

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 9 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350718

研究課題名(和文) 合気道技能の習熟に伴う技術要素の同期関係の変容に関する研究

研究課題名(英文) A study on the changes of the time sequence of Aikido-fundamentals according to Aikido skill

研究代表者

吉川 和利 (KIKKAWA, Kazutoshi)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・客員研究員

研究者番号：00112277

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：合気道の基本技術要素間の時間的連関性についてバイオメカニカルな手法によって検討した。主な結果は以下のようになる。1) 片手取り呼吸法では上級者(3段から6段)、中級者(初段)の多くに足の踏みかえと腕の拳上に合わせて息を吐き、次いで息を吸う様相が観察された。他方で、上級者の肘の屈曲は相対的に小さかったが、中級者では腕の拳上中に肘を曲げ、さらに伸ばす様相がみられた。これらの要因が受けから取りへのエネルギー伝達に影響していると考えられた。2) 「転換」を検討した結果、4段から7段の者では初段以下の者に比べ、初動時に重心の沈み込みが小さい、軸足の小さい面積しか踏みつけないなどの下肢動作に特徴があった。

研究成果の概要(英文)：In the present research, the time-sequence for Aikido-fundamentals among Aikido practitioners was analyzed by taking the biomechanical approaches. The main results were as follows: 1) In Katatedori-kokyūho, for most practitioners from 1st to 6th-dan, breath-out was observed while the switching step occurred concurrently with the arm lifting, followed by a breath-in. In this lifting stage, the advanced group (over 3rd-dan) performed the technique with a constant angle in the elbow, while the 1st-dan group bent and stretched the elbow. Therefore, these factors effected on the energy transmission onto the Uke. 2) In Tenkan-movement, the downward movement of center of gravity in mastery group (from 4th to 7th-dan) were smaller than value in beginners (under 1st-dan) at the primary stage. Furthermore, the range of center of pressure (COP) in the sole became smaller with increasing Aikido skill level. These facts during training can be used to make the teaching more efficient.

研究分野：体育学

キーワード：合気道 体捌き 呼吸法 転換 動作解析

1. 研究開始当初の背景

合気道は開祖植芝盛平翁が柔術、剣術、槍術など多くの武術を取り入れ、独自の武術として創始した武道であり、合理的で無理・無駄のない動きを模範的モデルとした指導者（師範）による型稽古を通じ、技を練磨していく。

合気道の基本技術 Fundamentals には 1) 構え、2) 入身、3) 捌き、4) 間合い、5) 手刀があげられ (Ueshiba, Progressive Aikido, The Essential Elements, Kodan-sha, 2005)、基本技術全体は系列的に と記号化して示される。一連の型を習得するために受けと取り双方の立場で体幹と手・腕・足・脚の動きを練磨し、呼吸力を鍛錬しながら型稽古が行なわれる。

合気道技術要素の体系に関して合気道研究家の佐々木貴氏はその研究論集（上達の秘訣、541）において「すべての体の部位が法則に則ってつかわれなければならない」とし、手は右（表）、左（裏）の陰陽、縦横の十字で使い、足・胸・肩も同様であること、呼吸も縦の腹式・横の胸式呼吸の十字、さらに生産び（イクムスビ）で行うことを指摘している。そして「これらは法則であり、方程式である。技をつかう際は、これらの方程式およびこの他にあるはずの方程式を同時に連動してつかわれなければならない」としている。これらの指摘は植芝吉祥丸監修「開祖語録合気神髄、八幡書店、2002」、高橋英雄「武産合気第 15 版、白光真宏会出版本部、1998」などの記述に基づくこととされ、合気道技術は系列的な要素に時間的連関性を持たせて体系化されていると考えられる。熟練者の演武では「瞬間に何が起こったのか傍からはわからない」ように身体の各部位が短時間に同調的に動き、澱みのなさ、流麗さを持っている。この高段者の澱みのない流麗な動きには技術要素間の高い時間的連関性が存在していると考えられ、相対稽古では受け取り相互の同調的な動きも必要である。

