

身体知 - Emotion の視点から - *

Natural Intelligence

福田 収一¹

Shuichi Fukuda¹

¹ 慶應義塾大学システムデザインマネジメント研究所

¹ Keio University, System Design and Manufacturing Research Institute

Abstract: Until now, emotion has been discussed mainly in terms of the individual, and in a passive way. However, with the rapid changes in society and the expansion of our living space, it has become important to consider emotion from a broader perspective, from the individual to society. Although our perspective has broadened, our way of thinking remains as passive as ever. However, the original Latin word for emotion means to take action, and such active discussions have hardly taken place. Therefore, in this lecture, I will discuss how we can utilize emotion to create the next generation of society.

1. INTRODUCTION

"Social Emotion" is getting wide attention these days. Indeed, although "Emotion" has been discussed many times, most of them discuss personal emotion. "Social Emotion" points out that emotion should also be considered and discussed in much wider framework of society. I totally agree with this opinion. But the current discussion of "Social Emotion" is only paying attention to emotion in the current framework of society.

This paper proposes that we should further consider developing a new society by making the most of emotion. As the Industrial Society is getting close to its end and now we need to design and develop the next society. The Industrial Society was brought forth by the Industrial Revolution, which is product-centric. So their productivity and performance were important. And as they are tangible, we could count them. We could apply quantitative and objective evaluation.

But the Industrial Society brought forth many issues, too. One of the important problems is excessive consumption of energy. We are running out of energy. We cannot sustain the society in the present framework of the Industrial Society. Today, such tools as ChatGPT, generative AI are expected to be solutions for these problems. But they use a lot of energy, too. Thus, unless we design and develop a completely different society, we

cannot survive anymore.

Fig. 1 shows the change of society with time. The world 1.0 is the current Industrial Society and the world 2.0 is the next society. The world before the Industrial Society is world 0.0.

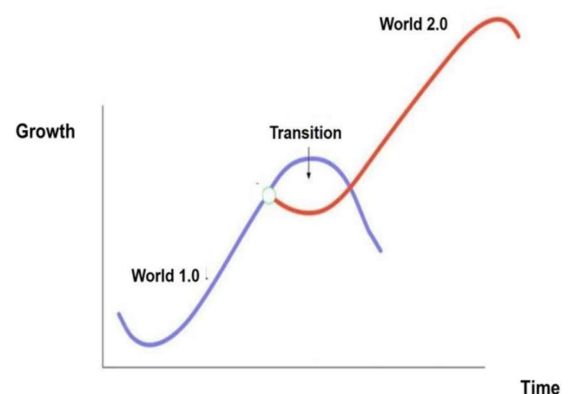


Figure 1. Society change with time

What comes up as a promising solution is that we, humans, can think about the future. We can live for tomorrow. In fact, in the old days, we challenged to make our dreams come true. And "Emotion" played an important role for motivating us to this challenge. We, human, are different from person to person. Thus their ways of feeling are very much diverse.

This paper points out that the current Industrial Society is coming to its end. So, we must start to design and develop the next society. The Industrial Society has created many problems, such as decreasing labor force, excessive consumption of energy. Although population is

*本講演は KEER 2024 を展開したため、その原稿をここに掲載する。

increasing in the developing countries, it is quickly decreasing due to decreasing childbirth in the developed countries. Therefore, the developed countries cannot sustain industry due to the lack of labor force. In the developing countries, there are enough number of labor force, these people lack literacy, so they cannot run the system. More important issue is excessive consumption of energy. We are running out of energy source.

Therefore, we need to design and develop a next world in a completely different framework. This paper discusses how we can design and develop such a new society for the next generation and proposes an approach to achieve this goal.

2. WHAT CHARACTERIZES HUMANS

we can think about the future. Animals live for now. They do their best to adapt to the current environment and situation. So, when they change, many animal species die out. But we look for emotional satisfaction, so we grow emotionally. Thus many human species survive. In short, we keep on with evolution.

We, humans, live for tomorrow. As Abraham Maslow pointed out (Maslow, 1943) we, humans, try to satisfy our material needs, such as food and housing, for today just as animals do, but with time, we come to pursue mental satisfaction. i.e., emotion and finally we make our maximum efforts to satisfy our emotions. And we are different from person to person. Our body builds and the way of feeling vary individually. Yes. That is "Selfactualization". We would like to establish the world of "Self" (Fig. 2). Interestingly enough, the title of his paper in which he proposed this idea is "A Theory of Human Motivation". It truly indicates how emotion and motivation are closely related.

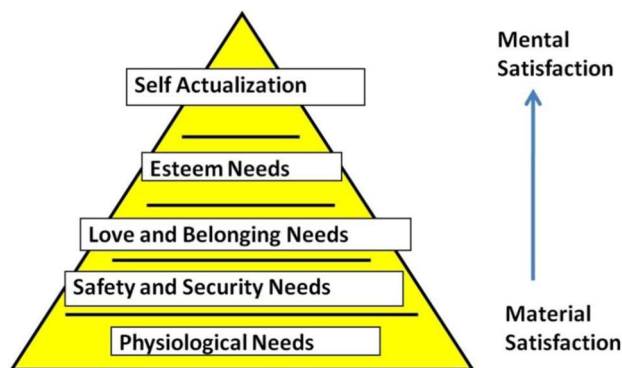


Figure 2. Maslow's human needs

As we pay our efforts to establish the world of "Self", the human species increase diversity. Therefore, even the outside world changes, and many animal species die out, many human species survive.

About 40 years later after Maslow, Edward Deci and Richard Ryan proposed "Self Determination Theory" (Deci and Ryan, 1985), in which they clarified that we get the maximum happiness and the feeling of achievement, when we do the job internally motivated and self-determined, and no external award can provide this level of happiness and the feeling of achievement.

Thus, the current Industrial Society certainly satisfies our material needs, but it cannot satisfy our mental needs. We are not emotionally happy in the current Industrial Society.

Deci and Ryan clarified another important point. Self-Determination is deeply associated with "Growth".

This brings us to realize that Maslow's human needs meant that humans would not be able to adapt to changes in the outside world if they continue to respond like animals. Thus, this leads us from satisfaction of material needs to spiritual growth.

3. PERCEPTION-MOTIVATION-DECISION MAKING-ACTION-EMOTION (PMDAE) CYCLE

Fig. 3 shows how we pursue emotional satisfaction.

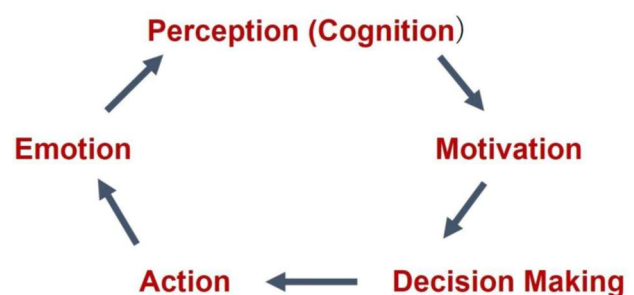


Figure 3. Perception-Motivation=Decision Making-Action-Emotion (PMDAE) Cycle

4. EMOTION AND MOTIVATION

We should remember that "Emotion" and "Motivation" come from the same Latin "Movere". And emotion means "e=ex+motion". Thus, emotion literally means to "move

out". In short, it means that we go out into the outside world to establish our own world.

Up to now, we have been considering emotion on a personal basis. The emergence of "Social Emotion" changed the scene. But still we see emotion as an outcome. However, if we consider its Latin origin, we realize that emotion motivates us to take action.

So what tools do we have? We are currently in an age of rapid changes and it is impossible to predict what will happen next. Until now, changes were smooth, so we could differentiate them and predict the future. However, now changes are so sharp that we cannot predict anymore.

So what do we do? Babies teach us. Babies learn to crawl, walk, and even speak without being taught by anyone. Babies are making the most of their innate talents. That's right. They are making the most of their instincts and becoming independent. Jean Piaget clarified this process (Piaget).

5. EMOTION AND DECISION MAKING

Thus, emotion is deeply associated with decision making. When we think of decision making, we often think of knowledge. In fact, the term "intelligent person" is used to mean someone who has the ability to make good decision and intelligence is associated with the amount of knowledge. However, knowledge is a structure of each individual's own experiences and varies greatly from person to person.

In times of great change, what is important is not knowledge but wisdom. Wisdom is how the body responds when it comes into direct contact with the outside world Fig. 4 compares humans and octopuses. Humans rely on knowledge. Knowledge is processed by brain. So, human intelligence is brain intelligence.

Octopuses, on the other hand, have large heads. But their brains are small and their capabilities are those of dogs. But octopuses directly interact with the outside world with their bodies, making the most of their eight arms. Thus, they are known as expert of escape. They can even escape from the screwed container. What we need now is wisdom. In short, it is body intelligence.

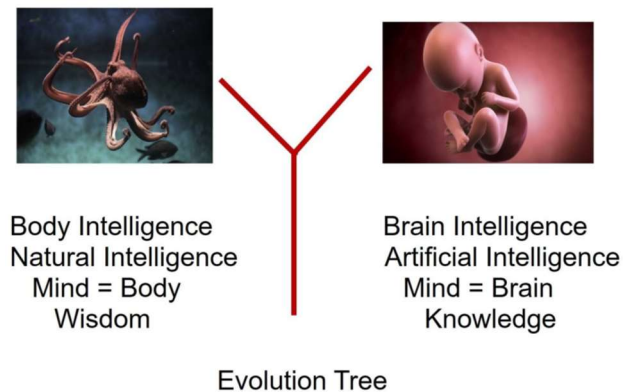


Figure 4. Human and octopus

6. EMOTION AND SOCIETY

Until now, we have perceived emotion passively. However, if we consider its Latin origin, it is easy to see that emotion means to move out, and rather it encourages positive decision-making as described above. Thus, "Emotion" started to be regarded in the broader perspective, i.e., "Society".

Up until now, computer processing has only paid attention to solving problems, i.e., how to solve them. However, for example, in business, the top priority is the strategy, that is, what to do. The goal, or its purpose, is important.

"Social Emotion" is rapidly gaining attention due to the recognition that it is important to consider emotion from a societal perspective in light of the drastic change in society and the rapid expansion of our living space.

The word "Society" also comes from the Latin which means "comrade, friend". In other words, it means to make friends. So, we have to consider how we can design and develop a society which increases friend-making opportunities.

When we hear the word "Society", the words "Culture" and "Civilization" come up. Interestingly enough, wherever we look at in the world, the seeds of a new culture are born in the first 20 years of each century, and then, they develop by about the middle of that century. Then they go on to create a civilization that will shape the culture of the next century.

Therefore, now is the time to create a new society, i.e., we should create a new "Culture" which will be changed to "Civilization" in the 22nd century. "Emotion" plays a key role in driving such changes.

7. WHAT BABIES TEACH US

Then, how can we create such a new world of emotion? The world is changing rapidly. Tomorrow is becoming more and more unpredictable. But babies survive and grow in such environment and situation. The environments and situations vary from baby to baby. But they directly interact with their outside worlds and learn to crawl, walk and speak!

