

身体動作の時空間的分節化にもとづいた 身体技能の習得支援方法の研究

(課題番号 17500090)

平成 17 年～19 年度 科学研究費補助金 (基盤研究 C) 研究成果報告書

研究代表者 藤波 努
北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科准教授

平成 20 年 3 月

平成 17 年-19 年度科学研究費補助金 (基盤研究 C) 研究成果報告書

研究課題名および課題番号

身体動作の時空間的分節化にもとづいた身体技能の習得支援方法の研究
(17500090)

研究代表者

藤波 努 (北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 准教授)

研究分担者

山本 知幸 (北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科助教)

交付決定額

- 平成 17 年度 1,100,000 円
- 平成 18 年度 1,000,000 円
- 平成 19 年度 1,690,000 円 (うち間接経費 390,000 円)
- 計 3,790,000 円

研究発表

第 1 章に記載

研究成果による工業所有権の出願・取得状況

該当なし

目次

平成 17 年-19 年度科学研究費補助金 (基盤研究 C) 研究成果報告書	i
第 1 章 研究成果の概要	1
1.1 研究の目的	1
1.2 研究の特色	1
1.3 経過	2
1.4 研究発表	3
1.5 本報告書の構成	6
1.6 今後の課題	8
第 2 章 個人と組織にみられる巧みさの発達と進化	9
2.1 巧みさとその発達および進化	9
2.2 巧みさの発達	10
2.3 巧みさの進化	14
2.4 技能習得に関する諸問題	16
2.5 技能習得の研究が示唆するもの	20
第 3 章 技の研究と人工知能	23
3.1 はじめに	23
3.2 技研究の前提	23
3.3 技からみた知能の本質	25
3.4 技研究の目指すもの	28
第 4 章 リズムで越える時間の壁-身体知へのアプローチ-	31
4.1 身体知の研究に至るまで	31
4.2 身体知とは何か	33
4.3 熟練者の動作に見られる特徴	34
4.4 リズムが洗練された動作を可能にする	36
4.5 リズムは言葉で覚える	39
4.6 リズムで越える時間の壁	40

4.7	リズムで迫る身体知の謎	41
第 5 章	周期的動作に見られる協調構造の分化	43
5.1	はじめに	43
5.2	対象と手法	44
5.3	分析	46
5.4	考察	48
5.5	まとめ	50
第 6 章	モーションキャプチャ装置を用いたサンバ・ダンスのリズム習得過程の 分析	51
6.1	はじめに	51
6.2	実験設定	51
6.3	練習内容	52
6.4	実験手順	52
6.5	結果	53
6.6	考察と展望	55
第 7 章	加速度センサを用いたサンバダンスの解析	57
7.1	はじめに	57
7.2	実験	58
7.3	データ解析	59
7.4	まとめ	66
第 8 章	手拍子によるリズムのグループ学習	67
8.1	背景と目的	67
8.2	実験手法	69
8.3	結果と考察	73
8.4	今後の展開	91
第 9 章	サンバ演奏技能の習得支援システムの開発	93
9.1	はじめに	93
9.2	実験	96
9.3	実験の結果	103
9.4	考察	109
9.5	結論	113
第 10 章	スキルサイエンスとエンタテインメント	115
10.1	スキルサイエンス	115
10.2	エンタテインメント	115

10.3	技能習得の障壁	116
10.4	動作のタイミング	119
10.5	計算機を使った技能習得支援	120
10.6	将来の見通し	120
第 11 章	アメリカンフットボールのスローイングが野球の投球フォームに与える 影響について	121
11.1	はじめに	121
11.2	野球の投球理論	123
11.3	アメリカンフットボールの投げ方	125
11.4	計測結果	126
11.5	考察	128
11.6	まとめ	129
第 12 章	けん玉を科学する	131
12.1	はじめに	131
12.2	関連研究	132
12.3	SECI モデルとは	134
12.4	SECI モデルを用いた技の習得	136
12.5	初心者と熟練者の違い	143
12.6	結論	145
12.7	今後の展望	146
第 13 章	身体知創造に対する日本的アプローチ	147
13.1	はじめに	147
13.2	伝統芸能の方法論	150
13.3	手の技法	151
13.4	伝統芸能の価値観	156
13.5	まとめ	157
参考文献		161

第1章

研究成果の概要

1.1 研究の目的

本研究では、楽器演奏や陶芸の土練りなど修練を必要とする身体技能を対象として、それら身体技能の本質を身体動作の観点から明らかにするとともに、得られた知見にもとづいて身体技能の習得を支援する方法を開発した。

身体動作は脳の構造に対応していくつかのレベルに分けられる。もっとも単純なレベルは平衡感覚であり、そこから四肢の連係、周期動作、連続動作、行為へと高度化していく。我々は、四肢の連係と周期動作に限定して身体技能を研究した。研究対象としたのはシェイカーを使ったサンバリズムの演奏である。リズム演奏を題材として選んだのは、初心者が親しみを持ちやすく被験者を集めやすいこと、また通常半年で演奏できるようになるので上達過程を追跡しやすいからである。

1.2 研究の特色

従来、人工知能の研究は、推論や記憶など、人間の高度な認知機能を対象としてきた。エキスパートシステムは高度な認知機能の研究から得られた成果の一つである。推論や記憶は脳内の働きに限定された機能であるが、人間の持つ認知機能は脳だけに限定されたものだけではなく、身体の動きと密接な関係を持つ。たとえば、伝統工芸の分野で長年修練を積み重ねてきた達人の技の中に我々は高度な認知機能の働きを感じ取るが、達人の技は推論と記憶だけで習得されるものではなく、長期に渡る修練を必要とする。長年の訓練を経て習得される達人の技を「身体技能」と呼ぶ。

身体技能は「体に埋め込まれた知能」と考えられる。我々の日常生活は様々な身体動作で満ちあふれているが、それら動作の中に埋め込まれている知能については、ほとんど研究されていない。本研究は、身体技能を調べ、体に埋め込まれた知能とは何かを明らかにした点が独創的である。

1.3 経過

1.3.1 平成 17 年度の研究成果

平成 17 年度は熟練者の動作を調べることを第一目標とした。そのため九谷陶芸技術研修所および地元陶芸家の方々にご協力いただき、平成 17 年 6 月より 2 ヶ月に渡って 12 名の方々の菊練り動作をモーションキャプチャ装置で測定・記録した。実験の結果、データ収集のためにはさらなる工夫が必要であることがわかった。たとえば、粘土の固さをコントロールする必要があること、陶芸家の体格が様々であるため作業台の高さを人によって変えなければならないことなどである。また、陶芸家が力を入れるタイミングを測ることの重要性も明らかとなった。

また平成 17 年度は、初心者が技能を身につけていく過程を調べるため、サンバダンスを題材として上達過程を調査した。実験では 2 名の方にご協力いただき、約半年に渡ってダンス教室に通ってもらいながら適宜、身体動作をモーションキャプチャ装置で測定・記録した。実験の結果、リズム感を身につけていく過程を身体動作に基づいて分析できる可能性を見出した。また身体技能の転移についても調べた。実験ではサッカー部部員 5 名に 3 ヶ月に渡ってサンバダンスを習ってもらい、サッカーの技能が向上するかどうかを調べた。研究の結果、ダンス技能の習得がサッカー技能に好影響を及ぼすことがわかった。

さらに平成 17 年度はモーションキャプチャ装置以外の測定手段について調査した。シェーカーによるサンバの演奏に関しては、熟練者では手首が脱力し、受動的運動になっているという仮説がほぼ確からしいと思われ、確実に検証するためにモーションキャプチャ装置では得られないデータの収集が必要となった。実験系を確立し、成果を出すには実験開始後一年は必要であるため、筋電位や加速度などの実験方法および世界の研究の進展に関する情報の収集が緊急に必要であった。そのため山本が The 20th International Society of Biomechanics に参加し、研究動向を調査した。

1.3.2 平成 18 年度の研究成果

平成 18 年度は、初心者が技能を身につけていく過程を調べるため、サンバダンスを題材として上達過程を調査した。実験では高校生 30 名に協力を依頼し、ほぼ毎週 1 時間のダンスレッスンを一年間に渡って受講してもらい、その間にどのような変化が動作に現れるかを加速度センサーで計測した。実験の結果、標準的な被験者の場合、約 3 ヶ月で一定のテンポを刻めるようになり、さらに 3 ヶ月 (計 6 ヶ月) かけてサンバ特有のアクセントに対応する動作ができるようになることを見出した。またアクセントを身につける際は、まず腰部分にアクセント表現が観察され、その後に腕部分のアクセント表現が出現することを見出した。このことは体幹部の動作が腕を使ったパーカッション演奏の基礎となっていることを示している。この成果を海外で開催された国際学会で発表し、海外メディアで取り上げられるなど反響を呼んだ。

前年度は2名の方にご協力いただき、約半年に渡ってダンス教室に通ってもらいながら、身体動作をモーションキャプチャ装置で測定・記録したが、その実験を通して得られた成果をドイツで開催された国際学会で発表した。また、同じく前年度に実施したサンバとサッカー技能の関係に関する研究の成果を同じ学会で発表した。この研究はサッカーのワールドカップにおいて日本チームがブラジルチームと対戦することになったことが影響して、国内のマスメディアから注目を集め、民間放送局4局および多数の新聞社から取材を受け、研究内容が広く紹介されることとなった。

1.3.3 平成19年度の研究成果

最終年度となる平成19年度は技能習得の支援方法を中心に研究した。技能習得の過程では学習者が行った動作に対してフィードバックを与えることが重要であるが、その与え方について様々な工夫を試みた。ひとつの調査は評価尺度の粒度に関するものであり、荒過ぎることも細かすぎることもない適切な粒度が存在することを確認した。また学習者が行った動作の評価を提示する方法についても調査した。実験の結果、結果の善し悪しだけでなく、動作の特徴を視覚的に示すことで学習が効果的に行われることを見いだした。

最終年度は産業への応用も意識し、スーパーマーケットの精肉部門にご協力いただいて包丁で肉を切る動作を調査した。小売業では、人材の高い流動性とコスト削減の圧力から人材育成（技能習得）の支援に対して期待が大きいからである。調査の結果、熟練者は動作が安定性し、無駄のない動きになっていることがわかった。高い作業効率と持久力（疲れにくさ）を両立させるために、自然に身についた動作と思われた。しかし、具体的な技能習得支援方法は将来の課題として残った。

新たな題材としてクラシック音楽における歌唱の技能を調査した。実験ではプロとして活躍する歌手が自ら発声方法を制御し、歌い方の違いが聴き手にどのような影響を及ぼすかを調べた。この研究を通して、技能は三つの異なった側面から並行して研究すべきことを実感した。すなわち、歌い手自身の主観的な感覚、聴き手が受け取った印象、センサーによって測定できた物理量の三点である。これらはそれぞれ主観的、間主観的、および客観的視点と言い換えられる。歌い方の違いは聴き手にもはっきりと感じ取られたばかりでなく、特殊なセンサーを使って体表振動を測定した結果、通常の発声方法よりも明らかに強い共鳴現象が起きていることが確認できた。以上より、具体的なデータを参照しながら歌唱技能を指導できる可能性を示した。

1.4 研究発表

1.4.1 学会誌など

1. 豊田 喜代美, 藤波 努, 共鳴に効果的なノドの作り方に関する一考察, 日本声楽発声学会誌, 36号, pp.3-18, (2008.03.31 掲載予定).
2. 石川 浩一郎, 櫻井 彰人, 藤波 努, 國藤 進, 複数の状態行動価値表を用いたR学習

の高速化, 電気学会論文誌 C 126 巻 第 1 号, pp. 72-82 (2006).

3. 藤波 努, 個人と組織に見られる巧みさの発達と進化, 人工知能学会誌 vol. 20 No. 5, pp. 518-524 (2005).
4. 石川 浩一郎, 櫻井 彰人, 藤波 努, 國藤 進, 強化学習におけるオンラインセンサ選択, 電気学会論文誌 C 125 巻 第 6 号, pp. 870-878 (2005).

1.4.2 口頭発表

1. 藤波 努, 身体知創造に対する日本のアプローチ, 第 5 回知識創造支援システム・シンポジウム予稿集, 印刷中 (2008.2.22).
2. 藤波 努, スキルサイエンスとエンタテインメント, エンタテインメントコンピューティング 2007 論文集, pp. 1-4 (2007.10.1).
3. 河上 聖人, 松村 耕平, 藤波 努, 手拍子によるリズムのグループ学習, エンタテインメントコンピューティング 2007 論文集, pp. 5-6 (2007.10.1).
4. Yasuaki Noto and Tsutomu Fujinami, “A Study on Skill of Meat Cutting Using Accelerometer”, International Symposium on Skill Science 2007 (2007.9.18).
5. Kiyomi Murase and Tsutomu Fujinami, “The Effects of Musical Expressions on Listeners- A Case Study of Western Classical Music”, International Symposium on Skill Science 2007 (2007.9.18).
6. 小鮎 幸洋, 藤波 努, 身体動作習熟過程における拮抗筋放電パターンと消費エネルギーの関係, 人工知能学会全国大会 (第 21 回) 論文集, 1H3-02 (2007.6.20).
7. 河上 聖人, 藤波 努, 正誤判定を用いた学習機能に関する考察, 人工知能学会全国大会 (第 21 回) 論文集, 1H3-01 (2007.6.20).
8. Kohei Matsumura, T. Yamamoto, and Tsutomu Fujinami, “A Study of samba dance using acceleration sensors”, The 8th Motor Control and Human Skill Conference (2007.1.31).
9. T. Yamamoto, and Tsutomu Fujinami, “Hierarchical organisation of coordinative structure in the skill of kneading”, The 8th Motor Control and Human Skill Conference (2007.1.31).
10. 藤波 努, リズムで超える時間の壁: 身体知へのアプローチ [招待講演], 映像情報メディア学会技術報告 Vol. 30, No. 68, pp. 71-76 (2006.12.15).
11. 藤波 努, 身体知の科学: 技能継承の支援を目指して [招待講演], 日本知能情報ファジィ学会 関東支部 第 55 回学術講演会 (2006.10.14).
12. 青山 賢作, 市川 大祐, 藤波 努, アメリカンフットボールのスローイングが野球の投球フォームに与える影響について, ジョイントシンポジウム 2006 (スポーツ工学シンポジウム・シンポジウム: ヒューマンダイナミクス), pp. 125-129 (2006.11.9).

13. 松村 耕平, 山本 知幸, 藤波 努, 加速度センサを用いたサンバダンスの解析, ジョイントシンポジウム 2006 (スポーツ工学シンポジウム・シンポジウム: ヒューマンダイナミクス), pp. 216-221 (2006.11.9).
14. 小鮒 幸洋, 藤波 努, 竹馬乗り歩きの運動解析, ジョイントシンポジウム 2006 (スポーツ工学シンポジウム・シンポジウム: ヒューマンダイナミクス), pp. 213-215 (2006.11.9).
15. T. Yamamoto, K. Ishikawa, and T. Fujinami, “Developmental stages of musical skill of samba”, Abstracts of the 5th World Congress of Biomechanics (Journal of Biomechanics, volume 39, supplement 1, pp. 555 (2006.7.29).
16. J. Iguchi, T. Yamamoto, and T. Fujinami, “Samba helps football players improve their skill”, Abstracts of the 5th World Congress of Biomechanics (Journal of Biomechanics, volume 39, supplement 1, pp. 556 (2006.7.29).
17. 石川 航平, 山本 知幸, 藤波 努, モーションキャプチャ装置を用いたサンバ・ダンスのリズム習得過程の分析, 人工知能学会全国大会 (第 20 回) 論文集, 2D1-02 (2006.6.8).
18. 藤波 努, 技の研究と人工知能 [招待講演], 人工知能基本問題研究会 (第 62 回), pp. 7-12 (2006.3.27).
19. 藤波 努, スキルサイエンス研究が目指すもの, 人工知能基本問題研究会 (第 62 回), pp. 15-16 (2006.3.27)
20. 藤波 努, 山本 知幸, 周期的動作に見られる協調構造の分化, 人工知能学会全国大会 (第 19 回) 論文集, 2B1-05 (2005.5.16).

1.4.3 出版物

書籍は出版していない。

1.4.4 修士論文および博士論文

1. 井口 淳平, 身体技能における運動動作とリズム感との関係性, 修士論文 (2006.03)
2. 松村 耕平, 加速度センサによるサンバリズム運動の分析, 修士論文 (2007.03)
<http://www.jaist.ac.jp/library/thesis/ks-master-2007/paper/mkouhei/paper.pdf>
3. 河上 聖人, 正誤判定の技能学習に与える影響, 修士論文 (2008.03)
4. 豊田 喜代美, クラシック音楽歌唱における知識創造モデル – スキルサイエンスからの接近, 博士論文 (2008.03)

1.4.5 報道

新聞掲載:

- 「サンバで科学 高校生向け教室」, 北陸中日新聞, 2006/07/30.
- 「サンバの動きを分析」, 北國新聞, 2006/06/23.
- 「サンバ サッカーに好影響」, 北陸中日新聞, 2006/06/23.
- 「強さの秘密はサンバ」, 産経新聞 (全国版), 2006/05/31.
- 「サンバのリズムでサッカー上達?」, 産経新聞, 2006/04/04.
- 「ブラジルの強さ 秘密はサンバ」, 北國新聞, 2005/10/19.

テレビ出演:

- 「サンバがサッカーに好影響」をテーマに4本出演 (フジテレビ, 讀賣テレビ, テレビ金沢, 新潟テレビ), 2006年6月から7月末.
- 「熟練の技を科学する」NHK 北陸版, 2005/12/27.

オンライン出版:

- Samba keeps footballers on their toes, Australian Broadcasting Corporation, 2007/02/02.
<http://www.abc.net.au/science/news/stories/2007/1837937.htm>

1.4.6 社会的活動

- 人工知能学会誌のスキルサイエンス特集号 (2008年5月刊行予定) で編集幹事を務めた
- 次の国際シンポジウムを2007年9月に主催した:
International Symposium on Skill Science 2007
<http://furukawa.sfc.keio.ac.jp/isss07/index.html>
- 他の教育活動: 高校生を対象としたセミナー「ひらめき ときめきサイエンス~よろこそ大学の研究室へ」(日本学術振興会) を2006年7月28日に実施

1.5 本報告書の構成

本研究に関連して我々が発表した論文は多岐に渡るが、本報告書ではサンバとリズムに関する論文を中心に構成し、この三年間で我々が研究をどのように展開させてきたのかわかるよう配慮した。全体は4部構成となっている。

身体知研究の解説 最初の3編、第2章「個人と組織にみられる巧みさの発達と進化」と第3章「技の研究と人工知能」、第4章「リズムで越える時間の壁 - 身体知へのアプローチ - 」はいずれも解説論文である。本研究の概要を平易に説明しているため、本報告書の冒頭に掲載した。第2章と第3章はともに人工知能研究者を意識して執筆した。第2章

は藤波の考えを端的に表現している。一方、第3章は人工知能研究への貢献という観点から研究の意義を語ったものである。第4章は(人工知能を専門としない)一般の研究者を対象とした講演のために執筆したものであり、わかりやすさを心がけて表現を口語調としている。

サンバに関する研究 続く3編、第5章「周期的動作に見られる協調構造の分化」と第6章「モーションキャプチャ装置を用いたサンバ・ダンスのリズム習得過程の分析」、第7章「加速度センサを用いたサンバダンスの解析」は我々が行ったサンバに関する実験と得られたデータの分析手法を説明している。第5章は、モーションキャプチャ装置を使ってシェイカー演奏時の体の動きを調べた結果を報告している。この研究により、腕の動きよりも体幹部の動きが重要であることがわかった。そして動作の特徴がダンスのステップを思い起こさせたことが次の研究につながった。第6章はモーションキャプチャ装置を使ってサンバのダンス動作を調べたものである。ダンスに習熟するにしたがって体幹部の動作にサンバ特有のリズムが表れることを確認した。そこで次の研究では被験者数を増やすため、取り扱いが楽な加速度センサを使った実験を実施した。第7章はその報告である。実験としては約30名の高校生を対象に15ヶ月に渡って毎週サンバのレッスンを実施し、毎回数名ずつデータを収集した。実験の詳しい内容は松村耕平の修士論文「加速度センサによるサンバリズム運動の分析」に記述されているので興味を持たれた方はそちらを参照してほしい。

技能習得に関する研究 続く3編、第8章「手拍子によるリズムのグループ学習」と第9章「サンバ演奏技能の習得支援システムの開発」、第10章「スキルサイエンスとエンタテイメント」は技能習得に関する論文である。我々がサンバスクールの活動でサンバを練習する際は、指導者の演奏(先導)に合わせて楽器を演奏することが多い。形態としては一種のグループ学習であるが、リズムをグループで演奏して練習するとはどのようなことなのかを調べた。結果は第8章で説明している。第9章はリズム演奏の教授を扱っており、異なったフィードバックが学習者に与える影響を調査し、結果を報告している。第10章では、藤波が自身の経験に基づいてスキルの習得について考察している。

その他 最後の3編は、その他の研究から重要と思われるものを選んだ。

第11章「アメリカンフットボールのスローイングが野球の投球フォームに与える影響について」は野球の投球フォームを改善するためにアメリカンフットボールのスローイングを練習した実験を紹介している。テーマは感覚をつかむための練習である。感覚は技能習得において非常に重要な要素であるが、数値化しにくいいため取り組み方が難しい。身体感覚を得る過程を支援するにはどのような方法が適切なのかを考える上で、この研究から得たものは多かった。

第12章「けん玉を科学する」はグループ学習が技能習得にどのような効果をもたらすのかを調査した結果を紹介している。グループ学習はメタレベルの認知をもたらすため、学習に効果的であることが知られている[Miyake 86]。技能習得についてもグループ学習

の効果認められたので報告する。なおこのプロジェクトは藤波が北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科において担当している「認知科学概論」(2006年春実施)という授業のグループワークとして学生が行ったものであり、藤波が研究の進め方を指導する形で加わった。

第13章「身体知創造に対する日本のアプローチ」は藤波が三味線の演奏技能習得を題材に行った研究の報告である。このプロジェクトは日本の伝統芸能に特有の技能習得方法を調べることを目的であった。内容としては随筆風であるが、伝統芸能における技能伝承のあり方について知見が得られたので報告する。

1.6 今後の課題

上に述べたように、我々は多くの成果を挙げたが、データ収集や分析方法について残された課題も多い。今後は研究対象となる技能に適した分析方法の研究にも注力していく。

また本研究は技能の「習得」支援をテーマに始めたが、技能の「教授」を支援することの重要性がわかった。習得支援では学習者に焦点をあてていたが、現実には学習者は教師の導きを必要とする。技能伝授の様態を冷静に見るなら、教師に対する支援が必要である。既に河上は、学習者へのフィードバックが教師にとっても有用であることを指摘している(本報告書の第9.4.3章「教師に対するシステムの影響と正誤判定」を参照のこと)。教師が教え、学習者が教わる関係を支援することが新たな課題である。

第2章

個人と組織にみられる巧みさの発達と進化

出典: 藤波 努, 個人と組織に見られる巧みさの発達と進化,
人工知能学会誌, vol. 20 No. 5, pp. 518-524 (2005).

2.1 巧みさとその発達および進化

「技」とは何かを巧みにやってのけることである。巧みさを身につけた人を我々は「達人」と呼び、技を身につけていない素人と区別する。イチローの素晴らしいバッティング、ベートーベンのピアノソナタを弾くブレンデルなど、スポーツや芸術の技は我々を感動させる。彼らのようなスターでなくとも達人は我々の身近にいる。皮はパリッと、しかし中は歯ごたえのある美味しいパンを焼く職人。ずっしりと重い粘土の塊を軽々とこね上げていく陶芸家。彼らはいかにしてそのような技を習得したのであろうか。また、彼らの技能は日々進歩している。彼らはどのように技を磨いているのだろうか。我々素人が達人に近づく方法はあるのだろうか。本稿では、身体知の習得をテーマとして、この問題に対する様々なアプローチを概説する。

「技」といったとき、我々はまず個人の卓越した行為を思い浮かべる。しかし、技は個人が独自に身につけるものではない。多くの場合、その技を守り伝えてきた組織が存在し、個人はその組織に属することで学習の機会を得、基本を身につけた上で己の技を磨いていく。その意味で技の習得に組織は欠かせない。個人の発見を受けて組織自体も技を進化させていく。組織レベルでの学習、あるいは組織が持つ巧みさの進化、さらに個人と組織の相互作用といった現象も身体知研究の範囲に入ってくる。組織が持つ巧みさは「暗黙知」と言いかえることもでき、これは組織（企業）の競争力の源泉となる。本稿では、個人の巧みさだけでなく、組織の巧みさについても言及する。

本稿は次のように構成されている。第2.2章では個人の巧みさの発達について関連研究を紹介する。第2.3章では組織の巧みさの進化について触れる。第2.4章では技能習得に

関する諸問題を考察する．最後に技能習得の研究が示唆するものを検討する．

2.2 巧みさの発達

2.2.1 個別動作から協調動作へ

我々の身体動作には階層性が認められる．最も下位のレベルは「単純動作」であり，たとえば体をゆすったり，手を振ったりすることなどが例として挙げられる．その上位には一連の単純動作を組み合わせた複雑な「動作」がある．歩行は動作の一例である．その上位には「行為」があり，これは目的を伴った動作である．標的を狙ってボールを投げることなどが例として挙げられる．「単純動作 - (複雑)動作 - 行為」の区別は我々が常識として暗黙裡に前提としているものであるが，Bernstein は脳の進化と関連づけて，身体動作を四段階に分けることを提案している [Bernstein 96]:

- レベルA: 目に見えるような重力の作用がない環境で平衡状態を保つ．プールへの板飛び込み，スキーのジャンプなど．
- レベルB: 伸筋と屈筋の活動を交代させるなどして動作のリズムを制御する．ランニング，ジャンプ，棒高跳び，体操など．
- レベルC: 狙いを定めて対象を移動させる運動．スキーのスラローム，重量挙げ，スプリント走など．
- レベルD: 問題の意味によって互いにむすびついている動作の連鎖からなる行為．タバコに火を付けるなど（対象を伴う行為）．

Bernstein によれば，レベルA，B，C，Dは，それぞれ赤核，視床/淡蒼球，線条体/視覚野，運動前野に関連づけられる．1940年代にソビエトにおいて執筆されたという事情も影響しているのであろうが，Bernstein の区分は進化論の影響を強く受けている．すなわち，レベルAは海の中を泳いでいる魚の脳，レベルBは陸へ上がった爬虫類（トカゲ）の脳，レベルCは哺乳類（ウマ）の脳，レベルDは人間を含めた類人猿（サル）の脳の働きと見なされる．

進化論的な見方の是非は措くとして，身体技能の本質は外面的に観察される動作にあるのではなく，脳によって司られる「感覚作用と調整」にあるとした点で Bernstein の貢献は大きい．身体各部位が協調的に動作することが「巧みさ」に結びつくという彼の考えは，半世紀以上を経た今でも有効である．

2.2.2 協調動作の発現

身体動作を身体各部位の「協調」という観点から研究するアプローチは，Haken らによってシナジェティックスとして発展した [Haken 96]．Kelso は指振り運動の協調性について研究し，興味深い結果を得た．Kelso の実験では，被験者は両手の人差し指を突きだし，メトロノームのテンポに合わせて（ワイパーのように）左右に並行に振ることを求

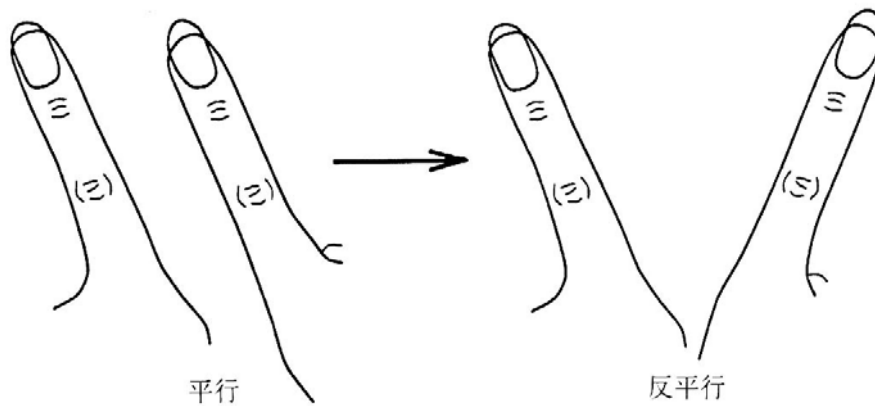


図 2.1 並行と反並行の指振り運動

められる。メトロノームのテンポは徐々に早くなり、ある速度以上になると並行に動かすことができず、両方の指が中心で合わさるか、外側に向かって同時に離れるかを繰り返す（反並行運動）ようになる（図 2.1 参照）^{*1}。

左右の指先の変位を変数 x_1, x_2 とし（図 2.2 参照）、それぞれの変位を模式的に図示すると図 2.3 のようになる。実線は x_1 の変位、波線は x_2 の変位、横軸は時間である。図 2.3 から、異なった周期で動いていた左右の指の運動が徐々に一つの周期へ収束していくことが読みとれる。この現象は、二つの異なった動作が協調して一つの動作となったと解釈される。

指振り運動のような現象は、ダイナミカルシステム（複雑系）として扱われ、さまざまな数学的（力学的）モデルが提案されている。数百に及ぶ身体の骨や筋の相互作用を複雑系として扱うことで、身体動作にいかにも秩序が現れてくるのかを説明するアプローチである。「技」と呼べるほど高度な動作ではないものの、幼児の運動（足蹴り運動など）をダイナミカルシステムとして説明できることがいくつかの研究によって示されている [Thelen 94, 多賀 02]。

2.2.3 協調動作の分化

人間の身体動作を複雑系と見なし、巧みさの発達をダイナミカルシステムに秩序が発現する過程と捉えるアプローチは一定の成功を収めてきた。しかし、技の習得という観点からは、これらの研究には物足りなさが残る。「乳児の足蹴り」から「ブレンデルの弾くピアノソナタ」までは果てしなく遠い。この距離はいかにして埋められるのであろうか。

ここで再び Bernstein の提唱する身体動作のレベルを吟味してみよう。レベル A は海の中で泳ぐような感覚だから、我々は母親の体内にいるうちに習得したといえよう。続いて

*1 図 2.1, 図 2.2, および図 2.3 は [Haken 96] より抜粋した。

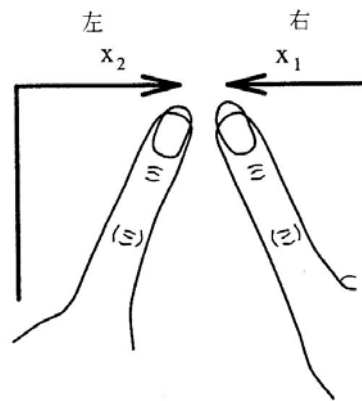


図 2.2 指先の変位を記述する座標

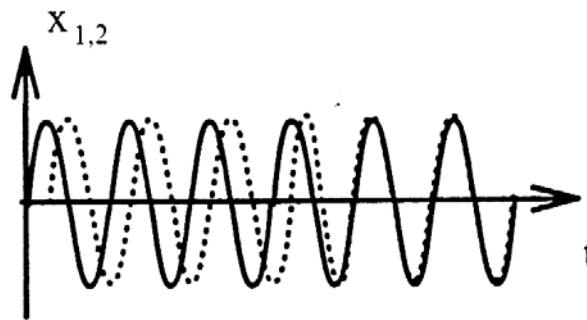


図 2.3 指先の変位の実験結果の模式図

レベルB。「伸筋と屈筋の活動を交代させるなどして運動のリズムを制御する」というのは、乳児が手足をバタバタさせている様子である。こういった現象はダイナミカルシステムとして扱えることが示されている。では、その次のレベルCはどうだろうか。「狙いを定めて対象を移動させる運動」となると、事情はもう少し複雑なように思われる。動作の「対象」が存在するという点がレベルA，レベルBとの大きな違いである。

ここで自分たちの研究を持ち出して恐縮であるが、陶芸の土練りに関する研究を紹介したい(図 2.4)。我々が研究したのは菊練りと呼ばれる土練りの動作であり、これは粗粘土をこねて成形できる状態にする段階である。菊練りを習得するには5年から7年かかるとされているので、「技」と呼べる身体動作である。

熟練者、経験者、未経験者を対象に菊練り動作を調べたところ、熟練者の動作には二つの周期があることがわかった(図 2.5) [Abe 03]。一つの周期は胴体の動きに見られ、もう一つの周期は腕部分の動きに見られた。指振り運動の場合と異なり、これら二つの周期は一つの周期に収束することはなかった。初心者の場合は逆にこれら二つの周期の分離は明確でないか、あるいは一つの周期しか観察されなかった。実験結果から、菊練り動作は



図 2.4 菊練り実験の様子

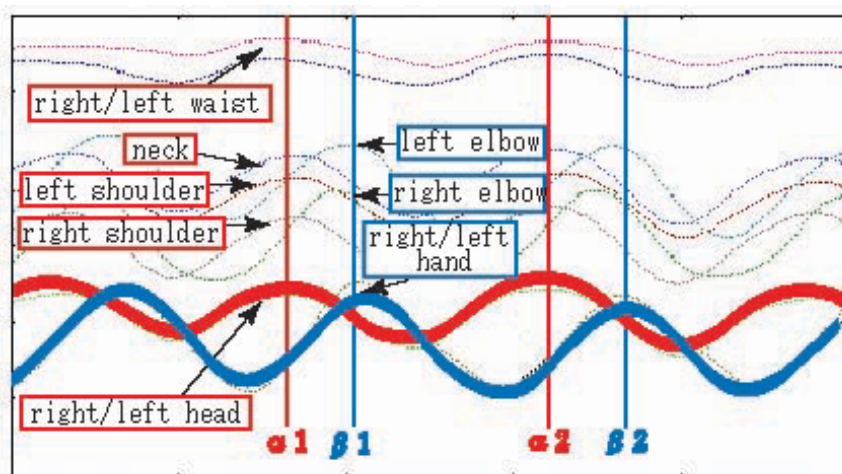


図 2.5 菊練り熟練者の動作に見られる周期性

二つの動作からなる複合的な動作と予測された。研究の結果、粘土を「押す」動きと「押し戻す」動きが独立していることが明らかとなった [Yamamoto 04]。

我々の結果から技能習得に関して次のことが予測できる。すなわち、身体技能の習得は二段階に分かれており、最初の段階では無秩序に動いていた身体各部が徐々に同期して協調構造が現れる。次の段階では、協調構造は複数のサブ構造からなる、より複雑な構造へと分化していく。結果として身体動作の周期は、単一周期の状態から複数周期が並行して見られる状態へと変化する。同様の知見は Balasubramaniam と Turvey がフラフープを

題材として行った研究からも得られている [Balasubramaniam 04]*2 .

2.2.4 認知機能の発達

上では身体動作の協調に焦点を当てて身体技能の習得過程を捉えたが、もうひとつ重要な側面として認知機能の問題がある。技を身につけるに従って、「ものの見方」や判断力は向上すると考えられる。また技を磨こうとする動機も高まっていくと予測される。

認知と身体動作は密接に関連するはずである。対象の知覚、現状把握、ゴールの設定、プラン作成など、行為に関連する認知機能の働きは様々である。知覚や認知、動機といった高度な機能は人間の発達の中の時点から現れてくるのであろうか。従来、乳児の動きは無目的なものとされていたが、最近の研究によりかなり早い段階から対象の知覚や認知、動機などが伴うことが明らかになりつつある [von Hofsten 04] .

人間の発達については、まず運動機能が発現し、次に認知などの高度な機能が発達するという考え方が支配的であったが、運動機能と認知機能は同時に並行して発達すると推測できる。このことは運動と認知を司る部分が脳内で明確に分離できるかという疑問を投げかけている。脳が運動をどのように制御しているのか、また脳がどのように発達するのかについては未だ明らかではないもののいくつか興味深い知見も得られている [Johnson-Frey 03] .

2.3 巧みさの進化

2.3.1 実践共同体

前章では個人の技に注目して関連研究を紹介したが、技は個人が属する組織や組織を取り巻く環境を離れては成立しない。本章では、技を守り育てていく組織および環境について考察する。

身体技能をその他の身体動作と分かつ特徴は教師の存在である。「歩く」、「話す」といった能力は我々が成長する過程で自然に身につける。一方、楽器を演奏する、陶土をこねるなどの動作は適切な教育なしに習得することはできない。自然に任せていては発現することのない動きを人為的に作り出す点で、身体技能と呼ばれる動作には物理的、あるいは生理的要素に還元しきれないものが含まれていると考えられる。

物理的要素に還元できない何かを、俗に我々は「文化」と呼んでいる。度々自分たちの研究を持ち出して恐縮であるが、我々はシェイカーを使ったサンバリズムの演奏についても研究している(図 2.6) [Yamamoto 04] . リズム演奏の技能がどのように伝えられているかを見ると、ブラジルではサンバスクールと呼ばれる地域に根付いた組織がいくつも存在し、それぞれのスクールが練習場を持って日常的に練習を重ねている。新参者は練習場に行って先輩の演奏を見聞きし、真似することによって徐々に演奏技能を身につけてい

*2 二人はこの研究で 2004 年の IgNobel 賞を受賞している。



図 2.6 旭台サンバスクールの練習風景

く、「状況に埋め込まれた学習」[Lave 91] という考え方は身体知の習得についても有効である。

2.3.2 技能伝承の場

身体技能が特定の状況における実践に参加することによって習得されるという見方を取るなら、どのような状況が技能習得に望ましいのか、すなわち技能伝承の「場」に求められる条件とは何かを明らかにしなければならない。

「場」は知識経営の研究においても重要な概念である。身体知と知識経営という何の関係があるのか不審に思われるかもしれないが、知識経営研究の核となる概念の一つである「暗黙知」は身体知を包含している。実際、我々の研究は「知識創造企業」[Nonaka 95] に出てくる「パン焼き器」開発のエピソードに着想を得て始まった*3。

「場」というと一般には特定の空間（たとえば会議室）や、会議や朝礼などの集まりを指すものと理解されるが、知識ベース企業理論では「場」を参加者が共有している「文脈」と捉える [野中 04]。つまり場は物理的な存在ではなく、むしろメンタルな存在である。物理的なものは場の舞台装置であり、メンタルな存在としての場を構成する一要素と考えるのが正しい。

「場」とは、そこに参加する人々の間に成立する相互理解と言いかえられる。参加者が相互に互いの視点を共有することにより、あらたな視点が生み出され、知識の創造につながっていく。技能継承の観点からは、「場」において他者と視点を共有することによって

*3 第4章に、松下電器が開発したホームベーカリーのケースが取り上げられている。開発者の一人はパン焼き職人に弟子入りして「ひねり伸ばし」という秘技を学び、製品開発に活かしている。

技能を習得し、磨きをかけていくと解釈される。すなわち技能継承の場に求められる条件とは、参加者間での視点の共有、および相互理解である。

2.3.3 視点の転換と技能の承認

「場」における技能の習得はどのような段階を経て進むのであろうか。この点について、生田久美子氏は日本の伝統芸能を論じつつ、興味深い考察を加えている[生田 87]。芸の世界では「守・破・離」ということが言われている。「守」とは師匠に示された「型」をひたすら繰り返すことによって模倣する段階である。次の段階が「破」であり、自分なりに考えることで時には教えられた型を破りつつも技を磨いていく段階である。最後が「離」であり、完全に師匠から離れて自分自身の技を発展させていく段階である。

生田氏によれば、「守・破・離」は技能習得の過程に起きる視点の転換を説明しているとされる。「守」は主観的活動であり、自分の視点で師匠の動きを観察し、それを模倣する。「破」では師匠の視点を共有し、師匠から見て自分の動きがどう映るのかを吟味する。「離」では芸の意味を（稽古場を超えた）より広い文脈で理解する。

個人的体験を持ちだして恐縮であるが、サンバの例で説明すると、始めに基本のリズムを刻むことを教えられ、ひたすら模倣を繰り返す（守）。そのうちそれらしいリズムが演奏できるようになるが、やっているうちにどうも師匠の演奏とは違うことが気になり出す。どこが違うのか考えるうちに正しい演奏法がわかってくる（破）。実際にパレードに出て路上で長時間演奏すると、炎天下で長時間強烈なビートを演奏するにはどのような動作が合理的なのかということが身をもって理解できる（離）。

「守・破・離」という視点の転換は、「一人称的、二人称的、三人称的視点」という視点のシフトとしても理解できる[Depraz 03, Chapter 2を参照]。技の追究はまず個人の作業として始められる（一人称的視点）。次にコーチの視点で技を吟味し（二人称的視点）、最後に社会から見てどうかを判断する（三人称的視点）。このように社会ネットワークを通して身体知が模倣され、獲得され、承認されるのである。

2.4 技能習得に関する諸問題

2.4.1 一秒では長すぎる世界

ここまで、技能習得という現象を個人と組織という二つのレベルで説明してきた。本章では少し視点を変えて、なぜ技能の習得が困難であり、長期の訓練を要するのかという問題について仮説を交えて考察する。その上で、技能習得を効率化する方法の糸口を探る。

技能習得において問題となるのは、必要とされる知覚能力が一般の人間の限界を超えているように思われることである。このことは瞬間的な判断と動作が要求される行為を考えるとわかりやすい。例えば投手が投げた球を打者が打つ場合を考えてみよう。投手が投げた球が打者の位置を通過するまでに要する時間は0.4秒である。（時速130kmの速球の場合。）また打者はバットを振るために0.2秒要する。したがって、投手が投げた球を見て

バットを振り始めるまで打者には 0.2 秒しか与えられていないことになる。0.2 秒間で球筋を読み、バットの振り方を決めなければならないわけだが、知覚してから計画立案という手順を踏んでいては明らかに間に合わない。諸説あるものの、人間が注意して物を見るのに要する時間は 250 msec(0.25 秒) とされている [Mangun 03]。考える時間がないどころか、見る時間さえ十分にない。ところが優れた打者は自分がボールのどの部分を打ったか見ることができるらしい。文献では 7 回中 5 回まで正確に言い当てた例が紹介されている [Seiderman 91]。当人によれば球が投手の手を離れた瞬間から球の回転が見えるから、その回転で球種がわかるという。

さて、我々はここで困難に突き当たる。理論的には「球が投手の手を離れた瞬間から球の回転が見える」ことはあり得ない。打者に球が見え始めるのは、早くともバットを振り始めてから 50 msec 後である。しかし、これもまたおかしな話である。球を見ないでバットを振り、当たるのであろうか。どうしても、球を見てバットを振っていると言いたくなる。

仮説を述べる。バッティングは我々の意識のスピードを超えた速度で実行されていると考えられないだろうか。優れた打者はおそらく本当に「球が投手の手を離れた瞬間から」球の回転が見えているのであろう。しかし、そのことをリアルタイムで意識することはできない。投手が球を投げてからバットで打ち返すまでの一連の出来事を球を打った直後に再構成し、それがあたかもリアルタイムで進行した出来事のように感じるのではないか。

2.4.2 意識される時間

技能習得が難しいのは、知覚と判断が意識のスピードを超えて行われるからではないだろうか。意識のスピードを超えて知覚と判断が行われるとき、我々はそれを自覚することができない。自覚できないから、フィードバックによる修正というアプローチが非常に困難である。自分の中に言葉が通じないもう一人の自分がいるようなものである。

Libet は実験を通して、我々の意識が約 500 msec の時間窓で機能していると主張する [Libet 02]。Libet は脳への直接刺激（左手相当部分）と体（右手）を通した脳への刺激を被験者に与え、被験者が左右の手からの刺激を「同時」と感じる条件を調べた。理詰めで考えると、右手から脳に刺激が伝わるまでの時間を足せば（つまりその分だけ早めに刺激を与えれば）同時と感ぜられるはずである。脳への直接刺激から、左手を触れられたという感覚を被験者が持つまでの所用時間は約 500 msec であった。体表部への刺激が脳に伝わるには 20 msec 要するので、被験者に左右の手を同時に触れられたと感ぜさせるには、脳への直接刺激よりも 20 msec 右手に触れるタイミングを早めればよいはずである。しかし、実験の結果、被験者が同時と感ぜるのは、脳への直接刺激の後、400 msec から 500 msec 後に右手へ刺激を与えた場合であった。

実験結果に基づき、Libet は 500 msec ごとに人間は「今」という感覚を作っていると

結論づけた*4。人間の時間解像度は 500 msec であり、それより細かい時間間隔で起きることは実時間で見分けることができない。500 msec ごとに我々は「今」自分が埋め込まれている環境の有り様を自分の心の中に再構築しているのである。

仮に Libet の仮説が正しいとすると、技能習得が難しいのは、500 msec という意識の時間窓では捉えられないほど粒度の小さい情報が重要な役割を果たすからではないだろうか。500 msec(0.5 秒) といえば、投手が投げた球が捕手のミットに収まるまでの時間よりも長い。120BPM(beat per minute) のテンポで進行する音楽であれば 1 拍分である。我々の時間解像度は絶望的なまでに低く、「その瞬間に起きていること」を見たり、「その瞬間にしていること」を自覚するのは不可能に近い。我々が実時間で持続を意識できない、この 500 msec の壁を突破することが達人への道ではないだろうか。

2.4.3 リズム

我々の意識は 120BPM のビートに合わせてダンスしている。ビートとビートの間は流れに身を任せるしかない。いや、正しくは流れを「身に」任せるというべきであろうか。我々の意識が 500 msec の壁に阻まれて到達できないところで身体が行うことが身体知であろう。500 msec の壁の向こうで起きていることに対して我々が意識的に制御できるのは、ビートの打ち方を制御すること、すなわち特定のリズムを取ることである。

技能習得の鍵は、意識による時間枠の制御にあると予想される。「間」とは日本の伝統的な舞台芸術で重要な概念であるが、「間」の取り方を習得するとは、時間枠の制御方法を習得することだと思われる。仮にその仮説が正しいとして、なぜそのような時間枠の制御が人間には可能なのかを考えてみたい。

人間が日常的に行っている様々な(意識的)動作の中で最もスピードが速いのは言葉を話すことであろう。言葉を話すとき、人間は横隔膜を押し上げて空気を排出し、声帯を震わせて舌や口の形で出音を制御する。これらの操作が非常に短い時間の中で切り替わって一つの単語を発音し、さらにそれらの動作を組み合わせることで文を発話する。話すことがどの程度の時間で行われるかという点、通常数秒であろう。たとえば「こんにちは」を発音するのに 1 秒ほどであるから、1 つの音は約 200 msec で出ていることになる。現象としてはあきらかに 500 msec の壁の向こうにあるから、意識的操作が非常に難しい領域である。英語の正しい発音を習得するのに我々が苦労する由縁である。

これは全くの仮説であるが、我々が技を習得できるのは、この言語運用能力を流用しているからではないだろうか。上で、技の獲得を身体各部位の協調構造が複雑化することであると述べたが(2.2.3 協調構造の分化)、協調構造の階層化と同レベルの要素間の連係といった特質は、言語の文法と似ている。ゴルフのスウィングを説明する「チャーシューメン」という呪文や口三味線など、話し言葉の力を借りると技能が向上することは言語と身体技能との間に何らかの関連があることを示唆していると思われる。また言語運用能力と

*4 500 msec という時間枠の神経科学的根拠および現象学との関係については [Varela 99a] を参照のこと。

身体技能の関連を仮定すると、メタ認知が身体技能の習得に有効であるという主張も不自然ではない。

長くなったが、技能習得では主観的時間の問題が重要であること、また主観的時間と身体をつなぐ境界として言語が重要な役割を果たすのではないかという仮説を述べた。ここでいう主観的時間とは「意識」とほぼ等価であるが、意識、言語、身体といった問題は、どれも難題である。物理的還元主義に陥ることなく、心身二元論を克服していくことは至難の業であるが、言語を糸口として心身問題に切り込んでいくことも一つの可能性であろう。

2.4.4 わざ言語と物語

学習者からみたとき、技能は三種類の方法で習得可能である。第一は自分自身の身体感覚を調整すること、第二は客観的に自分の動作を観察することである。前者は主観の視点、後者は客観的視点と言いかえることもできる。客観的視点には、教師が学習者の間違いを直接指摘することも含まれる。さらに間主観的視点ともいえる、第三の方法が存在する。一例が「わざ言語」である。

生田は「わざ言語」の例として、踊り手が暗闇の中で蛍を追う振りの工夫に苦労していた時に、「指先を目玉にしたら」という助言を得て、はっきりと感じが出せたという事例を挙げている [生田 87]。「指先を目玉にする」という説明は科学的には意味が不明瞭であるが、技を習得しようとする人間にとっては意味を持つことがある。武道（たとえば太極拳）ではこのような比喩を積極的に活用し、ひとつひとつの型に「海底針」（海の底に落ちている針を拾うように）などの名称をつけている。

わざ言語は主観的な体験を他者に伝えるために有効な手段である。この種の表現は身体技能を教授する場では頻繁に見受けられる。しかし、これらの言明の意味を問うことは難しい。意味づけする基盤が（達人の）主観的体験にあるからである。とはいえ、無意味ということではなく、技を身につけようとする学習者には重要なヒントを与えるという点で有益である。

別の例として短い「物語」を使って知識を伝える手法が挙げられる [Denning 00]。我々はこの手法を応用して認知症高齢者の介護の質を向上させることを試みている [高塚 05]。認知症高齢者は新しいことを記憶する能力が衰えるため、過去の体験のみ記憶に残っており、そのため日常では過去の体験を生きていると想像される。徘徊など介護者の負担となる行動は過去の体験と何らかの関係があると考えられる。例えば、「母親を失った小学生の息子が夕食を作ってやらなければならないから家に帰る」という理由で徘徊を繰り返す。（実際にはその息子は既に60歳を越えていたりする。）

しばしば問題になるのは、認知症高齢者が紡ぎ出す物語の中で、外へ出ていく認知症高齢者を追う介護者が加害者（不審者）の役割を割り当てられてしまうことである。逃げようとする認知症高齢者を追いかけて、転倒による怪我などを引き起こす危険性の方がむしろ高い。しかし、認知症高齢者が生きている物語を理解することで、介護者は認知症高齢

者が途方に暮れるまで待ち、本人が助けを必要とした時点で適切に救いの手を差し伸べることができる。

認知症高齢者が生きていと想定される物語が、確かに本人の心の中を去来している通りのものなのかどうか、我々には確認する術がない。しかし、介護の現場では物語を使って認知症高齢者を理解することが介護の質の向上につながるのである。

わざと言語も物語も、表現していることの実は人間の心の中のみ存在する。人々の間でのみ意味を持つ言明や物語をどのように扱ったらよいのか。組織における技の伝達を考える上で重要な問題である。

2.5 技能習得の研究が示唆するもの

本稿では「巧みさ」の習得について個人と組織に分けて考察し、個人については技能がどのような過程を経て発達するか、また組織については技能がいかに継承・発展していくかについて、関連する研究を紹介した。

個人の技能については、身体各部位の連係がいかに発現してくるかが重要な問題である。また知覚や認知と行動を司る脳がどのように発達していくのかも重要な問題であるが、これには多くの課題がある。脳の活動状態を測定する機器の限界もあるし、認知や判断など高次機能の活動に伴って発生する信号をその他の低次の活動によって発生する信号やノイズから正確に分離できるのかという本質的な問題もある。

いろいろ課題はあるものの、ダイナミカルシステムのアプローチには可能性が感じられる。身体技能の中には、伝統的に信じられてきた「知覚 - 判断 - 行動」というサイクルでは説明不可能な動作も多い。上で挙げたバッティングはその一例である。Gibson が提唱した「直接知覚」[Gibson 79]の考えは、知覚して判断してから行動しては間に合わない（のに人間は実際やっている）動作を説明する上で有効と考えられる。直接知覚の考えを採るなら、人間は「知覚 - 判断 - 行動」というステップを逐次実行するのではなく、環境に同調し、相手の動きにあたかも共鳴するように反応すると考えられる。このような考え方が有効性を持つには、人間の身体には豊かな可塑性があり、経験を通して（打てば響くような）俊敏性を獲得できなければならない。ダイナミカルシステムのアプローチは、このような人間の身体技能に見られる特徴を説明できる可能性がある。

一方、組織レベルでの技能継承については、2007年問題という具体的な課題と「心の科学」への示唆の二点を挙げたい。2007年問題とは、現場で技能を身につけた人々が退職し、組織が有する豊かな暗黙知が失われてしまう危機である。組織において技能をいかに継承していったらよいかという現実的な課題に対していくつかの研究[森 02]はあるが、技能習得の研究がこの問題に貢献できる点多々あるはずと考える。

最後に「心の科学」に対して技能習得の研究が示唆するものを考察する。物理学に代表されるハードサイエンスは、実験とデータ収集、分析を繰り返して理論を洗練させていくアプローチを採る。これは終始一貫して三人称的視点を採る態度であり、客観的であることを最も重視する。認知科学や人工知能など、「こころ」を科学的に研究する諸科学もま

たハードサイエンスのやり方に倣ってきたといえる。しかしどれだけ客観的データと分析を積み上げて、「この私の見方、感じ方」という実感には到達できない。一人称的視点と三人称的視点の間には大きなギャップが存在する。しかし、「守・破・離」というプロセスを手本とするなら、二つの異なった視点をつなぐ第三の視点、すなわち二人称的視点があることに気づく。間主観的視点といってもよい。

一人称的視点から始めて、二人称的視点を経て三人称的視点へと至るプロセスを踏襲することによって、「こころ」を包括的に捉えられる可能性がある。このようなアプローチは現象学を現在に蘇らせる試みとして近年注目されており、認知や脳の研究と結びついて、「こころ」に対する新しい科学的方法論を提案するものとなっている [Petitot 99, Varela 99b]。

第3章

技の研究と人工知能

出典: 藤波 努, 技の研究と人工知能,
人工知能基本問題研究会 (第 62 回), pp. 7-12 (2006.3.27).