「機械の作動を時間的に連関させること。シンクロナイズさせること」という意味の技術用語は同期であり (weblio 辞書)、動きをもったシステムでは連動という意味も該当すると考える。

ここでは合気道技能の習熟要因を連動性、同期と捉え、合気道技能を発達的に検討したい。

2. 研究の目的

本研究では合気道の体捌き「入り身」、「転換」あるいは「呼吸様態」など要素相互に存在する時系列的な連動性、受け取り双方のエネルギー伝達と関連要素を検討する。

3. 研究の方法

われわれは歩行やスポーツ技術に関し、(1) モーションキャプチャ (MC) を用いた Biomechanical 手法での kinematic, kinetic 変数の解析、(2) センサを用いた呼吸様態の解析を中心に実施してきた。さらに今般の研究費受託により解析環境の充実を行うことができた。

本研究の研究内容はすべて電気通信大学研究倫理委員会の承認を受けて実施され、研究実施に先立って研究目的、実施形態、研究開示などについて研究担当者から被験者に説明し、了承を得て行われた。

実際の運動学習、特に合気道稽古で与えられる情報は動作自体あるいは身体部位や関節に関するものが圧倒的に多いことを考慮し、本研究で採用したのは Biomechanical な手法である。採用したデータ取得の基本のスキームは電極を装着した上で、高速度撮影を行い、MC システムを活用し、kinematic 変数の算出を行う。必要に応じてフォースプレート (FP) でのデータ採取、呼吸センサによるデータ収集もあった。実験場所は電気通信大学武道場、体育館ならびに県立広島大学行動解析室である。

4. 研究成果

(1) 片手取り呼吸法の基礎技術の習熟的变化:

呼吸法は呼吸力養成法の略称であり、座技と立ち技（諸手取り）のほか多岐に分かれている（植芝吉祥丸・植芝守央、規範合気道基本編、出版芸術社、1997）。ここで対象にした「片手取り呼吸法」は指導書（植芝守央、合気道上達 BOOK、成美堂、2003、p.28~29）では『体捌き 1. 側面へ入身』として解説される転換しない技法であり、本研究では単に片手取り呼吸法とする。

指導書では右相半身で構え、『受けが手首を掴むのに合わせ、左足、右足と足を踏み出して入身』、さらに『左足を踏み出して受けの側面へ入身をしながら、手刀を振りかぶる』

『左右の足の踏み出しに体重を乗せる』

『手刀を斬り下ろし、半身で体をまとめる』と解説されている。被験者は上級者 5 名（3 段以上 6 段まで、年齢 46.2 ± 12.6 歳、身長 166.7 ± 5.4 cm、体重 63.3 ± 8.1 kg）、中級者 5 名（初段、 54.4 ± 7.8 歳、 168.2 ± 7.5 cm、 66.7 ± 7.1 kg）、初心者 5 名（合気道授業受講生、 20.6 ± 1.4 歳、 171.5 ± 8.5 cm、 61.5 ± 7.2 kg）の計 15 名であった。

(1-1) 片手取り呼吸法における重心のエネルギー伝達の習熟度別比較: まず、被験者個別に足の踏み方について視認した。中級者・上級者全員がの右足以降で指導書通りの運足をしていた。初級者ではその運足が視認できないケースがあり、こうした運足の不完全さから初級者に関しては参考値として扱うべきかもしれない。

さて「取り」が「受け」を崩す際、力学的エネルギーの交換および伝達が行われると考え、「取り」と「受け」全体が行った仕事 (W_{wb}) と力学的エネルギーの交換 (T_w) および「取り」と「受け」の間の力学的エネルギーの伝達 (T_b) について検討した。崩しについては「取りが掴まれた手首を最も高い位置 (HPRH) まで上げる」区間を「崩し前」、HPRH から後、受けが掴んでいた手を離すまでの区間を「崩し後」と定義した。

重心における力学的エネルギーの算出には以下の式を用いた。

$$E = \frac{1}{2}(m_t v_{t,i}^2) + m_t g h_{t,i} + \frac{1}{2}(m_u v_{u,i}^2) + m_u g h_{u,i}$$

