

ABSTRACT:**From Theatre Anthropology to the Science of Performative Creativity**

Theatre-making is the only art form of which one can say any one of the following two statements to the artist engaged in it:

- “That action is true – that is how you would do it in life.”
- “That action is not true – that is not how you would do it in life.”

One cannot meaningfully tell a violinist, for example, “that is (or is not) how you would do that action in everyday life”; nor can one meaningfully tell an artist painting a picture “that is (or is not) how you would paint in life”; nor can one meaningfully say to a dancer “that is (or is not) how you would move about in life” – and neither can one say that to a sportsman; nor can one say to a singer “that is (or is not) how you make vocal sound in life.” All such statements would be meaningless, pointless and absurd.

In the case of the theatre-maker, however, each and every action that he makes would appear to correspond, precisely, to actions s/he does in life... and so, one feels that one can say to the theatre-maker that his or her actions are true to life or that they are not true to life.

Patrice Pavis, (Professor of Theatre at the University of Paris VIII and one of France’s most brilliant academics) has this to say: “A performer is someone who speaks and acts on his own behalf (as an artist and as a person) and thus addresses the audience, while the actor represents his character and pretends not to know he is only a theatre actor”, and he goes on to say: “The performer stages his own self, while the actor plays the role of another.” (Pavis, P., *Dictionary of the Theatre – Terms, Concepts and Analysis*, University of Toronto Press Incorporated, 1998, p. 262)

Considering the performer’s artistic actions as being true (or not true) to life, it thus appears correct to say that the theatre-maker dissects, analyses, deconstructs, fragments, breaks down and studies with intense scientific care and rigour all those very actions which each and every human being continually executes in each moment of his everyday life.

The implication is clear: the theatre-maker’s work emerges as being an endless study and research into how we Human Beings do all that we do. It does not stop there however, for the theatre-maker must moreover organise all that in a way in which he¹ arrives at judging it to be aesthetic... beautiful, full of beauty.... such that the act of (say) filling a glass with water² could end up judged to be a work of art.

If we truly stop to think of it, we should find it amazing that the Human Being could come to the improbable conclusion that it is indeed possible for him to set up such judgmental criteria. While observing the act of filling a glass with water, what criteria could one adopt if one wishes to decide whether or not that mundane act deserves to be called “a work of art”... or whether, instead, it fails? If a French horn player hit one disastrous note during an execution of Beethoven’s 5th symphony there is no doubt that it would irrevocably haunt us right through it, making it impossible for us to consider the execution of that symphony as having succeeded in its aim. The pouring of a glass of water in a theatre performance cannot be considered differently.

This presentation will look at that which, it suggests, is a unique phenomenon – how the theatre-maker studies and researches the foundations of Human action. It will moreover propose that harnessing the power which today’s science puts at our disposal and employing it to study and research that phenomenon could shed important light on what it means to be Human

¹ Even his audience need to arrive there – by extension and by consent.

² Or the act of killing someone, or of speaking to someone, or of eating something, or of walking, or of picking up a rose... or any of the myriad small actions we carry out in our everyday life.

Quantitative analysis of actors' speech timing in drama: From self organization to intended random action

後安美紀¹

Miki Goan¹

¹ATR メディア情報科学研究所

¹ATR Media Information Science Laboratories

Abstract: The purpose of this study is to clarify the skill-acquisition process for controlling speech timing used by professional actors while rehearsing a play. We conducted recurrence quantification analysis (RQA) (Riley et al. 1999) of the captured 94 video-recorded trials for one scene as time series of data consisting of marks of turn-taking. RQA revealed a tendency for the learning process of utterance timing to become more irregular (lower %DET) but, at the same time, more coherent (lower ENTROPY).

演劇と科学の出会い

Richard Muscat と John J Schranz による対談[1]には、演劇と科学の幸福な出会いが描かれている。ここで「幸福な」と表現するのは、演劇と科学のあいだに、学際的研究がしばしば陥ってしまう学問間の「主従関係」や最悪な場合における「無関係」が見受けられなかったためである。演劇と科学が自らの方法論についてそれぞれ客観的に見つめながら、人間であることは何かという問題意識を明確化しようと努めている。例えば、脳神経科学者の Muscat は演劇を専門とする Schranz の話を受けて次のように述べる。“It is when John talks about training that I begin to understand a bit... that to train is, maybe, to discipline yourself “to get the less” and in performance “to get the more”. And this is exactly what the cells in the brain are doing to enable you behave.”

また Schranz によれば[2]、後安ら[3]の研究と彼らの研究の扱っていることは、与えられたセリフから動き全体の“flow”をどのように作り出しているかということに焦点を当てているという点で共通であるという。ここでも再び、文献[1]のテーマのひとつである“getting less to get more”が浮かび上がる。すなわち余計なことをして“flow”を止めてしまわないために、真の performer はいかに努力をはらっているかということである。

本発表では、タイトルや Abstract に書いたよう、平田オリザの稽古場で見られた俳優の発話タイミングの習熟パターンに関する解析結果を報告すること

を主目的とする。その一方で、このたび第4回研究会において、演劇を専門とする Schranz 氏ご本人が招待講演者として登壇されるということを伺い、後安らがおこなってきた一連の生態心理学的研究の方向性についても紹介することにする。平田オリザの演劇に多大に影響を与え、能舞台に色濃く影響された、“getting less to get more”の精神を極めたといってもいい太田省吾の沈黙劇のスタイルに関しても（俳優のことはさえ余計なものとして削ぎ落とされた）、ビデオを交えながら解説したい。なぜなら私たちの研究は平田オリザだけでなく太田省吾の仕事にインスパイアされて進めてきたからである。貴重な国際交流の機会を無駄にしないために、この種の、“getting less to get more”の精神に反する欲張りなことをしてしまうのであるが、どうかお許しいただきたい。

参考文献

- [1] Muscat R. and Schranz J. J.: What is it to be Human? A Theatre Neuroscience Perspective, Transcript of the Presentation the Authors made on the 20th April 2007 in the Seminar Series in Italy, <http://www.um.edu.mt/ema-ps/related/papers>, (2007)
- [2] Schranz J. J: in personal communication
- [3] Goan M., Fukaya T., and Tsujita K.: The More Rehearsal, the More Noise in Timing Patterns, Proc. of the 20th International Conference on Noise and Fluctuations (ICNF 2009), pp.559-562, (2009)

Education Program for "Gnothi Seauton" and Understanding of Own life System and Brain System.



“Gnothi Seauton – knowing yourself through your body”

Yoriko Atomi1

The University of Tokyo, Research Fellow Radioisotope Center



Abstract: [English] Analysis era begun from the middle of the 19th century to the end of the 20th century brought us enormous progress understanding humanities, both in the scientific and literature worlds. Previous methods of Humanities education of methods can be divided into two types. The first is the method of knowledge transfer, and the second is the one with only practice. By either type of education method we cannot know own possibility and mechanism of self-learning and self-recognition, which may be characteristic of human beings. This study shows new type of education system to “know thyself (gnothi seauton), which was introduced to 3000 first-year students of the University of Tokyo from the academic year of 2006. The program, which consists of five essential components to the understanding of our own body and existence, is as follows; we should know 1) the gaps of expectation and reality, 2) human standing and walking system, 3) running intensity to keep global homeostasis, 4) cell unity as an autonomous life system, and 5) resuscitation principle. In particular we focus on and discuss the importance of two new fields of recently developed life and brain sciences that had not been academically recognized in the physical education learning. Only human beings can learn and realize ourselves through scientific visualization of “own action” and representation of their own activities with words. This method is based on recent life and brain scientific knowledge of “activity (use-, output-)-dependent gene expression system”, epigenetic mechanism, cell theory, and protein homeostasis. This new management of oneself through action with scientific visualization of our body-mind system can be regarded as “human sustainability” and constitute one part of the area of “Alliance for Global Sustainability”.

I. Introduction: how to know me?

1. How to know me?

Although we have too much knowledge! But we don't know how to use them for our real life as human beings. What is human beings! Can we get the answer from science and technology?

I don't know what to do, if you tell me so. What I should do! Try directly by yourself! You should understand by knowledge and scientific experiment! Self identification is produced by Activity-dependent expression & good emotion. So we should set up the “field” where we human beings can be activated logically and emotionally. We should think about ourselves at least with three words; body, mind, and logic.

• *Rethink about action/activities/practice/exercise!?*

Regretfully Japan is the number one both in not only the longevity but also a number of suicides in the world

for these years. The top cause of suicide is related to health problems. The most important thing for peoples is to keep health, but the related education is not appropriately introduced through school education days. People are interested in athletic games, but don't know herself/himself through real activities and relating sciences. My researches are focusing on human biology since university days. Trying to think about our various activities or exercises from an aspect of human biology, they are explained as follows: Tai Ji is the best exercise to learn human motion and get awareness of our body system; running is human activity to progress evolution of Homo; stretching is “good work” for our cell systems. I feel the essence of life science will be useful for seeking the answer for “What is human beings?”

2. Life is realization, and genome information is not blue print of our real life.

Thanks to advanced scientific research, the

human-genome has been found. However we cannot see the real ability of human beings by genome research alone. Our life (cells) can adapt to real situations by receiving stress (stimuli). If we can use this stress well, our cells and body also can be strengthened (physically and mentally). As we have lived with our own cells and the environment/animals/human being surrounding us by communicating dynamically, I would like to talk about new symbiotic combination from the point of view of principles of life activity.

Life was born from space. Human-beings then evolved their huge brain. But how much we know about our life and brain?

Standing: how do we stand? In standing, we are swinging back and forth because of muscle soleus' stretch on foot.

If we stay in space for long time, both our muscle and bone will be weakened. Indeed, we can keep our mind and muscle healthy by movement (stretching, Tai Ji, jogging for example). Why standing on the earth can give us good stress? Why do our bedridden brains become weak? Physical exercise is often promoted only for its physical values -- but the impact of movement on the mind is far more important, a strong body gives us the foundation for a strong brain. I will emphasize the most recent research in the area of mind-body interconnection and highlight why this is so important in an increasingly globalized, complex and speedy world.

Life is realization of genetic information through protein expression! (Figure 1)

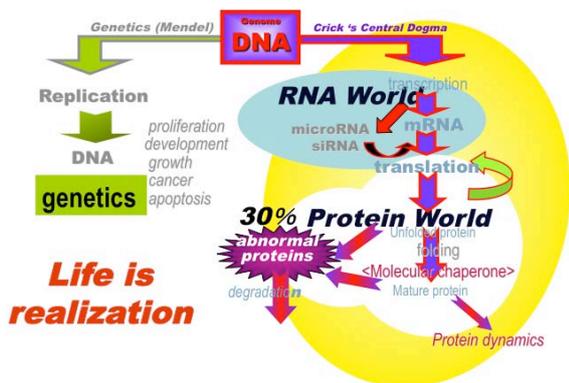


Figure 1 Life is realization

3. *Let's imagine your cells which live in your body!*

Constitution of "field to learn own body with logically and emotionally" guides us to create human creative action/activities. The action of seeing self activities or

observing beating heart cells just after counting own heart rate lets us understand that cell can live alone both on dish and also in our body (Figure 2). *Students want to know factors connecting individual beating cells in our heart in our body, and are going to think "real autonomy" of life system in own body.*



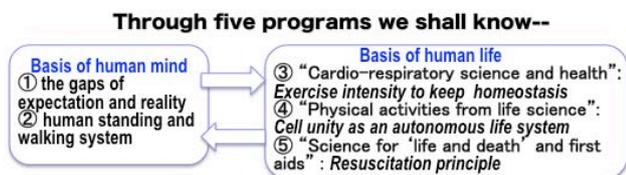
Figure 2. The scene of physical education class named by "Science course": Observation of "beating heart cells on dishes" through microscope in "gymnasium".

4. **New science programs for "Self Discovery" in the University of Tokyo**

Era of analysis science that begun from the middle of the 19th century and continued to the end of the 20th century brought us enormous progress understanding humanities, both in the scientific and literature worlds. However, we had missed the starting point and the goal of humanities educations. I would like to tell you about one possibility to solve this problem that unify body and mind resulting in occurrence of action/activity and realizing the process of creation of own abilities.

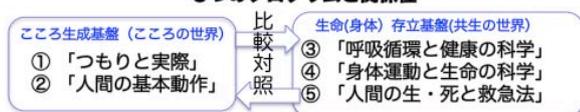
I feel sympathy for principle of human being who lived in ancient times. It seems that they know body more than us living now today. "Self discovery" called by "Gnothi seauton" has been in my mind for a long time, after the first discovery of an existence of life system working in my body and mind in student days of special course of physical education. I was impressed to read the book titled by "Human Biology ("Pre'cis de Biologie Humaine - Les Bases Organiques du Compotement et de la Pense'e -")" written by Paul Chauchard, 1957, Presses Universitaires de France (translation into Japanese, 1959 「人間の生物学—行動と思考の生理学的基礎」,岩波書店). The subtitle is "physiological basis of human action/behavior and thought". I imagine, he will publish a similar book from life science. if he were alive nowadays, he would like to write a book I will show you here some introduction, my hypothesis and the program of Gnothi seauton in KYOYO education in the University of Tokyo

introduced formally since 2006. All programs are performed in the special gymnasium equipped with various visualizing system.



The programs of "Gnothi seauton", "knowing yourself" through doing practice and knowledge supplied to 3,000 students in physical education class in the Univ. of Tokyo, performed from 2006.

**「いのち(身体)」と「わたし(脳)」の関係性の理解する
5つのプログラムと関係性**



「人間生存の科学」第一歩としての5つの共通実習項目：この授業を通して、「生命(生き物)としての自分」と「人間文化をつくった"わたし"」の二つの自分を科学として知る。両方の「理」を言語化し、理解し、一致させる努力をする。

Figure 3. Inter-relation among five programs.

• Some principles of presetting

• The Scene is very important to learn something, because our recognition is afforded by environment. Therefore, I set the scene where students do, think and express with words. Beating heart cells under microscope in the science laboratory is for just scientific analysis, while beating rhythm under microscope set up in gymnasium observed after exercising and counting own heart pulse will connect to own rhythm of self heart.

• Five basic programs were selected from many contents produced by Trials of "Science Course", which are consisted of small classes (~30 students) for 5 years by several teachers. Five years of period as pre-trials named as "Science Course of physical education" have past since 2000. Volunteer teachers/researchers of specialists, such as brain-scientist, life-scientists, orthopedist, psychologist, and physiologists have developed each unique program to understand various aspects of human body, especially active/exercising state and performed for small numbers of students.

• Five programs

1. Basic rule for **the gaps of expectation and reality, that is disagreement between** recognition and output (performance)
2. Basic rules for **human standing and walking system**—Measurement of Center of foot at standing posture, and EMG during walking (Tai Ji is the best exercise for learning of human motion.)
3. **"Cardio-respiratory science and health": running**

intensity to keep global homeostasis. Reevaluation of exercise intensity of aerobics to keep homeostasis: Lactate Threshold (Stress Threshold)

4. **"Physical activities from life science": cell unity as an autonomous life system.** This produces basic rule of "adaptation" from life science (cell biology and molecular biology, that is "Mild stress is good stress")

5. **"Science for 'life and death' and first aids" :resuscitation principle.** Practice of First-aids and understanding of the production of electric current for autonomy of heart cell: artificial respiration, taping, and icing.

• Relation among programs

First two programs are included in "Basis of human mind" and has effects on life system of body and action. Inversely, latter three programs directs from output via muscle activity to brain. Interestingly these programs are described by the Use of two striated muscles, skeletal muscle (① , ②) and heart muscle (③, ④, ⑤) for our understanding. Muscle contraction system makes us live and express all.