3.1 はじめに

近年、我々の知能の捉え方は「身体性」と呼ばれている方向へと徐々に向きを変えている。技の研究はそのような文脈で注目を浴びつつあると考えられる。本稿では、技の研究あるいはスキルサイエンスと呼ばれているものが人工知能にとってどのような意味を持つのかを考察する。

頭で理解するのではなく体で覚える知識があるということは直観的には理解されるであろう。我々は「技」を身につけている人を達人と呼ぶ。我々の文化では「職人」と呼ばれる者がいて、特殊な技能を身につけた人は一定の尊敬を集めている。「人間国宝」という制度もそのような態度の一つの現れであろう。

長い訓練期間を経て獲得した技能を「身体知」と呼ぶこともある。このような呼び方をすることによって技能を知識の一種と捉えているわけであるが、ではどのような根拠で技能を知識と見なしているのだろうか。技能を知識の一種と見なして、人工知能の研究の一分野とすること自体が既に特定の主張を支持していると考えられる。

以下、第 3.2 章では技の研究が前提としている考えを明らかにする。第 3.3 章では技という視点からは知能がどのように捉えられるかを述べる。第 3.4 章では今後、技研究の目標として適切と思われる課題を挙げる。

3.2 技研究の前提

3.2.1 知能は脳の中だけに閉じていない

人工知能の研究は知能をある種の計算であると見なすことから始まった。そのような立場は記号处理的アプローチと呼ばれる。知能は記号操作であるから、なんらかの方法で外

界に存在するものを脳内に表現しなければならない。このような問題意識で「知識表現」というトピックが重要な研究テーマとして取り上げられてきた。

技の研究では、知能を計算であるとは限定しない。「体に埋め込まれた知識」は記号処理的アプローチに馴染みにくい。骨格や筋肉が知識を記号として表現しているとは考えにくいからである。自転車に乗るための知識はその一例である（図 3.1）。



図 3.1 体に埋め込まれた知識の例

知能を知識表現（と推論）だけでは語れないとする点が、技研究の特徴である。身体性を考えることは、構造があって、質量を持ち力学の法則に従う身体の特性を考えることである。

3.2.2 知能は身体を通じて環境へと広がっている

では知能は肉体に閉じているのかという点、その点についても疑問がある。杖を突いて歩く視覚障害者を考えてみよう。視覚障害者は杖から得られる手応えによって地面にある障害物を判別する。このとき視覚障害者にとって杖は体の一部となっている。

知能の基盤を脳や身体といった物理的実体に求めるアプローチでは、杖を使う視覚障害者のような例を説明する際に困難を伴う。重要な点は道具が我々の意のままに従うか否かという点であり、人間を入れて閉じた系となっているのであれば、その系全体が知能の発現に関わっていると考えた方が自然である。

職人の工房を観察すると、整理された道具類、整えられた材料、工夫された道具などが技を可能にしていることがわかる。技を発揮しやすい環境を整える能力も知能である。

3.2.3 知能は身体を介して他者とつながっている

知能の発現に身体が果たす役割を重視し、身体と環境との相互作用という観点から知能を説明する考え方は、異論はあるもののひとつの有力な勢力を形成しつつある。アフォーダンスという概念や身体動作を複雑系として捉えるアプローチが注目を集めている。これらの主張に「知能は身体を介して他者につながっている」という主張を加えたい。

人間は言葉を使って互いに理解し合うとされている。このことに疑問を挟む余地はない。我々はさらに進んで動作としての「話す」ことに注目したい。誰かと話をするとき、我々はジェスチャーを併用したり、相づちを打ったり、大きく頷いたり、様々な身体動作を行う。こういった言語外動作は言語に付随的なものとして扱われるが、実はこちらの方が本質なのではないだろうか。

仮に我々の会話から言語外的な要素をすべて取り除いたら相互理解は成立するだろうか？もし聞き手が微動だにしないとしたら話者は違和感を感じるだろう。また微動だにしてはならないという制約を話し手が課せられたら、言いたいことを伝えられたという気がしないだろう。会話においては内容だけではなく、「伝わった」という感触を持つことが重要ではないか。

このように考えてみると、会話に身体が介在することは本質的に重要と思われる。さらに加えるなら、人間が皆同じ形をした身体を持つということも重要である。仮に我々とまったく同じ知性を持った宇宙人が存在したとして、その宇宙人が我々とは非常に異なった概観を持っていたとしよう。(宇宙大作戦の出てくるようなタコ型宇宙人でもよい。)我々人類とそのような宇宙人の間で言葉が通じたとして、果たして理解しあえたという感覚を持てるだろうか？異なった人種間でさえ、分かり合えたという感覚を持つのは難しいことがある。同じ体を持っているが故に感覚が同じである、同じように世界を切り出しているという確信がないと、生物間に相互理解は成立しないのではないだろうか。

3.3 技からみた知能の本質

3.3.1 「個」から「場」へ

前章で述べた知能観の変化はどのように要約したらよいだろうか？ここでは「閉じた個」から「開かれた場」への変化であるとしたい。

記号处理的アプローチはデカルト的自我の概念を継承している。そこでは、「個」は絶対侵されることのない不動の観察点であり、すべてがそこから構築される基準点として捉えられている(図 3.2)。一方、前章でスケッチしたのは身体を媒体として個が環境や他者につながっているという世界観である。そのような見方において「個」は相互作用の連鎖を担うひとつの結び目である。

「身体を媒体として個が環境や他者につながっている」状態を「場」と呼ぶのが相応しいと思われる。本稿が主張する知能観では、知能の担い手は個ではなく、場である。そし

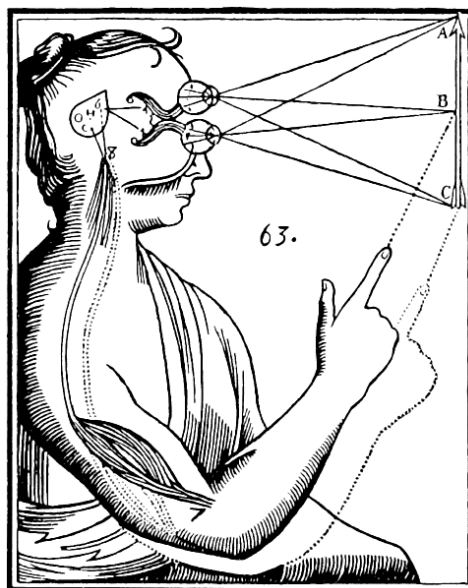


図 3.2 観察者としての自己

て場は広がりを持ち、接合と離脱が自由であるという点で柔軟である。

3.3.2 身体はミクロな場である

知能を「場」という関係性において捉えるなら、知能の担い手が個人の身体であろうと、個人と環境のセットであろうと、相互作用する個人の集まりである組織であろうと本質的な違いはない。身体はミクロな場である。

身体を中心に据えて知能を捉え、知能の担い手である身体を場と呼ぶ時、デカルト的な意味での「個」は消失する。関係性の束である場には中心というものが存在しないからである。

したがって、身体知の研究は、ある一つの絶対基準点を見つけることを目標とはしない。そのようなものは存在しないからである。見つけだすべきものは場の動きに浮かび上がるパターンであり、そのパターンを作り出している構成要素間の相互作用である。(図 3.3 は菊練り動作によって出来上がった粘土のパターン。熟練者ほど美しい模様が出来る。)

3.3.3 場にはリズムがある

我々は知能が特権的なモジュールによって担われていると考えがちであるが、これは誤りである。知能はシステム現象であるから、特定の構成要素を取り出してきてそれを知能の素であると呼ぶことはできない。

知能に実体がないとしたら、知能は何をもとに捉えられるのであろうか？知能をモ



図 3.3 菊練り動作によって作り出される粘土のパターン

ジュールで語れないとしたら、何で語ればよいのであろうか。我々はその答えを「リズム」に求める。

場が組織化される時、リズムが現れる。リズムはシステム現象である。場にリズムが感じられるということは、構成要素間の相互作用に規則性があり、ひとつの単位として統制されていることを示唆している（図 3.4）。リズムの違いは、システムとしての成り立ちが異なっていることを意味する。

リズムは相互作用の純粋な表現である。リズムには実体がない。プロセスだけが存在する。相互に作用し合うプロセスが織りなすパターンがリズムである。「言語 - 個 - 知識表現」という伝統的な知能研究の枠組みは「身体 - 場 - リズム」という新たな枠組みに取って代わられる。前者は静的であり、後者は動的である。



図 3.4 相互作用のパターンとしてのリズム

3.4 技研究の目指すもの

3.4.1 何の役に立つのか？

技の研究は何の役に立つのであろうか？研究資金を得て社会の一員として研究をする限り、社会貢献は避けて通れない問題である。俗な言い方をすると、「何の役に立つのか？」という問題がある。

有用性という観点から技の研究をみると、「能力開発」という側面が強く浮かび上がってくる。組織レベルで検討すると、実行力あるいは機動性の向上ということになる。もう少し夢のある語り方をするのであれば、(生物学的に)人間に与えられた可能性を最大限に引き出すことが意義ある目標となるだろう。

3.4.2 科学的で無駄のない練習法

技研究と関係の深い分野としてスポーツ科学やバイオメカニクスが挙げられる。これらの関連分野と技研究との違いは何か。人工知能の一分野として技の研究は今後、どのような特色を打ち出していったらよいのだろうか。

運動技術や動作の機構に焦点をあてるのであれば、関連分野との違いを出すのは難しい。技研究でも熟練者と初心者の違いを調べるために、人間の動作を解析する過程は必要である。しかしそこに留まっていたら、ただ単にスポーツ科学やバイオメカニクスの研究で培われてきた技術を新しい分野(楽器演奏など)に適用したということに過ぎない。技研究は動作解析に留まるべきではない。

人工知能研究としての特色が生きてくるのは、技の教授法あるいは訓練法を考え出したときであろう。対象に人間のこころが入ってくると知能を扱うという特色が出てくる。学習者に科学的で無駄のない練習方法を提供することが一つの重要な目標である。

3.4.3 ノリのよい組織への変身法

技の研究対象は個人に限定されるものではなく、組織も含む。個人の知能は身体を通じて環境へと広がっており、また身体を介して他者とつながっている。組織とはこのように分散して存在する知能の一例である。

「場にはリズムがある」と述べたが、組織にはノリがよいものと悪いものがあるのはなぜだろうか？ノリが良い組織とは、機動性に富み、実行力がある組織である。ノリが悪い組織とは議論ばかりで実行が伴わない組織である。どうしたら沈滞ムードにある組織を生き生きとした実行力のある組織に変えられるのであろうか。

伝統的にこの種の問題は組織心理学や人類学など、人文科学の分野で扱われてきたが、身体技法という視点で問題を捉え直すことにより、新たな知見が得られるのではないかと思われる。

3.4.4 言語と身体の調和的活用法

上では「言語 - 個 - 知識表現」という枠組みから「身体 - 場 - リズム」という新たな枠組みへの変化に言及した。我々は後者の重要性を主張するが、前者を無視するわけではない。目指すべきは、これら二つの異なった種類の知識をバランスよく組み合わせることで最大限の効果を引き出すことである。

言語的知識は身体知を育てる働きもすれば、曇らせる働きもする。グルメ本から得た知識が邪魔して食べている料理の味が正しく味わえないのは曇らせる働きの例である。一方で、ガイドブックに書かれていることを丹念に読むことでワインやウィスキーをより一層深く味わうことができるという側面もある。

ここでは「言語と身体」というように粗く分類したが、これら二つの異なった知のモードは進化論的に異なった起源を持ち、またそれらの違いは脳の構造にも反映されていると予想される。近年、脳機能イメージング技術の発展が著しいが、脳機能をモニターする手段を活用することで、身体知と言語的知識の役割を特定し、適切な組み合わせ方を発見できるのではないかと期待される。

第4章

リズムで越える時間の壁—身体知へのアプローチ—

出典: 藤波 努, リズムで越える時間の壁: 身体知へのアプローチ,
映像情報メディア学会技術報告 Vol. 30, No. 68, pp. 71-76 (2006.12.15).

4.1 身体知の研究に至るまで

4.1.1 認知科学はこころをモデル化する

認知科学という学問が一般に知られるようになったのは1980年代からでしょう。認知科学は心理学や言語学、社会科学など様々な学問が関わる学際的分野であるため、それが何かをひとことで言い表すのは難しいのですが、計算機の出現とその急激な発展がひとつのきっかけとなっていることは確かです。

認知科学が出現する以前に隆盛を誇っていたアプローチとして行動科学、あるいは行動主義が挙げられます。行動主義は人間の「こころ」の中は知り得ないとし、刺激に対する反応を調べ、それら刺激と反応の対を説明する理論(方程式など)を構成することで人間を理解しようとしてきました。

認知科学はこころをブラックボックスとして扱う行動主義に対抗する勢力として現れました。こころの中を扱う手段として注目されたのが計算機です。計算機は複雑な計算を一瞬のうちにおこなうことを可能にしました。計算機は記号を処理できたため、人間のこころが持つ機能を計算と見なして研究を始めた人たちが現われたと考えられます。

こころのモデルが存在すると仮定し、こころをモデル化することが認知科学の目的といえます。モデルを作成し検証する手段として計算機は最適でした。人間の知能を計算機によってモデル化する学問を人工知能と呼びます。したがって、認知科学の誕生には人工知能が深く関わっているといえます。

ときどき認知科学を心理学と混同する方が見受けられますが、認知科学の始祖は心理学者ではなく、むしろライプニッツやラッセルなど記号論理学の創始者たちでしょう。

4.1.2 こころを手続きの集合としてモデル化する

計算機を使ってこころをモデル化する試みが始まった頃、最初に行われたのはこころの働きを手続きの集合として記述することでした。アルゴリズムと呼んでもよいでしょう。

当初試みられたのは、定理証明やチェス、機械翻訳などです。これらの研究はほどなく見切りをつけられました。なぜなら思うような結果が得られなかったからです。

初期の研究者たちは人間の知能とそのシミュレーションの可能性に対して楽観的であったと言わざるを得ません。ごく少数の規則によってこころの働きが記述できると信じていたのです。

4.1.3 こころを知識の集合としてモデル化する

次にこころの働きを知識の集合として記述する試みがありました。こころの働きを少数の規則で記述できないなら、こころの中に蓄えられている（と仮定される）知識をすべて記述すればよいだろうと考えたわけです。そして知識をどのように記述したら人間が持っている知識を適切に記述できるのかが研究されました。数多くの知識表現方法が提案され、いくつかは商用化されてエキスパートシステム構築に利用されました。

エキスパートシステムは1980年代半ばに一定の成功を収めました。一方で問題も明らかとなってきました。その一つが知識獲得の問題です。知識獲得とは、専門家からその専門知識を収集し、計算機に入力可能な形式に整理する作業です。この知識獲得の作業が非常に難しいということがすぐに明らかとなりました。

当初、エキスパートシステムを開発する側には、専門家なら自分の知っていることを明快に説明できるはずと信じていた節があります。ところが専門家は自分がやっていることやその理由を明確に説明できないことがある、むしろ説明できないことの方が多いということがわかってきました。

経験の中から培ってきた勘のようなものは言葉では説明しにくいものです。人工知能研究者はこの問題に楽観的に取り組んできましたが、解決策は見いだせていません。

4.1.4 言葉で表現できない知識を研究する

知識獲得がボトルネックとなってエキスパートシステムは広く普及するには至りませんでした。一部では今でも人工知能を応用したシステムが稼働していますが、人工知能研究者たちが当初夢想したように人工知能技術が巷にあふれているような社会は実現しませんでした。専門知識を要求される仕事は今でもその大部分を人間が担っています。

人工知能の研究を先に進めるには、言葉で表現できない知識、あるいは言葉では表現しにくい知識をどのように扱うのかという問題を避けて通ることができません。言葉で表現できない知識は「暗黙知」と呼ばれます。身体知の研究は暗黙知研究の一部です。

4.2 身体知とは何か

4.2.1 身体知は体に埋め込まれた知識である

なぜ人工知能研究で暗黙知が扱えなかったのか。一つの原因として身体の実在を無視したからだと考えられます。

このことは人工知能の設計に当たって環境や状況を実視する態度として現れました。人間の知能は環境や状況に依存せず、常に一定であると仮定されたため、環境や状況の影響は考慮されなかったのです。しかしながら肉体を持った存在としての我々は常に何かしらの環境に埋め込まれ、周りの環境から情報を取り出して生きています。そして状況は常に変化します。

最初にこのことを切実に感じたのはロボット研究者たちでした。ロボットに知的な振る舞いをさせるため、人工知能を組み込むことが試みられましたが、プログラム内で記号として扱われているものを現実世界の物体とどのように対応させたらよいのかということが問題となりました。

記号と現実世界の物体を対応させることに関して、人間は困難を感じませんが、それを計算機で実現することは非常に困難です。記号と現実世界を結ぶものは身体であり、我々の精神世界は身体を通して現実世界と結びつきます。そして精神と現実世界を結びつける身体にも独自の知性が存在すると考えられるのです。

4.2.2 身体知は言葉で表現できない

身体は我々の精神と現実世界をつなぐ存在です。身体に独自の知性が存在するという仮定の下に身体知の研究は始まりました。身体知は精神と環境（現実世界）との相互作用から生まれてきます。このことをわかりやすく表現すると、身体知とは体で覚える知識であるといえます。

身体知の例として楽器の演奏やスポーツなどが挙げられますが、これらの技能は言葉では説明しにくいものです。熟練者の巧みな動作を説明しにくい理由として次の三点が上げられます。

1. 微細な違いなので気づかない
2. 微妙な感覚を伝えられない
3. どこがポイントなのかわからない

4.2.3 身体知は意識的な練習によって獲得される

身体知は言葉で表現できないため、その獲得にあたっては練習が重要な意味を持ちます。練習にあたって重要なのはその質です。ただ闇雲に練習メニューをこなすだけでは上

達は望めません。練習を効率的かつ効果的に行うためには以下の点を配慮する必要があります。

1. 学習者が気づきにくい点をデータで示す
2. 用具を変えて異なった感覚を体験させる
3. 動作の原理を考えさせる

これらの点は前節で挙げた三つの理由と対応しています。第一点は客観的に自分の動作を観察することです。第二点は自分と環境（道具など）との相互作用のパターンを知ることといえます。そして第三点は自分の動作に対する気づきを含みます。異なった視点から自分の動作を観察することによって学習者は技能を獲得していくと考えられます。

4.3 熟練者の動作に見られる特徴

4.3.1 熟練動作としての菊練り

熟練者の動作に見られる特徴を説明するため、陶芸における菊練りを取り上げます [Abe 03]。菊練りとは、荒練り後、ろくろにかけて成形するために土を念入りにこねる動作です。「菊練り」と呼ばれる理由は、土を練る動作によって出来上がる模様にあります（図 4.1 参照）。練り動作によってほぼ均質に整えられた粘土はさらにラグビーボール状にまとめられ、その過程で気泡が取り除かれます。仮に気泡が残ったままだと後工程で窯焼きしたときに気泡が熱により膨張して陶器が割れてしまいます。したがって、菊練りは非常に重要な工程です。

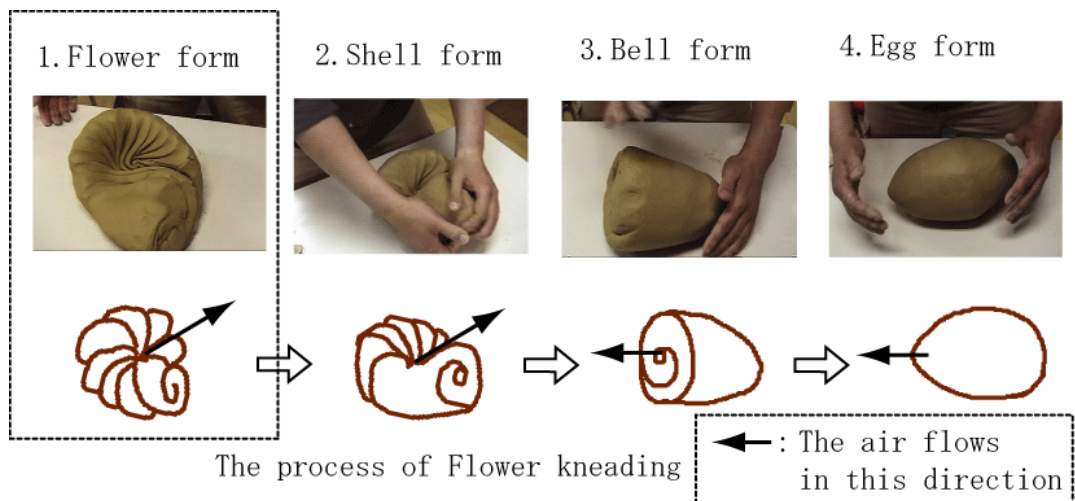


図 4.1 菊練りによる粘土形状の変化

体格にも依りますが、成年男子なら 4kg もの粘土を数分で練り上げることができます。あまり長時間粘土をこね回していると粘土が乾燥するため、できるだけ短時間でこね上げ

ることが理想とされています。真に習得したと言われるレベルに達するには7年から10年はかかるといわれています。

4.3.2 安定した全身運動である

熟練者の動作を調べるため、我々はモーションキャプチャ装置を使って体の動きに関するデータを収集しました。同様の実験を初心者や経験者にも行い、得られたデータを比較しました。図4.2は熟練者と、経験者、初心者のそれぞれについて左側からみた動作軌跡をプロットしたものです。

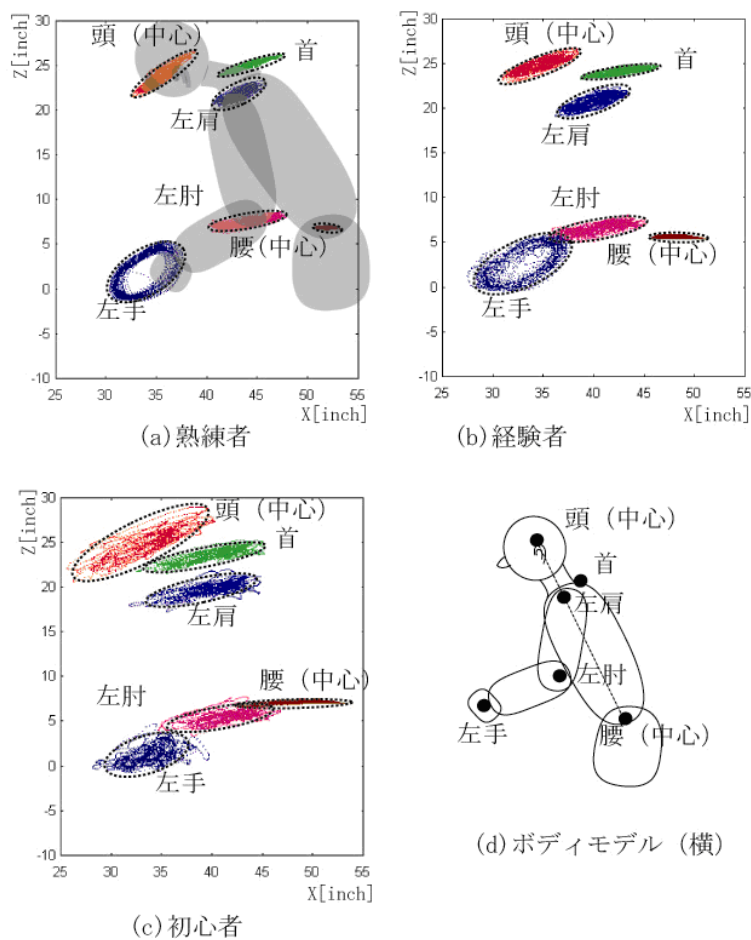


図 4.2 動作軌跡の比較

比較の結果、熟練者の動きには次のような特徴があることがわかりました。

1. 手の軌跡が一定である
2. 腰がほとんど動かない
3. 上半身の動きが一定範囲内に収まる

4.3.3 早くて周期性が高い

次に時系列データを見てみましょう。図 4.3 は熟練者、経験者、初心者の前後方向の動きを時系列で示したものです。これらのグラフを比較すると、まず熟練者の動作が初心者にくらべて圧倒的に早いことがわかります。図では各グラフの時間尺度が異なるためわかりにくいのですが、紙面上同じ幅に熟練者の場合は 2.5 秒分の動作が、経験者については 4 秒分、また初心者については 8 秒分の動作が表示されています。単純に計算すると、熟練者の動きは初心者よりも 3 倍早いといえます。

また熟練者の動きを初心者のそれと比較すると、初心者よりもくり返し動作の規則性が高いことが観察できます。初心者の場合は波の高さが一定ではありません。つまり前後の動きが安定していません。このことは図 4.2 に示した初心者の軌跡（図 4.2c）からも確認できます。

経験者の動作もある程度、周期性が高いことが図 4.3b からわかります。ただし、よく見ると熟練者の動きは大きく二つに分けられることがわかります（図 4.3c）。ひとつは腰や首、肩、頭からなる胴体部分の動き。もうひとつは肘や手からなる腕部分の動きです。これら胴体部分と腕部分の動きには位相差があり、その差は一定です。一方、経験者の場合、位相差は安定していません。

4.3.4 複数の動作が協調している

熟練者の動作が大きく二つに分けられ、それらの間に一定の位相差が観察されるということをごどのように解釈したらよいのでしょうか。動作としては、両腕がまだ前方向に動いている間に体幹部が後ろへ下がりだしている現象として観察できます。この動きに対して、二通りの説明が考えられます。

ひとつは、体幹部をひきながらもなお腕を伸ばして粘土をこねているとする解釈です。もうひとつは、腕がまだ延びている状態で体幹部は次の動作サイクルに入っているとする解釈です。熟練者の意識の上ではどちらが正しいのかわかりませんが、動作の特徴としてはどちらも同じことを表現しているといえます。

ここで重要なのは、土をこねるといった一つの動作が、体幹部の動きと腕部分の動きに分かれ、それらが協調することで効率的な動作を作り出している点です [Yamamoto 04]。

4.4 リズムが洗練された動作を可能にする

4.4.1 時間的秩序が空間的秩序に反映される

菊練りという技の本質は何でしょうか？このことを考えるために、今一度、菊練りによってできたパターン（菊の模様）を観察してみましょう（図 4.4 参照）。

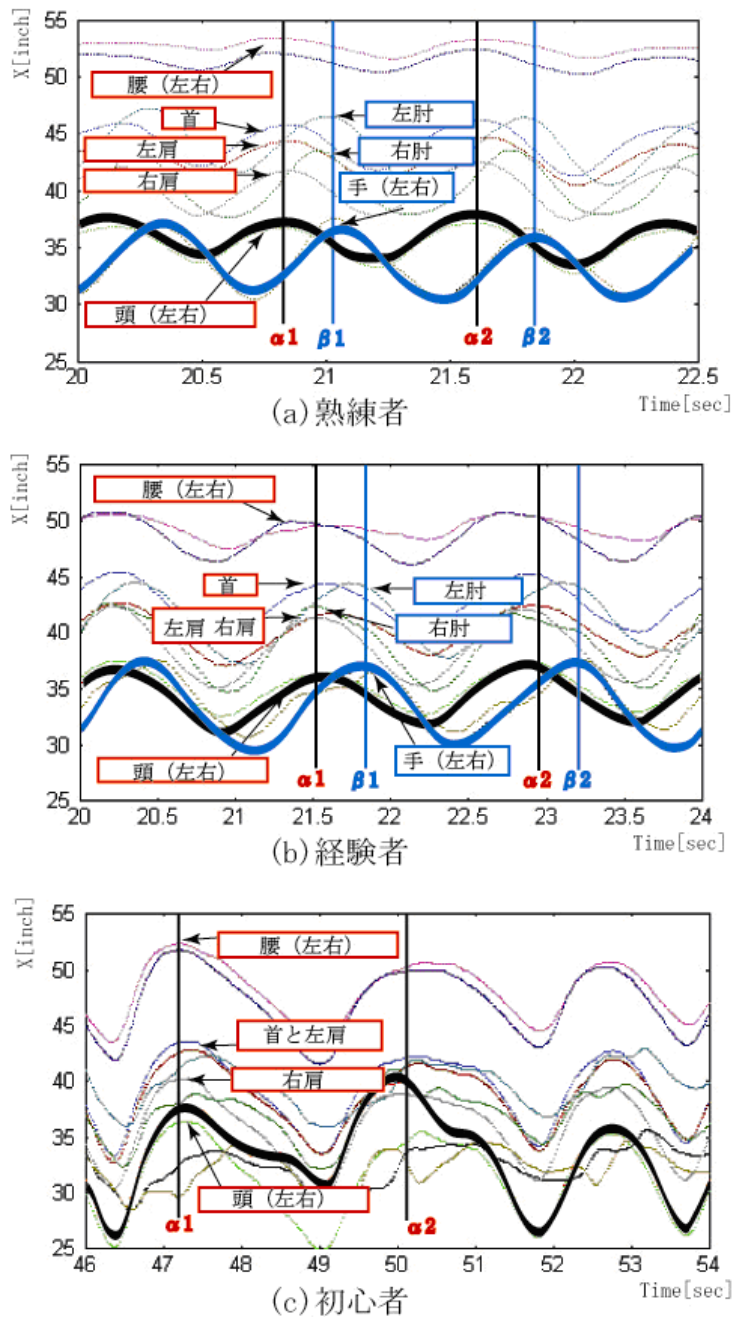


図 4.3 時系列データの比較

我々はともするとこの美しい模様を目を奪われてしましますが、この模様は規則的な動作によって生み出された結果であって、模様を作り出すこと自体が目的ではありません。そもそも陶芸家は粘土を均質にすること、また気泡を取り除くことを目的としたのであり、そのために早いスピードで全身の力を込めて粘土をこねたのです。効率を追求した結果、動作の規則性が高まり、その高い規則性が美しい菊の模様として粘土の表面に現れたといえます。



図 4.4 菊練りによってできたパターン

したがって重要なのは体の動きに見られる時間的秩序であり、菊の模様はその時間的秩序の反映であるといえます。このことを我々は陶芸家および九谷焼を指導している教官の方々から学びました。菊練りを練習している学習者の体の動きにリズムができてくると、習得がうまくいっていると判断するとのことでした。

4.4.2 協調動作がリズムをつくる

ではここでいう体の動きに見られるリズムとは何でしょうか？その起源はどこにあるのでしょうか。まずリズムとは複数の要素が協調的に働くとき自ずと立ち現れてくるシステム現象であるという点を指摘したいと思います。たとえ複数の要素が並行して働いていたとしても、それらが無秩序に動いている場合、我々はそこに規則性を見出すことができません。要素間になんらかの関係が存在することによりリズムが生まれてくると考えられます。

またリズムは点ではなく連続した現象と捉えるべきです。一般にリズムというと、われわれは周期のピークにのみ着目し、リズムを点で追います。しかしながらリズムをシステム現象と捉えた場合、背後にあるのは複数の周期的な動きであって、それらは連続しており、一瞬の活動ではありません。心臓の鼓動が聞こえるときだけ心臓が動いているとは考えないのと同じことです。

リズムの起源は我々の身体にあると考えられます。左右の足で交互に地面を踏みしめることから2ビートのリズムが生まれ、股関節と骨盤の動きから裏ビートが生まれ、体幹部の上下動から腕が揺れて16ビートを生み出す。サンバの実験から我々が発見したのはステップを踏む能力の重要性でした。ステップが踏めるようにならなければ、シェーカーを振って16ビートのサンバリズムを作り出すことができません。リズムは全身で作리出すものであり、安定したリズムは全身の協調動作の結果なのです。

4.4.3 動作はリズムで覚える

協調動作がリズムを作り出すことをさらによく考察すると、我々が意識するのは協調動作ではなくリズムの方だと気づきます。個々の動作に我々は気を配ることはできません。なぜなら多数の身体部位が同時に並行して動いているからです。しかも多くの場合、これらの動作はごく短い時間に行われます。仔細に動作を意識することは不可能です。意識しすぎると動作がぎこちなくなることは我々がしばしば体験することです。

では人間はどのようにして特定の動作を習得するのでしょうか。我々はその鍵はリズムにあると考えています。リズムは身体各部位による協調的動作が満たすべき制約を簡潔に表現しています。リズムを意識しつつ練習を重ねることで学習者は適切な身体動作を獲得すると考えられます。学習者は身体各部位がどのように動いているかは知りません。学習者が意識するのは各部位が動くことによって作り出されるリズムです。

身体技能を習得する際、どのようなリズムを心掛けるのかが大きな違いをもたらすと我々は予想しています。リズムは連続する時間を学習者がどのように分節化しているかを示しています。時間を適切に分節化することを学ぶことが身体技能習得の第一歩ではないかと考えられます。

4.5 リズムは言葉で覚える

4.5.1 話し言葉はリズムを持つ

人間がリズムを覚える能力は何に起因しているのでしょうか。我々は人間がリズムをつかむことができるのは、言葉を話せることと関連しているのではないかと推測しています。

言葉を話す際には多くの身体部位が関わります。声帯、舌、横隔膜、肺などを絶妙なタイミングで、しかも素早く動かさないと声は出ません。言葉を話す動作は人間が日常意識的に行っている動作のうちで最速でしょう。言葉を話すことは協調動作ですから必然的にリズムが存在します。事実、言葉を理解する際にはリズムが重要な役割を果たしており、変なリズムで発話すると聞き手に正しく意図が伝わりません。たとえば「いしゃ（医者）」と「いしゃ（石屋）」ではまったく違った意味になります。音としてはかなり似ていますが。

人間は日々言葉を話しているので、言葉を通してリズムに触れていると言えます。人間は言葉のリズムに敏感であり、ごく僅かな違いも聞き分けることができます。

4.5.2 動作のリズムは言葉で理解する

人間は言葉のリズムに敏感なので、体を動かすリズムを覚えるとき、言葉を介すると効率がよいと推測しています。このことは経験的に知られており、実践の場では取り入れら

れている方法です。

たとえばサンバのリズムは16ビートですが、子供にサンバを教える本 [渡辺 98] によるとこれを「シマウマ、シマウマ、シマウマ、シマウマ」と表現しています。ブラジル音楽を専門とする演奏家は同じリズムを “da-zu-zu-da da-zu-zu-da da-zu-zu-da da-zu-zu-da” と「ダズズダ」で表現していました。

ところが、あるブラジル人によるとサンバのリズムは “du-du-r-du du-du-r-du du-du-r-du du-du-r-du” というように「ドウドウルドウ」で覚えた方がよいそうです。なぜなら「ダズズダ」だと母音が 'a' から 'u' へ、また 'u' から 'a' へと切り替わるので不連続性がありますが、「ドウドウルドウ」だと母音が常に 'u' なので音がとぎれないからだそうです。リズムは点ではなく「うねり」なので音が連続する「ドウドウルドウ」の方が好ましいと考えるそうです。

リズムをどのような台詞に置き換えるかは人によって異なりますが、言葉に変換するという方策は共通しています。

4.5.3 言葉のリズムは前向き制御

言葉のリズムは目標とする動作に対して、トリガーになっているのか、それともガイドになっているのか、どちらでしょうか。リズムをトリガーであるとするのは、人間は音を聞いてから体を動かしているという説です。リズムをガイドであるとするのは、人間は音に合うように体を動かすという説です。

どちらが正しいかというと、おそらく後者だと思います。複数の人間が合奏する事を考えてみるとわかります。多数の人間がテンポを合わせて共通のリズムで演奏するとき、個々の演奏者は音楽の流れを予想しつつ演奏しています。

言葉のリズムは協調動作を作り出すガイドラインとなっており、それを目指して運動を制御することで協調的動作が生まれる、つまり言葉のリズムは動作のリズムに先立つのではないかと推測されます。

4.6 リズムで越える時間の壁

4.6.1 「今」の長さは0.5秒

我々は時間の連続を意識することはできるのでしょうか？脳内の電氣的現象によって我々の意識が発生するとするならば、意識という現象が成立するためには信号が伝わる時間が必要となります。情報を処理する時間も必要でしょう。したがって外界の時間的流れ、あるいは変化を中断なく、同時進行で意識することは不可能といえます。視覚に盲点があるように、我々の時間意識にも「注意盲」とでもいうべき瞬間があると推測されます。

この注意盲はどのくらいの間隔で存在するのでしょうか。人間の時間分解能はどのくらいなのかという問いに直しましょう。Libetによるとそれは0.5秒だそうです [Libet 02]。どういうことかということ、0.5秒以内に起きた複数の事象を人間は同時に起きたと知覚し

うるということです。0.5 秒の時間窓で我々の意識が推移していると言い換えてもよいかもしれませんが。秒間 30 コマで流れる静止画が動画に見えるように、秒間 2 コマで流れる時間枠が連続的な時間という感覚を作り出しているといえます。

0.5 秒が人間にとっての最小時間単位であるというのは驚きです。一分間に 120 拍打つテンポ (120BPM) では一拍が 0.5 秒ですから、音楽でいう一拍が人間にとって意識的に追えるインターバルの限界ということになります。ジャンルでいえば 4 ビートのジャズがこのクラスのテンポとなります。

4.6.2 サンバのビートは決め打ちで

サンバは 16 ビートの音楽なので、0.5 秒の間に 4 つのビートが存在します (120BPM の場合)。「ドゥドゥルドゥ」ひとつで 0.5 秒経過するわけです。上の理論に従うなら、16 ビートのリズムは人間の時間分解能の限界を超えていることとなります。ではなぜ人間は時間分解能を超えた動作ができるのでしょうか？

おそらく人間は「ドゥドゥルドゥ」の細かいビートを同時進行では意識できていないと思われます。目をつぶってドラムを打っているようなものです。

サンバのような 16 ビートの音楽がなぜ難しいかといえば、意識で追える速度よりも変化が早いからといえます。サンバのリズムを習得したとき、学習者は意識の限界、つまり時間分解能の制限を超えたといえます。そこに至るには時間感覚の飛躍があると推測されます。

4.6.3 時間の壁を飛び越える

時間感覚の飛躍とは、動作の主体を意識から身体に明け渡すことではないかと思えます。「考えるんじゃない、感じるんだ」というあの台詞はおそらく同じことを意味していると思われれます。

意識が追えないくらい素早く変化する状況のなかで、我々の身体を導くものは何でしょうか？我々はそれこそがリズムであると考えます。思考の乗り物が (記述的) 言語であるように、身体知の乗り物はリズムであろうと思うのです。話し言葉はこれら二つの異なった知のモードをつなぐインタフェースだと考えられます。

4.7 リズムで迫る身体知の謎

冒頭で人工知能の研究を先に進めるには暗黙知、すなわち言葉で表現できない知識をどのように扱うのかという問題に取り組みなければならないと述べました。リズムを鍵として人間の洗練された体の動きを研究することは暗黙知の研究を一步進めるものであると我々は確信しています。

将来的には脳の活動状態を測定することで、動作制御に関わる人間の情報処理を調査する必要があると思えます。脳機能に関する研究は特定タスクを遂行しているときに脳のど

の部分が活性化しているかという分析に陥りがちですが、タスクの分析はより緻密に為されるべきと考えます。脳と身体の働きを同時に研究することにより、より全体的な人間理解に至ることでしょう。

脳から始めるか、身体動作の研究から始めるかは戦略の違いといえます。身体動作の研究は我々が未だ気づいていない人間の能力を明らかにする可能性があり、手順としてはそのような発見の後、その能力の源泉を脳内に探すということになります。

謝辞: 本稿で紹介した研究成果やアイデアは私ひとりのものではなく、共同研究者や学生諸氏との協働作業から生まれてきたものです。山本知幸氏(北陸先端科学技術大学院大学)を始めとする研究協力者の皆様に感謝します。

第5章

周期的動作に見られる協調構造の分化

出典: 藤波 努, 山本 知幸,
周期的動作に見られる協調構造の分化,
人工知能学会全国大会 (第 19 回) 論文集, 2B1-05 (2005.5.16).

5.1 はじめに

我々は身体知研究の一環として、陶芸の菊練りやシェイカーによるサンバリズム演奏を調査し、周期的動作の特徴を分析してきた。その結果、身体各部位の協調関係には階層性があることを見出した [Abe 03, 藤波 04]。菊練りを例とすると、練り動作は体幹部を前後させて両腕で粘土を押しながらこねる動作であるように見える。このレベルでは熟練者と中級レベルの技能者の間に違いはない。しかし、詳細に動作を分析すると、熟練者では粘土を「押す」動きと「押し戻す」動きが独立した動作として見出された。

従来の身体動作に関する研究 (たとえば [Haken 85] で扱われている指振り運動) は、身体部位の「協調」という概念を単一周期への同期として扱っていた。すなわち、身体各部位が同時に動くことを協調関係と見なしていた。しかしながら我々は、あるタスクに関わる全ての身体部位が同時に動く段階を経て熟練者となると、身体各部位が複数のグループに分かれ (分化) グループ間では位相が異なることを見出した。時間尺度を細かくすると、分化したグループの中にさらに分化が見出されることもある。このことから人間の身体動作は階層構造になっていると考えられる。

身体動作の階層性を示唆する現象はシェイカーによるサンバリズムの演奏にも見られたが、先の報告 [藤波 04] では被験者が 2 名であり、またいずれも熟練者ではなかったことから、分化といえる現象を明確には特定できなかった。そこで演奏レベルの高い被験者 5 名を対象として新たに実験を行い、身体動作を分析した。本論では実験によって得られたデータの分析結果を報告する。

以下では、実験の概要を説明し、身体動作に分化が起きているかどうかをデータに基づいて検証する。最後に身体技能について考察する。

5.2 対象と手法

5.2.1 シェイカーによるサンバリズムの演奏

実験はシェイカーを使ってサンバのリズムを演奏するタスクで行った。シェイカーは腕を体幹に対して外側と内側にくり返し振ることによって音を出す。アクセントのついた音を H、軽く振っただけの鈍い音を L とすると、サンバの場合、一小節の間に {H-L-L-H H-L-L-H H-L-L-H H-L-L-H} という 16 ビートを演奏する。

正確にアクセントをつけるには半年程度の練習を必要とする。また長時間、リズムを一定に保つには、腕の動きだけでなく全身を使って演奏する必要がある。このことから、シェイカーによるサンバリズムの演奏は全身を使った周期的動作と見なすことができる。またサンバの演奏は、一定のテンポで定期的にシェイカーを振る動作なので、振動として解析できる。

5.2.2 被験者

先に報告した実験 [藤波 04] では被験者が 2 名であり、またいずれもサンバ経験が浅かったため、分化と考えられる現象を明確には捉えられなかった。そこで今回はできるだけサンバ経験が豊かで、演奏技能にも優れた者 5 名を被験者とした。各人のプロフィールは以下の通りである。

被験者 A：ブラジル音楽を専門とするプロ演奏家。ギタリストでボーカリスト。ブラジル音楽の演奏では日本でトップクラスと認められている。パーカッションは専門ではないが、長期間ブラジルに滞在して音楽を学んでおり、ブラジル音楽のリズム感を体得している。

被験者 B：在日ブラジル人。17 才よりプロ演奏家から本格的にサンバ演奏を学び、25 年以上の演奏経験を持つ。楽器は主にパンディーロ（タンバリンに似た楽器）を担当するが、ダンボリン、シェイカーなどパーカッション全般を演奏できる。

被験者 C：サンバ歴 2 年（音楽歴 35 年）の日本人。サンバ経験は浅いが、プロ演奏家である被験者 A と共演したこともある。ブラジル人である被験者 B からブラジル音楽のリズムになっていると評された。サンバ歴は短いものの、幼少より 10 年以上クラシック音楽を学んだことがあり、ピアノを弾く。

被験者 D：サンバ歴 6 年の日本人。被験者 A よりギター演奏を学ぶ。サンバ以外にはフォークギターを得意とする。音楽経験は 15 年。プロではないが、地元ではブラジル音楽演奏家としてステージに立つこともある。ステージではギターを演奏することが多い。

被験者 E：サンバ歴 5 年（音楽歴 35 年）の日本人。アマチュアではあるが、地元では被験者 A と共にステージに立つこともある。ブラジル音楽だけでなくジャズも好み、楽器

はクラリネットを得意とする。オルガン、ピアノ、合唱、ギター、ベースなどもできる。

被験者 A 以外はプロ演奏家ではないものの、全員ブラジル音楽をステージで演奏できるレベルには達しており、本実験の対象者として適格である。

5.2.3 ボディモデル

本実験で採用した実験機材とボディモデル、データ解析手法は先に報告したモデルおよび手法と同様である [藤波 04]。実験で用いたモーションキャプチャ装置の時間分解能は 86.1Hz であり、マーカーは 18 個用いた。各マーカーは図 5.1 左に示した位置に取り付けた。これらのマーカー取り付け位置に基づいて、8 つの関節と 13 の部位からなるボディモデルを構築した。(図 5.1 右を参照。) 図中、J で始まる記号が関節 joint を表しており、対応は次のようになっている：首 (J1)、腰 (J2)、右肘 (J3)、右手首 (J4)、左股関節 (J5)、左膝 (J6)、右股関節 (J7)、右膝 (J8)。また、e は終端 endpoint を意味し、それぞれ e1(頭)、e2(左肘)、e3(右手) である。各関節の動作は角度変化としてとらえている。

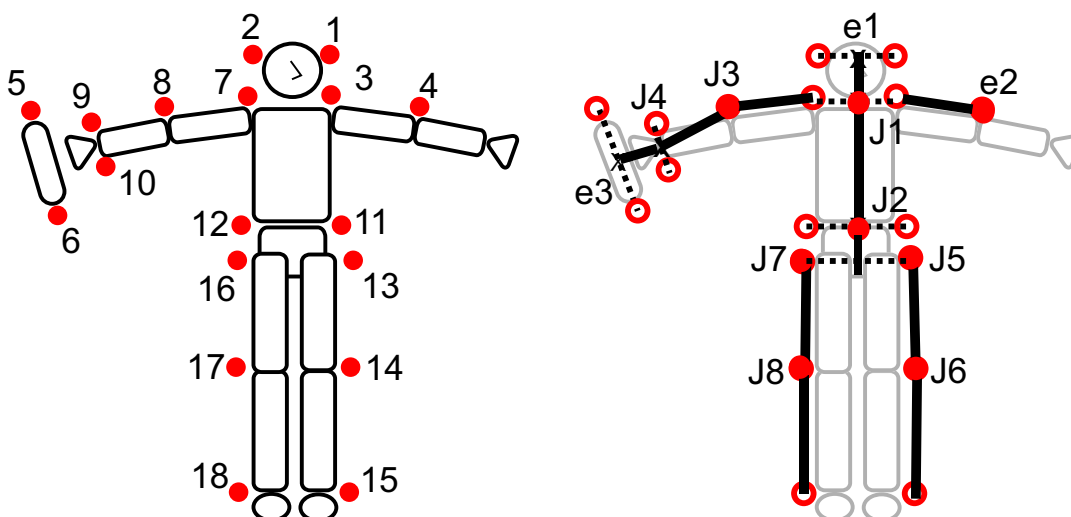


図 5.1 ボディモデル 左: マーカー取り付け位置 右: 部位と関節

5.2.4 データ解析手法

モーションキャプチャ装置を使って収集したデータは以下の手順で解析した:

1. 関節角度の計算: 18 点から得られたデータを元に各関節の角度を計算する。
2. 平滑化: 4 階の Butterworth フィルターを使って角度変化を平滑化する。
3. 位相基点の計算: 平滑化した各時系列データにヒルベルト変換 [Panter 65][Pikovsky 01] を適用し、各関節動作の位相基点を求める。
4. 相対位相の計算: 動作が他よりも安定している関節を参照点として、その他の関節動作との相互位相を求める [Pikovsky 01]。

被験者	左股関節	左膝	腰	右股関節
A				
B				
C	-			
D	-	-	-	
E	-			

表 5.1 体幹部と下肢の協調構造

身体各部位の同期の度合いを分析するため、参照点となる関節を選び、分析対象とする動作（関節角の変化）について参照点との相互位相を求め、そのヒストグラムを作成した。これらのヒストグラムは、参照点となった関節の動きに対して位相がどの程度ずれているかを示している。中心に近いほど、その関節角の変化が参照点と同期しており、中心から左にずれるほど遅めに、また右にずれるほど早く振れていることを意味する。横軸は一周をラジアン (2π) で表示しており、グラフの両端は基準点の動きに対して逆位相の動きに相当する。