式(2・5)

ここでmは質量、vは重心の速度、gは重力加速度、hは重心高を表し、添字tは取り、uは受けを表す。

次に「取り」と「受け」それぞれにおける位置エネルギーと運動エネルギー相互のエネルギーの交換(以下、交換)と「取り」と「受け」間での力学的エネルギーの伝達(以下、伝達)が無いと仮定した場合の「取り」と「受け」が行った仮想の力学的仕事(Wn)を算出した。

また、交換のみ行われると考えた場合の「取り」と「受け」の仮想の仕事(Ww)を算出した。最後に、交換と伝達が行われると考えた場合の「取り」と「受け」の仕事(Wwb)を算出した。

$$Wn = \sum_{i=0}^N (|KE_{t,i}| + |PE_{t,i}| + |KE_{u,i}| + |PE_{u,i}|)$$

式(2・6)

$$Ww = \sum_{i=0}^N (|KE_{t,i} + PE_{t,i}| + |KE_{u,i} + PE_{u,i}|)$$

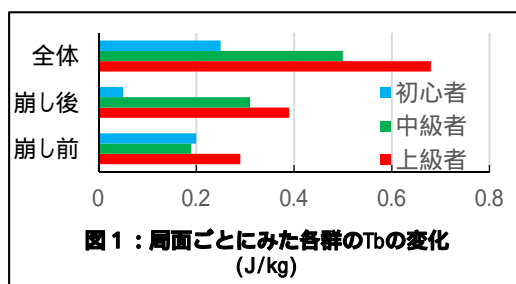
式(2・7)

$$Wwb = \sum_{i=0}^N (|(KE_{t,i} + PE_{t,i}) + (KE_{u,i} + PE_{u,i})|)$$

式(2・8)

実際には交換および伝達はいずれも存在するため、Wwbは「取り」および「受け」が新たに行った仕事を表す。ここでΔKEは運動エネルギーの増加分、ΔPEは位置エネルギーの増加分、Nは動作終了時刻を表している。WnとWwの差は「取り」と「受け」両者における位置エネルギーと運動エネルギーの交換の大きさ(Tw)を表す。また、WwとWwbの差は「取り」と「受け」の間での力学的エネルギーの伝達の大きさ(Tb)を意味する。さらにWnとWwbの差はTwとTbの和(Twb)に一致する。

以上の定義から各パラメータを算出し、片手



取り呼吸法について取り-受け間のエネルギー伝達を検討した(図1)。各局面のエネルギー伝達は事後検定の結果、崩し後には初心者と中級者・上級者との間に、全体では上級者と初心者の間に各々有意差(p<0.05)があった。全般を通じて上級者の方がエネルギー伝達で大きい値を示し、「受け」に対して崩し前に有効にエネルギーを伝えていることが推測できた。

(1-2) 片手取り呼吸法における上肢関節の使い方に見られる習熟度： 右上肢の振り舞いをみるために右腕の肘関節と肩関節の角度について検討した。その結果、肩関節に関しては熟練度による影響はなく、肘関節については以下のような結果になった。すなわち肘関節の角度変化は中級者>上級者>初心者の順に大きかった。上級者と中級者の間の差は有意ではな

かったが、中級者では崩し前には肘を屈曲させて受けを引っ張るように動き、崩し後には肘を伸ばすような動作が見受けられたことになる。上級者では「掴まれた時点からすでに肘を曲げ、脇を締めながら手刀を有効に使い、そのまま自身の体の中心すなわち正中線に受けを持ってくる」自然な崩し動作を行っているのではないかと考えられる。これは「崩し」動作に関し、上級者では肘を絞める(締める)ように上肢を使っていると考えられ、脚部や体幹部を総合的に使っており、肘の操作、特に角度変化は其中では、比較的小さなものでしかないことを意味していると推測した。初心者では肘の角度変化も小さく、屈曲も伸展もわずかであった。

統計的な有意差はないものの中級者では上級者に比べ、肘関節の屈伸が相対的に大きかったが、肘関節の屈曲は指導場面でも推奨される動作ではない。他方、上級者では動作の当初から「肘を絞る」ようにしながら、手刀を有効に使い、さらに「体重の移し替え」によって受けを崩していると考えられた。

