

## 「運動科学」は「分析科学」への反論か「経験主義」への反論か

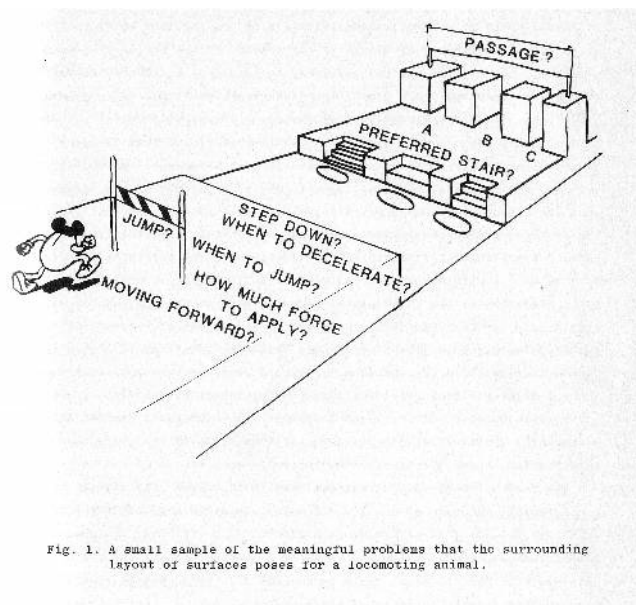
山崎 健 (新潟大学)

### 1. はじめに

- ・ ギブソンの「アフォーダンス」の概念は、『従来の』知覚理論に大きなインパクトを与えた・・・とギブソニアン（ギブソン学派）は主張する
- ・ 同じロジックで、「運動科学」という表現は『従来の』スポーツ科学の理論にインパクトは与えられるのか・・・？  
 そもそも「従来のスポーツ科学の体系」はあったのか・・・？
- ・ 分析実証主義 Vs 分散実証主義？：分析レベルの詳細化がもたらしたもの・・・  
 分析することから（無理に？）共通原理を探る  
 分析することから個別原理を探る，後に可能であれば概念化する  
 「本質は実体を通じて現象する」とはいうけれど・・・

### 2. 佐々木正人「アフォーダンスー新しい認知の理論」

- ・ 「従来の知覚理論（「デカルトの遺産」と表現される）」とは何だったのか？  
 → 少なくとも「ゲシュタルト問題」は入っていない
- ・ 「面のキメ（テクスチャー）」から「後面とのレイアウト（配列）」と「地面」
- ・ ギブソンの「視覚の配列」：環境の中で動き回る知覚者が得る「刺激の変化」
- ・ ギブソニアンの「構造不変項（オオカミ）」と「変形不変項（迫ってくる or 逃げてゆく）」
- ・ 初期認知科学の「情報処理モデル」⇨刺激が頭の中で加工された結果としての情報
- ・ ギブソンの「生態学的認識論」  
 ⇨周囲にある環境に情報（持続：面の配置と変化：面の変化）を「探索する」こと
- ・ 「生態学的価値」としての身体にとっての「意味」や「価値」  
 「すり抜けられるすき間」「上れる段」「つかめる距離」としての「アフォーダンス」



図は、M.T.Turvey, P.N.Kugler :  
 AN ECOLOGICAL APPROACH TO  
 PERCEPTION AND ACTION, (In  
 H.T.A.Whiting ed. "Human Motor  
 Action Bernstein Reassessed") pp.375  
 より引用

「動物にとっての環境の性質」＝環境の中に実在する知覚者にとって価値のある情報

Ex. 「紙」と包装スキル, 丸めた大きさとゴミ箱との距離

- ・ 「アクティブタッチ (動きによる知覚)」と「プランニメーター (面積だけの計測計)」  
(アナログコンピューター)

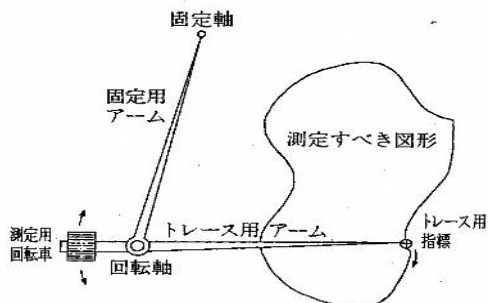


図 15 プラニメータ

- ・ ギブソン: 「知覚システムとしての感覚」の階層としての「見るシステム」  
※ 目-頭-全身
- ・ 佐々木: 「わざ」を可能とする知覚システムの束  
ソムリエ, きき酒, 聴香師などのわざ

