

競技スポーツの科学的研究 とサポート体制

山崎 健(新潟大学)

1992年までのスポーツ科学導入システム

- ノルディック複合ナショナルチーム
ジャンプ動作の解析、心拍-乳酸管理、高地トレーニング
- スピードスケート
詳細な体力水準の設定、競技サポートシステム設定
- 競泳レースでの即時フィードバック
- スポーツ医科学センターでのHJ選手サポート
動作-力量解析の即時フィードバック、医科学センターでのサポート体制

1994年以降のレビュー？

1994:リレハンメル

ノルディック複合連覇、個人・河野孝典(銀)
ジャンプ団体(銀)、堀井学・山本尚美(銅)

1996:アトランタ

柔道金3、銀4、銅1、有森裕子(銅)、女子シンクロ

1998:長野(地元開催の有利さ？)

スピードスケート(STも)とジャンプ陣、FS里谷の金
※ スラップ・スケートへの対応のトラブル(堀井の惨敗)

2000:シドニー

高橋尚子(金)、女子選手の大活躍(柔道・競泳・ソフトボール・シンクロナイズドスイミングなど)

2001年国立スポーツ科学センター開設

2002:ソルトレイクシティ

清水宏保(銀)、里谷多英(銅)のみ・・・
ジャンプ団体はルール改正後の不振で5位

2004:アテネ(史上最高と評価された)

柔道・レスリング・男子体操団体・柴田亜衣・野口みずき(金)、
ベテラン山本博・山本貴司・富田博之・女子シンクロ(銀)、銅
メダル12

2006:トリノ

荒川の金メダルのみ、世代交代の失敗？

2008:北京(JISSサポートが実を結んだ？)

北島2種目連覇、谷本歩実連覇、女子ソフト(金)、
JUDO・石井慧(金)、女子レスリング陣、太田雄貴(銀)、
男子400mリレー(銅)

2010:バンクーバーはメダル5つ

男子500m銀・銅、女子団体バシュート銅
男女フィギュア銅・銀&全員入賞
入賞した選手はそこそこいたが・・・
→ 上村愛子4位、30Km石田正子5位は評価
韓国の躍進とロシアの不振
地元カナダの強化策(財政)の成功
その国独自のシステム(伝統)も財源次第？

スポーツ科学がないと勝てない？

- 各国のスポーツ科学センターやトレーニングセンター設置に出遅れた？
- スポーツ科学研究が身近に？
心拍数・血中乳酸・画像解析等が現場へ浸透
- 2004アテネ五輪の成功で再評価？
しかし先進的な柔道界は「JUDO」に敗れた？
- 2002年ソルトレイクシティ五輪がキー？
「JOC情報戦略活動」(現地情報ステーションと東京がネット化で直結)

科学研究とサポート体制の変換

- 国立スポーツ科学センター(JISS)
2001年スタート(長野五輪の財政的つけ?)
- それ以前は日体協スポーツ研究所, 競技団体や研究者(集団)に依存
(Ex.1991年東京での世界陸上競技選手権)
- ナショナルトレーニングセンター(NTC)
2008年北京五輪前によく完成

国立スポーツ科学センター

<組織>

スポーツ医学研究部
スポーツ科学研究部
スポーツ情報研究部

<事業>

- ①TSC事業
- ②スポーツ医。科学研究事業
- ③スポーツ診療事業
- ④スポーツ情報サービス事業

国立スポーツ科学センターの施設

- | | |
|--|--|
| <p>1.研究施設
生理, 生化学, バイオメカニクス, 心理実験室
低酸素トレーニング室, 低圧実験室, 温湿度実験室
大型トレッドミル, ボート・カヌー実験場, 室内陸上競技場</p> <p>2.診療施設(MR,CT)</p> <p>3.情報サービス室, 研修室, 会議室</p> | <p>4.トレーニング施設
50mプール, シンクロプール, 射撃場, レスリング, フェンシング, ボクシング, ウェイトリフティング, 体操, 体育館
トレーニング体育館</p> <p>5.宿泊施設(個室80, 72室は低酸素に設定可)</p> <p>6.レストラン, 喫茶室</p> |
|--|--|