(1-3) 片手取り呼吸法における呼吸様相についての習熟度との関連性： 片手取り呼吸法での呼吸様相を得るために鼻腔センサによる呼吸データを取得した。この技法では指導書に示されるようにいくつもの入身、足の踏み込みがある。呼吸と動作との関連を検討した結果、中級者と上級者では8名の者が足を交互に踏み出して受けの側面へ入身をする崩し前局面で呼吸から吸気に移行しようとする傾向が観察された。上記指導書の解説『さらに左足を踏み出して受けの側面へ入身をしながら、手刀を振りかぶる』局面で吸気に移行しようとする傾向が上級者・中級者の多くに観察されたことになる。ただしその直前には呼気局面があって、それに引き続いての吸気である。また上級者の中には崩し動作中に吸気のままの者、呼気のままの者もあり、斬り下ろしながら呼気に移行していた。

他方で、初心者の呼吸様相はこれら中級者・上級者にみられた足の踏み替え(入身)動作とは全く無関係な動きを示していた。すなわち呼吸様相自体が不規則に変動し、HPRH(受けに持たせた手首が最も高い位置に来たポイント)までの吸気、呼気の様相には大きな個体差がみられ、運足と呼吸様相との間に規則的な関連性を見出すことはできなかった。

礼法では「呼吸に合わせて動作をする」のが基本として推奨され(小笠原清忠、一流の人はなぜ姿勢が美しいのか、プレジデント社、2016)、水泳指導でも吸気前の呼気がいわれるが、合気道技能の習熟性あるいは稽古継続性からもその傾向が観察できると考えられた。

(2) 転換に関する動作解析

(2-1) 技の系列性と転換動作： 系列動作の中で技能習熟が顕著な要素を検討した。30年以上の合気道経験を持つ2名の師範(6段、7段)と稽古期間数年程度の初級者(初段、1級)3名を被験者として正面打ち入身投げの動作解析を行った。双方は同一道場の師弟であり、受けは合気道歴4段の者が務めた。三次元動作解

析システムにより身体 38 か所に貼付したマーカーの位置座標をサンプリング周波数 250Hz にて取得し、システムに同期させた FP と胸部周測定装置は 1000Hz にてデジタル化を行った。一次的に FP により 3 軸方向の力を測定し、2 次的にモーメントとその作用点を算出した。その後、合気道 4 段の検者が以下の動作局面を視認した。受けによる右足の踏み込みを動作の開始 (1) とし、次に (2) 右腕同士的最接近、以下いずれも取りによる (3) 左足からの入身、(4) 右遊脚での水平方向の転換、(5) 下方への受けの崩し、(6) 右腕を使った受けの引き上げ・のけ反らし、(7) 右腕折り下ろしによる投げ、最終的に (8) 受けの後ろ受け身の脚が垂直に上がるまでの局面である。その (1) から (8) までの総時間に対し、(1)~(3)、(3)~(4)、(4)~(5)、(5)~(6)、(6)~(7)、(7)~(8) の 6 動作局面毎の時間の割合 (%) を変数とした。第 1 試行を除く 4 試行について各被験者の平均局面時間を比率で検討した結果、最も差異があったのは『入身後の転換』であった。弟子に比較して師範の転換動作は素早く、下方・上方への崩し、投げの動作などは相対的に緩やかなことが指摘でき、転換は稽古歴が顕著に反映されるものと考えておく (以上は県立広島大学保健福祉学部塩川准教授の協力で獲得した)。

(2-2) 転換の三次元動作解析：

ここでは転換の単独動作を取り上げ、三次元動作解析によって習熟に伴う差異を検討した。

研究の手続き： 上級者 5 名 (4 段以上 7 段以下、年齢 64.0 ± 9.5 歳、身長 165.2 ± 7.6 cm、体重 61.2 ± 9.3 kg)、中級者 5 名 (2 級以上初段以下、 21.3 ± 1.2 歳、 172.5 ± 5.4 cm、 64.3 ± 8.0 kg) 初級者 4 名 (3 級以下、 19.8 ± 1.6 歳、 171.2 ± 5.4 cm、 61.5 ± 4.8 kg) の被験者に単独で「転換」を左半身、右半身で 2 回ずつ行わせ、三次元動作および地面反力の計測データの算出を行い、群間差を検討した。