Jean Piaget (Piaget) made it clear that we learn how to cope with our outside world when we are babies. What they have nothing other than their "Instinct". They have an inborn capability, i.e., "Instinct" to grow in the unexperienced world. But they apply "Instinct" by trial and error. If we can develop an instinct support tool. We can develop "Social Emotion" in more effective way.

8. WHAT BABIES TEACH US (MDP)

APPROACH to SUPPORT INSTINCT

MDP is developed. To understand it easily, let us take swimming as an example (Fig. 5).

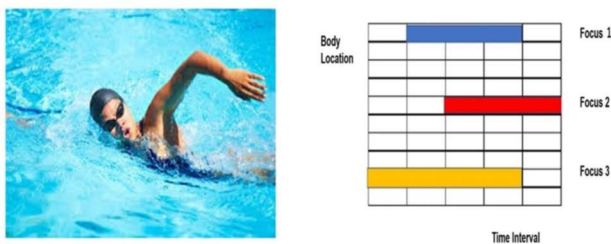


Figure 5. MDP approach

Mahalanobis Distance was developed to remove outliers in design of experiment [4], but if note that it is ordinal scale, we can prioritize our decisions. In the widely and rapidly changing world, we need to prioritize our strategy.

In swimming, water changes continuously. So, we cannot apply mathematical approaches. This is the same situation as in the outside world now. But if we put wearable sensors on the swimmer, we can produce such a table in Fig.5. Each row corresponds to each muscle at its location. And if calculate MD between time T1 and T2, we can obtain distance and divided this distance by this time span, we can get speed. And acceleration is obtained by dividing it again by this time span. Thus, this table shows the total movement of the swimmer's muscle. If MD is decreasing, it means that that muscle is moving in the

desired way. If increasing, then we need to change its way of movement. Thus, we can improve our movement.

Pattern in this MDP approach is related to Fourier Transform (FT). When we observe in time spec, we cannot identify its characteristics. But if we shift to frequency domain. we can identify its characteristics. In fact, we succeeded in detecting emotion from face by introducing cartoon face model [5]. Even from a static cartoon image, we can identify the emotion of a character in a cartoon. Thus, by introducing FT, we can identify the characteristics of the movement in swimming. Thus, we can self-learn how to swim.

This approach is, therefore, applicable to a wide areas. Not only sports, but business, etc. In fact, medical diagnosis is carried out based on flows. Blood flow, heart beat, etc. It may be described that we are making decision based on body emotion.

9. SUMMARY

Let me summarize by quoting Mark Twain: 20 years from now you will be more disappointed by the things you didn't do than by ones you did do. So throw off the bowlines. Sail away from the safe harbor. Catch the trade winds in your sails. Explore. Dream. Discover.

Let us explore, Dream and Discover the new world of "Social Emotion"

REFERENCES

- [1] DECI, E. LAND RYAN. R. M.: INTRINSIC MOTIVATION AND SELF-DETERMINATION IN HUMAN BEHAVIOR, BERLIN, SPRINGER SCIENCE & BUSINESS MEDIA , (1985).
- [2] MAHALANOBIS, P. C.: [HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MAHALANOBI S_DISTANCE](https://en.wikipedia.org/wiki/Mahalanobis_distance).
- [3] Maslow, A. H. (1943): "A theory of human motivation". Psychological Review, 50 (4): 370–396.
- [4] Piaget, J. W. F. https://en.wikipedia.org/wiki/Jean_Piaget.

対話型 AI を搭載した小型ロボットとの会話失敗時の修復に みられる人の身体動作の特徴分析

Analysis of Human Body Movements Observed During the Repair of Conversation Failures in Small Robots Equipped with Conversational AI

田中 杏樹¹ 駒崎 俊剛¹

Tanaka Anjyu¹, Toshitake Komazaki¹

¹ 東京医療保健大学

¹Tokyo Health Care University

Abstract: This study analyzes the characteristics of human body movements during the repair of conversation failures in small robots equipped with conversational AI, focusing on speech content, gaze, facial orientation, and upper body posture.

1 はじめに

本稿では、タスクが明確に定まっていない対話機能を持ったロボットの会話中の失敗に対して、人どのように会話の修復に関与しているのか、また、会話の修復プロセスでどのような身体動作が見られるのか、これらを検討する。

2 関連研究

2.1 ロボットの失敗と受容度

医療や介護などの分野で対話機能を持つロボットを導入する際、より利用者に受け入れてもらうにはどのようなことを検討すればよいのだろうか。

まず、野村 (2009) は、人間にはロボットとの会話のような新規のコミュニケーション技術に対して過度に肯定的もしくは否定的な態度を持つ傾向があると指摘している[1]。

次に、ロボットと人の会話において人間の受容度を高めるには、グレイスによる「会話の4つの格率」[2]にそのような会話ができることが重要である。例えば、駅での案内ロボットと人との会話の場面を想定する。ロボットが切符の買い方の案内を開始し、その途中でユーザーが別の説明項目を指示しても、ロボットが現在読み上げている内容が終わらない限り、次の説明に移らなかったとする。これは、聞き手である人からすれば、必要以上の情報量を伝えようとしているにみえる。この場合は、会話の格率の「量」の格率から外れることになる。そして、ロボットが「失敗」しているとユーザーは捉え、その結

果、受容度が低くなるかもしれない。しかし、会話の格率から外れることもあるロボットの発話が、受容度を高める可能性も指摘されている。

谷郷ら(2016)は、商品紹介を担当するロボットがスライドの送り間違えや言葉の詰まりなどの不完全な振る舞いをした場合、完璧な振る舞いをするロボットよりも、「人間らしさ」や「親しみやすさ」の評価が高くなること述べている[3]。また、大谷 (2021) は、ロボットが砕けた話し方で商品説明する際、「親しみやすさ」については失敗頻度との間に有意な関連は認められなかったが、失敗がない場合と比較して、1 分間に 1 回失敗する場合の方がユーモアを感じさせる。また、ロボットに否定的な態度を持つ人はロボットの失敗行動によって親しみやすさの向上を図りやすいことを示唆した[4]。加えて、高橋 (2023) によれば、製品紹介ロボットが失敗することにより、製品紹介前に製品への興味が低い人たちは製品への興味が向上することが明らかになった[5]。これらの研究では、タスクが明確である商品説明という制度的会話時に利用されるロボットにおいては、会話中に意図的に失敗を組み込むことにより、ロボットの受容度を高め、説明している内容への興味を高める可能性を示唆している。

2.2 ロボットの発話に対する「修正」

前項では、タスクが明確である制度的会話時におけるロボットの発話の失敗が、人のロボットに対する受容度を高める可能性があることについて述べた。

これに対して、商品説明と比べて相対的にタスクが明確ではない雑談での失敗は、ロボットの受容度へ

どのような影響を与えるのだろうか。そこで、雑談中に発話を失敗するロボットを用いて、この失敗に対して、人がどのような発話や身体動作で応じているのか、ここに焦点をあてる。

本実験で用いたロボットは、次の機能を持っている。それは、(1)音声合成による発話機能、(2)発話に連動して形が変わる「口」を表示させる機能、(3)音声認識機能というものである[6]。一般的に人同士の会話であれば、音声情報以外にも、視線や身振り、他にも身体全体・局所の動き、お互いの立ち位置などを利用することができる。しかし、このような身体行為に伴う情報は、今回用いたロボットでは、先に示した機能の制約上利用することができない。一方、人はロボットの発話に対して、音声に加えて視線や身振りなどを利用できる。

このような状況下で、Schegloff ら[7]が示した修復の4つのタイプうちどのような修復の仕方が見られるのか、そのプロセスにおいて人はどのような身体動作を示すのか、検討する。

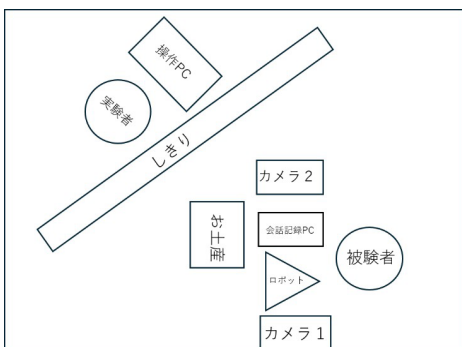
3 目的

本稿では、ロボットと人との相互行為において利用できる資源に制約のある状況下で、ロボットの発話を修復する際に見られる人の身体動作の特徴を検討する。

4 方法

4.1 実験機材

被験者と実施者の間にはしきりを置き、被験者の両端にはロボットとの会話時の様子を撮影するカメラを配置した。利用したロボットは、M 5Stack[6]とこれに連携するノート PC である。M 5Stack は、ディスプレイに「口」の動きを表示、マイクやスピーカー、そして対話型 AI との通信を担う。ノート PC は、音声解析「VOSK」、音声合成「voicevox_engine」を担う。これらの機材と LLM との連携は、アールティ社の設定手順に従い設定した。



4.2 実験手順

被験者は、20 歳代の大学生であり、研究内容を説明し、実験参加の同意を得た 5 名である。まず、被験者には、ロボットとの会話の前に、野村[8]と大谷ら[4]の評価尺度を用いた事前質問紙によりロボットの受容度を測定した。その後、被験者は 4.1 で示したロボットと 15 程度の会話をする。会話の途中でロボット側の発話に失敗としての言い間違いを生じさせる。会話終了後、事前質問紙と同じ項目の事後質問紙によりロボットに対する受容度を測定した。最後に、被験者はロボットとの会話風景を撮影した動画を見ながら、テンショングラフを記入した。このテンショングラフを見ながら、被験者に対して筆者はインタビューを行った。

なお、本研究の実施にあたり東京医療保健大学ヒトに関する研究倫理委員会の承認を得ている。(承認番号: S24-02B)

5 結果と考察

実験は、2024 年 12 月から 1 月にかけて 5 人が実験に参加した。それぞれの実験時間は、同意取得・インタビューも含めて各回 40 分前後であった。本稿では、このうち 2 回の会話を検討する。抜粋では会話に加えて身体動作も記述するために、トランスクリプト記号は坂井田ら[9]の記法を参考にした。

5.1 被験者 1 (C さん) の身体動作

抜粋 1 での 01 行目の発話の前にロボットが、ロボットの名前を発話している。その後、01 行目でロボットから「あなたは」と質問されている。ただし、「あなたの名前は」のように明確に問われていないため C がすぐに答えられず 3 秒の無音区間がある。03 行目で、C の名前を答える。その後、ロボットから応答がないため 05 行目と 06 行目でロボットから視線を外す、向ける、を繰り返している。07 行目の最後で首を傾げる。08 行目でロボットが C の名前の 1 文字目「し」を発話し終わる直前にロボットへ視線を向ける。C の名前の 2 文字を間違えて発話している。ここで、ロボットが発話を失敗して、トラブル源となった。C はロボットの間違いに気が付いているが、ロボットが 3 文字目の発話を終了するまで、ロボットへ視線を向けている。ロボットが発話を終了すると視線を外すが、すぐに視線を向ける。13 行目でロボットはもう一度「した」と発話する。C はロボットを見ているが、訂正をせずに待っている。まだ修復されていないので、C は 16 行目でロボットの発話を訂正している。その後、ロボットは 18 行目で「しゅうた」と発話し、直後に C は訂正が適切で

