

Seminar on 29 June in Mukogawa Women's University

Theory and Practice of Education

David A. Turner*

Thank you for coming and letting me talk about the theory and practice of education.

Let me start with some observations about what we are trying to do, or what I think that we should be trying to do, with Education theory. And in thinking about Education theory, we should never forget that what we are actually dealing with is people – living, breathing, feeling individuals with their own purposes and intentions. In view of the diversity and range of individuals that is implied by that simple statement, it is perhaps surprising that we can predict anything about people. But we can predict some things with considerable accuracy – such as traffic jams at particular times of day or seasons of the year, or the sale of food in supermarkets.

But if we try to predict everything about a person, then we are not respecting their individuality, their ability to make their own choices, and to exercise free will. Education theory should make predictions that are helpful for planners, but that respect the freedom and individuality of the personal decisions that each of us make.

I have argued elsewhere that this means that Education theory should be based on three principles:

- It should be ethical in allowing scope for individual free will;
- It should be multi-centred in allowing that there is more than one correct way to develop one's educational career; and
- It should allow for partial autonomy between levels of understanding, between the individual, the school and society more broadly, so that we should not presume that we know everything about a person if we know which school they attend, or what their parents do for a living, how they perform on personality tests, or what shows up on their brain scan (Turner, 2004: 13-14).

Individuals do not simply respond, in a mechanical way, to the situations in which they find themselves. They plan, they manage themselves, and they reflect upon what they are doing. In short, each individual is a complex, self-regulating system, and such systems can be understood in terms of chaos theory or complexity theory. We cannot assume that all the people who are 'alike' in some way will do the same thing, or that all the people who do the same thing are in some way 'alike' (Turner, 2007: 27-29)

The science of complexity started with studies of the weather as a complex system with multiple levels of feedback and non-linear responses. Researchers modelling weather systems when computer systems were less reliable than they are today sometimes found that their long run experiments would stall, and it was costly and time consuming to restart the experiments from the beginning. So they tried to save time by restarting the model

* Professor of University of Glamorgan

at the point where it had stopped. What they discovered, however, was that very small differences in the restarting conditions (as when the computer truncated or rounded certain numbers) could lead to huge differences in eventual outcomes. Although weather systems show some general patterns and regularities, how those patterns develop in detail depends very specifically on the condition from which the system starts.

Similarly, flocks of birds and shoals of fish move in very characteristic patterns. If we assume that each bird adjusts its movement so that it tries to be somewhere near to the middle of the flock, then the outcome is the kind of swooping and sweeping pattern that we observe when birds gather at the end of the day and fly in large flocks before roosting.

A more formal representation of this kind of complex interaction of the behaviour of individuals can be found in the Game of Life, a computer simulation invented by John Conway (Martin, 2010).

The ‘Game of Life’ consists of a matrix of squares. Each square can be either *ON* (alive) or *OFF* (dead). A live square will continue to be alive in the next generation if it has two or three, but no more, neighbours that are also alive. A square that is dead will become alive if it has exactly three neighbours that are alive.

Consider these rules as they apply to the first shape in Figure 1. Each black square (alive) will stay alive if two or three of its neighbours are also alive. Otherwise it will revert to white (die). Each white square will remain white unless it has exactly three neighbours that are black. In the latter case it will turn black itself (birth). In successive generations the shape goes through the phases shown in Figure 1, until it ends up as exactly the same shape as at the beginning, but it has moved across the grid. This shape is a special shape, known as a ‘glider’.

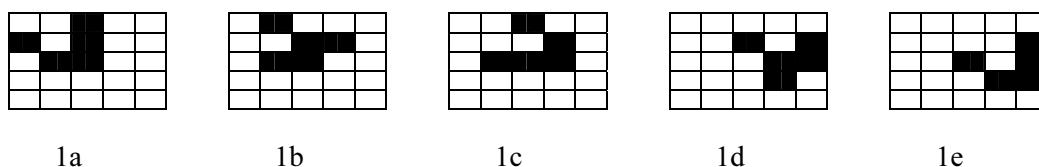


Figure 1: A ‘Glider’ moving through five generations

Starting from a random pattern, the patterns evolve through generations until a pattern emerges as shown in Figure 2. This consists of large areas of stable, but not very interesting, patterns, interspersed with areas of frenetic activity. While Figure 2 gives an impression of the grouping or clustering of active areas in the pattern, the full effect can only be seen when the program is run, and the image is dynamic, as the clusters move and cluster in characteristic patterns. These patterns arise over a fairly wide range of random initial conditions.

In one sense, one can say that the patterns are always the same, but that is not quite accurate. Although the emergent patterns are similar, and easily recognised by the observer, in fact, an identical configuration of live cells never happens. Setting the program running will produce unique patterns of live cells, even though the eye recognises the similarity between different patterns.