被験者に T シャツおよびタイツを着用させ、全身 53 箇所身体特徴点に再帰性反射マーカーを貼付した。実験室に設置された 11 台の赤外線カメラからなる三次元光学式 MC (Optitrack S250e, Natural Point 社製) を用いてマーカーの三次元座標値を 200 [Hz] で取得した。また実験室の床に埋設された FP (9287B, Kistler 社製) を用いて、軸足 (SPL) に作用する地面反力を 1000 [Hz] で計測した。

実験室座標系において左右軸を x 軸 (右が正)、前後軸を y 軸 (前が正)、上下軸を z 軸 (上が正) とした。マーカーの三次元座標値を位相ずれのない 4 次のパターワース型ローパスフィルタによって平滑化した (最適遮断周波数 8-16 [Hz]; Wells & Winter, 1980)。また、軸脚 SPL の踵部マーカーの xz 平面における合成速度 V_{xz} が 0.2 [m/s] を越えた時刻を試技開始時刻、試技開始から 2 秒間で反対の脚 (遊脚) の踵部マーカーの合成速度 V_{xz} が最小値となる時刻を試技終了時刻とし、決定した試技時間を 0-100 [%] で正規化した。また遊脚の第一中足骨マーカーの合成速度が 1 [m/s] を越えた時間を離地時

間 (SWL_off ; 35.5 ± 6.51 [%]) とした。

動作解析ソフト (Visual3D, C-Motion 社製) を用いて身体重心の座標値および下肢関節角度を算出した。身体重心の座標値は身長で正規化し、試技開始時刻を 0 としてその変化量を算出し、下肢関節角度を定義してそれぞれの時間経過に伴う変化を調べた。また FP の計測値から 6 分力 (F_x, F_y, F_z, x, y, M_z) を算出した。

F_x, F_y, F_z は SPL に作用する地面反力の左右 (x)、前後 (y)、鉛直 (z) 方向の力を表し、x および y は圧力中心 (COP: Center of Pressure) 座標値、 M_z は COP の鉛直軸まわりに作用した捻りモーメント (フリーモーメント) を表す。得られた COP 座標値を実験室座標系から、足裏座標系の値へ変換した。足裏座標系は、第五中足骨から第一中足骨へ向かうベクトルを左右軸 (x)、踵から左右軸への垂線を前後軸 (y) とし、原点は前後軸における踵の値および左右軸における第五中足骨の値とした。また、踵から第五中足骨までの長さを足長とし、変換した値を足長で正規化した。時系列の座標値から前後左右の最大値、最小値、その差をとった変位量および軌跡の矩形面積を算出した。

結果 身体重心について： 図 2 には身体重心の鉛直変位を各群の平均で示した。ここで

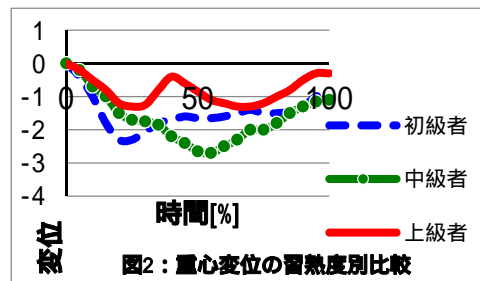


図2：重心変位の習熟度別比較

の鉛直変位は身長で正規化し、動作開始時の重心高を 0 としている。遊脚離地 (SWL_off) 前 (回転前半) における身体重心の降下量は初級者群 2.76 ± 1.00 [%]、中級者群 2.07 ± 1.07 [%]、上級者群 1.80 ± 0.74 [%] であり、上級者群は初級者群に比べて有意に小さかった。回転前半の軸脚の姿勢を作るこの局面で上級者群には無駄な沈み込みや蹴り出しがないと考えられる。

