度に影響を与える関節トルクは圧倒的に股関節が高く、大腰筋やハムストリングスが大きく関与しているが、膝関節や足関節は、伊藤（1992 年）の指摘した短距離スプリント動作と同様に疾走速度への関与は少ないものの、長距離ランニングにおいては接地位置の微調整や弾性係数の変容にかかわる関節固定に貢献しているものと考えられる。

<参考文献>

1. 猪飼道夫、身体運動の生理学、杏林書院（1975）、pp.334-335
2. 伊藤 章・斎藤昌久・佐川和則・加藤謙一・森田正利・小木曾一之、世界一流スプリンターの技術分析（In「第 3 回世界陸上競技選手権大会報告書：世界一流陸上競技者の技術」）、ベースボール・マガジン社（1994）、pp.31-49
3. 山崎 健、運動の認識と習熟（In 伊藤・出原・上野編「スポーツの自由と現代」）、青木書店（1986）、pp.299-313
4. 山崎 健、運動処方とトレーニング（In 山地・大築・田中編「スポーツ・運動生理学概説」）、明和出版（2011）、pp.155-161