And a last example is given by van Geert and Steenbeek (2008), who use complexity theory to model the behaviour of pairs of kindergarten children making decisions to play together or play alone. Playing together successfully tends to lead to further periods of playing together, while periods of playing alone tend to be

followed by periods of playing alone – if things are going well, the children have no incentive to change. However, every now and again, they do change, after which a new pattern, of cooperation or isolation, is established. Thus the behaviour of the children exhibits patterns, but the children also make choices and are not slaves to those patterns.

In summary, what I want to say is that people behave as complex, self-regulating systems, especially when they learn, and that positive learning experiences tend to lead on to further learning. Although the formalism of complexity theory is relatively new, dating back to the 1970s, the insight that human beings learn as self-regulating systems is not so new. Although Vygotsky did not have the tools provided by complexity theory, I like to think that if he were alive today he would embrace complexity theory fully.

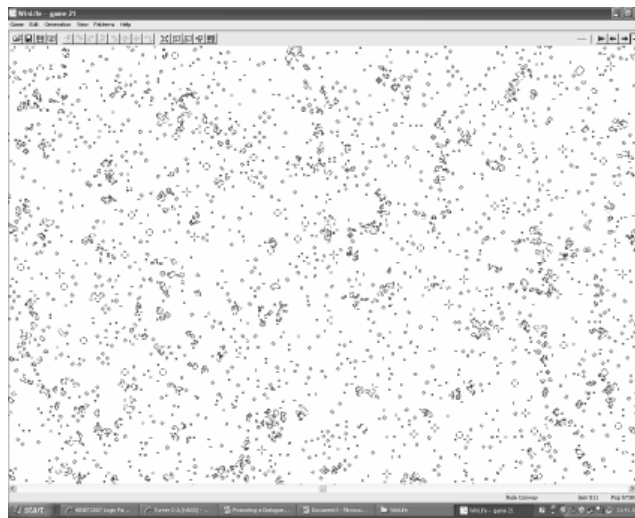


Figure 2: Screen shot of the computer program “Winlife32”
Source: Winlife32 (no date)

Vygotsky was a student of Pavlov, and so his starting point was the famous work done by Pavlov on the conditioning of stimuli to fit responses. So, for example, we are all born with a reflex action to withdraw our hands from hot surfaces, when pain is an unconditioned stimulus and pulling away is an unconditioned response. However, with training, a conditioned stimulus can be substituted for the unconditioned stimulus, as when a warning sign, or a shouted warning, can make us pull away from danger.

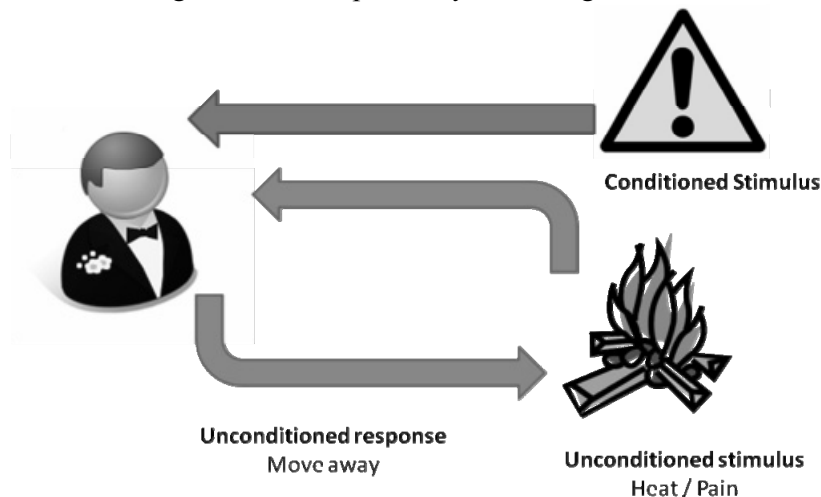


Figure 3: A conditioned stimulus added to an innate reflex

Eventually, the unconditioned stimulus is not needed at all, and the conditioned stimulus alone can produce the response. Vygotsky's insight was that this need not be the end of the story, but by the addition of language the conditioned stimulus might be further refined, until a quite word of warning could produce an effect as dramatic as a shout, or even the thought of danger could produce the desired outcome. The conditioned stimulus becomes, on each iteration of the process, more subtle and more specific, with smaller and smaller stimuli producing large responses.

And Vygotsky noted that at a very early age we discover three things about language. First, we discover that other people can control and manage our behaviour using language, as when our parents tell us not to do something. Second, we discover that we can control other people's behaviour using language. In fact, Vygotsky argues that our first utterance, which is probably something like, "Mum!", is a whole sentence which means something like, "Feed me", or "Pick me up", or "Cuddle me". And finally, we discover the most important thing of all, that we can control our own behaviour using language: "I am going to count to ten slowly before answering"; "I know I can do this – it went well at rehearsal", or "Let me slow down and think about this carefully".