圧力中心位置について： 圧力中心位置の変位を図 3 に示した。圧力中心の x 方向の最大変位は初級者群で 33.3 ± 11.19 [%]、中級者群で

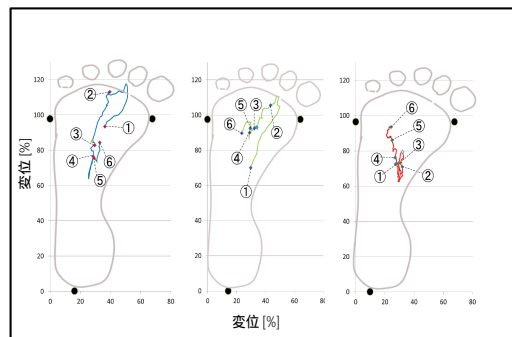


図3：圧力中心位置の変位(左=初級者、中=中級者、右=上級者)

34.2 ± 5.81 [%]、上級者群で 25.6 ± 7.36 [%] であり、上級者群では中級者群、初級者群と比べ

て有意に小さかった。y 方向の最大変位は、初級者群で 77.2 ± 24.96 [%]、中級者群で 65.2 ± 21.3 [%]、上級者群で 62.5 ± 13.2 [%] であり、中級者群は初級者群、上級者群は中級者群と比べて有意に小さかった。上級者群では x、y のいずれの方向にも圧力中心が小さい変位を示すことから足裏の狭い範囲を中心に回転動作を行っていると考えられた。

脚の3関節：下肢の3関節について x、y、z の3軸を対象に習熟にともなう傾向を検討した。股関節に関して上級者は外転位で動作を開始し、中盤（遊脚離地時）には他群に比して有意 ($p < 0.05$) に内旋していた。また膝関節に関して上級者では遊脚離地前には相対的に内転位であるが、遊脚離地後には他群に比べ、有意 ($p < 0.05$) に外旋していた。さらに足関節の関節角度変化を検討したところ、上級者群では全局面において角度変化が相対的に小さかった。特に遊脚の離地前には z 軸まわりの角度変化、同じく離地後には x 軸まわりの角度変化が有意 ($p < 0.05$) に小さかった。上級者群における全局面での小さな角度変化は、結果として関節を固定することで圧力中心点の変動を小さくすることになると考えられる。一方で初級者群は上級者のような股関節、膝関節の屈曲動作はなく、また動作開始時に遊脚の足関節の背屈がありながら、その離地時には底屈していた。つまり初級者では遊脚を離地時に蹴る状況がうかがわれ、上級者では観察されない傾向であった。

以上から上級者は軸脚の股関節を外転位にし、遊脚の股関節および膝関節を大きく屈曲し、質量の大きい体幹を軸脚に寄せ、遊脚も軸脚に近づけることで鉛直軸まわりの慣性モーメントを小さくしていることが推察できる。

ここでは腕の操作については分析対象としなかった。稽古継続者では恐らく遊脚と同側の腕が同時に動く様相、全体的にはナンバ、常歩の動きが生じているかもしれない。また転換動作は単独ではなく相対稽古として行われることが多く、実験状況の検討も必要である。

(3)まとめにかえて： 2、3の動作解析から検討した結果は以下のように要約できる。

まず片手取り呼吸法のエネルギー伝達を検討した。エネルギー伝達が相対的に大きい上級者では肘を曲げない、腋を締めるなど総合的な基礎技術が集約されていると考えられた。中級者では上級者に比べ、肘関節の屈伸が相対的に大きく、他方、上級者では動作の当初から「肘を絞る」ようにしながら、手刀を有効に使っていると推測できた。さらに上級者、中級者ともに呼吸に合わせた「体重の移し替え」によって受けを崩していると考えられた。肘関節と手刀などの使い方は「正中線」を護りながらの体幹の動きになり、全体として崩し前から崩し後までのエネルギー伝達の大きさに結びついていると考えたい。ただし四肢や手指の一つ一つ、あるいは体幹を含めた全身が有機的に働くことがエネルギー伝達には必要であり、こうした呼吸と入身、腕の捌きの運動性は限定的な指摘に止めたい。呼吸センサを含めたデータ採取方法あるいはデータ解析方法などを含め、今後