• Effects of Education Programs

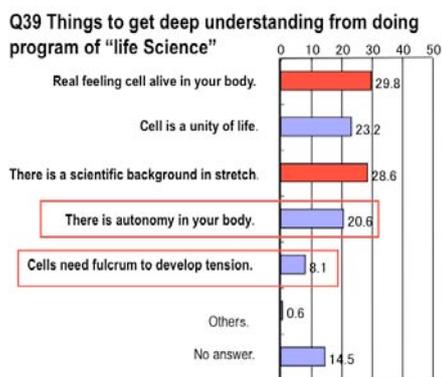
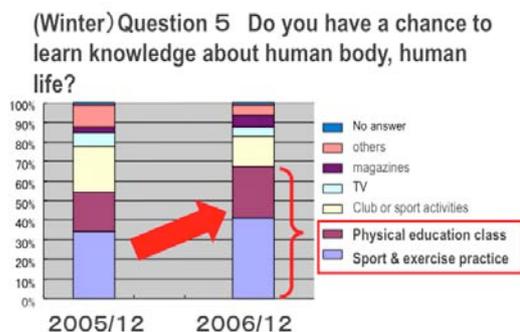


Figure 4. Effects of one program to understand own body related to life science by questionnaire to students.

Some results of a questionnaire for students participated in these programs of the first year will be presented in Figure 4. One examples: (Winter) Question 5: Do you have a chance to learn knowledge about human body, human life, and ? Question 39: Things to get deep understanding from doing program of “life science” (Figure 4).

II. Recent knowledge from life and brain sciences let us know intrinsic property of “action” and “dynamics”.

• Possible origin of our adaptability and educability.

On the process to elucidate molecular mechanism of muscle atrophy induced by unloading (special animal model for disuse-bone and muscle atrophy) I happed to meet a protein system named of “cytoskeleton”, which plays a role making frameworks of cell shape. This system is amazing because having fiber-like protein structure (Figure 5), but unstable being breaking down into small peaces of free form. Fibers are assembled form of free proteins. The assembly needs energy like ATP or GTP. Most cells in our body have basically three cytoskeleton, named actin, tubulin, and intermediate filament. Actin proteins assemble and making actin filament, and tubulins making microtubule, both of which has intrinsic dynamic property. The property of microtubue is called as “dynamic instability”. This means the unit of “a cell” has a dynamic structure. Plasticity is unique property on brain, and the base of our educability, that is based on these dynamic systems especially actin and tubulin protein system. In general, people think chemical reactions occur in solution like water, while the inside of cells are crowded in protein molecules organized by the cytoskeleton”, which produces the direction (“polarity”) and dynamics. I imagine unstage human mind, therefore always seeking something, borne from unstable body and activities because of bipedal landing, and also originally might be borne based on corresponding unstable cell system to be destined dynamic. Stabilization of life system is going to “death” at the cellular level, therefore we cannot realize myself through only thinking. Only image is only image. We cannot be healthy without “action”, “activities”, or “exercise”. Six hundreds thousand cells increased from

one egg and one sperm live in your body, whose system is working in the basically same discipline under Central Dogma, proposed by Francis Harry Compton Crick (1953). Doing, moving and explaining with words results in understanding and realizing myself. “Gnothi seauton” from cellular and individual levels, because life is working in an activity-dependent principle!

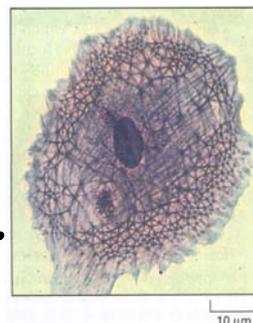


Figure 5 Cells make a shape with protein filaments named of the cytoskeleton.

Activity(Use/Output)-Dependent Manner

Recent evidences of brain and life sciences show that our life system including brain works on at the molecular and cellular levels in “activity-dependent way for almost biological phenomena. Brain produces both just images, most cases associating with perception from outer/inner environment and real creation with muscle and secretion systems. Human dream realizes only through activities with imagination resulting in creation (Figure 6). We need cyber world work but have to connect to real physical and biological world. Activity-dependent gene expression is a principle of survival of neuro-muscular cells as well as all cells in our body.

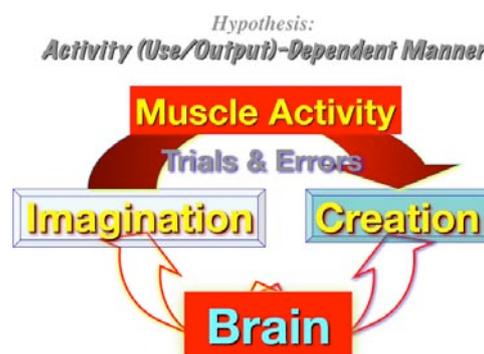


Figure 6 Relation of brain and muscle activities, realized in activity-dependent fashion.

II. Guidance of awareness by

visualization of invisible motion/activities processes, molecular and cellular phenomena.

• **Three phases of our ordinary lives (Figure 7)**

It seems to be three levels of ordinary life, phase I-III, depending on levels of consciousness; such as Phase I: Ordinary 24 hours: Daily Life to past 24 hours to plain live,; *Phase II*: Daily Life at present: Learning is considered as inevitable obligation; and Phase III: Understanding myself through monitoring of living conditions of daily life may bring us to get 24 hours to be active, alive and progressed.

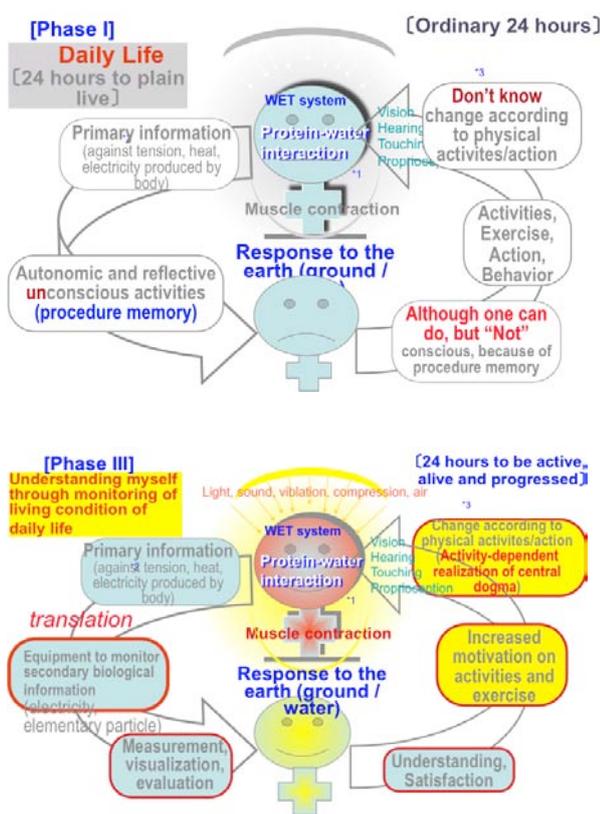


Figure 7. Three phases of our ordinary lives; plain life and active/alive life.

Most function of human body was produced by the interaction of proteins and surrounding water. Human communication with environment is produced by perception through vision, hearing, touching and proprioception to physical dry factors, such as light,

sound, vibration, compression, air. Most responses to various stimuli is tension/strength produced by muscle contractions. However, biological system is produced by wet chemical activities after perception of stimuli. Those responses are **autonomic and reflective, therefore unconscious activities because of procedure memory.**

Realization of learning, adaptation, and evolution is owing to just creative “activity-dependent system”.

III. Some examples of observations for “gnothi seauton” in body level; posture effects, physical exercise effects, and in cell and DNA levels

Some examples of programs will be listed as follows:

- 1) Gaps between subjectivity and objectivity
- 2) Heart rate change at different postures:
- 3) Heart rate changes during exercise: linearity
- 4) Direct observation of DNA extracted from cells

I explain a little some simple programs for students to realize and understand in the way of “Seeing is believing”.

1) Gaps between subjectivity and objectivity:

Using a hand dynamometer, two persons do together this program. One student tries to grip adjusting predetermined graded strength (output) without seeing the value. After performing grading grips of randomly assigned five grades (e.g. 20, 80, 60, 100, 40 %), she/he draws graphs of expected values relative to real measuring values. Usually the graph is almost linear with some threshold and showing plateau near 100%. Sometimes examples appeared no relation, meaning no grading or no controlling.

2) Heart rate change at different postures:

Heart Rate changes at 3 postures: standing, sitting and lying depending of body and heart works on the gravity. We can observe “heart’s autonomous response”, even under relatively milder changes of posture. Heart rate per minute is lower in lying position, becomes higher in sitting position, next in standing position.

3) Heart rate changes during exercise:

Although we know after the another program titled by “cardio-respiratory system and health”, another program of common basic practices, we can get a beautiful linear

line between exercise intensity (running speed) and heart rate. Comparing two different graphs of trials of grip strength relative to own ratings (grading) and heart rate levels relative to running speed, students understand differences of human expectation (grading of hand grip) and body (heart) works.

“Autonomy of heart” is regulated by corresponding changes of exercise quantity of whole body by dual autonomic nervous systems, sympathetic and parasympathetic nervous systems,

4) Direct observation of DNA extracted from cells:

We understand relation between our materials of our body and cells, and our will/consciousness, autonomy and observation & knowledge through this program.

VI. Conclusion

I contribute twice correspondences apart 5 years to “Japanese newspaper column in Asahi shinbun named by “the world of criticism” (2000“Human Body educates life and brain” (Asahi Shinbun, December 19, 2000)) and “My viewpoint” (2007.3.7: Thinking of my body - “Let us know the relation to myself!” (Asahi Shinbun, March 7, 2007). Strangely it is most far from our life system and our body and brain system, especially in Japan, despite recent progress of life sciences.

It is difficult to explain our programs from aspect of human understanding, especially in English. We human being should know what is human being. Body knows all. Do we know our body of nature itself? Now we have learned knowledge with association of physical activities, such as trials, mechanism of activity-dependent survival, and an existence of “shape to move.” We shall keep in mind to live as a man, whenever we could live through life. That is the human life.

“自分を知る”教育プログラム～我々自身の生命システムと脳システムからの理解と原理（その一）

跡見順子(東京大学・アイソトープ総合センター)

平成三年の大学設置基準の大綱化で、東大では長年必修だった保健体育講義は選択科目となり、体育実技のみが必修で残った。中高大学受験科目ではないので「保健体育」をほとんど学習していない新生が大学に入学してくる。身体や健康、身心の連携などについての知識は驚くほど少なく、受験のために学んだ生物学の知識さえ「自分が生きていること」と関連づいていない。その結果、学生にとって体育の授業は、「身体をリフレッシュする時間」との位置づけになっている。平成18年度から、一週間に一度の体育の授業を、身体の運動量を補償するだけの体育実技科目

から、「出力依存的に現れる自らの身体の働き」の観察・数値化を通して啓かれる「自己対象化」・「自己創発」を促す教育の場として捉え直し、授業題目を「身体運動・健康科学実習」と名付け開始した。「やる」ことだけを目的にせず、「やる」ことで分かる「からだの仕組み」や「身心連携の仕組み」の理解を目的としている。つまり、知識の習得と知識の活用を同時に実習し、授業後のレポート作成過程で自身の身体の内観を言語化することで学習効果を確実にする、自己認識の基礎実習と位置づけたのである。

スポーツ種目で応用される基礎実習

文理を問わず3千人の新生対象に、夏学期と冬学期の2期、90分間、計26コマ行われる授業では、従来のスポーツ種目を、身体運動・健康科学実習の応用モデルとして定義し、その基礎について学ぶ時間が5コマ分用意された。夏学期には、学習に取り組むための前提となる、①知っている「つもり」になっているが、やってみなければ分からないこと（第1の身心問題）、②姿勢維持と運動は脳神経と筋の連携で起こること（意思と運動）の2項目をまず学ぶ。これらは日常の視点から「からだ」を認識する第一歩である。それらを理解した上で、冬学期には、③「自分」でありながらも意思に依存しない「自律的な生命活動を営む生命体」としてのマクロな身体理解（呼吸循環と健康）と、④その身体のマクロな視点での理解と、意志や自発性のような「人間」としての側面を自然の法則に則って活動する身体にどう関わらせるか（身体運動と生命科学）、そして、⑤万が一のときの対処法（救急法）を学習する。

3千人という人数の制約から、これら5項目を選んだが、いずれも人間が120歳の人生を全うするために欠かせない、今まで見落とされがちだった人間の側面を見せる項目と自負している。

それぞれの内容について見ていく。

①**認知と出力の一致度を探る** できる“つもり”と“実際”は異なることを、自身の試行を通して気づかせる。全力を振り絞って握った最大握力の20～100%の5段階の“つもり”で握ってみても、思うように握り分けられない。そのことから“つもり”と“実際”は異なることを知り、実際にからだを動かして試してみることの大切さを実感させる。これは、大学での学習や研究に対する基本姿勢の醸成に大きく貢献する。

②**立ち方、歩き方、からだの動かし方には基本がある** 立位姿勢を中心に、人間は重力場中でどう立つか、立つためにどのような構造を持っているのかを理解させる。自分の姿勢や重心の位置を測定し、運動するとどうなるか実感でき、適切な運動によって姿勢や重心の適正化が起こることを知ることができる。若年化傾向にある腰痛の予防にも応用できる。

③**自分に最適な走る速度を測る呼吸循環と健康の科学** 運動の強度を高めるにつれて、心拍・呼吸数が変化するが、様な線型変化ではなく、非線型応答を始める閾値がある。このことから運動負荷に対する身体の作動メカニズムを理解させる。二足歩行運動や走運動がヒト、そして人間への進化に強い関わりがあることと、人間としての健康のための運動の重要性を認識させ、脈拍や呼吸数などの心肺循環機能のチェックが確かな身体の健康指標であることを理解させる。

④**身体運動と生命の科学** ストレッチ、呼吸、走歩、筋収縮による関節動作の発現など、基本的な身体出力（張力）が、細胞を活性化していることを理解させる。刺激は細胞内のひも様タンパク質構造の張力で直接DNAに伝わり、DNAの読み出しが稼働する。細胞が活動するための「場」こそ身体であり、その場の保全つまり健康の維持は本人の責任であることを自覚させる。実際にストレッチを行い、姿勢による心拍数の変化を測り、その同じ実習室で生体から切り離されても拍動し続ける心筋細胞や細胞の核内DNAを観察し、生命の自律性と自分の意志に

ついて考察させる。

⑤**救急法とからだのつくりの理解** 市中に配備されつつあるAED(自動体外式除細動器)のデモンストレーションを通し、個々の細胞がバラバラに活動するのではなく、統制がとれた運動をする心臓の動きを理解しながら、心肺蘇生法の実習、テーピング、アイシングなどを体験しながら、瀕死の負傷者を前にしたときの市民としてのたしなみを身につける。

5つのプログラムの選択と相互の関係:

コンピューターや他の機械と同様に、動かしてみないと機能や性能は分からない。また「知識」が単なる知識で終わってしまったのでは、役に立たない。身体知を本来に有効活用するための、戦略として、現場性を重要視する基本プログラムを創成し、試行錯誤し、導入した。

とくに「つもりと実際」、「運動強度と心拍数」を比較対照し、「自分の身体の生き物としてのシステム」の外界応答性を知る。自分自身の「つもり」よりも自身の身体の評価系が優れていることを学ぶ。このことから「身体には身体のルールがある」ことを知る。人間(の脳)で勝手に制御できないこと、対応性は、自分の反復繰り返しで学習できる!という確信を得る。

健康のためだけではなく、身体がもつ自己の可能性を活かすためにも、生き活きと活動的に生きることで身体の60兆の細胞(自律的に生きている細胞)の機能を引き出し、活動性を維持上昇させる活動、適切な運動が必須である。「共通基礎実習(5コマ/年)の一つ「身体運動と生命科学」では、主動、受動でのストレッチ運動、姿勢変化による心臓の仕事の変化を、人間動作や人体機能で評価するだけではなく、実際にそれらに応答している「からだ」を住処にしている細胞への刺激、細胞の応答として理解する。