あることをうなずきながら 20 行目で発語している。ここで修復が終わったと考えられる。

この抜粋の中で、ロボットにより自己修復・他者開始のタイプの修復が見られる。また、このプロセスで見られるロボットへ適切に情報が伝わっていないこと示す人の身体動作として、(1)視線を外す動作(08 行目)、(2)動作がない長い無音部分(09 行目、15 行目)が挙げられる。これらの動作をロボットが検出できれば、修復の手掛かりになると考えられる。同様に訂正が終わったことの動作として「うなずく」ことが、検出できれば「そう」という C の発語とあわせて、修復の終了の手掛かりになると考えられる。

抜粋 1

会話開始から 41 秒後

(.) は 0.2 秒以下の短い無音区間、() 内は無音時間の秒数、R はロボットの発話、C は被験者の発話

c は被験者の発話以外の身体動作を示す

「+」は被験者の身体動作の開始点

「->」は同一の身体動作の継続を示す

- 01 R: あなたは?
c: +ロボットを見つめる
- 02 (2.5)
- 03 C: じぶんは かわさきしゅうた
- 04 (3)
- 05 c: +視線を外す (1) +視線を向ける
- 06 c: (1.5) +視線を R から外す (0.5) +視線を R へ向ける
- 07 c: (1.6) +視線を R 外す (0.4) +首傾げる
- 08 R: し(.) い(.) た?
c: +視線を R へ向ける----->
- 09 (3)
- 10 c: +視線を R から外す----->
- 11 (0.5)
- 12 c: +視線を R へ向ける
- 13 R: し (1) い (1.5) た?
c: +視線を R へ向ける----->
- 15 (4)
- 16 C: しゅうた(.) しゅうた(.) だよ
- 17 (4)
- 18 R: しゅうた
- 19 (0.6)
- 20 C: そうしゅうた
c: +うなずく

5.2 被験者 2 (D さん) の身体動作

抜粋 2 でも抜粋 1 と同様に 01 行目の発話の前にロボットが、ロボットの名前を発話している。その後、01 行目でロボットから「あなたは」と質問され

ている。ただし、「あなたの名前は」のように明確に聞かれていない。そのため、03 行目で、D は「あなたは」とだけ発語し、何を答えれば良いのかが分からず、言い終わる直前に笑っている。ここでの D の発語が一番目のトラブル源となっていると考えられる。その後、D は 05 行目で 01 行目のロボットに質問に対して名前を答えるべきか、確認し、修復を開始している。これに対して、06 行目でロボットは、「うーん」としか答えず、D は、名前を答えれば良いのか判断できかねている。続いて、D は 10 行目で名前を答える。12 行目では指の動きを使って漢字を示している。

14 行目では、ロボットが D の名前を発話している。ここで名前を答えるということにはおいては、修復が終了したと考えられる。

しかし、ロボットの一語目の発語は名前の一部を間違っている。ここが二番目のトラブル源になっていると考えられる。16 行目で D がロボットの発語を訂正し、ロボットが 18 行目で正しい名前を発話する。

この抜粋の中では、03 行目から始まる人 (D) がトラブル源になったケースでは、人による自己修復・自己開始のタイプの修復が見られる。14 行目から始まるロボットがトラブル源になったケースでは、ロボットによる自己修復・他者開始のタイプの修復が見られる。

この一連のプロセスで、C と異なり D は終始ロボットへ視線を向けている。そのため 5.1 のように視線を外す動作の検出によるトラブルの発生の手掛かりを得ることができない。

抜粋 2

会話開始から 1 分 38 秒後

(.) は 0.2 秒以下の短い無音区間、() 内は無音時間の秒数、R はロボットの発話、D は被験者の発話

d は被験者の発話以外の身体動作を示す

「+」は被験者の身体動作の開始点

「->」は同一の身体動作の継続を示す

- 01 R: あなたは
- 02 (0.5)
- 03 D: あなたは
d: +視線を R へ向ける
d: +笑う
- 04 (0.5)
- 05 D: スタックちゃんが名前だとしたら 僕も名前を答えた方がよくて
d: +視線を R へ向ける----->
----->
d: +笑う

- 06 R: うーん
07 (1)
08 D: あ うん うん 了解
d: +笑う----->
d: +視線を R へ向ける---->
09 (0.5)
10 D: えっと おおにしたつやっていいます
d: +笑う----->
d: +視線を R へ向ける----->
11 (1.2)
12 D: 大きいっていう字に 東西南北の西 達成するの
たつに
d: +机に指で字を書くふりをする->+視線を R へ向
ける---->
D: よく漢文で出てくる也で 大西達也って言います
d: +視線を R へ向ける----->+視線
を R から外す
13 (0.3)
14 R: たくや (.) たつや
d: +視線を R へ向ける
15 (.)
16 D: たくやじゃない (.) たつやですね
d: +視線を R へ向ける----->
d: +笑う
17 (4)
18 R: たつや
19 (.)
20 D: うん (.) そうそうそう
d: +視線を R へ向ける->

6 総合考察と今後の課題

ロボットとの会話においても、5.1 のように修復のプロセスで訂正が終了したことを示す手掛かりとなる身体動作（「うなずく、視線を向けなおす」）が見られた。他方、5.2 のように「笑う」という動作が継続的に見られて、それが訂正を終了したものなのか判断しにくい身体動作がみられた。

また、今回用いたロボットには、人の表情や視線、それ以外の身体動作などを検出する仕組みがない。そのため文字情報でしか聞き手の理解を確かめるべきがない。

今後の課題として、ロボットの機能面では、以下の点が挙げられる。(1)ロボットに発話内容に応じた表情を表現する機能を加える。また、機体の向きを変えられるにする、(2)人の表情や身体動作を認識する機能をロボットに加える。また、認識した身体動作をテキスト情報として LLM へ渡し、会話の訂正の手掛かりにする。

次に、会話の場面では、商品説明場面以外の制度的な会話（例えば、問診場面や就職試験の面接など）場面での検討を行いたい。

謝辞

本研究を進めるにあって実験にご協力いただいた友人の皆さんに感謝申し上げます。また、本研究会でコメントをいただいた皆様にも感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 野村竜也: ロボットの社会的受容に関する要因の探索: ユーザ研究の視点から, 情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, (2009)
- [2] P.グレイス. 清塚邦彦, 飯田隆 (訳): 論理と会話, 勁草書房, (1998/2020)
- [3] 谷郷力丸, 高橋卓見, 廣田敦士, 早川博章, 岡夏樹, 西崎友規子: 失敗を演出したロボットはヒトと円滑な関係を築くか, 情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, (2016)
- [4] 大谷空遊希, 麻生智史, 勝川慶一, 西崎友規子: ロボットの失敗頻度が親しみやすさに及ぼす影響, 情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, (2021)
- [5] 高橋嘉一, 上村洋介, 古田真将, 尹鴻飛, 前野彩実, 西崎友規子: ロボットのミスは製品紹介に有効か: 製品に対する興味の個人差による検討, 情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, (2023)
- [6] アールティ: ChatGPT と連携して喋ってもらった - スタックチャン アールティ ver. 組立キットブログ Part.5, (2024)
- [7] Schegloff, E. A., Jefferson, G. and Sacks, H.: The preference for self-correction in the organization of repair in conversation, *Language*, Vol. 53, No. 2, pp. 361-382.(1977).
- [8] 野村竜也: Human-Agent Interaction (HAI) における人の主観評価, *人工知能*, Vol. 31, No. 2, pp. 224-229, (2016)
- [9] 坂井田瑠衣, 榎本美香, 伝康晴, 坊農真弓: フィールドに依存した身体相互行為の組織化過程—歯科診療における「修正」のやりとり—, *人工知能学会研究会資料*, SIG-SLUD-B503-04, pp.17-22. (2016).

ヒップホップダンスにおけるボックスステップの 身体知獲得支援アプリケーションの開発

Development of an application to support the acquisition
of body knowledge of the box step in hip-hop dance

頼定優花¹ 和多田雅哉^{1,2} 高橋玄宇²
高橋うらら² 椿原徹也² 山田盛朗²

Yuka Yorisada¹, Masaya Watada^{1,2}, Genu Takahashi²
Urara Takahashi², Tetsuya Tsubakihara², Moriro Yamada²

¹ 東京都市大学大学院総合理工学研究科

Graduate School of Integrative Science and Engineering, Tokyo City University

² 東京都市大学

Tokyo City University

Abstract: In Japan, the percentage of both men and women who have an exercise habit is stagnant at about 25%. To solve this problem, we aim to develop an application to support the acquisition of physical knowledge of dance steps. In this study, we used the skeletal structure, center of gravity, and sensation as three evaluation indices, and based on these indices, we studied the specifications of the application.

1 緒言

日本における危険因子に起因する死因第3位は運動不足であり、生活習慣病や精神疾患を招く[1]。厚生労働省は健康寿命延伸のための運動習慣づけを推奨しているが、運動習慣のある者は男女共に25%程度と低迷している。運動をしない理由として苦手・人に見られたくない・怪我の恐れなどが挙げられている[2]。しかし、これらは運動におけるコツや勘を指す身体知を身につけることにより、解決が可能になる。以上より、他者への伝達が困難とされている身体知を、伝達が容易とされている形式知にすることで、他者へ正しいフォームや高度な技術を伝達する、身体知獲得支援アプリケーションの開発を目指す。

適度な運動により健康の促進が可能であるが、運動中に怪我をしては本末転倒である。怪我を防止するには、正しいフォームを効率的に他者へ伝達する必要がある。しかし、正しいフォームは身体知に基づいているが故に、効率的に他者へ伝達出来ない現状がある。効率的に伝達するために、身体知を形式知化することで解決が可能になると考えた。身体知は可視化出来ない存在であるため、身体知の形式知化の成否および身体知獲得の能否が判断出来ない。

よって、骨格・重心および感覚を数値化・言語化することで可視化を図る。以上より、本研究では被験者が対象動作を行った際の骨格・重心および感覚を分析し、身体知獲得支援アプリケーション開発を行った。本稿では、開発するアプリケーション、対象動作、評価指標、実験方法、アプリケーション実装、アプリケーション評価について述べる。

2 身体知と形式知

身体知とは、コツや勘などの言葉では表現し難い身体の動作、もしくは長年の経験で培った感覚に基づく知識を指す。現段階で解明されていない部分が多く存在していることから、暗黙知とも呼ばれる。また、人工知能領域、スポーツ科学領域において、身体知は「感覚・運動系、脳神経系、筋骨格系を総動員した訓練によって、身体が覚えた高度な技やコツ」と定義されている[3]。身体知と対義的な知識に形式知があり、客観的かつ定量的であるため、言語知とも呼ばれる。そこで、本研究の目標は身体知を形式知化することである。本研究における身体知も上記の定義とする。