There are, of course, certain difficulties with this notion of Education theory. As we go through life, we never find ourselves in exactly the same situation twice. Even if it were theoretically possible to arrive in the same situation twice, the fact that we had been there before, and knew what had happened last time, would inevitably change the situation for us. Learning experiences are never the same for two individuals, and the outcomes are never certain. We can learn from these unique and one-off experiences.

At the same time we do recognise some situations as being very like, or very similar, to others. We build up a personal stock of experience about what happens in situations like this. Human behaviour is full of near repetitions and similarities in how it plays out. It is this wealth of personal and individual experience that the teacher builds up over time in the classroom. What we need, in terms of Education theory, are formal ways of helping teachers to sift this knowledge and keep it readily available to be applied in slightly different circumstances in fresh classrooms every day.

I am suggesting that an understanding of people as self-regulating and complex systems can help with that. When I first started teaching I used to hate Tuesdays. Last thing on a Tuesday afternoon I had a class who arrived from physical education. They were hot, they were tired and they were in no mood to settle down to a quiet lesson. That last double lesson on a Tuesday normally went badly. Worse still was to come, as I had them for the first lesson on Wednesday morning, and the experience of Tuesday afternoon meant that I went home depressed, worrying about what would happen in the morning after such a poor lesson on Tuesday afternoon. In the event, of course, it was always a different class – they were fresh, awake, interested, and the lesson was normally delightful.

That recognition, that people have their own internal rhythm and are following a different trajectory, not simply

the one that we wish to impose upon them, can help us to understand why people behave the way that they do. At the very least, it could help young teachers to understand that not every lesson is going to turn out the way that they hope, however well they plan and however well they put that plan into practice. The young people that we deal with are planning and reflecting on their plans too, and their plans may not match up with ours, at least for the time being.

I end this presentation with a picture of the Mandelbrot Set (Figure 4).

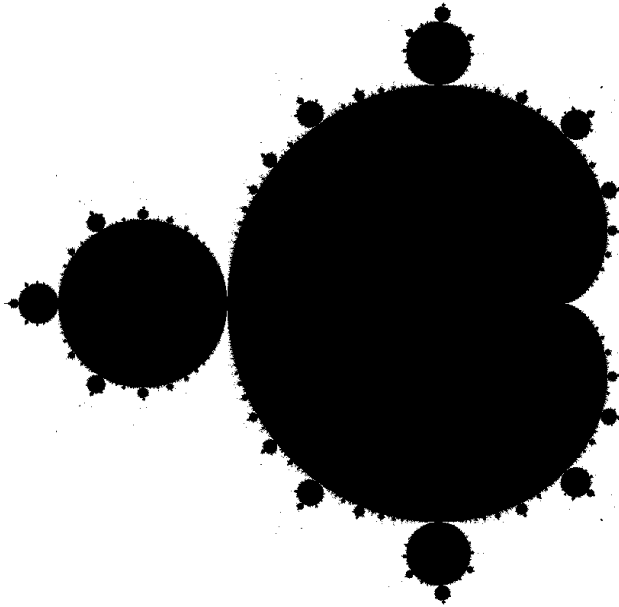
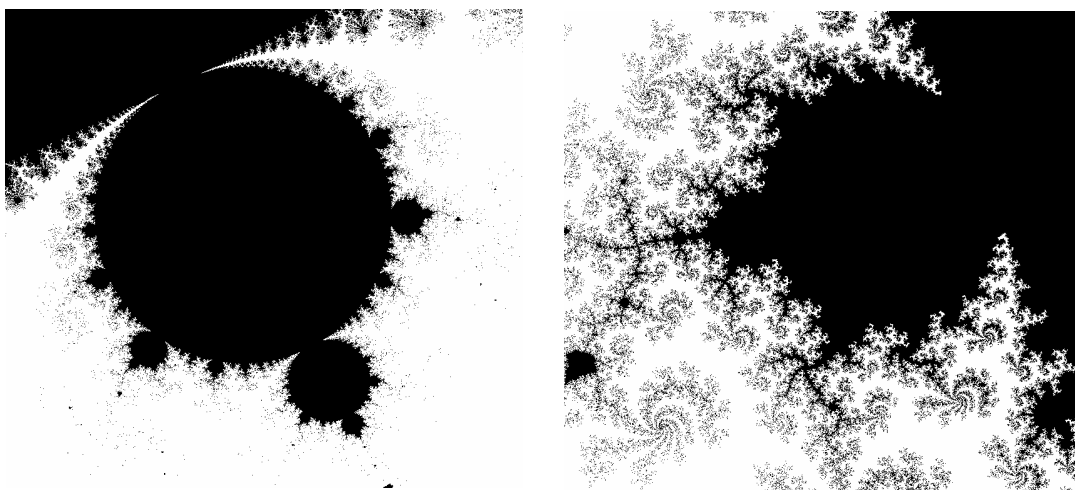


Figure 4: the Mandelbrot Set

The Mandelbrot Set is a complex pattern, based on relatively simple rules, which illustrates the notion that multiple feedback loops can produce patterns of stunning complexity, with large patterns being repeated with similar patterns at ever smaller scales. There are, as can be seen in the figure, relatively simple areas that are either black or white. But in between those areas are complex patterns where the different colours are mixed in infinitely intricate patterns, and where, if one magnifies the pictures in the hope of finding simplicity, the image remains as complex as ever.