・細胞の生存基盤(接着性・エネルギー産生/消費と運動した張力発揮)を維持する活動が、人間が為す動作により適切に引き出されることを理解する。

外界と自身の認知が、1対1対応することが当たり前か?、直線関係とはかなり人工的な系あるいは2~3因子が関与して直線性をもたらすことの方がむしろ多い、ということにはあまり気づかない。人間が環境とどのように対しているかについて、これらのプログラムは、若い学生に刺激的なものになっていることを期待したい。

References

1. 跡見順子, からだを通して「生命」を知り、活かす, 「生命力(いのちりょく)」, SHIP フォーラム, NTT 出版, 73-101. (2008)
2. 跡見順子 細胞・身体・運動と科学—自己理解の「カタ」を求めて. 未来を拓く人文・社会科学9「これからの教養教育—『カタ』の効用」(葛西康德・鈴木佳秀編) 東信堂 p.139-142, 2008
3. 跡見順子, 「からだ」考 自分自身との関係知ろう. 朝日新聞 2007.3.5 朝刊(私の視点).
4. 跡見順子, からだを知って活用する教育が始まった(社)日本私立大学連盟機関誌『大学時報』第313号(Mar); p.76-81, (2007年)小特集「大学教育における『身体』の復権.
5. 跡見順子, 補遺6(1)細胞から考える身体運動—入れ子構造の地球上生命と身体運動による細胞活性化, 25-27, 東京大学身体運動科学研究室編 東京大

- 学出版会, 2006.
6. 跡見順子, 補遺6(2)身体運動の力の伝達。「教養としてのスポーツ・身体運動補遺」28-32, 東京大学身体運動科学研究室編 東京大学出版会, 2006.
7. 跡見順子 身体運動の知恵—生命システムから病を診る—第2回 人間・細胞—創成する2つのシステムとその相互依存性. 血管医学 7, 299-306, 2006.
8. 跡見順子 身体運動の知恵—生命システムから病を診る—第1回運動と健康および病態—運動の重要性と難しさ・やさしさ 血管医学 7, 105-110, 2006.
9. 跡見順子, からだを科学的実習的に理解し自分(人間)に取り戻す教育 教養学部報第494号掲載(平成18年6月7日) 2006
10. 跡見順子, 子どもの脳を育む身体活動. 子どもと発育発達 2, 168-175, 2004.
11. 跡見順子, 地球生物重力適応システム—場の形成と張力維持に必須な細胞骨格とその分子シャペロン—. ISAS ニュース 282, 1-3, 2004.
12. 跡見順子, 「システムとしての生命」から「システムとしての発達を考える」. ベビーサイエンス 4, 2004.
13. 跡見順子, 授業のフィードバックとサイエンスの導入 「Trials & Errors の意識化の方策を探る=脳の働きを知る工夫」 大学体育 78, 5-15, 2003
14. 平工志穂, 八田秀雄, 浅野鉦世, 横澤喜久子, 畑誠之介, 高橋章, 大橋二郎, 跡見順子. 運動が脳機能および気分分に及ぼす影響を簡単に計測してみよう. 大学体育 78, 28-32, 2003.
15. 跡見順子他編著 II 身体運動と健康 2. 地球環境と生命論理, III. 身体運動の科学 1. 身体運動の生命科学的基礎. 細胞の運動と細胞骨格, メカニカルストレスと細胞等. 「教養としてのスポーツ・身体運動」(東京大学身体運動科学研究室編) 東京大学出版会, 14-15, 26, 40, 2003.
16. 跡見順子編著 人間が立つこと—ストレッチと重力— 学術会議叢書 6 なぜなぜ宇宙と生命—宇宙の中の生命と人間—(財)日本学術協力, 59-78, 2003.
17. 跡見順子, 「100年を生きるための脳と身体を育てる」. 科学 71, 739-742/854, 2001.
18. 跡見順子, 遺伝子に対する運動の影響—生きていること・運動していることは絶え間ない遺伝子への働きかけである—. 体育の科学 51, 694-703, 2001.
19. 跡見順子, 生命科学から考える運動の意義—動物細胞の本質と運動の本質—「ダイナミクス」の意味—. 第8回日本運動生理学会/第16回日本バイメカニクス学会合同学会大会大阪2000論集 136-145, 2001
20. 跡見順子, 「スポーツで遺伝子実感—21世紀の体育を提案」. 青森県高等学校教育研究会平成13年度研究紀要 230-231, 2001.
21. 跡見順子, 自分の身体の「理」を理解するスポーツ・身体運動サイエンスコース授業のこころみ—ヒューマンサイエンスの基盤としての動く動物としてのヒトと、脳と一体の身体の理解をめざす— 大学体

- 育 74, 119-126, 2001
22. 跡見順子. 特集 21 世紀における体育・スポーツのビジョン「21 世紀における体力科学の将来展望」の実現に向けて. *体育の科学* 51, 48-52, 2001.
 23. 跡見順子. 生命科学から考える運動の意義-動物細胞の本質と運動の本質-“ダイナミクス”の意味-. 第 8 回日本運動生理学会/第 16 回日本バイメカニクス学会合同学会大会大阪 2000 論集 136-145, 2001.
 24. 跡見順子 「身体が脳といのちを育む」朝日新聞 朝刊 2000 12 月 19 日「論壇」
 25. 跡見順子. 生命科学的な身体・心身の理解から体育・スポーツ科学の普遍性と独自性を. 21 世紀体育・スポーツ科学のグローバルスタンダード 21 世紀と体育・スポーツ科学の発展 第 1 巻=日本体育学会第 0 回記念大雑誌～ 日本体育学会第 50 回記念大会特別委員会 編集. P. 24-33, 2000 杏林書院
 26. Atomi, Y. Why active life is important for health and longevity?-From the studies of stress protein and mechanical stress-. In *Current Reviews of Medical Science by Women* 150-153, 1999.
 27. 跡見順子. 体力科学研究の新展開～ヒトから細胞まで～何故、細胞か?—「運動するから健康である」機構を探る. *体育の科学* 47, 825-832, 1997.
 28. 跡見順子、大野秀樹. 運動とストレス-細胞から個体まで-. *運動生化学* 8, 1-4, 1996.
 29. 跡見順子. 細胞分子生物学・地球生物学から身体運動科学を再考する—ミクロとマクロをつなげる身体運動科学—. 東京大学教養学部体育学紀要 29: 1-19, 1995.
 30. 跡見順子、新井秀明、橋本祐一. α B-クリスタリンは機械的刺激に対する細胞骨格のシャペロンか. *運動生化学* 7, 76-84, 1995.
 31. 跡見順子. 生物にとっての'機械的刺激'を考える. *運動生化学* 7, 70-71, 1995.
 32. 跡見順子. 細胞分子生物学・地球生物学から身体運動科学を再考する-ミクロとマクロをつなげる身体運動科学-. 東京大学教養学部体育学紀要 29, 1-19, 1995
 33. 跡見順子. 骨格筋の可塑性のしくみ -細胞生物学的に考える必要性-. *体育の科学* 44, 790-800, 1994.
 34. 跡見順子 腓腹筋とヒラメ筋 週刊朝日百科 動物たちの地球 107(7/18) 11-268-269, 1993
 35. 跡見順子 宇宙実験から分かる地上の束縛—重力依存の姿勢保持システム 教養学部報 371 号(12 月 9 日号)、1992

「身体を考える」ことを促す環境の模索

How to Explore Coaching and Learning Environment

西山武繁¹ 諏訪正樹²

Takeshige Nishiyama¹, Masaki Suwa²

¹慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

¹ Graduate School of Media and Governance, Keio University

²慶應義塾大学環境情報学部

² The Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

Abstract: Several studies have indicated that thinking meta-cognitively about their own body is important for athletes to improve their performance. For a coach, constructing an environment for encouraging an athlete's thinking is one of the important tasks to improve the athlete's performance. No previous studies, however, discussed how to construct its environment. The purpose of this study is to discuss how to explore a learning environment, based on both a case study of coaching by trials and errors and a trial of development of a software tool for visualizing an athlete's form.

はじめに

探究心を持って自身の「身体を考える」こと、それを継続することはアスリートにとって極めて重要な行為である。「身体を考える」とは、スキルの熟達過程における気づきやコーチによる指導に基づいて身体や環境に対する着眼点を持ち、それを自分の意識に取り込みながら身体統合モデルを構築する行為である。

これまで、我々はアスリートが「身体を考える」ための方法として身体的メタ認知の実践方法を模索して来た（例えば[1]など）。メタ認知実践方法の模索には2つの視点が存在する。1つは、スポーツの現場の主役たるアスリート自身の視点である。これまでのメタ認知の実践に関する研究は、主にアスリート自身の視点によって進められて来た。様々なドメインを対象に、アスリートがどのようにメタ認知に取り組んだのか、その過程でどのような気づきを得たのか、さらにその気づきがパフォーマンスにどのような影響を及ぼしたのか、その事例を示して来た。ここでは、メタ認知実践方法を模索するもう1つの視点、コーチとしての視点からアスリートによるメタ認知を促す環境をいかにデザインするかという問題について議論を行いたい。

これまでのアスリート自身によるメタ認知実践の事例から、メタ認知にはスキルの熟達過程における身体統合モデルの構築を促進する効用があるとされている。アスリートのパフォーマンス向上を図るコーチとしては、是非アスリートにメタ認知を実践さ

せたいという思いがある。

しかし、現状では、アスリート個々人が自身に適したメタ認知の継続方法を試行錯誤している状態であり、アスリートのメタ認知的な思考を促進させるにはどのような環境が望ましいかということは明らかにされていない。コーチがアスリートのメタ認知を促す環境を構築するということは、自発的にメタ認知に取り組んできたアスリートが試行錯誤を繰り返してきたメタ認知をしやすい環境を、他者の為に周囲からその環境を整備するという極めて困難な課題なのである。

本研究では、未だに明らかになっていないメタ認知を促す環境を如何に構築するのか、競技の現場におけるコーチとしての実践の事例を中心に、その方法について検討したい。

構成的なアプローチ

先ほど述べたように、本研究が構築することを目指している「アスリートにメタ認知的な思考を促す環境」は、未だその明確な姿が示されていない。従って、既に存在する環境にどの要素がメタ認知を促す働きをするのか、環境に含まれる要素ごとに分解して分析することはできない。まず、「アスリートにメタ認知的な思考を促すのではないと思われる環境（あるいは環境の一部）」をつくり出す必要がある。そして、その環境が実際にどのように機能するかを評価し、環境の新たな仕様を検討するというループを繰り返しながら「アスリートにメタ認知的な思考を促す環境」を構築していかなければならない。

そこで、本研究では、その環境を構成する人間の1人として、アスリートにメタ認知的な思考を促す環境の構築に取り組む。

観測対象であるアスリートの周辺の環境を我々自身が作りあげようとする行為は、客観性を求める自然科学の方法論にはあわない。しかし、中島はこのように内部観測的な視点にならざるを得ない分野があることを指摘し、そこには先に述べたような構成的方法論が必要であるとしている[2]。しかし、構成的方法論において生成されたものの評価・検証方法はまだ確立されていない。中島は、その手法としては物語を評価するのと同等の手法しかないのではないかと主張している。

そこで、本論文では、まずメタ認知的な思考を促す環境の模索のプロセスを物語ることを試みた。

コーチとしての模索

部員にメタ認知的思考を促すために

ここでは、第一筆者がコーチの1人として指導に携わっている中学・高校の空手部を例に、実際の競技の現場における「アスリートにメタ認知的な思考を促す環境」を如何に模索しているのか、その事例を示す。

この空手部は中高合同の部活動で、部員のほとんどは入部以前の競技経験がなく、競技をはじめたばかりの初心者から競技歴9年目になる者まで、様々なレベルの部員が所属している。

第一筆者は、この部活動の卒業生として2003年頃から指導に携わってきたが、コーチとして本格的に関与しはじめたのは2008年からである。筆者は、部員達にメタ認知的な思考を習慣付けさせるべく2008年8月から環境の模索を試みている。ここでは、2008年8月から新たに練習環境に投じた「大学ノート」というツールを中心に、部員達やコーチ自身に生じた変化について述べる。

「大学ノート」というツールの役割

大学ノートは、これまでのアスリート自身によるメタ認知の実践に関する事例においても重要な役割を果たして来たツールである。メタ認知の実践に取り組んで来たアスリート達は、競技中の自らの体感やプレーに関するメタ認知的な思考などを大学ノートに書き残している。諏訪の提唱する身体的メタ認知において、体感を言葉として外化し蓄積するという行為は、後にその言葉を俯瞰することを可能にし、外化した時点では思いも寄らなかった新たな気づきを得ることができるという効用があるとされている[3]。また、この言葉は正確さや他者に伝わるかとい

うことは重視せず、自らの内省のためにとりあえず外に出して試みるのが推奨されている。

ノートによる習慣付け

部員達に自らの体感を言葉として外化させる習慣を身につけさせることを目的として、彼らにノートを配布した。ノートを配布する以前にも「身体を考える」ことの重要性を部員に説明していたが、メタ認知を実践するアスリートの行為を形式的に模倣することで部員達に考えることのメリットを体験させることも狙いの1つであった。配布したノートには、練習中に感じたこと、思ったことを練習後に書くように指示した。図1に示したのが、実際に部員達に配布したノートである。配布時にこのノートの特別な呼称は決めていなかったが、部員の中にはノートを「空手ノート」と名付ける者もいた。

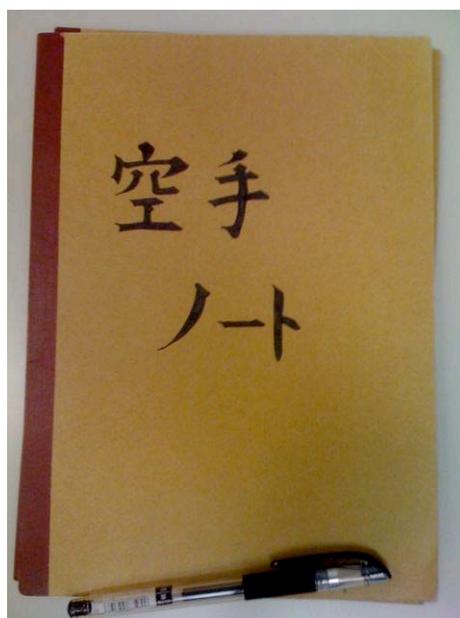


図1:部員に配布したノート

体感を外化することの難しさ

ノートを配布し、体感を記述するように指示を与えてからすぐに生じたのが、部員達が体感を記述することがなかなかできないという問題であった。「自分が思ったこと、感じたことを書けばよい」と言われてもどのようにノートに書けばよいかわからない、というのがそのときの部員達の状態であったと思われる。多くの部員達がノートに記述してきたのが、その日の練習メニューやコーチに指導された注意事項などであった。

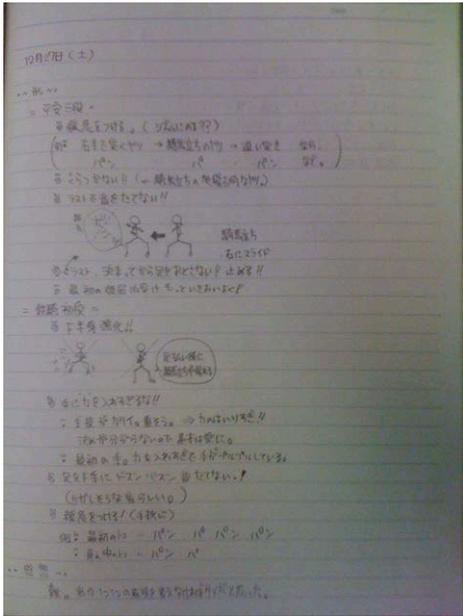


図 2: ノートの記述例

また、先に述べたように体感の外化は自らの内省のための行為であり、他者に伝えることが主な目的ではないため、正しい文章となっていることは必ずしも重要ではない。とりあえず外化することが重要なのである。しかし、多くの部員達は図 2 に示す例のように、まるで講義の板書を書き写すかのように丁寧に、整然とノートに記述していた。