5.3 分析

5.3.1 体幹部および下肢の協調構造

図 5.2 に A から E の各被験者について、左股関節と左膝の周期（上）と腰と右股関節の周期（下）を分析した結果を示す。参照点は右膝である。要点を表 5.1 にまとめる。は動作が順位相、は逆位相になっていることを意味する。また'-'は参照点に対して遅れ気味であることを意味する。

被験者 A の動作をみると左股関節、左膝、腰、右股関節すべてについて、順位相か逆位相かの違いはあるものの、強く参照点（右膝）に同期していることがわかる。被験者 B の場合は、腰を除いて同期している。被験者 A と B に共通しているのは、膝と体幹部（股関節または腰）の同期といえる。また注目すべきは逆位相が含まれていることである。このことは、膝と体幹部が同じ周期で振れているだけでなく、その中に分離があること、すなわち構造が存在していることを示唆している。

膝と体幹部（股関節または腰）に同期が認められたのは、シェイカーの演奏方法に起因すると考えられる。経験の浅い演奏者は、シェイカーを腕の動きだけで演奏しようとする。たしかに演奏を見て最も目につくのは腕を振る動作である。しかしながらシェイカーの演奏で重要なのは腕ではなく、下半身の動きである。優れた演奏者は体を床に落とし、着地時に蹴り込んだ反動を利用してアクセントをつけている。

プロあるいはセミプロ級の被験者 A と B 以外の被験者には同様の現象は観察されなかった。ただ被験者 C には弱いながらも腰に逆位相が見られた。被験者 C は最近、サンバ・ス

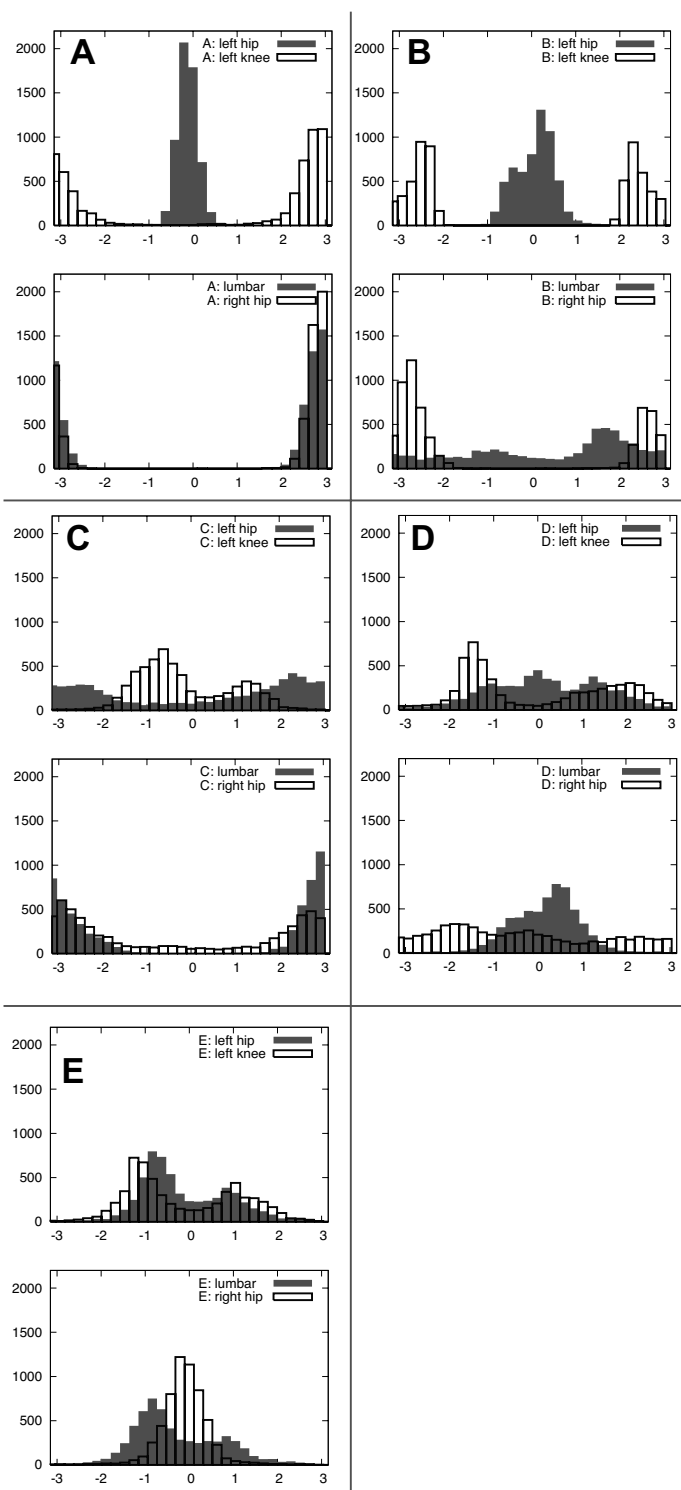


図 5.2 下肢および体幹部の分析結果

テップを踏む練習に励んでおり、その効果が部分的に現れたものと考えられる。被験者DとEについては部分的に同期が見られたものの、逆位相は観察されなかった。したがって被験者AやBの動作に見られるような協調構造はないと考えられる。

5.3.2 右肘と右手首の協調構造

上では体幹部に属する腰や下肢（左右の股関節と膝）の協調構造を分析したが、ここでは上肢の動作を調べるため、右肩を参照点として右肘と右手首の協調構造を分析した（図5.3）。

グラフで目に付くのは、被験者AとDの右肘であり、ピークが他の被験者に比べて格段に高い。これは腕の動作に何らかの特徴があることを示している。この2名は右肘と右手首が肩より遅れて振れており、腕がしなっていると考えられる。被験者Dでは右肩 - 右肘 - 右手首の順で遅れて振れている。また被験者Aの場合、ピーク位置は同じだが、右肘に比べて右手首の同期の強度が急に弱くなっている。強度が弱くなることは、時系列では変動が大きいことを意味するので、力が抜けているのではないかと予想される。

一方、被験者BとCは逆に右肩よりも早く動いているように思われるが、同期の度合いが低いため、特徴とは言い切れない。被験者Eについても同様である。

5.4 考察

はじめに体幹部と下肢の協調構造について考察する。表5.1より被験者AとBに共通する協調構造が読みとれる。すなわち、右膝と左膝の逆位相、および右膝と右股関節の逆位相である。このことは左膝と右股関節が順位相であることを意味する。以上から、二つの動作が浮かび上がってくる。ひとつは左膝と右股関節が同期した動きであり、もうひとつは右膝と左股関節が同期した動きである。これら二つの動作は互いに逆位相となっている。この協調構造は Hip-pop など黒人系ダウンビートのダンスで腰を振る動きと似ている点が興味深い。演奏の様子を見ているだけではまったく予期できなかった特徴である。

上肢の協調構造、すなわち右の肩 - 肘 - 手首の連係は、被験者AとDについてのみ、鞭のようにしなる動きが観察された。被験者AとDは共にギターを専門とするため、普段の演奏が影響しているのかもしれない。因果関係は不明であるが、重要なのは、腕の力が抜けているということ以外、特徴が見出されなかった点である。

シェイカーの演奏を見ると、腕を振る動作が目につくため、経験の浅い演奏者は手先の動作に気を取られてしまう。しかし、熟練者の演奏動作を解析してみると大きな違いが出たのは体幹部と下肢の動きであり、上肢については顕著な違いは見られなかった。このことは、シェイカーの演奏では体幹部と下肢の動きが重要であることを示唆している。

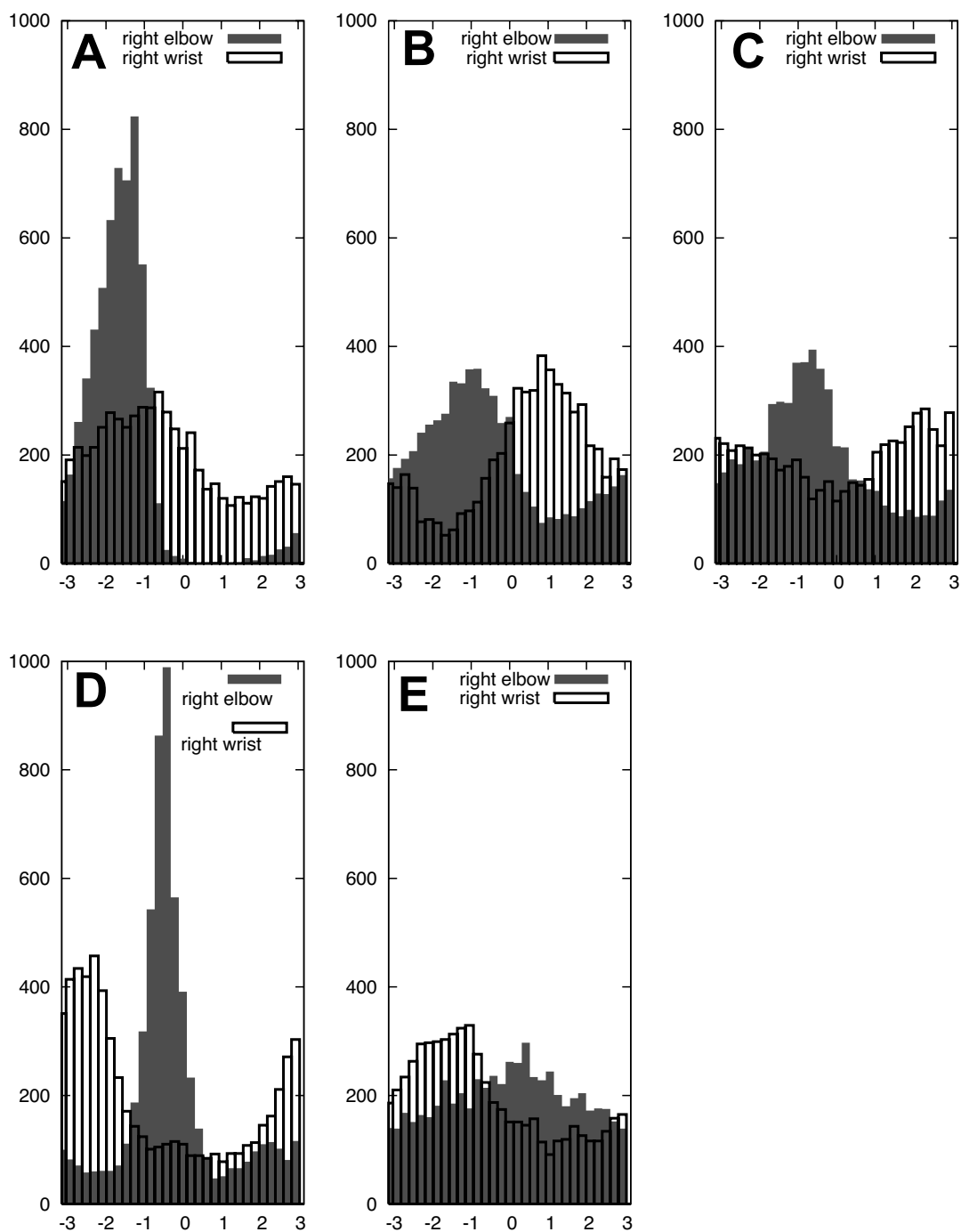


図 5.3 右肘と右手首の分析結果

5.5 まとめ

本論ではシェイカーによるサンバリズムの演奏を解析し、熟練者では身体各部位の協調構造に分化が起きていることを示した。また、一見、上肢の運動が主と思われる動作でも体幹運動が重要な役割を果たしていることを明らかにした。

第6章

モーションキャプチャ装置を用いたサンバ・ダンスのリズム習得過程の分析

出典: 石川 航平, 山本 知幸, 藤波 努,
モーションキャプチャ装置を用いたサンバ・ダンスのリズム習得過程の分析,
人工知能学会全国大会 (第 20 回) 論文集, 2D1-02 (2006.6.8).

6.1 はじめに

人間はどのように技能習得の過程、リズム感の習得を習得するのであろうか。スポーツ、楽器の演奏などに共通する「技」は主に、体験・学習・訓練などによって習得可能である。その中でもリズム感を向上するプロセスは未解明である。私たちは身体技能の発達過程を観察する研究を行った。過去の研究においては、シェイカーを用いたリズム演奏の習得過程等 [上村 04, Yamamoto 04] がある。それを踏まえて、サンバ・ダンスを習得するプロセスを通じてリズム感の向上という過程を客観的に観察できるのではないか、ということが本研究の目的である。

6.2 実験設定

サンバのリズムは基本的には 16 ビートである。1 拍が 4 音からなり [強-弱-弱-強] というアクセントが特徴的である。サンバのリズムは、短期間では習得できない。意識的にすぐに習得できるわけではなく、無意識に腰でリズムを取ることができるまで、長い時間がかかる。本研究ではある程度長期間にわたり、継続的に実験を繰り返した。どれだけの期間で習得できるか、またどのように習得するのかという点を明らかにする。サンバ・ダンスに関しては初心者の 2 名の被験者 (男性) が約 6 ヶ月間にわたり、下に述べるように、

指導、練習を続け、その間、5回に渡りモーション・キャプチャ装置を使用し、測定実験を行った。求められたデータをさまざまな方法で比較・検討し、上達における特徴を見出すことができた。

6.3 練習内容

被験者の講師に指導を受けた。期間は7~12月の間であり、2週間毎に1回ずつ、計6回の指導を受けた。内容は音楽に合わせて60分程度、練習を行った。講師のダンスに合わせて踊るということを中心に練習をした。最終的に、全員が講師のダンスに合わせて踊れるようになった。自主練習は週2回程度、音楽に合わせて自由に踊った。内容は実験時のテンポも含む様々なテンポの音楽に合わせて60分間、通して踊るといったものであった。その練習は8~11月に不定期に行った。

6.4 実験手順

モーション・キャプチャ装置により被験者の運動を計測した。計測には Ascention 社の MotionStar を用いた。身体の各部位にマーカーを取り付け、ケーブルで接続し、センサーの位置を3次元で測定した。時間解像度は86.1Hzで測定を行った。被験者の身体の各部の位置検出用のセンサーは以下のように取り付けた。

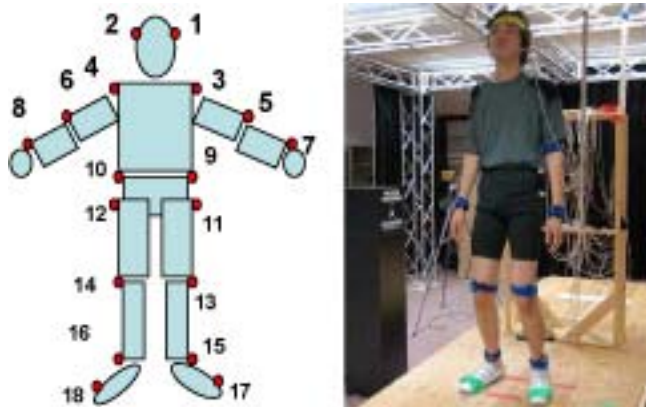


図 6.1 ボディ・モデルと測定時の様子

[図 6.1 参照] 1. 左側頭部, 2. 右側頭部, 3. 左肩, 4. 右肩, 5. 左ひじ, 6. 右ひじ, 7. 左手首, 8. 右手首, 9. 左腰部, 10. 右腰部, 11. 左股関節, 12. 右股関節, 13. 左ひざ, 14. 右ひざ, 15. 左足首, 16. 右足首, 17. 左つま先, 18. 右つま先

データは5回に渡って取得した。実験日は2005年9月6日、9月21日、10月5日、11月8日、11月22日である。最初にサンバのダンスを難易度別に4つのレベルに分類しそれぞれ5段階のテンポで測定を行った。テンポの段階は60, 75, 90, 105, 120[bpm]である。そのテンポに合った音楽を再生し、被験者はその音楽に合わせて90秒間踊ると

ころを測定した。

6.5 結果

データ解析の手法として、自己相関、相互相関、相互位相というさまざまな手法を試したが、自己相関が適切に特徴を示していたため、これを用いて解析する [赤池 97]。先に4段階に分類したうち、最もサンバらしい16ビートのダンスを対象とした。16ビートにおいて120[bpm]の動きにおいて足は1秒間に2Hz、体幹は1秒間に4Hzと日常生活では行わないような運動なので無意識の行動を測る上では最適である。実際のダンス音楽と比較しても120bpm]が最も一般的であるため120[bpm]時を中心に分析を行う。サンバ・ダンスは基本の運動が上下動であるから、体幹の上下を指標とした。

6.5.1 時系列データの解析

ここでは実験1(9月6日)と実験5(11月22日)を比較して示す。図6.2、図6.3は腰の高さを表している。

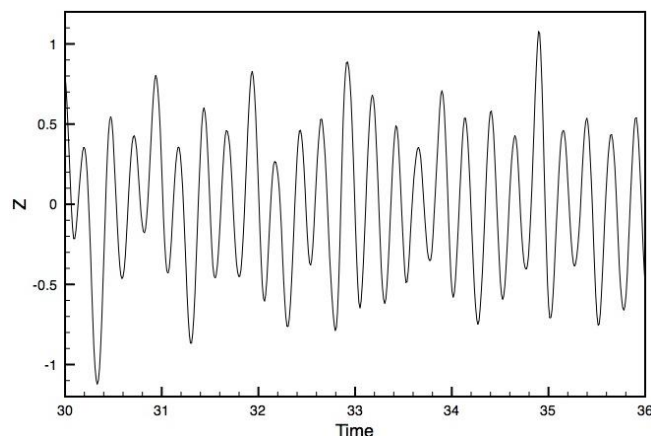


図 6.2 実験 1, 腰の高さ 120[bpm]

図 6.2 と図 6.3 を見ると上下の振動の周期は変わらない。ただし、図 6.3 はアクセントが非常に強くなっていることがわかる。そのことは図 6.3 において、振動の振幅から M 字の形に [強-弱-弱-強] のアクセントが周期的に現れていることがわかる。矢印が表しているのが、強いアクセントである。M 字パターンの 2 周期の振動が 1 拍に対応する。なお、山と谷が各 1 音に対応している。一方で図 2-1 では単調に周期的であり、アクセントがない。なお、1 周期は 1/2 拍に対応する。

図 6.4 と図 6.5 は右ひざの高さを表している。図 6.4 は実験 1 であり、図 6.5 は実験 5 である。図 6.4 は単調な振幅の繰り返しであり、アクセントは見出されていない。その他の点に関しても同様である。ただし、ステップを左右で踏み変えているため、2 周期ごと

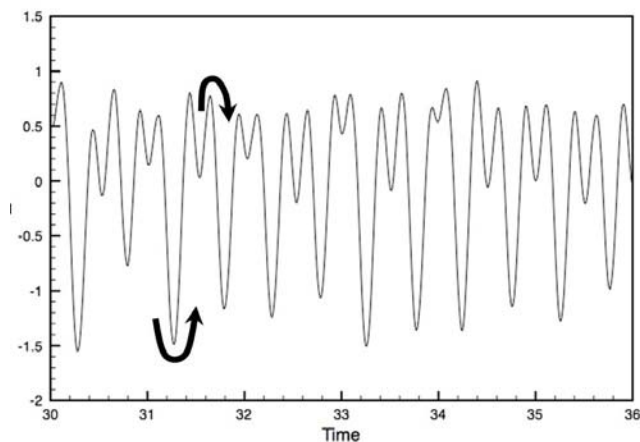


図 6.3 実験 5, 腰の高さ 120[bpm]

の上下動は見出される。それに対して、図 6.5 は矢印にもある通り、強いアクセントがついていることがわかる。つまり、無意識でサンバの 16 ビートを刻めていると推測される。

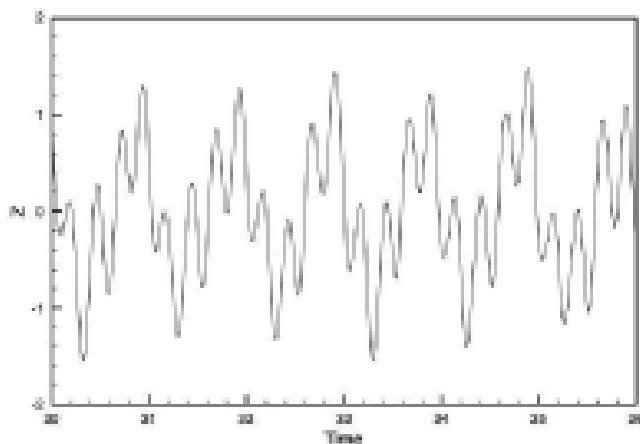


図 6.4 実験 1, 右ひざの高さ 120[bpm]

6.5.2 自己相関による解析

次に腰、股関節、膝、足首の上下振動に関する自己相関を調べた。この図では、サンプリングの周波数が 86.1Hz であるため 86 ラグが 1 秒間に相当する。つまり、120[bpm] においては 1 拍分が 43 ラグに相当する [赤池 97]。

ここでは、実験 1 と実験 5 を比較した。図 6.6 と図 6.7 は各部位の周期を表している。図 6.6 においては 1/4 秒のところの高いピークがある。この周期は半拍に相当する。よって、腰 (lumber 赤色) が実験 1 ではただ単調な振動として振っていることが見出される。

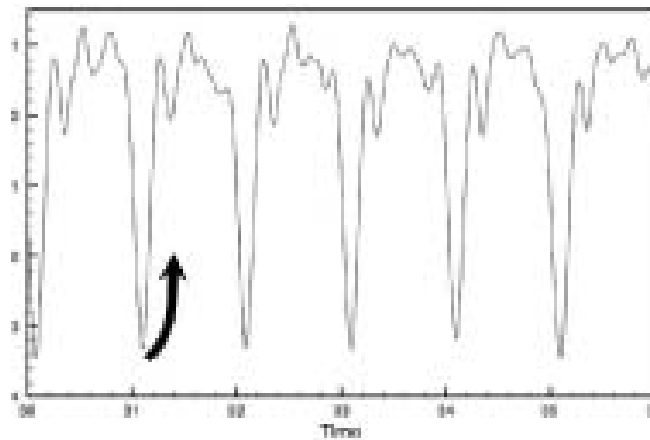


図 6.5 実験 5, 右ひざの高さ 120[bpm]

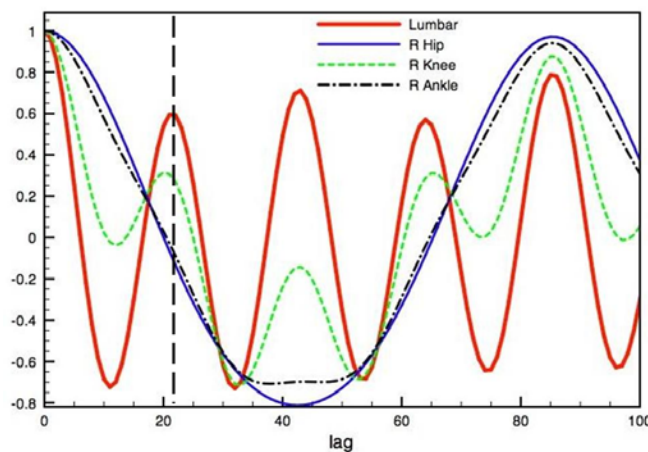


図 6.6 実験 1, 各箇所の高さの自己相関 120[bpm]

図 6.7 においては 0~43 ラグの幅で一つの周期がW字型に表れている。図 6.6 と比較して半拍 (1/4 秒) のピークが消滅している。(下向き矢印) ただし、1 拍 (1/2 秒) のピークは高い。(上向き矢印) これらは、[強-弱-弱-強] のアクセントが確立していることを表している。ただし、左右の脚で交互にステップを踏んでいるので、周期は 2 拍分 (1 秒) となっている。右膝 (R Knee)、右足首 (R Ankle) も同様に特に右ひざには強いアクセントが見られている。また、図 4-1 では腰の 1/2 拍の周期性に対応して、右膝 (R knee) にも、低いがそれに対応するピークが見てとれる。

6.6 考察と展望

本研究では二人の初心者の上達過程を長期的に観察することによってサンバ・ダンスの上達過程の特徴として、[強-弱-弱-強] というアクセントが表れていることを見出した。

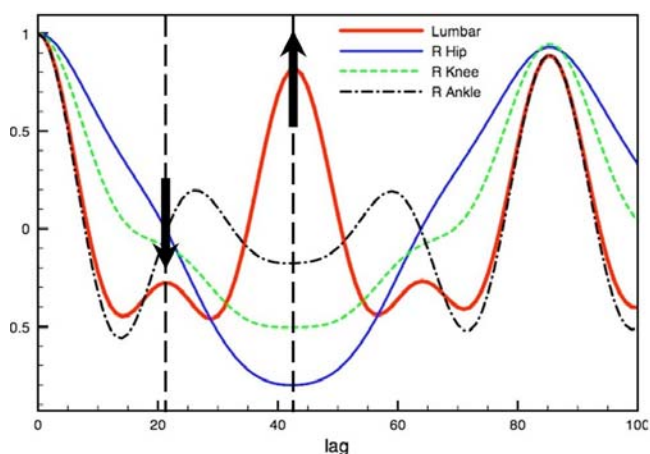


図 6.7 実験 5, 各箇所の高さの自己相関 120[bpm]

図においては被験者一人分しか記していないが、この傾向は両者共通である。

自己相関の分析においては実験 1～5 にかけて、1 回ごとに徐々に変化していった。特に 3 回目の実験から顕著にアクセントが強調されていることが見てとれた。今後、より詳しく分析すれば詳細がわかるであろう。

図 6.4 と図 6.5 との比較においては右ひざの高さにおいて強いアクセントができていたことがわかった。周期の幅が 2 倍に延びているのは[強-弱]というリズムから[強-弱-弱-強]というリズムを打てることが可能になったことがわかる。

図 6.6 と図 6.7 の比較においては実験 1 と実験 5 の腰の高さ、右ひざを比較すると顕著な変化が見られた。

また、それらのプロセスを映像で見ても、印象としてリズム感が向上していることも見てとることができた。しかし、リズムやグルーブというものは計測できる正確なテンポでは測れるものではない。特に腰部と両ひざの同期に関しては完全には解析を行っていない。

練習を始めた当時は意識的に踊っているように感じ取れた。案の定、リズムの周期も短く、一定のものであった。その後、徐々に周期性が見出せるプロセスも今後の研究の可能性として残るであろう。

今後の研究課題としてリズムを習得した初心者がより上級者に近づく上での身体動作の特違点を特定したい。上級者は腰の運動が左右に動かせるほど多様なダンスを踊れる今回のダンスの練習、計測では、左右に動かせるほど多様なダンスの動作までは到達していない。そのような点を今後の展望とする。また、今回は結果を中心とした分析になった。今後はこれらの研究成果により、上達を支援できるようなプロセスを分析したい。

第7章

加速度センサを用いたサンバダンスの解析

出典: 松村 耕平, 山本 知幸, 藤波 努,
加速度センサを用いたサンバダンスの解析,
ジョイントシンポジウム 2006 (スポーツ工学シンポジウム・シンポジウム: ヒューマンダイナミクス), pp. 216-221 (2006.11.9).

7.1 はじめに

楽器の演奏やスポーツ、職人の技といった身体技能は、一般に習得までに長い時間を要する。これらの技能の獲得方法として、技能に関する基本的知識を学習することや、その技能において優れた人の実演や動作を記録したビデオを観察し、模倣をすることなどがある。しかし、模倣によって外部に現れる動作を再現することができたとしても、筋肉の使い方など経験者による身体の実際の動きとは異なる場合があり、模倣そのものだけでは技能の獲得を行うことはできない。結局のところ、技能の獲得のためには自分で動作を試行錯誤・反芻していく過程を経る必要がある、これが獲得を難しくしている理由となっていると思われる。このような身体技能の獲得を助けるためには、技能の獲得プロセスについて検証し、言葉にならないコツや感覚といったものを解析して、言語化する必要があると考える。技能の獲得プロセスの検証については、陶芸の菊練り動作を解析し、時間的な情報がスキルにとって重要であると考察した阿部らの研究 [Abe 03, 阿部 03] などがあるが、特にリズム感の観点からの技能向上過程については議論が尽されていない。我々は、ワイヤレス加速度センサを用いて、サンバのダンス及びシェイカーについてリズム表現に関する観察を行った。

サンバは基本的に 16 ビートであり、その 1 拍が { 強・弱・弱・強 } の 4 音からなるアクセントが特徴的である。このリズムは、特に我々日本人にとっては新しいパターンであり、意識的にこのリズムを取ろうとしてもなかなかその表現を行うことはできない。この

ようなリズムを体得するためには、ある程度の期間が必要である。そこで我々は6ヶ月間にわたってこの獲得プロセスを調査し、サンバのダンスとシェイカー演奏において、どれほどの期間でそのリズムが獲得できるのか、また、その獲得がどのようになされるのかを明らかにする。

同様の研究として、石川ら [石川 06]、Yamamoto ら [Yamamoto 06] はモーションキャプチャ装置を用いてサンバダンスの習得過程について観察した。井口ら [Iguchi 06] は、リズムを身に付けることによって、その他の身体技能に応用できる可能性を示唆した。また、上村ら [上村 04] や Yamamoto ら [Yamamoto 04] はシェイカーを用いたリズム演奏に注目し、モーションキャプチャ装置を利用してその習得過程を追った。本研究はモーションキャプチャ装置よりも小型で安価な加速度センサを用いた。加速度センサはそのポータビリティの高さから、場所を問わずに使うことができる。また、より多人数におけるサンバ習得過程を客観的に評価することが可能になる。我々は、加速度センサを用いることにより、リズム習得過程の見地を更に深めることを目的とする。

7.2 実験

7.2.1 概要

実験は、被験者がサンバのリズム、すなわち曲のテンポに対応する周期的な運動と強拍と弱拍の差で表されるアクセントの表現を獲得するプロセスを検証するために行われた。被験者は高校のブラスバンド部に所属する30名である。そのなかから毎回3名程度の被験者を抽出し、腰及び手首にワイヤレス加速度センサを装着することによりデータを取得した。また、取得したデータを複数の方法で解析、比較した。実験設定および練習内容については以下に詳述する。

7.2.2 練習

2月から7月までの6ヶ月間にわたり1,2週間毎に一回ずつ合計22回、毎回1時間程度インストラクターによるダンス、及びシェイカー演奏の指導を受けた。ここでは、ダンスの練習を先に行い、4月からシェイカー演奏の練習を行った。被験者の練習は、音楽に合わせてインストラクターがダンスを実演し、それを模倣して踊ることを中心に行った。この練習はある程度の広さを持つ教室にて行われたため、全員が同時に踊り、インストラクターが各人の踊りを動きながらチェックし、アドバイスを行う形態を採った。これはシェイカー演奏においても同様であり、インストラクターによる実演に合わせて、被験者もシェイカー演奏の練習を行った。

7.2.3 実験手順

ワイヤレス加速度センサを腰及び手首に装着することにより被験者の運動を計測した。ワイヤレス加速度センサは日立金属（株）のワイヤレス 3 軸加速度センサ (H48C) 評価キットを用いた。このセンサは各軸 $\pm 3G$ の加速度を $0.0088G$ の精度で計測することが可能であり、その時間分解能は 200Hz である。取り付け位置の詳細を Fig.7.1 に図示する。

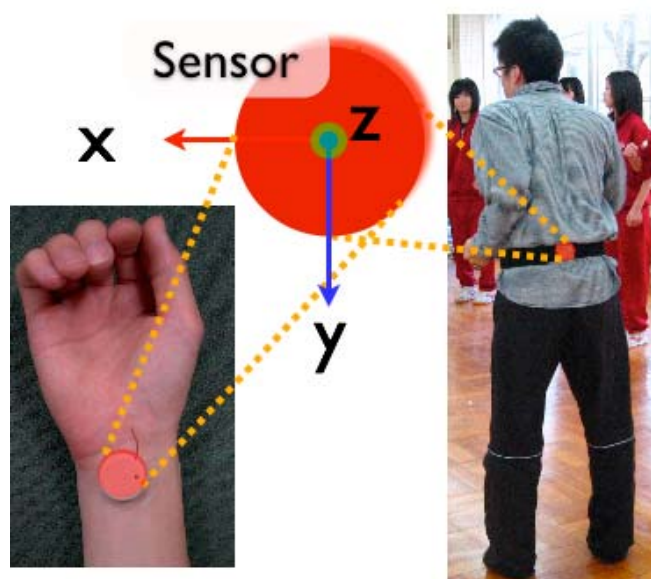


図 7.1 Installation condition of the accelerometer

ダンス及びシェイカー演奏のデータの取得は一回の練習後に 3 名程度の被験者について行った。その延べ人数は 58 人である。実験データの取得に際して、音楽のテンポは標準的なサンバのテンポである $105[\text{BPM}]$ のものを用いたが、比較のために $100, 120[\text{BPM}]$ のものを 6 月 15 日と 6 月 22 日に各 3 試行、合計 6 試行に対して取得した。データの取得時間は曲の開始から終了までで、基本的に用いた $105[\text{BPM}]$ の曲の場合 270 秒間である。また、シェイカー演奏の記録は、シェイカーの演奏の練習が導入された 4 月 6 日の実験から行い、ダンスをしながら演奏するシェイカーの運動を計測した。

7.3 データ解析

我々は、リズムをテンポとアクセント、すなわち動作の周期性と動作における強弱の差と定義し、リズムの観点から動作を解析するために、周波数解析・自己相関・相互相関などの複手法をデータの解析に試行した。ここで、自己相関による解析が適切に特徴を示していたために、これを用いることにした。以下の式に対して lag を任意の区間とするこ

とにより自己相関関数が導出できる。時系列 (7.1) における自己相関係数 r は式 (7.2) で求まる。

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}^T \quad (7.1)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N-l} (x_i - \bar{x})(x_{i+l} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{N-l} N(x_i - \bar{x})} \quad (7.2)$$

$$l = lag$$

また、自己相関関数を導出する前段階としてデータに対してノイズ除去処理を行う必要がある。これは、Butterworth フィルタを 10[Hz] のカットオフで適用し、高周波成分を除去することによって行った。

7.3.1 ダンスの解析

ダンスの解析に関して説明する。サンバダンスは上下運動が基本の運動となるため、腰に付けたセンサの地面と鉛直な軸 (Y 軸) に対しての解析とした。まず比較のためにインストラクターのデータを示す。ここでは、上方向に加速すると-方向に値が振れ、上方向に加速すると + 方向に値が振れる。Fig.7.2 は加速度の時系列の一部である。また、Fig.7.3 は、加速度時系列に対する自己相関である。ここで、サンプリング周波数が 200[Hz] であるために、1 秒間は 200[lag] に相当する。105BPM の曲の場合、 $60[s]/105[BPM] \times 200[Hz] \doteq 114[lag]$ から、114[lag] が曲の 1 周期に相当する。Fig.7.3 の場合、赤丸で示した自己相関のピークがその周期と対応していることから曲のテンポに合った周期的な運動がなされていることがわかる。また、Fig.7.2 にて 1 周期分の時系列に注目すると、強拍 (赤丸/H) と弱拍 (緑丸/L) において加速度のピークに差が観測され、アクセントの表現がなされていることが分かる。また、自己相関関数からもそれが言える。例えば、一定のテンポで { 強・弱 } とステップの強弱を表現した場合と { 強・強 } と表現した場合であると、後者の自己相関のピークは前者の 1/2 に見られることになる。

ここで、2 人の被験者のデータにて同様の方法を用いた分析を行う。Fig.7.4 は、4 月 6 日時点での被験者 A の加速度の時系列の一部である。また、Fig.7.5 はその自己相関関数である。ここでは、定まったピークがなく、加速度の時系列においても、規則性が観測できない。対して、Fig.7.7, 7.9 は、実験開始から約 3 ヶ月後の 5 月 25 日における被験者 A と、同 3.5 ヶ月後の 6 月 15 日における被験者 B の加速度データから導出された自己相関である。Fig.7.6 からは 105[BPM] の曲において 1 周期に相当する lag にピークが出ており、サンバ曲のテンポにのった一定周期の運動がなされていることが分かる。また、アクセントに関して Fig.7.8 を観察すると、インストラクターほど安定していないものの、強拍 (赤丸/H) と弱拍 (緑丸/L) に差が観測され、アクセントの表現がなされていることが分かる。被験者 B においては、実験に使用した 120[BPM] の曲における 1 周期に相当する 100[lag] に相関のピークが観察された。ここから、サンバのテンポの変化にも対応できる技能が獲得できていると言える。また、Fig.7.9 から、強拍 (赤丸/H) と弱

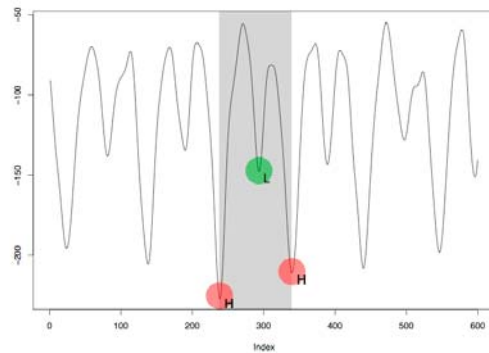


図 7.2 Time series of acceleration of the lumber. The Instructor

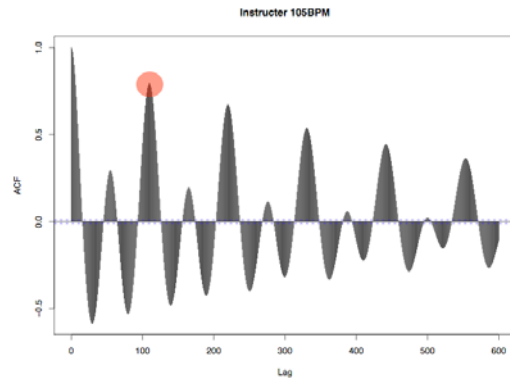


図 7.3 ACF of acceleration of the lumber. The Instructor

拍 (緑丸/L) の差が観測され、アクセントがつけられていることがわかる。これらは代表例であるが、その他の被験者についても同傾向のデータが観察された。ここから、各被験者において、数ヶ月程度でリズムの獲得がなされることがわかった。また、その過程では Fig.7.10,7.11 で見られるように、周期的ではあるもののアクセントがつけられていない状態が観察され、先ずテンポを保つ技能が獲得され、その後にアクセントをつける能力が身に付くことが示唆された。

7.3.2 シェイカー演奏の解析

ダンスと同様の解析を、シェイカー演奏についても行った。解析に使用した軸は、シェイカー演奏に最も影響すると考えられる手首の前後方向の軸である。グラフでは、後方向の加速度が正の向きとなる。Fig.7.12 にインストラクターによる演奏の加速度の時系列を、Fig.7.13 にその自己相関関数をとったものを示す。ダンスの場合と同様に、シェイカー運動においても周期に対応する lag にピークがでていることからサンバのテンポのった一定周期の運動がなされていることがわかる。また、加速度の時系列からは強拍 (赤丸/H) と弱拍 (緑丸/L) のアクセントがつけられていることがわかる。

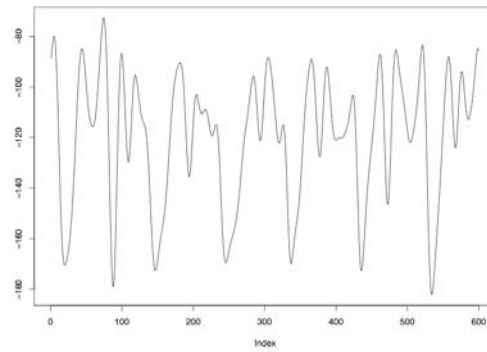


図 7.4 Time series of acceleration of the lumber. Subject A (6, Apr.)

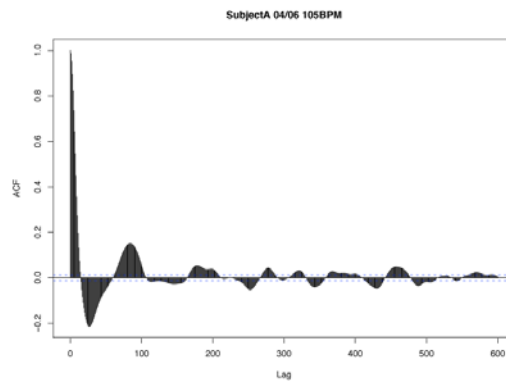


図 7.5 ACF of acceleration of the lumber. Subject A(6, Apr.)

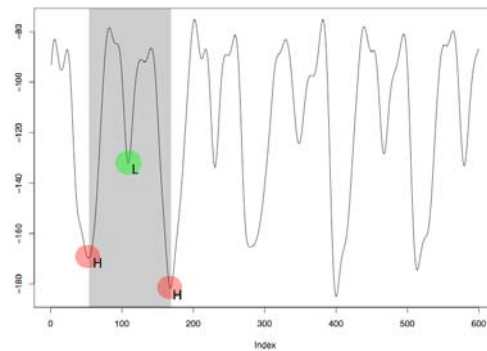


図 7.6 Time series of acceleration of the lumber. Subject A (25, May.)

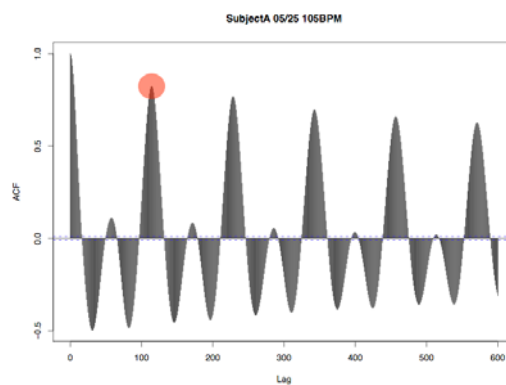


図 7.7 ACF of acceleration of the lumber. Subject A (25, May.)

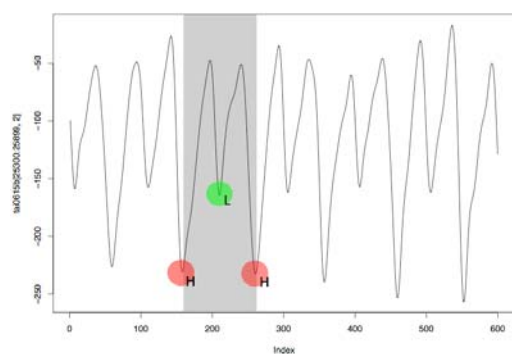


図 7.8 Time series of acceleration of the lumber. Subject B

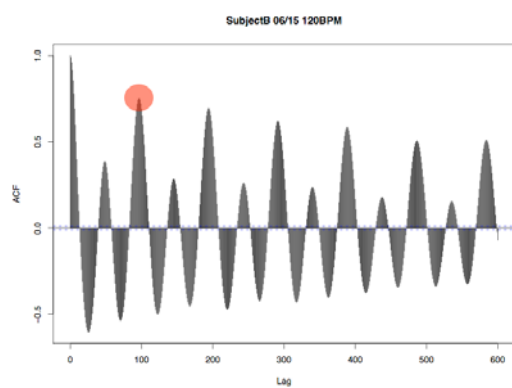


図 7.9 ACF of acceleration of the lumber. Subject B

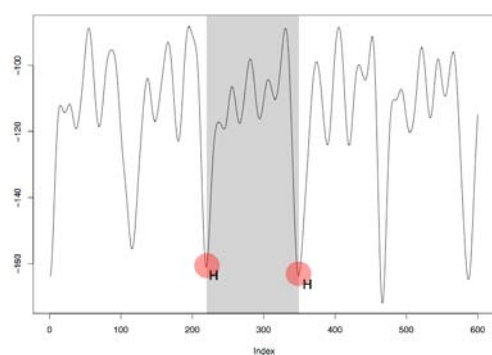


図 7.10 Time series of acceleration of the lumber. Subject C

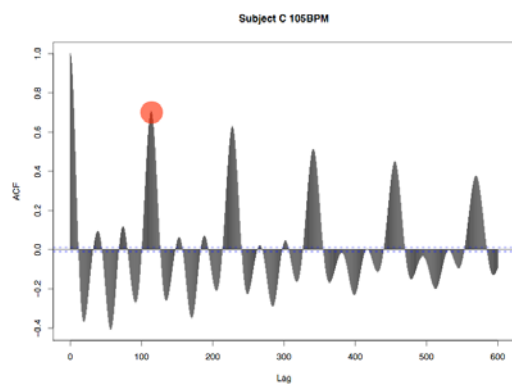


図 7.11 ACF of acceleration of the lumber. Subject C

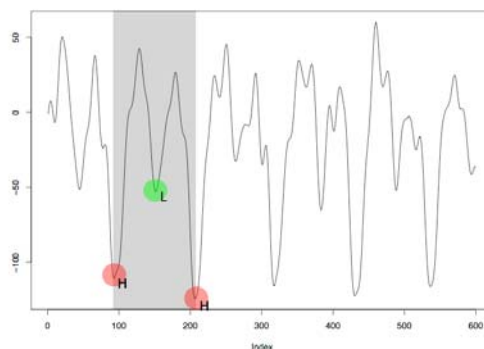


図 7.12 Time series of acceleration of the arm. The Instructor

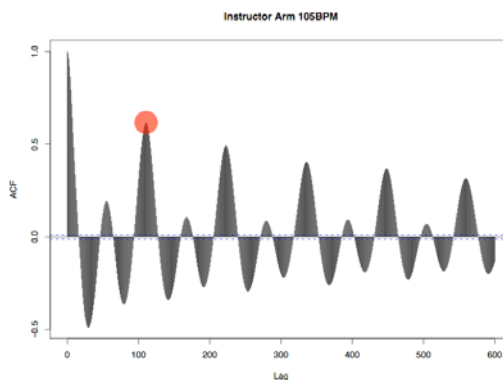


図 7.13 ACF of acceleration of the arm. The Instructor

代表として被験者 B を例にとり、そのデータを解析すると、Fig.7.15 から、実験に使用したサンバ曲のテンポである 120[BPM] において 1 周期にあたる 100[lag] に相関のピークが出ていることから、ダンスの場合と同様にシェイカーにおいてもテンポに合った運動ができていることがわかる。また、Fig.7.14 から、強拍 (赤丸/H) と弱拍 (緑丸/L) のアクセントがつけられていることもわかる。なお、このデータにおいてのみ、波形データの正負を逆にしているのは、シェイカーの演奏方法の違いがある。通常、身体と平行に手のひらを向けてシェイカーを振るが、この被験者は手のひらを身体に対して直角に構えて演奏を行った。これにより、解析する軸の関係から正負が逆となる。対して、Fig.7.10,7.11 は、ダンスにおいてテンポのキープができているが、アクセントの表現がなされていない例である。このような被験者の場合、シェイカーの運動における自己相関のピークは、Fig.7.17 でみられるように、105[BPM] の曲の 1 周期の半分に対応する 57[lag] 付近に観察された。これは、先述した腰におけるアクセントの表現と自己相関関数の関係と同じ理由が考えられる。この被験者では Fig.7.16 からみられるように、強弱のアクセントが適切につけられていないことがわかる。

他の被験者においても、ダンスにアクセントがつけられていない場合に、シェイカーにアクセントがつけられることはなかった。これは、シェイカー演奏技能の獲得のために

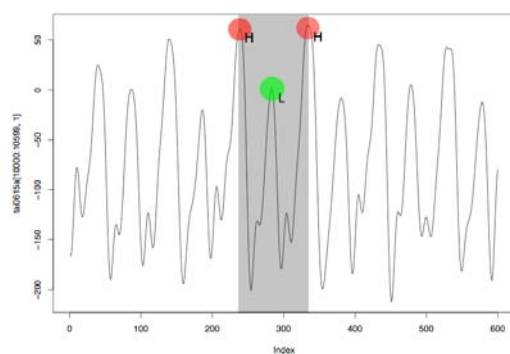


図 7.14 Time series of acceleration of the arm. Subject B

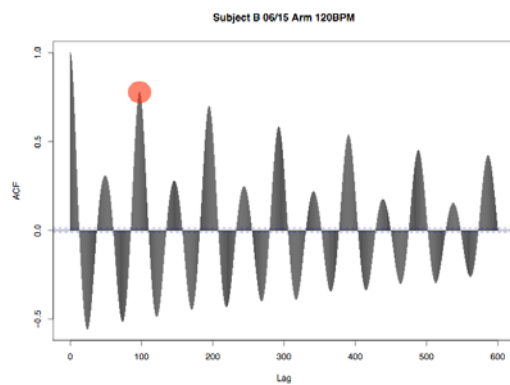


図 7.15 ACF of acceleration of the arm. Subject B

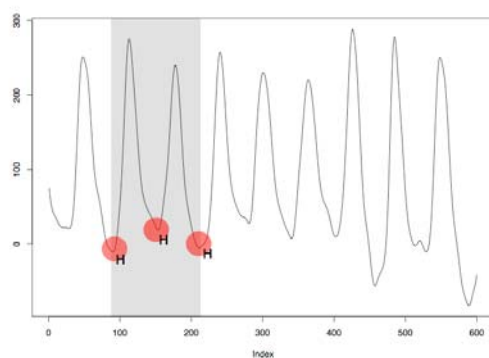


図 7.16 Time series of acceleration of the arm. Subject C

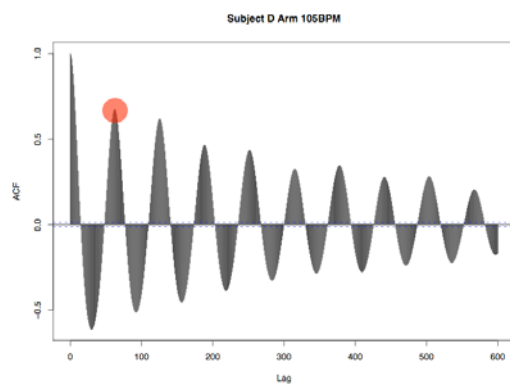


図 7.17 ACF of acceleration of the arm. Subject C

は、先にダンス技能を獲得することが重要であることを示唆している。

7.4 まとめ

本研究では、30人の被験者においてサンバリズムの習得過程を長期間（約6ヶ月間）ワイヤレス加速度センサを腰及び手首に装着することによって観察した。ここで、計測した加速度の時系列の観察と自己相関による解析によって、半数以上の被験者が数ヶ月から半年間の練習により、動作の周期性であるテンポと動作における強弱の差で表現されるアクセントから成るリズムを獲得することができることがわかった。ダンスの動作解析においては、まず先に周期性の向上が行われ、その後強弱の差の表現ができてくる上達過程のケースを観測することができた。また、その向上はデータからもみられるように顕著なものであった。ダンスにおける解析結果とシェイカー演奏における解析結果の比較により、シェイカー演奏についてアクセントの表現が可能になるために、まず体幹部の動きであるダンスにおいてアクセントを表現する技能が必要であることを示唆する結果を得た。この結果は、シェイカーの演奏における体幹部と下肢の動きの重要性について考察した藤波らの研究 [藤波 05b] を支持するものである。

本研究では、被験者が30人と多数であったために、1被験者に対して実験回数を多く行うことができなかった。しかし、半数以上の被験者が習得過程において同様の傾向を示したために、その習得過程の一般性について一定の知見を得ることができたものとする。しかし、この結果をより確実にするためには実験を重ねる必要があるだろう。また、加速度センサの計測範囲が $\pm 3G$ に限られていたことから、シェイカー演奏のデータ取得を手首部にセンサを装着することによって行ったが、別の実験からより末端部である手にセンサを装着した場合のほうがシェイカー演奏の細かな動作を計測できることがわかった。ここで、強弱のアクセントについて客観的な指標が考えられ、評価が可能になった場合には、アクセントについてより細かな計測を末端部からのデータ取得によって行いたいと考える。本研究では触れることができなかったが、音楽とダンス、シェイカー演奏の時間的相互関係についての検証を行うことにより、新たな関係性についての示唆が得られるものと考えられ、今後の課題である。

第 8 章

手拍子によるリズムのグループ学習

本稿は以下の発表原稿を大幅に加筆・修正したものである。

初出: 河上 聖人, 松村 耕平, 藤波 努,
手拍子によるリズムのグループ学習,
エンタテインメントコンピューティング 2007 論文集, pp. 5-6 (2007.10.1).

