

## 身体知研究の可能性

工藤和俊（東京大学）

### 1. 「身体知」とは何か

「身体知」とは、身体を介した行為によって発現する知性である。知的行為には、音楽演奏、スポーツ動作、職業的スキル、高度に洗練された日常生活動作など様々な身体動作が含まれる<sup>1</sup>。これら熟練者の行為は、未だ如何なる機械にも成しえないものである。したがって、身体知研究は、（例えば生理学や心理学など）ヒト自身を対象とした研究のみならず、ロボティクスや人工知能研究の発展にも貢献すると考えられる。

身体知と密接に関連する概念に「巧みさ（*dexterity*）」がある。ロシアの生理学者ニコライ・ベルンシュタインは、巧みさを以下のように定義した<sup>2</sup>。「巧みさとは、あらゆる状況ならびにあらゆる条件下において解決策となる運動を見つける」能力である。このとき、問題解決は、正しく、すばやく、合理的に、そして資源を活用しつつ遂行される必要がある。ベルンシュタインは、これらの特徴のうちもっとも重要なものは、資源の活用性（*resourcefulness*）であると考えた。

ベルンシュタインの定義には、解決すべき問題に対する深い洞察がある。環境が多様であるならば、解決もまた多様でなければならない。このとき、一定の解決アルゴリズムや、固定した記憶はむしろ問題の解決を阻む障害にさえなりうる。

このような定義を満たす巧みな行為として、ベルンシュタインは、以下のような例を挙げている。

- ・ 走って敵の銃撃をくぐり抜ける。
- ・ 敵の包囲網からの脱出。
- ・ 地上 50 メートルの高さにある銅像を、足場なしに修理。
- ・ 走っているウサギの毛を刈る。

これらはみな、高いレベルにおける課題の理解なしには解決できない。

### 2. 身体知研究の方法論

身体知研究には、身体知を対象としたあらゆる研究が含まれる。本分野の研究は、対象を規定する一方で、方法論を規定しない。方法論の妥当性は、社会的要請への対応や、実践的効果から判断されるべきものであり、アприオリな理念から導き出されるものではない（そもそも知性の概念自体が目的論やプラグマティズムと不可分である）。

### 3. 身体知研究の成果

我々は、プロの音楽演奏家や（オリンピック金メダリストを含む）スポーツ選手を対象として、高度なスキルの背景にある運動学的・神経生理学的特徴を明らかにしてきた。研究対象としてきた動作は、ドラム演奏<sup>3-6</sup>、ピアノ演奏<sup>7-9</sup>、投球動作<sup>10-15</sup>、スキージャンプ<sup>16</sup>、陸上長距離走<sup>17</sup>、歩行<sup>18</sup>、ストリートダンス動作<sup>19</sup>、一致タイミング動作<sup>20</sup>、リズム動作<sup>21,22</sup>、腕の到達運動<sup>23-25</sup>などである。これらの研究により、高度な熟練スキルを遂行する際の動作、筋活動、心拍応答、脳活動等の特徴が明らかになるとともに、運動の制御や学習の一般則やアスリートの「こころ」の問題に対する解決の糸口が明らかになりつつある<sup>26-36</sup>。

### 4. 身体知研究の今後

限定された環境において限られた問題を解決するのであれば、身体知は必要ない。複雑な環境のもとで複雑な問題が生じるとき、身体知が必要になる。無限定の環境下、すなわち計算不可能な環境下でのふるまいを可能にするのが身体知である。したがって身体知研究を今後発展させていくためには、環境や資源・身体・情報・多様性や変動に関する新たな展望が必要になると思われる。

### 引用文献

1. 工藤和俊: 学習された運動行動の制御, in 麓信義: 運動行動の学習と制御. 東京, 杏林書院, 2006, pp 61-85.
2. N.A.ベルンシュタイン (著)・工藤和俊 (訳)・佐々木正人 (監訳): デクステリティー巧みさとその発達. 東京, 金子書房, 2003, pp 1-341.
3. Fujii S, Kudo K, Ohtsuki T and Oda S: Intrinsic constraint of asymmetry acting as a control parameter on rapid, rhythmic bimanual coordination: A study of professional drummers and non-drummers. *Journal of Neurophysiology*, In press.
4. Fujii S, Kudo K, Ohtsuki T and Oda S: Wrist muscle activity during rapid unimanual tapping with a drumstick in drummers and nondrummers. *Motor Control*. 13: 237-250, 2009.
5. Fujii S, Kudo K, Ohtsuki T and Oda S: Tapping performance and underlying wrist muscle activity of non-drummers, drummers, and the world's fastest drummer. *Neuroscience Letters*. 459: 69-73, 2009.
6. Kudo K, Fujii S, Ohtsuki T and Oda S: Motor automaticity as an emergent property of a dynamical system, in Cummins-Sebree S, Riley MA and Shockley K: *Studies in Perception & Action IX*. Mahwah: NJ, Lawrence Erlbaum, 2007, pp 28-31.
7. Yoshie M, Kudo K, Murakoshi T and Ohtsuki T: Music performance anxiety in skilled pianists: effects of social-evaluative performance situation on subjective, autonomic, and