ノートを介したコミュニケーション

そこで、部員 1 人 1 人がノートにどのようなことを記述しているかを確認するために、またどのようなことを記述すればよいか教示するために、練習後に個別にノートを見ながら会話をする時間をとるように心掛けた。このノートを介した部員とのコミュニケーションが、当初ノートを配布した目的であった「体感の外化を習慣付けること」を超えてメタ認知的な思考を促す役割を果たすこととなった。

夏休みの練習中から開始したノートに関する試みは、新学期がはじまってからも継続していた。時間の経過とともに練習にノートを忘れてくる部員が増え始めた。しかし、ノートを忘れた部員も練習後にコーチと会話をする事自体は継続していた。ノートがその場に存在しなくても、その日の練習で感じたことや最近の課題事項などに関する会話を続けていた。

当初の練習後の部員との会話は、ノートの記述内容を確認し、何を書けばよいか教示する場であった。しかし、ある時期からノート自体は部員とのコミュニケーションのきっかけであり、各部員と彼らの体感について話をする機会を持つことが重要であ

るということに気付いた。筆者は、2008 年 10 月 20 日の練習後にこのことを明確に意識し、日誌（筆者が練習毎に記述しているコーチングに関する気付きをメモしたノート）に上述の気付きを書き残している。この日以降、部員に対して練習の際ノートを持参することを強調するのではなく、練習後、さらには練習中にも部員と彼らの体感についての会話をするように心掛けるようになった。

コミュニケーションの効用

ノートをきっかけとした部員とのコミュニケーションは、部員とコーチそれぞれに変化をもたらしたと考えられる。

部員の変化とは、あくまでコーチである筆者から見たものであるが、練習中に部員の方から筆者に対して自らの体感について語りかけてくるようになった点である。このことが、彼らがメタ認知的な思考を実践している、ということには直接繋がらないが、自らの「身体について考える」ことを始めた現れなのではないかと筆者は考えている。

コーチである筆者に起こった変化は、練習の場に対する理解の向上ではないかと考える。筆者のコーチとしての関与が浅いうちは、部員 1 人 1 人の特性を知ることもなく、部員同士の関係や練習メニューがどのように機能しているかなど、練習の場に関する様々な情報が不足していた状態であった。2008 年 8 月から練習環境に投じた大学ノートというごく単純なツールは、結果として部員との継続的なコミュニケーションの場をつくり、部員 1 人 1 人が練習から何を感じているのか知る機会をつくりだした。その結果、筆者の部員 1 人 1 人に対する理解や各練習メニューの役割に対する理解を向上させることが出来た。この練習の場に対する理解の向上は、部員に対するアドバイスや新たな練習メニュー、メタ認知的な思考を促すための方法について、次にどのような働きかけをするかというアイディアを生み出す原動力となっていたと筆者は考える。

ツール開発時のコミュニケーション

次に示すのは、アスリートに「身体を考える」ことを促すためのツール開発に取り組んだ際の事例である。

筆者はこれまでアスリートのパフォーマンス中の姿勢変化を分節化・可視化し、新たな気づきを促すためのアプリケーション「カラーバー」の開発に取り組んで来た（「カラーバー」の詳細は[4]に示す）。「カラーバー」の開発もアスリートが自らの「身体を考える」ことを促す環境の模索の事例である。

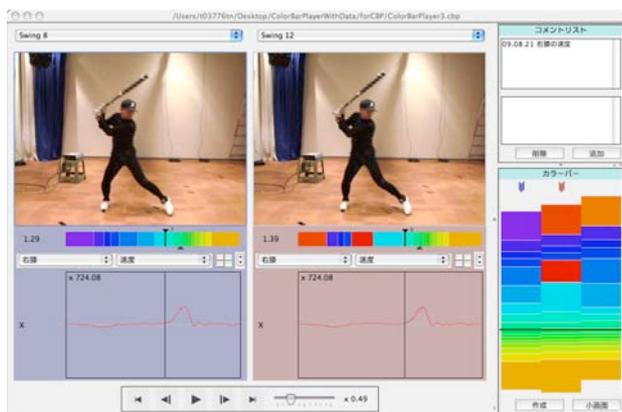


図3:フォーム可視化ツール「カラーバー」

「カラーバー」開発の過程も、先にあげた競技の現場におけるコーチングと同様にユーザとのコミュニケーションを繰り返しながら構成的に進めてきた。その際のユーザとのコミュニケーション（この場合はツールの使用感に関する議論）はコーチングの事例と同様、ツールの開発者である筆者のユーザに対する理解を向上させる効果をもたらした。そして、ツールにどのような機能を追加していくのかというアイデアを生み出す原動力となっていた。

初期の「カラーバー」には図3に示すような、2試行分の映像とフォームの差異を示すカラーバー、さらに身体部位の速度や加速度情報を同時に表示するような機能は備わっていなかった。初期のカラーバーは図4に示すような、2試行分のパフォーマンスのなかでフォームに差異がある箇所を示すだけのものであった。

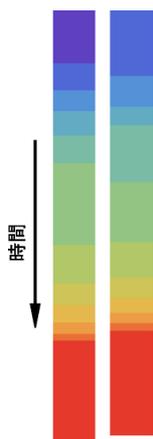


図4:初期のカラーバー

先に挙げた「カラーバー」の機能は、運用を続けるなかでユーザが必要を訴えたために追加されたものである。しかし、これらの機能をアプリケーションに追加する際、すべての仕様をユーザが事細か

に要求する訳ではない。開発者はユーザとのコミュニケーションに基づいて、ユーザの求める機能を実現するために様々な提案を行うのである。

例えば、ユーザがカラーバーと動画との併用という新たな機能を求めたときのことである。開発者は、ユーザがどのようにツールを運用して来たのか、どのような意図で動画との併用を求めているのかを、それまでのユーザとのコミュニケーションを通じて理解することが出来ていた。そのため、ユーザの「カラーバーの示す各色をより詳細に意味解釈をしたい」という意図を実現するために、メディアプレイヤーのスライダーの部分にカラーバーを重ねて表示するという、具体的な仕様に関する提案を行うことができた。

コーチングの事例における練習環境や「カラーバー」の開発の事例から、構成的なプロセスにおいて作り手（コーチやツールの開発者）とそれを運用する側（部員やツールのユーザ）とのコミュニケーションは、単に生成物の評価をするだけに留まらず、次なる仕様に関するアイデアを生むための手がかりとなるのではないかと考えられる。

“物語る”ために

本論文では、競技の現場におけるコーチングとツール開発という2つの事例を示し、メタ認知的な思考を促す環境の模索のプロセスを物語ることを試みてきた。この2つ事例だけでは、まだ、アスリートにメタ認知的な思考を促すための普遍的な環境を示すことは困難である。しかし、このような事例を積み重ねて、どのような要素がメタ認知的な思考を促す環境に必要となってくるのかを明らかにしていくことが重要であると考えられる。

構成的方法論を実践し、そのプロセスを物語るためには、物語のもととなるプロセスの中の出来事、例えば、コーチと部員間の会話やツールの開発者とユーザの議論などをいかに記録しておくかという問題が生じてくると考えられる。例えば、ツールの開発事例のような実験室的な環境で展開される事例であれば、ツールの運用や開発者とユーザの議論などの出来事を常にビデオカメラで記録することが可能である。これに対して、コーチングの事例のように実際の競技の現場における事例では、そのような記録を行うことは困難である。また、ビデオカメラによる記録、あるいはICレコーダーを用いた音声の記録などは、蓄積される膨大な量のデータを如何に活用するかという問題が生じてくる。本研究では、主に筆者が各事例に取り組んでいた際に記録していた日誌などを活用することとなった。

今後、構成的方法論を実践し、そのプロセスを物

語として示すためには、プロセスを如何に記録として残していくかという点も重要な課題の1つとなると考えられる。

参考文献

- [1] 諏訪正樹, 伊東大輔: 身体スキル獲得プロセスにおける身体部位への意識の変遷, 第20回人工知能学会全国大会, CD-ROM, (2006)
- [2] 中島秀之: 構成的研究の方法論と学問体系-シンセシオロジーとはどういう学問か?-, Synthesiology, Vol.1, No.4, pp.305-312(2008)
- [3] 諏訪正樹, 西山武繁: アスリートが「身体を考える」ことの意味, 人工知能学会第2種研究会「身体知研究会」2008年度第3回研究会, SKL-03-04, (2008).
- [4] 西山武繁, 諏訪正樹: 身体運動時の姿勢変化の分節化によるスキル熟達支援, 人工知能学会第2種研究会「身体知研究会」2008年度第1回研究会, SKL-01-03, (2008).

演題：スポーツにおける股関節稼働域の影響とそのメカニズムおよび応用と課題について

発表者名：猪膝 武之

Tel: 090-9378-8493/ E-mail: ino@kusumoto.co.jp

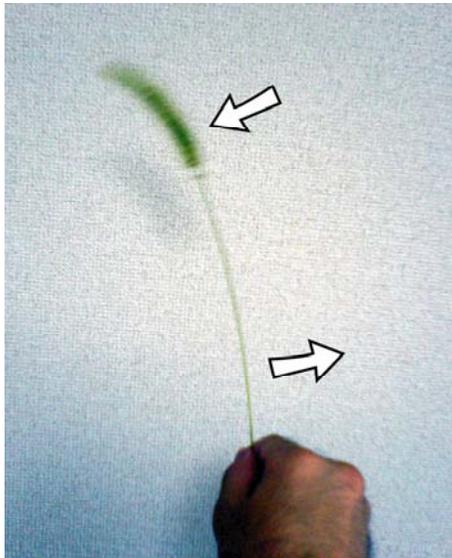
<要旨>

筋力とは異なる、いわゆる「体全体を使って」より大きな力を発生させるメカニズムについてモデル化すると、股関節の稼働域の大小によって発生させる力に大きな差が出てくることが予想される。運動においては、「運動時の股関節の稼働域」を広げる事ができれば、より強く投げる、打つ、走るといった動作を獲得・強化する事ができると考えられる。そのため具体的に「股関節の稼働域を広げる」とはどういう事かについて考察し、その為に有効と思われる方法を提案するとともに、今後の課題および可能性について考察する。

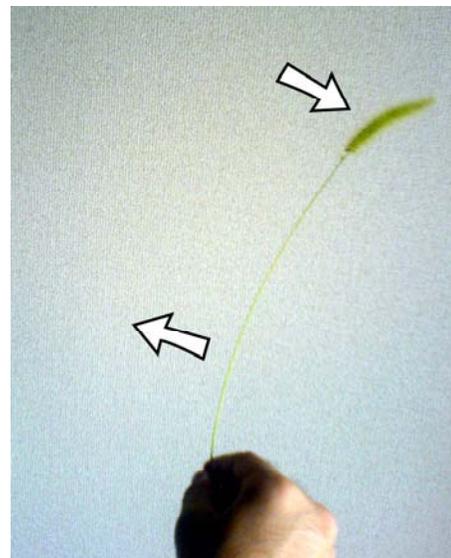
1. 力を生み出すメカニズム（一流選手に成れる人と成れない人）

特に球技では、力に恵まれた選手とそうでない選手の違いはハッキリと現れるように思われます。例えばテニスでは、ある選手は時速 200km を超えるサーブを打つことができますが、多くの人達はどれだけ努力してもそのような強いサーブは打てません。野球で言えば、ある選手は時速 150km を超える速球を投げることができますが、多くの選手はそのような事はできません。何がこうした力の有る無しを分けているのでしょうか？筋力や体格でしょうか？これらは大きな要因の一つではあると思いますが、決定的な要因ではないように思われます。例えば日本ハムの新人谷元選手は、身長 166cm ですが、140km/h 中盤の速球を投げるそうです。谷元選手より体格(身長・体重)で上回ってれば彼より早い球を投げられるかということ、その様なわけにはいきません。

私は、力を生み出す決定的要因とは、「運動時における股関節の稼働域がどれだけ確保できるか」であると考えており、研究を進めてきました。なぜなら「運動時における股関節の稼働域」が大きければ大きいほど、個々の筋肉ではなく、いわゆる「体全体で発生させることのできるバネの様な力」が大きくなると説明できるからです。それでは、幾つかの写真を見ながら上記バネの様な力がどのように生み出されているか見てみましょう。



Picture 1



Picture 2

これは、猫じゃらしを左右に振ってしならせている写真ですが、この写真でわかるように、しなりを与えるには反対方向の力(ベクトル)を与えなければいけません。以下では特に投げる、打つといった動作を例に取り上げますが、私達も運動するにあたり無意識のうちにこの様な力を体に与えるような動きをしています。具体的には、体を捻って上半身(ここでは股関節以上を指します)と下半身(ここでは股関節以下を指します)を別々に時間差で使うことで、体にしなり(バネのような力)を発生させているのです。

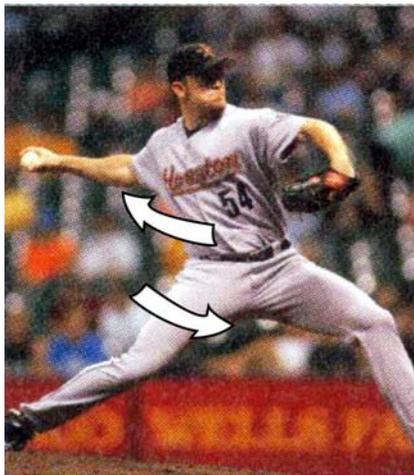
それでは、選手の写真でどのような体の使い方しているか見てみましょう。

これは、ある女性テニスプレーヤーの写真です。上半身と下半身を別々に使うことで、上半身と下半身(ここで言う上半身とは股関節より上の部分、下半身とは股関節より下を指しています。)に、反対方向の力を発生させて互いにぶつけることで(猫じゃらしと同様に)体全体をしならせて力を生み出しているのがわかります。

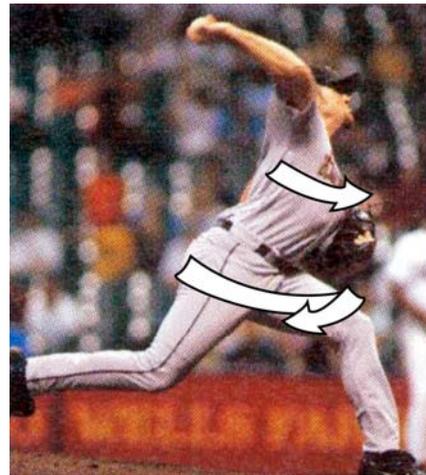


Picture 3

次にある速球派ピッチャーの投球フォームを見てみましょう。



Picture 4



Picture 5

ここでも上半身と下半身を別々に使い、上半身と下半身で別々の方向の力を生み出すことで、体全体にしなりの力を生み出しているのがわかります。体を捻り、下半身を上半身より先にインステップして踏み出して、下半身に捻り戻しの力を投球方向と反対方向(後方)に発生させています。そこにタイミング良く上半身をぶつけることで、体全体にしなりの力を生み出しています。

次は、野球のバッティングフォームで見てみましょう。これは Ken Griffey のフォームです。



Picture 6

同じように上半身と下半身を別々に使うことで力を生み出していることが見て取れます。ちなみに野球のバッティングフォームから選手の股関節稼働域を判断する場合は、踏み出した足のつま先の方をみてください。Ken Griffey は、最後までつま先を内側にステップしながらバットを振り切っています。この様にインステップすることで下半身により強い捻り戻しを発生させていると考えられます。パワーヒッターほど、内側にステップしたまま上半身を振り切れると言えますが、この写真の様には、よほど股関節の稼働域が大きいと出来ません。

このようにバッティングにおいても、股関節の稼働域が大きければ大きいほど上半身と下半身反対方向の力を生み出すことができるので、体の内部にしなりの力を蓄えることができると考えられます。

この動きを、私は 2002 年の ISEA(International Sports Engineering Association)の京都会議において、このように波で表現しました。