8.1 背景と目的

8.1.1 背景

現在まで、我々はサンバの踊りや演奏の習得に着目し、学習の過程を研究してきた。その中で、サンバなど、日本人が慣れていないリズムは日本人にとって習得が難しいことがわかった。サンバのリズムでの演奏は、1 拍の中にさらに 4 拍のリズムを感じなければならぬ。

我々がこれまでに実施したサンバダンスと演奏の研究により、典型的には学習者がリズムの周期性を確立するのに 3 ヶ月、サンバ独特のノリを習得するのにさらに 3 ヶ月程度を要することを見出した。[Matsumura 07] 習得過程を観察するなかで、教師が学習者と一緒に踊ったり演奏することが不可欠であることに気づいた。教師がともにリズムを打つことにより、学習者は聴覚および視覚から、感覚的に教師のリズムを感じ取ることが可能となる。

サンバ演奏では様々な種類の打楽器が大音量で演奏されることがある。サンバで用いられる楽器類には図 8.1 に示すようなものがある。これらの楽器類は独特なリズムを刻みながら同調、離調を繰り返し、学習者は様々なリズムが入り乱れる中、リズムの学習をおこなってゆくこととなる。その際に、教師が目の前で学習者と一緒に演奏することによってどのような意味があるのだろうか。教師が学習者に対して行うリズム伝達の方法は教師自身が発する音だけではない。教師自体が実際に演奏することによるリズムの視覚的情報を学習者が受け取っている可能性ある。佐久間ら (1994) は打楽器を用いた音楽表現にお

いて、いくつかの音楽表現は視覚的情報が音よりも伝わりやすいことについて述べている [佐久間 94]。また、他の先行研究においても、音楽を視覚や触覚を介して表現することにより、音のみの状況よりリズムが被験者に伝わりやすいのではないかと言及している。 [井町 03, 森田 93, 土肥 02, 川島 01, 川島 04, 仲谷 03]



図 8.1 サンバで用いる打楽器の例

本研究では教師と一緒にリズム演奏する学習者のリズムが、教師から得られる情報によりどのように変わるかを調べる。具体的には被験者（複数名）の腕に加速度センサーをつけて手拍子のタイミングを収集し、一緒にリズム演奏する教師の手拍子と比較して、テンポのズレや打拍のタイミングを分析した。本研究ではどのような過程を通してリズム演奏技術を習得するのか、教師はどのようにしてリズムを学習者に伝達するか、個人での練習とグループでの練習はどのような違いをもたらすのかを議論する。

8.1.2 本研究の目的

本研究の目的を以下に記した。

- サンバなどのリズム学習において、教師が学習者の目の前で一緒に演奏したり踊ったりする教え方が、科学的に有効であるか確かめること

- 単独とグループでのリズム学習にどのような違いがあるかを明確化すること
- 教師のリズムはどのようにして学習者に伝わっているかを検証すること

8.2 実験手法

8.2.1 実験タスクの設定

教師が学習者に対してリズムをどのように教えてゆくかを調べるために、本研究では単純なタスクである「手拍子によるリズムキープ」を採用した。手拍子をタスクにすることにより、特殊な楽器を多くそろえることが不要であり、リズム習得以前のどのように叩くかを学習者に教える必要も無いため、容易に実験することが可能である。また、リズムキープをタスクとして採用した理由として、一般的に習熟している被験者が少なく、その習熟には多くの時間が必要とされていることから、未習熟時の被験者の学習過程を容易に観察できることが挙げられる。本研究では男子大学院生4～6名を1回の実験の被験者として、手拍子を用いたグループによるリズム学習を行った。

8.2.2 加速度センサーによる手拍子検出

本研究では、手拍子によるリズム学習を観察する手法として無線加速度センサーを用いた。手拍子によるリズム分析において、数ミリ秒単位の打点の検出や、数分単位のリズムの変化を検出することはビデオ観察では難しく、グループでの実験を想定しているため音響解析による観察は有効ではないと考えられるが、無線加速度センサーを用いることにより、数ミリ秒から数分にわたるリズムの流れが観察可能となる。本研究では3軸無線加速度センサー「WAA-001(ATR-Promotion 製)(図 8.2)」を用いた。



図 8.2 3軸無線加速度センサー

加速度センサーは図 8.3 のように被験者の右手の甲の部分に Z 軸が手のひらの向きになるように貼り付けた。実験での加速度センサーのサンプリングレートは 30ms(5ms × 6 の平均)とした。リズムの安定性を知るための指標の一つとして、自己相関を用いた解析法がある。しかし、本研究では予備実験の結果より、手拍子をタスクとした加速度の値で

は、自己相関はどの被験者でも高くなってしまい、評価が難しいという結果を得た。そこで、本研究では、打拍タイミングをとることにより、評価を行った。

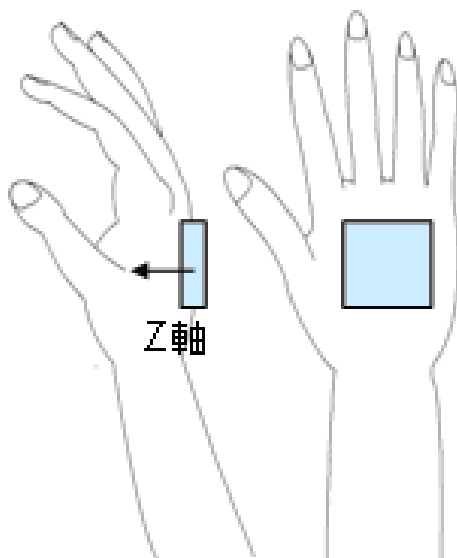


図 8.3 加速度センサー取り付け位置

被験者が手拍子を行った場合、取り付けられたセンサーによって Fig. A-4 のような加速度波形が検出される。図 8.4 は手拍子により得られる Z 軸の加速度波形を表し、横軸に時間、縦軸に検出された Z 軸の加速度をプロットにより表している。この波形より、被験者が手拍子を行ったタイミングを検出することが可能である。本研究では打拍タイミングを加速度波形上で以下の検出条件が揃っていることとして、手拍子タイミングを検出した。

1. Z 軸加速度が極大値であること
2. Z 軸加速度が上閾値を上回っていること
3. 一度手拍子が検出された後、条件 1 と 2 を満たす前の時間に Z 軸加速度が下閾値を下回っていること

上閾値と下閾値は図 8.4 に点線で示した。実験結果を解析する際、被験者により手拍子の行い方に若干の差があるため、手拍子タイミングを正しく検出するためには各閾値を各々の被験者の加速度波形に合わせて設定する必要がある。本研究ではおおよそ上閾値が 300 – 600、下閾値が -100 – -400 程度になった。

8.2.3 実験条件の設定

本研究では一定のテンポを手拍子により維持してゆく「リズムキープ」を実験のタスクとした。リズムキープの際、実験には電子メトロノーム (KORG, MA-30) を用いた。用いたメトロノームを図 8.5 に示した。用いたメトロノームはテンポを電子音で刻むことが

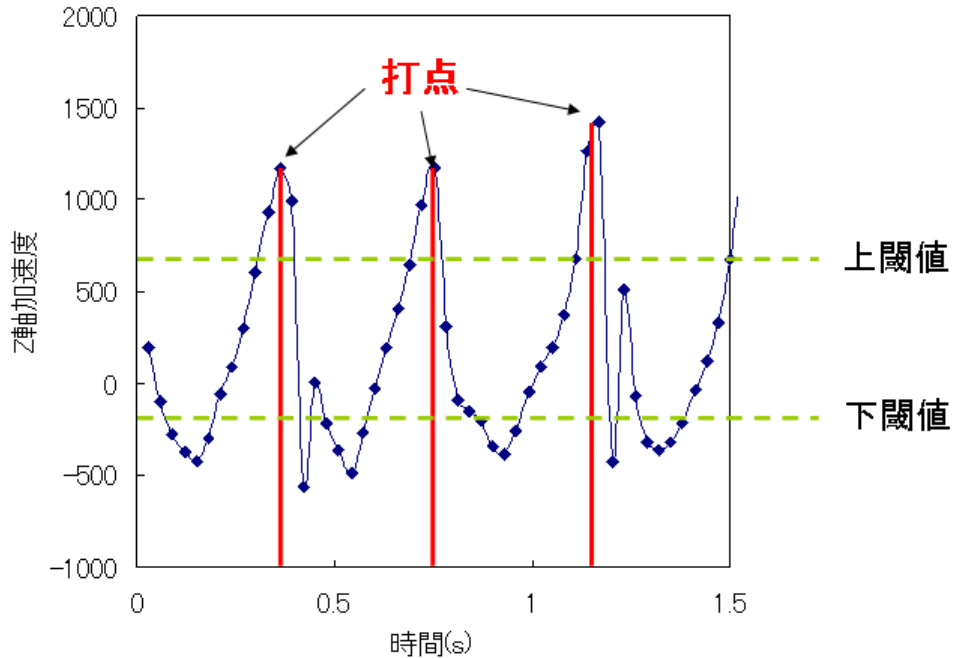


図 8.4 手拍子により得られる加速度波形

できる他、液晶部分に表示されるアニメーションにより、テンポを無音のまま画像として伝えることもできる。

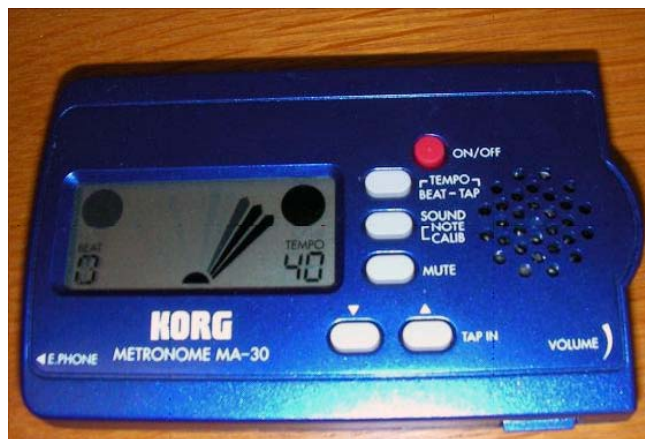


図 8.5 実験で用いたメトロノーム

実験では単独又はグループである被験者に対し 20 回メトロノームを鳴らし、それに準じて手拍子を行ってもらう。メトロノームを 20 回鳴らした後、メトロノームの音は消えることになるが、被験者はメトロノームの音が消えた後もそのテンポを維持したままリズム

ムキープを行い、2 分間手拍子を行った。その際に得られた加速度データにより、手拍子の 1 打 1 打にかかった時間から、リズムキープの BPM の変化、正しく打つべき打点からのズレ時間を検出した。

本実験の予備実験の結果より、一般的な人間では 100BPM 程度が最もリズムを維持しやすく、150BPM 程度で大きなリズムキープの乱れが観察されたため、本実験ではリズムキープにおける設定 BPM を 150BPM(0.4 秒に 1 打)とした。

本実験では教師役のリズムがどのように生徒役に伝わるかを確かめるために、臨時に教師役を設定した。図 8.6 に教師役を入れた場合の教師リズムの伝え方の概念を示した。メトロノームは実験開始後の 20 回のテンポを刻んだ後無音となるが、教師役のみ液晶部分からメトロノームのテンポを目視にて確認できる。教師役がメトロノームより得られた打拍タイミング画像より手拍子を行い、生徒役の被験者は教師の手拍子を参考に手拍子を打つこととなる。

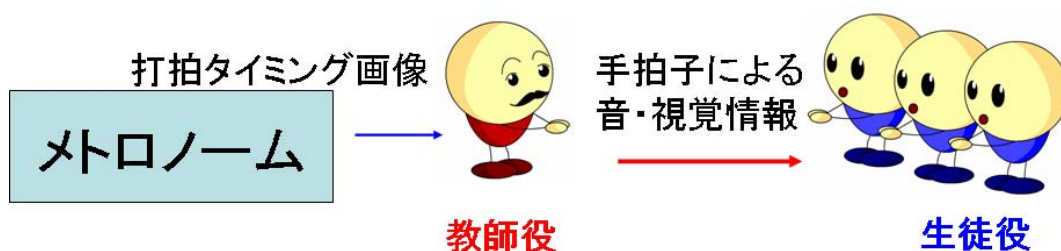


図 8.6 本研究での教師役の概念図

本実験では、教師役がグループでのリズムキープの中でどのようにリズムを教えてゆくかを観察するために、5 つの実験を設定した。

実験 1: 単独とグループでのリズムキープの違い 単独でのリズムキープ実験により各々の被験者のリズムキープ能力を確認した。また、グループでリズムキープの実験を行うことにより、グループとしてのリズムキープ能力の確認、単独とグループでのリズムの形成の差異を観察した。

実験 2: グループ中での教師の有無によるリズムキープの違い グループ中に上記で説明をした教師を入れることにより、グループのリズムキープがどのように変化するかを観察した。

実験 3: ブラインド状態での教師有りリズムキープ 実験 2 により、グループ内での教師役がリズムに与える影響が明らかにされるが、教師役の何がリズムに影響を与えるのかは未解明である。生徒役が教師から得られる情報は教師が刻む手拍子の音と、教師自体が行う手拍子の視覚的情報である。もし聴覚情報よりも視覚的情報が生徒役にとってリズムキープにおいて重要な情報である場合、ブラインド状態にすることで

リズムキープに変化が観察されることになる。実験3では実験2に加え、生徒役の被験者に目隠し(アイマスク)を装着してもらい、ブラインド状態での教師有リズムキープを行った。

実験4:複数のリズムが入り乱れた状態でのリズムキープ 実験3と同様に視覚情報、聴覚情報の優位性を確認するための実験である。もし視覚情報よりも聴覚情報が生徒役にとってリズムキープにおいて重要な情報である場合、複数のリズムが入り乱れた状態では生徒役は聴覚情報に引きずられ、教師役の刻む正しい手拍子を認識できないこととなる。そのため、本実験ではグループを2つ作り、それぞれ別のリズムを刻ませることにより、リズムが入り乱れた状態を作成した。実験の概念図を図8.7に示す。実験ではメトロノームを2つ用意し、教師役、生徒役もそれぞれ2組用意した。一方のグループは120BPM(2秒で4回の打拍)でリズムをキープし、もう一方のグループは90BPM(2秒で3回の打拍)でリズムキープを行うよう設定をし、実験を行った。

実験5:聞き分け可能な特殊音が教師役である場合のブラインドリズムキープ 実験3で行うリズムキープは教師役の手拍子の音が生徒役の手拍子の音に紛れてしまい、教師役の手拍子の音は他の生徒役の手拍子の音と聞き分けが困難な状態である。これは、様々な打楽器が入り乱れるサンバなどでも良くある状況であると考えられるが、教師役の刻むリズムが他の音に紛れず、生徒役にとって聞き分けが容易である場合の、音がリズム学習に与える影響を観察する。実験ではメトロノームより鳴らされる電子音を教師役として、目隠し無しの状態、目隠し有りの状態でのリズムキープを観察した。

実験6:視覚情報からのリズム伝達 本実験では、メトロノームの液晶部分に表示される打拍タイミング画像により、視覚情報のみでリズム伝達が可能であるか否かを解明し、視覚情報と聴覚情報のどちらがリズム伝達を行いやすいのかを確認する。実験は以下の2つを行った。無音で150BPMでメトロノーム液晶部に表示されるタイミング画像に合わせて打つ実験、また、同様の実験条件に加え130BPMのメトロノーム電子音を聞いている状態での手拍子を行う実験、の2つの実験により、視覚情報でのリズム伝達、視覚情報と聴覚情報のリズム伝達の優位性を確認する。

8.3 結果と考察

8.3.1 単独とグループでのリズムキープの違い

本研究では、手拍子のリズムキープをタスクとして、単独及びグループでの被験者のリズムを無線加速度センサーにより手拍子タイミングを検出した。150BPMで単独被験者が手拍子を行った場合のリズムのズレを図8.8に示した。

図8.8はリズムキープを単独被験者で行った場合の正しい打点からのズレを表しており、横軸が経過時間、縦軸が正しい打点(150BPMを維持した際に刻むべきリズム)から

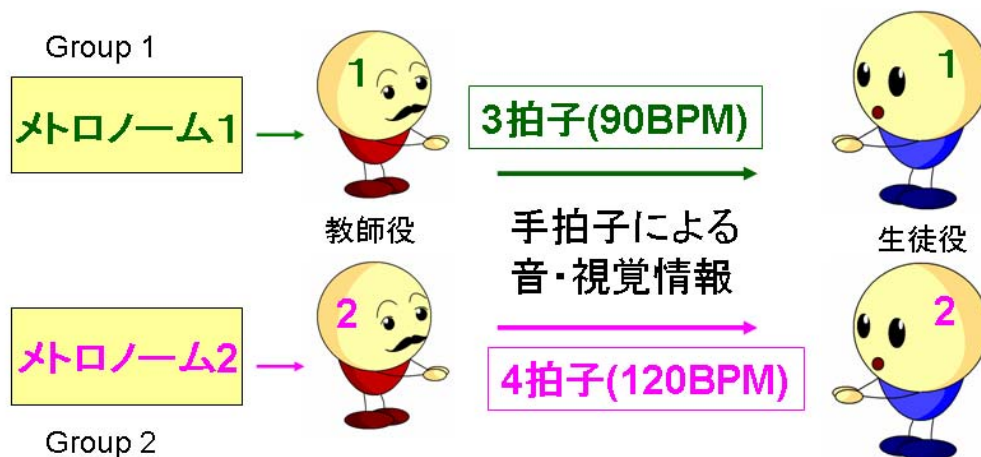


図 8.7 実験 4「複数のリズムが入り乱れた状態でのリズムキープ」の概念図

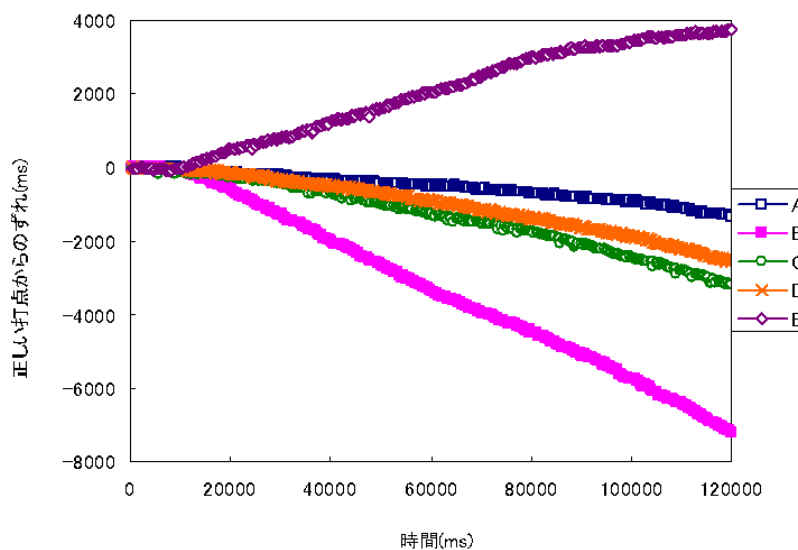


図 8.8 単独被験者が手拍子を行った場合の正しい打点からのズレ

のズレ時間を表している。また、各プロットは各々の被験者を表している。被験者が正しいリズムで手拍子を打てた場合、正しい打点からのズレ時間は 0 になることになる。図 8.8 ではそれぞれの被験者のズレ時間は各々時間経過に伴って変化しており、実験の被験者は正しくリズムキープができていなかった事が確認された。また、時間経過に伴うズレ時間の変化は被験者によって異なり、ズレ時間の変化の大きさやズレの方向（早くなるか、遅くなるか）に統一性が無いことが確認された。また、ズレ時間の変化の傾きは安定していてなだらかであるように思われる。

また、図 8.9 に単独被験者が手拍子を行った際の BPM の変移を示した。図 8.9 の横軸は経過時間、縦軸は 10 拍ごとの平均 BPM を示している。図 8.8 のズレ時間の変化の傾きは一見安定して見えるものの、図 8.9 では BPM は安定しておらず、常に波打つ傾向であることが観察された。これは、実際に手拍子で打っているテンポと、被験者の頭の中にある理想のテンポに差がある場合に必死に理想のテンポに近づけようとするために起こる現象であることが推察される。

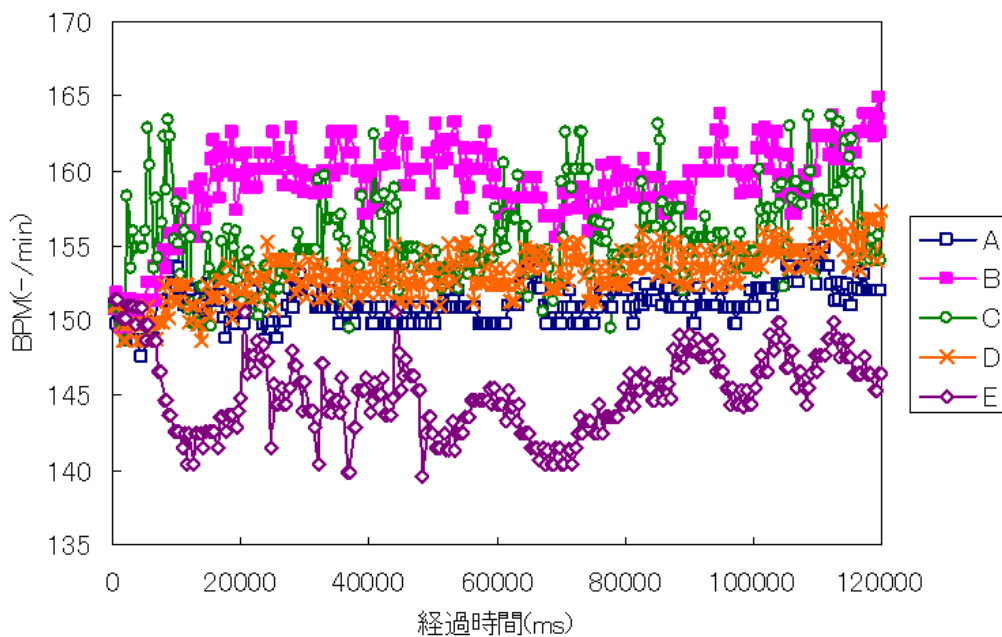


図 8.9 単独被験者が手拍子を行った際の BPM の変移

また、図 8.10 に単独被験者が手拍子を行った際の BPM のヒストグラムを示した。図 8.10 の横軸は BPM、縦軸に頻度 (打った回数) を示している。図 8.10 から、BPM の分布は各々の被験者において平均、分散ともに違っているものの、おおよそ正規分布に近い形となった。これは、実験の初めから終わりにかけて被験者の頭の中にある理想とするリズムに大きな変化がなかったため正規分布に近い形が観察されたものと考えられる。逆に、実験中終始、被験者の頭の中にある理想のリズムが変化していた場合、BPM の分布はよりブロードになってゆくことが考えられる。

以上のことから、単独被験者がリズムキープを行う際、多くの被験者はリズムキープ能力が乏しく、リズム自体はキープできなかったものの、被験者は頭の中に理想のリズムを持っており、実際に行っている手拍子のズレを修正しようとする結果が観察された。

次にグループでリズムキープを行った際の結果について考察する。図 8.11 にグループ被験者が手拍子を行った場合の正しい打点からのズレを示した。図 8.11 では横軸が経過時間、縦軸が正しい打点からのズレ時間を表している。

図 8.11 より、時間経過に伴う正しい打点からのズレ時間は、図 8.8 で示した単独被験

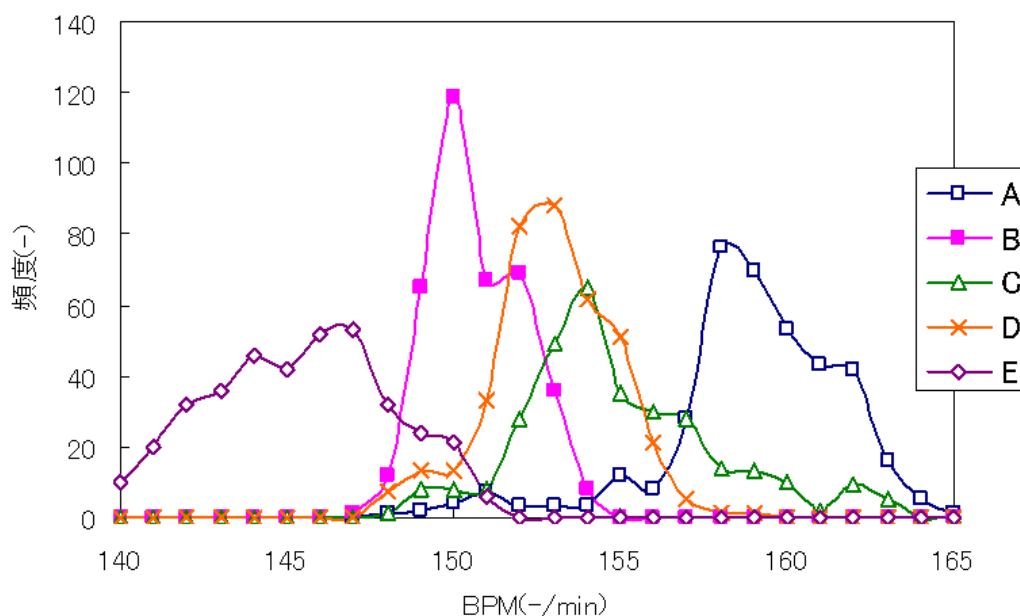


図 8.10 単独被験者が手拍子を行った際の BPM のヒストグラム

者各々がズレの傾きや方向性がバラバラであったのと違い、グループ全体で一定のズレが有ることが確認された。これは、各被験者がほぼ同時間に打拍を行っていることを示しており、グループとして手拍子を行う場合に他の被験者に合わせようとする同調現象が起こるためと考えられる。また、グループで手拍子のリズムキープが大きなズレをもっていた原因として一人一人のズレが積み重なって、より大きなズレを生み出す可能性が考えられる。

図 8.12 にグループでの被験者が手拍子を行った際の BPM の変移を示した。図 8.12 の横軸は経過時間、縦軸は 10 拍ごとの平均 BPM を示している。図 8.12 の結果より、グループでの被験者の BPM の時間経過に伴う変化は、ばらつきはあるものの、グループ全体として同様の傾向があることが観察された。また、図 8.12 では、単独で手拍子を行った際に得られた結果である図 8.9 の BPM 変動の様子と比べた場合、図 8.9 の BPM 変動は波はあるものの、一定の BPM からのバラツキであるように見られるのに対して、図 8.12 ではある程度の傾きを持っているように見られる。これは、被験者一人一人のズレが積み重なって、より大きなズレを生み出すことが原因となり、このような現象が観察されたのではないかと推測される。また、グループで行った場合は、被験者一人自身がリズムをキープしようとし、周囲の打つ手拍子に合わせようとするためにズレが変化していってしまうことも原因となっているのではないかと考えられる。

また、図 8.13 にグループで被験者が手拍子を行った際の BPM のヒストグラムを示した。図 8.13 の横軸は BPM、縦軸に頻度 (打った回数) を示している。図 8.13 では、それぞれの被験者で似たような形の BPM 分布が得られた。図 8.13 において、被験者の BPM

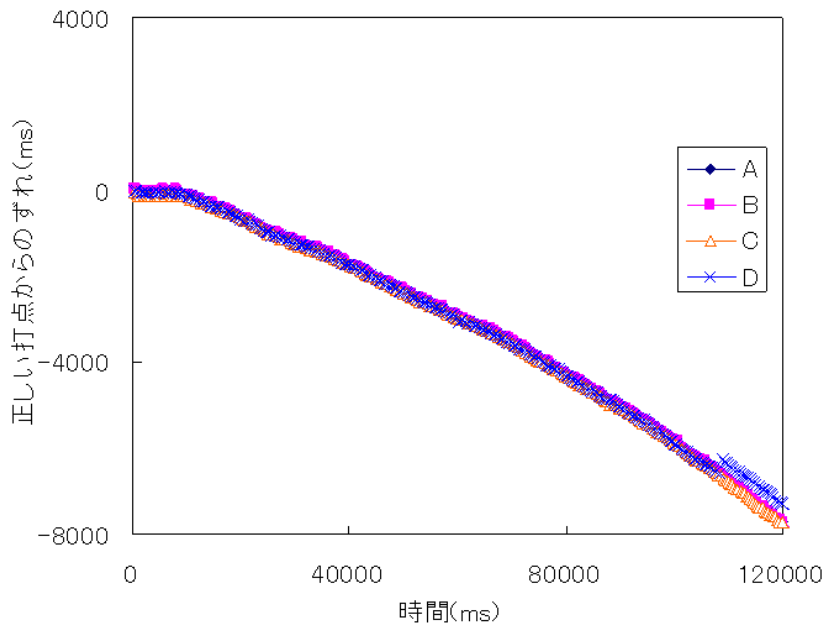


図 8.11 グループ被験者が手拍子を行った場合の正しい打点からのズレ

の分布は、図 8.10 に示された単独で手拍子を行った際の BPM のヒストグラムと違い、二項分布のような形の BPM の分布が観察された。これは、グループのなかで被験者の打拍がグループ全体に比べ、早すぎたり遅すぎたりした場合に調整を行おうとして現れた分布であると考えられる。また、多くの被験者で分布が正規分布でなかったことから、打拍は被験者の理想とするリズムを刻もうとして得られた分布ではなく、他の被験者が刻むリズムに追従しようとしていることが伺える。

以上のことから、グループでの手拍子によるリズムキープでは、リズムキープ能力は確認できず、各々の被験者は他の被験者が刻むリズムに同調しようとする傾向が観察された。また、その同調現象により、単独で刻むリズムよりもグループで刻むリズムはより大きなズレを生む可能性が示唆された。

8.3.2 グループ中での教師の有無によるリズムキープの違い

グループでの手拍子によるリズムキープの結果より、グループでもリズムキープが困難であることが確認された。そこで本研究では、無音メトロノームの画像より得られる打拍タイミングを教師役を介して生徒役の被験者に伝えた場合に、正しくリズムキープが行えるか否かを確認した。図 8.14 に教師有りグループ被験者が手拍子を行った場合の正しい打点からのズレを示した。図 8.14 では横軸が経過時間、縦軸が正しい打点からのズレ時間を表している。図 8.14 での各被験者の正しい打点からのズレ時間は、図 8.11 の教師無しグループでのズレ時間と比較した際、実験の終始ほぼ 0 付近であり、正しい打拍ができていることが観察された。これは、教師役が入ることにより、被験者が教師役の打拍に合

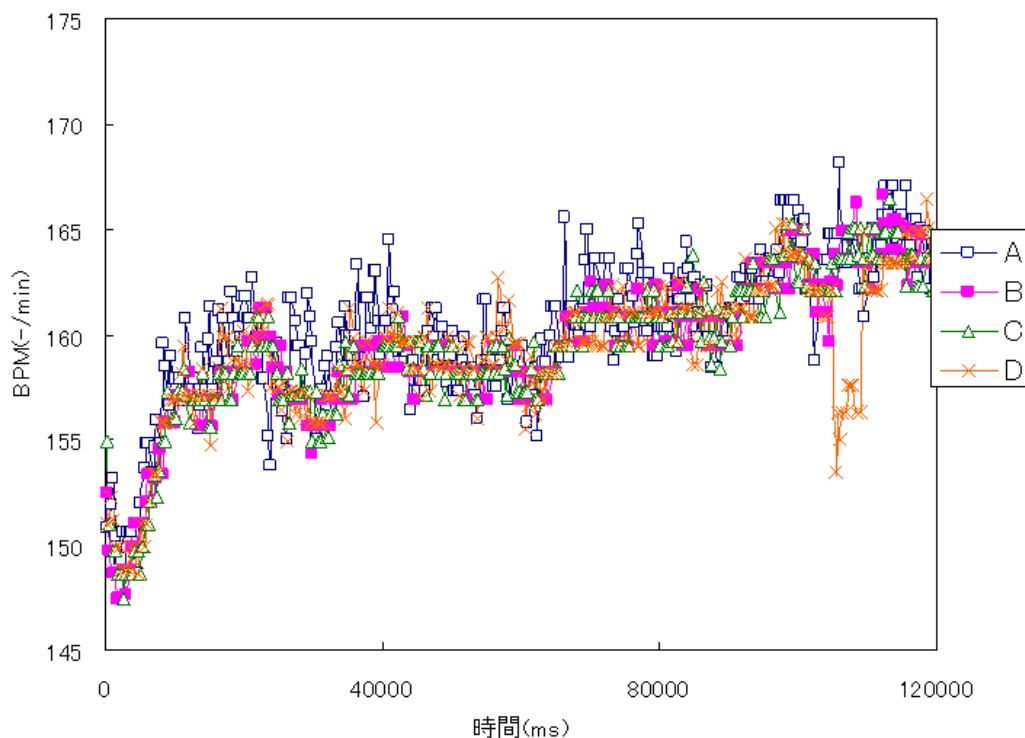


図 8.12 グループでの被験者が手拍子を行った際の BPM の変移

わせて打とうとしたため、教師なしグループでは観察されたズレが見られなかったと考えられる。

また、図 8.15 に縦軸を拡大した教師有りグループ被験者が手拍子を行った場合の正しい打点からのズレを示した。図 8.14 と図 8.15 は同じグラフであるが、拡大すると打点のズレが 0 付近で安定しているように見えても、細かいズレの波があることが確認できる。この細かいズレの波は不規則であるものの、教師役含むグループ全体がこの波に沿って手拍子を行っていることが観察される。図 8.15 の細かいズレの波の原因を考えると、教師役が他の被験者の影響を受けずメトロノームのみに注目し手拍子を行っているとは仮定した場合、細かいズレの波の原因は教師役が原因であることを導くことができる。つまり、教師無しグループではリズムは他の複数の被験者のリズムに大きく影響を受けていたのに対し、教師有りグループでは教師役ひとりによりのみグループ全体のリズムが影響を受けていたことが示唆される。

以上のことから、教師役はグループ内で大きな影響を持ち、教師役が入ることによってのみ、グループは正しいリズムを刻むことができることが確認された。

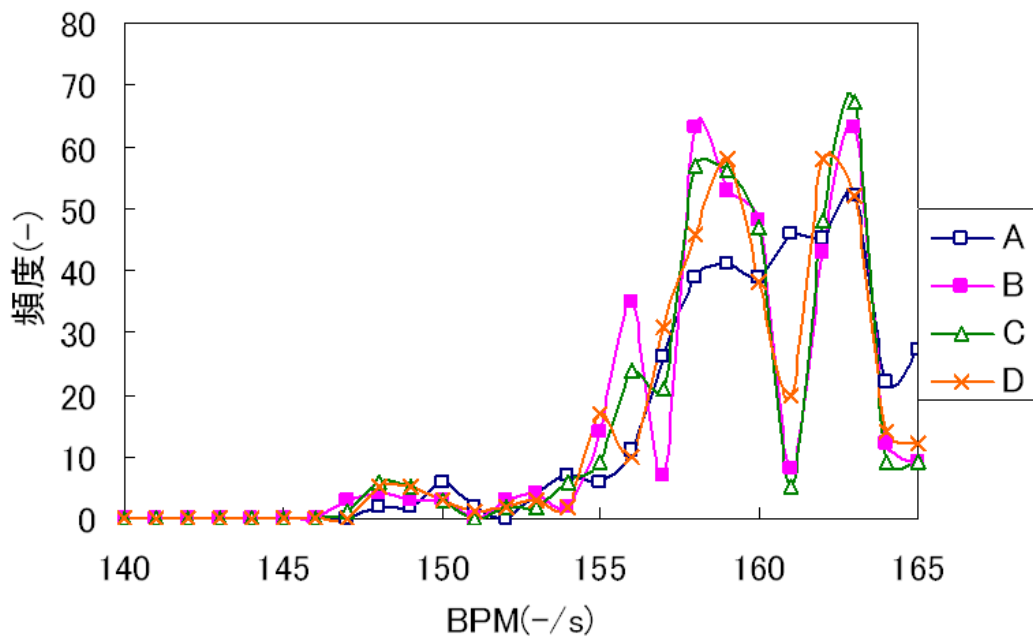


図 8.13 グループで被験者が手拍子を行った際の BPM のヒストグラム

8.3.3 ブラインド状態での教師有りリズムキープ

上記の結果により、グループ内での教師役がリズムに強い影響を与え、教師役を入れることによりグループは正しいリズムを刻むことが明らかになった。しかし、教師役の何がリズムに影響を与えるのかは未解明である。手拍子によるリズムキープにおいて、生徒役が教師から得られる情報は教師が刻む手拍子の音と、教師自体が行う手拍子の視覚的情報である。もし聴覚情報よりも視覚情報が生徒役にとってリズムキープにおいて重要な情報である場合、ブラインド状態にすることでリズムキープに変化が観察されることになる。本実験では、生徒役の被験者に目隠し（アイマスク）を装着してもらい、ブラインド状態での教師有りリズムキープを行った。

図 8.16 に教師有りブラインドグループ被験者が手拍子を行った場合の正しい打点からのズレを示した。図 8.16 では横軸が経過時間、縦軸が正しい打点からのズレ時間を表している。

図 8.16 の結果より、視覚情報有りのグループによるリズムキープの結果と異なり、生徒役 4 名中 3 名が正しいリズムを維持することができなかったことが確認された。また、ズレが生じた 3 名のズレの挙動は似た挙動を示していることから、今回の実験では、グループ内に 2 つのリズムグループが発生したものと推察される。

2 つのグループが発生したことは相関図を見れば観察できる。図 8.17 に教師役（被験者 A）と被験者 D の正しい打点からのズレの相関を示した。図 8.17 では、横軸に教師役

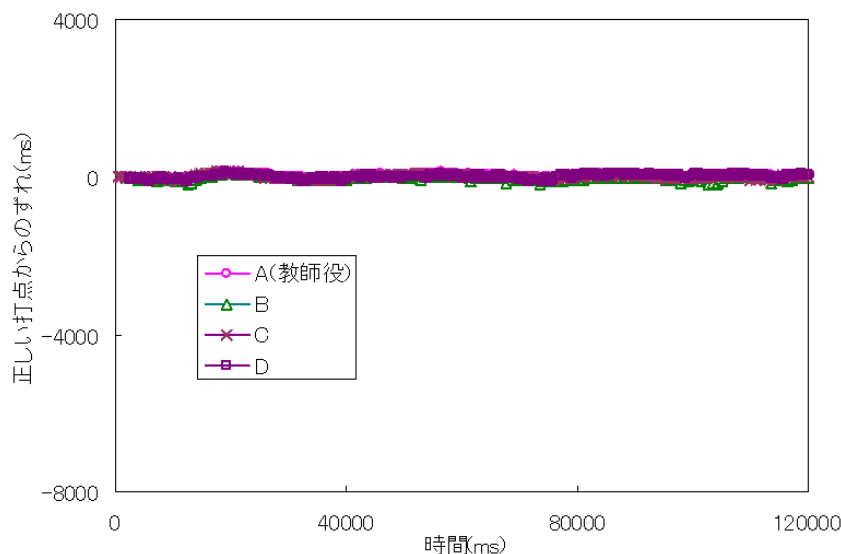


図 8.14 教師有りグループ被験者が手拍子を行った場合の正しい打点からのズレ

(A) の正しい打点からのズレ、縦軸に生徒役 (D) の正しい打点からのズレを示している。教師役 (A) のズレと生徒役 (D) には強い相関関係が確認でき、教師役 (A) と生徒役 (D) はグループであることが確認できる。

同様に図 8.18 に生徒役 (被験者 A) と他の被験者の正しい打点からのズレの相関を示した。Fig. A-18 では、横軸に被験者 B の正しい打点からのズレ、縦軸に他の被験者の正しい打点からのズレを示している。図 8.18 から、被験者 B の打点のズレは生徒役 (被験者 C、E) と強い相関があり、リズムグループを形成していることが確認された。しかし、被験者 B と教師役 (被験者 A) や被験者 D との間には相関関係は弱く、別のリズムグループであることが確認された。

以上のことから、ブラインド状態でのグループのリズムでは 2 つのリズムグループの発生が確認できた。では、なぜこのような異なるリズムグループが発生したのか。その原因は実験での立ち位置に大きく関わっていると考えられる。図 8.19 にブラインド状態でのグループリズムキープ実験時の各被験者の立ち位置を示した。各々の被験者は机を囲むように向かい合いながら手拍子を行っていた。

正しく打てていたリズムグループ (教師役 A、生徒役 D) とズレが大きかったリズムグループ (生徒役 B、C、E) は、それぞれのリズムグループに属する被験者の距離が近かったことが確認された。このことから、被験者のリズムは立ち位置に近い他の被験者のリズムの影響を強く受けることが示唆される。

ブラインド状態で生徒役が教師役より受け取ることが可能な情報は「教師役の手拍子の音」のみであるが、複数の被験者が同時に手拍子を行うことにより、被験者にはどの手拍子の音が教師役のものであるか、という認識が困難であると考えられる。この際、正しくリズムを刻めていた生徒役被験者 D は他の被験者より教師役のみの手拍子のリズムが把

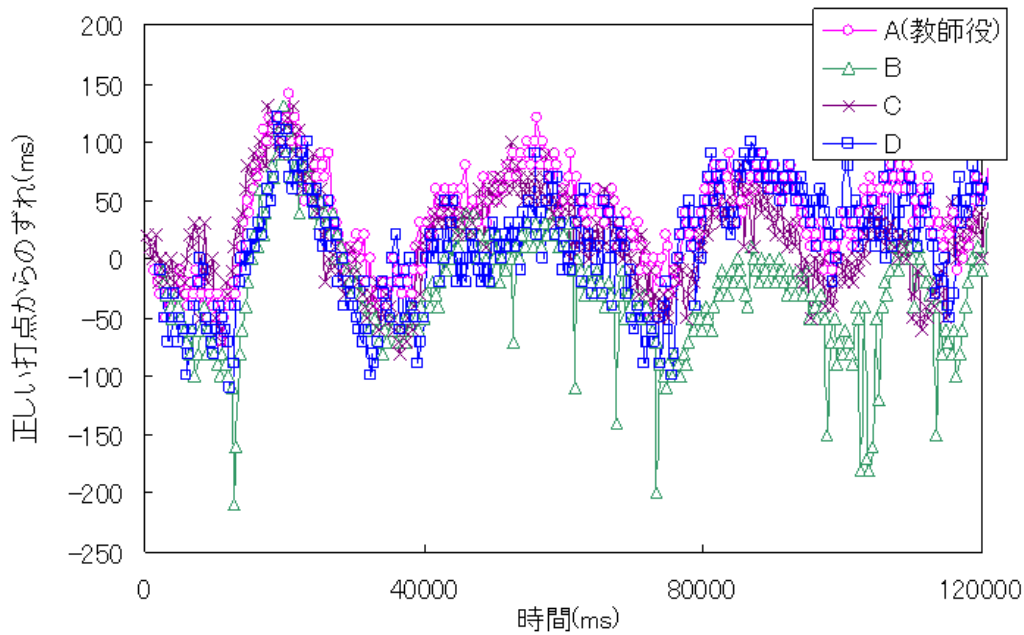


図 8.15 教師有りグループ被験者が手拍子を行った場合の正しい打点からのズレ (拡大)

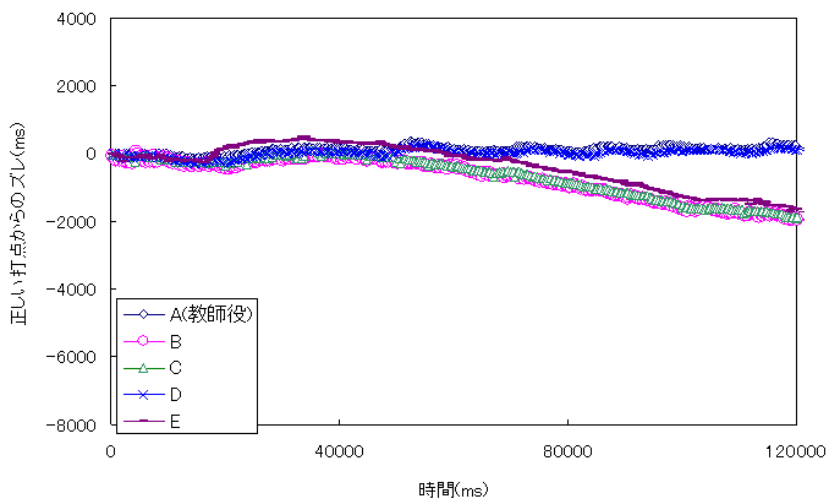


図 8.16 教師有りブラインドグループの正しい打点からのズレ

握しやすかったのではないかと考えられる。被験者 D に尋ねたところ、「教師役の手拍子の音が聞こえた」と証言もしている。この実験で、教師役が発するリズムの音情報の認識のしやすさが被験者のリズム学習に影響を与えるであろうことが示唆されたが、これについての詳しい考察は後述となる。

では何故、教師役の正しい手拍子の音を認識できなかった他の被験者にとって、目隠し無し状態でのリズムキープは正しく行っていたのだろうか。これは、サンバなどの多くの打

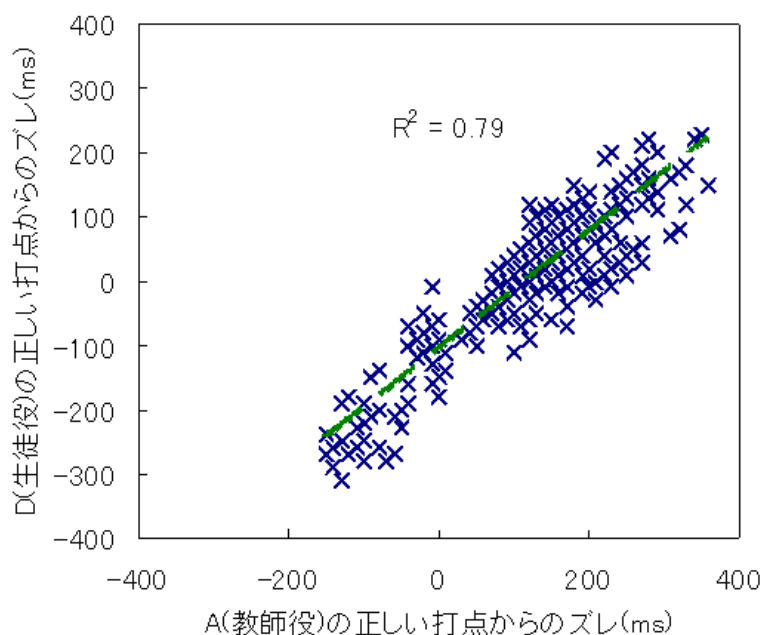


図 8.17 教師役 (被験者 A) と被験者 D の正しい打点からのズレの相関

楽器が同時にリズムを刻む中、教師自身が被験者の目の前でリズムを刻むことにより発せられる視覚情報が、グループでのリズム学習において重要性を帯びていることを示唆する。目隠し無しの状態では、教師役が刻むリズムは視覚情報によって被験者に伝えられる。このことから、手拍子のリズムキープでは教師のリズムの情報は、教師役の手拍子による音ではなく、視覚情報より得られることが示唆された。

8.3.4 複数のリズムが入り乱れた状態でのリズムキープ

これまでの結果により、グループによる手拍子のリズムキープでは、教師役が実際に手拍子を行うことによる視覚情報が生徒役のリズム学習に強い影響を与えていることが示唆された。そこで本実験ではブラインド状態での実験と同様に視覚情報、聴覚情報の優位性を確認するために複数のリズムが入り乱れた状態でのリズムキープ実験を行った。もし視覚情報よりも聴覚情報が生徒役にとってリズムキープにおいて重要な情報である場合、複数のリズムが入り乱れた状態では生徒役は聴覚情報に引きずられ、教師役の刻む正しい手拍子を認識できないこととなる。そのため、本実験ではグループを 2 つ作り、それぞれ別のリズムを刻ませることにより、リズムが入り乱れた状態を作成した。一方のグループは 120BPM(2 秒で 4 回の打拍) でリズムをキープし、もう一方のグループは 90BPM(2 秒で 3 回の打拍) でリズムキープを行うよう設定をし、実験を行った。

図 8.20 に複数のリズムグループが手拍子を行った場合の正しい打点からのズレを示した。図 8.20 では横軸が経過時間、縦軸が正しい打点からのズレ時間を表している。

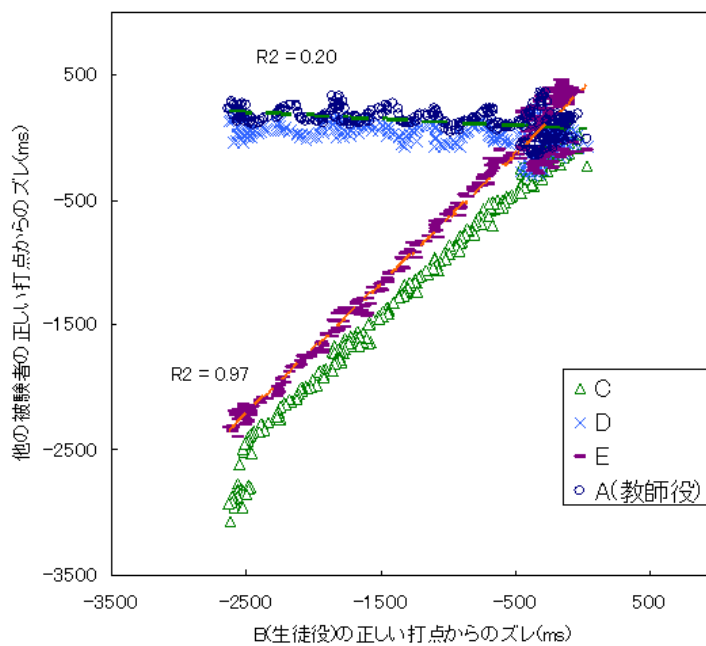


図 8.18 生徒役 (被験者 A) と他の被験者の正しい打点からのズレの相関

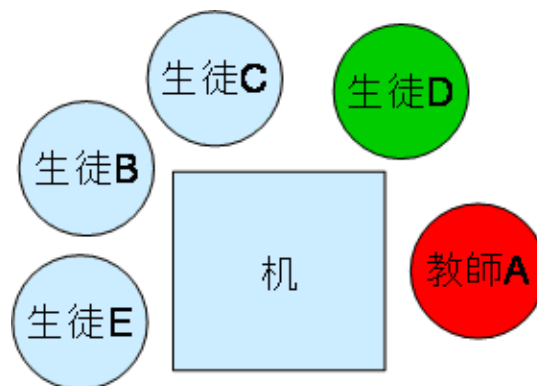


図 8.19 ブラインド状態でのグループリズムキープ実験時の各被験者の立ち位置

図 8.20 を見てわかる通り、複数のリズムグループが同時に手拍子を行った際でも、教師がいることにより、正しい打点からの大きなズレは観察されなかった。これは、生徒役の被験者が各々の教師に注目することにより、視覚情報を中心として手拍子を行っていたことが原因であると考えられる。逆に言えば、他の被験者が打つリズムを聞いていなかったこととなる。