身体知を獲得する過程は3つの段階に分類することが出来る[4]。図1に運動学習の過程を示す。

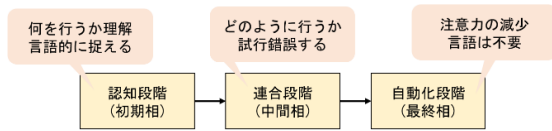


図1 運動学習の過程

図1より、はじめの認知段階(初期相)は、どのような動作をするべきなのか、言語的に捉える段階である。次の連合段階(中間相)は、どのように行うか、自身の身体を動かしながら試行錯誤する段階である。最後の自動化段階(最終相)は、認知段階における言語は不要となり、無意識に動作を行うことが出来る段階であり、身体知を獲得したと言える段階である。なお、各段階は連続的であり、明確な境界は見られない。

3 開発するアプリケーション

本研究では、身体知と呼ばれるコツや勘の獲得を支援することにより、怪我をさせずに技術を向上させるアプリケーションの開発を目指す。図2に身体知獲得支援アプリケーションの完成イメージを示す。

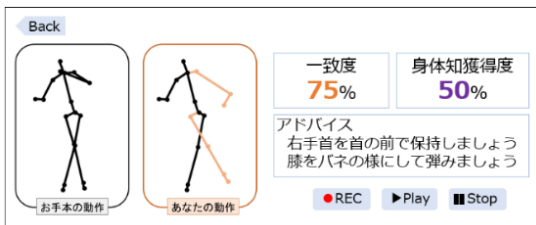


図2 身体知獲得支援アプリケーションの完成イメージ

図2より、お手本動作とアプリケーション利用者の動作を同時に表示する。また、アプリケーション利用者の動作においてお手本動作と異なる箇所のみ色を変えて表示する。お手本動作はプロダンサー2名の動作を選択可能な仕様にする。一致度および身体知獲得度の算出方法については7章3節および4節で述べる。

4 対象動作

本研究では、ボックスステップを選定した。ボックスステップとは、ヒップホップダンスにおける基礎のステップの一つである。図3にボックスステップの図解を示す。

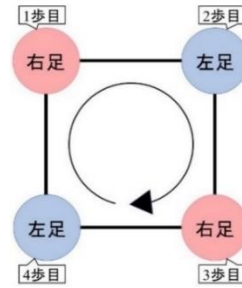


図3 ボックスステップの図解(時計回りの場合)

また、ボックスステップの要点を下記に示す。

- ①正方形を描くように足踏みをする
- ②足の軌道を最短距離にする
- ③ステップを踏む方向に重心を乗せる
- ④アップ・ダウンの基礎を同時に行う
ステップを踏むと同時に
 - ④-1 首を前に出す
 - ④-2 膝を軽く屈伸する
 - ④-3 胸を入れる
 - ④-4 腕を曲げる
 - ④-5 上記に緩急をつける

図3より、ボックスステップはリズムに合わせて四角形を描くように足踏みをすることが特徴である。要点において、身体知を強制的に言語化しているため、曖昧な表現が存在する。ボックスステップの技術の向上には、アップ・ダウンや腕の動き、胸や首のアイソレーションなど複数の動作を同時に行うコーディネーション能力を要する。アップ・ダウンとは、一定のリズムで膝を屈伸する、ダンスにおける最も基礎的なリズム取りを指す。

5 計測機器および評価指標

5.1 骨格・重心

表1に骨格・重心の計測機器と評価指標を示す。

表1 骨格・重心の計測機器と評価指標

	骨格	重心
計測機器	Azure Kinect DK	重心動揺計
座標	足の位置, 軌道[mm]	ステップ毎の重心位置[mm]
	各関節の屈曲角度 [deg]	
加速度	各関節動作の緩急 [mm/s ²]	重心の緩急 [mm/s ²]

表 1 より，骨格の計測に Kinect を，重心の計測に金属板とロードセルを用いて作製した重心動揺計を使用した。

5.2 感覚

感覚は，6 章で述べる自由記述式の事後アンケートで収集した言語データをテキストマイニングなどにより評価することで形式知化を図る。

6 アプリケーション開発のための実験方法

アプリケーションの開発にあたり，初心者から上級者における基礎力・運動経験・ボックスステップ動作時の骨格・重心および感覚のデータを収集し，それぞれの傾向を見出す必要がある。本研究ではダンス未経験者 3 名(A~C)，経験者 8 名(D~K)，プロダンサー 2 名(L・M)の計 13 名のデータを収集した。また，プロ L・経験者 D，プロ M・未経験者 C の 2 組は同時に実験を実施した。図 4 に実験手順および所要時間の目安，図 5 に 2 組のボックスステップ計測フローを示す。

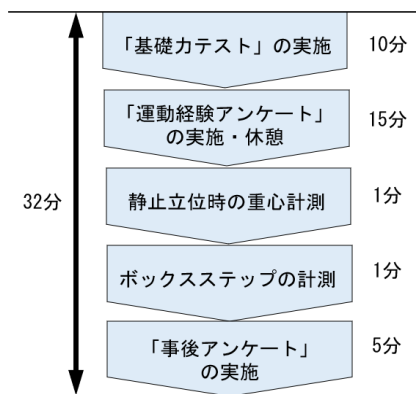


図 4 実験手順および所要時間の目安

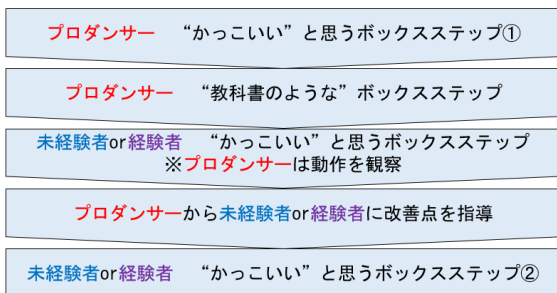


図 5 2 組のボックスステップ計測フロー

図 4 の事後アンケートについて，被験者がステップを行った際の感覚などを問う自由記述式のアンケートを行った。表 2 に事後アンケートの設問内容を示す。

表 2 事後アンケートの設問内容

未経験者 経験者	プロ
ボックスステップを行った際の意識した点	
ボックスステップを行った際の感想	
/	未経験者へのボックスステップの教え方
	経験者へのボックスステップの教え方
	上手だと思うボックスステップの特徴

7 アプリケーション実装

本アプリケーションの開発にはユニティ・テクノロジー社が開発・提供している Unity を用いた。また，スクリプト言語は C# である。図 6 に開発したアプリケーションの画面を示す。

Embodied Knowledge Score: 37.61%
Accuracy: 21.48%
Sharpness: 48.68%
Consistency: 61.32%
Rhythm Stability: 0.00%



図 6 開発したアプリケーションの画面

各機能の実装について 7 章 1 節～5 節に述べる。

7.1 機能① 動作表示

本機能では、画面上にお手本動作と利用者の動作を骨格モデルで同時に表示することで、利用者がお手本動作と自身の動作を見比べて、改善を目指すよう誘導することを目的としている。お手本動作について、従来はプロ2名の動作を基に1つの動作モデルを作製することを検討していた。しかし、プロ2名のメインジャンルがそれぞれ異なるため、ボックスステップのシルエットに大きな差が見られた。そこで、プロM・Lそれぞれの通常のステップ・教科書のようなステップの計4通りの動作から目標の動作をアプリケーション利用者が選択可能な仕様とした。

7.2 機能② 動作色分け

本機能では、利用者の動作のうちお手本と異なる動作をしている部位を別の色で表示することで、機能①よりも改善点を明確にすることを目的としている。

7.3 機能③-1 動作一致度の算出

本機能では、お手本動作と利用者の動作の一致度を画面上に表示することで、利用者がどの程度お手本動作に近づけているかを定量的に知ることが出来、モチベーションの向上に繋がることを期待している。

7.4 機能③-2 身体知獲得度の算出

本機能では、本研究独自の手法で身体知獲得度を算出することで、これまで定量化が困難であった身体知の形式知化を目指す。また、アプリケーションの画面上に表示することで、利用者自身が効率的に技術を習得すること、モチベーション向上に繋がることを期待している。

7.4.1 Sharpness : 動作の緩急

奈良女子大学の牧田らの研究において、表現動作における動作の緩急が鑑賞者の印象形成に影響を与えるということが示されている[5]。よって、動作の緩急が身体知獲得度を構成する要素として相応しいと考えた。本要素で評価対象となる関節は、ボックスステップの要点より、緩急をつけるべき関節として股関節・右手・左足を選出した。また、動作の緩急を関節の加速度平均と最大加速度を足した値と定義した。

7.4.2 Consistency : 動作の一貫性

身体知の獲得過程における連合段階では、動作をどのように行うか試行錯誤する。すなわち、身体知を獲得出来ていない段階では、動作を試行するたびにばらつきが生じると考え、動作の一貫性が身体知獲得度を構成する要素として相応しいと考えた。そこで、ボックスステップ時の骨盤の円運動のばらつきから周回毎の動作の安定性を評価する仕様とし、動作の一貫性を骨盤の円運動の標準偏差の平均と定義した。

動作の一貫性の算出式を式1~4に示す。

(c : 骨盤の円運動の中心, r=平均半径)

$$c = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \right) \quad (1)$$

$$r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|p_i - c\| \quad (2)$$

$$\text{Mean Deviation} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \| \|p_i - c\| - r \| \quad (3)$$

$$\text{Consistency} = \frac{100}{1 + \text{Mean Deviation}} \quad (4)$$

7.4.3 Rhythm Stability リズムの安定性

電気通信大学の上原らの研究において、ダンスのような音楽を伴う身体表現における音楽と身体運動の同期性は演技の印象に大きな影響を与えると述べられている[6]。よって、リズムの安定性が身体知獲得度を構成する要素として相応しいと考えた。本要素の評価対象となる関節として、ボックスステップはリズムに合わせて足踏みをすることから、右足・左足を選出した。また、リズムの安定性をタイミングのズレの逆数と定義した。

リズムの安定性の算出式を式5~7に示す。

$$\text{Foot Movement Distance} = |\text{Next Position} - \text{Current Position}| \quad (5)$$

Foot Movement Distance < 0.05
 となるタイミングを静止タイミングと定義

$$\text{Timing Deviation} = |\text{Stationary Timing mod Metronome Cycle}| \quad (6)$$

$$\text{Rhythm Stability Score} = \frac{100}{1 + \sigma_{\text{Timing Deviation}}} \quad (7)$$

7.5 機能④ アドバイス

本機能では、身体知獲得度向上のためのアドバイスを利用者に提供することで、怪我やスランプの発生を防止しながら効率的な技術習得を促すことを目的としている。昨今のダンス習得支援アプリケーションにおいては、動作改善のためのアドバイスを提供しているものも存在するが、利用者の習熟度に依存しないアドバイスを提供するのが散見される。実際のダンス指導現場においては、初心者と上級者それぞれに別の指導を行っているため、本アプリケーションにおいても習熟度に合ったアドバイスを提供する必要があると考えた。ワードクラウドを用いて意識した点の分析を行った際、ダンス初心者は具体的な言葉、上級者は抽象的な言葉を用いる傾向があった。そこで、7章4節で述べた身体知獲得度の値からアプリケーション利用者の習熟度を判定し、習熟度に合ったアドバイスを提供する仕組みを作成した。