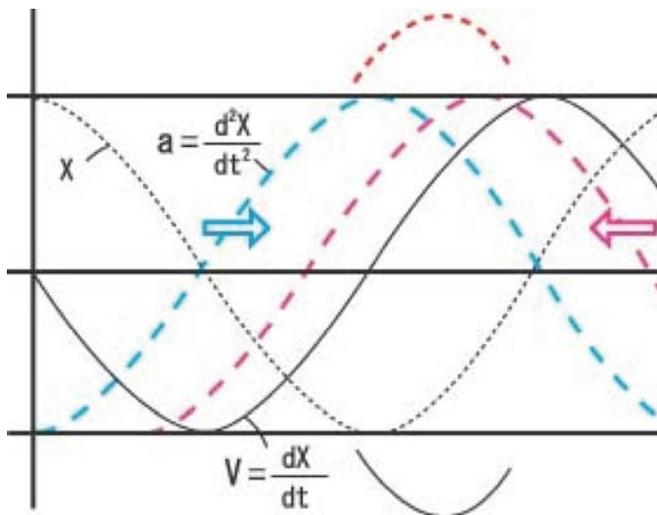


Illustration 1

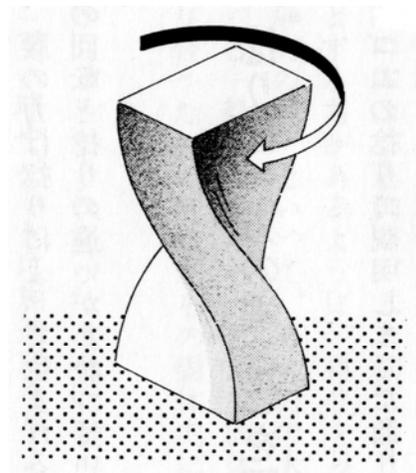


Illustration 2

これは上半身と下半身の波の力がぶつかって干渉している様子です。なぜ波で表現したかと言いますと、体を捻ることで始めて体内部に応力を発生させることが出来ると考えられるためで、また捻ることで生まれる力は、バネ(スプリング)と同様の性質を持っていることから、波で表すことができるからです。私は、体全体を使って力を生み出すメカニズムとは、上半身と下半身の捻りによる応力を、この様に波を干渉させるようにして直線的な力(ベクトル)を生み出すものと考えています。

ところで村上豊氏は、著書「科学する野球」の中で主な力を発生させる動作は、「体を回転させる事」ではなく

「体を捻る事」であると指摘しています。しかしなぜ捻る動作が力を発生させる源と考えられるかについては説明しておりません。以下では、上記モデルで生み出された力（ベクトル）が、投げる、打つといった動作の主な力であることを、実際のコーチングで使われている説明、例えば「壁をつくる」とは何か、投げる、打つといった動作において「タイミングが重要」であるのは何故か、またなぜオーバースローがサイドスローより速い球を投げられるか等と照らし合わせることで、いわば帰納的に確認できることを見ていこうとおもいます。最初の例として；

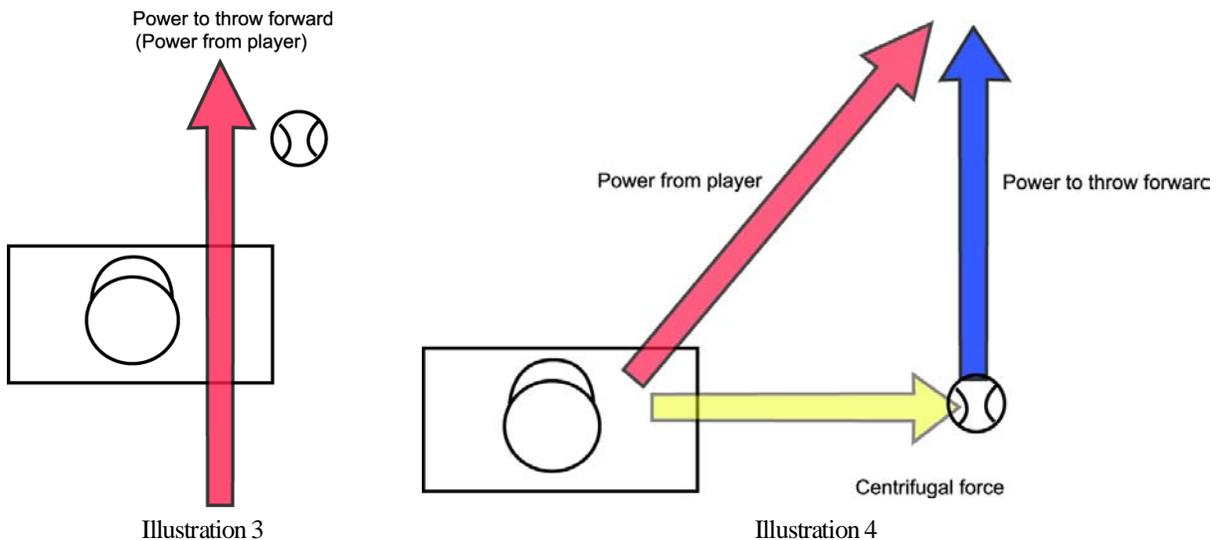
a) 「壁を作る」とはどういうことか

いわゆる「壁を作る」という動作は、下半身の捻り戻しの力と、上半身の捻りの力がぶつかって体にしなりの力がたまる状態と考えられます。反対方向の力がぶつかるので、壁が出来たような感覚が生まれると説明できます。

b) なぜ投げる・打つ動作に置いて、タイミングが重要だと言われるのか

波と波を強く干渉させるには、波をぶつけるタイミングが重要です。タイミングがずれると波はうまく干渉しません。このことから、バネのようなしなりを体全体で生み出すには、筋力よりも柔らかく体を捻ってタイミング良く力をぶつける（干渉させる）事が重要と説明できます。力の性質が捻りでなく筋力であるならば、力はより継続的に観測されるはずなので、波の性質をもつ捻りが主な力の源だと考えられます。

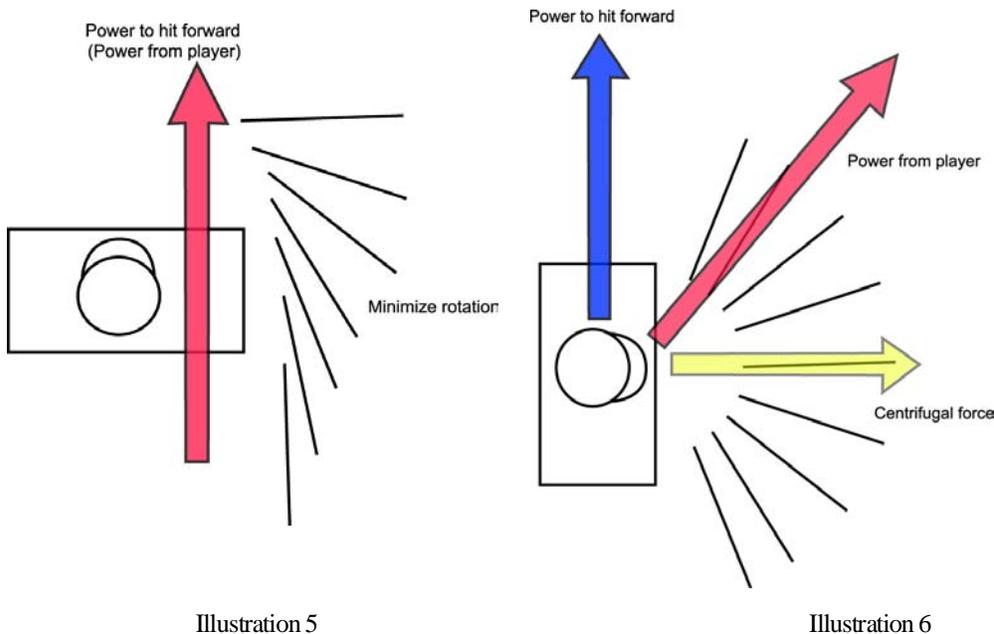
c) なぜオーバースローの方がサイドスローより速い球を投げられるのか



横から投げることで、回転の要素が加わるためと説明できます。捻りの組み合わせで生まれるのは直線的な力（ベクトル）ですが(Illustration 3)、回転は向心力を生み、この向心力が（上半身と下半身を組み合わせで発生させた）力を消費してしまうため前に投げる力が少なくなるのです。(Illustration 4)

オーバースローは、こうした回転による力のロスが発生しません。(Illustration 3)そのためサイドスローより速い球を投げることができると考えられます。

d) なぜ大振りせず、コンパクトにスイングしなければならないのか

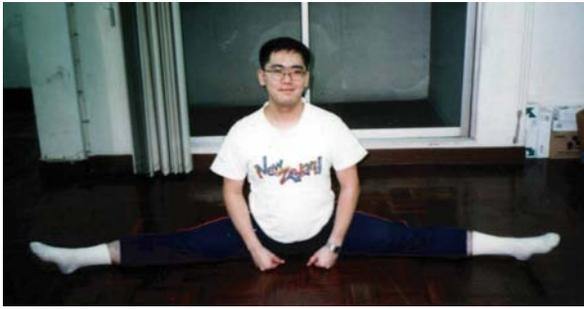


c) と同様に、いわゆる大振りをしてバットのスピードを早くしようとする、バットを振って回転させなければならないと大きな内向きの向心力が発生するため、前向きに打つ力を弱めるためと説明できます。(Illustration 6) ですから出来るだけ回転の要素(慣性モーメント)を小さくするようにコンパクトにスイングする事が重要です。回転のスピードが速くなればそれだけバットの運動量が大きくなりますが、向心力も速度の二乗に比例して大きくなるため、前向きに飛ばそうとする力を損ないます。そのため例えば単純にバットのスピードを測定して選手のパワーや飛距離を推測するのは間違いだと考えています。これはゴルフにおいても同様です。ちなみに Illustration 5 の様にスイングすると、パワー(加速度)とスピードには位相のズレがあるため(Illustration 1)、バットのスピードが最高になるのは体の前あたりになるでしょう。このことから、今度はなぜ打った後のフォロースルーが大切だということが説明できます。フォロースルーが大きく(体の前あたりでバットのスピードが最高になるように)スイングすると、良いバッティングができるということです。(テニスやゴルフにも同じ事が言えるでしょう。)

この様に、実際の現象をうまく説明できることから、前述のモデル「体を捻り、上半身と下半身を別々に使うことで、捻りから直線的な力を生み出す。生み出された力は投げる、打つ、(恐らく「走る」も)動作の主な力の源である。」の正しさは、いわば帰納的に確認できると考えています。

2. 「運動における股関節の稼働域」

前述のモデルが正しければ、股関節の稼働域が大きければ大きいほど、より大きく上半身と下半身を反対方向に稼働することが可能であることから、より大きな「しなりの力」を生みだすことができると考えられます。さて、ここまでごく普通に「股関節の稼働域」という言葉を使ってきましたが、それでは股関節の稼働域とは具体的に何を意味しているか考えてみたいと思います。



Picture 7



Picture 8

これは今から 13 年ほど前、股割り運動をしている私です。当時は、股割り運動が運動能力を向上させることができるか、自ら試していました。その結果、例えば器具を使う野球のバッティングでは、非常に向上したと思われました。例えばバッティングセンターなどで、140-145km/h の速球を見事にはじき返せるようになりました。しかし完全に股割り体操が出来るようになったにも関わらず、まだ「股関節の稼働域」を拡げる余地があるように感じた事。また効果の見られたバッティングについても、はじき返す力はあったものの、いつも調子良く打てるわけではなく、打てない事も多々あった事。また投げる動作については十分効果が現れたとは言えなかった事。股割り体操では、解決できない問題がありました。また誰もが簡単にできる体操ではない事も大きな課題としてありました。(今では私は、こうした開脚運動は十分効果的でないと考えています。)

そんな時にある方から、「股関節の稼働域を拡げるとはどういうことですか？もともと自由な稼働域を持っているはずです。」と指摘を受けました。

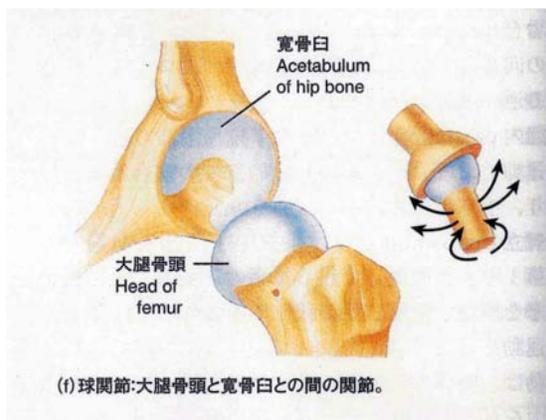


Illustration 7

彼の言うとおり、これは股関節のイラストですが、そもそも股関節はこの様な球関節であり、確かに誰もが比較的自由的な稼働域をもともと持っているはず。ですから、むしろ「股関節の稼働域を拡げる」というのは不自然で、むしろ「運動時に股関節の稼働域が狭い人は、稼働域を狭めるような何かの要因がある」と考える

方が自然です。その要因を改善することで、もともと持っている股関節の稼働域を運動時に活用できるようになるのではなるはずですが。現在では股割り体操のような難しい運動をする必要はなく、次のような体操をすることで「運動時の股関節稼働域を狭めている要因」を取り除くのに股割り体操よりもより効果があると考えています。（「運動時の股関節稼働域を狭めている要因」については後述。

- 1) 両つま先を内側に向けて立ち、バンドで膝の上を固定。こうすることで股関節を内向きにする。私の場合、お尻が後方につきだして曲がってしまう。（Picture 9 and 10） Ken Griffey ならこのような体勢にはならないと思われる。
- 2) そこで太股を左右に引っ張り股関節の向きを固定しながら、腰を前方につきだして（腸腰筋・大腰筋等の）ストレッチをする。（Picture 11）



Picture 9



Picture 10



Picture 11

この運動で目指したところは、股関節の稼働を制限していると思われる骨盤部位の矯正ですが、先に紹介した股割り運動と大きく違うことは、股割り運動は股関節外向きに回転させる力が加わりますが、これは内向きの力を加えていることです。股関節内向きの稼働域を拡げることがパワーにつながることに長く気づきませんでした。

さて両股関節を中心に足を内向きに回転させると、この様に前かがみ姿勢になることから、前かがみ状態に固定された骨盤・骨盤周辺の筋肉「腸骨筋や大腰筋などの筋肉および骨盤の大きさや形」の状態が、運動時における股関節稼働域を制限していると考えられます。それを足を内向きに固定したまま、前かがみになってしまう上体を起こすことで矯正しようというわけです。

誰もが大きな股関節の稼働域を持っていますが、運動時に股関節の稼働域を運動時に十分発揮できるかどうかは、これら「股関節周辺部位腸骨筋や大腰筋などの筋肉および骨盤の大きさや形」によると考えられます。

ここで注目すべき点は、両膝 - 両股関節 - 骨盤で形成する構造の力学的な状態の違いが、解剖学的な違いに見られるより大きくなる事があると思われることです。次に構造とその「転換」のイメージを紹介します。



Picture 12



Picture 13

これは、同じ紙でも状態によって、どれだけ強く支えられるかに大きな違いがあるという例です。人の両膝が離れているのでイメージし難いですが、私は正常な状態では両膝 - 両股関節 - 骨盤で Picture 12 のように力学的に強い構造を作り、上半身を支えていると考えています。この構造は、わずかに骨盤・筋肉の状態が変わることで、Picture13 のような「転換」が起こし、「転換」後に運動時における股関節稼働域は大きく制限される方向に向かうようです。ちなみに構造が強くない人の場合、バランスをとる必要があるためか、ふくらはぎに筋肉がついていることが多く、女性には美容への影響も心配になるところでしょう。