本研究ではさらに、ブラインド状態にて同様の実験を行った。図 8.21 にブラインド状態で複数のリズムグループが手拍子を行った場合の正しい打点からのズレを示した。図 8.21 では横軸が経過時間、縦軸が正しい打点からのズレ時間を表している。

図 8.21 から、教師役 2 名と生徒役 1 名 (被験者 E) は打点のズレが 0 付近であり、ほぼ

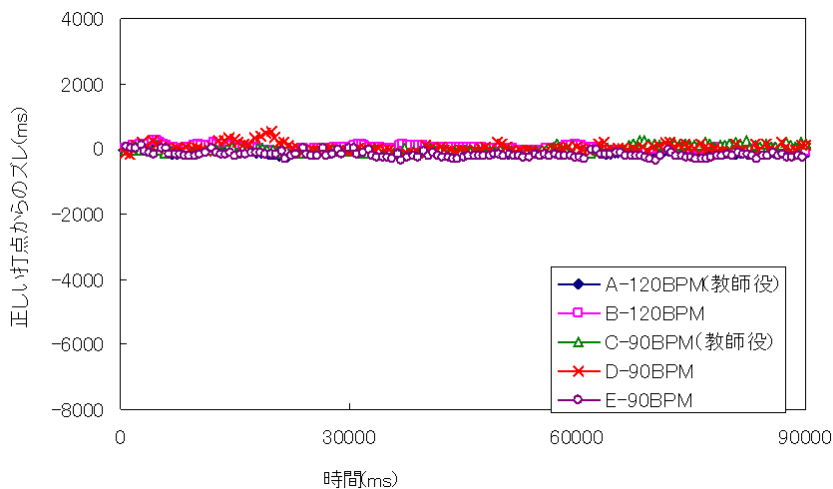


図 8.20 複数のリズムグループの正しい打点からのズレ

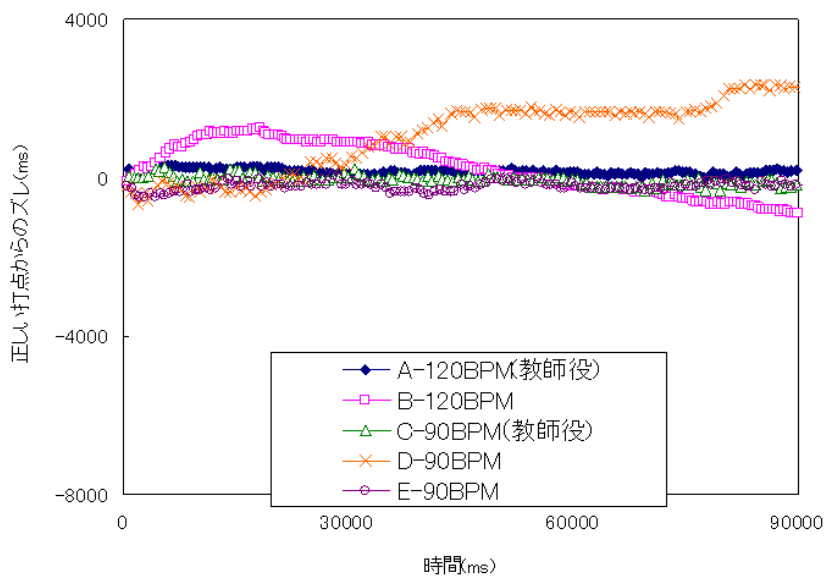


図 8.21 ブラインド状態で複数のリズムグループが手拍子を行った場合の正しい打点からのズレ

正しいリズムをキープできていることが確認できた。逆に 2 名の生徒役 (被験者 B、D) は打点のズレが比較的大きく、リズムキープができていないことが観察された。ブラインド状態でのリズムキープは図 8.20 の目隠し無しの状態に比べ、大きくずれたことから、視覚情報の重要性が再確認できた。

このとき、被験者 E に注目すると正しいリズムキープができていたため、生徒役 E には被験者 C の教師役の手拍子の音が聞こえていたと思われる。また、実際の実験での立ち位置は図 8.22 のようになっている。被験者 E と被験者 C の立ち位置が近かったため、被験者 E は教師役である被験者 C の手拍子の音を認識できていたように思われる。しか

し、被験者 E に証言を求めた際、「教師役の手拍子の音は認識できなかった。自分の記憶しているリズムで手拍子を行っていた」と述べている。このことから、本研究では打点のズレ時間の相関をとることにより、被験者 C と E の間で同調現象が確認されるか否かを調べた。

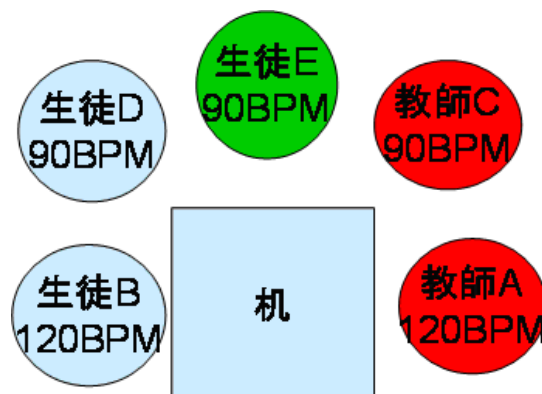


図 8.22 ブラインド状態で複数のリズムグループでの立ち位置

図 8.23 に教師役 (被験者 C) と被験者 E の正しい打点からのズレの相関を示した。図 8.23 では、横軸に教師役 (C) の正しい打点からのズレ、縦軸に生徒役 (E) の正しい打点からのズレを示している。図 8.23 の結果より、被験者 C (教師役) と被験者 E (生徒役) の打点のズレ時間に関する相関は無く、被験者の証言の通り、被験者 E が刻んでいた正しいリズムは教師の有無に関わらない被験者 E 自身が持つリズムであることが確認された。また、被験者 E と同様に、他の被験者においても、教師役または他の生徒役に対しての同調現象が観察されず、各々の被験者は被験者が記憶するリズムで手拍子を行っていることが分かった。

以上のことより、複数のリズムが入り乱れている状態でのグループのリズムキープは、目隠しが無い状態では視覚情報によってのみ教師役からのリズムの伝達が行われ、さらにブラインド状態になることで、被験者は外部からの知覚情報を受け取らずに、被験者自身の記憶するリズムで手拍子を行うという結果が観察された。これにより、多数の楽器、リズムが同時に存在するサンバ演奏などの状況下で、教師役の刻むリズムの視覚的な情報が最も重要であることが示唆された。

8.3.5 聞き分け可能な特殊音が教師役である場合のブラインドリズムキープ

実験で行った教師有りグループでのリズムキープは教師役の手拍子の音が生徒役の手拍子の音に紛れてしまい、教師役の手拍子の音は他の生徒役の手拍子の音と聞き分けが困難な状態であることが結果より示唆された。これは、様々な打楽器が入り乱れるサンバなどでも良くある状況であると考えられる。また、同じ実験で、教師役との距離や方向性な

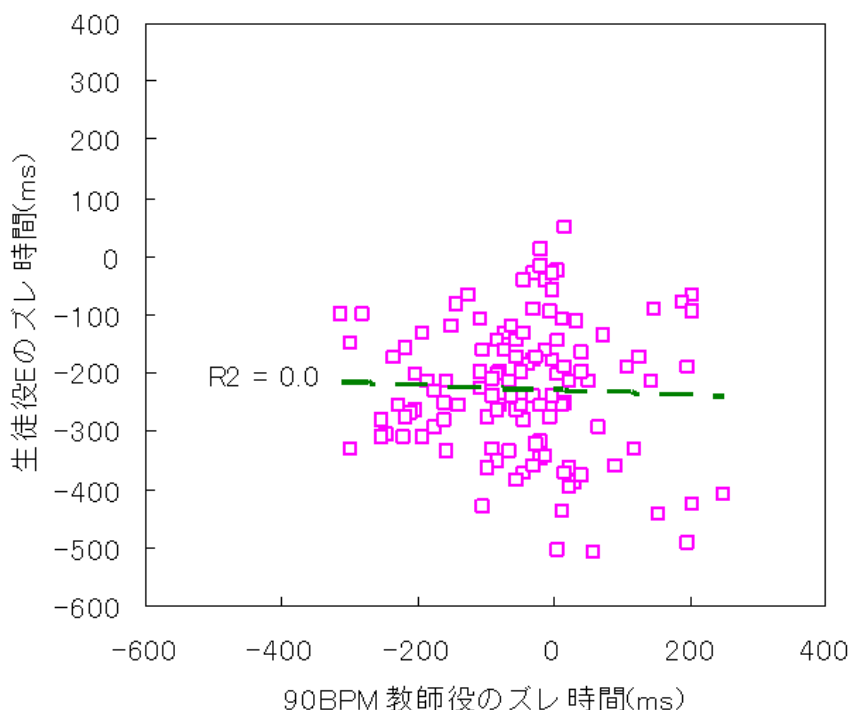


図 8.23 教師役 (被験者 C) と被験者 E の正しい打点からのズレの相関

どによって、手拍子の音の聞き分けが可能であった場合に、正しいリズムの伝達が行われていたことも確認されている。本研究では教師役の刻むリズムが他の音に紛れず、生徒役にとって聞き分けが容易である場合の、音がリズム学習に与える影響を観察した。聞き分け可能な特殊音として、メトロノームより鳴らされる電子音を教師役として、目隠し無しの状態、目隠し有りの状態でのリズムキープを観察した。

図 8.24 に目隠し無しの状態でメトロノームに合わせ手拍子を行った場合の正しい打点からのズレを示した。また、図 8.25 にブラインド状態でメトロノームに合わせ手拍子を行った場合の正しい打点からのズレを示した。図 8.24、図 8.25 では横軸が経過時間、縦軸が正しい打点からのズレ時間を表している。図 8.24、図 8.25 より、メトロノームの電子音のような、他の手拍子の音と聞き分けが容易な音が教師である場合、被験者は目隠しの有無に関わらず正しいリズムを刻むことが可能であることが観察された。

また、教師役 (被験者) が教師である場合と比較するために、図 8.26 に教師役 (被験者)、メトロノーム、ブラインド状態でのメトロノームが教師である場合の被験者の手拍子の BPM のヒストグラムを示した。図 8.26 では横軸が被験者 (全員) が刻んだリズムの BPM、縦軸にその頻度を示している。目隠し無しの状態でのメトロノームとブラインド状態でのメトロノームが教師であった場合、その差は無く、被験者が教師役であった場合も、似たような分布となった。被験者が教師役である場合、教師役自体のリズムにも若干の変化があるため、教師のリズムの伝わりやすさという視点で見れば、3 つの分布の差は

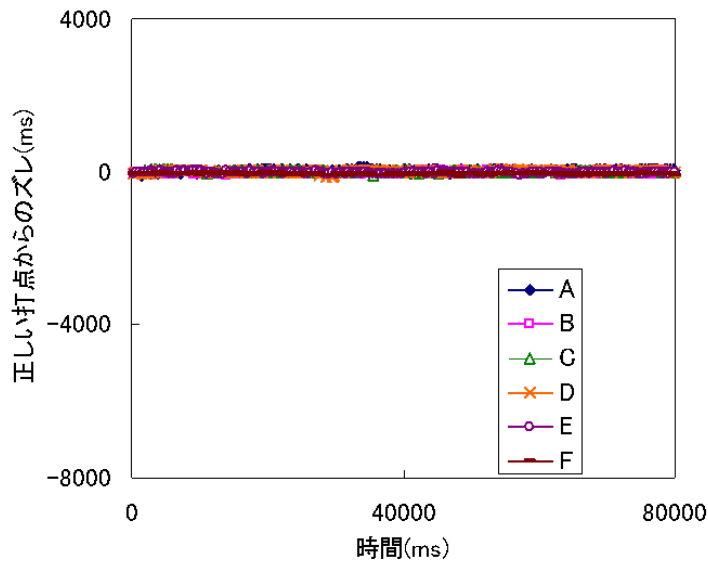


図 8.24 目隠し無し状態でメトロノームに合わせて手拍子を行った場合の正しい打点からのズレ

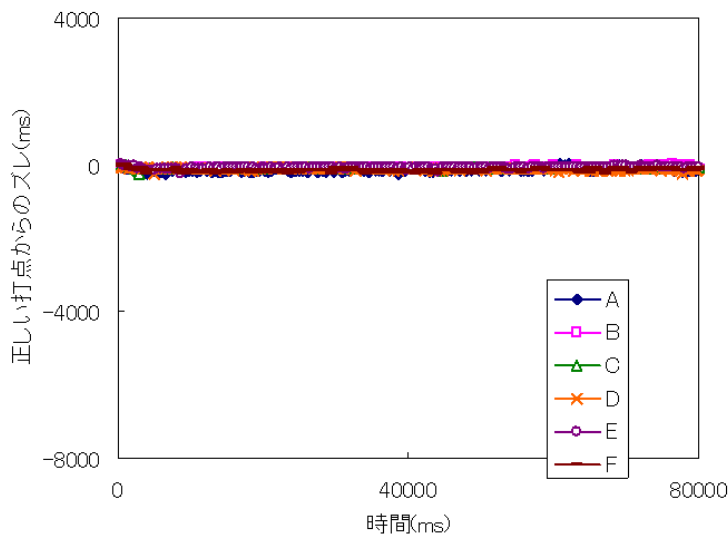


図 8.25 ブラインド状態でメトロノームに合わせて手拍子を行った場合の正しい打点からのズレ

無いと言える。このことから、被験者に対して他の音と確実に区別・認識できるような教師の音ならば、視覚情報と同様に生徒に対しリズムを伝えることが可能であると考えられた。

8.3.6 視覚情報からのリズム伝達

視覚情報からのリズム伝達の有用性を確認するために本研究では以下の2つの実験を行った。無音で150BPMでメトロノーム液晶部に表示されるタイミング画像に合わせて

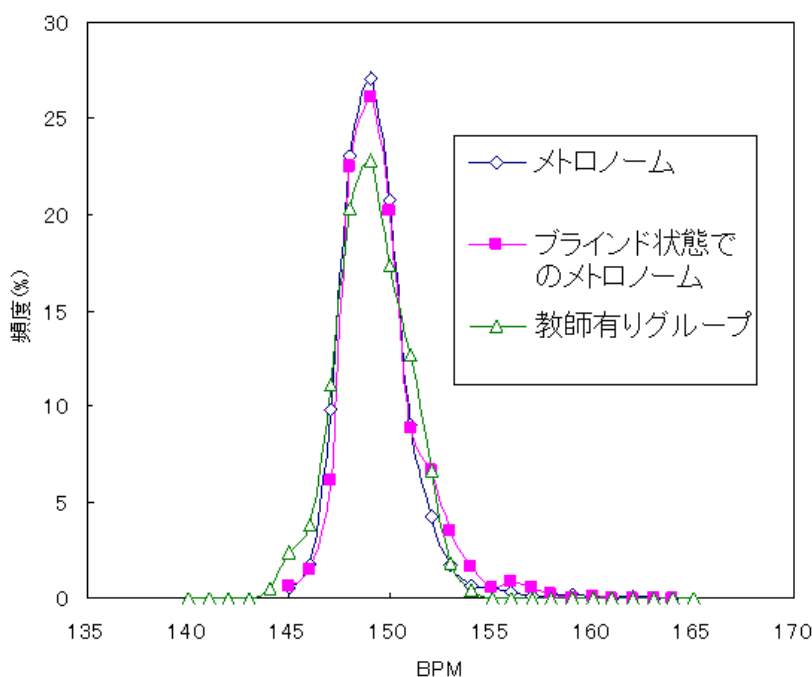


図 8.26 教師役 (被験者)、メトロノーム、ブラインド状態でのメトロノームが教師である場合の被験者の手拍子の BPM のヒストグラム

打つ実験、また、同様の実験条件に加え 130BPM のメトロノーム電子音を聞いている状態での手拍子を行う実験、の 2 つの実験により、視覚情報でのリズム伝達、視覚情報と聴覚情報のリズム伝達の優位性を確認する。

はじめに、視覚情報のみでリズム伝達が行われていたかを確認する。メトロノームの液晶部に表示された打点タイミング画像に従って 150BPM で手拍子によるリズムキープが行った結果を図 8.27 に示した。

図 8.27 は視覚情報のみで手拍子を行った場合の正しい打点からのズレを示している。図 8.27 では横軸が経過時間、縦軸が正しい打点からのズレ時間を表している。結果より、メトロノームの打点画像に従って手拍子を行った場合、被験者の打点はほぼ正しく打っていたことが確認された。この結果及び前述の結果より、被験者は視覚情報、聴覚情報のどちらに従ってもリズムを得ることができていることが確認された。また、前述のグループ教師有りリズムキープ、及びメトロノーム電子音に従ったリズムキープの両方の結果より、生徒役の被験者は視覚情報・聴覚情報の両方でリズムを得ているのではなく、その状態に応じて視覚情報・聴覚情報より入ってくるリズムを取捨選択していることが示唆される。

では、リズムの伝達は視覚・聴覚情報それぞれ平等に伝達されやすいのか。本研究ではもうひとつの実験として、130BPM のメトロノーム電子音を聞きながら、150BPM で表示される打点タイミング画像に従って手拍子する実験を行った。その結果、正しい打点からのズレは図 8.27 で示されている打点タイミング画像のみに従って手拍子打った場合と

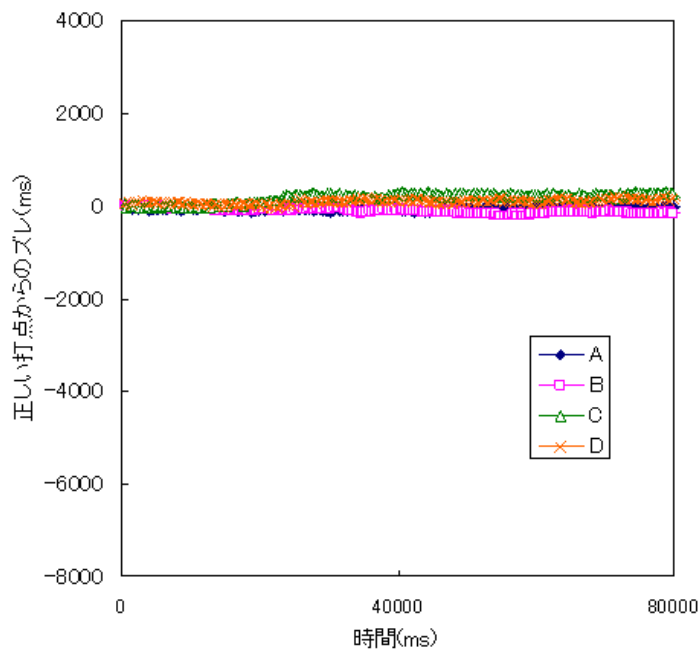


図 8.27 視覚情報のみで手拍子を行った場合の正しい打点からのズレ

同様、ほぼズレがないことが確認された。

では、他のリズムを入れた場合でも、被験者は容易に打点タイミングを画像より得ることができていたのではあるだろうか。本研究では、他のリズムを入れた場合と、入れなかった場合の差を比較するために、打拍速度 (BPM) の頻度をヒストグラムとして、それぞれの条件でのリズムの安定性の比較を行った。

図 8.28 に各状態で手拍子によるリズムキープ (150BPM) を行った際の BPM のヒストグラムを示した。図 8.28 では横軸は各被験者が刻んでいた手拍子の BPM、縦軸が頻度で各被験者の合計となっている。また、プロットは実験条件を示しており、メトロノームより 150BPM の音と打点タイミング画像を示した場合 (視覚 + 音)、打点タイミング画像のみを示した場合 (視覚のみ)、130BPM の電子音を聞きながら 150BPM の打点タイミング画像に従って手拍子をしてもらった場合 (視覚 + 他の音) をそれぞれ表している。

図 8.28 の結果より、打点タイミング画像のみに従って手拍子を行った場合、画像と音両方にしたがって手拍子を行った場合と比較して、ほぼ差が無かった。しかし、他のリズムを聞きながら画像のみに従って打った場合、ヒストグラムの分布が他の条件と比較して大きく乱れていることが観察された。この結果より、視覚情報に従って打つ場合、聴覚情報を介す他のリズムに影響を受けていることが確認された。この原因として、視覚情報を介して得られるリズムは、生徒役が意識的に集中することによって、伝達が行われるが、聴覚情報でのリズムは意識的に集中していなくても伝達が行われるためであると考えられる。

視覚情報のみで手拍子进行する場合、生徒役は一時的に打点タイミング画像に集中し、画

像よりリズムを得る。その後、リズムを得ることにより自分の頭の中にそのリズムが形成され、しばらくは画像に集中しなくてもリズムをある程度は維持することができると考えられる。その後、被験者は度々打点タイミング画像を見ることにより、被験者の頭の中にあるリズムを修正すると推測され、一時的な集中を繰り返すことにより、リズムキープをしていたものと考えられる。

それに対して、他のリズムが聴覚を介して被験者に伝わってきた場合、無意識下で伝達される聴覚を介したリズムは、「集中によって得られた視覚を介して得られる被験者の頭の中にあるリズム」に対して無意識の内に影響を与えるために、被験者は視覚で得ているリズムと被験者自身のリズムにズレを感じ、修正するために常に集中して視覚情報よりリズムを得なければならなかったのではないかと考えられる。このことから、視覚情報を介して得られるリズムは、常に集中を要し、他のリズムを聞きながら手拍子を行う際は、集中が途切れる際にリズムのズレが起きたのではないかと考えられた。

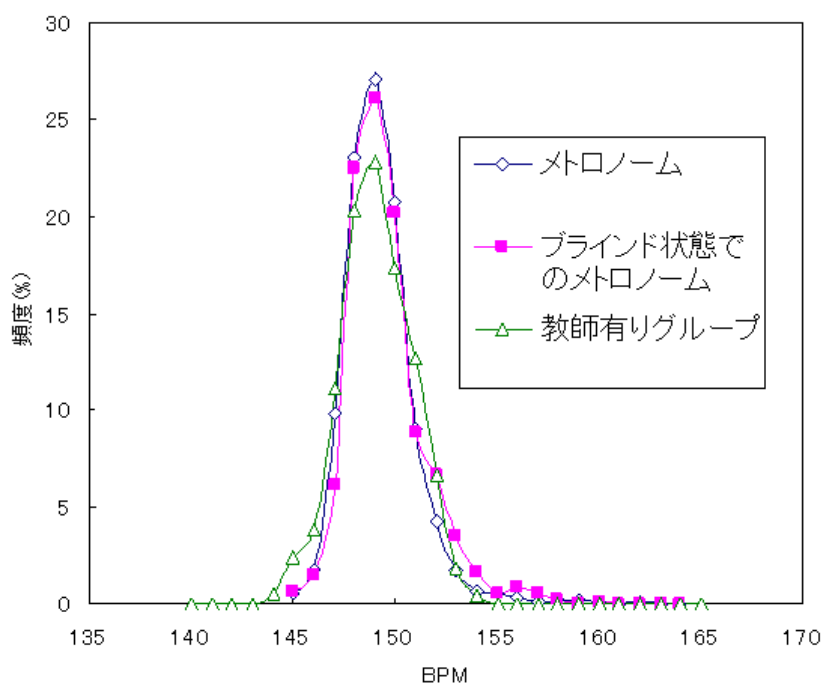


図 8.28 各状態で手拍子によるリズムキープ (150BPM) を行った際の BPM のヒストグラム

8.3.7 教師のグループに対するリズムの伝達法

これまでの結果より、教師がグループに対してどのようにリズムの伝達を行うのかを確認できた。このことから、教師はどのように学習者に接すれば、効率的にリズムを伝達できるかが明らかになる。

実験の結果から、教師はリズムを刻む視覚情報、または学習者にとって確実に認識可能

なりズム音でのみ、様々なリズム音が存在するグループの学習者に伝えることが可能であることがわかった。このことから、教師は以下のどれかの条件を満たす方法でリズムを伝達しなければならない。

1. 視覚情報を与えるためのリズムを表す動き
2. 様々な音が入り乱れる中でも確実に学習者にとって確実に区別・認識できる音を刻む
3. 同様に学習者にとって、確実に識別可能である距離・方向性の音源

以上のことから、サンバのリズム学習でよくみられる「教師が生徒と一緒に目の前で演奏又は踊りを行うこと」は学習者に対し、視覚的情報及び識別可能な距離・方向性の音源を与えることから、効率の良いリズムの伝達方法であることが確認された。

8.3.8 結論

研究により得られた結論を以下に示す。

- リズムキープを行う際、単独では被験者の頭の中にある理想のリズム、グループの場合では他の被験者のリズムに合わせて手拍子を行っていたことが確認された。
- 教師無しグループでは、単独の場合より強いズレを生む可能性が示唆された。
- 本研究の被験者は単独及びグループでのリズムキープ能力は弱かった。
- 被験者は教師を入れることにより、正しいリズムで手拍子を行うことができた。
- ブラインド状態での教師有りグループによるリズムキープの実験より、視覚情報が教師のリズム伝達において重要であることが確認された。
- 入り乱れたリズムの中でのリズムキープの実験により、乱れたリズムの中では被験者は聴覚情報を参考にできず、視覚情報のみでリズムを行うことが観察された。
- 明らかに手拍子の音とは異なるメトロノームの電子音のような特殊な音は、被験者に区別、認識されやすく、視覚情報同様リズムの伝達に際して有効であることが確認された。
- 学習者は、伝達されたリズムを視覚・聴覚のどちらか、もしくは両方を取捨選択し受け取ることができた。しかし、視覚情報より学習者に伝達されるリズムは、被験者の集中力を要するため、リズム伝達には聴覚もしくは両方を用いた伝達が望ましいことが示唆された。

8.4 今後の展開

我々は、グループにおけるリズム学習に関して、今後聴覚情報を遮った状態でのリズム伝達を検討している。本研究のタスクであった「手拍子によるグループでのリズムキープ」において、視覚情報はリズムを表す有効な手段であることが確認された。しかし、視

覚情報のみでは、リズムキープのタスクでは有能であるものの、サンバのような「独特の間を持つリズム」ではその「間」を表現することが困難であることが懸念される。このことから、独特の間を持つリズムの伝達の際、聴覚情報を遮断することにより、「間」についての聴覚情報の重要性の検討、視覚情報のみで伝達可能であるかを検討し、聴覚情報のみでのリズム伝達困難であった場合には視覚情報を用いた伝達法の提案を検討する。

また、単なる繰り返しのリズムだけではなく、曲のようにリズムが刻々と変化してゆく場合、学習者の「予測」も大きな要因となると考えられる。学習者の予測を促す場合、やはり聴覚情報だけでは不十分であり、視覚情報にリズムをたよることが予測される。このような予測が必要なリズムにおける視覚情報及び、効率的な視覚情報の構造も検討する必要がある。

また、リズムを刻む際の体勢感覚もリズム習得の重要な一因であるとしている先行研究もある。[新山王 02, 辻 05, 藤波 06] 本研究では、手拍子によるリズムキープを教師役、生徒役ともに直立状態で行ったが、姿勢による影響の変化も検討の余地があると思われる。

謝辞 この研究は実験をお手伝いいただいた以下の方々によって成り立った。

お手伝いいただいた方 (敬称略): 松平好人 小鮎幸洋 片桐秀樹 河本新 菱田童之 荒木翔太郎 大川拓

第9章

サンバ演奏技能の習得支援システムの開発

本章は河上聖人の修士論文第4章に藤波が加筆したものである：

出典：河上聖人, 正誤判定の応用-「サンバ：シェイカー演奏学習支援システム」の開発と適用, 修士論文「正誤判定の技能学習に与える影響」, 第4章 (2008.03)

9.1 はじめに

9.1.1 研究の目的

学習者が教師などから何らかのフィードバックを受けて動作を修正する必要があると気づいたとしても、どこに問題があるかを学習者が認知できなければ技能を習得できない。

本研究では、学習者が解釈しやすい形で動作の善し悪しを返すことで、効率的に技能が習得されるか否かを調べる。実験ではフィードバックに「指向性」という概念を導入する。フィードバックに指向性が在るとは、行動の結果を提示した際、行動のどこに問題があるかを学習者が認知でき、修正の方向を見出せることである。

検証実験のタスクとして、我々はシェイカーによるサンバ演奏に着目した。シェイカーによるサンバ演奏については、これまでの研究によって技能の解明が進んでいること、またフィードバック無しには正誤がわかりにくいタスクであることから、今回の研究目的に適っている。

本研究では、修正の方向を含む「指向性を持ったフィードバック」と、修正の方向(指向性)を持たない「×フィードバック」という二つの方法を用いてシェイカーによるサンバ演奏を習得する過程を支援し、効果の違いを観察した。

9.1.2 シェイカーの演奏方法

シェイカーは、図 9.1 に示すような卵型のプラスチック容器の中に、鉄の粒が入っている楽器である。演奏者は、容器の中にある鉄の粒を容器内で揺らすことによって音を出し、サンバのリズムで演奏を行う。シェイカーには卵型の物の他に、筒状のものもあるが、演奏法はほとんど同じである。



図 9.1 実験で用いた卵型シェイカー

サンバでのシェイカー演奏は図 9.2 に示すように、1 拍あたり 4 打で表され、1 打目と 4 打目にアクセントがくる。アクセントが無い 4 拍子の場合、リズムは「ダダダダ ダダダダ ダダダダ ダダダダ」となるが、1 拍子目と 4 拍子目にアクセントを付けることによって、「ダズズダ ダズズダ ダズズダ ダズズダ」となり、サンバ独特のリズムとなる。

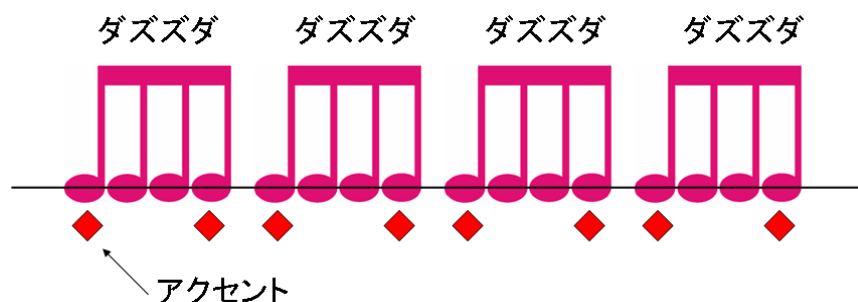


図 9.2 サンバのリズム: 拍とアクセント

シェイカーでアクセントを付けるため、演奏者は腕の振り方を工夫してシェイカー内の鉄の動きを制御する。アクセントを付ける場合、シェイカー内の鉄粒が塊となって容器壁面に当てる感じで腕を振る (図 9.3)。この時、卵型シェイカーならば「ツァッ」という音が出る。逆にアクセントを付けない場合は、シェイカー内の鉄粒に容器壁面を這わせる感

じで腕を振る。この時、卵型シェイカーならば「シャラ」という音になる。

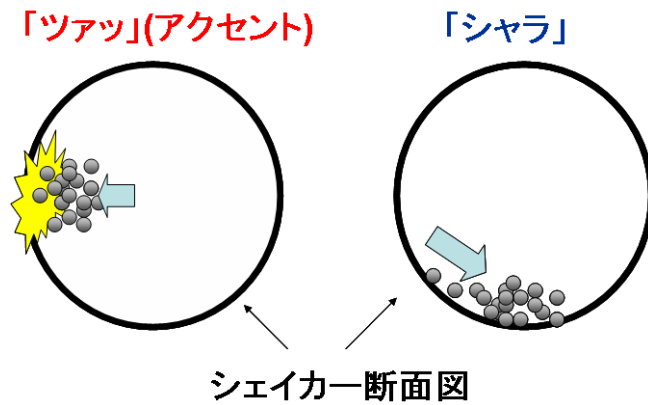


図 9.3 シェイカーによるアクセントの付け方

演奏者はアクセントをつけて図 9.2 のようなサンバ独特のリズムでシェイカーを演奏する。シェイカーを演奏する時の腕の振りを図 9.4 に示す。シェイカーを用いたサンバ演奏では、図 9.4 に示した 4 つの動作を 1 拍で行う。例えば、曲のテンポが 100BPM であれば、1 分回に 100 サイクル、つまり 400 の動作を必要とする。

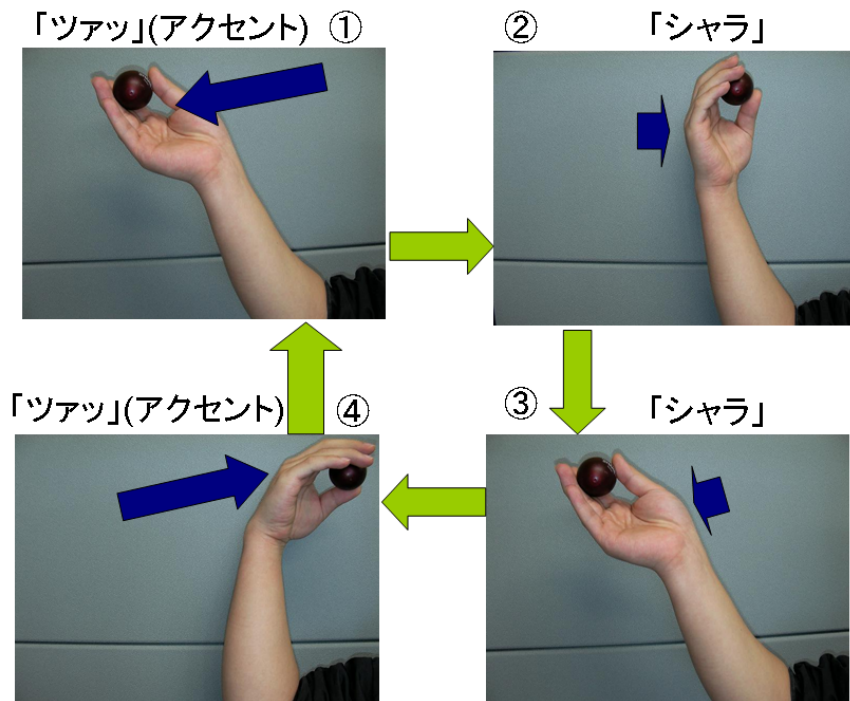


図 9.4 1 拍中のシェイカー演奏者の腕の動き (4 動作)

9.1.3 関連研究

石川、山本、藤波は [Yamamoto 06, 石川 06] はモーションキャプチャ装置を用いてサンバダンスの習得過程を観察した。この研究では、2名の初心者がサンバダンスに上達していく過程を6ヶ月に渡って観察し、被験者の動作に [強、弱、弱、強] というサンバ特有のリズムが現れたことを確認した。

また、松村は高校生30名程度を被験者として、加速度センサーを腕に取り付け、シェイカー演奏の自己相関波形を約1年間の期間に渡って観察した。松村は加速度の自己相関波形に現れる強弱のリズムが望ましいものであるかどうかを、以下の条件で判定している [松村 06a] :

1. 曲のテンポに対応する lag に自己相関全体のピークがあらわれており、0.6以上の相関係数である
2. 曲のテンポの 1/2 に対応する lag を中心にした山状のピークがあらわれている
3. 条件1と条件2の相関係数の差分が0.3以上である

図9.5は、100BPMでシェイカー演奏時の腕に取り付けた加速度センサーの自己相関波形の例である。図9.5では交互に大きなピークと小さなピークが描かれているが、大きなピークは曲のBPMに対応する時間に描かれており、強いアクセントを示している。また、小さなピークは強いアクセントの1/2の時間に見られ、弱いアクセントを示している。松村らは、このようなシェイカーのリズムを習得するためには数ヶ月～半年掛かると述べている [松村 06b]。

9.2 実験

9.2.1 実験の目的

以下に挙げる2つの仮説を検証するため、シェイカーによるサンバ演奏を課題として実験を行った：

1. 学習者が解釈しやすい形で動作の善し悪しをフィードバックすると、学習者は効率的に技能を習得できる、
2. フィードバックに指向性がある、すなわち動作のどこに問題があるかを学習者が認知できて修正の方向を見出せる場合、学習者はより効率的に技能を習得できる。

9.2.2 シェイカー演奏技能習得支援システム

本研究では、被験者のシェイカー演奏に対してフィードバックを与えることによって、学習を支援することが目的である。そのためには、被験者の動作をリアルタイムでシステ

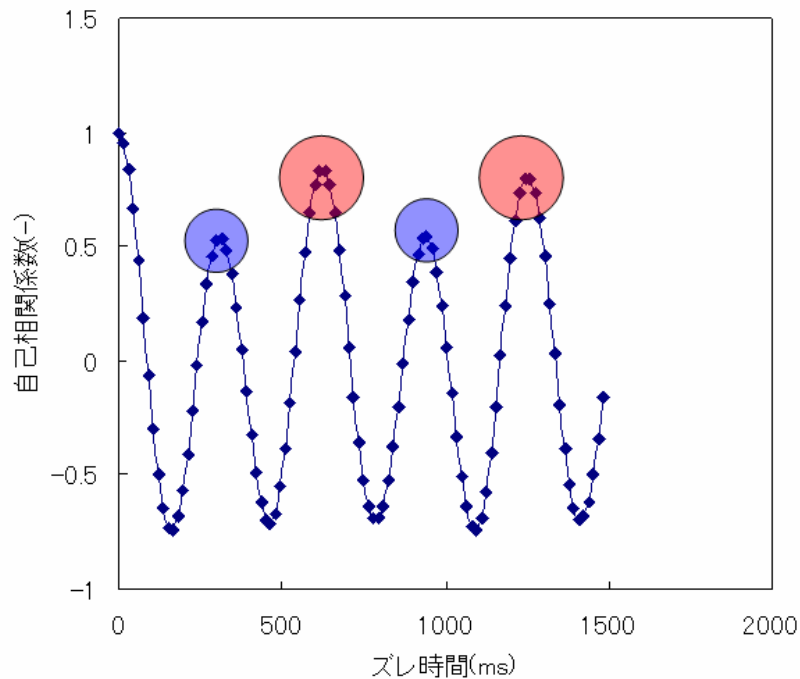


図 9.5 シェイカー演奏時における腕位置の加速度データの自己相関波形

ムに取り込む必要がある。本実験では、加速度センサーから得られる加速度値に基づいて被験者にフィードバックを与える。我々は 3 軸無線 (Bluetooth 通信) 加速度センサー「WAA-001 (ATR-Promotion 製)(図 9.6)」を用いた。加速度センサーは図 9.7 のように被験者の利き手手首の甲に貼り付けた。



図 9.6 3 軸無線加速度センサー

図 9.7 のように加速度センサーを取り付けてシェイカーを演奏した場合、Z 軸加速度は図 9.8 のようになる。図 9.8 のような加速度波形をそのまま被験者に見せて、教師の加速度波形と比べさせるという方法は「初心者が気付きにくい点を可視化して見せることで正誤判定を与え学習支援を行う」という点で習得支援になるが、認識しやすい形でのフィー

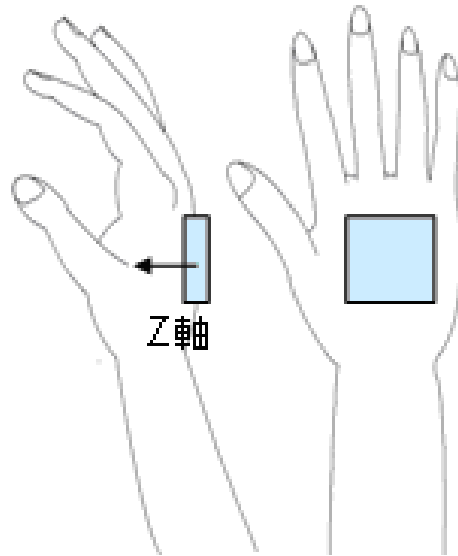


図 9.7 加速度センサー取り付け位置

ドバックにはならない。加速度波形のままだと、波形が時間軸方向にかなり早い速さで動いてゆくため認識しづらい。また加速度センサーは重力方向に対して $1000(G/1000)$ の値を示すため、センサー貼り付け位置や腕の角度などによって波形が大幅に変化するからである。以上の理由により、加速度波形をそのまま被験者に見せても教師データと比較できない。

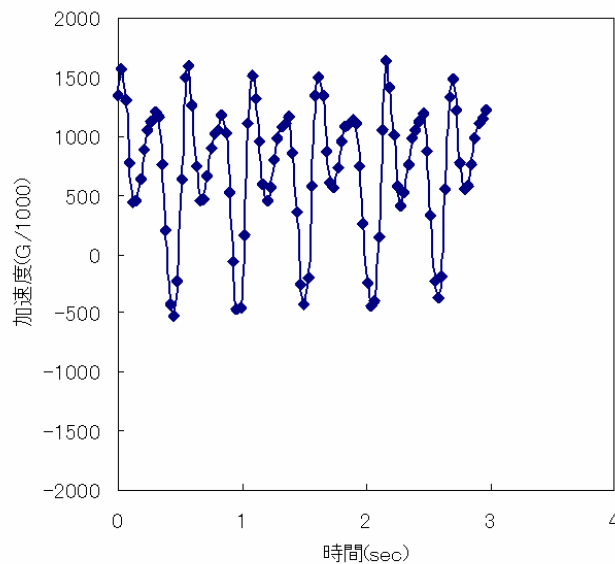


図 9.8 シェイカー演奏時の Z 軸加速度波形

そこで本研究では、先行研究 [Yamamoto 06, 石川 06, 松村 06b] に倣い、自己相関波

形を用いる。自己相関波形は、時間当たりの波形の変動が緩やかであることに加え、シェイカーの演奏状態の特徴を波形から抽出しやすい。

加速度データから自己相関係数を求める場合、次式によって求めることができる。

$$R = \frac{\sum_{i=a}^{N-a} (X_i - m)(X_{i+a} - m)}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-a} (X_i - m)^2} \sqrt{\sum_{i=a}^N (X_i - m)^2}} \quad (9.1)$$

このとき、 X は加速度値、 N は全データ数、 a はズレ時間、 m は全加速度値の平均を示している。

本研究で作成したシェイカー演奏学習支援システムは、66.7Hz (0.015 秒に 1 サンプル) で加速度センサーよりデータをサンプリングし、過去 1.5 秒の加速度データ (100 データ) より、自己相関係数をズレ時間 0 秒 ~ 1.5 秒まで算出する。これにより、過去 1.5 秒の被験者の自己相関波形を常時示すことができる。本実験では、加速度センサーの Z 軸の動きに注目し、Z 軸加速度を自己相関の数式に代入し、自己相関係数を求めた。図 9.9 に教師役と被験者の自己相関波形の例を示す。

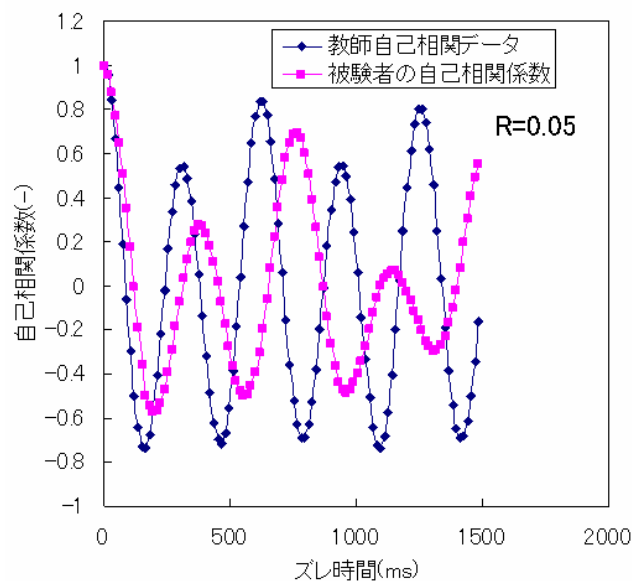


図 9.9 教師役と被験者の自己相関波形

さらに本システムは、被験者の自己相関波形と教師役の自己相関波形の類似度を比較可能とした。あらかじめ入力しておいた教師役の自己相関波形と、システムを使っている被験者の自己相関波形との相互相関係数を求めることで、被験者の自己相関波形がどの程度、教師役の自己相関波形に近いのかを算出可能である。相互相関係数は次式により求める。

$$R = \frac{\sum_{i=0}^N (X_i - m)(Y_i - n)}{\sqrt{\sum_{i=0}^N (X_i - m)^2} \sqrt{\sum_{i=0}^N (Y_i - n)^2}} \quad (9.2)$$

ここで、 S は被験者の自己相関係数、 Y は教師役の自己相関係数、 m は被験者の全自己相関係数の平均、 n は教師役の全自己相関係数の平均、 N は全データ数を表している。

本システムでは、教師役の自己相関波形と被験者の自己相関波形との相互相関係数を求め、被験者と教師役の演奏の類似度を表すものと解釈する。なお本実験では、筆者が教師役を務めることとし、筆者がシェイカーを演奏した時の自己相関係数を教師役データとして予めシステムに入力しておいた。

図 9.10 に本システムの概念図を示す。システムはシェイカー演奏時の被験者の加速度を無線で飛ばし、PC がその加速度データより自己相関を算出後、教師役のデータと相互相関により比較し、その結果を被験者に視覚情報としてフィードバックする。理想とすべき自己相関波形は、シェイカーの演奏時のテンポによって異なってくるため、シェイカー演奏時のテンポは電子メトロノーム (KORG, MA-30) によって伝えた。

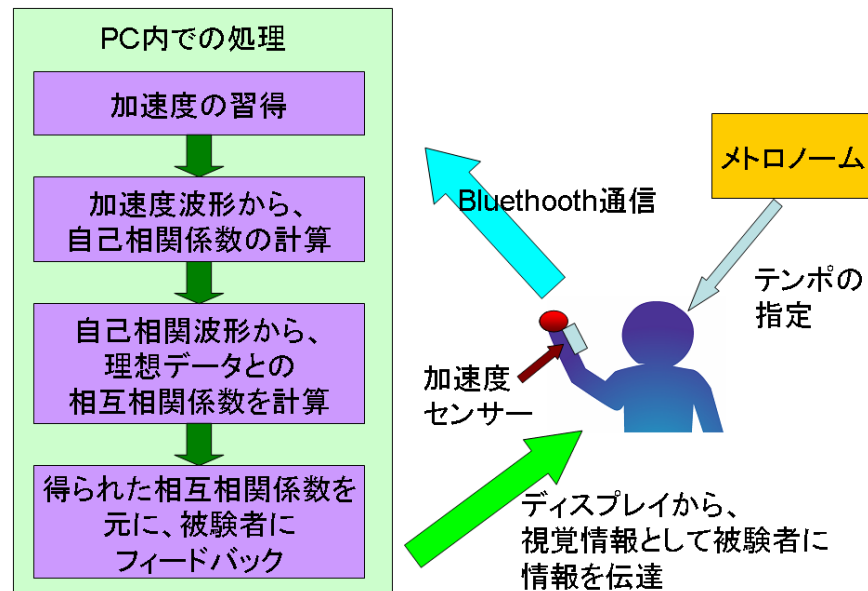


図 9.10 シェイカー演奏学習支援システムの概念図

9.2.3 フィードバックの返し方

実験では「指向性を持つフィードバック (A)」と「指向性を持たないフィードバック (B)」の 2 つの方法で被験者にフィードバックを返し、効果の違いを観察した。

指向性を持つフィードバック フィードバック (A) では、被験者のシェイカー演奏の自己相関波形を表示する。画面の例を図 9.11 に示す。図 9.11 の左上側に表示されているのは、過去 0.15 秒における Z 軸加速度データから算出された被験者の自己相関波形である。また、左下に表示されているのは、教師役の自己相関波形である。被験者の自己相関波形はほぼリアルタイムで変動してゆくの、被験者は自身のシェイカーの演奏方法に変化を与えつつ、変動する自己相関波形を教師の波形に近づけていくことで徐々に正しい演

奏方法を獲得すると考えられる。

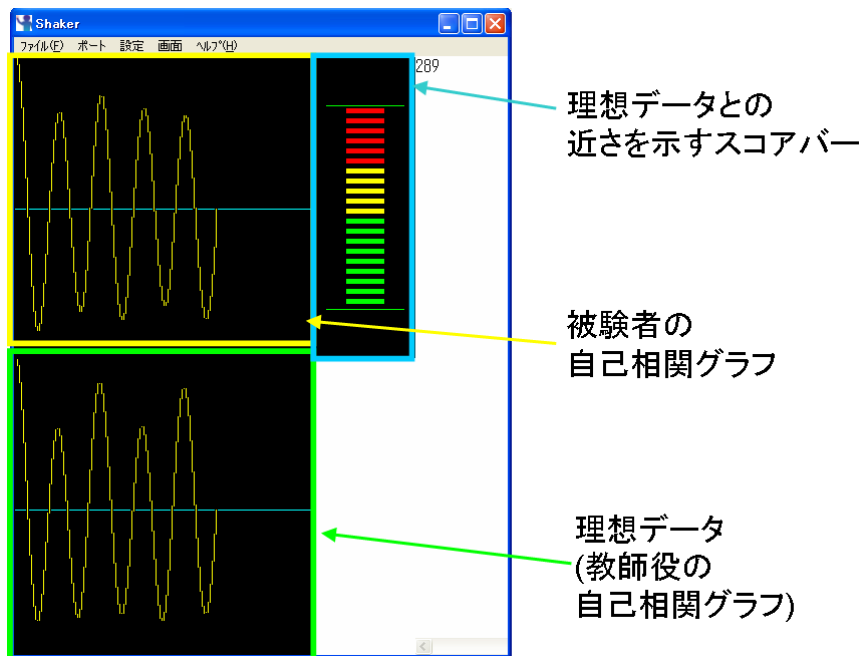


図 9.11 指向性を持つフィードバック (A) の画面例

自身の自己相関波形を見ながら動作を修正していくうちに、被験者はシェイカー演奏方法の違いがどのような波形変化として表れるかを理解していくと考えられる。この方法の場合、理想の波形に近づけるためにはどのように動作を修正していけば良いかがわかるので、指向性を持ったフィードバックといえる。

また、指向性を持つフィードバック (A) の場合、フィードバック画面の右上にスコアバーを表示した。このスコアバーは被験者の自己相関波形と教師役の自己相関波形との類似度を示しており、相互相関係数を反映して変化する。スコアバーは類似度を 20 段階で表示し、評価が高いほど（類似度が高いほど）バーの高さは高くなる。評価は、相互相関係数が $R=0.6$ 以下の時で 0(最低) であり、 $R=0.9$ 以上のときで 20(最高) となる。