“チェック”から“サポート”へ

- TSCチェック: 競技者の状態や能力を測定評価
メディカル・フィットネス・スキル・メンタル・栄養
- TSCサポート: 継続的にサポート(手術後のリハビリも・・・岡崎朋美や高橋大輔などは?)
a.メディカル b.フィットネス c.スキル
d.栄養 e.心理 f.戦略・戦術 g.用具

川原貴: 国立スポーツ科学センターータルスポーツクリニック(TSC), 臨床スポーツ医学22巻4号(2005)

競技スポーツ別サポートプロジェクト

- 競技会でのレース分析および泳フォーム分析
レーザーレーサーへの分析・対応も・・・
- 技術改善へのサポート
バッティング技術ではなくフィットネスの問題だった
- 高地トレーニングにおけるサポート
- 体カトレーニングの指導
2006年朴コーチが要請・・・バドミントンではじめてサーキットトレーニングを導入(NTC開設でやっと実現)
- 日常トレーニングにおける生理学的サポート
大田雄貴(フェンシング)は“フリーター”で500日JISS合宿

JISSスポーツ科学会議, 世界で勝つためのスポーツ科学, コーチングクリニック2009年2月号, pp.5-9

JISS情報研究部

- 長期情報戦略事業
- ITプロモーション事業
- スポーツ情報システム開発事業
- ITテクニカルサポート事業

映像データベースシステム

選手・コーチがアクセスできる映像データベース
コーチが各地で撮影してきた映像のアップロード

宮地力, JISSの情報研究部とは, コーチングクリニック2007年5月号, pp.12-17

当たり前のことではありますが・・・

- システムを「国立」でつくると予算がつく
- システムができると博士や修士の「就職口」が増える
- 応用的興味をもった研究が「保証」される
- 実践的証明を含む研究の水準が向上する
- 競技力向上を目指さざるを得ない競技団体から選手が訪れるようになる
- 貴重なデータが得られる
かつて体協のスポ研では君原・宇佐美・沢木などのデータが収集されていた
- 科学研究の水準が「現実的」になる？
競技力向上の研究レベルの飛躍的進歩（「研究」として評価される）
「研究のための研究の評価」はどうなるのか？

検討の前提として・・・

スポーツパフォーマンスの定義
(実は今回のメイン?)

スポーツパフォーマンスとは何か

- 運動形態が異なる点
Muscle Performance
→ Motor Performance
→ Sports Performance
(個人的 → 対人的 → 集团的)
- 「フィジカル」「テクニク」「メンタル」の重要性
「最速・パウエル」「最強・ゲイ」「最強最速・ボルト」
- 個人的運動形態レベルでのパフォーマンスに限定(ボールゲームでの個人の能力?)

パフォーマンスを決定するもの

- 3つのエネルギー生産系
- 高いスキルの安定した発揮
- 的確な戦略の決定
- 望ましい競技環境
- メンタルコンディション
- 周囲からの称賛や報償
- 自己実現への願望も？(このままでは散れない!)

パフォーマンスのモデル化

競技成績を決めるもの・・・

$$P = C \times \int E(M)$$

P: パフォーマンス

C: サイバネティクス

E: 化学的エネルギー (physical resource)

M: 意欲 (エネルギー動員因子)

猪飼道夫: 身体運動の生理学 (1973年) pp.336

パフォーマンスの重回帰式モデル

単に「体力」や「技術」があれば競技成績が高いわけではないはず・・・

$$Y = PCr \times Sk^1 + Gly \times Sk^2 + Mtc \times Sk^3 + ? + b$$

PCr: クレアチンリン酸系 (ハイパワー系)

Gly: 解糖系 (ミドルパワー系)

Mtc: 有酸素系 (ローパワー系)

Skn: 各エネルギー生産系に対応したスキル

山崎健: スポーツの自由と現代 (下) (1986年) pp.312 を改変

しかし、前半と後半ではエネルギーレベルが異なる
(解糖系は減少し有酸素系は変わらない・・・)

スキルは? → 同スキルを用いては対応できない!