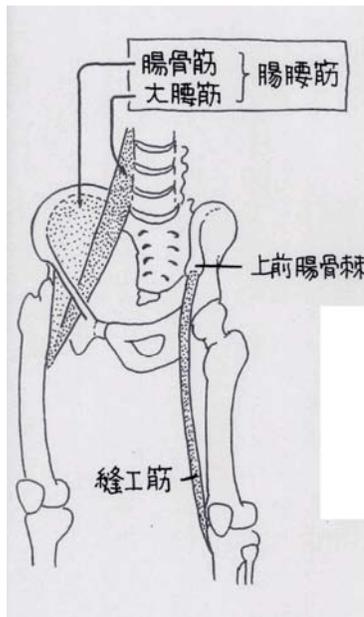


Illustration 8

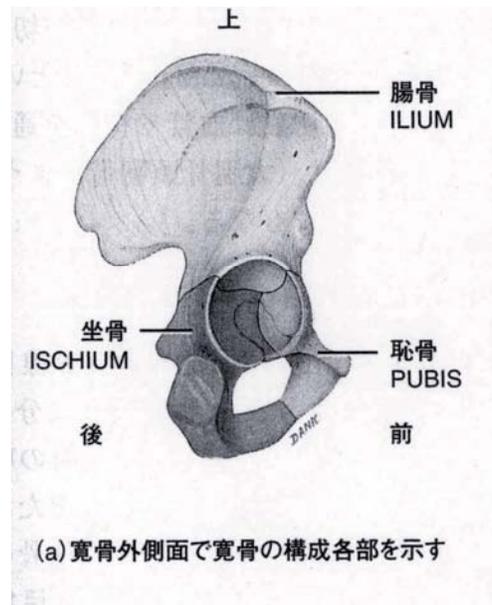


Illustration 9

私自身で Picture 9 から Picture 11 の体操を試した結果、上記の体操は運動時の股関節稼働域を拡げるように働き、打つという動作において好調さを安定させることが実感できましたが、残念ながら股割り体操での課題である「投げる」動作においては目立った変化は見られませんでした。一番大きな問題は、被験者である私自身が年をとり過ぎており短期間での変化が少ないことでしょう。また「投げる」といった動作は、バットのような道具をつかわずに体を捻ることが要求されるため、より運動時の股関節稼働域の状態が反映されやすいこともあると思われます。つまり股関節周辺部位の筋肉がストレッチされていても、骨盤の形状が体の捻りを阻害するような形、恐らく恥骨・坐骨の感覚が狭い形の骨盤である場合は、速い球を投げることはできないだろうと予

想されます。

Illustration 9 は、骨盤のイラストですが、骨盤はこのようにもともと3つの部位(腸骨、恥骨、坐骨)に分かれているものが、だいたい23才までに1つに繋がっていきます。この3つの骨が1つになる前に、上記ストレッチ、あるいは後ほど紹介する運動を取り入れることで、運動時の股関節稼働域を十分確保できるような形(恥骨・坐骨の間隔が大きい形)に整えることができれば、運動時において重要な「力を発生させるメカニズム」を獲得することができるでしょう。

3. 応用と今後の課題について

今後の応用としては、次のような事が考えられます。

1) 次世代選手の養成

骨盤が固まる前、成長期において「運動における股関節の稼働域」を確保することで才能ある次世代選手を多く養成することができると考えられます。特に学校の体育教育などを通じて「運動における股関節の稼働域」を確保するプログラムを導入することができれば、あらゆるスポーツ分野で活躍する日本人選手を養成する事ができるでしょう。日本選手が欧米の選手に比べて非力だという事はなくなるでしょう。

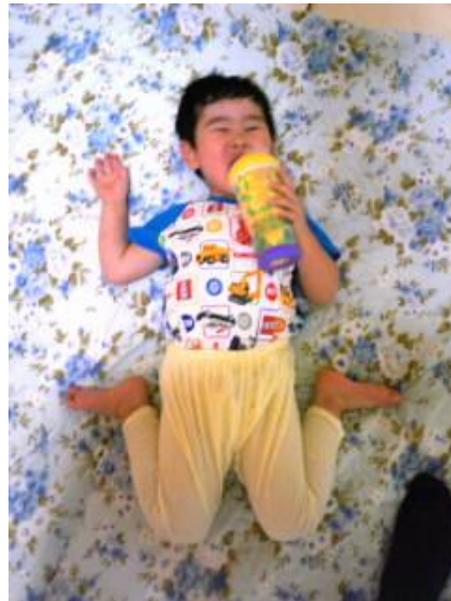
そのためには、例えば小学校・中学校の体育の授業に、股関節稼働域拡大のためのプログラムを導入して効果を確認するなどする必要がありますが、その前にそのプログラムがまったく安全で有効なものである事を検証しなければいけません。公的な機関における検証も含めて、国全体としてスポーツの能力を高めていくことの可能性について探っていければ良いのですが、現時点で私は、先に御紹介した Picture 9 から Picture 11 の運動より効果的と思われる、次の二つの運動を成長期に導入することを提案したいと思います。

a) 真向法：第4体操の変形



両足を内向きにして座る

Picture 14



ゆっくり後ろに倒す(膝を近づけるとなおい)

Picture 15

真向法の第4体操とは、両足を外に向けている違いがあります。基本的には、前述の膝上を固定した運動と同様の運動と考えています。

この運動は、両股関節が強く内捻され背中が真っ直ぐに伸びることから、股関節稼働域の維持、膝-股関節-骨盤構造の構築に非常に有効と思われます。難点は、体が固くなってしまってから無理して行くと、骨折や膝を痛めるなどの危険があります。

b) ヨガ：アーチのポーズの変形

バンドで固定するなど、両膝ができるだけ開かないように気をつけて、アーチのポーズをすることも効果があると思われます。両膝を近づけることで両股関節が内捻される方向に力が働きます。

アーチのポーズは、真向法より一般的で体への負担が小さいと思われませんが、膝を近づけて両股関節を内捻させるのが難しく、真向法より効果が弱い問題があります。

2) 選手生命の延長

年をとることで、選手の能力は衰えていきます。テニスや野球でいえば、サーブのスピードや投げるボールのスピードは落ち、バッターは力なく打てなくなっていきます。スタミナは別として、このようにボールのスピード・パワーが落ちるとするのは、「運動における股関節の稼働域」を十分確保できなくなった結果と考えられます。

上記紹介した股関節稼働域を広げるためのストレッチ・運動を行うことで、比較的短時間に本来持っているスピードや力を取り戻すことができる、あるいは調子を安定的に維持することができるでしょう。

これは客観的なデータを得る実験手段としても有効と思われます。

また引退したばかりの選手、例えば野茂選手や桑田選手あるいは工藤投手など年齢が高い現役選手に実験に参加していただいて上記ストレッチを行う前と後を比較すれば、比較的短時間に効果を確認できると予想します。(彼ら過去に実績を残した選手達は、骨盤の大きさや形には何ら問題なく、おそらく股関節に関連する腸骨筋や大腰筋などの筋肉の柔軟性が失われているだけだと考えられるからで効果を得られやすいと考えます。)どなたか、以前より力を発揮できずにいる様な選手を御存知の方いらっしゃいましたらご紹介をお願いします。客観的なデータを得るためにもご協力いただければと思います。

3) リハビリテーション

特に球技では、横方向に捻りの力を組み合わせる動きをすることから、加齢その他の理由で股関節の稼働域が十分でなくなると、その負担は膝や腰にかかることが多いと予想します。特に膝を故障する選手は非常に多いですが、股関節の稼働域が十分でないまま膝だけ治療しても再発を繰り返す可能性があります。

上記ストレッチを行うことで、膝の故障や再発を防ぐことができるでしょう。

4) その他(近眼の予防)

私は「股関節周辺部位腸骨筋や大腰筋などの筋肉および骨盤の大きさと形」の状態が、近眼の原因となっている可能性があるかと予想しています。

私の観察によると、近眼の人たちには共通の症状として背骨と首に歪みが見られることが多いです。背中は猫背で、頸部には内側に歪むため首が短く見えます。また年齢を重ねると顎に肉がつくのがよく見られます。

私は、両膝 - 両股関節 - 骨盤において、Picture12 から Picture13 に見られるような力学的「転換」が起こることで近眼が発症すると考えています。私が考える近眼のメカニズムとは、

A 長時間椅子に座るなどの姿勢を続けることで、骨盤周りの筋肉の状態に引きずられるように骨盤の形状に全体的な歪みが発生。(恐らく左右いずれかの仙骨と骨盤がずれるだけ。)

B 骨盤の歪みから、膝 - 股関節 - 骨盤で形成している上体を支える構造に Picture 12 から Picture13 へのような転換が起こり猫背になる。

C 猫背は首の湾曲を生み、頭部を直接ささえるのに力学的の弱い状態を発生。首周りの筋肉で頭部を支えるため肩こりなどの緊張が生まれる。

これから先の原因としては、下記 a) b)いずれかが原因と考えています。

a) 首周りの筋肉の緊張がドミノ式に伝わって、焦点を合わせる機能を阻害する OR

b) は眼球につながる神経や筋肉に影響をあたえて、物理的に眼球が前後に引き伸ばされる

これは近眼が一般に成長期に発症し、その後は進行が止まる事実とも矛盾せず、近くを見続けると近眼になるという従来の説よりも説得力があるように思われます。成長時の生活環境や文化的な違いによって、国ごとに近眼の発生率が違うことが予想されるでしょう。

この仮説は、最近の CT スキャン撮影あるいは解剖によって、近眼の人とそうでない人の眼球、視神経、首周

りの筋肉の位置を比較することで確認できると予想します。

また上記ストレッチ・運動を成長期に導入し、骨盤が一つの骨に固まる前に行うことで、近眼を予防することができるでしょう。(ちなみに沖ヨガでは、アーチのポーズは近眼に効く体操として紹介されていました。)

4 スポーツ(球技)における身体知

1) コーチと選手の感覚の違いについて

個々人の体の違いは、外見的な解剖学違いだけでなく力学的にも違うことが予想されます。ご紹介した膝 - 股関節 - 骨盤構造の違いだけでなく、身長や骨の長さ、筋肉の大きさの違いまで考慮すると、動作における各人の感覚は千差万別と考えて良いでしょう。コーチとしては、各人の肉体的機能に違いがあるという前提をより理解する必要があると考えます。名選手が名コーチならずと言われるのは、この感覚の違いを伝えきれない問題があると思われる。

2) コーチと選手の肉体的能力の違いについて

今度は逆の例で、コーチの能力が選手より低い場合、選手の受け皿が広いため、感覚の伝達には比較的問題はないと思われます。しかし弊害はこちらの方が大きいようです。なぜならコーチが自らの低い肉体的能力(主に股関節稼動域の違いからくる動作能力)と選手の高い肉体的能力の違いを認識しない結果、低い能力の持ち主に適した方法を能力の高い選手に教えている例があるからで、最も顕著な例が、野球のバッティングです。

「左手一本で(右打者の場合)ダウンスイング」、「壁を作って体が開かないように打て」などは、日本における代表的な指導法ですが、これらは股関節の稼動域の低い一般的な人たちには当てはまりますが、才能ある選手たちにはあてはまらないと考えます。稼動域が広いので、左手だけでなくテニスのフォアハンドと同様に右手でも打つほうがパワーが出るはずですが、残念ながら多くの日本のバッターは、自らの才能を殺すようなうち方を練習しては、欧米人にくらべてパワーがないと嘆いているように見えます。前回のWBCでは、アジア人はパワーがないと嘆いているうちに、何も考えずに両手で打っている韓国の打者にパワーで追い抜かれてしまったように見えました。このままでは、いずれは台湾や中国の打者にもパワーでかなわなくなるでしょう。

身体知獲得のプロセスで起きているこのような問題を解決するには、理想的な身体スタンダードモデルおよびそのスタンダードにおける運動モデルの構築が必要と考えます。そうすることで

- a) 身体モデルに近づける体作り
- b) モデルと自分の体の違いを認識することによる個人にあったスタイル

を確立し、試行錯誤のプロセスから脱却することができるでしょう。

<参考文献>

- 1) イラスト解剖学 2009 松村 讓兒 中外医学社
- 2) ヴォルフ人体解剖学アトラス(第4版) 1993 G Wolf-Heidegger 西村書店
- 3) 科学する野球(投手篇)1984 村上豊 ベースボールマガジン社
- 4) バッティングの教科書 2006 成美堂出版編集部 成美堂出版

中華鍋操作技能の教授・習得過程の説明的分析

An Explanatory Analysis of Teaching and Learning Process of Wok Handling Skill

水山 元^{1*} 山田佳代¹ 田中和人² 牧 淳人³

Hajime Mizuyama¹, Kayo Yamada¹, Kazuto Tanaka² and Atsuto Maki³

¹ 京都大学

¹ Kyoto University

² 同志社大学

² Doshisha University

³ 東芝欧州研究所

³ Toshiba Research Europe Ltd.

Abstract: Receiving advice from an instructor often accelerates the process of mastering a skilled motion, and this implies that a piece of advice functions as a trigger that introduces a structural change into how the learner performs the motion. Taking a basic motion of wok handling as an example, this research observes several actual processes of learning it with advice, and characterizes the processes based on the sequence of advice and how the motion performance changes along it. As a result, it is found that the process differs among learners and that the instructor determines the set of advice to give based not only on the observable characteristics of the current motion performance but also on the history of the interaction with the learner.

1. はじめに

ある程度の熟達を要する動作，すなわち技能動作は，ものづくり，スポーツ，舞踊，調理など，あらゆる分野に存在し，それらの習得に関しては，従来から，様々な研究がなされてきた[1]．しかしながら，現状では，技能動作の習得過程に関する理解はまだ不十分であり，その支援のあるべき姿に関する認識も定まっているとは言い難い．そこで本研究では，技能動作を習得していく過程において，アドバイスの有無でその効率が大きく異なり得る[2][3]ことに着目し，アドバイスが動作に構造変化をもたらす引き金としての役割を果たすと考える．そして，指導者からアドバイスを受けながら実際に技能動作を習得していく過程を状態遷移として捉えることによって，技能動作の教授・習得過程とその支援に関する基礎的な知見を得ることを目的とする．

以下では，まず，中華鍋の操作を対象としたモーションキャプチャ実験について述べた後，指導者からのアドバイスの内容をいくつかの項目に分類した上で，動作データをそれらと関連付けることによ

て，アドバイス項目の選択とそれに伴って動作が変化していくプロセスについての説明的分析を試みる．

2. モーションキャプチャ実験

実験期間内にある程度の上達が見込め，モーションキャプチャで特徴が把握でき，指導者の協力が得られるという条件から，対象動作として，中華鍋の前後振り操作をとりあげた．左手に鋼製の広東鍋，右手にオタマを持ち，五徳の上で，鍋の中の具材（実験では，押し麦を用いた）を前後に混ぜ合わせる操作である．男子大学生3名（学習者A, B, Cと呼ぶ）にその習得に取り組んでもらい，指導者役は，中華鍋操作とその指導の双方に経験豊富な，調理師学校の中国料理のベテラン教師をお願いした．

各学習者に，対象動作を4回に分けて約30秒ずつ実演してもらった．学習者は，連続する試行間に，指導者から約60秒間の指導を受けるとともに，それを踏まえて練習を行う．また，それらとは別に，模範動作として，指導者の動作データも取得した．各試行は，光学式モーションキャプチャシステム（Motion Analysis社製MAC3D System）[4]で，複数マーカーの3次元軌跡として記録し，筋骨格モデリン

* 連絡先：京都大学工学研究科機械理工学専攻
〒606-8501 京都府左京区吉田本町
E-mail: mizu@me.kyoto-u.ac.jp

ソフトウェア (MusculoGraphics 社製 SIMM) で、全身 32 自由度の関節角データに変換した後、1 階差分によって、角速度データに変換した。

3. 模範動作の特徴

中華鍋操作の動作データは 32 次元の時系列データであり、そのままでは自由度が高すぎて、説明的分析のための解釈は困難である。既報[5]では、主成分分析を適用し、左腕と右腕の動きが動作の主要部分を占めることを確認したが、主成分は合成変数であり、その意味付けは必ずしも自明ではない。そこで、ここでは、解釈の容易さを重視して、合成変数ではなく、左右の腕の肩関節、肘関節、手首関節からそれぞれ最も標準偏差が大きかった自由度を一つずつ選択し、それらあわせて 6 自由度のデータで動作の主要部分の特徴付けを行うことにする。具体的には、(クロス) スペクトル分析によって、前後振りの基本周期、その寄与率、および各関節間の位相差を求め、標準偏差を振幅とした六つの正弦波で動作をモデル化する。