この時、各要素(一致度・緩急・一貫性・リズムの安定性)が理想値から閾値以上に離れている場合にアドバイスを生成する。生成するアドバイスは、身体知獲得度が50%を超える場合は上級者向け、50%未満の場合は初心者向けのアドバイスを表示するといった仕組みである。

8 アプリケーションの評価

表3に各機能の有用性と課題を示す。

表3 各機能の有用性と課題

機能	有用性	課題
①	<ul style="list-style-type: none"> ◆視覚的理解向上 ◆動作改善精度向上 	<ul style="list-style-type: none"> ◆手-腰が繋がって描画されてしまう ◆お手本動作に関節球が表示されない ◆動作間隔が遠い
②	<ul style="list-style-type: none"> ◆改善を要する部位を直感的に理解可能 	<ul style="list-style-type: none"> ◆お手本動作の色が変化してしまう ◆立ち位置正規化が未適用
③-1	<ul style="list-style-type: none"> ◆一致度の定量化が可能 ◆動作改善の進捗を信頼性の高い指標で提示可能 	
③-2	<ul style="list-style-type: none"> ◆ダンス歴との相関あり ◆身体知の形式知化に近づいた可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ◆動作の一貫性・リズムの安定性の値が推移しない ◆被験者数不足により評価の信ぴょう性に欠ける
④	<ul style="list-style-type: none"> ◆動作データに基づいたアドバイスを提供可能 ◆利用者の習熟度に合ったアドバイス提供が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ◆コンソールに表示される ◆各要素距離の閾値設定が未完了 ◆アドバイスのバリエーション不足

表3より、機能③-2の身体知獲得度について、動作の一貫性とリズムの安定性の値が推移しないという問題が発生しており、修正が困難な状況となっている。しかし、利用者の動作データによって動作の一貫性とリズムの安定性の値が異なっているため、値そのものは正しく算出されていると判断した。

被験者のデータにより算出された身体知獲得度とダンス歴の相関を算出することで身体知獲得度の評価を行った。

図7に身体知獲得度とダンス歴の相関(お手本動作：プロL)、図8に身体知獲得度とダンス歴の相関(お手本動作：プロM)を示す。

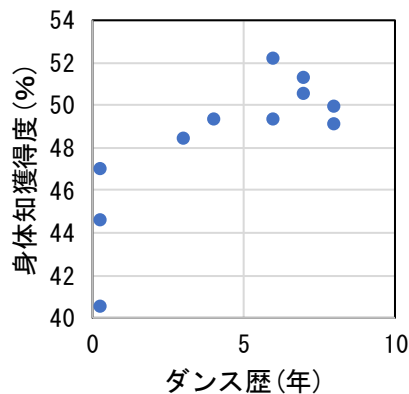


図7 身体知獲得度とダンス歴の相関
(お手本動作：プロ L) ($r=0.79$)

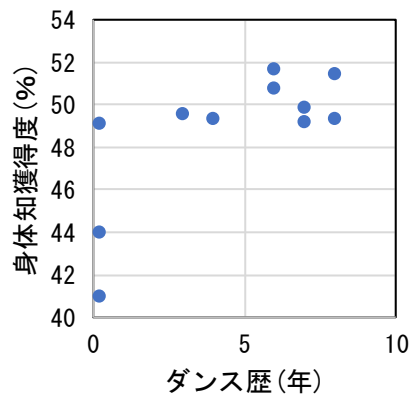


図8 身体知獲得度とダンス歴の相関
(お手本動作：プロ M) ($r=0.72$)

図7,8より、お手本動作にプロ Lをセットした場合も、プロ Mをセットした場合も正の相関が見られた。一般的にダンス歴が長い程身体知を獲得していると判断出来るため、身体知の形式知化が出来る可能性が高いと判断した。しかし、本研究における被験者のダンス歴にやや偏りが見られる点から、より被験者を増やし再度相関係数を算出することで身体知獲得度の信ぴょう性が高まると考えた。

本アプリケーションは、身体知の形式知化および身体知獲得を支援するアプリケーションとして、動作比較、動作一致度および身体知獲得度の算出、習熟度に合ったアドバイス提供など、独自の機能を有している。これらの機能により、初心者から上級者まで幅広いユーザー層が高効率でボックスステップの学習出来る点が評価出来ると考えた。特に、動作

の視覚的フィードバックと定量的評価を組み合わせることで、学習効果の客観的な把握が可能であり、習得過程における改善点の特定と解決を促進している。また、身体知獲得度の算出において、ダンス歴との正の相関が見られた点は、アプリケーションの信頼性を裏付ける結果になったと言える。

一方で、技術的な不具合が発生している点、UIの質が低い点、収集データの不足が課題として残っている。これらの課題を解決することで、より高い実用性と信頼性を持つアプリケーションへと成長出来るのではないかと考えた。

9 結言

本稿では、開発するアプリケーション、対象動作、評価指標、実験方法、アプリケーション実装、アプリケーション評価について述べた。

本アプリケーションの課題として、技術的な不具合が発生している点、UIの質が低い点、収集データの不足が挙げられる。また、初心者から上級者の幅広い層が利用しやすくするための評価精度の仕様検討は行ったが、実際にアプリケーションの仕様へ反映するには至らなかった。これらの課題を解決することで、より高い実用性と信頼性を持つアプリケーションへと成長出来るのではないかと考えた。また、実際にアプリケーションをリリースすることで膨大なデータ数を確保出来るかつアプリケーションに対するフィードバックを受けられること、深層学習を取り入れることでより信頼性の高い値やアドバイスを提供出来ることが期待される。これらを実現することにより、より社会的意義のあるアプリケーションへと成長出来ると思った。

将来的には本アプリケーションの提供により、ダンスの現場に留まらず、学校などの教育現場や病院やリハビリテーションのような医療現場、伝統工芸や伝統芸能の現場などの諸問題の解決に貢献したい。

本研究は、東京都市大学「人を対象とする研究」に関する倫理審査委員会の審査承認(2023-h11)を得て実施した。

参考文献

- [1] Ikeda Nayu, "Adult Mortality Attributable to Preventable Risk Factors for Non-Communicable Diseases and Injuries in Japan: A Comparative Risk Assessment", PROS MEDICINE, pp.8, 2012.1
- [2] スポーツ庁健康スポーツ課, スポーツの実施状況等に関する世論調査, p.37, 2016.11

- [3] 人工知能学会, ” 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, p118, 2005
- [4] 嘉戸直樹, ” 運動学習はここまでわかった”, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jkpt/8/0/8_0_49/_pdf, 2008
- [5] 牧田優, ” 表現動作における動きの緩急が印象形成に及ぼす影響”, 日本体育・スポーツ・健康学会, p.57
- [6] 上原僚, ” ストリートダンスにおける身体運動とビートの時間的關係性 ”, 電気情報通信学会, p.33

全身連動性を伴うゆっくり動くムーブメント・アプローチに 関する研究：舞踊の滑らかな動きに着目して

Study on the slow movement approach with whole body coordination, focusing on the smooth movement in dancing.

Chie Shimizu¹, Hiroki Kadowaki¹, Suzuki Jun², Mai Shirasawa³, Takashi Nakamura¹

清水 知恵¹ 門脇 弘樹¹ 鈴木 純² 白澤 舞³ 中村 貴志¹

¹ 福岡教育大学

¹ University of Teacher Education Fukuoka

² 宮城教育大学

² Miyagi University of Education

³ 長野県立大学

³ The University of Nagano

Abstract

This paper focused on a kinematic aspect of dance movement, not daily bodily activities. In addition to a smooth moving of the whole body from joint to joint, the research referred to the ideas on how to move from physical coordination methods. This approach is based on moving slowly, which facilitates the whole-body consciousness, and it is different from stretching or yoga movements with poses and forms. We denominated the method "the whole-body movement approach" and attempted to apply for the following case study pursued by a dancer and a judo athlete.

Three-dimensional movement analysis conducted before and after the intervention using this approach suggested that the range of the movement in a space expanded and as a result the space improved the capacity of a free movement. Additionally, regarding physical sensations and psychological aspect, the sense of movement and easy breathing were realized, suggesting that physical tension of an inner body mechanism is released and mental relaxation is restored, so that the performances of a dancer and a judo athlete who attempted joining this approach were improved.

1. はじめに

舞踊の運動学的な側面からみると、日常動作と一線を画す関節から関節へ全身を滑らかに連動させる動かし方がみられる。それは観客の側から見ると滑らかに見える動きである。これは運動学・動作分析領域では運動連鎖 (Kinetic chain) といわれ、舞踊、リズム系ダンス、スポーツ、日常所作、流麗な野生動物の動き等でも見られる質の高い動きを形成する重要な一要素である。

そして、このような全身連動性を伴う身体の動かし方の習得は心理的側面、特に、踊ることに関わる自己概念の形成に良好な影響を与えることが示唆されている (清水,2004; 清水・橋本,2018)。

上記のような舞踊の動きを中心に、第一筆者 (以下、「筆者」と略す) は、身体操法について、実践の中で「動きの質」の探究を試みてきた (清水, 2003)。そして、舞踊の舞台 (清水, [舞台等]2009-2011; 2012-2015; 2012-2024) での経験を重ねながら、実践知となる知見を得た。それは、訓練された演者らが、個々の呼吸を意識し全身連動性を伴う動きを行うと、長時間演舞を行っても舞台終了時に疲労感が殆ど見られなかったとい

う事である。質的に高い身体操法が、演者らの無駄な力みを防ぎ、動きながら身体に緩みをもたらし、身体を硬らせず柔らかい状態で動き続けられたことが理由の一つであると考えられる。

これらのことから、科学的視点に、実践知を融合させた研究の新たな問いとして、①演者の自己概念を含む心身の状態がより良い方向へ変化すると共に、②演者が修得した身体の動かし方を、意識しなくても動ける無意識的な段階までなるべく早期に定着させ、そして③できる限り長期に渡り良好な状態を維持できるようにし、④自身でそれを生かし表現できるようにするにはどのようにしたら良いかということ、一連の研究の根底に、「学術的問い」として定めることとした。

本研究では、まず、演舞する際に自己否定的な認知が生じにくく、関節連動性がより意識しやすい、ゆっくり動く全身連動性を伴うムーブメント・アプローチを試作した。そして、探索的な分析段階として、介入を行い、動作解析を通して、適用したアプローチの有効性を見ると共に、補足として、被験者の心理的側面の変化についても併せて検討することを目的とする。

2. 方法

被験者

被験者は、被験者 A が現代舞踊熟達者の女性 1 名 (年齢 57 歳, 身長 158.5cm, 体重 49kg, 舞踊歴 51 年), および被験者 B が柔道熟達者の男性 1 名 (年齢 23 歳, 身長 175cm, 体重 85kg, 柔道歴 20 年) であった。研究を行う前に、研究目的および方法について説明を行い、被験者から同意を得た。