- electromyographic reactions. *Experimental Brain Research*. 199: 117-126, 2009.
8. Yoshie M, Kudo K and Ohtsuki T: Motor/autonomic stress responses in a competitive piano performance. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1169: 368-371, 2009.
  9. Yoshie M, Kudo K and Ohtsuki T: Effects of Psychological Stress on State Anxiety, Electromyographic Activity, and Arpeggio Performance in Pianists. *Medical Problems of Performing Artists*. 23: 120-132, 2008.
  10. Hirashima M, Kudo K and Ohtsuki T: A new non-orthogonal decomposition method to determine effective torques for three-dimensional joint rotation. *Journal of Biomechanics*. 40: 871-882, 2007.
  11. Hirashima M, Kudo K, Watarai K and Ohtsuki T: Control of 3D limb dynamics in unconstrained overarm throws of different speeds performed by skilled baseball players. *Journal of Neurophysiology*. 97: 680-691, 2007.
  12. Hirashima M, Kudo K and Ohtsuki T: Utilization and compensation of interaction torques during ball-throwing movements. *Journal of Neurophysiology*. 89: 1784-1796, 2003.
  13. Hirashima M, Ohgane K, Kudo K, Hase K and Ohtsuki T: Counteractive relationship between the interaction torque and muscle torque at the wrist is predestined in ball-throwing. *Journal of Neurophysiology*. 90: 1449 -1463, 2003.
  14. Hirashima M, Kadota H, Sakurai S, Kudo K and Ohtsuki T: Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overarm throwing. *Journal of Sports Sciences*. 20: 301-10, 2002.
  15. Kudo K, Ito T, Tsutsui S, Yamamoto Y and Ishikura T: Compensatory coordination of release parameters in a throwing task. *Journal of Motor Behavior*. 32: 337-345, 2000.
  16. 工藤和俊 and 飯田祥明: スキージャンプ選手の身体感覚. 日本体育学会第 61 回大会, 発表予定.
  17. Nakayama Y, Kudo K and Ohtsuki T: Variability and fluctuation in running gait cycle of trained runners and non-runners. *Gait & Posture*. 31: 331-335, 2010.
  18. Ohgane K, Ei S, Kudo K and Ohtsuki T: Emergence of adaptability to time delay in bipedal locomotion. *Biological Cybernetics*. 90: 125-32, 2004.
  19. Miura A, Kudo K, Ohtsuki T and Kanehisa H: Coordination modes in sensorimotor synchronization of whole-body movement: A study of street dancers and non-dancers. *Human Movement Science*, In press.
  20. Kudo K, Miyazaki M, Kimura T, Yamanaka K, Kadota H, Hirashima M, Nakajima Y, Nakazawa K and Ohtsuki T: Selective activation and deactivation of the human brain structures between speeded and precisely timed tapping responses to identical visual stimulus: an fMRI study. *NeuroImage*. 22: 1291-301, 2004.
  21. Kudo K, Park H, Kay BA and Turvey MT: Environmental coupling modulates the attractors of

- rhythmic coordination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 32: 599-609, 2006.
22. Kadota H, Kudo K and Ohtsuki T: Time-series pattern changes related to movement rate in synchronized human tapping. *Neuroscience Letters*. 370: 97-101, 2004.
  23. Miyazaki M, Nakajima Y, Kadota H, Chitose K, Ohtsuki T and Kudo K: 1/f-type fluctuation in human visuomotor transformation. *Neuroreport*. 15: 1133-6, 2004.
  24. Miyazaki M, Kadota H, Kudo K, Masani K and Ohtsuki T: Fractal correlation of initial trajectory dynamics vanishes at the movement end point in human rapid goal-directed movements. *Neuroscience Letters*. 304: 173-176, 2001.
  25. Kudo K and Ohtsuki T: Functional modification of agonist-antagonist electromyographic activity for rapid movement inhibition. *Experimental Brain Research*. 122: 23-30, 1998.
  26. 工藤和俊: イップス (Y i p s) と脳. *体育の科学*. 58: 96-100, 2008.
  27. 工藤和俊: 力学系アプローチと体育学・スポーツ科学との接点. *体育の科学*. 57: 545-549, 2007.
  28. 工藤和俊: 空間認知動作のトレーニング. *体育の科学*. 55: 420-424, 2005.
  29. 工藤和俊他: 巧みな身体運動と脳活動, in 西平賀昭 and 大築立志: 運動と高次脳機能—運動の脳内機能を探検する—, 杏林書院, 2005, pp 189-194.
  30. 工藤和俊: 運動スキル研究におけるダイナミカルシステムアプローチ, in 日本スポーツ心理学会: スポーツ心理学—その軌跡と展望, 大修館書店, 2004, pp 175-184.
  31. 工藤和俊: 身体運動の制御. *体育の科学*. 53: 344-7, 2003.
  32. 工藤和俊: 運動制御研究の課題. *スポーツ心理学研究*. 27: 10-8, 2000.
  33. 工藤和俊: パフォーマンスの安定性を支える動作の多様性. *体育の科学*. 49: 41-6, 1999.
  34. 工藤和俊: 揺れ動く身体で狙いを定める. *トレーニングジャーナル*. 344: 14-18, 2008.
  35. 工藤和俊: スポーツにおける「こころの問題」の原因を探る: 日本スポーツ心理学会第35回大会シンポジウム「脳科学はスポーツ心理学の発展にどのように寄与するのか?」, 2008.11.15.
  36. Nakata H, Yoshie M, Miura A and Kudo K: Characteristics of the athletes' brain: Evidence from neurophysiology and neuroimaging. *Brain Research Reviews*. 62: 197-211, 2010.