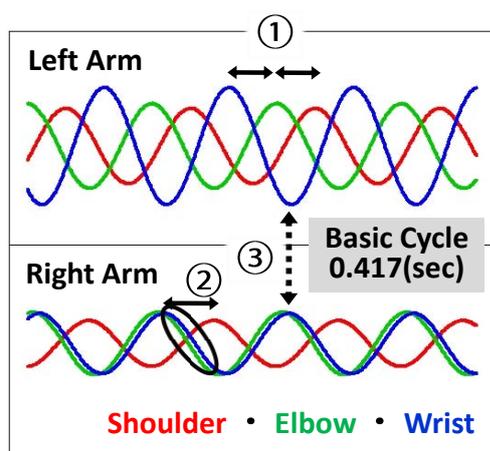


図 1. 模範動作の正弦波モデル

図 1 は、指導者に実演してもらった模範動作の正弦波モデルである。正弦波の振幅から動きの大きさが分かる。さらに、図から、①左腕は、肩から肘、手首にかけてほぼ均等に位相差がつけられ、鞭のように柔らかく使われている、②右腕は、各関節がほぼ同期して動いており、左腕とは違って、固く使われている、③左手首と右手首は逆位相である、といった特徴が見てとれる。また、図には表現していないが、基本周期の寄与率はすべて 9 割前後の高い値をとっており、前後振りの周期は、約 2 秒に 5 回で、非常に安定していた。

4. アドバイス項目の分類

次に、上述のような特徴を学習者に身につけさせるために、指導者が主としてどのようなアドバイスを用いたかを整理した。その結果、次の 7 種類の項目が得られた：

- A: 左手首を動かさない。
- B: 鍋を大きく振る。
- C: 鍋を一定のリズムで振る。
- D: 鍋を素早く振る。
- E: 鍋を軽く持つ。
- F: おたまで具材を押し出す。
- G: おたまを鍋と反対に動かす。

これらのうち、A~E は主に左腕に、F, G は主に右腕に、それぞれ関する項目である。項目 A は、左手首の力を抜かせ、項目 E とともに、①の特徴を獲得させるためのアドバイスのようである。項目 B は、左腕の動きの大きさの補正、項目 C は、基本周期の寄与率の向上、項目 D は、基本周期の速さの補正、とそれぞれ理解できる。項目 F は、右腕の動きの大きさとともに、特徴②に関連しており、項目 G は、特徴③に関連している。

表 1. 学習者別のアドバイス項目

	Trial 1-2	Trial 2-3	Trial 3-4
Novice A	F	A, F, G	B, C
Novice B	B, F	C, F	B, F, G
Novice C	A, D, F, G	B, D, F, G	E, F, G

表 2. アドバイス項目が与えられたタイミング

	Trial 1-2	Trial 2-3	Trial 3-4
Advice A	1	1	
Advice D	1	1	
Advice B	1	1	2
Advice F	3	3	2
Advice G	1	2	2
Advice C		1	1
Advice E			1

表 1 は、学習者別に、与えられたアドバイス項目を整理したもので、表 2 は、項目ごとにそれが与えられたタイミングを示したものである。アドバイスに含まれる項目は、ランダムではないが、完全に規則的であるわけでもなく、学習者およびタイミング

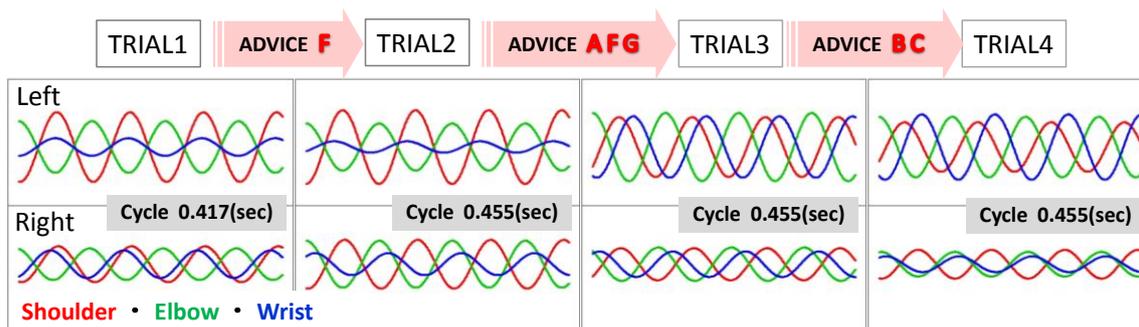


図 2. 学習者 A の動作モデルの推移

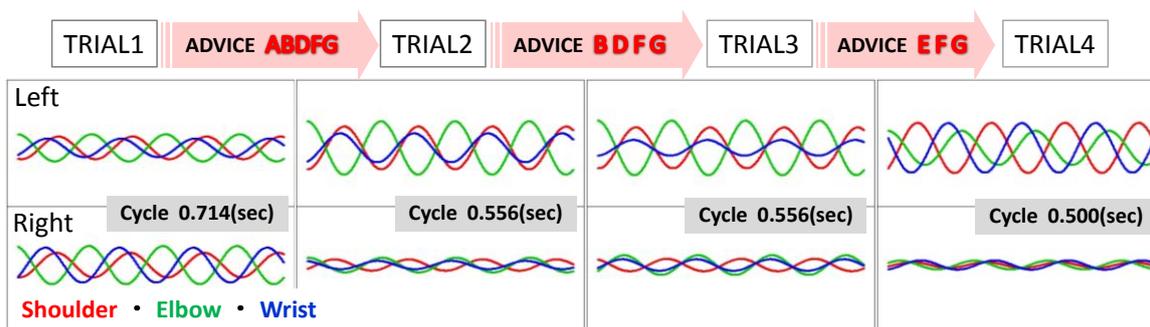


図 3. 学習者 C の動作モデルの推移

によって異なることがわかる。これは、指導者が、学習者とタイミングによる何らかの差異を認識し、それによって項目を選択しているからとも考えられるが、各項目に関連する特徴量（例えば、項目 D に対する鍋振りの基本周期など）で、当該項目の有無を機械的に判別するのは困難であった。

5. アドバイスと動作変化の関連

動作の特徴とアドバイス項目との間の単純なマッピングは難しかったので、次に、動作が変化していくプロセスとアドバイス項目との間の関係に注目して、その説明的な分析を試みた。ここで、その結果の一例を示す。

5.1 学習者 A のケース

図 2 は、学習者 A の動作モデルが、試行間でどのようなアドバイス項目を受け、それによってどのように変化していったかを表したものである。指導者は、右腕に関する指導から始めている。試行 1 後の項目 F で右腕の位相差が模範動作に少し近づき、試行 2 後に項目 G が加わることで、特徴③が獲得されている。項目 A に着目すると、これは、試行 2 後に与えられ、それによって、期待した通り、左手首の振幅が大きくなり、肩から肘、手首にかけての柔ら

かな位相差が出現している。また、図には表現していないが、左腕の基本周期の寄与率は、試行 1 で 7 割程度あったのが、試行 2, 3 では、5, 6 割程度にそれぞれ低下した。試行 3 後のアドバイス項目 B, C は、左腕の動きを大きく安定させ、基本周期の寄与率を高めるためのものであったと考えられる。結果として、試行 4 では、基本周期の寄与率は 8 割程度に改善された。

5.2 学習者 C のケース

次に、上述のケースを、学習者 C のケースと対比してみる。図 3 は、学習者 C について、図 2 と同様の内容を表したものである。試行 1 での左腕の動きが小さかったためか、学習者 C に対しては、指導者は左右両腕の指導を同時にスタートさせている。右腕については、一貫して項目 F と G が与えられているが、試行 2 以降はほとんど動きがなくなっており、学習者 C は左腕にかかりっきりで、右腕にまで意識が回っていないのではないかと推察される。左腕については、項目 A の影響が興味深い。試行 1 後に与えられているが、学習者 A のときのように、柔らかな位相差は出現しなかった。これを受けて、指導者は、試行 3 後に、項目 E を与えている。項目 A が期待した通りには伝わらなかったことを受けて、表現を変えたことが見てとれる。

5.3 説明的分析の含意

各タイミングでのアドバイス項目の選択は、上述のような説明的分析のモデルに沿って見ると、指導者の自然な判断として理解できる。また、その一方で、動作の特徴とアドバイス項目との間の単純なマッピングが難しかったことも、次のような点から容易に納得できる。

- 動作に拙い点が複数存在したとしても、必ずしも、それらすべてが網羅的に指摘されるというわけではない。
- 項目 A の例のように、同じアドバイス項目でも学習者によってその解釈が異なり得る。
- 指導したい内容が期待した通りに伝わらなかった場合、指導者は、同じ内容を、表現を変えて伝えようとすることがある。

最初の点は、指導の仕方には選択肢があり、技能動作の指導は個性のあるプロセスとして捉えられるべきであることを示している。また、二つ目の点は、学習者の側にも個性があることを表しており、三つ目の点は、指導のプロセスを通じて、指導者が学習者の個性を理解していくことを示している。逆に、学習者の側も、このプロセスを通じて、指導者の個性についての理解を獲得していくはずである。したがって、技能動作の教授・習得の過程は、指導者と学習者の間の相互理解、相互適応のプロセスであるといえる。

ただし、このことは、ある意味では、当たり前のことにはすぎない。ここでは、さらに、動作の特徴をデータに基づいてわかりやすく視覚化し、その推移についての解釈を添えた、上述のような、説明的分析のモデルが、アドバイス項目の選択と、それによる動作変化のプロセスについての、自然な理解につながったことに注目し、次の仮説を提起したい。

- 上述のような説明的分析のモデルは、指導の疑似体験システムとして有効である。

技能動作の指導が、ある種の属人的な戦略から導かれる個性的なプロセスであり、その戦略が、指導経験にともなって育っていくものであるとした場合、この種の疑似体験は、(特に、経験の浅い)指導者にとって、指導戦略を獲得・高度化する助けになり得る。また、指導者が代わっても継続性のある指導を可能にするためのカルテのような役割も期待できる。さらに、学習者にとっても、指導の疑似体験は、自学自習のために有用である可能性がある。

6. まとめと今後の課題

本研究では、中華鍋の操作を例にとり、指導者からアドバイスを受けながら技能動作を習得していく過程をデータ化した上で、その視覚化と説明的分析を試みた。その結果、動作の特徴をデータに基づいてわかりやすく視覚化し、その推移についての解釈を添えた、説明的分析のモデルが、アドバイス項目の選択と、それによる動作変化のプロセスについての、自然な理解につながることを確認した。そして、そうした説明的分析のモデルが指導の疑似体験システムとして有効ではないかという仮説を得た。

今後の課題としては、まず、上述のような説明的分析のモデルによる指導の疑似体験システムが、指導戦略の獲得・高度化、指導の継続性確保、自学自習の支援などの面で、実際に有用であるかどうかを検証することがあげられる。また、ここで取りあげた中華鍋の操作以外の技能動作でも、同じように、理解しやすい説明的分析のモデルが得られるかどうかを確認し、上述のアプローチの一般化可能性を検討することも重要である。

謝辞

本研究は、辻調理師専門学校から多大な協力を得た。ここに謝意を表す。また、科学研究費補助金(学術創成 19GS0208)の補助に感謝する。

参考文献

- [1] 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—, 人工知能学会誌, Vol. 20, No. 2, pp. 117-128 (2005)
- [2] 柴田庄一, 遠山仁美: 技能の習得過程と身体知の獲得—主体的関与の意義と「わざ言語」の機能—, 言語文化論集, Vol. 24, No. 2, pp. 77-94 (2003)
- [3] 永山貴洋, 北村勝朗, 斎藤 茂: 優れた少年野球指導者の身体知指導方略の定性的分析, 教育情報学研究, Vol. 5, pp. 91-99 (2007)
- [4] 青木 慶: 使いたい! 教えて最新技術: 動作解析装置編—Motion Analysis 社製 MAC3D System 編—, バイオメカニズム学会誌, Vol. 32, No. 3, pp. 167-172 (2008)
- [5] Yamada, K. and Mizuyama, H.: A State Transition Model for the Process of Teaching Skilled Motion, The Proceedings of the 9th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, CD-ROM, (2008)

規則発想推論を用いたスキル獲得支援における領域知識を利用した仮説の選択

Hypothesis Selection using Domain Theory in Rule Abductive Support for Skills

小林郁夫^{1*} 古川康一²
Ikuo Kobayashi¹ Koichi Furukawa²

¹ 慶応義塾大学 SFC 研究所

¹ SFC Institute, Keio University

² 慶応義塾大学 政策・メディア研究科

² School of Media and Governance, Keio University

Abstract:

In skill science framework, We have studied for supporting of performer – mainly cello player – with employing logical computation systems. In one hand, we suggested to derive hypotheses representing possible ways to given certain performance tasks using an Abductive Logic Programming (ALP) system. On the other hand, we suggested method called rule abduction, which find possible rules explaining observed ‘knacks’ as reasonable performing method. There remain many things those must be solved. For example, we should show some directions to select better hypotheses from derived by ALP or rule abduction. In this article, we deal with further problems. When novel rules are abduced by rule abduction, some of them would have undefined nodes those should be given some adequate meaning. We build 2 databases for cello playing domain which can provide information for aiding decision of meaning of such nodes by the performer. Using the same databases, we try selecting hypotheses derived by our existing system.