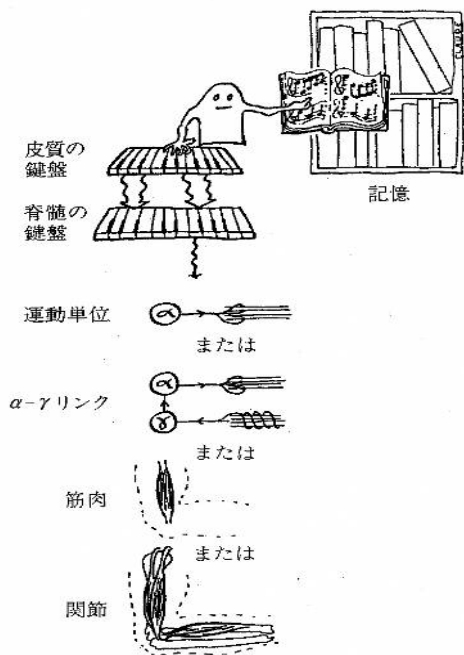


図 16 古典的運動制御モデル (M. T. Turvey et al.: in *The Bernstein Perspective I*, J. A. S. Kelso ed., LEA (1982) より)

- ・ 共鳴・同調の原理  
「古典的な運動制御モデル」と「バルンシュタイン問題 (膨大な自由度の制御と「文脈」)」

「このモデルは現在でも, 運動の制御を考えるわれわれの常識の一部である。しかし, このモデルはやっかいな問題を抱えている。」

pp.84

- ・ 瞬間的な運動の「制御」(100msec.以下)における知覚情報-運動処理プロセス

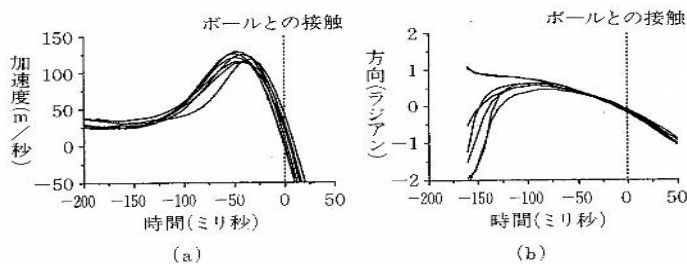


図 21 卓球選手のスマッシュ動作の減速 (a) とラケット面の向きの変化 (b) (1 ラジアンは約 57 度) (R. J. Bootsma: *J. of Exp. Psychol.*, 16, 21 (1990) より)

### 3. 「 $\tau$ (タウ)」ということ

- ・ デビット・リーの「光学的流動 (オプティカル・フロー)」と「タウ ( $\tau$ )」
- ・ 行為の制御に利用されている視覚情報  
= 光の流動に直接知覚できる「接触までの残り時間」(「衝突・接触」のアフォーダンス)
- ・ 未来に起こる行為の「結果」についての予見的 (Prospective) 情報
- ・ 「知覚と行為のカップリング」

「そこに表現されているには、向かってくる対象の速度と、向かっている知覚者の身体行為の速度が掛け合わされたときに生ずる意味、すなわち環境の変化と有機体の変化の関係として起こる『衝突までの時間』という情報である。」 pp. 98-99

- ・ おまけ：人工生き物「クリーチャー」のコンセプトを制御する「階層間の折り合い」

「『研究所内をうろつきまわり、ドアの空いた部屋を見つけ入り、机の上から空き缶を回収し、それを物置場に持ってゆく』ことを目標とする 14 層からなるクリーチャー」 pp. 103

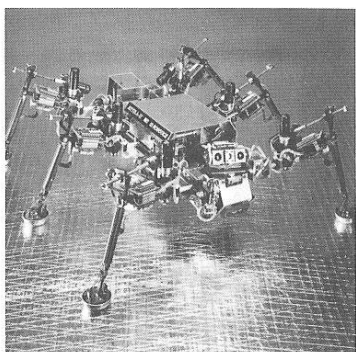


図 22 クリーチャー

### 4. 多賀巖太郎「脳と身体の動的デザイン～運動・知覚の非線形力学と発達～」

#### 本書の構成

#### < I 章：運動と自己組織化 >

- ・ 非線形力学系における自己組織

非線形性：システムの要素を足し合わせてもシステム全体の性質の決まらないこと

「カオス」：自己組織する秩序と無秩序に今まで認識されなかった「複雑さ」の存在

- ・ 自己組織としての非線形振動子の引き込み現象 (実はサイバネティクス制御理論のウィナーが指摘)