5a

5b

Figure 5: Parts of the Mandelbrot Set

Figure 5a shows a small part of Figure 4 magnified many times, while Figure 5b shows a small part of Figure 5a magnified many times. What can be seen is that as we proceed to closer and closer examination of the image, similar patterns repeat, not exactly the same, but recognizably having ‘family resemblances’. Equally important, the complexity never disappears; we can never focus in until there is a sharp boundary between black and white.

And this is a metaphor that I think is helpful in trying to model people in the learning process, in educational settings. The intricacies of each individual can never be fully known, or fully catered for, even though some of the larger scale interactions of people can be predicted with some confidence, and should be predicted with some confidence in order to make our institutions run as effectively as possible.

People follow similar patterns at different time scales, so that patterns of concentrated, fixed attention can be seen over periods of years, as individuals work on their skills in extended practice sessions, but every now and then need a ‘holiday’ to refresh themselves. Similarly, over the course of a one hour lesson, a person may be intensely engaged most of the time, but nevertheless take a short break to daydream or to wonder about some tangential possibility. It is not possible to trace clear causal patterns from initial conditions to eventual outcomes, because the individual is following some patterns and rhythms that are entirely personal to them. Nevertheless, some features of those patterns can be discerned, and that means that we as educators can help students to learn, even though that learning remains unique to them and cannot be controlled by us.

I hope that this introduction has given some insights into what I think is a new way of looking at the behavior of people, not as though they were machines or automata, but based on the idea that they are complex and self-regulating, and will use the education that we provide in ways that fit with their own perspective. We are only just beginning to understand what such an understanding of people could mean.

References

Martin, Edwin (2010) “John Conway’s Game of Life” at <http://www.bitstorm.org/gameoflife/> accessed 12 July 2010

Turner, D.A. (2004) *Theory of Education* (London: Continuum)

Turner, D.A. (2007) *Theory and Practice of Education* (London: Continuum)

van Geert, P. and Steenbeek, H. (2008) “Understanding Mind, Brain, and Education as a Complex, Dynamic Developing System: Measurement, modelling, and research”, in Battro, A.M., Fischer, K.W. and Léna, P.J. (2008) *The Educated Brain: Essays in Neuroeducation* (Cambridge: Cambridge University Press)

WinLife32 (no date) “The Winlife32 Page” available at <http://www.winlife32.com/> accessed 22.06.2010 atics.

2010年6月29日、武庫川女子大学文学部教育学科でのセミナー
Seminar on 29 June in Mukogawa Women's University

教育における理論と実践

Theory and Practice of Education

デイビッド・ターナー*著 (大津尚志**訳)

David A. Turner* (translated by OTSU Takashi**)

御来場いただき、教育における理論と実践についてお話しさせていただきます。有り難く存じます。

教育理論に関して、我々がしようとしている、あるいはわれわれがすべき観察についてから始めさせてください。教育理論を考えるとときには、我々は実際に自分の目的と意図をもって生き、呼吸をし、感じている個人である人について扱っていることを決して忘れてはいけません。この単純な言明から含意される個人の多様性や幅をみると、我々が人についてなにかを予言できるというのはおそらく驚くべきことでしょう。しかし、われわれは相当な正確性をもって、ある年のある季節のある日の特定の時間の交通渋滞や、スーパーマーケットの食料セールのように、ある事柄については予言できます。

しかし、我々はある人について、すべてを予言しようとすると、われわれはその人の人格やその人のどのような選択をするかという能力、自由意思について尊重することはできなくなる。教育理論は教育計画をたてる人に対して役立つ予言をするべきである。しかしそれは、自由と我々がみんなしようとする人としての決定の独自性を尊重すべきです。

私は別のところで、教育理論は以下の3点の原理にもとづくべきという意味であると論じました。

- ・個人の自由意思の幅を許す道徳的なものであるべき
- ・人の教育経験を発達させる方法に、一つの正しい道以上のものがありえるという、複数の中心があるべき
- ・理解のレベルについて、さらに個人、学校、社会にはより広い範囲で部分的な自律性を認め、我々はその人がどこの学校に通っていても、両親が何をしても、テストでどのような結果を残しても、脳のスキャンでどのような結果を示したかを知っても、その人についてすべてを知ることができるという前提には立たないようにするべきである。(Turner, 2004:13-14)