運動習熟とダイナミック・ステレオタイプ (山崎:2004年)

プロトタイプ [A] ⇒ [B] ⇒ [C] ⇒ [D]
(大脳皮質運動野?) × × × ×

逆動特性学習 (小脳外側部)

$$\begin{pmatrix} -1/a1 \\ -1/a2 \\ -1/a3 \\ \vdots \\ -1/aN \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1/b1 \\ -1/b2 \\ -1/b3 \\ \vdots \\ -1/bN \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1/c1 \\ -1/c2 \\ -1/c3 \\ \vdots \\ -1/cN \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1/d1 \\ -1/d2 \\ -1/d3 \\ \vdots \\ -1/dN \end{pmatrix}$$

さらに「身体系マトリクス」(エネルギー生産レベルを含む:P1・P2・P3・PN)と「環境系マトリクス」(E1・E2・E3・EN)が加わる?

3種類の筋線維

FG: さらにFG1, FG2...?
FOG: トレーニングでFGへ
SO: 長距離選手の腓腹筋では80%を占める

図1-2 運動神経のタイプと筋線維タイプ (山崎:2004年)

	遅筋線維 タイプ(I/SO)	速筋線維 タイプ(IIa/COX)	速筋線維 タイプ(IIb/GI)
ミオグリンATPアーゼ活性	●	●	●
代謝酵素			
解糖系酵素	●	●	●
酸化系酵素	●	●	●
代謝系			
グリコーゲン	●	●	●
中体脂肪	●	●	●
毛細血管密度	●	●	●

図1-1 筋線維の代謝 (定本ら, 1987)
○内の色合いが濃いほど、各項目の活性や濃度が高いことを示す。

トレーニングのプロセスでは..

$$Y = [PCrN] \times [SkN] + [GlyN] \times [SkN] + [MtcN] \times [SkN] + b$$

(残差: その他の要因)

[N] はその時点でのエネルギーレベルの変数
スキルも個別に対応してトレーニングが行われる

因数分解するとスキルモード複合体として完成 (運動習熟の形成とエネルギー系の独立)

- PCr0~PCrN はクレアチンリン酸系のエネルギーレベル
- Gly0~GlyN は解糖系レベル
- Mtc0~MtcN は有酸素系(ミトコンドリア)レベル
- Sm α ~ Sm ω はスキル発揮モードの複合体
- トレーニング中は個別のエネルギー状況とスキルが対応している

(Ex.100~200mと300~400mでのランニングスキルは異なるのでそれぞれが必要?)

現在考えている最新モデル

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

(残差: その他の要因)

パフォーマンスの重回帰式モデル(山崎:2010)
(スポーツ・運動生理学概論, 2010年発行予定)

複数の系を統合するためには

- 「神経系」-「身体系」-「環境系」の相互作用
トップダウンとボトムアップの反復
- 「スライピング原理」
系全体の振る舞いは遅い変化をする変数だけで決まる
- 「シナジェティック」という概念
多数の要素が相互作用を通じて全体としての秩序を生み出す協力現象
多賀巖太郎, 脳と身体の動的デザイン, 2002, pp.19
- 運動習熟の形成 ≡ スキルモード複合体の独立
個別のエネルギー生産系から離れエネルギー系も自立?
(そもそも筋線維内の3つのエネルギー生産系であるため?)