指向性を持たないフィードバック 指向性を持たないフィードバック (B) は、被験者の自己相関波形と教師役の自己相関波形との類似度を示す相互相関係数に応じて、「」または「」を返すフィードバックである。具体的には、相互相関係数が $R=0.83$ を上回ると「」を返し、それ未満の場合ならば「」を返す。 $R=0.83$ という数字は、フィードバック A で用いたスコアバーでの評価では 15 以上 (赤いバーで示される) となることからこのように設定した。

図 9.12 に指向性を持たないフィードバック (B) の画面例を示す。フィードバック B は または \times の 2 値を取り、フィードバック A のようにどのような技能を修正すべきか（「指向性」）を与えない評価である。

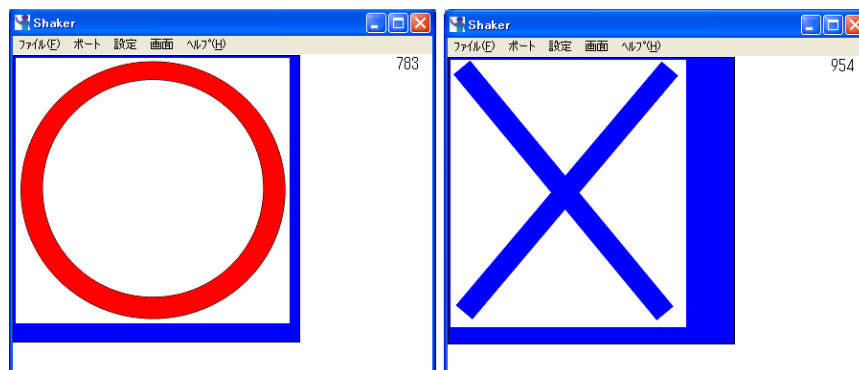


図 9.12 指向性を持たないフィードバック (B) の画面例

9.2.4 実験条件

実験では指向性を持つフィードバック (A)、指向性を持たないフィードバック (B)、フィードバック無し (C) の3グループを作り、学習効果を比較した。実験はシェイカーによるサンバ演奏に慣れていない大学院の男子学生 18 名を被験者とし、各グループ 6 名ずつで実験を行った。

実験の概要を図 9.13 に示す。実験は、はじめにシェイカーの振り方を知ってもらう「イントロダクション」、次にシェイカーの技能習得度を測る「計測 (テスト)」、そしてフィードバックを用いた「学習」となる。以降、計測、学習、計測という流れである。1 回の実験には 30 分程度要する。このような実験を 3 日間繰り返した。

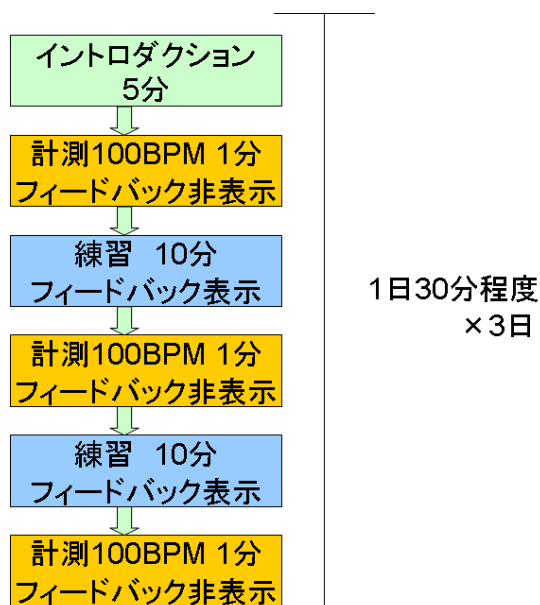


図 9.13 実験の流れ

実験では、教師役（筆者）が被験者に付き添い、必要に応じて実演したり、注意点などを述べたが、可能な限り各被験者に対して平等に指示を出すように注意した。

「イントロダクション」では、シェイカーの振り方をビデオや実演で示して説明した。ただし被験者は説明を受けたからといって、すぐに演奏できるようにはならない。

「計測（テスト）」では、100BPMで拍を刻むメトロノームに合わせてシェイカーを振ってもらった。測定時間は1分間であり、その間の自己相関波形と相互相関係数を記録した。なお計測時にはシステムによるフィードバックを返さず、教師役も指示・実演を行わないようにした。

「練習（学習）」では、80–100BPMで拍を刻むメトロノームに合わせて、教師役が見本を示すとともに、システムを用いてフィードバックを返す。「フィードバック無しグループ」以外は、フィードバック画面の表示を見ながら練習する。被験者がメトロノームが刻む拍にシェイカーを打つタイミングをうまく合わせられない場合は80BPM（ゆっくり）、メトロノームが刻む拍にタイミングを合わせられる場合は100BPM（早め）で練習を行った。

練習において被験者は、教師役と一緒に演奏したり、被験者のみで演奏したりを繰り返した。実験を行っている時に気付いたことであるが、教師役と一緒に振っているときはうまく振れているのに、単独で振るとうまく振れないということがよくあった。そのため、2分おきくらいに一緒に振ることと単独で振ることを繰り返した。そして被験者が教師無しでも演奏できるよう導いた。



図 9.14 実験風景

9.3 実験の結果

9.3.1 学習者へのフィードバックが技能習得に与える影響

シェイカー演奏学習支援システムでは、被験者の自己相関波形と教師役の自己相関波形（理想データ）との相互相関係数を記録し保存できる。実験では、1分間の計測において、

被験者の相互相関係数の推移を記録し、その相互相関係数の推移の始めと終わりの各5秒を除いた50秒を対象として、被験者の平均相互相関係数を求めた。図9.15に、相互相関係数の推移の例を示す。

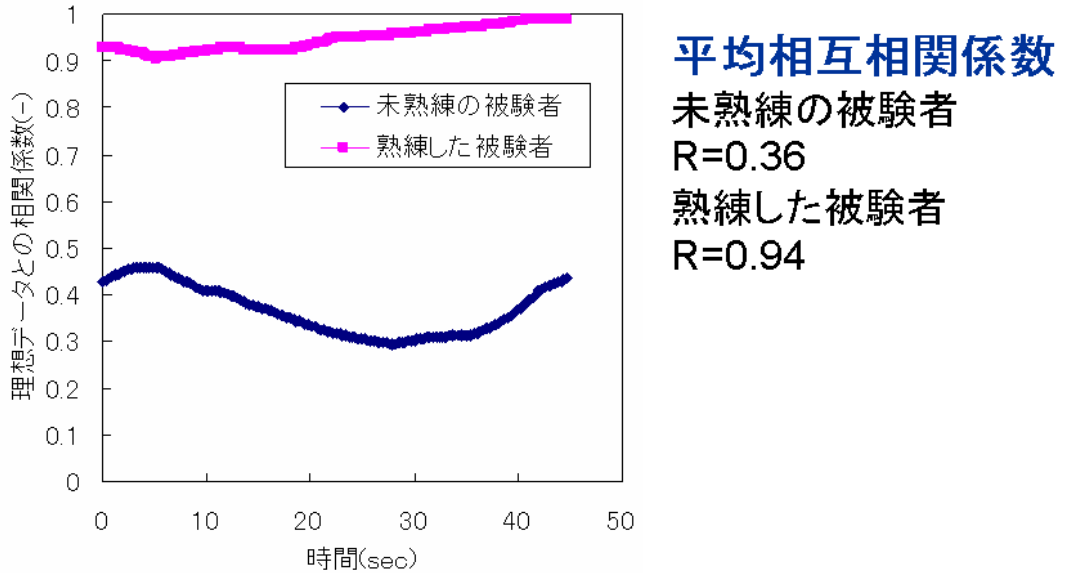


図 9.15 記録された相互相関係数の例と平均相互相関係数の算出結果

50秒間の相互相関係数の推移を平均化し、平均相互相関係数とすることで(計測時における)被験者のシェイカー演奏の熟練度を比較する。比較の対象となるのは、指向性を持つフィードバック(A)を受けたグループ、指向性を持たないフィードバック(B)を受けたグループ、およびいかなるフィードバックも受けないグループである(C)。

各グループについて、それぞれの被験者の平均相互相関係数の推移を示す(図9.16, 図9.17, 図9.18)。各図は、それぞれテスト回数の増加に伴う平均相互相関係数の推移を示しており、横軸にテスト回数(計測を行った回数)、縦軸に平均相互相関係数を示している。また、各プロットは、個々の被験者を表しているが、各グループの被験者は同じく「A」と呼ばれていても実際は別人であることを断っておく。

それぞれのグラフにおいて、被験者ごとにバラツキや、例外があるものの、ほとんどの被験者において、テスト回数の増加(つまり練習時間の増加)に伴って、相関係数1の方向に収束するような挙動が観察される。このことから、ほとんどの被験者が何らかの学習を行っていると考えられる。

図9.19に、各フィードバック方法での全被験者の平均相互相関係数の推移を示す。図9.19はテスト回数の増加に伴う「各グループごとに被験者の平均相互相関係数の平均を取った値」の推移を示している。横軸はテスト回数(計測を行った回数)、縦軸はグループ内で被験者全員の平均をとった平均相互相関係数を示している。

各グループで平均を比べることで、シェイカー演奏技能の習得状態が見えやすくなる。

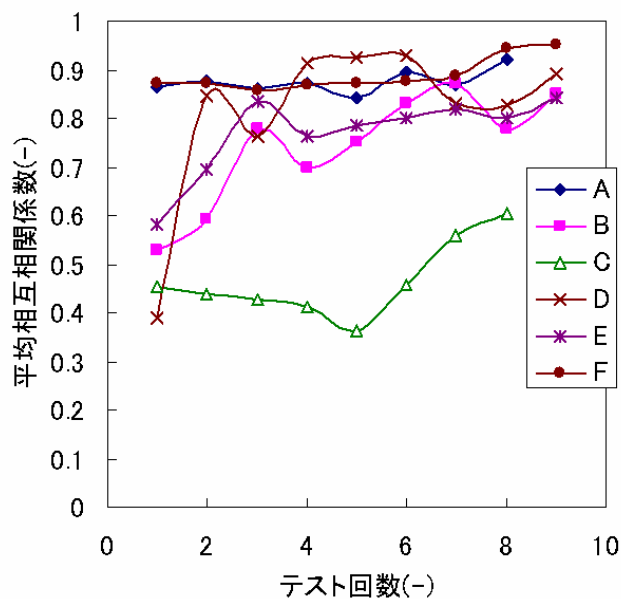


図 9.16 指向性を持つフィードバック (A) を受けた被験者の平均相互相関係数の推移

各グループの平均の挙動を観察すると、どのフィードバック方法でもテスト回数の増加に伴い、平均相互相関係数が上昇していることが観察される。特に、グループ A と B においては、相互相関係数が 1 に向かって収束しているような挙動をとっている。

9.3.2 学習度にもとづく比較

図 9.19 からは、グループ A と B の相互相関係数がフィードバック無しグループ (C) に比べて高いため、学習がなされているように見えるが、学習前 (テスト回数=1 のとき) からの増加率で観察するとフィードバック無しのグループと同程度の学習効果にも見える。実験では相関係数という値の上限が 1 であるから、上限付近の数値は相関係数 0.5 という値とは同等に取り扱うべきではない。そこで、図 9.20 に示すような学習曲線を仮定し、学習係数という概念を導入して習熟度を比較する。

図 9.20 の学習曲線は、次式によって与えられる反比例曲線である。

$$\text{熟練度} = 1 - (1/(\alpha \times \text{学習回数})) \quad (9.3)$$

ここで、熟練度は本実験における平均相互相関係数を指しており、 α は学習係数である。1 単位の学習を行った場合に学習できる効率は学習係数 α によって変動し、学習係数が高いほど技能はより早く熟練に向かうことを示す。ここで、学習係数である α を求めることができれば、相互相関係数の変動から、技能の学習の効率を各グループにおいて算出することが可能となる。

本研究では熟練度を相互相関係数で表す。このとき‘学習度= $(\alpha \times \text{学習回数})$ ’とすると、

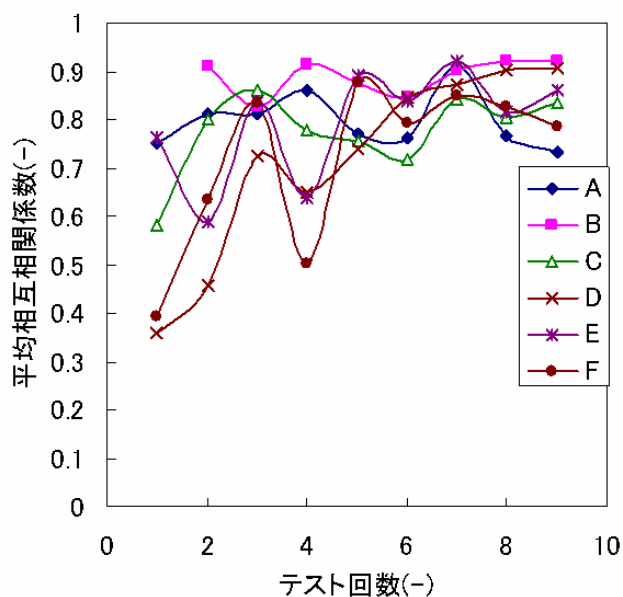


図 9.17 指向性を持たないフィードバック (B) を受けた被験者の平均相互相関係数の推移

上式は次式に置き換わる：

$$\text{相互相関係数} = 1 - (1/\text{学習度}) \quad (9.4)$$

変形により、各被験者の学習度は以下の式で導かれることとなる：

$$\text{学習度} = 1 - (1/\text{相互相関係数}) \quad (9.5)$$

各フィードバック方法について、グループごとに学習度を求め、テスト回数に対する学習度の推移を取ると図 9.21、図 9.22、および図 9.23 のようなグラフが得られる。グラフの横軸はテスト回数、縦軸は学習度を示しており、各々のプロットは被験者を表している。各々のグラフにおいて、多少の波はあるものの、テスト回数の増加に伴って学習度が増加していることが観察された。

また、各被験者の学習度をそれぞれのグループごとで平均した時の学習度の推移を図 9.24 に示す。図 9.24 は、図 9.21、図 9.22、および図 9.23 と同様、グラフの横軸はテスト回数、縦軸は平均を取った学習度を示している。図 9.24 からは、よりはっきりテスト回数の増加に伴う学習度の増加が観察される。

また、図 9.24 に示された各グループの学習度の推移は、ほぼ直線で近似可能であると考えられる。これは、本研究で仮定した学習曲線と実測された学習曲線がほぼ正確にフィッティング可能であり、本研究で仮定した学習曲線が現実の現象と近いことを示唆している。

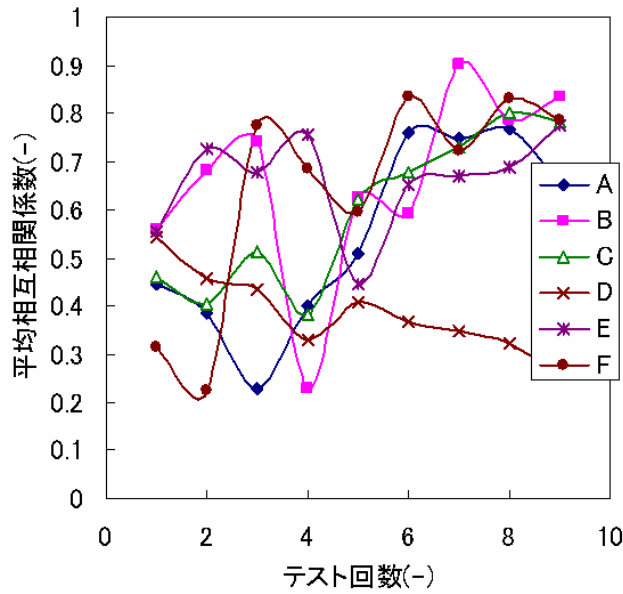


図 9.18 いかなるフィードバックも受けない被験者 (C) の平均相互相関係数の推移

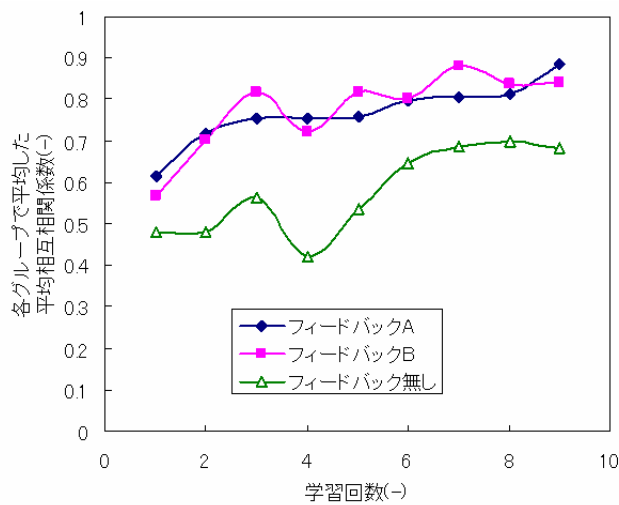


図 9.19 各フィードバック状態での全被験者の平均相互相関係数の推移

9.3.3 学習係数にもとづく比較

学習度 = $\alpha \times$ 学習回数であったことから、 i 回目のテストの学習度を L_i としたとき、学習係数 α は次の式で導くことができる：

$$\alpha = \Delta L_i = L_i - L_{i-1} \tag{9.6}$$

各グループの被験者群について学習係数を計算し、平均を取ったものを図 9.25 に示す。

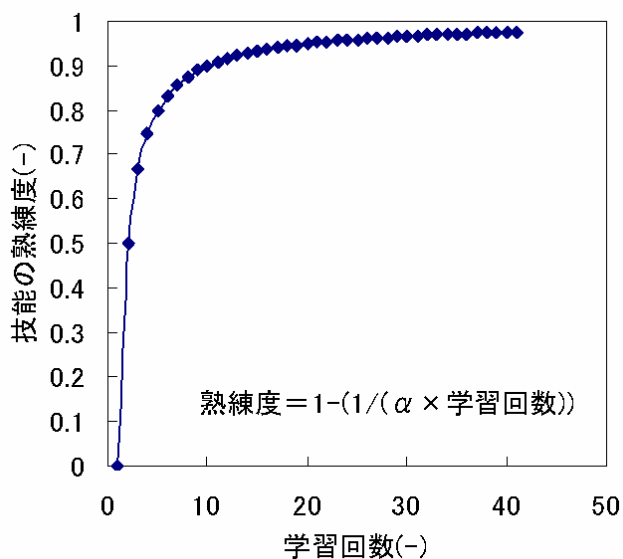


図 9.20 本研究で仮定する学習曲線

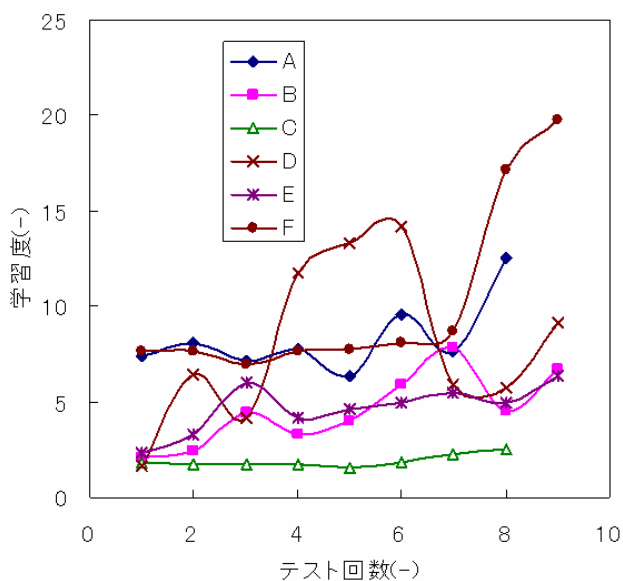


図 9.21 指向性を持つフィードバック (A) を受けた被験者の学習度の推移

被験者数が 1 グループ 6 人と少ないので統計的に強くは言えないが、t 検定 (有意水準 = 0.1) により有意差を調べたところ、指向性を持つフィードバック (A) によって練習を行ったグループと、フィードバック無し (C) で練習を行ったグループの学習係数には有意な差が認められた。また、t 検定による有意差は認められなかったものの、指向性を持つフィードバック (A) によって練習を行ったグループと、指向性を持たないフィードバック (B) によって練習を行ったグループとでは学習係数に大きな差があることが観察された。

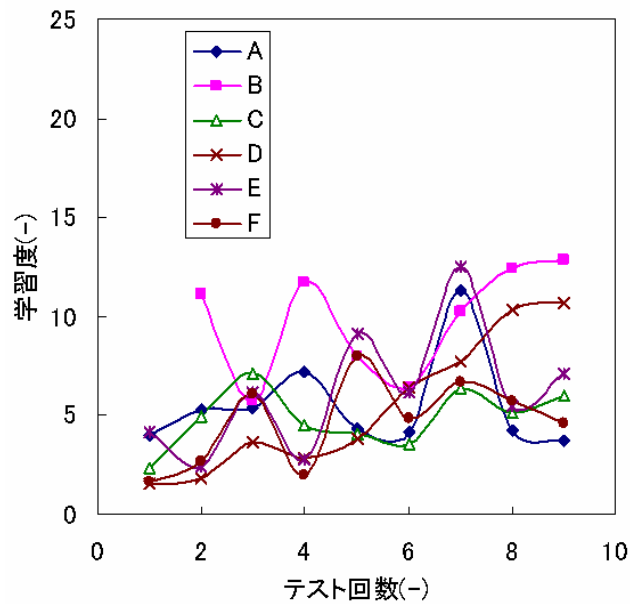


図 9.22 指向性を持たないフィードバック (B) を受けた被験者の学習度の推移

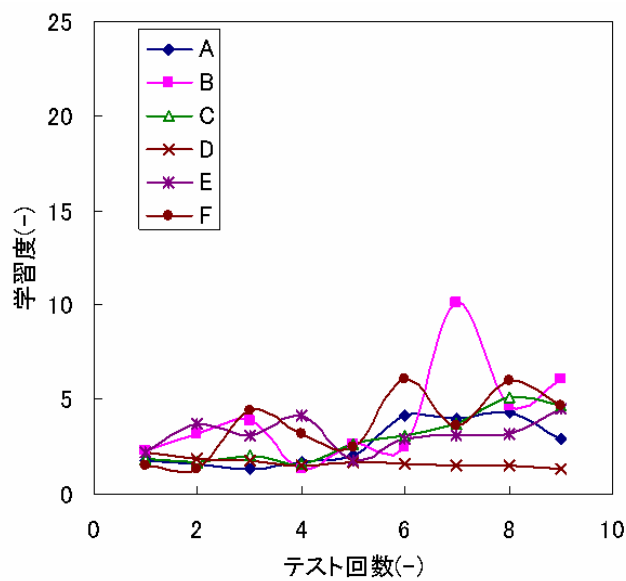


図 9.23 いかなるフィードバックも受けない被験者 (C) の学習度の推移

9.4 考察

9.4.1 指向性を持ったフィードバックが技能学習に与える影響

指向性を持つフィードバック (A) を得て練習したグループと、フィードバック無し (C) で練習したグループの間で、学習係数に大きな差が見られた原因について、以下のように

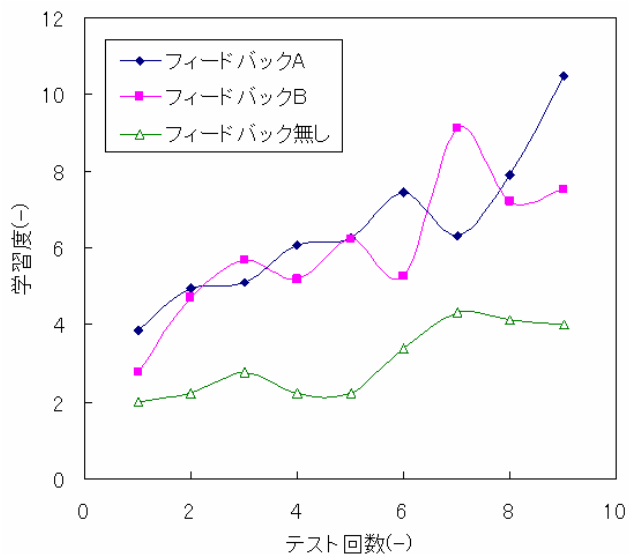


図 9.24 各フィードバック状態での全被験者の学習度の推移

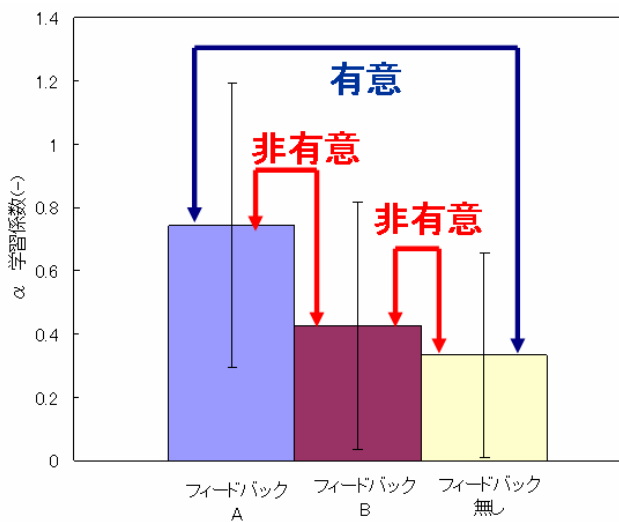


図 9.25 各グループの学習係数の比較

考えられる。

フィードバック無し (C) で練習したグループでは、被験者は教師の動作を真似ることで演奏しようとするが、その際に得られるフィードバックはシェイカーを鳴らす音だけである。しかし、被験者にとって聴覚情報は構造的に欠け、リズムの違いを説明できない。音楽教育を受けていない者にとっては教師が演奏するリズムを正確に記憶することも難しい。結果、このため、被験者はどのようなリズムができれば正確にシェイカーが振れているかわからないまま、教師を真似ることになる。

教師の腕振りを真似ようとしても、シェイカーを振る動作を細部まで観察するのは人間には難しい。例えばテンポ 100BPM で演奏する場合、1 拍は 0.6 秒であり、シェイカーを動かす一つの動作は 0.15 秒で遷移する。しかし、人間が反応できる最小の時間は 0.5 秒前後であると言われており、100BPM で振られているシェイカーの動きを細部まで観察することは困難である [藤波 06]。被験者自身が振っているシェイカーも、被験者はどのように鳴っているか良く分からず、分からないものを分からない教師の演奏と比較しても正しく演奏できているかどうか判断できない。

対して、指向性を持つフィードバック (A) は、正誤の判断基準が音ではなく腕振り動作の自己相関であり、被験者は自身の腕振りの様子を自己相関波グラフから観察できる。同時に、教師役の自己相関グラフ (理想データ) と比較できるため、被験者は理想状態と現在の自己の演奏状態の差異を知ることができ、理想状態を目指した試行錯誤が可能となると考えられる。

9.4.2 指向性の効果

指向性を持たないフィードバック (B) のグループの学習係数は、指向性を持つフィードバック (A) のグループとフィードバック無しのグループ (C) のどちらの学習係数と比較しても有意差が無かった。しかし、指向性を持つフィードバック (A) のグループと指向性を持たないフィードバック (B) の学習係数の間には有意差こそなかったものの、大きな差があるように感じられる。最も大きな差は指向性である。

指向性を持たないフィードバック (B) の場合、フィードバックは動作が正しいか間違っているかを返すだけであり、どのように技能を修正すべきか、そのヒントを被験者に与えない。「×」が表示されている間、被験者は自身の技能が間違っていることを知り、試行錯誤により修正を試みるが、理想とされる動作はわからない。

試行錯誤を繰り返して「 」が表示された時、被験者は動作が正しいことを知るが、シェイカー演奏に関わる物理パラメーターのどれが「 」を出すために重要かを知るには、さらなる試行錯誤が必要となる。例えば、「 」を出した時の状態から、指の位置を少しずらすと教師の演奏から遠ざかるかという疑問に対して、正誤のみ返すフィードバックからは回答が得られない。特に、初心者の多くは演奏中に力が入って動きが固くなりがちであるが、その状態で「 」が表示されると、力の入れ方を探る試行に時間がかかってしまう。

指向性を持つフィードバック (A) の場合、被験者は自己相関波形の挙動から、シェイカーの振り方、安定性、タイミング等、自己の演奏のどこに間違いがあるかを知ることができ、間違いのある箇所をどう修正するかを決めることができる。例えば、自己相関波形の山 (極大値) が理想的な波形に比べて右にずれてれば、被験者はアクセントのタイミングが遅れていることを知り、アクセントのタイミングを修正できる。これは指向性を持ったフィードバックから得られる情報の特徴といえる。フィードバックに指向性を持たせることで、学習者は試行錯誤の中でどの要因が重要であるかを理解でき、より効率的に技能を習得できるものと考えられる。

9.4.3 教師に対するシステムの影響と正誤判定

本研究では、学習者の動きから得たデータを元に、学習者が認知できなかった動作の周期性や安定性を可視化し、学習者にフィードバックすることで、シェイカー演奏技能の習得を支援できた。

実験では筆者が教師役を勤めたが、私を感じたこととして、学習者が認識できていなかったものを認識可能な状態にすることにより、教師から見た「教えやすさ」も大きく変わっていたと感じられた。

まず第一に、学習者に波形を見せることにより、「どこが悪いか」という説明が具体性を持つことである。学習者は、教師が間違いを指摘しても何が間違っているのかわからないといった状態に陥りやすい。これは、教師が認識していることと学習者が認識していることに食い違いが出ているためである。例えば、教師が「部屋の中のタンスに埃が積もっている」のを認識し、学習者に「埃を払え」と命じたとしても、学習者が「家」を見て「綺麗だ」と思っていたら、その埃が見えていないのだから掃除しようとは思わないだろう。そのような場合、システムを用いることにより学習者を家の中に連れて行くことができる。つまり、学習者に「部屋の中」を認識させることで教師との認識の違いを解消できるのである。教師はシステムを用いることによって、間違いを具体的に学習者に示すことが可能となる。

第二に、教師役が暗黙的に捉えていた初心者間違いを教師自身が具体的に認識し、気付くことができることである。学取捨の演奏が間違っていた場合、教師はその間違いがあることに気付くことができる。しかし、多くの場合、教師は技能を暗黙的に捉えられており、「間違っていることはわかるが、何を間違っているかわからない」という状況に陥りやすい。しかし、システムによって学習者の行っている動作が見える形で表されることによって、教師はより細かく学習者が行っていることが観察でき、それまで漠然と感覚で捉えていたものが、より具体的に見えてくることになる。これによって教師は、学習者のどこが間違っているのかに気付き、それを指摘できるようになる。

第三に、最も興味深いことだが、教師自身がシステムによりフィードバックを受け、「教える」という技能の正誤判定が得られることである。システムを用いることにより、それまであまり見えていなかった点が教師に見えるようになる。教師は、以前自分が出していた指示が学習者にどのような変化を与えるのかを詳細に確認できるようになる。どのような指示を出せばどのような変化が起きるかより詳しく知ることができるので、学習者の動作が良くなったとか悪くなったといったフィードバックが教師の教え方にも影響を与えると思われる。システムが教師の教え方に対して正誤判定を与えることも十分に可能である。この点は、システムを用いるもう一つの利点となると考えられる。

9.5 結論

本章では、シェイカーによるサンバ演奏の技能に対して「シェイカー演奏技能習得支援システム」を構築し、技能の習得を支援した。

支援する際、学習者を3つのグループに分けた。すなわち、指向性が有るフィードバックを返すグループ(A)、指向性が無いフィードバックを返すグループ(B)、フィードバック無しで練習するグループ(C)である。

実験の結果、学習の効率を示す学習係数を各グループの被験者に対して求めたところ、指向性が有るフィードバックグループ(A)とフィードバック無しのグループ(C)の被験者の学習係数の間に有意な差が観察された。このことは指向性が有るフィードバックグループ(A)は効率的に技能を習得していることを示している。この実験により、正誤判定を与える技能習得支援は、技能習得の過程を効率化することが確認できた。

また、指向性が有るフィードバックグループ(A)と指向性が無いフィードバックグループ(B)を比較したところ、 t 検定による有意差は認められなかったが、学習係数に大きな差があった。これは、指向性が有るフィードバックグループ(A)では、演奏方法が間違っている場合、どのように修正すべきかを被験者が理解できるのに対して、指向性が無いフィードバックグループ(B)では、目標とする動作が不明確で、どのように修正すべきか理解できなかったことが原因と考えられる。

第 10 章

スキルサイエンスとエンタテイメント

出典: 藤波 努, スキルサイエンスとエンタテイメント,
エンタテインメントコンピューティング 2007 論文集, pp. 1-4 (2007.10.1).

10.1 スキルサイエンス

スキルサイエンスは、経験を通して体験的に獲得する知識を研究する [古川 05]。スキル (技能) の例としては、楽器の演奏やダンス、デッサンなどが挙げられる。これらの技能はいずれも言葉で説明しにくいという特徴がある。経験者にしかわからない「ものの見方」を含んでいること、身体の動きとしては全身が協調して動作すること、動作のタイミングが重要であることなどが、言葉で説明しにくいことの原因と考えられる。では計算機を使うとこれらの制約から逃れられるのであろうか。本稿では技能習得に計算機がどのように利用できるのか、その可能性を議論する。

10.2 エンタテインメント

スキルサイエンスはエンタテインメントにどのように貢献できるのであろうか。スキルサイエンスには大きく二つの問題がある：

- 技能の本質を明らかにする
- 技能を (効率的に) 習得する方法を見いだす

第一の問題を追究するために、熟練者と初心者の違いは何かを調べる。熟練者が優れている点を明らかにすることで、技能の本質が理解される。第二の点は応用問題であり、到達すべき状態がわかった上で、学習者がそこに至る過程を支援するものである。

エンタテインメントという観点からスキルサイエンスが果たしうる役割を考えると、第一の点 (技能の本質追究) では、熟練の技の見所を明らかにすることが挙げられる。芸術家

の立場からは、自らが磨き上げてきた技術を自覚でき、自信を持って探究を進められるという利点がある。目標を明確に示すことが弟子の動機付けとなる側面もあり、その点では後進の育成にも効果がある。

第二の点（習得支援）では、スキルサイエンスは初心者が技を身につけていく過程を支援する。この点において、支援の対象となるのは、初心者が基礎を身につけるまでに限定される。より高度な表現のレベル、すなわち一定の技能レベルを確立した上で追究していく芸術的表現については、支援の対象としない。なぜなら後者は個性が全面に出てくる段階であり、定式化が難しいからである。

エンタテインメントとの関わりでは、スキルサイエンスは「できる喜び」を与えるものと考えられる。通常、エンタテインメントは鑑賞の楽しさが強調されるが、自身もパフォーマンスに参加することから得られる楽しさも存在する。表現が生まれてくる現場に参入することによって得られる喜びは、鑑賞から得られる喜びを包含し、超えている。

たとえば岡田暁生は、音楽を鑑賞する以上の体験がピアノ演奏から得られることを指摘している [岡田 03]。ラベルとドビュッシーのピアノ曲を演奏体験から比較すると、その違いは「指先から肩にかけての身体感覚の違いとして立ち現れる」という。ラベルの作品を弾くときは「奇妙に窮屈で、身体を細い糸で縛られ、締めつけられ、ねじられるような」感覚があり、ドビュッシーの場合は、「思い切り身体が解放される快感であり、心地よい重さを伴った脱力感」であるという。このように、演奏する者だけが知る曲の趣というものが存在する。表現が生まれてくる現場に参入することで得られる喜びを、より多くの人々に知ってもらうことにスキルサイエンスは貢献できると考える。

10.3 技能習得の障壁

10.3.1 大人のための教室

研究の対象となるのは、初心者が一定の基礎を身につけるまでと上述したが、初心者として念頭に置いているのは成人である。楽器演奏については、幼児のうちから練習を始めるのがよいとされ、3歳から6歳までの間に習い始めることが多い。成人と幼児では学習の仕方が大きく異なる。幼児の場合、演奏技能の問題に突き当たっても身体の柔軟性が高いため、自然に乗り越えていく。学習の過程で身体そのものが成長していく（骨格と筋肉が形成されていく）という利点もある。

一方、成人の場合、身体は既に出来上がっており、身体の制御もある程度できる。人によっては何らかの身体技能を既に身につけている場合もある。しかし成人には幼児のような柔軟性と適応能力がないため、技能を身につける上では苦労が多い。幼児のように自然に適応していくことはほとんど期待できないため、目的を理解しつつ意識的に練習しないと上達は望めない。外国語の習得と事情は似ており、子供は遊びながら学べるが、大人は文法を学ばないとなかなか話せるようにはならない。

技能習得において難しいのは、教える側に問題解決で悩んだ経験があまりないというこ

とである。楽器演奏を例にとると、多くの場合、教師は幼少時から練習を始めており、学習過程で直面した問題は自然に解決してきている。したがって学習者がぶつかる問題に気づいても、的確なアドバイスを与えるのはなかなか難しい。解決方法を覚えていないか、あるいは意識したことがないためである。スポーツでも優れたスポーツ選手が優れたコーチになるとは限らないという指摘があるが、同じことはここでも言えて、技能を教えるには（その技能ができることに加えて）教授の能力が要求されるのである。このことは教授される者が成人である場合、特に重要である。

10.3.2 間違った動作イメージ

以下では、個人的体験を交えながら成人の技能習得過程を描写していく。大人になって私が興味をもったのは三味線である。一時海外で暮らしたことがあり、その際、和楽器ができないこと、日本の音楽を紹介できないこと、その知識もないことが残念でならなかった。そこで日本に戻って後、三味線を習う機会を探し、2002年から町の同好会で簡単な曲を習い、2005年2月からは個人レッスンを受けている。

三味線を習う上で私が苦労したのは、この楽器を弾くイメージが自分の（身体イメージ）ボキャブラリーの中になかったことである。最初に三味線に対して私が抱いたのは、ギターのイメージであった。ギターは指先またはピックで弦をはじく撥弦楽器である。カテゴリーとしては三味線とギターは同じ撥弦楽器に分類され、共通点はある。したがってギターを弾くように三味線を弾くことから始めたのだがこれは全くの間違いであった。

ギターのイメージをもって、三味線の撥（パチ）で弦をはじいても音は出る。しかし音量がまったく足りないこと（小さな音しか出ない）、また音質そのものが三味線の音ではないことが問題である。「撥弦楽器」というのは楽器の構造に対して付けられたラベルであって、それを演奏する身体の動きはまったく異なる。ギターを弾いた経験が三味線に生きるかということというのはなく、むしろ誤った動作イメージを持ち込んでしまう危険がある。

10.3.3 間違った身体イメージ

ギター演奏は参考にならないことがわかったので、三味線演奏者を観察した。テレビで見られる三味線演奏は長唄や常磐津、清元が多い。また最近では津軽三味線の演奏も見られることがある。自分が習っていたのは津軽なので、演奏上の特徴がどこにあるかを観察した。津軽三味線の演奏上の特徴は棹を立てて弾くことである。伝説では「仁多坊」がこの奏法を編み出し、そのお陰でダイナミックな演奏が可能になったと言われている。長唄や常磐津の三味線を見ると、たしかに棹を立てておらず、曲想もどちらかというと穏やかである。

棹の角度は右手で持つ撥の角度に影響する。弦を撥く際には、弦に撥先が直角に当たることが望ましい。長唄三味線のように棹を低く構えると、撥を持つ右手を手首を中心にし

てやや右方向に傾ける必要がある。また弦を撥く動作は手首の回転動作となる。動作の主動部が手首なので速いパッセージが弾きやすい。ただし、強く撥けないので音量は上がらない。しかし、長唄の音楽表現上はこれで十分である。

一方、津軽三味線の奏法をみると、手首の回転だけではなく、肘から先で叩くようにして弦を撥いている。そこで動作の主動部は右肘だろうと考えた。なぜ棹を立てて弾くかといえば、(肘から動かすので)あまり手首に力を入れられない。力を入れないと右手首を右方向に捻れないのでバチ先が自然に手前に傾いてしまう。その状態で撥先を弦に直角に当てるには棹を立てざるを得ないのである(図10.1)。棹を立てるのは結果であって原因ではない。(棹を立てる角度は撥の大きさに依存する。三味線よりも大きな撥を使う薩摩琵琶の演奏を見ると、楽器を垂直に近い角度まで立てていた。)



図 10.1 バチの持ち方と棹の角度の関係

ここまででは良かったが、肘から先の運動を制御するために肘の関節を意識したのは有益ではなかった。津軽三味線の演奏者をみると、撥を握る右手の肘が大きく動いていたので、この部分が重要なだろうと判断したが、肘部分の動きを意識するとそういう動きは作り出せない。冷静に考えてみればわかることであるが、関節そのものを能動的に動かすことはできない。関節を横断してついているいくつかの筋肉が協調して動くと、関節がそれに従って動くだけである。関節と筋肉の関係は解剖学的には明らかとなっているが、日常、我々がその意味するところを自覚することは少ない。意識して制御できるのは筋肉だけであるという点に思い至るのに時間を要した。

10.3.4 間違った制御イメージ

とはいえ、筋肉の使い方を制御するのはなかなか難しい。これが簡単なら誰でも優秀なスポーツ選手になれるだろう。力の入れ方は目に見えないから、適切なお手本がない。骨格の特徴や筋肉の発達の仕方は人によって異なるから、ある人にとって適切な方法が別の人にとっても有用ということにはならない。しかし何かしら見えるものはあるはずだ。

この点において私にとって有益だったのは、人から受けたごく簡単な指摘だった。三味線の師匠に稽古をつけてもらっている映像を撮りためているのだが、その映像を別の研究者に見てもらったとき、自分の演奏に対して「棹が揺れている」との指摘を受けたのであった。師匠の三味線を観察すると確かに棹はゆれていない。自分の演奏は姿勢が安定していないことに気づいた。

肘から先を柔軟に、かつ安定感をもって動かすには、腕がついている胴体が安定している必要がある。理屈としては理解していたつもりだが、実際には出来ていなかった。演奏中にはどうしても手先の動作に注意がいきまわり、背中を安定させることまでは気が回らない。体幹部の制御は、基本的であるからこそ難しい。

演奏する意識の上では、初動は腕ではなく、背骨から始めなければならないと考えた。背中から動作を始めることで、姿勢が安定する。(実際には、背中を安定させるため、さらに下半身の安定が不可欠である。)背筋から肩、腕、手の順で動作を意識することで、全体の動作が安定する。これが出来たかということ、まだ習得できない。

10.4 動作のタイミング

ここまで、体の使い方、意識の仕方が変わってきたことを描写してきた。私自身の発見は次のようにまとめられる：

- 全身の筋肉を使う
- 無駄な力を使わない

前者は動作の安定につながる。後者はスピード向上(または制御の柔軟さ)につながる。両者は相反する側面もあるため、両立させるには時間がかかる。

第二の「無駄な力を使わない」ことを達成するには、時間という要素が関係してくるため、より習得困難である。どういうことかといえば、ある動作を行う場合、刻一刻と動かすべき筋肉は変わる。三味線演奏を例にとると、撥が弦を叩くまで、背筋から肩、腕、手の順で力を入れるべき部位が中心から末端へと移っていく。しかもその遷移は一瞬である。一瞬とはいえ、思考(意図)した瞬間と同時ではないから、意図から動作までの時間遅れを何らの形で処理しなければならない。この技術を習得するのに時間がかかりそうである。

最近、実験をしていて気づいたのだが、自分の時間感覚はやや前倒しになっている。他人と手拍子をとるとわずかに早いタイミングで打っている。コンピューターを使ってメトロノームにあわせて演奏すると、早めに鍵盤を叩いている様子が見て取れる。自己分析では、これは幼少期にピアノを弾いていたことが影響しているのではないかと思われる。ピアノという楽器は鍵盤を叩き始めてから音が出るまで、しばらく時間を要する。これはピアノが音を出す機構に依るもので、演奏技術によって改善できるものではない。耳に聞こえてくる音(聴きたい音)と身体動作のタイミングを合わせるために、身体動作のクロックがごく僅か、早めにずれているようである。

時間感覚の調整という課題がある。これまで体の末端だけで演奏していた者が全身を使って体の奥から（たとえば仙骨から）動作を始める意識を持つと、実際の演奏動作までのタイムラグが強調される。自分の場合は、三味線演奏で全身を意識するにつれて、音を出そうと意図した時から音が出るまでの時間遅れが気になりだした。

ノリ（グルーブ感）というのは音楽において重要な要素であるが、ノリはここでいう時間感覚の調整と関係しているのではないかと。すなわち、音を出そうと意図するタイミングと、実際に音が聞こえてくるまでの時間差は、意識的には処理できず、身体レベルでのみ解決可能であり、そこで起きていることがノリの感覚を生み出しているように思われる。演奏者だけが鑑賞できる曲の味わいとは、意識にある「出したい音」と外界にある「物理的に聞こえてくる音」の時間的なズレに源泉があり、ズレを解消する主体的活動の中で感じ取られるものなのだろう。

10.5 計算機を使った技能習得支援

ここまで個人的体験に基づいて技能習得について考察してきたが、振り返って、センサーや計算機による解析がどの程度、有効なのであろうか。

経験的にいうと、自分の演奏している様子をビデオ撮影し、後からじっくり観察することは有益であった。姿勢やフォームのチェックなどはビデオ映像で対応できる。高速度撮影カメラは撥と弦の角度、および叩き方（撥き方）を見るのに有益であった。画像認識の技術が応用可能な部分であるが、敢えて座標計算などしなくても一目瞭然ではあるので、技術の発展性を考慮するなら不要かもしれない。

全身動作の協調性、またそれらのタイミングを観察するには加速度センサーの利用が有望と思われる。肩、腕、肘、手首での加速度変化を計測すれば、正しく協調動作ができていのかどうかは判定できるものと予想される。EMG（筋電計）による計測が併用できればさらに正確な判定ができるだろう。

10.6 将来の見通し

センサーや計算機を使った習得支援の可能性は大きいですが、万能ではないことも留意しておく必要がある。技術が発達すれば独学が可能になるかという点については、よい教師について練習に励むことが今後とも最善であろうことを指摘しておきたい。どれだけ精度の高いデータが取れたとしても、それはあくまでも演奏の外面をなぞったものであり、現状把握を助けるものではあるが、それ以上の情報（対策や改善方法）はそこには含まれない。

問題の原因を探ったり、改善方法を考えるのは人間のみがなし得ることである。したがって、センサーや計算機を使った習得支援は、教える側からみた教授支援の一環ととらえるのが適切である。既存の教授方法にセンサーや計算機を取り入れることで、教授法の有効性（学習者の習得レベル）を客観性に検証し、より効果的な教授法を考えていくことを手助けするのが本来の役割と考える。

第 11 章

アメリカンフットボールのスローイングが野球の投球フォームに与える影響について

本稿は以下の発表原稿に加筆・修正したものである。

初出: 青山 賢作, 市川 大祐, 藤波 努,

アメリカンフットボールのスローイングが野球の投球フォームに与える影響について, ジョイントシンポジウム 2006(スポーツ工学シンポジウム・シンポジウム: ヒューマンダイナミクス), pp. 125-129 (2006.11.9).