手続き (1)

(1)- A 効果確認用<舞踊>の動作

事前条件・事後条件で使用する「効果確認用舞踊」のフレーズは、ラバン (Laban, 1980; ラバン, 1972, 1985) の 4 要素 (時間, 空間, 力性, 流れ) のうち, 特に, 「時間」, 「力性」の側面を中心にコントロールし作成した, 1 フレーズ (約 60 秒の動き) を使用した。

(1)- B 効果確認用<柔道>の動作

事前条件・事後条件で行う柔道における動作は、立位で行う技術向上のための一繋がり動きで (一流れ 30 秒程度を往復し, 計約 60 秒), 「かかり練習」と呼ばれる動作を使用した。

(2) 全身連動性ムーブメント・アプローチ (舞踊・柔道被験者, 共通の動き)

事前条件・事後条件間で行う介入時に行う, 「全身連動性ムーブメント・アプローチ」は, ストレッチや, ポーズやフォームのあるヨガ等の動きとも異なるもので, 連動性がより意識しやすいゆっくり動く, 被験者の身体の「快」を鍵としたアプローチである。深い呼吸を 3~4 回行いながら「呼吸」が楽にできる動きを辿り, 60 秒から 120 秒程度, 身体の末端から末端へ, 関節の全身連動性を使い「自力」で行う動きである。さらに, このアプローチ作成のバックグラウンドには身体の歪みを除去する「操体法」(橋本, 1978a, 1978b, 1987) の動きの法則をとり入れている。そのため, 身体調整法の側面を含んでおり, このアプローチを行うこと自体が, 身体の可動範囲を拡大させ, 自由度を高め, 心身の総合的な力が高まる。このアプローチの適用範囲は, 舞踊, オペラや演奏, 演劇といった時空間芸術のみならず絵画や書, 写真, 建築, 彫刻などの芸術活動においても可能であり, アーティストの身体が良好に変化しパフォーマンスが高まることで創造する作品の質を高められる可能性がある。さらに, 競技を行うアスリート, 一般人, 何らかの障害を持った人においても対応できる動きである。そのため, このアプローチの適用範囲は広汎に渡ると考えられる。

手続き (2)

本研究では, 被験者 A (舞踊), 被験者 B (柔道) とともに, 介入前を事前条件, 介入後を事後条件とし, 被験者 A・B のそれぞれのパフォーマンスを比較した。

①最初に被験者 A, および B に対し, それぞれ, 「効果確認用<舞踊>の動作」, および「効果確認用<柔道>の動作」をするように教示した。②次に, 被験者に対して, 前述に記載の「全身連動性ムーブメント・アプローチ」を用いた自力による介入を行った。③そして, 介入後に再度それぞれ, 「効果確認用<舞踊>の動作」, および「効果確認用<柔道>の動作」をするように教示した。

効果の測定は主としてモーションキャプチャーを用い, 以下に示す装置を用いた。

また, 補足として被験者の心理面に関する質的な変化を見るために, 事前条件の前と事後条件の後に自由記述型質問紙と, 事後条件の後にインタビュー調査を行った。

計測装置

被験者の舞踊の動作は、MAC 3D System（ナックイメージテクノロジー社製、フレームレート毎秒 100 コマ、シャッタースピード 1/2000 秒）を用いて 12 台のカメラで撮影した。被験者はモーションキャプチャー用の専用スーツを着用し、身体の計 25 ヲ所に反射マーカ―を貼付した。反射マーカ―の貼付部位は、Helen Hayes マーカ―セットに基づき、頭頂部、前頭部、後頭部、肩峰（左右）、肩甲骨下角（右）、肘橈骨側（左右）、手関節（左右）、上前腸骨棘（左右）、仙骨、大腿骨（左右）、大腿骨外側上顆（左右）、脛骨（左右）、外果（左右）、踵（左右）、第 2 趾中足骨（左右）とした。

撮影したデータは、解析ソフトウェア CORTEX（ナックイメージテクノロジー社製）を用いて身体部位の反射マーカ―の認識を行った。その後、解析ソフト Kine Analyzer（キッセイコムテック社製）を用いて動作解析を行った。

分析方法

本研究では、事前条件および事後条件における各反射マーカ―の床に対して垂直方向の移動範囲を比較した。垂直方向の移動範囲は、舞踊・柔道中の垂直方向の移動距離の最大値と最小値の差から算出した。

3. 結果

3-1 3次元動作解析

図 1 に舞踊中のスティックピクチャを各条件で示した。このスティックピクチャは舞踊中の同じ動作の場面を写したものである。

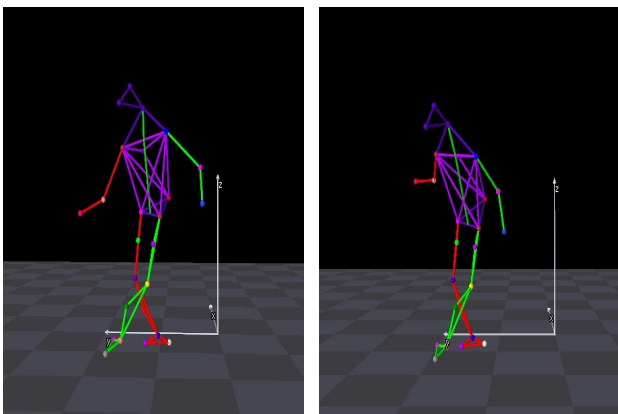


図 1 <舞踊>スティックピクチャ（左：事前条件、右：事後条件）

事前条件と比べて事後条件では上半身が前傾し反射マーカ―の位置が垂直方向に下がっていることがスティックピクチャから確認された。

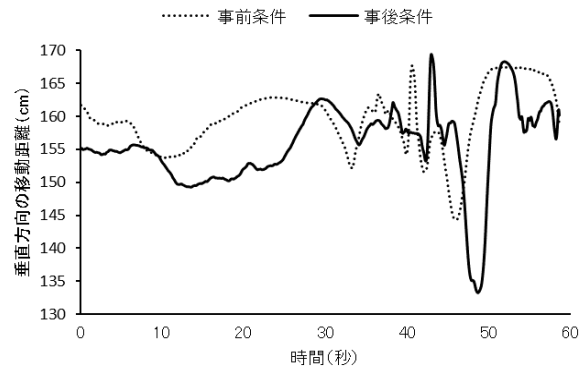


図 2 頭頂部における垂直方向の移動距離

そこで、上半身の垂直方向の移動範囲を定量的に比較することにした。図 2 には分析のイメージとして頭頂部における垂直方向の移動距離の波形を示した。事前条件は最大値 167.70cm、最小値 144.38cm、垂直方向の移動範囲 23.32cm であった。事後条件は最大値 169.42cm、最小値 133.26cm、垂直方向の移動範囲 36.16cm であった。この結果から事後条件において垂直方向の移動範囲が拡大したことが確認された。

表 1 舞踊の動きに関する上半身における垂直方向の移動

	事前条件	事後条件	大小関係
頭頂部	23.32 cm	36.16 cm	<
前頭部	29.94 cm	42.74 cm	<
後頭部	19.89 cm	29.92 cm	<
肩峰(右)	31.28 cm	35.58 cm	<
肩甲骨下角(右)	17.65 cm	21.03 cm	<
肘橈骨側(右)	77.19 cm	70.91 cm	>
手関節(右)	109.56 cm	106.92 cm	>
肩峰(左)	15.94 cm	27.79 cm	<
肘橈骨側(左)	28.03 cm	19.92 cm	>
手関節(左)	45.64 cm	39.62 cm	>
上前腸骨棘(右)	17.36 cm	21.39 cm	<
上前腸骨棘(左)	18.70 cm	25.03 cm	<

表 2 柔道の動きに関する上半身の垂直方向の移動範囲

	事前条件	事後条件	大小関係
頭頂部	22.30 cm	19.71 cm	>
前頭部	31.36 cm	26.58 cm	>
後頭部	20.18 cm	21.45 cm	<
肩峰(右)	29.56 cm	27.48 cm	>
肩甲骨下角(右)	18.93 cm	17.32 cm	>
肘橈骨側(右)	59.41 cm	61.55 cm	<
手関節(右)	90.64 cm	86.61 cm	>
肩峰(左)	33.76 cm	32.97 cm	>
肘橈骨側(左)	79.13 cm	79.56 cm	<
手関節(左)	92.07 cm	94.34 cm	<
上前腸骨棘(右)	26.56 cm	24.43 cm	>
上前腸骨棘(左)	22.51 cm	18.04 cm	>

この点について、表 1 に上半身の各部位の垂直方向

の移動範囲の結果を示した。大小関係を比較した結果、肘橈骨側（左右）、手関節（左右）の部位を除いたすべての部位で移動範囲が拡大していた。特に、頭頂部、前頭部、後頭部、肩峰（左）では事前条件と比べて事後条件で移動範囲が10cm以上拡大していた。

また、表2に柔道の動きに関する上半身の各部位の垂直方向の移動範囲の結果を示した。大小関係を比較した結果、後頭部、肘橈骨側（右）、手関節（左）を除いたすべての部位で移動範囲が縮小していた。

3-2 自由記述質問紙およびインタビュー

事前条件の前と事後条件の後に自由記述形式による質問紙調査、および事後条件の後に、インタビューによる補足データの収集を行った。その後、以下の視点で文節ごと抽出した。まず身体面、心理面に分類した。その上でさらに「呼吸」、「動感」、「身体内部感覚」、「快・心地よさ」といった身体感覚に関わる心理的側面と、ボディ・イメージ、自己効力感、踊ることに関する自己概念などの心理的側面に分けて分類した。

その結果、ゆっくり動く全身連動性ある動きのアプローチは、被験者A・Bともに、以下の効果をもたらす可能性を示唆していた。主として、心身へのリラックス感、動感（キネステーゼ）に関わる身体内部感覚において肯定的な変化、動きの質的側面から呼吸と連動性の関わりが感じられるようになること、快感覚への感度が向上していることが確認できた。

4. 考察

4-1 3次元動作解析

本研究の結果、ゆっくり動く全身連動性を伴うムーブメント・アプローチによる介入を行うことで、舞踊の場合は上半身の肘橈骨側（左右）、手関節（左右）の部位を除いたすべての部位で垂直方向の移動範囲が拡大することが明らかになった。一方、柔道の動きの場合は後頭部、肘橈骨側（右）、手関節（左）を除いたすべての部位で移動範囲が縮小していた。このことから、全身連動性ムーブメント・アプローチの効果として、舞踊においては連動性が高まることで、より大きな空間表現ができるようになることが示唆された。また、柔道においてはより小さな動きになっており、全身連動性ムーブメント・アプローチの介入によって技の正確性（的確性）が高まったことが推察された。