運動習熟によるスキル・モード複合体の独立

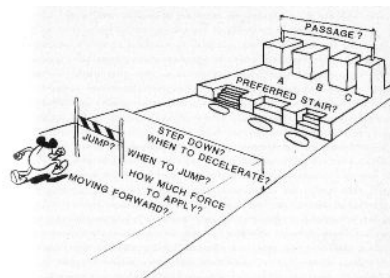
$$Y = \begin{bmatrix} \text{PCr}0 \\ \text{PCr}1 \\ \text{PCr}2 \\ \vdots \\ \text{PCr}N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Gly}0 \\ \text{Gly}1 \\ \text{Gly}2 \\ \vdots \\ \text{Gly}N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Mtc}0 \\ \text{Mtc}1 \\ \text{Mtc}2 \\ \vdots \\ \text{Mtc}N \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \text{Sm} \alpha \\ \text{Sm} \beta \\ \text{Sm} \gamma \\ \vdots \\ \text{Sm} \omega \end{bmatrix} + b \text{ (残差: その他の要因)}$$

“トレーニングは個別の状況で実施され抽象的能力として形成される(山崎:2007)”

何が「最適値」を決めているのか?

- トルクやエネルギーの「最小モデル」へ収斂?
(川人光男:1986, 多賀巖太郎:2002)
- コンピュータでの「運動学習モデル」
→ 他の系に「悪影響を与えない」
(系全体が破たんするようにシステムを設計しない)
- 全体の「ハーモニー」の知覚可能性?
... 「知覚する身体！」
- トレーニングで複数課題やバリエーションが重要な根拠?

生態学的アプローチは場当たり(?)でない!



M.T.Turvey, P.N.Kugler (1984): AN ECOLOGICAL APPROACH TO PERCEPTION AND ACTION. (In "Human Motor Action: Bernstein Reassessed") pp.375

運動学習の三段階

- K. マイネル / 運動系における学習の位相
位相A: 粗形態における基礎経過の獲得 / 運動の粗協調
位相B: 修正、洗練、分化 / 運動の精協調
位相C: 定着と変化条件への対応 / 運動の安定化
- オゾーリン
「全習一分習一分習」の三段階

芝田進午 / 認識過程の三段階

混沌性の段階:

現象、あるいは状況の全体について混沌たる表象を持つ

分析の段階:

現象、あるいは状況を個々の部分にわけ、そのエレメントの性質を反映する

総合の段階:

個々の部分の相互連関を反映し、そこから全体を作り上げる

複数の系を統合するためには

- 「神経系」-「身体系」-「環境系」の相互作用
トップダウンとボトムアップの反復
- 「スレイビング原理」
系全体の振る舞いは遅い変化をする変数だけで決まる
- 「シナジェティック」という概念
多数の要素が相互作用を通じて全体としての秩序を生み出す協力現象
多賀巖太郎, 脳と身体の動的デザイン, 2002, pp.19
- 運動習熟の形成 ⇨ スキルモード複合体の独立
個別のエネルギー生産系から離れエネルギー系も自立?
(そもそもは筋線維内の3つのエネルギー生産系であるため?)

- 第二段階での「主要な単位」からの「個々の要素の分離」「主観的困惑」
今までできていたことが出来なくなる
山崎(1986)
- 「スレイビング」が第二段階の特徴?
- 運動習熟の形成とマイネルの8つのカテゴリー
- 「シナジェティック」が運動習熟の段階?

パフォーマンスのモデルを前提に

- エネルギー供給系を高めるには・・・
トレーニング実施を保証するスキルレベル
スキルを解明するエネルギー系からのアプローチ
(バイメカ派 Vs 運動生理学派 Vs トレーニング科学派?)
- 個別状況のトレーニング環境を保証する
財政的保証(事業仕分けなどは問題外?)
選手をめぐる環境と選手の独立・自立(プロ化)
コーチングスタッフのサポート体制(安心して生活できること)
遠征費や合宿費, 食費などのサポートも「あたりまえ」
バンクーバー・パラリンピックの強化費や報奨金問題も・・・