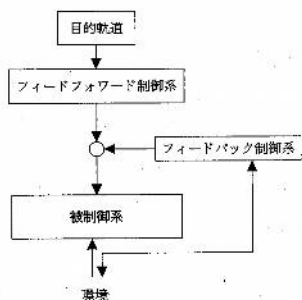


図 1-3 フィードバック制御とフィードフォワード制御

- ・ シナジェティック：システムを構成する多数の要素が相互作用により全体としての秩序を生み出す協力現象の理論
- ・ 速い系と遅い系では「系全体の振る舞いは遅い変化する変数だけできまる」(slaving)  
→ 「制御パラメータ」を変化させると「非平衡相転位」という質的転換が起こる

- ・ ケルソーらの実験（兩人指し指のリズム変化で同位相に転換する）
- ウォークからトロット、ギャロップへの四肢歩行位相の変化も？
- ・ 生体における動的協力性  
 脳の機構と自己組織化（清水博：1986）  
 トップダウンとボトムアップの信号のやり取りにより認識における意味の解釈が成立する  
 「情報の自己組織化が脳で起こる」  
 「カオスの遍歴」（津田一郎：1990）
- ・ 計算論的脳科学（川人光男ら）の内部モデルは「運動遂行のメカニズム」で「運動の生起」ではない
- ・ 再びベルンシュタイン問題（膨大な自由度を中枢プログラムで事前制御ができるのか？）
- ・ 除脳ネコでの電気刺激強度上昇と移動速度増大でウォークからギャロップへ

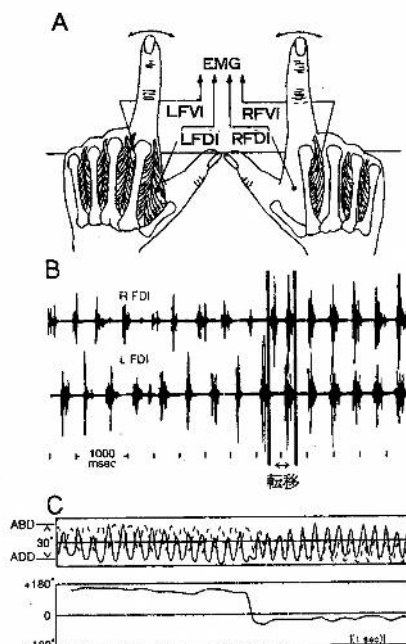


図1-2 運動パターンの転移現象  
 (Schöner & Kelso, 1988 より)

- A：指の周期的な運動に関する実験の様子
- B：筋電図の変化
- C：指の運動と左右の指の運動の位相差の変化

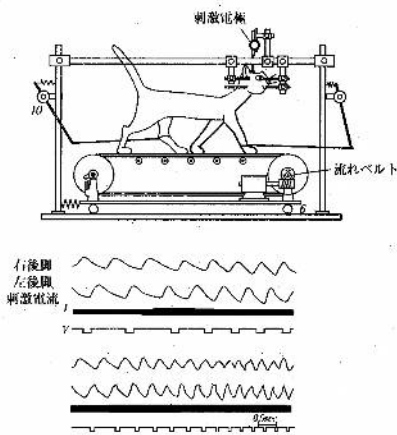


図1-5 除脳ネコの歩行  
 (Shik et al. 1966 より)

- ・ 神経振動子から構成される CPG (Central Pattern Generator)
- 環境からの情報にも柔軟に応答（自己組織の立場から理論化できる）

< II 章：歩行における脳と環境の強結合 >

- ・ 環境の不確実性に対するグローバルエンタインメント（大域的引き込み）
- ① 経験の蓄積
- ② ギブソンのアフォーダンス理論とのかかわり

- ・ 脳神経系の力学系と身体環境系の力学系の相互作用モデルとしての「歩行モデル」  
神経振動子の出力による関節トルク+身体分節の角度が知覚情報として神経振動子へ入力される
- ・ 「神経系=制御系, 身体=非制御系, 環境=外乱」という定式の崩れ  
→ リミットサイクルアトラクターでの「軌道安定性」と別運動パターンへの変化  
「歩いている状態から速度を速めた場合と, 走っている状態から速度を遅くした場合とで, パターンの転移点が違う (ヒステリシス)」 pp.54