4-2 自由記述質問紙、およびインタビュー

分析の結果、ゆっくり動く全身連動性ある動きのアプローチは、被験者A・Bともに、以下の効果をもたらす可能性を示唆していた。主として、心身ヘリラックス感もたらされていること、動感（キネステーゼ）に関わる身体内部感覚において肯定的な変化が見られること、動きの質的側面から呼吸と連動性の関わりが感じられていること、快感覚への感度が向上していること、などである。これらのことから、身体内部の感覚および心理的側面における肯定的な変化が見られていることから、このアプローチの適用により身体知の創発における何らかの契機がみいだせるかもしれない。

5. まとめ

以上のことから、① 質的側面を見た介入では、心と身体の双方に快感覚を捉える感覚が生じ、身体のみみや強張りといった動きの障害要素が減少し、呼吸はより楽になり、身体が動きやすくなるとともに、② 心身ヘリラックス感もたらされ、舞踊の空間表現は大きく、柔道の技コントロールは小さく正確性が高まり、さらに、双方ともに動きの質が向上し体幹部のプレが減少し、身体的な力みがとれることで動きの自由度は拡大し安定性が高まったことが示唆された。③ 動感（キネステーゼ）に変化をもたらし、身体知への創発・構築に繋がる可能性が見出せた。

今後の課題として、①個に対応した動きの学習方法の再検討（→体内の動きのルートを感じとれる「言語表現」方法を探求。②動感<キネステーゼ>を高める方法は身体知の創発・構築に繋がり身体内部における感覚覚醒につながることから、的確な方法について探究。③関節の可動域変化について分析。④被験者でデータが実験の事前事後で保持できたサンプルが2名であったため、センサーの安定性を保つ必要がある。また、介入プログラムを一般化し動作解析できる方法を考えることも必要である。

謝辞

本研究は、2022-2024年度福岡教育大学教育総合研究所研究プロジェクト費、およびJSPS科研費23K00192の助成を受けたものである。

参考文献

- 橋本敬三 (1978a) からだの設計にミスはない. 柏樹社: 東京.
- 橋本敬三 (1978b) 万病を治せる妙療法—操体法. 農山漁村文化協会: 東京.
- 橋本敬三 (1987) 正体の歪を正す—橋本敬三論叢集—. 創元社.
- Laban, R. (1980) The mastery of movement. (4th ed. Revised by Ullmann, L.) Northcote House Publishers Ltd.: Plymouth.
- ラバン: 神沢和夫 (1985) 身体運動の習得. 白水社: 東京.
- ラバン: 須藤智恵・秋葉尋子 (1972) 現代の教育舞踊. 明治図書出版: 東京.
- 清水知恵 (2004) 舞踊における動きの質とボディ・イメージとの関係—実験研究方法および手続きに着目して—. 健康心理学研究, 17(2): 22-31.
- 清水知恵・橋本公雄 (2018) 連動性を伴うムーブメントによるボディ・イメージおよびセルフ・エフィカシーの変化. 福岡教育大学紀要 67(第5分冊): 67-77.
- 清水知恵・門脇弘樹・鈴木純・白澤舞・中村貴志 (2024) 3次元動作解析システムを用いた, 全身連動性を伴うゆっくり動くムーブメント・アプローチに関する研究. 日本認知科学会 第41回大会(東京大学 本郷キャンパス) [発表番号: P-3-50] (The 41st JCSS2024 大会号: 804-807) .

舞台等

- 清水知恵 (2003) 文化庁在外研究員 コンテンポラリー・ダンス: フランス. [テーマ: 動きの質・時空間芸術]. ※審査有.
- 清水知恵主催公演 (2009-2011) アクロス福岡, (2012-2015) 九州電力共創館みらいホール ※7回.
- 清水知恵 (2012-2024) 第10-13, 15-16回国際舞台芸術祭: シアターX劇場(東京). ※全て1次, 2次審査有.

やすりがけ技能の学習支援に関する研究 一切削感覚の仕上げ評価への影響について一

A study on learning support for filing skills

-the influence of cutting sensation on finish evaluation-

松浦慶総¹

Yoshifusa Matsuura¹

¹ 横浜国立大学

¹Yokohama National University

Abstract: In Japan's future manufacturing industry, it is becoming more important than ever to recognize the craftsmanship ("skills") of small and medium-sized enterprises, which have long supported the nation as a technological powerhouse, as valuable assets. In response to future value creation, it is essential to clarify the objectives of automation and autonomy, as well as to determine which skills should be inherited. A prompt establishment of a skill succession system is necessary. Recognizing the high asset value of skills, it is also crucial to accelerate both the development of skilled workers and the inheritance of expertise to foster the creation of new skills. Therefore, this study focuses on the filing process as a target skill and proposes a learner-centered support system that enhances learners' recognition of the relationship between bodily sensations and work outcomes. As a result, the proposed system effectively facilitates learning support by emphasizing "force perception" information, which is particularly important for improving the cutting quality of the filing process.

1. はじめに

これからの日本の製造業では、技術立国を支えてきた中小企業のものづくり「技能」を資産と捉えることがこれまで以上に重要であるといえる。今後の価値創造に応じて、何を自動化・自律化し、“承継”すべき技能は何かという、目的の明確化を行い、早急に技能承継の仕組みを確立する必要がある。すでに大きな問題となっている日本の労働力の低下については、統計資料より生産年齢人口（15～64歳）が2000年の8,622万人から2023年の7,395万人^[1]と約1,200万人も減少し、中小企業においては慢性的な人手不足や後継者の不在が生じている（従業員数過不足DI：2002年は+8.1%，2023年で-20.4%^[2]）。このように今後の人口減少は避けられないために、技能者が担ってきた製造プロセスを自動化・自律化を進めることは、現在のグローバルサプライ化に対応するには必要不可欠である。一方で、技能者でなければ実現が困難な製造プロセスが浮き彫りになってきた。このような背景から、技能自体に高い資産価値があることを改めて認識し、これから新たな技能を

創出するための技能者の育成と承継を早急に促進する必要があるといえる。そこで本稿では、やすり作業を対象技能として、学習者に対して身体感覚と作業の結果との認知を促進させる学習者主体の支援システムの提案について述べる。

2. ものづくり産業における技能の価値

ものづくり産業における技能は極めて重要な資産であると考えられる。資産としての技能を、今後どのように取り扱い、どのような価値を創出すべきかを考えたとき、大きく「自動化」と「人による承継」に分類することが重要と考える。技能の「自動化」に関しては、これまでのほとんどの技能研究で行われている、定量的な計測と解析による技能のモデル化が大きく貢献する。日本国内の技術者や製造従事者がこれまで蓄積してきた、技術・技能をデータベース化し共有するナレッジマネジメントは、2000年問題が表出した1990年代から導入が進められていた。

その後、インターネットの大容量高速化、計測技術の発達により DX 化が急速に行われ、技術・技能モデルも非常に活用されている。国内の人員不足への対応だけでなく、世界のマーケット近傍に工場を設置することで、高精度、高品質の製造が可能となる。輸出コストや為替変動の影響を減らし、グローバルサプライチェーンへの対応で、国際競争力の強化が図られている。

一方、「人による継承」をすべき技能は、これからの企業価値に大きく影響を与える資産と考える。DX 化では、一定の高精度、高品質に標準化された製品が製造できるが、それ以上の製品を目指すことは極めて難しい。これらの製造工程は国内マザー機能工場によって決定された基準化・標準化が必須だからである。このマザー機能が現在の日本のものづくり産業の資産であるといつてよい。これまで培ってきた高度精密加工技術や高性能な計測技術、品質管理技術は、ナレッジマネジメントによる形式知のほか、熟練技能者の持つ知識や経験、技能に対する「感覚」が極めて重要である。例えば、マザー機械は極めて精密な「調整」が必要である。この調整はある程度自動化できるが、最終的な調整は熟練技能者が必要不可欠である。半導体製造などの超精密製造装置の基準面の最終仕上げはラップ加工という研磨作業が行われ、寸法精度は $10^{-1} \mu\text{m}$ オーダー、表面粗さは $10^{-2\sim 3} \mu\text{m}$ オーダーで熟練技能者が実施している。このような技能は現在の AI 技術では不可能であり、熟練技能者の価値は極めて重要な資産と捉える必要がある。ただし、このような技能は人の感覚情報が主であり、主観的、定性的なものであるため、これまで明確に技能承継の情報として扱われることは少なかった。そこで、次章で本研究がこれまで提案した技能情報構造化手法を用いて、技能を習得する学習者が主体となり、技能の感覚情報を学習情報として取り扱う、新たな学習支援手法を提案する。

3. ものづくり技能の身体感覚認知を主体とした学習支援手法

従来の技能に対する「教育」支援を目的とした研究では、ほとんどが教授者である熟練者が初心者とのデータを比較することにより熟練度の評価をすることを目的としている。学習者は、現在の熟練度や熟練者とどのような評価項目で、どれだけ相違があるかを定量的に把握することは可能である。しかし、用いられている評価項目の多くは、計測が可能かどうか、または解析モデルとして熟練度の差異が判定できるかを目的としている。したがって、学習者自

身はその評価の原因は何か、計測されたデータが評価にどのように寄与されているかは理解できていない状態である。当然、何に意識しながらトレーニングすればよいか、といった学習に重要な情報が分からないまま模倣学習で試行錯誤するしかない。

身体運動では「主動筋と拮抗筋の出力のバランスにより、身体部位が動作する。」フォーム（姿勢）“はある時点の筋骨格の状態であり、筋肉の出力の具合により左右される。”という概念を筆者は主張する。したがって、身体運動をともなう技能でよく評価言語として用いられる”きれいなフォーム”は、適切な主動筋と拮抗筋の出力が行われ、身体部位が評価対象を適切に捜査している結果であると評価する。

この筆者の主張を基にすると、身体部位の運動の際に「何に注意をして、身体感覚はどのようなものか」をトレーニングすればよいか極めて重要である。教授者が何を教授して、自身の技能を基準として学習者の評価を行うのでは、学習者が主体的に習得するプロセスが少ない。模倣学習、繰り返し学習による技能動作の自動化を目指すだけでは、技能の持つ自らの身体や道具、対象部材に関するメカニズムや知識を自ら得る機会がない。これは模倣学習の限界である。また、学習者がどの程度まで技能を習熟したいかという主体的な学習姿勢も、学習に対するモチベーションに大きく影響をする。本研究では、これまでの評価を主体とした「教育」支援ではなく、学習者が自らの身体メカニズムや感覚に重きを置き、学習者の気づきや共感性を高めて習熟させる「学習」支援の手法を開発する。

技能動作学習でどのように「学習者が自身の身体をどのように身体を制御すれば技能を習得できるようになるのか」を支援すればよいか極めて重要となる。まず、本研究ではまず、技能熟練度マップ^[3]により、学習対象となる技能の位置づけを明確にする。次に技能情報構造化手法^[4]で、技能の成果物に直接影響を及ぼす“直接要因”を定量的に測定し、それに関係をする機器や道具の操作時の“身体制御情報”と“体性感覚情報”を学習者に「意識」させる。試行後に得られた直接要因の定量情報を学習者に即座に提示し、かつ意識した上記 2 つの定性的情報を記録し、定量情報と比較する学習支援システムを提案する。