11.1 はじめに

11.1.1 背景

著者の一人は高校時代、宇都宮学園（現・文星芸術大学付属高校）で硬式野球部に所属し、投手を務めていた。しかし、高校 2 年生の時に肘のケガ（じん体の負傷）をしてしまい、現役を余儀なく引退した。ケガの原因は投球フォーム時の「肘が低い」状態で投げていたことがわかった。

最近では野球の投球フォームを学ぶために工夫された練習方法が存在する。その中でも今回はアメリカンフットボールに着目した。アメリカンフットボールを投げる練習は「肘と肩と腕の捻り方が自然に身につく効果がある」と言われている。

このアメリカンフットボールの投球方法を踏まえ、被験者と共に練習（試行錯誤）を通して理論を学ぶ。取り組んでいるスポーツの身体動作を習得するには、その身体動作の理論を理解し、練習（試行錯誤）を通して理論通りに身体を動かすための感覚を得る必要がある。

著者は平成 16-17 年の 1 年間、少年野球の指導を行った経験がある。子供に野球理論

を説明しても理解できないのが事実であり、投球の感覚を練習（試行錯誤）してもらい「体のどこの部分投手に重要なのか」を身体で「投球感覚」を理解してもらうことが重要であった。また投球感覚というのは本人にしか理解できず、個々人により感覚的理解は異なり、感覚による知識を共有することは困難である。

11.1.2 スポーツにおける試行錯誤の現状

スポーツをする際、自分自身は「できる」けれど、その「できる」過程を上手く伝えることができない、ということがよくある。M・ボラニーは「人は語ることができることより多くのことを知ることができる」と述べ、このできるけど語れない知識・技術を「暗黙知」としている。スポーツの経験を通して得た感覚を人に上手く伝えられないのは、スポーツにおける知識・技術が正に暗黙知だからだと考えられる。

そして言葉にできない知識・技術は、実際に体験する過程を通してしか学ぶことができない。例として、自転車の乗り方を挙げる。日本で生まれ育っていればほとんどの人が自転車に乗ることができるが、自転車に乗れるようになるまでは何度も失敗し試行錯誤を繰り返し、その過程で「乗れる」感覚を掴んでいったはずである。しかし、どのようにしてその感覚を掴んだのか、自転車に乗っているときの感覚はどのようなものなのか、ということの説明するのは難しい。

11.1.3 スポーツの学習過程

感覚を掴む練習として、習得したい感覚が得られやすい別の運動を行い、そこで得た感覚を目的の運動の感覚にフィードバックさせる方法がある。例えば、二軸歩行、二軸動作では「膝を抜く」感覚が重要になるが、この動作の感覚を覚えるために、オンブして坂道を登ったり降りたりする練習することがある。こうすることで歩行動作が制限され、膝を抜いて進むしかなくなる。こうして数メートル歩くと「あ、この感覚か」となり、オンブを外して同じ感覚であるけば「膝を抜く」感覚を身に付けることができる [小田 06]。このように、目的とする感覚を得やすい動作で練習することは言語表現で指導するよりも効果的だと考えられる。

11.1.4 目的

野球の投球練習においても、アメリカンフットボール（以降アメフト）のキャッチボールで野球の投球動作に必要な感覚を覚えさせようとするところがある [立花 06, 池田 06]。しかし、アメフトで得た感覚が野球の投球動作にどのように影響するのかは明確になっていない。

そこで本研究では、野球の投球練習に、アメリカンフットボールの投球動作取り入れることで、野球の投球動作にどのような影響を与えるのかを明らかにし、投球練習としての有用性を検討する。

11.1.5 方法

高校時代に軟式野球を経験している大学院生1名と、キャッチボール程度の野球経験しない大学院生2名の計3名を被験者として、アメフトの投球練習を一ヶ月程度行い、ハイスピードカメラ及びスピードガンを用いて、練習を行う前後でのフォームの変化と球速の変化を比較・分析した。アメフトの投球練習時には、被験者はアメフト経験者から投げ方の指導を受けた。

比較・分析に先立ち野球の投球動作とアメフトの投球動作について、その理論を整理し、両者の共通点を見出した。以下では我々の発見を説明する。

11.2 野球の投球理論

ピッチング動作は一般的に以下の局面に分類される：

- ワインドアップ期：Wind up
- 初期コッキング期：Early coking
- 後期コッキング期：Late coking
- 加速期：Acceleration
- (リリース) フォロースルー期：Follow through

これらの局面において効率よくボールに力を伝えることができれば、速い球を投げることができる。そしてそれを可能にするフォームが正しい投球フォームである。この章では分類した局面にそって投球動作に必要な動きと運動メカニズムを紹介する。

11.2.1 ワインドアップ期：Wind up

投球動作が開始する期で、振りかぶって足を上げてからグラブとボールを握った腕が離れるまでがワインドアップ期である。ここでは軸足の股関節は内旋する。そうすることでより強い力で直後の動作から始まる軸足の旋回(外旋)及び前方への並進運動を行うことができる。そのためには軸足に全体重を乗せて真っ直ぐ立つことが必要であり、頭、グラブ、軸足の膝・つま先が一直線上になるように立つ。もう一方の足はその直線上に来るように上げる(図 11.1a)。

11.2.2 初期コッキング期：Early coking

グラブからボールが離れてから踏み出す足が地面に接地するまでが初期コッキング期である。ここでは軸足が旋回しながら前方へと重心が移動していくが、このとき、踏み出す足を内旋させる。そうするとヒップファースト(お尻が先行する状態)で並進運動を行うことができ、身体が前方へ開かなくなる。そうすることで、ワインドアップ期に蓄えた力

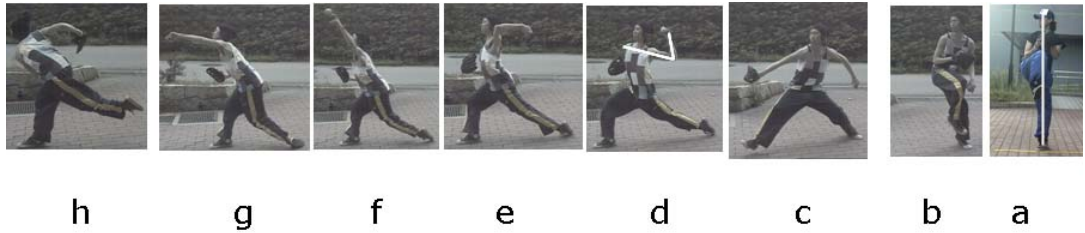


図 11.1 正しい投球フォーム

を逃げるのを防ぐ。踏み出す足が接地するときにも、同様の理由で膝が開かないように注意する。

グラブからボールが離れたあとの腕の動きも重要である。腕は投球モーションが始まってから終わるまでに内 外 内と捻りながら振る。最後に内に捻るところでリリースを迎えるが、このときに強い捻りを発生させるのは、一つ前の外に捻る動作であり、この外転が強いほどリリース時の内転が強くなる。そして、その外転の強さを生むのが最初の内転動作ということになる。ゴムが動力のプロペラは強く捻れば捻るほど勢い良く回転する。それと同様に、最初に内に筋肉を捻ることで、強い力で外転し、そして最後に勢い良く内転する [手塚 98]。よって、グラブとボールを離していくときには、腕はしっかり内転させる (図 11.1 b, c)。

11.2.3 後期コッキング期：Late coking

肩の外旋・外転がピークを迎えるところまでが後期コッキング期である。このとき、踏み出す足は、回転しながら重心が軸足股関節から踏み込んだ足の股関節の方に移っていく。この期では上半身から軸足にかけて弓がそったような状態になり、ここでも力を逃がさないように動いている。

腕はトップと呼ばれる状態をつくり、そこから胸の張りに引っ張られて肘が先行して、肩の外旋・外転が最大となる。ここで重要なのはトップをつくる時に肘が肩のライン上かやや上に位置することである。この位置に肘があるときは肩の周りの筋肉と腕の骨が一直線 (ゼロポジションと言う) になり、上体の力が腕に伝わる。肘が肩のラインより高かったり、低かったりすると、力が伝達されないばかりか、肘や肩の故障につながると思われる。

11.2.4 加速期：Acceleration

肩の外旋・外転が最大となった位置からリリースまでの間を加速期という。ここでは、外旋・外転された腕が強力に捻り戻されるように内旋・内転しながら伸展する。ここで最もボールが加速される。身体が正面を向いたところで踏み込んだ足の股関節に完全に移動する。そして腕が伸びきって、腰、上体、掌が正面を向いた瞬間にリリースする (図 11.1d,

e, f)。

11.2.5 フォロースルー期：Follow through

ボールをリリースしてから腕を振り切るまでをフォロースルー期という。加速期での腕の内旋・内転はリリース後も続く。内転は腕が正面に真っ直ぐ伸びたところでピークを迎え、このとき親指が下、小指が上を向く。その後、腕は踏み込んだ足に巻き付くように振り降ろされる。重心は完全に踏み込んだ足の上であり、もう一方の足はリリース時に蹴り出した反動での足の裏が一瞬真上を向いてから着地に向かう。これで投球動作は終わりである(図 11.1g, h)。

11.3 アメリカンフットボールの投げ方

11.3.1 ボールの握り方

手を大きく広げ、図 11.2 のようにボールの片側半分の部分、指の第一関節に力を入れて鷲掴みにして握る。小指や薬指はボールの縫い目に引っ掛ける。このとき、ボールと掌の間に少し隙間をつくる。そうすることでリリースのときにスナップを上手く使うことができる。

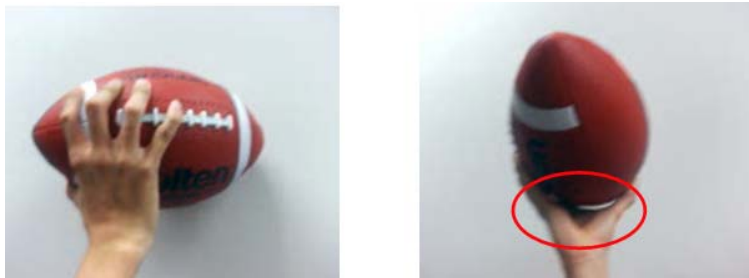


図 11.2 アメリカンフットボールの握り方

11.3.2 投げ方

野球のボールは腕力に任せてもボールを飛ばすことができるが、アメフトのボールは大きくて重さもあり、更に楕円の形をしているので、力任せに投げてしまうと、回転が歪になり真っ直ぐ飛ばない。

そこで腰の回転を使う。テイクバックは肘を肩のラインまで上げる(図 11.3a)。このとき肘が伸びてしまっていると、慣性モーメントが大きくなり、腰の回転による力を効率よく上腕に伝えることができないので、肘は 80~90° 曲げる。つまり、ゼロポジションをつくる。この状態で一歩足を踏み出し、腰を回転させることでボールに勢いをつけることができる。腕は腰の回転によって肘が先行し、野球の投球と同様に外旋・外転がつくられ

る(図11.3b)。腰の回転にあわせて腕を伸ばしていくと自然に内旋・内転が行われリリースを迎える[有馬05](図11.3c)。リリースの後は、腕が身体に巻きつくように振り降ろされる(図11.3e, f)。

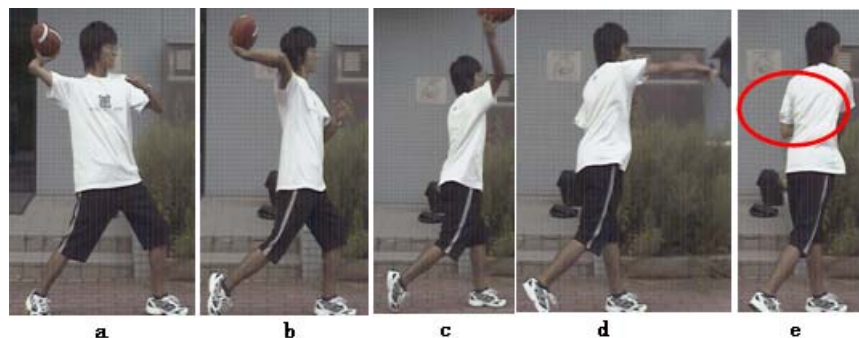


図11.3 アメフトの投球フォーム

11.3.3 野球の投球とアメフトの投球の共通点

野球の投球もアメフトの投球もテイクバック時にゼロポジションをつくる。腕の動きも同じであり、肘が先行して肩が外旋・外転する。その後リリースに向かって肘を伸ばしながら内旋・内転する。

このことから、アメフトの投球練習によって、ゼロポジションをつくる感覚と、腰の回転の感覚、そして腕を振るときの外旋・外転から内旋・内転に至る動作の感覚が身に付くのではないかと推測した。

11.4 計測結果

11.4.1 身体の旋回運動について

図11.4は練習初日におけるフォロースルー期の状態である。この日は何も意識をしないで投球を行った。円線に注目すると、左肘が下がっており、腰の回転が止まっている。そのため、下半身の力を使わないで投球している。これでは上腕の力に頼って投球を行っているため、障害が起きる可能性がある。スピードガンでの球速を測ったところ70~80km/時の速度で投球を行っていた。

図11.5はアメフトで腰の回転の感覚を掴んだ後のフォロースルー期の状態である。被験者はアメリカンフットボールの投球で腰を回転させることで、野球の投球に活かされるのではないかと考え「腰の回転を常に意識しながら」反復練習した。円線に注目して頂きたい。フォロースルーの際、左の肘が上がっており、腰の回転がしっかりと行われているのがわかる。したがって腰の回転を利用することにより、下半身の力を利用し投球をして

いる。またスピードガンで球速を測ったところ 80～90km/時の速度に上がった。

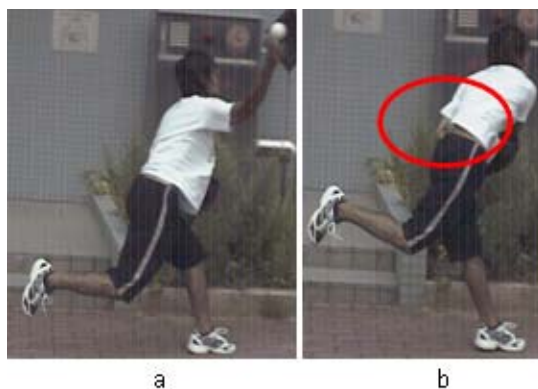


図 11.4 練習初日のフォロースルー期

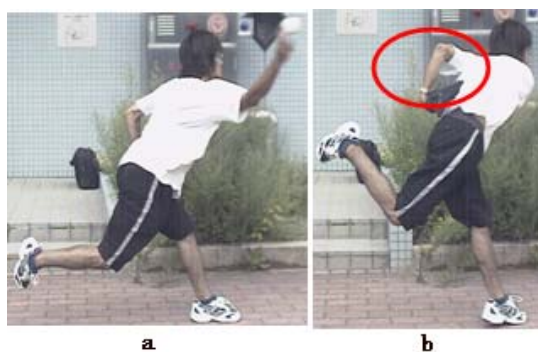


図 11.5 アメフトで腰の回転の感覚を掴んだ後のフォロースルー期

11.4.2 腕の動作について

上部部のアメリカンフットボールの投球動作 (図 11.6) と野球の投球動作 (図 11.7) を比較する。ここでは野球用語を使って説明する。

まずは初期コッキングである。双方共に腕は内転しており、肘の高さも低くない。次に中央の画像は加速期の初期段階である。ここは肘が外旋しているのが特徴であり、初期コッキングと同様、双方共に肘の高さは低くなくゼロポジションができています。

しかし、最後の画像、リリースを行う動作ではどうであろう。肩の線の高さが違うのが静止画でもはっきりとわかる。アメリカンフットボールでの投球動作では肘が高い。そのため初期コッキング 加速期 リリースと効率良く回転運動を伝達している。

一方、野球の投球動作ではどうだろうか。肩の線が加速期に比べ低くなっているのがわかる。したがって初期コッキング 加速期までは回転運動の伝達が効率良く行われていた

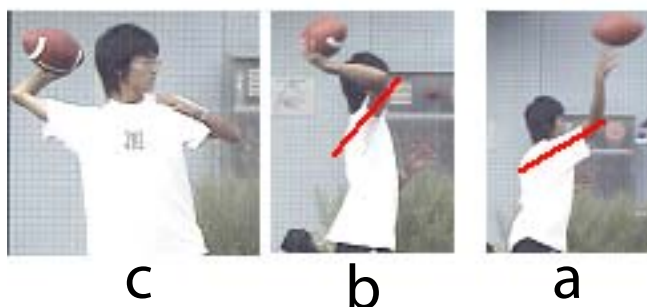


図 11.6 アメフトの腕の動作

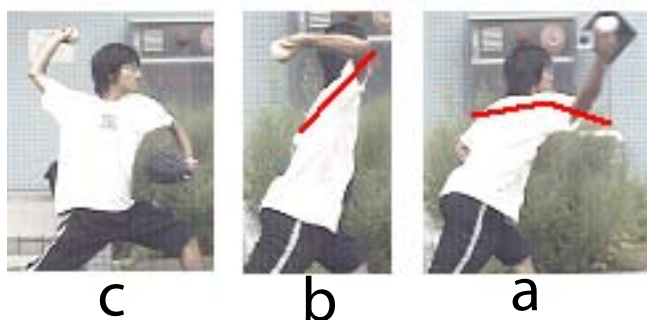


図 11.7 野球の腕の動作

が、リリース時では肘が低いため、結局は腕に頼ってしまう投球になってしまい、回転運動が腕に伝達されなくなってしまった。しかし、実験初日の投球速度は平均 70～80km/時に対し、腰の感覚を掴んだ約一ヶ月後には平均 80～90km/時になり 10km/時も増加した。

最終的に上腕は「手投げ」になってしまったが、アメリカンフットボールの投球によって慣性モーメントが小さくなり、ボディスピンの上昇したのではないかと考えられる。なお、野球初心者 2 名に上腕の効果は見られなかった。

11.5 考察

初期コッキング時のヒップ・ファースト・フォールで並進運動を行う際、全身のバランスを受け止める支点、すなわち後ろ脚の股関節に「タメ」(上半身の重みを後ろの脚の股関節を 1 点で受け止めバランスを保ちながら、並進運動ができる状態)を構築することができるようになり、これによって上部のバランスや位置エネルギーを保ったまま、安定した並進運動が可能になり全体の軸が構築された。しかし安定した軸やタメを構築できるようになっても、今回の実験では並進運動の重心移動距離は伸びなかった。

今回の実験で安定した軸が構築され、腰の回転エネルギーが上昇したのは、アメリカンフットボールの投球からフィードバックされたのではないかと考える。アメリカンフットボールのボールの材質は野球の材質よりも重く、ボールのサイズも野球のボールサイズより大きい。そのため野球の投球で可能である「手投げ」投球が不可能に近く、アメリカンフットボールの投球では、脊柱軸から遠いポジションでの投球は行うことができない。慣性モーメントの回転が大きいと回転速度は減少するため、投球が困難なのである。

その結果、アメリカンフットボールの投球は慣性モーメントを小さくして効率を良くする必要がある。慣性モーメントを小さくすることによって腕や腰は回転軸である脊柱に近づき、脊柱軸のボディスピン速度が上昇する。すなわち、下部（下半身）・中部（腰）・上部（上半身）へと効率良く力を伝達することにより、全身を使って投球することが可能になる。被験者に筋力トレーニングをしていないのにも関わらず、腰の感覚を掴んだ時（実験開始から1ヶ月後）には、実験初日に比べて球速が10km/時も早くなった。

野球初心者は投球を行う際、上腕を使って投げようとする。そのため腕に力を意識してしまい、肘を押し出し、肘が下がる傾向にある。こうなると腰を回転させる意識がなくなってしまう。だからこそ、腰を最大限に回転させることで「手投げ」を防ぎ、肘が下がる状態を回避させることが可能になる。

以上のことを被験者3人に行わせたのだが、結果として腰の回転を使って投球ができたのは軟式野球経験者のみであり、野球初心者2名は腰を使った投球を身につけられなかった。これは投球理論に関する知識の有無が影響したと思われる。すなわち、効果をもたらすには投球理論に関する知識が必要であることが明らかとなった。

投球知識という形式知を身につけた上で、身体のどこの箇所に意識をすればよいのかなど自分自身にしか理解できない暗黙知を習得し実践しなければならないのだ。アメリカンフットボールの投球を野球にフィードバックさせるためには「アメリカンフットボールの投球は野球の投球のどこに活かされているのか」ということを認知しながら反復練習を行う必要がある。

11.6 まとめ

11.6.1 投球練習としての有用性

今回の実験では、軟式野球経験者だけが腰の回転感覚を掴むことができ、野球初心者2名は掴むことはできなかった。これはアメリカンフットボールの投球練習は野球の知識を持つ人に限り効果的であるということである。他分野のスポーツで得られた経験を生かして技術を向上させるためには、経験から習得した部分の感覚を意識しながら練習をするのが絶対不可欠である。

11.6.2 今後の展開

実験期間が1ヶ月と短く、少数の被験者3名で実験したが、腰の動作(回転)に関して練習時の意識により「腰の感覚を掴む」ことができ、フィードバック効果があった。今後はモーションキャプチャ装置を使って身体の動きを計測し、データを収集してより客観的に練習法の効果を検証したい。また今回、上腕の動作には変化が見られなかったため、野球経験者を増やして継続的に実験を進め、上腕の変化が見られるかどうか、効果があるかどうか調べたい。

第12章

けん玉を科学する

出典: 辻路也, 中村和貴, 吉田理恵子, 杉浦誉規, 呉佳, 周亮, Nguyen Thu Huong, 小林武, 認知科学概論(2006年) グループ研究報告書.

[概要:] ある技を習得する過程で、SECIモデルを利用した場合と利用しない場合での上達の度合いについて実験を行い比較検討した。一日30分の実験を5日間行った結果、上達の早さの比較ではSECIモデルを使用したほうが遅いという結果が得られた。技の成功率を比較した結果からは、コツを必要とする難易度の高い技では、SECIモデルを用いた方が高い成功率を収める結果が得られた。これらの結果から、コツを必要とする技の習得にはSECIモデルを用いた場合、時間がかかるが、技の精度が高まるということがわかった。

12.1 はじめに

企業内で、様々なバックグラウンドや能力を持った人の集団で、あるひとつの仕事をやらせてもらうことを考えたときに、できるだけ早く仕事を覚えてもらうためにはどのような方法で仕事を教えればいいのか。

マクドナルドは仕事の手順を詳細にマニュアルにまとめて、仕事未経験のアルバイト店員の教育に役立てている。ポテトの揚げ時間なら、“揚げ時間は何分”というように文書化されており、初心者でもその時間をまもれば、売り物になるフライドポテトが作れるのである。しかし、マニュアル化が困難な場合もある。たとえば新聞にチラシを折り込むアルバイトのテクニックがそれである。このような仕事では、折り込むという内容自体は簡単であるが、それをできるだけ早くやることで利益を上げている。“早くやる”という課題に対して、「技」が必要となるのである。

「技」は文書化が困難である。なぜならば「技」は身体が覚えている知識であり、頭で理解している知識ではないからである。しかし、文書化が不可能なわけではない。たとえば、まず、熟練者がチラシを折り込む際に手を動かすタイミングや、手の動きをカメラで撮影する。そして、その動作を分析して、手の関節の角度やチラシを取って新聞に折り込

むまでの時間などを計測する。こうして得られた測定データから、“熟練者は間接の角度を何度から何度まで動かし、新聞を取ってから何秒以内に織り込んでいる”といった事がわかるだろう。しかしながら、このような物理的データを使って解説された技の内容を初心者伝えて、その技を再現出来るかというところではない。意識して”何度から何度まで間接を動かす”という正確な説明はかえって分かりづらい。したがって、このように無理やり「技」を文章化したものはマニュアルではないのである。

では、マニュアル化が困難な仕事ではどのようにして教育しているのだろうか。折り込み広告の例では、熟達者がコツを初心者言葉で伝えて初心者は熟達者の動きを参考にしながらひたすら練習するという方法が一般的である。しかし、技の習得には当然、個人差があり、飲み込みの早い人と、そうではない人がいる。このような個人差の影響を抑えて、集団として早く上達するためには、技の習得過程を効率化することが必要である。

そこで、技の習得過程に SECI モデルを取り入れてはどうかと考えた。SECI モデルを技の習得過程に取り入れた研究は行われていない。本実験では SECI モデルを利用することで、技の習得が効率化されるのではないかと過程し、その過程を実験により観察した。技の習得はけん玉の技を習得することにした。

けん玉は上達の度合いを、級位・段位のステップアップで評価できるため実験での上達過程の評価が行いやすい。また、初めて経験する技術の習得過程について研究するというのが本研究のテーマであるが、けん玉は被験者のほとんどが未経験者であることからこのテーマにふさわしい。このような理由からけん玉を技の習得の題材に選び、実験をおこなった。

12.2 関連研究

12.2.1 メタ認知言語化

諏訪ら [諏訪 05] は、体感したことを言語化することが身体知の獲得に影響を与えると主張している。ちょうど、SECI モデルにおける暗黙知から形式知に変換する「表出化」に相当すると考えられる。言語化することで、身体知への理解が深まるのではないかと考えられている。

プロ野球選手のイチローは「自分の身体がどのように球を打っているかを説明する意識的努力が現在の自分をつくっていた」とある TV インタビューで言っている。そこで、自分の身体知プロセスを振り返って言語化するという認知行為が、どのようなメカニズムで身体知の獲得を促進しているのか、また、メタ認知言語化が身体知の研究方法論としての有効性について論じている。

メタ認知とは、自分の認知過程を認知することであり、メタ認知における認知過程とは

- 言語的思考（言語的に考えている過程）
- 環境からの知覚（環境を五感で知覚する過程）
- 身体動作の知覚（自分の身体部位がどう動き、その結果どんな感触を得ているかを

知覚する過程)

である。認知には、まず「認知過程を身体が体感する」(第1段階)、次に「体感したことを言語化する」(第2段階)という段階がある。この第2段階の行為をメタ認知言語化と呼んでいる。自分の身体の動き、また自分がどのように体感しているかを言語化することによって、現在の身体では達成できていない身体動作が開拓され、身体知を獲得する土壌ができていると諏訪らは考えている。メタ認知言語化は、あるレベルの身体知を獲得した状態を壊すことを通じて、新たな変数の存在を気づかせ、新旧の変数を統合する形で身体と環境の関係の再構築を促すと考えられている。

言語化は、新たな変数を意識的に探索し、身体と環境の新たな関係を再構築するためのツールである。言語化がツールとして機能する効用として、第一に言語化された内容には強い意識が向けられる、第二に言語化行為が知覚を変化させる、の2点が考えられている。

諏訪らが行ったメタ認知言語化の実践研究のひとつに、言語化とパフォーマンスの相関を示唆する実験がある。そこでは歌うことをタスクとし、メタ認知によって歌がうまくなるかを探求した。課題曲を4ヶ月間に10回カラオケに行って練習をする。結果として、熟達プロセスの典型であるU字曲線が観察できた。初期には少しパフォーマンスは向上するが、次第にパフォーマンスが下がり、3ヶ月目くらいから再びパフォーマンスは向上した。一方、言語記述量を調べると、同様のU字曲線を描いた。興味深いのは、言語量とパフォーマンスに相関が見られたことである。この結果として、メタ認知言語化はある一定期間蓄積されるとパフォーマンスの向上につながることを示唆している。

諏訪らの別の実験では身体と環境の再構築を示唆するものがある。その実験では、スノーボーディングをタスクとし、約4ヶ月の間、二つの技(こぶジャンプとハーフパイプ壁を利用した身体の回転)の熟達を目指した。練習期間中に言語量が急激に増加した時期が2度あった。言語化された内容から初期は、「身体をどう動かすとうまく滑れるのか」に対して「板を滑らすことが目的である」、「しょせん板が雪面を滑っているのだから、板と雪面の関係が重要である。そのために身体を動かすのだ」という意識が芽生えた。2度の意識変革は、いずれも身体と環境の関係の再構築を示唆している。ちょうどその時期にパフォーマンスの向上が見られている。

以上の実験より、メタ認知言語化の意義として、

- 身体と環境の関係のダイナミズムから「行為者の理論」を構築するためのデータ取得
- 身体と環境の新しい関係の意識的模索
- 知覚的再編成の促進
- メタ認知場の形成、および、場からの触発

があげられる。

諏訪らの主張するところは、メタ認知言語化は漸進的プロセスをドライブし、身体知を獲得するための有効なツールだということである。さらに、メタ認知言語化は、熟達の漸

進的なプロセスを自らつくりだしながら身体知への理解を深めるための研究方法論として有望である。さらに、言語化によって顕在化する学習者の問題意識に応じる形で、メタ認知言語化と計測技術の適切な併用は、身体知の理解を深める。

12.2.2 けん玉研究

けん玉を研究の対象にした研究としては、学習する過程を被験者の動きを機械的に分析した大場ら [大場 00] や伊藤ら [伊藤 99] の研究がある。

伊藤らが行った研究は、剣玉技術の学習過程の分析である。他関節動作である剣玉技術の学習工程を、関節の固定・開放による自由度の増減という観点から動作分析することを目的としている。課題として、剣玉の「ふりけん」を練習してもらおう。試行数として1日300 試行×4日間(連続)=1200 試行してもらい、被験者の身体各部位にマーカーを施し、右側方からデジタルカメラにて撮影した。

伊藤らは「ふりけん」技術において、いかに玉を回転させえるかが重要な要素であると考へた。「ふりけん」技術を習得するにあたり、身体各部位である膝、腰、肩、肘、手首の各関節角度、剣の回転角度、およびボールの回転角度を算出することで、身体の使い方の変化について検討している。

大場らは、モデリング、イメージ、ビデオフィードバックによる学習効果の比較を行った。モデリング、イメージリハーサル、ビデオフィードバックが運動学習過程に及ぼす相互作用について検討している。その際に、キャッチした成功回数のみならず、動作分析を用いて学習過程における方策についても検討している。運動を学習する際には「お手本をみてやる(モデリング)」、「イメージトレーニング(イメージリハーサル)」、「自分の動きが実際にどうなっているのか見てみる(ビデオフィードバック)」と言われており、それらをうまく組み合わせることによって効果的な学習につなげられるのではないかと検討している。

12.3 SECI モデルとは

SECI モデルとは、野中郁次郎氏が提唱する知識創造のモデルである。このモデルは組織のなかで知識が創造される仕組みを明らかにし、それをもとに知識創造を促す仕組みを考える目的で考へられた。野中氏は著書『知識創造理論』のなかで次のように組織的知識創造について述べている。

図3にSECIモデルの概念図を示す。まず、個人の暗黙知から組織の暗黙知への変換の過程がある。これを共同化(Socialization)と呼ぶ。これは身体五感を駆使して、直接経験を通じて、暗黙知を共有し創出するプロセスである。次に、それを正式に言語化していく。これは暗黙知から形式知に変換するプロセスだが、表出化(Externalization)と言う。これは対話や思索によって、概念、言語、デザインなどを創造する、工程であるが、主な方法として、対話があげられる。

最後に、形式知から暗黙知への変換である。形式知を実践行動のレベルで伝達、新たな暗黙知として学習していくプロセスが、内面化 (Internalization) である。共有化、表出化、連結化、そして最後に内面化という、形式知を行動実践のレベルで伝達し、新たな暗黙知として学習していくプロセスが SECI モデルを使った知識変換プロセスの全過程である。この Socialization Externalization, Combination, Internalization 頭文字をとって、SECI モデルと言う (図 12.1)。

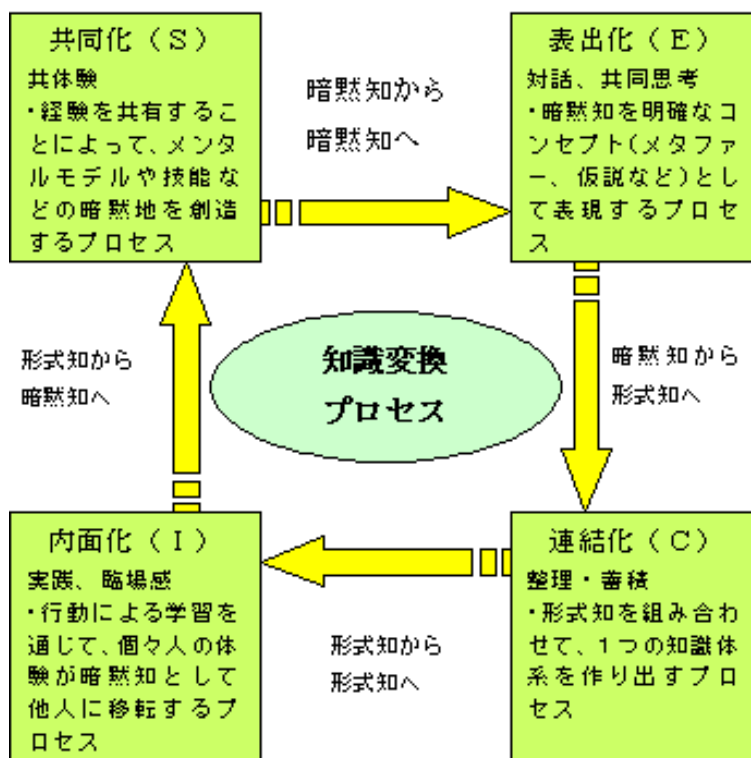


図 12.1 SECI モデル概念図

今回、われわれはけん玉の技の習得に SECI モデルを用いた知識変換プロセスを利用したが、けん玉の技の習得過程とそれに対する SECI モデルの各段階との対応を以下に示す。

- S(共同化) : 暗黙知 暗黙知
ある技の練習を開始するときに、その技が成功したときの動作をみて、そのやり方を見て覚える。そして、その技がどのような動作なのかをグループのメンバー全員が、見た映像から理解する過程である。
- E(表出化) : 暗黙知 形式知
そして、その技を自分が練習して習得したときに、ほかのメンバーが成功できるようにコツを文章 (図、数字や言葉) で表現する。
- C(連結化) : 形式知 形式知
技を習得したメンバーが表出化を行って表現した文章をほかのメンバーに伝え、個

人レベルからグループレベルへ情報を共有する。この段階は、個人の経験だけではなく、ほかのメンバーからの意見や情報を結びつける過程でもある。

- E(内面化)：形式知 暗黙知

表出化、連結化で得たけん玉のコツをもとに練習を行い、形式化された知を自分の中の暗黙知に変換する。

12.4 SECI モデルを用いた技の習得

12.4.1 実験方法

6人の被験者を2つのグループに分ける。一方の3名には個人で自分のペースで練習を行ってもらい、ほかのメンバーとのけん玉に関する話はしないように制限した。このグループを個人グループと呼ぶことにする。もう一方の3名にはSECIモデルの4つの段階を取り入れて練習を行ってもらった。このグループをSECIグループと呼ぶことにする。

練習時間を合わせるために1日30分に練習を制限し、5日間行った。練習後、個人グループは個人でその日に見つけたコツ、感想、上達の具合をメモしてもらう。SECIグループはグループ内で話し合って表出化したコツをメモしてもらった。技の習得度合いを測るために、図12.2のけん玉協会公式級位認定表をつかった。けん玉はけん玉協会公式競技用けん玉を使用した(図12.3)。

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	大皿	小皿	中皿	ろうそく	とめけん	飛行機	ふりけん	日本一周	世界一周	灯台	もしかめ
10級	1										
9級	2	1									
8級	3	2	1								
7級		3	2	1							
6級			3	2	1						(4)
5級				3	2	1					(10)
4級					3	2	1				(20)
3級						3	2	1			(30)
2級							3	2	1		(40)
1級								3	2	1	50

図12.2 級位認定表

級位受審解説によると審査基準は次のようになっている：

- 日本けん玉協会の認定けん玉を使用すること。
- 各級位の受審種目は、必ず番号の最も低い技から始めること。
- No.1-No.10の種目は、各10回試技して表の回数の成功が必要である。
- No.11「もしかめ」は、1級では1分間135回以上の速さで行うこと。(試技は2回まで)
- 6級~2級までの「もしかめ」は指導上取り入れることができるが、「もしかめ」の



図 12.3 けん玉協会公式競技用けん玉

速さは特に定めない。

- 「もしかめ」は、あらかじめ自分の記録を認定指導員に登録すれば、改めて受審する必要はない。
- 技の解説については別に定める。
- 試技の種目により、使用けん玉を使い分けることは認められる。
- 級位の飛び級は認める。ただし、その間の技はこの認定表の定める回数を全て合格していなければならない。

12.4.2 実験結果

5日間の実験で得られた各メンバーの技の習得状況を図 12.4 に示す。

12.4.3 考察

練習過程の分析

級位での比較 SECI グループは全員 1 日目で、大皿から「とめけん」までの技を習得し、6 級をクリアしている。それに対し個人グループのメンバーは 1 日目終了時点で 8 級～6 級と個人の習得レベルにバラつきがある。これは、SECI グループは 1 日目の練習で「とめけん」のコツをつかむことができ、それをメンバー間で共有することができたからであると考察する。

5 日間終了時点で、全員飛行機を習得することができた。4 級の認定条件である「とめけん」を終了時点では誰も習得することができなかった。したがって、5 日間終了時点で全員が 5 級である。

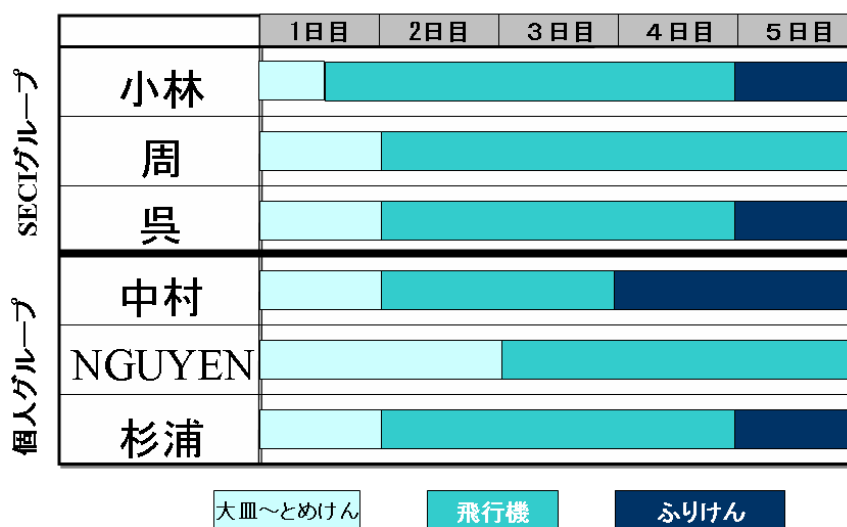


図 12.4 各メンバーの技の習得過程

グループ内での進捗 次は、SECI グループと個人グループでの習得進捗の差という観点から考察する。個人グループでは早い人は練習開始から3日目に飛行機を習得している。それに対し、一番遅い人は遅れること5日目に技を習得し、早い人と遅い人では2日の差がでた。五日間の練習で2日の差がでたということは長期間の実験ならば、さらにこの差が大きくなることが予想される。それに対し、SECI モデルでは、早い人と遅い人の差は1日だけである。これはグループ内で最初に一人が技を習得したら、そのコツをグループ全員がコツを共有し、すぐに技を習得することができたという結果である。SECI モデルを用いた場合、グループ内でのレベルのバラつきは小さくなるということが言える。

習得までの練習時間 全員が飛行機を習得し、「ふりけん」が未修得で終わり、全員5級という結果が出た。メンバーの級位の比較ではSECI グループ、個人グループの違いはない。そこで、両グループが習得に一番時間がかかった飛行機に注目する。

図 12.5 に各メンバーが飛行機習得に要した練習時間を示す。個人グループは、飛行機の練習を始めてから習得するまでに2~3日間かかっている。それに対し、SECI グループは、飛行機の練習開始から習得までに3~4日間の練習を必要としている。

つぎに、グループごとの練習時間の平均値を求め、赤い線で示した。各グループの練習時間の平均は、SECI グループ3.5日、個人グループ2.7日である。SECI グループの方が技の習得に時間が掛かってしまうという結果がでた。この結果は、SECI モデルを用いると時間的に効率のよい集団学習ができるという仮説とは異なる。

なぜ、SECI グループが全員習得するのに時間がかかったのだろうか？ 疑問に思い、各メンバーの技の成功回数を比較し、その比較から原因を探ることにした。

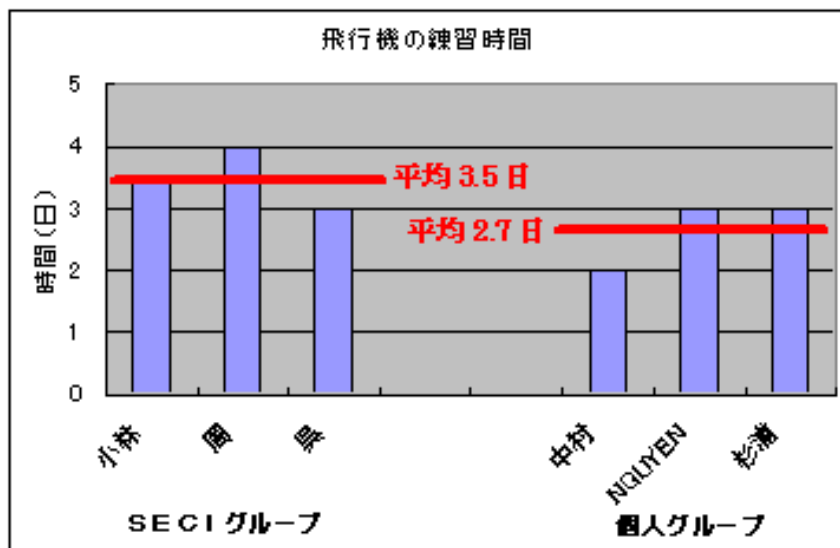


図 12.5 飛行機習得に要した時間

成功率の比較

ここまで SECI モデルを使い知識を共有してきたグループと SECI モデルを使わず知識を共有しないで練習してきたグループの技術向上の比較を行ってきた。当初、我々は SECI モデルを使ったグループの方が使わないグループよりも上達が早いという結果を予想していた。しかし、練習時間の比較からは、はっきりとした結果が見られていない。さらに全体の進行速度に限って見てみると SECI モデルを使ったグループの方が進捗が遅いというまさに予想を覆す結果が得られてしまった。

しかし、被験者の立場から、今までの練習を振り返ってみると決して SECI モデルを使ったほうが効率が悪いということは考えられない気がする。そこで本当に SECI モデルを使うと効率が悪くなるのかということをも成功率の比較から検討してみる。図 12.6 に SECI グループと個人グループの、技の成功率の平均値を示す。

ここから考察できることはまず、毎日練習していた期間の 2 日後にこのような結果となったことから SECI モデルを使用したチームの方が使用しなかったチームより体が覚えている量、すなわち身体知が多いということであろう。これは、短期間の練習であったことから、より信憑性が高いと思われる。なぜなら人間の身体知はより短期間で上達するほど身につけていないと、その身体知はすぐ失われてしまうためである。SECI モデルを使用していないチームは全員「ふりけん」が 1 回もできなくなってしまった。これは「ふりけん」ができるようになってわずか 2 日の間に技能を忘れてしまったということになる。

SECI モデルを使用していたチームが技能を忘れなかった要因というものを次に挙げていく。

- 仲間同士常に議論するため自分の技能に関する意識が SECI を使わないチームに比

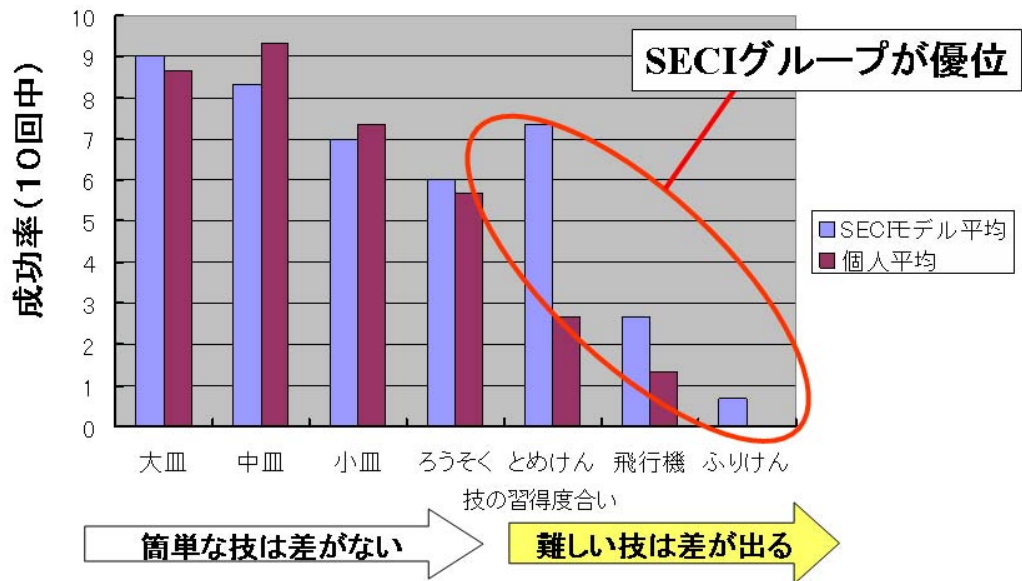


図 12.6 SECI グループと個人グループを技の成功率で比較

べて高い。

- 完成、上達するとその都度人に教えるため各々が反復練習をしていることになる。
- 苦楽を共にすると印象が残りやすい。
- チームメイトのプレイを常に見ているため弱点に気付きやすい。
- さらに、その見ている相手の弱点を見つけた場合は本人が気付かなかったものを教えることができるため一石二鳥である。

人に教える際はポイントの本質を自身で考えできるだけ相手に伝わるようにわかりやすく教えようとするため、ポイントの本質が見えてくる。つまり技に本当に必要な技術が見えてくる(これは SECI モデルを使ったグループのほうがコツの数が少なく、しかし、本質を捉えたコツを発見していることから見て取れる)。

「技を学ぶ」という言葉は「コツを真似る」から来ているものだと理解することができる。まず、はじめに技を学ぶということは、熟練者のコツを運用し、真似る事から始まる。その点に関する SECI モデルを使うチームは真似ることのできる存在がいるため、熟練に近づくことができる。

暗黙知を使い、第三者にコツを変換し、伝達していく「表出化」は、個人に内在する暗黙知を参加しているメンバー全体にわかりやすく共有化し、集団の知として発展させていくことができ、さらに教えることによって、自分の技術の更なる向上を遂げることができる。

SECI チームのメンバーの感想から判断すると、他人から教わったコツというものは大抵、聞けば直ぐ納得するようなコツであったため、個人が、あと少しなのだが、結局気付

けないようなわずかなコツを気付くことができ、それが非常に重要な差を生み出すことになるといえる。この「気付き」の差というものは他者を見ることと他者に教えることから、創出されていくのであろう。つまり、より多角的に、けん玉に接することによって様々な方向からの視点に気付くことができるようになるのであろう。

こうしたことがわずかに5日間のうちに挙がってきたことから、個人で練習を行うよりグループで連帯感を持ちながら行ったほうが効率が上がっていくことに帰結していくのではないだろうか。5日間で見つけた個人で行うメリットはせいぜい話し合いをする分の時間を練習にまわせるため練習時間が延びる、といったものや、他者が介入しないため自分だけで集中して行えるといった点くらいである。しかし、これは行き詰ったときや、集中力が切れた際などは完全にデメリットへと変貌してしまうのではないだろうか。

例えばこの実験結果を商品に置き換えると、成功率は商品の性能にあてはまるのではないだろうか。そのようなものを考えるとわずかな性能をも突き詰める企業などにとっては(例えばレーシング・マシンといったグラム単位の軽量化をも突き詰める企業などにとっては)5日間という短期間でもわずかながら性能の差が現れてくるかもしれない。

さらに個人のチームは成功して次のステップに進むことを知らずと各々が第一の目標に考えていた。これは気付かないうちにSECIモデルのチームを意識し、焦り夢中で進展することばかりを考えている。このとき、最も重要な、「どうすればできるようになるか」ということを考える意識を忘れ去ってしまっている。この点SECIモデルを使うチームは自分ができて他の2人ができるようになるまで落ち着いて考えることができるため、コツについて考察する時間は圧倒的に長い。SECIチームは練習をしているというより、むしろ30分をコツを考えている時間に費やしているといっても過言ではない。練習を行っている風景などは、両チームとも、あまり差は無いのだが、その内面では全く別の方向を歩んでいるのである。

さらに技というものは総合して一連のものであって、前のステップが体に身についていなければ、次のステップでつまづくことになる。この点からすると、個人チームは技の難易度が増すにつれて進展が遅くなり、身につく量も少なくなっていくことが理由づく。前の技が身につく前に次のステップに移行してしまうため、全く進展がなくなってしまった。もし、次の技に移行する前に現状を確実に身につけることを優先し、実行すれば、身につけた時点で、すでに次のステップの工程の半分、もしくはそれ以上はクリアしているようなものであると考えられるのではないだろうか。

大皿、中皿、小皿、ろうそく、までは両チームの差が見られない。これは両チームとも1日、もしくは2日で完全にできるようになった技である。さらにこれらの技の特徴は、すべて皿に玉をのせる比較的簡単な技であり、これはチーム編成を行って1日、2日という間もない期間で、かつ簡単な作業を行う場合には我々が行ったようなSECIモデルを用いたグループワークは別段特徴的な機能を果たさないことがわかる。

とめけん、飛行機、ふりけん、の段階に入ってくると剣に玉を差し込むという、技に確実な精度が要求され始める。この段階に入ると、技のコツも様々な視点から考えていかななくてはならなくなる。ここでSECIモデルが急に機能を果たし始めていることがわかる。

さらにこの時期に入ってから急に仲間の連帯感やコミュニケーションが発展していった。この理由としては、難しくなればなるほど、相談を行うし互いの励ましが増える。このため連帯感が長期的になればなるほどチームワークの連帯感は加速度的に増していく。逆に個人にはより鮮明な目標意識や褒賞などがなければモチベーションが低下してくるであろう。

これまでの考察で、個人グループ、SECI グループの両グループにもメリット・デメリットがあることがわかった。そこで、次節では両グループのメリット・デメリットについて考えてみたい。

メリットとデメリット

技の習得課程において、SECI グループと個人グループそれぞれにメリット・デメリットがある。そこで、本節では両グループの練習方法のメリット・デメリットについてまとめる。以下にメリット・デメリットを示す。

	メリット	デメリット
SECI	コツを早く共有できる 他人の意見が聞ける グループ内の差が小さい 仲間意識	間違ったコツを共有する 嫌な気分も共有してしまう 余計な時間がかかる 進度が遅くなる
個人	自分のペースでできる 他人に左右されない 簡単な技だとさくっとできる	コツが正しいかわからない 質の低いコツで練習してしまう モチベーションがあがらない

SECI グループのメリット・デメリット SECI グループの一番大きなメリットは、メンバーがコツを早く共有できることである。それによって、グループ内のレベルの差が小さくなる。そして、練習中にグループのメンバーが意見を交換するため、メンバーは他人の意見を聞くことができる。このメリットはとても重要で、特に飛行機、とめけんなどの難しい技を練習する場合に、他人の意見を聞いた方が、より早く技を習得できると感じた。

また、SECI グループはグループで行動するため仲間意識が芽生え、楽しく、モチベーションが上がる。技を習得したメンバーはまだ習得していないメンバーが技を習得するまで待ち、まだ習得していないメンバーはグループの成績のためにがんばろうとして、モチベーションが向上する。

しかし、SECI グループにはデメリットもある。けん玉未経験の初心者だけのメンバー構成であったため、間違ったコツを共有してしまう場合もあるということがひとつある。これが飛行機の習得に SECI グループで時間がかかった原因であると考えられる。

そして、共有する過程で、嫌な気分も共有してしまうというデメリットもある。例えば、メンバーの中に一人でも気分が悪い、あまり練習したくなかったという人がいれば、その気分が他のメンバーに移ってしまい、その日のグループの成績がぜんぜん上がらないということも実際起こった。

また、グループとして行動するため進度が遅くなるということも懸念される。技を習得したメンバーはまだ習得していないメンバーを待っているからである。

個人グループのメリット・デメリット 個人グループの最大メリットは自分のペースで練習を進められることである。個人で練習し、他人と話をせず、経験を共有しないため、他人に左右されることがない。そのため、簡単な技だと習得するのが早くなる。また、飛行機やとめけんなどの難しい技を練習する場合、集中力がとても重要だが、個人で練習するため、他の人に左右されず、自分の練習に集中することができる。

しかし一方で、個人の力頼みなので、自分のコツが正しいのかわからないというデメリットもある。自分のコツが正かどうかかわからない状態で練習するため、質の低いコツで練習してしまう人も出てくるだろう。

そして、グループで練習しないため、モチベーションが上がらず、誰とも話をしないため、とても寂しく感じることもデメリットである。

12.4.4 まとめ

SECI グループ、個人グループ、どちらにもそれぞれメリット・デメリットがある。しかし、経験を共有できる SECI グループは個人グループよりメリットが多く、SECI モデルを使った方が技の習得には効果的と考えられる。SECI モデルを用いる場合、われわれは技の習得過程が早くなると考えたが、少なくとも短期的な実験では逆に習得時間が長くなってしまったという貴重な結果が得られた。これは SECI モデルの欠点でもある。この欠点を見つけることができたのは大きな成果である。

12.5 初心者と熟練者の違い

これまで述べてきた、けん玉の技の習得課程において、数多くの「コツ」が考え出された。例えば、飛行機という技のコツは、「下から上に引き上げる感じ」や「剣をまっすぐにリリースする」などと表現された。各人がそれぞれ自分の感覚をコツとして表現したわけである。その中で、練習した全ての技を通して、全員が同じことを表したコツがあった。それが「ひざを使う」ということである。「ひざを使う」ことが、けん玉の技を行う上で、どのような役割を果たしているのかを本章では明らかにしたい。

また、大皿から「とめけん」までの技は練習初日に被験者全員が習得した。つまり、これらの技は全員が認定に必要な成功回数を修めている。しかし、その後の技で差が開いたのは成功率という数字では表現できない要因、すなわち、「コツ」を掴んでいるかどうかに関係していると考えた。そこで、「ひざを使う」というコツに注目して、熟練者と、初心者とのひざの使い方を実験で比較することにした。

実験において、「ひざを使う」ことが果たす役割について、これまでの技の習得課程での経験から「玉を皿にのせるとき（あるいは剣先に刺すとき）の衝撃をひざが吸収し、玉が弾かれないようにしている」という仮説を設定した。

12.5.1 実験方法

実験は、けん玉の熟練者(けん玉道 4 段)と初心者(けん玉道 5 級)の比較によって行った。比較する技は、けん玉の技の中で最も容易で熟練者と初心者で成功率の差が出ないと考えられる「大皿」とした。玉を大皿に乗せるときの衝撃を測定するために、実験器具として加速度センサを用いた。加速度センサを、けん玉を持ったときに床と垂直になるように手の親指の付け根に固定し、技「大皿」を行い、衝撃の度合いを測定した。加速度センサによる実験の結果では、玉を皿に乗せるときの衝撃が大きければ大きいほど、加速度センサでは前後方向および横方向の加速度が大きくなると考えられる。