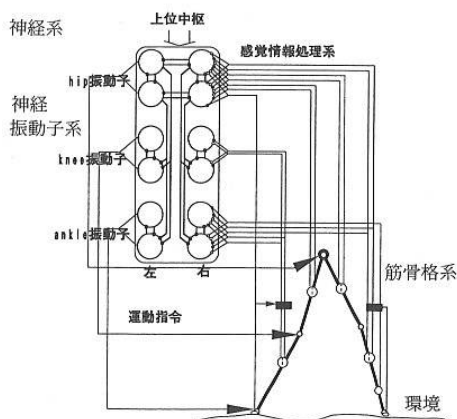


図2-2 歩行の神経筋骨格系モデル (Taga et al. 1991より)

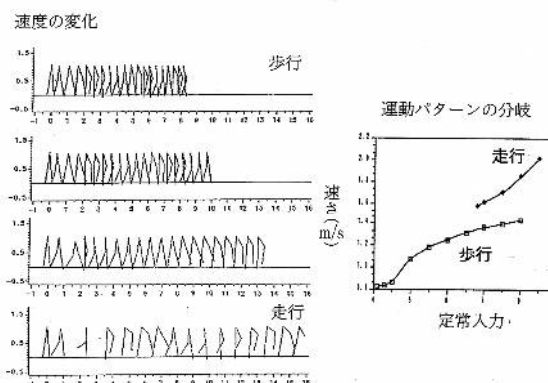


図2-5 歩行パターンの生成 (Taga et al. 1991より)

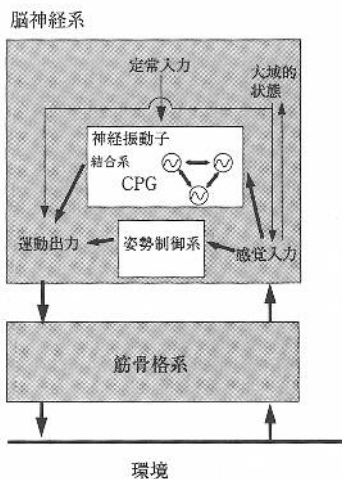


図2-6 ヒト歩行モデル (Taga 1995aより)

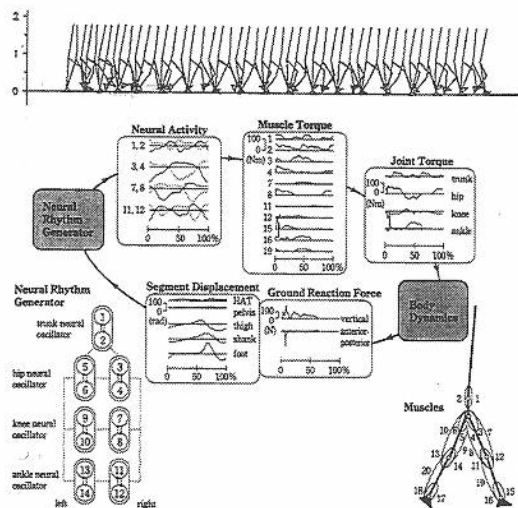


図2-7 ヒト歩行の生成 (Taga 1995aより)

- ・ 人の歩行計測で見られるほとんどすべての量とシミュレーション結果との一致
- ・ 歩行の「ゆらぎ」の意味 (1/f ゆらぎと疾患での白色ノイズ化)
- ・ 歩行パターンとエネルギー消費 (転移点でのウォーク, トロット, ギャロップの選択のみ?)
- ・ 合目的性と自己組織: 失敗する自己組織 (この指摘ただ者ではない・・・!)