個人は自分のおかれている状況に対して、単純に機械的なやり方で反応するものではありません。人は自分のすることに計画をたて、自分で何とかし、考察を行う。手短かにいえば、各個人が複雑な自己統制のシステムです。そして、そのシステムは「カオス理論」「複雑性 (complexity) 理論」というタームを用いて理解できます。我々はすべての人がある点で「似ている」とか、同じことをするとか、同じことをするすべての人が、ある点で「似ている」とかという前提に立つことはできません。(Turner, 2007:27-29)

複雑性の科学は天気についての研究を複雑なシステムとみることに始まります。そのシステムとは、複雑なフィードバックと順調にすまない反応の多様なレベルです。コンピューターがいまほど信頼できる時代ではなかったとき、天気予報のシステムをつくるには研究者は長年にわたる実験がときどき立ち往生し、実験をふたたび最初から始めるのにコストと時間がかかるものでした。それゆえ、止まったところからモデルを再スタートさせることにより時間を節約しようとしていました。しかし、条件を少しかえただけで(コンピューターの性能のために長い桁の数字を最後まで認識できないということがあって)起きる結果に大きな違いが導かれるということを発見しました。天気予報のシステムはある一般的なパターンや規則性があるにもかかわらず、細部にまでわたるパターンを見つけ出すには、そのシステムがはじまった条件というまさに独自の条件に依存しています。

同様に、鳥の群れや魚の群れは大変特徴的な型で移動します。もし各々の鳥は群れの中央の近くのどこかに飛ぼうという動きをすると我々が仮定すると、その結果鳥が一日の終わりに集まってねぐらにつくまでに大きな群れをなして飛んでいるのを見るときと同じ、飛びかかる、襲来するパターンとなります。

「人生ゲーム」は四角形のマトリックスからなります。各四角形が ON (生きている) あるいは OFF (死んでいる) のどちらかです。人が生きている区画は、もし隣に2, 3人

* グラモーガン大学 (University of Glamorgan)

** 武庫川女子大学 (Mukogawa Women's University)

ただしそれ以上でない人が生きていたら、次の世代も生きています。死んだ区画はもしちょうど3人の隣人が生きていれば、生きることとなります。

このルールを図1の最初の形にあてはめることを考えましょう。各々の黒い(生きている)区画は、もし2, 3, の隣人も生きていたら、生き続ける。さもなければ、それは白い(死んでいる)区画となります。各々の白い区画は、

ちょうど3つの隣が黒でないかぎり白でありつづけます。3つの隣が黒であれば、それは黒(生きている)に変わります。続いていく世代において、形は図1のように姿をかえます。それが、最初とまったく同じかたちにもどるまでにです。しかし、それは、格子をよこぎって動いています。この形は「すべり」として知られる特別な形です。

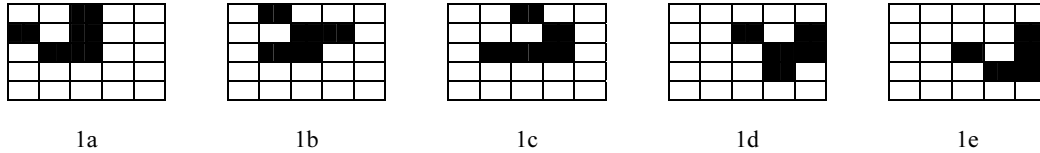


図1 5世代をへてうごく「すべり」

ランダムな形からはじまって、パターンは世代をへて図2に現れるパターンになっていきます。これは、熱狂した活動のおこなわれる地域が点在する、安定はしているがあまりおもしろくない形の広い地域です。図2はパターンが活動的な地域の集まり、群れという印象をあたえるが、すべての効果はプログラムが動いているときにしかみることができず、群れが動き、特徴的なパターンで集まることから、そのイメージは動的である。これらのパターンはランダムな最初の条件にかなりひろい幅があることによります。

ある意味で、パターンはすべて同じとすることができるが、それは全く正確とはいえません。現出しているパターンが似ていて、容易に観察者に認識されたとしても、生きた細胞の同一の形状はありえません。プログラムを設定して動かすことは、独自の生きた細胞のパターンをつくりだす。それが、異なったパターンが同一であるかのように目に認識されたとしてもです。

うまく一緒に遊んでいることは、次に一緒に遊ぶときに

もうまくいくことにつながりがちです。一方で一人で遊んでいる時間は、次も一人で遊ぶことにつながります。もし物事がうまくいっていたら、子どもはなにも変えようとするインセンティブを持ちません。

しかし、新しいパターンの協力や孤立がおこったとき、時々彼らは変えようとします。それゆえ、子どもの行動はパターンを示すが、子どもは同時にパターンの奴隷ではありません。