12.5.2 実験結果

熟達者の測定データを図 12.7 に、初心者の測定データを図 12.8 に示す。

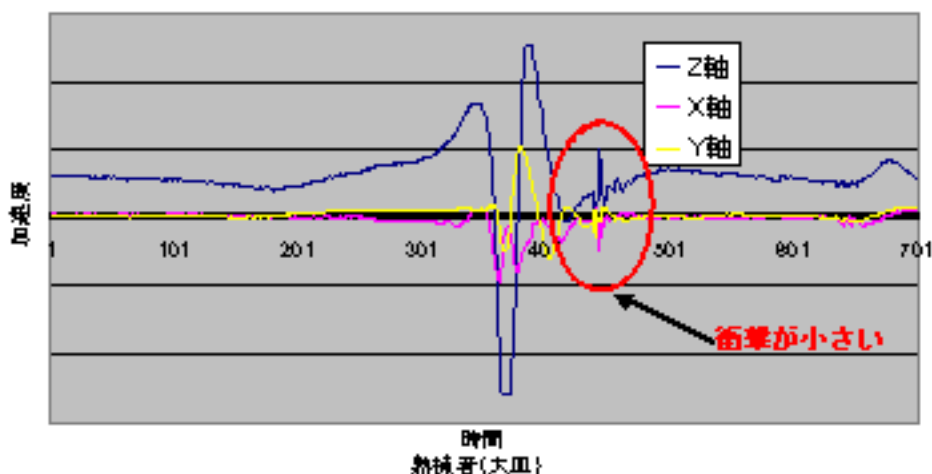


図 12.7 熟練者の加速度波形

12.5.3 考察

図 12.7 および図 12.8 は技「大皿」を始めてから皿に乗るまでの一連の動きを加速度センサで測定したものである。ピンク色で表された X 軸が横方向の振動、黄色で表された Y 軸が前後方向の振動、青色の Z 軸が上下方向の振動の加速度である。波形の振幅が大きいほど加速度が大きく、衝撃が大きいといえる。

まず、図 12.7 の熟練者の衝撃測定の結果を見てみよう。大きく Z 軸(上下方向)が振れている箇所がけん玉を構えてひざを深く曲げたときである。赤丸で囲んである箇所が、玉が皿に乗った瞬間の衝撃を表したものである。X 軸(横方向)および Y 軸(前後方向)は微弱な振動を表しているものの、ほぼ衝撃がないといってもよいだろう。

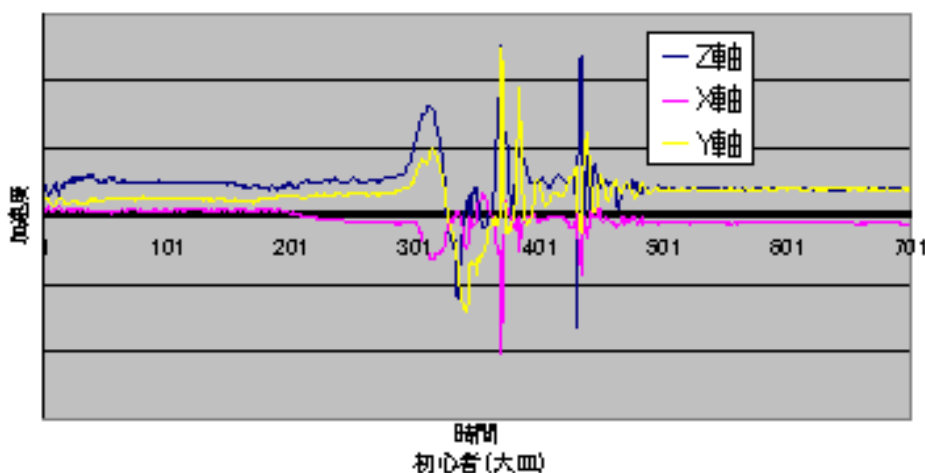


図 12.8 初心者の加速度波形

一方、初心者の衝撃測定の結果(図 12.8)をみてみると、XYZ 軸が同時に振れている箇所が技の開始位置であり、赤丸で囲んだ部分が玉が皿に乗った瞬間の衝撃を表したものである。熟練者の測定結果と比較して、X 軸(横方向)および Y 軸(前後方向)の衝撃が非常に大きくなっている。

以上の実験結果より、けん玉でひざを使った場合、玉が皿にのるときの衝撃を大幅に小さくすることが可能ということがわかった。

12.5.4 まとめ

熟練者の方が、衝撃が小さいということから、ひざをクッションとして使うことはけん玉上達のためのコツであるということが言えるであろう。また、玉が皿に乗るときの音を比較した場合も、初心者は木がぶつかり合う大きな音がするのに対し、熟練者はほとんど音を出さないことがこの実験の過程でわかった。ひざを使って、やわらかく玉を皿に乗せることがけん玉の上達において必要なことである。また、成功回数では現れない、熟練者と初心者の違いが「ひざの使い方」であるという仮説を裏付ける結果が得られた。

12.6 結論

SECI モデルを用いることの一番のメリットは、ほかのメンバーとのコツの共有である。また、SECI モデルは、知識変換プロセスだが、それだけではなく、SECI モデルを用いることにより、チームワークを強めるという精神的な部分でも役割を担っていることがわかった。

一方、個人で技を習得する場合も、簡単な技の場合は習得までの時間を短くできるという利点がある。SECI グループと比べ飛行機のようなコツが必要とされる技の習得には時

間がかかったが、両方のグループが全員飛行機を習得でき、5級まで上達したことから、成功率という観点からは個人グループも劣っているわけではない。

しかし、初心者と熟達者の比較から得られた結果からわかるように、コツをつかんでいるかどうかを考えたときに、SECI グループのほうが、表出化を行っていることから、コツを理解するのに有効だと感じた。

このようなことから、長期的な利益を考える企業にとって SECI モデルはかなり有効なものではないだろうかという予想が立てられる。さらにチームワークが増すということは仕事に楽しみを見つけモチベーションを高めることのできる点で非常に有効的であり、重要なことではないだろうか。現にホンダではタマ出し会と称したブレインストーミング合宿を行っており、普段とは違う環境、それも旅館などといった娯楽施設のような、人が最もリラックスできるような場所での会議を行っている。さらに、ブレインストーミングの創造技法を用いることにより、非建設的な人の感情を害することない意見の出し合いにより、普段より連帯感と創造力を増した会議ができるとして行われている。

今回は短期的な SECI モデルの有効性を検証したが、更なる長期的な観測に導くことができたのではないだろうか。

12.7 今後の展望

今回の実験は短期間に限定して、ほとんど初対面の人同士が集い、始めたものである。SECI モデルにはグループワークというものが非常に重要となっており、グループの雰囲気が大きく進展が変わる。これは短期間であればあるほど、SECI モデルの進展を妨げる要因となる。普通グループワークというものは人々の性格や場の雰囲気がわかってくるまでにかかなりの時間を要するはずである。

企業においても実験というものはたいてい長期的なものであり、さらに重要な研究や、仕事であればあるほど長期的になってくるはずである。このため、指揮を執るマネジャーの仕事が重要なのであろう。しかし、今回の実験ではわずか5日間である。それにもかかわらず、ある程度の結果が得られているということは、少なからず、SECI モデルは短期的にも成果を発揮するものではないかと考える。

今後の課題としては長期的な実験を行い、SECI モデルが長期的な技の習得過程ではたす役割についても検討を行う必要があるだろう。また、今回は SECI グループでの議論には熟練者の意見は取り入れていない。実際の仕事の技を習得することを考えたときには、熟練者の意見も取り入れるのが自然なので、熟練者の意見を取り入れた場合の実験を行えば、間違ったコツが共有されるというデメリットがひとつ克服されると思う。

第13章

身体知創造に対する日本的アプローチ

出典: 藤波 努, 身体知創造に対する日本的アプローチ,
第5回知識創造支援システム・シンポジウム予稿集, 印刷予定 (2008.2.22).

[概要] 身体知獲得に対して二つのアプローチが考えられる。ひとつはこれまでに獲得した動作レパートリーから使えそうなものを選んで、組み合わせ方を工夫する構成的方法である。もう一つは脱力して新しい筋肉の連係方法を探る探索的方法である。後者は日本の文化に顕著な方法であり、局所を動かすために全体が動くことに特徴がある。本発表では日本の文化から身体知創造のアプローチを探る。

13.1 はじめに

13.1.1 身体知研究の目的と意義

身体知とは高質の経験を通して人間が獲得していく勘やコツを指す。匠の技、音楽家の素晴らしい演奏などは身体知の現れである。人間が何かを巧みにやっつけるとき、そこには身体知が介在している。

日本は人間国宝という制度が整備されていることからわかるように、伝統芸能や伝統工芸が大切にされている国である。従って、達人の技を身体知であるといっても違和感を感じないが、人間が何かを巧みにやっつけにすることに知的な要素があることは自明ではない。

西欧では、知的といえるものは言葉で説明できることに限られる。言葉で表現できないものは議論しようがないから、科学の対象とはならない。このことは欠点や問題点として扱われるべきではなく、ひとつのアプローチとして尊重されるべきであろう。西欧の伝統

では学問は議論を通じて、共通理解のもとに発展させるべきものであって、一部の特権階級が密かに守り育てていくものではない。言葉で説明できないものが忌避されるのは当然のことである。

言葉で表現できないが故に、身体知は個人的に、あるいは特定の集団内においてのみ意味を持ち得た。客観的知識を追究する科学からみれば、身体知は探究の対象となり得ない存在であったが、近年のセンサー技術の進歩は事情を大きく変えつつある。技術の進歩により、脳内活動の様子や筋肉の働き、身体動作の詳細を捕捉できるようになった。これらのデータが取得できれば、身体知も科学的探究の対象となる [藤波 05a]。

スキルサイエンスはデータに基づいて人間の巧みさを研究する学問である。これまで我々は陶芸の菊練り [Abe 03, Yamamoto 04] やサンバの演奏、ダンスなどの研究 [石川 06, Matsumura 07] を通じてスキルサイエンスの発展に貢献してきた。研究を通じて、巧みさとは何かを幾分明らかにできた。

スキルサイエンスは我々人間が身体をどのように駆使するかを明らかにする。我々が誰かに巧みさを感じるのは、行為者が普通の人間にはできない、難しいことをこなしているときである。難しさは、対処しなければならない状況が複雑であるのに、利用可能な(人的、外的)資源が限られていることに起因する。問題解決のために何らかの工夫が必要であり、対処法を見出すなかで身体知が獲得される。

限界に挑む者の努力からヒントを得て人間の可能性を追究することがスキルサイエンスの目的であり、身体知研究の意義は、人間は何ができるのか、その可能性を示すことによって我々の人間観(自己イメージ)を押し広げることにあると考える。

13.1.2 身体観は世界観を反映する

身体知研究は我々の身体観に影響を受ける。身体とは何かを明確にすることで研究の方向性が定まるところがある。身体知研究の面白さは、そこに人間の考え方(身体観)が反映されることにあるともいえる。

脳にとって身体と外界の間に差異はない。どちらも情報を提供し続けており、また主体からの操作に反応して変化する。主な違いはどの程度「自分のもの」と感じられるかという所有感の強さに依る。(身体に障害がなく、かつ目的とする動作が日常的なものであれば)我々は思った通りに体を動かすことができる。動作を意図することと、意図した動作が遂行されることの間(意識上)ズレがない。ズレがなければ、我々は自分の身体動作とを感じる。

一方、外界の事物を動かす時には、もう少しいろいろなことを考えなければならない。天井からぶら下がっているバナナを取るには、机をバナナの下に持っていき、高さが足りなければさらに机の上に椅子を積み上げて、その上に立つことでバナナに手が届く。意図してから結果が得られるまで時間がかかるとき、我々は自分以外の何か(事物)が介在していると感じる。

制御という観点から見れば、身体と事物の違いは、どのくらい自分の思い通りに動かせ

るのかという、程度の違いでしかない。逆にいうなら自分の体であっても思い通りにできないならば違和感を感じ、自分とは別の存在とを感じる。たとえば膝の激痛で思うように歩けないとき、足は(物理的には)自分のものであるのに、物体のように感じる。

身体は外界の対概念(dual)であり、ゆえに身体観は世界観を陰に反映する*¹。たとえばお風呂で体を洗うとき、曜日ごとに体の一部を順番に洗っていき一週間で全身を洗うという人がいる*²。月曜日は左足、火曜日は右足、水曜日は左腕といった具合である。この方は自分の体を部品(パーツ)に分けて認識している。全体を部分に分けて捉えるのは還元主義のアプローチであり、事物の捉え方としてはごく一般的な手法である。

身体知研究の難しさは、そこに我々の世界観が反映されることにある。身体を考えると、我々はそのに自身の世界観を投影する。この点からスキルサイエンスと既存科学との接点をどう確立するかという問題が出てくる。

13.1.3 機械論的身体観への対案

身体観には我々の世界観が反映される。そして現状では、還元主義が世界観の主流である。還元主義とは全体を構成要素に分解し、各部を調べた後、全体を再構成して理解する手法であり、そこでは全体は部分の総和であることを前提としている。

還元論的手法を身体に持ち込むと、身体へのアプローチは分析と総合という段階を踏むこととなる。その場合、巧みさを感じる動作を部分に分解し、各構成要素の寄与を調べ、最後に全要素を組み合わせて、所期動作が復元できるかどうかを確認することとなる。

還元論的手法は強力であるが、対案はないのだろうか。このような探究を行いたくなるのは、身体は必ずしも還元論的手法に馴染まない気がするからである。人間の身体は数多くの要素からなっており、かつそれらが相互に連係して働いている。したがって身体の働きを部分に分解することは困難であり、むしろ全体を全体のまま捉えるシステム論的な見方が適していると思われる。

システム論的な身体観を探究するため、本稿では「日本的なもの」を手がかりにする。なぜなら「日本的なもの」は要点を解題され、説明を受けて学ぶものではなく、学習者自らが事態(現場)に参入して学び取っていくスタイルを採るからである。そこにはシステム論的な思考が感じられる。

以下では、日本の芸とその伝承(習得)形態を手がかりに、身体知に対する日本的なアプローチとはどのようなものなのかを考察していく。

*¹ 暗黙裡に世界観が身体観に投影されるという意味で「陰」と表現する。

*² 実は従兄弟の旦那さんの話です。某大学で物理を教えています。

13.2 伝統芸能の方法論

13.2.1 心身一元論

以下では、日本の伝統芸能の例として津軽三味線を取り上げる。方法論の違いを明確にするため、比較対象として(クラシック)ピアノを取り上げる。日本の伝統芸能の世界に参入して気づくのは、技能習得に関して明確な方法論が存在しないことである。

ピアノの世界では、演奏技能が段階的に向上していくことが意識されている。初心者が弾く曲は基本的な指の動きで演奏できるように意図されており、高度な技法を要求されることはない。そして熟達するに従って、高度な技法を習得するための練習曲に挑戦していくこととなる。よく知られている練習曲集として、たとえばショパンの練習曲やリストの超絶技巧練習曲などがある。

一方、津軽三味線の世界では(そしておそらく邦楽全般でも)、練習曲というものが存在しない。また熟達の度合いに適した難易度の曲を選んで練習するという考えもない。もちろんある程度は、熟達の度合いを考慮しながら練習する曲を選ぶわけだが、難易度の分け方はピアノの場合よりもずっと大らかであって、そろそろこれが弾ける頃だから挑戦してみようといった程度の認識である。もっとも大きな違いは、技術を平易なものから難易度の高いものへ、段階的に習得していくという考えが見られないことである*3。

三味線の世界では、熟達の度合いに応じた練習曲というものが存在しない。そもそも練習曲という概念がない。要するに、芸術的な表現から技術だけを取り出してきて、芸術性を無視して訓練するというアプローチを採らないのである*4。芸術性が心のものなら、技術は体のものである。日本の伝統芸能全般が、心を無視してとりあえず体だけ鍛えようというアプローチをとらなかったことは注目に値する。心と体は切り離せないということが暗黙のうちに認められているのである。

13.2.2 動きを感じること

演奏から芸術的表現を取り去って身体的技術だけを訓練しようとする試みの背後には、「心が体を動かす」という考えがあるように思われる。心が意図することに従って体が動かせるように身体を訓練するのだ。このような考え方では、心が主で体は従とされる。体は心に従うものであり、思うがままに体を操れることが価値のあることと見なされる。

だが、心と体を切り離さない見方を採るならば、両者の間に主従の関係は存在しない。体は動かすのではなく「動く」のである。そこに主語は存在しない。そのとき心の役割は、体を動かすのではなく、体の動きを感じることであり、体の動きを見つめることが心

*3 少なくともそのようなアイデアを練習曲集という形で表現することはなかった。

*4 もちろんピアノの世界でも、芸術性を無視して身体的な技術のみ訓練するということが推奨されているわけではない。ピアノ練習曲の中には高い芸術性を備えたものが数多くある。だが、技術を芸術性から切り離すアプローチが受け入れられる素地があるということは確かである(たとえばハノンなど)。

の役割となる。

体を動かすのではなく、自ずから生まれる動きを感じることに、この点に伝統芸能の方法論上の特徴があるのではないかと。動かすことよりも、感じることに重点が置かれているのである。そしてそこには、感覚を発達させれば動きは自然とついてくる（発現する）という信念が込められているように思われる。

13.2.3 しないこと

上に述べた方法論を突き詰めていくと、動かすのではなく「動かさないこと」が方法論として浮かび上がってくる。何かをしようとする、その意識によって感じる心が損なわれる。何かを意図的にしている間は、動きを感じる心の余裕がないからだ。したがって、動きを感じるためには積極的に何も「しない」ことが推奨される。これは身体的にある動作をしないということではなく、意識の上で何かを意図的にしようとは考えないことを意味する。

「しないこと」の重要性を理解するのは難しい。「すること」の価値にどっぷりと浸かった我々は、「しないこと」を「力を抜けばいいんだ」といった程度にしか認識しないからである。確かに外からは脱力しているように見える。しかし、力を抜くことは手段であって目的ではない。動きを感じることを目的であり、この点を意識せずに脱力しても意味はない*5。

別の解釈として、「しないこと」は身体を思考から解放することだとも言える。何かを意図的にしようとしている限り、身体は思考の制御下にある。考えてから行動するからどうしてもぎこちない動きとなる。考えることに心を奪われているから、体が受け取っている情報に気づくことが出来ない。そこで積極的に「しないこと」をすることで身体を思考から解放でき、身体が自ずから動くことが可能となる。

13.3 手の技法

本章では上で述べた伝統芸能の方法論、すなわち「しないことで動きを感じる」ことをもう少し具体的に、例を挙げて説明していく。

13.3.1 書く方法の比較

ペンを使ってものを書くとき、ペンを支える指には力が入る。これはペンの動きを意識的に制御しようとする姿勢の現れといえる。指に力を入れるために手首はやや反り気味となり、自然に手が握られるような形となる。一方、毛筆で書くとき、手首の力は抜けて手

*5 ここで告白するならば、著者がこのことを学んだのは三味線からではなく太極拳からである。したがってこの記述からはタイストの考え方が読みとれるかもしれない。本稿では「日本的なもの」を前面に出しているが、局地性を強調するつもりはない。アジアの国々と共有しているものも多いだろう。

が下がり、指は自然に伸びる。指は微かに筆を支えるのみである (図 13.1)^{*6}。このように楽に筆を持つことで、筆は自由に動く。ペンしか使ったことがない者 (たとえば西洋人) が筆で字を書く場合、ペンのように筆を持つ (図 13.2)^{*7}。だが、ペンのように筆を握りしめてしまうと、筆の動きは損なわれ、流れるような優美な書体を作り出せない。指の力を抜くことは毛筆では本質的なことである。

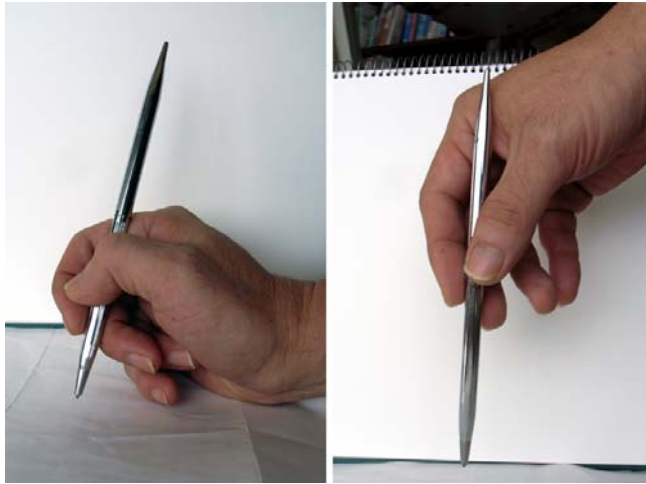


図 13.1 ペンを持つ手 (左) と筆を持つ手 (右)

力の入れ方に着目すると、ペンを使う場合は接触部位 (すなわち指) に力が集中している。一方、毛筆の場合、力は指 (だけ) に込められることはなく、指から遠い部位からも出る。前腕、さらには上腕も動くし、さらには体全体が動くこともある。ペン字と毛筆を比べれば、字を書くときに動く筋肉の数、関与する体の部位は毛筆の場合の方が圧倒的に多い。

ペン字と毛筆の違いには、体の使い方に関する理想の違いが反映されている。ペン字ではエネルギーを消費する部位は最小限となることが求められる。指先だけで書くというのがペン字の理想であろう。一方、毛筆では全身を使って書くことが理想とされる。そうすることで書体に勢いが生まれるからである。

これは深読みになるが、ペン字作法の背後には効率を至上価値とし、その追究のために整然とした計画を重要視する態度があるように思われる。合理性の追究と言い換えることもできるだろう。一方、毛筆では心を表現することに価値がおかれており^{*8}、そのために全身全霊で書くことを重視する態度があるように思われる。何を追究しているかといえ

^{*6} 毛筆と茶筌 (次章) の話は小田 邦彦教授 (大阪電気通信大学 医療福祉工学部 理学療法学科) から 2007 年 11 月 28 日に伺った話である。

^{*7} 日経新聞 (2008 年 1 月 14 日) に掲載された記事

^{*8} 「書は人を表す」という。手書き文字から、それを書いた人の息づかいさえ感じられることがある。だが、文字が書き手の属性を反映しているといった意見を欧州で聞いたことがない。手書き文字と人格が結びつくことは決してない。敢えて似たものを探すならカリグラフィであるが、これは機能性や見た目の美しさを追求したデザインととらえるべきであろう。



図 13.2 ペンを持つように筆を持つ手の例 (日経新聞 2008 年 1 月 14 日)

ば、それは美的なものであり、心の世界である。ただ、ここで「心」というとき、それは体と一体となった存在であって、肉体から切り離された、精神的なものではないことに注意する必要がある。

13.3.2 お茶の点て方

手の使い方について、毛筆と同様の技法は茶の湯の世界にも見られる。茶筌でお茶を点てるとき、ペンを持つように茶筌を使うことはない。これもまた毛筆のように、手先にはあまり力を込めず、手首を楽にして、少なくとも前腕から、できれば上腕から動かして、茶筌を使う(図 13.3)*⁹。

単にお茶を点てることが目的であるなら、ペンを持つように茶筌をつかったとしても問題はないであろう。問題になるとしたら、大勢の客を相手に茶を点てなければならないとき、すなわち体力が要求されるときであろう。全身でお茶を点てた方が疲れにくいからである。しかし、お茶席のような場で、一人が多勢の客を相手に何度もお茶を点てることがない。したがって、実用上の要請から茶筌の使い方が決まったとは言い難い。

すると茶筌の使い方には、日本人の身体技法に対する美意識が反映されていると考えられる。どのような美意識かといえ、道具を持つ手先だけ動かすのは見苦しい、手先の力

*⁹ 写真は次のサイトから借用した:

「茶道について」<http://ftea.info/colmun/sado/d05.html>



図 13.3 茶笏を持つ手

を抜いて全身を動かす方が美しいという価値観である。「小手先」という表現が侮蔑を込めて用いられることから、その美意識を伺い知ることができるだろう。

13.3.3 三味線の撥捌き

茶笏や毛筆の話は著者にとって啓示的であった。著者が本格的に津軽三味線を習い始めてから 3 年経つが、師匠と自分の演奏方法を比較した時、もっとも気になっていた点は右腕の使い方であったからである。

師匠に三味線を習い始めたときから稽古の様子は常にビデオ撮影して記録している (図 13.4)。自分の演奏と師匠の演奏を並べて録画しているので、自分の演奏法のどこに問題があるのかは容易に観察できる。演奏を比較したとき、師匠の右腕が自分の腕よりも自由に、かつダイナミックに動いていることにすぐ気づいた。師匠の演奏に比べると自分はいかにも小手先で弾いているように見えた。また手首に負担がかかるようで、演奏後は手首に痛みが残った。



図 13.4 三味線稽古の様子 (2006 年 3 月 30 日)

別稿 [藤波 07] でも述べたが、当初はこの問題を右肘の問題と捉えたのである。右肘を大きく動かすよう意識すれば師匠と同じような動作になるのではないかと推測した。しかし、右肘を動かしても動きはぎこちないままで、却って演奏上の困難さが増した。うまく動きを制御できなかったのである。

間違いは右肘を動かそうとしたことにあった。右肘は動かしているのではなく、何か別の要因があって動いているのである。ヒントとなったのは、上で述べた茶筌や毛筆の話であった。自分は撥を握りしめていたのだ (図 13.5 左)。撥を握りしめ、手首を回転させることで弦を打っていたことが誤りであった。

現在、正しいと考えている弦の打ち方は次のようになる。すなわち、撥はできるだけ軽く持つ (図 13.5 右)。握りしめてはいけない。手首の力も抜く。そうすると手は「だらん」と下がった状態になる。外見的には筆や茶筌を持つ形と同じである。この状態だと自由に、かつ楽に撥を振れる。

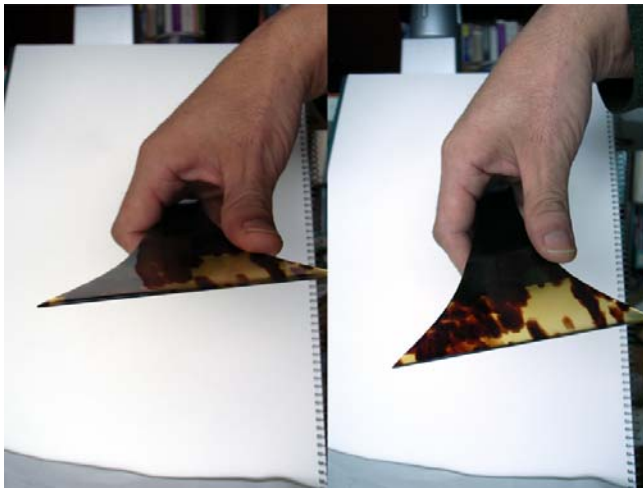


図 13.5 撥を握りしめている状態 (左) と楽に握った状態 (右)

撥を楽に持った状態でどうやって弦を打つかというと、求める音を出そうとすると自然に前腕、上腕、肩が動くのである。手先で撥を振れないとなると、撥を打つ力を作り出すために腕や肩の筋肉が働き出す。強い音を出すためには背中中の筋肉が動員されることもある。

楽に撥を持つ奏法の恩恵は、出音のダイナミクスとして現れる。すなわち、繊細な音から荒々しい音まで、幅広い表現が可能となる。全身全霊で、という表現があるが、音楽を演奏するという事はそういうことなのだ。小手先の演奏では駄目で全身で演奏しなければならない。そのためには末端の (余計な) 力を抜く必要がある。腕や肩の力が抜ければ体幹部の筋肉も動員できるだろう。

最近の自分の課題は演奏後、肩に痛みが残ることで、これは肩まで使えていることを意味するが、まだ改善の余地がある。体幹部の筋肉と肩から先の筋肉をつなげて使うのはまだ自分にとって難しい。全身を楽にして動かせるようになれば到達できるのかもしれない

ない。

13.4 伝統芸能の価値観

13.4.1 削ぎ落として得られる自由

創造という行為に対して、日本のスタイルは西欧のそれとは正反対といってよいほど異なる。西欧のスタイルは積み重ねていくが、日本のスタイルは削ぎ落としていく^{*10}。西欧は総合に向かい、日本は純化に向かう。音楽を例として説明するなら、西欧のスタイルは大勢の人間が壮大な曲を一緒に演奏するオーケストラという形態を理想とし、日本のスタイルはお座敷で一人の芸者が三味線をつま弾きながら歌う小唄を粹とする^{*11}。

上で伝統芸能の方法論に見られる特徴として「しないこと」を挙げたが、探究は無駄の除去に向かう。無駄を除去していったら得られるのは、自由や柔軟性である。どのような状況にも対処できる柔軟性に価値がおかれる。そして柔軟性を活かすものとして動きを感じる能力が重視される。

我々は確固とした構成や様式美とはほど遠いところにいる。音楽でも、歌と伴奏がぴったり合うことを嫌い、微妙についたり離れたりする感覚を喜ぶ。どこかに破綻があるものを好む。完成や完璧を忌避するのは、そこで固着が起きるからだ。

13.4.2 無に向かう生

積み上げるのではなく、削ぎ落として純化していく姿勢は我々の死生観と重なる。キリスト教的に言えば生は完成に向かって発展していくが、日本的なる生は無に向かうことで根源に立ち返る。我々は虚空からこの世に現れ、また虚空に帰っていくことを知っている。無から出でて無へ帰るということはすべての者にとって等しく起きることであり、そのことが「慈悲」の心へとつながっていく。

他者に共感すること、嘘をつかないこと、相手を信頼することは、仲間とともに知識を創造していくために不可欠である。組織的知識創造においてはこれらの要素が基盤を構成するが、他者と協調する姿勢がどこから出てくるかといえば、それは誰もが否応なく無に向かっていくことの悲しみであり^{*12}、そこから生まれてくる慈悲である^{*13}。

西田幾多郎が「絶対無」、「無の場所」という概念を使って描写しようとしていたのはこのようなことではなかったかという気がする^{*14}。

^{*10} この点については、小田 邦彦教授 (大阪電気通信大学 医療福祉工学部 理学療法学科) からご指摘いただいた。

^{*11} 本章での議論は、九鬼周造の著作 [九鬼 91a]、特に「風流に関する一考察」に影響を受けている。

^{*12} たとえば九鬼は「小唄のレコード」 [九鬼 91b] という小文を次の一句で結んでいる: 「どうせこの世は水の流れか空ゆく雲か……」

^{*13} 〈悲しみ〉をキーワードに日本人の心性を読み解いたものとして竹内整一氏のテキスト [竹内 07] は示唆に富んでいる。

^{*14} 西田は次のように述べている: 後悔の念の起るのは自己の力を信じ過ぎるからである。我々はかかる場合において、深く己の無力なるを知り、己を棄てて絶大の力に帰依(きえ)する時、後悔の念は転じて懺悔

知識経営研究の第一人者である野中郁次郎先生は一時、西田幾多郎の「絶対無」に言及していたが、その頃の私はその含意を読みとれなかった。我々が共同化できるということの根拠はどこにあるのか。そのことを考えていくと、「無の場所」という概念につき当たる。互いに意見を異にするものが無の場所に立ち返ることによって通じ合う。そういうことは確かにあるように思う。そして、このような姿勢は優れて日本的であり、西欧には見られないものである^{*15}。

13.4.3 生への信頼

次々と不純物を削ぎ落としていく一方で、我々はどこかで新しいものをまた獲得するだろうという安心を得ている。捨てることによって新しいものが得られるという自信がある。そのような自信の根拠はどこにあるのだろうか。我々はどこかで自然を信じ、その一部である体がすることも信じている。

理性が対処をあきらめてしまったような状況でも、身体は働いていて我々を支えてくれる感覚がある。身体のコントロールを失うことを、合理的精神は「狂い」として恐れるが、我々はそれも悪くないと思っている節がある。狂うことは生の横溢であり、生の根源（無）に触れることである。

解釈に誤りがなく、演奏上の失敗もないが、感動を与えてくれない演奏がある。感動とは身体的なものであり、皮膚を越えて体から体へと直接伝わるものだ。理性で音楽を捉えようとしている限り、感動を与えることはできない。身体を理性から解放しなければならぬ。そのような一種の自己放下には、生への信頼が欠かせない^{*16}。

(話は脱線するが) 認知症高齢者は、我々に生への信頼を呼び起こしてくれる存在ではないだろうか。認知症高齢者は「出来ること」を次々と奪い取られ、容赦なく死に向かって急き立てられていようととも穏やかである。それを見ていると、生というのは最期まで信頼に足るものなのではないかという気がしてくるのだ。

13.5 まとめ

本稿では「身体」を切り口として日本的な知識創造のスタイルを論じた。組織的知識創造は文化の影響を受ける。イギリスとドイツ、日本では異なった文化があり、そのため知識創造が目指す方向性（価値観）も、依って立つ基盤も異なる。

文化的差異を抽象論で語るのは危険である。本稿では身体技法という具体的なものを素

(ざんげ)の念となり、心は重荷を卸(おろ)した如く、自ら救い、また死者に詫びることができる。(「我が子の死」より引用)

^{*15} 欧州で私が直面したのは決して自分の意見を曲げない頑固な人たちであった。弁証法が対立を通してのみ成立するのは強固な個人主義に起因する。ヘーゲルの弁証法を積み上げ型とするなら、日本の弁証法は引き算で成立する。

^{*16} 西田幾多郎の「行為的直観」は同じようなことを言っているのではないかという気がするのだが、不勉強のため確かなところはわからない。

材として日本的なものを描写しようとした。ここで論じたことはやや込み入っているが、いくつかの前提を受け入れるなら理解はさほど困難ではないだろう。それらをまとめてみると次のようになる:

- 心と体は分けられない
- 体は信ずるに足るものだ
- 体が伝えてくるものを感じるには「する」ことをやめなければならない

いかがであろうか。これらの考え方は西欧の基本姿勢と真逆である:

- 心と体は別物だ
- 理性こそが我々の拠り所である
- 体は思い通りに制御しなければならない

一方は人々を原点へと導いて融和させ、他方は積み上げと対決に導く。

どちらが正しいというものではないが、身体知という切り口が我々自身の知識創造のスタイルを深めていく上でいかに重要な概念であるかを伝えられたのではないか。

本稿は日本と他の欧米諸国との文化的差異を強調するものではない。しかし差異は差異として存在しており、日本的なものから目を背けたり、侮蔑するのは間違っている。自分たちが長い年月をかけて培ってきた特性を批判的に再検討することで、異質な他者との相互理解が可能となると信じる。(了)

謝辞

本研究を遂行するにあたり、多くの方々にご協力いただいた。ここに名前を挙げて謝意を表したい。

サンバの実験環境構築では田中良一氏(ビブラソン主宰)にご助力、ご助言いただいた。小松商業高校にて実施したサンバレッスンでは安野薫氏にインストラクターを務めていただいた。小松商業高校ブラスバンド部の皆さんには一年以上、ほぼ毎週ダンスのレッスンを受けていただいたほか、データ収集に協力いただいた。ブラスバンド部顧問の室先生にはお忙しい中、いつもレッスンと実験におつき合いいただいた。音楽家の加々美淳氏にはサンバについて専門家の立場から貴重なアドバイスをいただいた。Love Shinyaの新谷さんにはダンスを教えていただいた。サンバの実験では北村孝一氏とエジに被験者として協力していただき、塩野恵理子氏にはポルトガル語と日本語の通訳をしていただいた。北陸をつなぐサンバチーム「ウニアン・ドス・アトラベッサドーリス」のメンバーには練習の合間に計測機器を身につけていただいた。

サンバ研究では多くの学生さんに助けていただいた。遠藤君、滝沢君、武井君、近森君ほかサッカー部の人たちには被験者として面倒な実験におつき合いいただいた。岩月さんはサンバ練習の前にストレッチを指導してくれた。松村耕平君、河上聖人君、井口淳平君、石川航平君らには研究を分担していただいた。後藤君には予備実験を手伝って頂いた。

菊練りの研究では、石川県立九谷焼技術研修所の皆様および関係者の方々に被験者としてご協力いただいた。教官である藤原元先生には被験者としてばかりでなく、菊練りに関してアドバイスいただいた。本学の佐野孝太郎さんには九谷焼技術研修所との仲介役をお願いした。実験では、本学学生であった飯野さん、高木さん、山田さんにお手伝いいただいた。菊練りの実験を始めた元学生の阿部真美子氏には時々ご助言いただいた。

武部剛氏(NHK)にはサンバと菊練りの研究を取材し、番組にまとめていただいた。番組は中部地区で放映され、我々の研究が世に知られるきっかけとなった。

ピッチングの研究は、青山賢作君、市川大祐君、大坪祐樹君、北喬寿君、濱本昇吾君が協力して進めてくれた。けん玉の研究は、辻路也君、中村和貴君、吉田理恵子さん、杉浦普規君、呉佳君、周亮君、Nguyen Thu Huong 君、小林武君が協力し合って進めてくれた。

河上君の実験では研究室の人を始め、多くの方々が協力してくれた。以下に名前を挙げる(敬称略): 松平好人、菱田童之、片桐秀樹、上陽介、荒木翔太郎、大川拓、島森正裕、周亮、山崎竜二、水澤和正、東松裕道、成田忠広、長船泰治、大内宏之、杉山一義、増田

晃弘、舟本直、角野清久、青山賢作の各氏。

竹馬の研究は小鮎幸洋君が進めてくれた。また舟本直君には被験者としてご協力いただいた。

肉切りの研究は能登康彰君が担当してくれた。実験では東京ストア新庄店精肉部門の皆さんにご協力いただいた。特に北村主任と染矢さん、橋爪さんにはお世話になった。データ収集の際には次の方々にお手伝い頂いた(敬称略): 東松裕道、小鮎幸洋、小原卓也、上陽介、河本新の各氏。

三味線研究では高木和枝師匠に稽古をつけていただいた。和の動作については小田邦彦先生にアドバイスいただいた。

歌声の研究は豊田喜代美さんに進めていただいた。実験では(株)レイザックの町島祐一氏にご協力いただいた。また研究の進め方について、米山文明先生にご助言いただいた。

知識科学教育研究センターにはモーションキャプチャ装置を使わせていただいたほか、実験場所を提供していただいた。共通事務室の境谷涼子氏には事務を担当していただいた。本学広報係の方々にはマスコミからの問い合わせに答えて頂いたり取材や撮影時に立ち会っていただくなど、ご支援いただいた。

そのほかにも多くの方々から様々なご支援をいただいて本研究は遂行できた。それらの方々の上に名前を挙げた皆様のご助力なしには本研究は遂行できなかった。我々の研究にご協力いただいたすべての方々に感謝します。

参考文献

- [Abe 03] Abe, M., Yamamoto, T., and Fujinami, T.: A Dynamical Analysis of Kneading Using a Motion Capture Device, in *proceedings of second international workshop on Epigenetic Robotics 2003*, pp. 41–48 (2003)
- [Balasubramaniam 04] Balasubramaniam, R. and Turvey, M.: Coordination modes in the multisegmental dynamics of hula hooping, *Biological Cybernetics*, Vol. 90, pp. 176–190 (2004)
- [Bernstein 96] Bernstein, N.: *On dexterity and its development*, Lawrence Erlbaum Associates (1996), 邦訳: デクステリティ 巧みさとその発達, 工藤和俊訳, 佐々木正人監訳, 金子書房 (2003)
- [Denning 00] Denning, S.: *The Springboard: How Storytelling Ignites Action in Knowledge-Era Organizations*, Butterworth-Heinemann (2000)
- [Depraz 03] Depraz, N., Varela, F., and Vermersch, P. eds.: *On Becoming Aware*, John Benjamins Publishing Company (2003)
- [Gibson 79] Gibson, J.: *The ecological approach to visual perception*, Lawrence Erlbaum (1979), 邦訳: 生態学的視覚論: ヒトの知覚世界を探る, 古崎敬ほか訳, サイエンス社 (1985)
- [Haken 85] Haken, H., Kelso, J. A. S., and Bunz, H.: A theoretical model of phase transitions in human hand movements, *J. Biological Cybernetics*, Vol. 51, pp. 347 – 356 (1985)
- [Haken 96] Haken, H.: *Principles of Brain Functioning*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (1996), 邦訳: 脳機能の原理を探る, 奈良重俊 / 山口陽子訳, シュプリンガー・フェアラーク東京 (2000)
- [Iguchi 06] Iguchi, J., Yamamoto, T., and Fujinami, T.: Samba helps football players improve their skill, in *Abstracts of the 5th World Congress of Biomechanics*, p. 556 (2006)
- [Johnson-Frey 03] Johnson-Frey, S. ed.: *Taking Action: Cognitive Neuroscience Perspectives on Intentional Acts*, MIT Press (2003)
- [Lave 91] Lave, J. and Wenger, E.: *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge University Press (1991), 邦訳: 状況に埋め込まれた学習 - 正統的

- 周辺参加, 佐伯胖訳, 産業図書 (1993)
- [Libet 02] Libet, B.: The Timing of Mental Events: Libet's Experimental Findings and Their Implications, *Consciousness and Cognition*, Vol. 11, pp. 291–299 (2002)
- [Mangun 03] Mangun, G.: Neural Mechanisms of Attention, in Zani, A. and Proverbio, A. M. eds., *The Cognitive Electrophysiology of Mind and Brain*, pp. 247–258, Academic Press (2003)
- [Matsumura 07] Matsumura, K., Yamamoto, T., and Fujinami, T.: A Study of samba dance using acceleration sensors, in *The 8th Motor Control and Human Skill Conference* (2007)
- [Miyake 86] Miyake, N.: The constructive interaction and the iterative process of understanding, *Cognitive Science*, Vol. 10, pp. 151–177 (1986)
- [Nonaka 95] Nonaka, I. and Takeuchi, H.: *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Oxford University Press (1995), 邦訳: 知識創造企業, 梅本勝博訳, 東洋経済新報社 (1996)
- [Panter 65] Panter, P.: *Modulation, Noise and Spectral Analysis*, McGraw Hill, New York (1965)
- [Petitot 99] Petitot, J., Varela, F., Pachoud, B., and Roy, J.-M. eds.: *Naturalizing Phenomenology*, Stanford University Press (1999)
- [Pikovsky 01] Pikovsky, A., Rosenblum, M., and Kurths, J.: *Synchronization – a universal concept in nonlinear sciences*, Cambridge University Press (2001)
- [Seiderman 91] Seiderman, A. and Schneider, S.: トッププレーヤの目, 大修館書店 (1991)
- [Thelen 94] Thelen, E. and Smith, L.: *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*, MIT Press (1994)
- [Varela 99a] Varela, F.: The Specious Present: A Neurophenomenology of Time Consciousness, in Petitot, et al. [Petitot 99], pp. 266–306
- [Varela 99b] Varela, F. and Shear, J. eds.: *The View from Within: First-person approaches to the study of consciousness*, Imprint Academic (1999)
- [von Hofsten 04] von Hofsten, C.: An action perspective on motor development, *TRENDS in Cognitive Sciences*, Vol. 8, No. 6, pp. 266–272 (2004)
- [Yamamoto 04] Yamamoto, T. and Fujinami, T.: Synchronisation and Differentiation: Two stages of Coordinative Structure, in *proceedings of third international workshop on Epigenetic Robotics 2004*, pp. 97–104 (2004)
- [Yamamoto 06] Yamamoto, T., Ishikawa, K., and Fujinami, T.: Developmental stages of musical skill of samba, in *Abstracts of the 5th World Congress of Biomechanics*, p. 555 (2006)
- [阿部 03] 阿部 真美子, 山本 知幸, 藤波 努: 技能獲得における身体動作のモーションキャプチャを用いた解析, 第 65 回情報処理学会全国大会予稿集, pp. 351–352 (2003)

- [伊藤 99] 伊藤 友記, 井上 伸一: 剣玉技術の学習過程の分析, 運動学習研究会報告集, Vol. 9, pp. 12-16 (1999)
- [井町 03] 井町 充晶, 植野 雅之, 上月 景正, 対馬 勝英: 音楽ゲームにおけるシミュレータの構築と習熟, 電子情報通信学会技術研究報告 教育工学, Vol. 103, No. 320, pp. 37-42 (2003)
- [岡田 03] 岡田 暁生, 伊東 信宏, 近藤 秀樹, 大久 保賢, 小岩 信治, 大地 宏子, 筒井 はる香: ピアノを弾く身体, 春秋社 (2003)
- [九鬼 91a] 九鬼 周造: 「いき」の構造, 岩波書店 (1991)
- [九鬼 91b] 九鬼 周造: 九鬼周造随筆集, 岩波書店 (1991)
- [古川 05] 古川 康一, 植野 研, 尾崎 知伸, 神里 志穂子, 川本 竜史, 渋谷 恒司, 白鳥 成彦, 諏訪 正樹, 曾我 真人, 瀧 寛和, 藤波 努, 堀 聡, 本村 陽一, 森田 想平: 身体知研究の潮流 - 身体知の解明に向けて -, 人工知能学会論文誌, Vol. 20, No. 2, pp. 117-128 (2005)
- [高塚 05] 高塚 亮三, 藤波 努: 物語を基盤とした認知症高齢者徘徊探索へのアプローチ, 第2回知識創造支援システムシンポジウム, pp. 94-101 (2005)
- [佐久間 94] 佐久間 真理, 大串 健吾: 打楽器演奏における演奏者の意図の伝達: 視覚と聴覚の相互作用, 日本音響学会誌, Vol. 50, No. 8, pp. 613-622 (1994)
- [手塚 98] 手塚 一志: ピッチングの正体, ベースボール・マガジン社 (1998)
- [小田 06] 小田 伸午: より豊かなスポーツ世界のために, Vol. 18, No. 4, pp. 17-21 (2006)
- [松村 06a] 松村 耕平: 加速度センサによるサンバリズム運動の分析, 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科修士論文 (2006), www.jaist.ac.jp/library/thesis/ks-master-2007/paper/mkouhei/paper.pdf
- [松村 06b] 松村 耕平, 山本 知幸, 藤波 努: 加速度センサーを用いたサンバダンスの解析, ジョイントシンポジウム 2006(スポーツ工学シンポジウム・シンポジウム: ヒューマンダイナミクス), pp. 216-221 (2006)
- [上村 04] 上村 章浩, 藤波 努, 山本 知幸: モーション・キャプチャ装置を用いたリズム演奏習得過程の分析, 第18回人工知能学会予稿集, pp. 3D1-05 (2004)
- [新山王 02] 新山王 政和, 村尾 忠廣, 南 曜子, 小川 容子: 音楽ビートと運動ビートのタイムラグについて: マーチングステップの熟達者と未経験者の相違について, 情報処理学会研究報告. [音楽情報科学], Vol. 2002, No. 40, pp. 79-84 (2002)
- [森 02] 森 和夫: 現場でできる技術・技能伝承マニュアル, 日本プラントメンテナンス協会 (2002)
- [森田 93] 森田 信一, 角田 真二: 視聴覚情報を利用した楽譜の学習に関する一検討: マルチメディア時代に向けての基礎的研究, 日本教育情報学会年会論文集, No. 9, pp. 166-167 (1993)
- [諏訪 05] 諏訪 正樹: 身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化, 人工知能学会誌, Vol. 20, No. 5, pp. 525-532 (2005)
- [生田 87] 生田 久美子: 「わざ」から知る, 東京大学出版会 (1987)
- [石川 06] 石川 航平, 山本 知幸, 藤波 努: モーション・キャプチャ装置を用いたサンバ・

- リズム習得過程の分析, 人工知能学会第 20 回全国大会予稿集, pp. 2D1-02 (2006)
- [赤池 97] 赤池 弘次, 和田 孝雄: 生体のゆらぎとリズム—コンピュータ解析入門, 講談社 (1997)
- [川島 01] 川島 光郎: 聴覚障害者のリズム認識と学習, 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, Vol. 100, No. 600, pp. 65-72 (2001)
- [川島 04] 川島 光郎: 聴覚障害者のための皮膚電気刺激による音楽リズム伝達, 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, Vol. 103, No. 600, pp. 1-4 (2004)
- [多賀 02] 多賀 源太郎: 脳と身体の動的デザイン 運動・知覚の非線形力学と発達, 金子書房 (2002)
- [大場 00] 大場 渉, 武田 守弘, 関矢 寛史: モデリング、イメージ、ビデオフィードバックによる学習効果の比較, 運動学習研究会報告集, Vol. 10, pp. 3-8 (2000)
- [池田 06] 池田 哲雄: 中学・高校生のための野球レベルアップ教本 2006, ベースボール・マガジン社 (2006)
- [竹内 07] 竹内 整一: 〈悲しみ〉と日本人, 日本放送出版協会 (2007)
- [仲谷 03] 仲谷 美江, 吉良 文郷, 西田 正吾: リズムを介した感性協調支援実験, 情報処理学会研究報告. CVIM, Vol. 140, pp. 155-162 (2003)
- [辻 05] 辻 靖彦, 西方 敦博: リズムと打拍フォームの同時測定に基づく打楽器の演奏分析 (実システムの構築), 電子情報通信学会論文誌. D-I, 情報・システム, I-情報処理, Vol. 2005, No. 1, pp. 99-107 (2005)
- [渡辺 98] 渡辺 亮, 飯田 茂樹: レッツプレイサンバ, 音楽之友社 (1998)
- [土肥 02] 土肥 修, 長嶋 祐二, 寺内 美奈, 堀内 靖雄, 市川 薫: 手話対話における頷きの影響に関する実験的検討, 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解, Vol. 102, No. 317, pp. 45-50 (2002)
- [藤波 04] 藤波 努, 山本 知幸, 阿部 真美子: 身体技能に見られる階層性と「あそび」に関する考察, 第 18 回人工知能学会全国大会予稿集 (2004), 3D1-04
- [藤波 05a] 藤波 努: 個人と組織に見られる巧みさの発達と進化, 人工知能学会論文誌, Vol. 20, No. 5, pp. 518-524 (2005)
- [藤波 05b] 藤波 努, 山本 知幸: 周期的動作に見られる協調構造の分化, 人工知能学会全国大会第 19 回論文集, pp. 2B1-05 (2005)
- [藤波 06] 藤波 努: リズムで越える時間の壁—身体知へのアプローチ, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 30, No. 68, pp. 71-76 (2006)
- [藤波 07] 藤波 努: スキルサイエンスとエンタテインメント, エンタテインメントコンピューティング 2007 論文集, pp. 1-4 (2007)
- [野中 04] 野中 郁次郎, 遠山 亮子, 紺野 登: 知識ベース企業理論, 一橋ビジネスレビュー, Vol. 52, No. 2, pp. 78-93 (2004), 秋号
- [有馬 05] 有馬 隼人: はじめてのアメフト, ベースボール・マガジン社 (2005)
- [立花 06] 立花 龍司: 立花龍司の少年野球コーチング, 高橋書店 (2006)