「歩行モデルが示したことは, 古典的な自己組織の考えからも一歩踏み出している。自己組織化

の理論では、まず要素が均一で、しかもそれらに対する拘束条件は一定であるのが普通である。これに対して歩行モデルでは、神経系と身体のようにヘテロな系が相互作用している。また、環境を一定の拘束条件とみなせば、これはもはや一定ではありえない。そして、何よりも決定的に違うのは、失敗ということの有無である。歩行モデルは転ぶ。」「自分の行為に何らかの目的や責任を持った行為者としての立場から記述するのでなければ、冒頭に述べたような脳と身体にまつわる主体性の問題に切り込んでゆくことは難しいし、生命的緊張感を出することはできない。系が失敗するというのは、こうした問題を扱う上での必要条件になっていると考えられる。」

pp.74-75

- ・ 障害物回避モデルと過渡状態の制御，視覚誘導歩行とτ

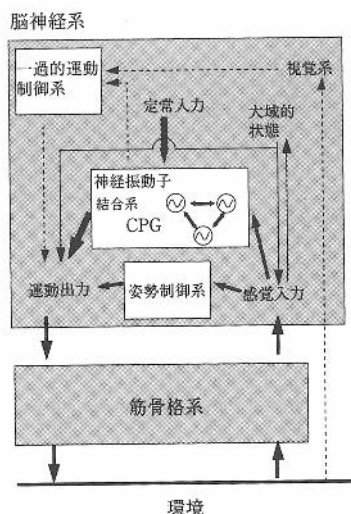


図 2-11 ヒトの歩行中の障害物回避モデル (Taga 1998 より)

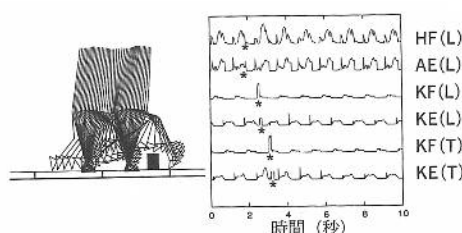


図 2-12 障害物を回避するときの歩行パターン (Taga 1998 より)

H：股関節、K：膝関節、A：足関節、  
F：屈筋、E：伸筋、L：障害物を先に  
越える脚、T：障害物を後に越える脚

- ・ 脳と環境の強結合

→ グローバルエントレインメント (大域的引き込み) によって、脳神経系、身体、環境が強く相互作用して運動が生成される

### < Ⅲ章：身体自由度問題と脳のバインディング問題 >

- ・ 原始歩行～姿勢制御発達～独立歩行開始～成人型歩行にいたる過程での自由度の凍結と解放 (動的自由度の分化)
- ・ 猿回しの二足歩行調教理論
- ・ 学習と発達における自由度問題と意識：自由度の解放と凍結

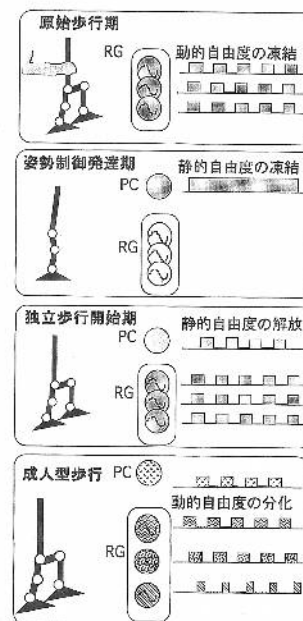


図 3-3 歩行発達モデル (Taga, 1997 より)  
RG：リズム生成系、PC：姿勢制御系

- ・ 脳のモジュール性とバインディング問題（次章の「U字問題」との関連も？）
  - ボトムアップとトップダウンの情報の相互作用によりモジュール自体の働きが文脈に応じて変化することが必要（高次領域から低次領域への例外のない強い逆向性投射）
- ・ 脳の同期仮説
  - 40Hz程度の高波で同期する，子どもの脳波でも視覚パターン認識に関連して発生
  - 同期したニューロン集団の機能単位の構成（“この指止まれ”で組織化？Byやまけん）

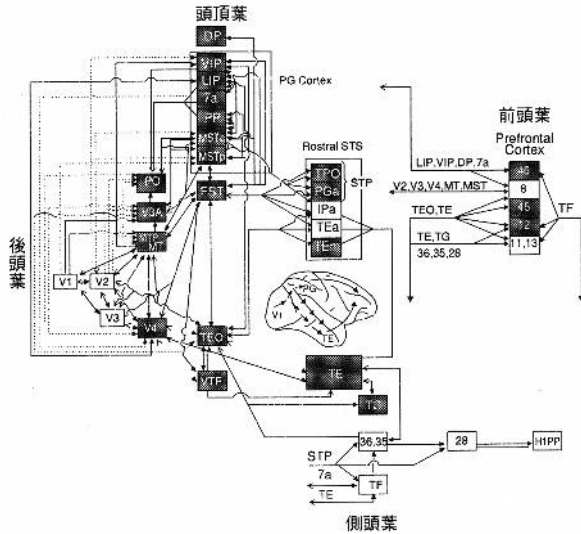


図3-6 脳のモジュール (Ungerleider et al. 1998より)