要するに、私が言いたいことは、人々は複雑に、自己統制するシステムにおいて行動するということです。特に学習する時、そして積極的な学習経験がさらなる学習へとつながるときです。複雑性理論のフォーマリズムは1970年代にさかのぼる比較的新しいものですが、人間が自己統制システムとして学習するという洞察はそう新しいことではありません。ヴィゴツキーは複雑性理論から提供されるツールを持ちあわせていなかったが、もし彼が今日生きていたら複雑性理論を完全に受け入れると私は考えます。

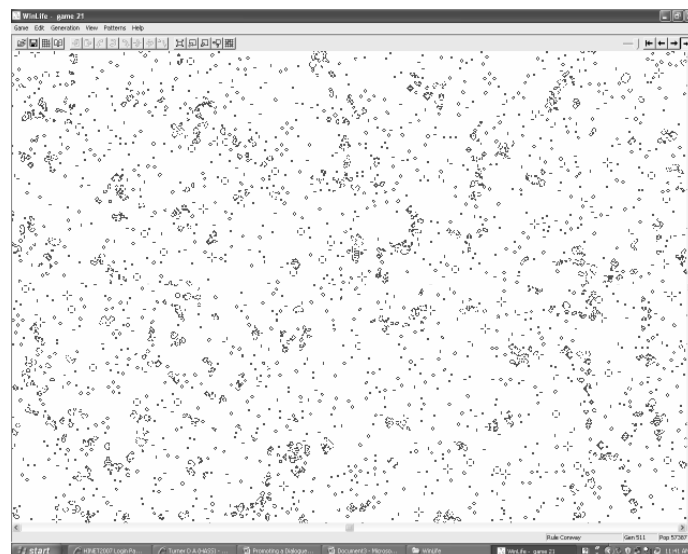


図2 コンピュータープログラム“winlife32”におけるスクリーン写真(出典, Winlife32, no date)

ヴィゴツキーはパブロフの研究者です。彼の出発点は、パブロフによってなされた刺激と反応に関する条件づけという有名な業績にありました。それゆえ、例えば、我々はみんな、熱いものに触れると手を引っ込めるという反応をするように生まれています。それは苦痛という無条件刺激

が無条件な反応を導きだします。しかし、訓練によって条件刺激が無条件刺激にも変わることがあります。警告の標識や、注意の叫び声が危険から我々を避けさせてくれるときのように。

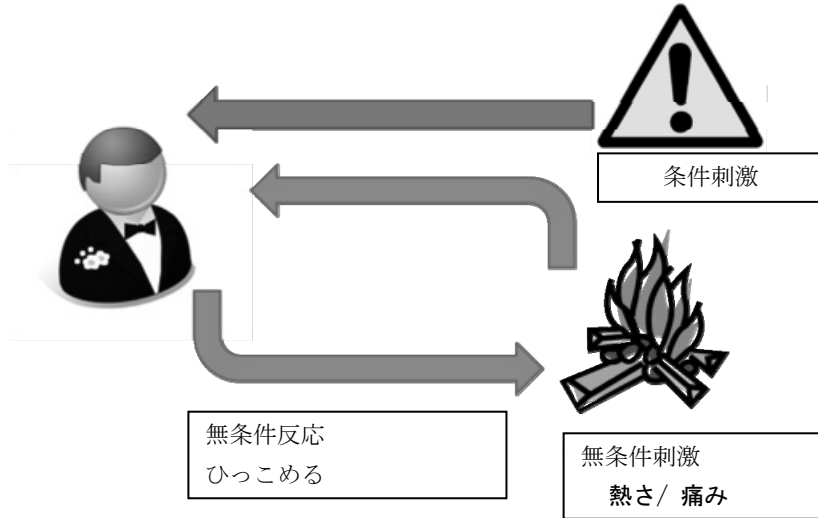


図3 条件刺激が生まれつきの反射に加わる

次第に、無条件刺激はまったく必要なくなります。そして、条件刺激のみが反応を作り出すことができます。ヴィゴツキーの洞察は、この必要性が話の結論ではなく、言語によって付け加えられることによって、条件刺激がより洗練されていくことです。ただ一つの警告の言葉で、叫び声と同じ劇的な効果をもたらすこと、あるいは危険の概念ののぞましい結果をもたらすことです。条件刺激は過程の反復によって、よりわずかなもの、より特定のもの、よりわずかな刺激によって、大きな反応を作り出すこととなります。

ヴィゴツキーは大変早い年齢から、我々は言語について三つのものを発見していると述べています。第一は、両親に何かをするなどいわれたときに、他人は我々の行動を言語を使うことによって、統制、管理することができるということを我々は発見するという事。第二に、我々は他人の行動を言語によって統制することができる事と発見すること。事実、ヴィゴツキーは我々の最初に口に出すことはおそらく「お母さん」のようなものであり、それは「ミルクをください」とか「抱き上げて」とか「抱いて」とかというようなことを意味します。そして最後に、我々はなによりも最も重要なことを発見します。それは、我々は自分の行動を言語を用いて統制することができる事である。「私は答えるまでにゆっくり10まで数えるよ」「私はこれができることを知っているよ。それは練習の時にうまくいったから」あるいは「ゆっくりとよく考えさせてください」とか。