1 はじめに

我々は、スキルサイエンス研究の一環として、チェロの演奏の支援について考えてきた。そこでは、演技者本人=演奏者に対する支援または演技の指導に当たるコーチ=指導者をユーザと考えている。

我々は、発想論理プログラミング (ALP) システムを用いた支援手法を提案した [KobFur 08]。そこでは、一定の実現したい演技タスクについて、演技者の身体および演技にかかわる知識を演技者ないし指導者が論理プログラムとして記述し、そのプログラムに登場するあらかじめ定めた命題の部分集合として可能なモデルを候補仮説、すなわち、あり得るタスクの実現方法として、ALP システム PrologICA [RayKak 06] に提案させた。この際、MIC [UenFurBai 00] と呼ぶ制約的な知識が仮説の絞り込みに重要な役割を果たすことが [KobFur 08] で示された。

上述の方法は、ユーザがシステムに与えた論理プログラムについて、そこに登場する命題の真偽のみをシステムに提案させるものである。一方 [FurKobInoSuw 09] において、我々は与えたプログラムに含まれない新たなルールを機械的に導出する手法についても提案した。我々は、この方法をルールアブダクションと呼んでいる。

これら 2 つの手法は、それぞれ発想推論 (アブダクション) に基づいている。いずれの手法でも、タスクを実現するための技法の候補となる仮説が導出された点で、演技への支援が実現できた。しかしながら、双方の場合において、重要な選択問題が残る。PrologICA による候補仮説の提案では、解決案として複数の仮説が出た場合に、どれをより望ましいものとして選び出すかという問題がある。他方ルールアブダクションにおいては、導出された仮説候補たる節型ルールの中で有用なものを選択することもさることながら、ルールに新しい未定義のノード (以下、空隙ノード) が現れた場合の解釈の問題が残る。

本稿では、上述のルールアブダクションによって求めた空隙ノードの可能な解釈を別に構築した領域知識

*連絡先：慶応義塾大学 SFC 研究所
〒 242-8520 神奈川県藤沢市遠藤 5322
E-mail: ikuokoba@sfc.keio.ac.jp

ベースから引き出す方法について述べる。

2 SOLAR を用いたルールの発見

SOLAR [NabIwaIno 03] では、一階述語論理の標準節形式で与えられた観察と背景知識に矛盾しない、観察を満たす説明を発見することができる。説明は計算によって求められた帰結節の否定として求められる。帰結節の形式としては、使用する述語を制限することや、長さを制限することができ、求めたい説明に効率的にアプローチできる。我々は、[FurKobInoSuw 09] において、SOLAR を用いて説明ルールを発想推論した。タスクの実現に関係する身体の動きについて背景知識としてあたえ、演奏者が一定のタスクを実現することに成功したときの観察を説明するルールを計算させた。

図 1 に SOLAR に与えられた節集合を示す。背景知識と観測の表現は、因果関係に基づく形をとっており、 $connected(X, Y)$ という述語は Y が X の直接の原因であると認めていることを、 $caused(X, Y)$ という述語は Y から X への因果関係の連鎖を認めることを記述している。 X や Y で示される項には、タスクの実現に関係する過程がノードとして入る。たとえば、「脇を締める」という運動や、「弓の返しがスムーズになる」というパフォーマンスがそれに当たる。この例は、チェロの弓を引く右腕を体幹に引き付ける（すなわち、脇をしめる）ことで運弓のパフォーマンスが改善される、という演奏者自身の経験を観測とし、これに既知の知識を背景知識として加え、これらから観測についての説明を引き出そうとするものである。

o1 では説明したい観測を記述している。節 b1, b2 で因果関係をみとめるメタレベルのルールを記述し、b3 から b5 で対象レベルの知識を記述している。このうち b4 は、「スムーズな弓返し」と「安定した弓の動き」が同時に実現したとき必ず「コマに近いところでの運弓」が実現するという知識を表現している。b3 から b5 は脇を締めることを 3 つのノードで表現される目標タスクの実現の直接的な原因として認めていないことを示している、この問題を解決することがルール・アブダクションを実行する目的となっている。

ここから、52 の帰結節が可能な結果として引き出された。その中のひとつが以下のようなものである。

```
sol1: [-connected(stable_bow_movement, _0),
       -connected(_0, keep_arm_close),
       -connected(flexible_wrist, _0)]
```

これを説明として用いることのできるルールの形にすると、以下ようになる。

```
sol1a: connected(stable_bow_movement, X0).
sol1b: connected(X0, keep_arm_close).
sol1c: connected(flexible_wrist, X0).
```

```
o1: [-caused(inc_sound, keep_arm_close)]
b1: [+caused(_0, _1), -connected(_0, _1)]
b2: [+caused(_0, _1), -connected(_0, _2),
     -caused(_2, _1)]
b3: [+connected(inc_sound,
               bow_close_to_the_bridge)]
b4: [+connected(bow_close_to_the_bridge,
               smooth_bow_direction_change),
     +connected(bow_close_to_the_bridge,
               stable_bow_movement)]
b5: [+connected(smooth_bow_direction_change,
               flexible_wrist)]
b6: [-connected(inc_sound, keep_arm_close)]
b7: [-connected(stable_bow_movement,
               keep_arm_close)]
b8: [-connected(smooth_bow_direction_change,
               keep_arm_close)]
```

図 1: ルールアブダクションの問題事例

この説明は、うまくいった演奏の経験を説明する候補になりえる。脇を締めることが $X0$ というノードで示される何らかの過程を招き、安定した弓の動きおよび手首の柔軟を実現することを示している。これらと図 1 に示された背景知識をあわせることで、脇を締めることが音を大きくすることの説明ができる。ところが、このノード $X0$ (以下、空隙ノード) には解釈があたえられていない。こういったノードにどのような解釈を与えればよいのかについて、候補を絞ることを考えてみたい。

3 提案手法

本稿の研究は、空隙ノードに与えるのに適切と思われる解釈を見つける方法を提案するものである。この目的のために、候補となる概念を含んだデータベースを持つことが有用と考える。ここでは、第 1 節で述べた PrologICA によるスキル支援のために記述した論理プログラムの背景知識をデータベースに記述する情報の根拠として用いることにする。これは、既存の知識を正しいと信じるのであれば、それに存在論的に近いルールが因果関係として有効ではないかと期待するためである。

3.1 分類された命題を用いたルールのデータベース

1 節で述べた PrologICA によるシステムを使ったスキル発達支援では、5 つの課題プログラムに計 45 個の

命題論理の Horn 節ルールが使われている。これらルールには、制約型である MIC 6 個を含め、チェロの演奏に関する知識が記述されており、51 個の命題語彙が使われている。これらの命題が表現する対象は、SOLAR システムにおける caused 述語および connected 述語の項、すなわち因果グラフのノードが表現する対象に相当する。ルール節は、たとえば以下のような形をしている。

```
pr1: rapidPositionShift :-
    addAbdOfShoulder, addAbdOfElbow.
mic1: ic :- stretchArm, activeShoulderMscls,
    not violate_aSM.
```

pr1 は頭部に 1 つの命題が現れるポジティブルールの例、mic1 は MIC と呼ぶ制約型ルールの例である。mic1 の頭部の ic は対象世界で意味をもつ命題ではなく、その節が一貫性制約であることを示しているのみであり、ic を取り除けば一般的な prolog プログラムにおける否定節と同様の表現となる。

pr1 の本体部にある 2 つの命題は、演奏者の体の部分の動きをあらわしており、同一の種類と考えられる。このように、対象世界の存在論的観点から 51 の命題を 11 分類し、個々のルール節に含まれる組み合わせを検討した。

ポジティブルールに関しては、本体部の各命題と頭部の命題との因果関係を考える。表 1 にこの結果をまとめる。pr1 においては、addAbdOfShoulder と addAbdOfElbow がそれぞれ rapidPositionShift に対して因果関係を持っていると考え、「運動 左手タスク」の関係が 2 組確認できる。

一方、MIC に関しては、本体部に登場する各命題間の関係を考える。mic1 では、stretchArm が「運動」、activeShoulderMscls が「筋活性」、violate_aSM が「MIC 違反」に分類されているので、「運動」「筋活性」、「運動」「MIC 違反」、「筋活性」「MIC 違反」それぞれ各 1 組を確認できる。表 2 にこの結果をまとめる。

3.2 身体部位の近接性データベース

各命題分類は、筋活性なら「位置する体の部位」と「活性の度合い」、運動なら「停止/並進運動/関節周りの運動の別」「運動する部位」「回転方向(回転軸)」「運動の速さ」など、それぞれ固有の属性の組をもっている。これらの属性のうち、身体部位を特定するものが、運動、柔軟、インピーダンス、慣性モーメント、筋活性、意識の 6 分類に存在している。登場する部位は近接性についての情報に着眼する形でデータベース化できる。

(頭部命題)	(本体部命題)									
	bw	mv	lh	fx	bwfx	pf	imp	im	ma	conc
bw:運弓	6	2		1	1	5				
mv:運動		5	1				2		6	1
lh:左手タスク		5	2							
fx:柔軟				1					6	
bwfx:運弓と柔軟				1						
pf:パフォーマンス		1	1			1				
imp:インピーダンス										2
im:慣性モーメント		1								
ma:筋活性										
conc:意識										

表 1: 背景知識のポジティブルールにおける頭部命題と本体部命題のペアリング

	mv	ma	vl	im	pf	bw
mv:運動	1	2	1	1		
ma:筋活性	2		1			
vl:MIC 違反	1	1				
im:慣性モーメント	1					
pf:パフォーマンス						1
bw:運弓						1

表 2: MIC における拮抗関係

近接性の記述に使用する関係性は「隣接」「部分」の 2 種とし、それぞれ 2 項関係とした。たとえば、「右上腕筋強活性化」の身体部位は「右上腕」、「右肘柔軟上下動」のは「右肘」、「右腕伸展」のは「右腕」であり、「右上腕」と「右肘」は隣接関係、これらそれぞれと「右腕」とは部分関係である。

3.3 適切な仮説の選択

データベースを利用することで、アブダクションシステムによって提案された諸仮説について、既存の理論においてよく現れたタイプのルールであるかという基準による評価が可能になる。ここで考える基準は、「既存の理論において利用されているタイプの因果関係のみを使用することができる」という基準である。この「タイプ」の意味するところは、前々項でデータベースにまとめた論理プログラムにおける本体部と頭部の命題のペアリングである。すなわち、1 の各要素がルールのタイプに相当する。数字の入っていないセルのタイプのルールは利用しないということである。

前の節で述べたように、この問題に対しては、52 の仮説がアブダクションシステムによって示された。このうち、以下に示すひとつの解について実地にあてはめて説明する。

```
sol2: [-connected(
    smooth_bow_direction_change,
    _0),
    -connected(_0,_1),
    -connected(_1,keep_arm_close),
    -connected(stable_bow_movement,
    smooth_bow_direction_change)]
```

これを説明として用いることのできるルール of the 形にすると、以下ようになる。

```
sol2a: connected(
    smooth_bow_direction_change,
    X0).
sol2b: connected(X0,X1).
sol2c: connected(X1,keep_arm_close).
sol2d: connected(stable_bow_movement,
    smooth_bow_direction_change).
```

sol2 で表わされる説明には、因果の経路として sol2d, sol2a, sol2b, sol2c によって表わされる経路 *pass_{2dabc}* が現れている。空隙ノード X0, X1 を埋めることのできる組合せとしては、以下の 6 通りがある。

<X0, X1> =: <運動, 運動>, <運弓, 運動>, <運弓, 運弓>, <パフォーマンス, 運動>, <パフォーマンス, 左手タスク>, <パフォーマンス, パフォーマンス>.

これらの各命題分類選択について、命題分類によるルールデータベースを用いて点数を与えることが考えられる。<X0, X1> = <運動, 運動> とした場合について考える。stable_bow_movement, smooth_bow_direction_change, keep_arm_close の命題分類は、それぞれ、「運弓」、「運弓」、「運動」なので、表 1 の各要素をあてはめると、sol2d:6, sol2a:2, sol2b:5, sol2c:5 となる。これらを足し合わせて、因果の弧の数 (sol2 は 4 つを含んでいる) で割ると、 $18/4 = 4.5$ となる。sol2 への命題割り当ての他の可能性についてみると、5, 4.75, 4.25, 4.25, 3.25 であり、最も既得の規則群と親和性が高いのは、5 点の割り当て <X0, X1> = <運弓, 運動>。ということになる。

同様に、他の解についても空隙ノードへの命題分類の割り当てのうえ、得点の計算が可能であるので、この方法で解を順位づけることが可能になる。

ここで、別の解について試みる。sol1 で表わされる説明には、因果の経路として sol1a と sol1b によって表わされる経路 *pass_{1ab}* と、sol1c と sol1b によって表わされる経路 *pass_{1cb}* の 2 本が存在している。いま、*pass_{1ab}* に着目すると、X0 を埋めることのできる命題の分類として「運弓」「運動」「パフォーマンス」の 3 種があることがわかる一方、*pass_{1cb}* に着目すると、X0 を埋めることのできる命題分類が存在しない。

今回の基準では、sol1 のように点数が与えられない

解が存在するが、これらがすべて最下位に並ぶことになるのかは今後の検討課題である。

3.4 空隙ノードの意味の推測

表 1 は、個々のルールを特徴づけて分類しており、既存の知識を系統だてている。sol1a から sol1c で表わされる説明では、keep_arm_close という「運動」分類の命題からノード X0 が結果し、さらにそこから「運弓」および「柔軟」分類の 2 つのノードが結果している。表 1 に示した、既に知識として使用しているルールと同種のものだけをルールとして承認することとすると、X0 に割り当て可能な分類はないことがわかる。そこで条件を緩和し、X0 を経由する因果の経路 2 つのうち、1 つでも成立するものを探すことにする。keep_arm_close から flexible_wrist に至る経路では、割り当て可能な命題分類は存在しないが、stable_bow_movement に至る経路では以下のような 3 通りの割り当てがありえる。

X0 =: 運弓, 運動, パフォーマンス.

さらに前項の近接性データベースに基づいて、身体部位を推測することが考えられる。keep_arm_close の身体部位は「右腕」である。一方、stable_bow_movement は運弓分類であり、身体部位の属性を持たないが、「右手先」に割り当てることとする。さらに、flexible_wrist の身体部位は「右手首」である。「右手先」、「右手首」は「右腕」の部分であるので、隣接関係にはない。そこで、keep_arm_close の身体部位属性も、「右腕」からその任意の部分に下げることとする。候補としては「右肩」から「右手先」まで、7 種類の部位が挙げられる。これらに対して、ルールの本体部と頭部が近接するように X0 に身体部位を割り当てる。

結果として、命題分類データベースと身体部位近接性データベースの両方の知識から導かれる空隙ノードの意味解釈は、

X0 =: 運弓, 運動 (右手先), 運動 (右指付け根),
運動 (右手首), 運動 (右前腕), 運動 (右肘),
運動 (右上腕), 運動 (右肩), パフォーマンス

の 9 通りとなる。これに当てはまる解釈としては、たとえば、「右肘固定」などが考えられる。

4 おわりに

本稿では、我々の既存の研究におけるスキルルールの導出について、既存の理論との親和性の基づく仮説の蓋然性、および空隙ノードの解釈の観点から進展を試みた。前節で最終的に例示した説明は、われわれが本来期

待している解釈とはかなり違ったものになってしまっている。直感的には、上腕における筋の活性や同じく上腕のインピーダンスの高まりなどによる補完的説明が突き止められることが望ましいと考えられる。

このためには、命題の各分類の性質をより精緻にすることが課題としてあげられる。たとえば、運弓や左手タスクのようなタスクを表す命題分類においては、属性を追求しきれなかった。各命題の性質を検めることは、この領域の知識を洗いなおすことにつながる。これに関しては、演奏者としてチェロの演奏を実際に行いながらの検証が不可欠と考える。

客観的な説明を求めることを期待するのではなく、あくまでユーザ本人にとって有用な支援環境であることが重要となる。そのためには、特に演奏者の主観に基づいた命題の規定があくまで重要となる。本稿でとりあげた問題は、ややもすると人体という機構についての客観的な立場からの立論とプログラム語彙の規定に偏る危険があり、演奏者として実際に感じることのできる感覚を概念として使用する必要がある。

この点を踏まえ、演奏者としての主観に立脚しながら、既存の概念の再構成を行っていく必要がある。本稿で命題に繰り込まれている概念をあえて括りだしたことは、命題間に因果ルール上での結合関係だけでなく、存在論的な意味的關係を持ち込む意味合いがある。この存在論の援用が、単なるコーチによる客観的観測にとどまらず、演奏者本人の考察を通じ、演奏中にも概念の再検討を行うためのよりどころとなっていくことが重要である。共通する部分の多い概念を同類として認識することは、認知の効率も高め、実時間での対応が必要な身体技能の向上には欠かせない点であると考えられる。

参考文献

- [UenFurBai 00] Ueno, K., Furukawa, K., Bain, M.: ‘Motor Skill as Dynamic Constraint Satisfaction’, *Electronic Transactions on Artificial Intelligence*, Vol.4, Section B, pp.83-96, 2000.
- [FurKobInoSuw 09] 古川康一, 小林郁夫, 井上克巳, 諏訪正樹: 発想推論に基づく着眼点の発見. 身体知研究会, 2009.
- [KobFur 08] Kobayashi, I., Furukawa, K.: ‘Modeling Physical Skill Discovery and Diagnosis by Abduction’, *人工知能学会論文誌*, Vol.23, No.3, 2008.
- [NabIwaIno 03] H. Nabeshima, K. Iwanuma, K. Inoue: SOLAR: A Consequence Finding System for Advanced Reasoning, *Proc. TABLEAUX 2003*, LNCS Vol. 2796, pp.257-263, Springer, 2003.
- [RayKak 06] Ray, O., Kakas, A.: ‘ProLogICA: a practical system for Abductive Logic Programming’, *Proceedings of the 11th Non Monotonic Reasoning Workshop*, pp.304-314, 2006.