<これは参考>

図と地の意味的分離の問題

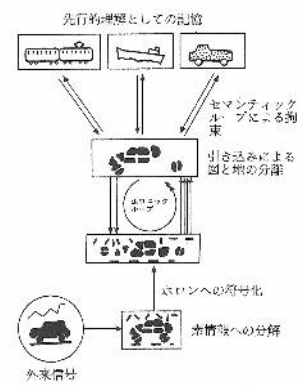
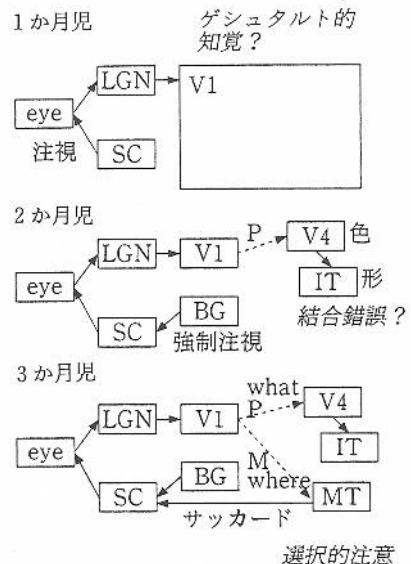


図3-8 視覚パターン認識の非線形振動子モデル (清水1992より)

<IV章：初期発達過程におけるU字型現象>

- ・ 自発運動のU字型変化
  - ①胎児期に現れたものが新生児期にそのまま見られ，
  - ②生後数ヵ月後に一度消失した後で，
  - ③随意的な運動として再び現れる（下線はやまけん・Uターンではなく“似て非なるもの”では？）
- ※ 同じ動きでも，補足運動野の関与する自発的運動（self-paced movement）と運動前野の関与する感覚依存性運動（sensory-guided movement）の存在は神経生理学で指摘されている
- ・ ゲシュタルト的知覚からモジュール的知覚へ



V1、V4：視覚野  
 SC：上丘  
 LGN：外側膝状体  
 IT：下側頭  
 MT：中側頭  
 BG：基底核

図4-9 バインディングと脳の発達に関するモデル

### <V章：脳と身体デザイン原理>

- ・ 非線形力学的理論対計算理論を超えて  
運動の生成という点
  - ・ 確かに小脳の逆ダイナミックモデルはFF型で環境との相互作用はない
- ・ 生得主義対構成主義を超えて  
新生児の行動の「常識を超えた統合性」、運動の自由度問題、視覚のバインディング問題
- ・ 脳・身体複雑さと環境の複雑さ  
発達過程での環境からの入力がある回路の構造形成に必要（眼優位性コラムの存在）
- ・ 自己組織を超えて：本来の「自己」とは  
自意識を持った主体としての存在

### 5. エンディング&オープニング

- ・ 何が問題なのか
- ・ 「従来のコンセプト」を規定して「新たなコンセプト」を主張するキャンペーン？
- ・ 「翻訳」を主張する小田伸午・「Bridge the Gap」とすれば、  
研究者の存在 ← → 研究を必要とするコーチ・現場サイド  
この枠組みが成立して初めて「翻訳家」が必要となるのでは？
- ・ 経験のもつ「事実」と「経験主義」
- ・ 事実の背景にある「メカニズム分析」と「分析主義」
- ・ 「実証主義」とは・・・？  
分析することから共通原理を探ることは可能か？  
分析することから個別原理を探ることは可能か？  
可能であれば後に枠組みと階層性を概念化する？
- ・ ただし、本報告の内容は「競技力向上」に対してはほとんど貢献しない？
- ・ 強いていえば「研究のリアリティ」とか「トレーニングのリアリティ」とかへの貢献？

尾懸貢：スポーツ技術と身体能力，体育の科学 Vol.54(2)，pp.104-107

「しかし，“砲丸が力強く押せない”“後半で腰が落ちてしまう”ことの主たる原因は，体力レベルが低いことであり，動きだけを意識しても修正できないことが多いのである。」