もちろん、ここには教育理論の観念としては難点があります。われわれは人生を生きるにあたって、自分自身を二度と全く同じ状況に見出すことはできません。かつていた状況に同じ状況に二度いることが理論的に可能であったとしても、前におきたことが必然的に我々の状況を変えてしまいます。学習経験は二人にとって同じであることはなく、結果は確かではありません。われわれはこれらの独自の一回限りの経験から学ぶことができます。

同時に、我々はある状況を他人にとってとても似た、同じものとして認識します。我々は似たような状況で起きていることについて、個人的な経験のストックをつくりあげます。人間の行動がどのようにできるかは、反復性、同一性に満ちています。教師が教室のなかでつくりあげるものは、人、個人の経験の財産です。教育理論の名において我々に必要なことは、教師に毎日が新鮮な教室においてわずかに異なっている状況に知識を動員して、あてはめつづけることができるように、教師をフォーマルなやりかたで助けることです。

私が提案するのは、人を自己統制と複雑系のシステムと理解することは、その助けとなるということです。私が教師をはじめたとき、私は火曜日が嫌いでした。火曜の午後の最後に、体育の授業からかえってきたクラスを持っていました。子どもたちは熱く、疲れていて、動きのない課題にもとりかかろうとする雰囲気にはありませんでした。火曜日の最後の2回分の授業は通常うまくいきませんでした。さらに悪いことに、彼らのために水曜日の朝の最初に授業

をするときは、私は火曜日の午後の経験のためにつかれて家に帰ったあとであり、火曜の午後のうまくいかなかった授業の後になにがおこるか朝心配していました。もちろん実際のところは、それは別のクラスでした。彼らは元気で、覚醒していて、興味を持っていて、授業は通常楽しいものでした。

人は自分自身の内なるリズムを持っていて、異なった軌道（それは、我々がそれにつけこもうと欲するものばかりとはかぎらない）に従おうとするという認識は、我々がなぜ人はそうするようにふるまうのかを理解することの助け

となります。少なくとも、それは若い教師に授業がどのようにうまく計画を立てたところで、どのようにうまく実践できたとしても、いつも自分の思ったような結果には進まないことを理解させることの助けとなります。われわれが扱っている若い人々も自分の計画をたてたり考えたりしています。そして彼らの計画は我々の計画とあわないこともあります。少なくとも当分の間は。

私はこの発表をマンデルブロの絵を用いてしめくろうと思います。(図4)

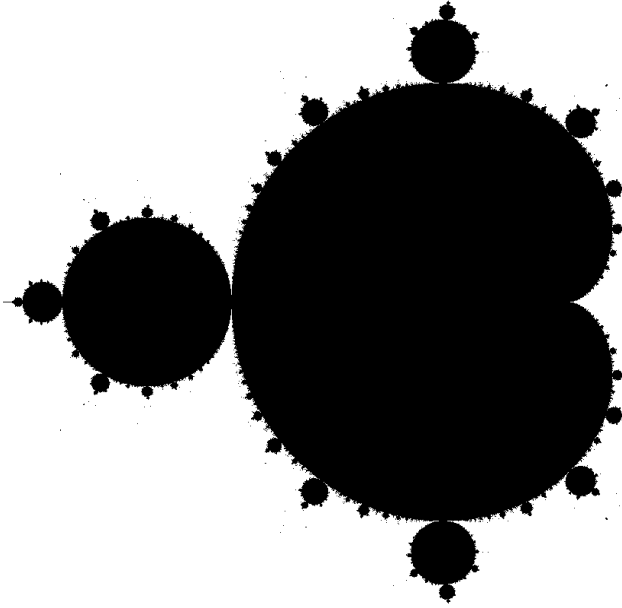
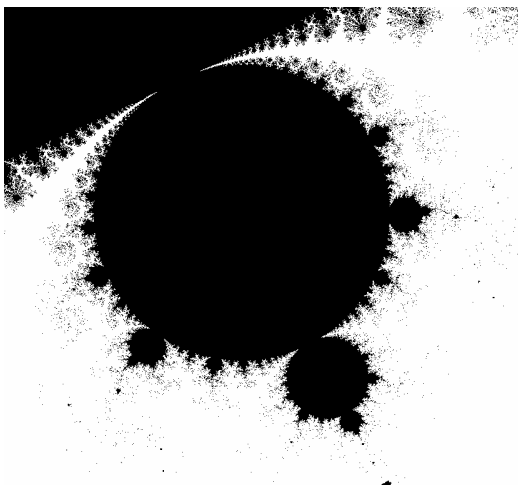