委ねる。

また単独動作としての転換を検討した。回転前半の軸脚の姿勢を作る局面で初級者・中級者では重心の沈み込みが観察されたが、上級者群にはそうした無駄な動きがないと考えられた。上級者の場合、股関節が外転位で動作を開始し、中盤（遊脚離地時）には相対的に内旋していること、膝関節は遊脚離地前の相対的に内転位から中盤には外旋していること、足関節では足裏の狭い範囲を中心に回転動作を行い、関節の固定と圧力中心点の変動を小さくすることに運動していると考えられた。すなわち上級者は軸脚の股関節を外転位にし、遊脚の股関節および膝関節を大きく屈曲している。これらにより上級者は質量の大きい体幹を軸脚に寄せて遊脚も軸脚に近づけ、鉛直軸まわりの慣性モーメントを小さくしていることが推察できる。同時に稽古を継続した者では恐らく遊脚と同側の腕が同時に動く様相、全体的にはナンバ、常歩の動きが生じていると想定できる。

(3-1) 基礎技術の武道的意義： 宮本武蔵の五輪書水之巻には嫌う足つかいとして飛び足、浮き足、踏み据える足の三つをあげ、風之巻では「飛び足」を「とふにをこり有て、飛びていく心有」とし、飛びに「理のなき」としている（大倉隆二訳・校訂、決定版五輪書 現代語訳、草思社、2002）。一方で、摺り足は日本の伝統的儀式である茶道、あるいは芸能として能などの動きに重要な要素である。

合気道の一連の系列的な動き「」の中で入身と転換は他の武道には見受けられない動作である。上級者の転換動作には学習された要素が軸脚、遊脚に多く観察された。植芝盛平開祖による合気道の創始時に日本の伝統的武道あるいは礼法などの動作要素を考慮することがあったのは想像に難くない。「踏みしめず、蹴らず、居つかず」に行われるのが上級者の転換動作であり、稽古によって学ぶ要素であるといえる。特に初心者段階では受けと取り双方の立場で相対稽古あるいは単独稽古としての転換あるいは入身が重要であり、系列動作の上達を図るためにも「大きな力を生み出すが、不器用な」下肢の重要性が指摘できる。

われわれは歩く動作の加齢変化を検討し（Kikkawa et al., Rejuvenation Research vol.17(2), 2014）その被験者は20歳代から80歳代までの日本人女性であったが、若年者の通常の歩行は足関節の底屈・背屈が明白であり、加齢とともに足関節の底屈・背屈動作の減少が明らかになり、また股関節を屈曲させてトルクパワーのピーク値を増加させて股関節を使う動きに変化する特徴が観察された。性別を問わずに通常歩行にこうした点があるとすれば、年齢の高い者には足運びへの意識がさらに求められ、合気道の稽古要素として「転換」を十分に考慮しておく必要がある。

呼吸も習熟度との関連が観察されるようである。日本古来の礼法は「呼吸に合わせて動く」ことを基本にして体系化され、また水泳の指導でも吸気前の呼吸を重視することも知られている。継続的な稽古者では足の運びに合わせて「先

ずは息を吐き、さらに吸う」傾向があることを観察できた。「合気神髄」などに示されるイクムスピの呼吸が技法の中で求められるが、本研究では数年以上の稽古を積む初段以上ではその萌芽が観察できると考えられた。ただ腹式・胸式の呼吸を十字に使うという高い技能水準までを含めて明白な規則性が示されたのではなくデータ採取法を含めて今後の課題である。