4. やすり作業の技能学習支援

今回対象とした技能は、品質に大きく影響を及ぼす手仕上げ作業の「やすり作業」である。やすり作業は、中学校の技術教育で「A 材料と加工の技術」で取り扱われているが、多くは木材加工で紙やすり

を用いた作業で実施されている。しかし、金属加工でのやすり作業は、中学校ではあまり実施されておらず、大学の工学系学部学科の工場実習で数時間を行うのみである。ものづくりに欠かせない設計製図や解析などの知識は十分講義で行うが、金属の特性、例えば”粘り””や”硬さ”、”脆さ”などがどのように加工時に影響を及ぼすかは、実際に「感じ」なければ、製造時に影響を及ぼすのではないかと考える。

そこで、本研究ではやすり作業の技能について、仕上げ品質に影響を及ぼす身体部位の動作と、どの部位に注意して力を掛ければよいかを、筆者が提案している技能情報構造化手法で明確にし、実際に学習を実施してみる。

やすり作業は、成型から仕上げ作業まで行われる。一般の仕上げでは 0.01mm、精密仕上げでは 0.005mm の精度で仕上げる。やすり作業を含む手仕上げ作業の資格は、一般的な切削工具研削技能士と国家資格である仕上げ技能士（特級～3 級）があるが、溶接のように、資格を有する必要がある加工は特段ない。しかし、国家資格に合格するにはかなりの知識と技能が必要であることは言うまでもない。したがって、仕上げの品質に大きく影響する。

に關係する従来の技能に対する「教育」支援を目的とした研究では、教授者である熟練者が初心者者のデータを比較することにより熟練度の評価はするが、学習者自身はその評価の原因は何か、計測されたデータが評価にどのように寄与されているか、何に意識しながらトレーニングすればよいか、といった学習に重要な情報が分からないまま模倣学習で試行錯誤するしかない。とくに身体部位の運動の際に「何に注意をして、身体感覚はどのようなものか」をトレーニングすればよいか極めて重要である。すなわち、教授者が何を教授して、自身の技能を基準として学習者の評価を行うのでは、学習者が主体的に習得するプロセスが少ない状況である。模倣学習、繰り返し学習による技能動作の自動化を目指すだけでは、技能の持つ自らの身体や道具、対象部材に関するメカニズムや知識を得ることはできないだけでなく、モチベーションの低下にもつながる。

4.1 やすり作業技能の熟練度目標マップ

これまでに筆者が提案している対象技能の熟練度目標マップについて説明する。このマップは「工業的-芸術的」、「職業的-趣味的」、「熟練度」の 3 軸で構成している。このマップから、

I 型：製造業従事者：高度技能者、現代の名工

II 型：製造業従事者：一般製造技能者

III 型：伝統工芸従事者：伝統工芸（匠）、工芸美術製作者

IV 型：工芸品製造従事者：日用品製造者、体験工房指導者

といった、技能の目標を明確にする。これにより、技能学習の目的やそのための評価項目・基準を学習者が主体となって選択が可能となり、モチベーションが向上すると期待できる。

今回の講演では、大学の工場実習から研究で使用する実験装置の製作ができることを目標としたため、II 型に相当する（図 1）。

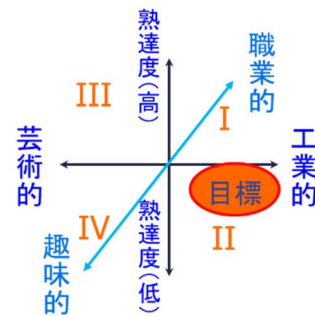


図 1 技能熟練度目標マップ

4.2 やすり作業の技能情報構造化

筆者が開発した技能情報構造化を、今回のやすり作業に適応した。今回は横浜国立大学の主任技官 1 名にインタビューをして、技能要因図を作成した。主任技官の方のコメントで、「やすりは刃物である。やすりの刃が切削していく様子をイメージする。また、切削方向は押す方向のみである。」という内容は、これまでのやすり作業での指導、およびテキストにはない、身体知を含む語りであり、新たな気づきを得た。作成した技能要因図は次のようになった。

直接要因は、「切削表面」に関する評価となり、切削深さや粗さ、削り粉などとした。

間接要因が、やすりの操作に関する評価で、定量評価は速さ、ストローク長など、定性評価は研ぎ方法である。

身体要因は、両手、両肩、腰、両足について位置や速さといった定量評価に加え、本研究で重要な要因として扱っている「力覚」を取り扱う。特にやすりの柄を操作する手が、柄に対してどのように力をかけているか、また柄から得られる感触について、技能者、学習者がそれぞれ語ることを項目としていることが、この手法の独自性となっている。また、腰と両腕の動き、右足の踏み込み感や左足の脱力感なども、今回の技能要因図を基にしたインタビューから得られた注意要因、評価要因である（図 2）。

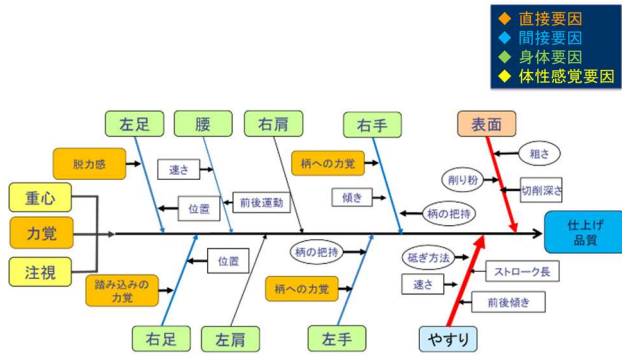


図2 やすり作業の技能要因図 (インタビュー後)

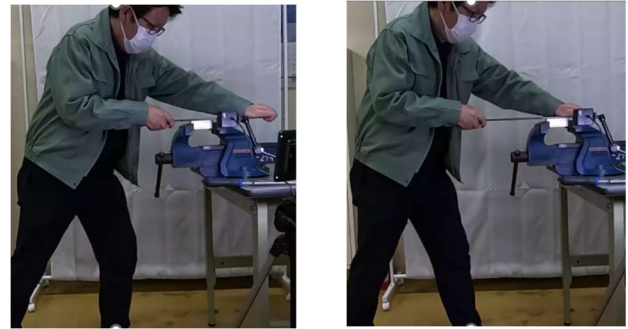


図3 筆者のやすり作業の様子

5. やすり作業学習の実践

5.1 学習の手順

4. で構築した技能要因図を基に学習の実践を行う。なお、今回は予備的実験の位置づけのため、学習者は筆者1名とし、切削対象はアルミ材、350 mmの金属やすり(中粗:ツボサン製)を用いて直進法で切削をした。手順は以下のとおりとする。

- ① 参考資料を読んでから実験者が試行
- ② 横浜国立大学技術部主任技官(30年以上勤務)による実演
- ③ 主任技官に対してインタビュー
- ④ インタビュー後に実験者が試行

①の参考資料は、「ザ・手仕上げ作業-ものづくり現場で受け継がれる技術と技能-, 岡部 眞幸(監修), 株式会社豊田自動織機技術技能ラーニングセンター(編集)」^[9]を用いた。この文献では、やすり作業における作業者の姿勢(部材の設置高さ, 両足の位置, やすりの握り方)のほか、やすりに対するそれぞれの手の力のかけ方, 体重移動についての記述, 力のかける方向をそれぞれの姿勢で写真に図示している。従来の文献にはない力に関する記載があることは、学習者にとってやすり作業のコツを理解するヒントとなる。

5.2 参考資料による自主学习

参考資料を読んでから、実験者(筆者)が実際にやすり作業を行った。文献の写真を参考に、やすりを手前から奥に操作したときに、左右の手にかける力の配分を注意しながら操作をした(図3)。自身では、しっかりと左右の手の力を意識していたのだが、ほとんど削り粉が出ていない(図4)。その時に左右の足については全く意識できていなかったことを、試行後に気づいた。



図4 筆者の削り粉

5.3 主任技官による実演

動画を見て筆者が気付いたことは、頭部が切削対象材のほぼ真上にあるため、上半身の重さを用いて上腕→手→やすりに効率よく力を伝達していることである。この気づきは、実験終了後に筆者が技能要因図と主任技官のインタビュー、動画の視聴から得られたものである。その結果、右足の踏み込みと左足の脱力、左右の上腕から切削対象材に対してタイミングよく力が伝わっている(図5)。結果として、削り粉の量は筆者の数倍の量が発生していることが分かる(図6)。



図5 主任技官のやすり作業の様子



図6 主任技官の削り粉

5.4 主任技官に対してインタビュー

主任技官に対して、動画（主任技官の実演）を観てもらいながらインタビューを行い、以下のようなコメントが得られた。

- ・頭部の位置はできるだけ切削部に近くする
- ・やすりの柄が右手の親指の腹部分にあたるようにし、その部分で切削部からの力を感じるようにする。
- ・右足で踏み込み、左足は脱力する。
- ・文献に描いてある、やすりの位置と力の配分は、ほとんど意識していない。

5.5 インタビュー後に実験者が試行

主任技官へのインタビュー後に、再度試行した。その結果、まだ不十分ではあるが、頭部の位置が切削部に近くなり、上半身の重さを利用したやすり動作ができています。また、削り粉の量も自主学習の時に比べて大幅に多くなりました。

さらに、やすりの柄と手のひらの感覚に意識を向けることで、「切削している金属の様子」を感じ、認識することができた。今回の試験材料はアルミ材であり、主任技官によるとアルミ材は柔らかいのでやすりの目に詰まりやすく、詰まった削り粉により切削面を傷つけてしまう。そのため、詰まったときに速やかに取り除く必要があるため、その感覚に気づくことが重要である。このコメントから、筆者も試行中に詰まりに気づくことができるようになった。

6. まとめ

本研究では、やすり作業の技能を技能構造化手法により、とくに「力覚」情報を重視した学習支援を実施した。やすり作業の切削品質向上には、

- ・頭部の位置が切削に必要な力にとって重要である。
- ・やすりの柄を握る手のひらで、切削状態を把握する。
- ・足の踏み込みと脱力の重要性が明らかになった。

今後は、熟練者と学習者に技能要因図を作成してもらい、互いがどのような要因を試行中に注意し、試行後に何を評価するかを比較し、認知特性と熟達度の関係について研究を行う。これにより、より主体的な学習支援が可能になると期待できる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 21K02740 の助成を受けた

ものである。

参考文献

- [1] 内閣府, 令和6年版高齢社会白書, (2024)
- [2] 経済産業省, 2024年版ものづくり白書, (2024)
- [3] 松浦慶総, ものづくり技能教育における主体的学習行動の創出とその教育効果についての一考察, 日本機械学会技術と社会部門講演会, No.23-75, (2023)
- [4] 松浦慶総, 高田一, 技能情報構造化手法による溶接技能学習支援に関する研究, 日本機械学会2018年次大会, (2018)
- [5] 岡部 眞幸 (監修), 株式会社豊田自動織機技術技能ラーニングセンター (編集), ザ・手仕上げ作業-ものづくり現場で受け継がれる技術と技能-, (2016)