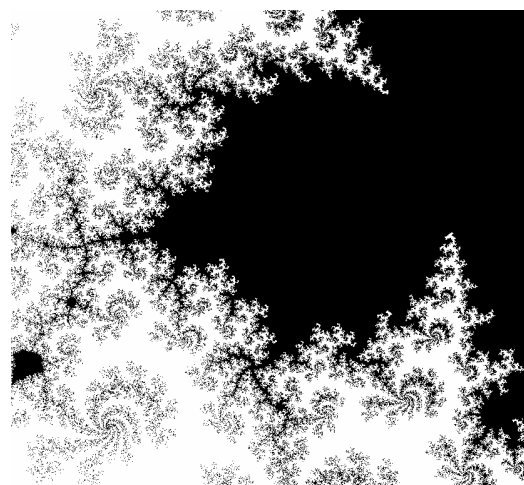
図4 マンデルブロ集合

マンデルブロ集合は比較的単純なルールにもとづいた、複雑なパターンです。それは、多様なフィードバックの輪がおどろくべき複雑なパターンを作り出すことができる、大きなパターンはより小さなパターンと同じ繰り返しによって、という観念を示しています。図にみる事ができる

ように、黒か白かの比較的単純な領域がある。しかし、その領域の間は、無限に込み入ったパターンの異なった色が混じりあった複雑なパターンがある。そしてそこでは、もし単純さを見出すことを期待して絵を拡大したら、イメージは複雑なままであります。



5a



5b

図5 マンデルブロ集合の一部

図 5a は図 4 の小さな部分が何度も拡大させたものを示します。一方で図 5b は図 5a が何度も拡大させたものを示します。われわれがみることができるものは、より接近をかさねて、イメージや似たようなパターンの繰り返しに近づいていったとしてもすべて同じではなく、認識されるのは「同一的な類似」を持つということです。同様に重要なことは、複雑性は決してきえることはないということです。白と黒の明瞭な境界に達するまで焦点をあてることは決して可能ではありません。

そして、私が思うにはこれは教育のセッティングをするのに学習過程のなかに人々をモデル化するのに助けとなる隠喩であります。各個人の複雑さは決して完全に知ることはできません。あるいは完全に応じることはできません。より大きなスケールでの人々の相互作用がある程度の自信をもって予測できるとしてもです。あるいは我々の制度ができるだけ効率的に機能するためにある程度の自信をもって予測されるべきであるとしてもです。

人々は異なった時代で似たようなパターンに従います。したがって、濃縮した固定した配慮のパターンが時代を超えてみることが出来ます。集中的な期間働いていた個人にとって、ときどき「休日」が自分をリフレッシュさせるために必要であるということのように。同様に、一時間の授業において、人はほとんどの時間集中しているかもしれないが、それでも空想にふけるために少し休んでいたり、何か無関係なことを考えていたかもしれません。明瞭な日常のパターンを最初の条件から必然的な結果をあとづけるこ

とは不可能です。なぜならば個人は、完全にその人個人のいくつかのパターンやリズムに従っているからです。しかし、これらのパターンのいくつかの特徴は認識することができ、それは我々は教育者としてたとえ、学習がその人にとって独自のものであり我々がコントロールできないとしても、生徒を学習させることを助けることができるということの意味しています。

私は、この序論が人々の行動についての新たな見方についての私が考えることへの洞察を与えることを期待しています。人々は機械、自動操作ではないが、複雑で自己統御であるという観念に基づいて、そして人々は我々の提供する教育を自分にあう見方で使うことを。われわれは人々に対するこのような理解が意味することができることを、ちょうど理解しはじめたにすぎません。

<付記>

- ①本セミナーは、2010（平成 22 年）度の武庫川女子大学臨床教育学研究科博士後期課程特別経費事業・研究テーマ「教育学における「理論－実践」関係の研究Ⅲ《教育学領域》」（特(研)院教育学，予算コード 21055，事業代表者・山崎洋子）の助成を得て実施した。
- ②本学においてご講演いただいた、デイビッド・ターナー氏に感謝申し上げます。なお、本翻訳は訳者の大津が数学に不案内なこともあり、不十分なところがあると存じますが、その点は御叱責を賜れば幸甚に存じます。

－参考文献－

Martin, Edwin (2010) “John Conway’s Game of Life” at <http://www.bitstorm.org/gameoflife/> accessed 12 July 2010

Turner, D.A. (2004) *Theory of Education* (London: Continuum)

Turner, D.A. (2007) *Theory and Practice of Education* (London: Continuum)

van Geert, P. and Steenbeek, H. (2008) “Understanding Mind, Brain, and Education as a Complex, Dynamic Developing System: Measurement, modelling, and research”, in Battro, A.M., Fischer, K.W. and Léna, P.J. (2008) *The Educated Brain: Essays in Neuroeducation* (Cambridge: Cambridge University Press)

WinLife32 (no date) “The Winlife32 Page” available at <http://www.winlife32.com/> accessed 22.06.2010