(3-2)合気道経験と脳波・筋電図のコヒーレンス：大脳皮質運動野の脳波(EEG)と骨格筋の表面筋電図(EMG)の信号の相関性を周波数領域で定量的に評価する指標(コヒーレンス、Coh)があり、バレエダンサーやウェイトリフターに關した豊富なデータも報告されている(牛山潤一、脳波と筋電図のコヒーレンス解析、体育の科学63(6):458-465、2013)。電気通信大学水戸研究室では合気道経験が10年以上の者3名と1年程度の者3名を対象に椅子に座した状態で上腕の二頭筋と三頭筋、前脛骨筋のCohを検討した。その結果、前脛骨筋では合気道歴の短い被験者がCohを呈しやすい傾向があったこと、EMG測定条件の変化がCoh特性に影響を与えること、運動経歴の長い者でも条件によってはCohを呈する可能性があることなども指摘されている。少数標本ではあるが、合気道経験と脚部筋にCohが認められたことは興味深い。(脳波-筋電図コヒーレンスに関する基礎的研究、中澤優伸)。

(3-3)型稽古の再考と課題：柴田と遠山(技能の習得過程と身体知の獲得—主体的関与の意義と「わざ言語」の機能—、名大言語文化論集24:77-93、2003)は「わざ」が「わざ」として実践的に機能するようになって初めて、学習知が完全に「身に付いた」といえるとし、そのためには認知行為と実践的的身体的行為の統合が必要としている。合気道稽古に関しては佐々木氏が(手、足、呼吸などの)要素についての方程式があり、それを「連立で解かなければならない」と述べている。そしてそのために「稽古では法則を1つずつ見つけ、それを技で試し、試行錯誤で繰り返しながら、身につけていかねばならない」とし、「法則に則って行う」演繹的稽古と「基本技の練磨を通じ、多くの具体的な事実を総合して法則を導き出す」帰納的な稽古双方の必要性を指摘している(上達の秘訣、327)。

本研究の『呼吸法』で示したように継続的稽古者では運足に合わせる自然な呼吸が行われる一方、上級者の中には特異な呼吸様相を示す場合もあった。初段クラスでは肘関節の屈曲と伸展をしながら動作し、あるいは『転換』において重心の動揺など不合理な動きをしていることがうかがわれた。これらは一例であるが、上級者も含めて、それぞれに課題を認識した稽古が必要であることの証左であろう。

ここに示した研究結果は全て技能横断的な資料である。実は今回取得した資料には同一の被験者の縦断的なものもあり、投げ技、固め技を含め多くの技法に關した資料も得ている。今後、これらの検討も必要である。

謝辞：本研究遂行にあたり、多くの方々から有形無形のご支援を賜った。特に被験者として快く参加いただいた合気道家の皆さんに深甚なる謝辞を申し上げたい。

5. 主な発表論文等 論文 (計2件)

(1) Age-associated changes of walking parameters in Japanese adult women. Kikkawa K., Okada H., Oishi R. Rejuvenation Res. (査読あり) 17(2):229-34. 2014.

(2) 発育期男子(13歳、16歳)における体力運動能力と身長との関連性の年次変化：中山仁氏の一次式の活用、田中 力、鈴木桂治、斉藤 仁、山内直人、小山泰文、森脇保彦、吉川和利. 国士館大学体育・スポーツ科学研究(査読なし) No.15:23-30, 2015.

学会発表 (計2件)

(1) Three dimensional analysis of Aikido-tenkan. Kikkawa, K., Kuratomi, H., Okada, H. 34th International Conference on Biomechanics in Sports 2016. Jul.18-22.

(Tsukuba University, Ibaraki Pref. Tsukuba)
(2) 合気道転換動作の三次元解析、倉富耀、吉川和利、岡田英孝、第36回バイオメカニズム学術講演会、2015.11.28,29. (信州大学 長野県上田市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉川 和利(KIKKAWA, Kazutoshi) 電気通信大学・大学院理工学研究科・客員研究員 研究者番号: 00112277

(2) 研究分担者

岡田 英孝(OKADA, Hidetaka) 電気通信大学・大学院理工学研究科・教授 研究者番号: 20303018

狩野 豊(KANO, Yutaka) 電気通信大学・大学院理工学研究科・教授 研究者番号: 90293133

(3) 研究協力者

水戸和幸(MITO, Kazuyuki) 電気通信大学・大学院理工学研究科・准教授 研究者番号: 90353323