

熟達者と初学者

【キーワード】 熟達者の特徴、熟達を促す要因

教科の中での知識の学習にせよ一般的なスキルの獲得にせよ、学習には必ず「変化・変容」がみられます。変化・変容の典型的なものは「知らなかった」ことを「知る」ようになることであり、「できなかった」ことが「できる」ようになることです。

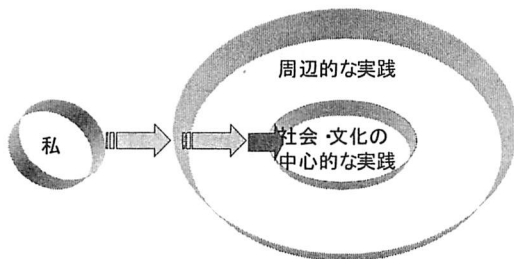
この変化・変容に時間軸をあてはめて「発達」的な変化だとみなすと、それぞれ前者が初学者・初心者（novice：以下ノーヴィスとします）であり、後者が、知ったりできたりするようになる中級者（advanced）、さらにそれが熟達していくと熟達者（expert：以下エキスパートとします）ということになります。この変化過程が熟達化（expertization）の過程です。

1. 熟達化のフィールド

ひとことで熟達化といっても、学校的学力に結びつく「勉強」の熟達化、車の運転やパソコン活用等のスキルの熟達化、楽器の演奏や絵画・彫刻等芸術分野での熟達化、科学者・研究者としての熟達化、さらにいえば社会に生きていく存在としての人間自身の熟達化、とさまざまなレベルがあることに気づきます。これらのレベルは、そこで発達の的に変化をしていくそのフィールドの違いである、と言えます

いずれのフィールドにおいても、モデルとしてのエキスパートの存在がノーヴィスに対して何らかの形で影響を与えています。たとえば学校では、先に生まれて沢山の知識・スキルを持っている先生と、何も知らない1年生の関係があり、エキスパートはノーヴィスに積極的に熟達化をはたらきかけます。これが「教育」と呼ばれる営為の1つの側面です。芸術・芸能分野における師匠と弟子の関係もこうした部分がありますが、ここでは「正統的周辺参加」という形で、必ずしも「教え」ないことも多々あります（図11-1）。

< LPP >



★図 11-1 正統的周辺参加 (田中, 2004 図3より)

★表 11-1 エキスパートの特徴 B (Glaser & Chi, 1988; Chi, Glaser&Farr, 1988)

1. エキスパートは自分の関係する特定の領域のことがらに抜きん出ている。
たとえば、化学者のエキスパートは政治の問題に対して、まるでノーヴィスのような解決法しかできない。
2. エキスパートは、自分の関係する領域において多くの意味あるパターンを知覚する。
たとえば、X線写真の解釈において、医者エキスパートは、ノーヴィスでは見落とす「パターン」を発見する。
3. エキスパートは早くて正確である。自分の関係する領域においてスキルの実行や問題解決が、ノーヴィスに比べて早く正確である。
4. エキスパートは短期記憶・長期記憶が卓越している。時によって短期記憶の限界（「7 ± 2 チャンク」）を超えているかのようなパフォーマンスをみせることもある。
5. エキスパートは自分の関係する領域において問題をより深いレベルで解釈したり表象したりする。ノーヴィスは問題を表層的にしかみない。エキスパートは意味や原理・原則に基づいて問題状況のカテゴリ化を行なおうとするが、ノーヴィスは表面的な処理しかない。
6. エキスパートは問題を、十分な時間を使って質的に分析しようとするが、ノーヴィスはすぐに既存の知識やスキルをあてはめて解決しようとする。
7. エキスパートはより力強い自己モニタリングのスキルを持っている。

2. エキスパートの特徴

エキスパートとノーヴィスの違いについては、さまざまな観点からまとめることができますが、代表的な見解を紹介します。

一つは、『人はどのようにして学ぶか』という観点から国家的なプロジェクト研究の成果をまとめた本で紹介されている「エキスパートはノービスとどう違うのか」という部分です (Bransford, et al., 2000; 以下「エキスパートの特徴 A」とします。) 内は表 11-1 の B との対応する番号を示します。

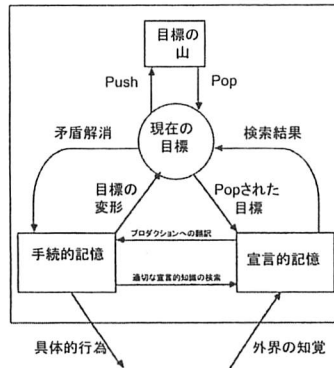
- ①情報からの意味あるパターンの読み取り：エキスパートは、ノーヴィスでは気づかないような特徴ある情報、意味あるパターンに気づく。(B 2)
- ②知識の組織化：エキスパートは当該のことがらについての深い理解を映し出すような形でその領域の内容についての知識をたくさん獲得している。(B 5)
- ③知識の文脈性・利用可能性：エキスパートの持っている知識は、ばらばらな事実や命題のいくつかの集まりという形に還元することはできない。むしろそれはどんなところでそれを適用できるかという可能性を示したものである。すなわち知識は一群の状況の中に条件づけされた (conditionalized) ものである。(B 1)
- ④よどみのない検索：エキスパートはほとんど注意する努力なしに自分の持っている知識の重要な側面を柔軟に検索することができる。(B 3、4)
- ⑤熟達化と教えるということ：エキスパートは自分の守備範囲については完璧に熟知しているが、このことで、彼らがその内容を他者に教えることができる、ということを保証しているわけではない。
- ⑥適応的熟達化：エキスパートは、新たな状況に対して接する際にはさまざまに柔軟なレベルで対応することができる。

もう一つは『熟達化の特徴』というそのものずばりの本にまとめられた見解です (Glaser & Chi, 1988; Chi, Glaser & Farr, 1988 : エキスパートの特徴 B)。

3. 認知モデルと熟達化

エキスパートの特徴については上にみたようにさまざまな論があります。ここで知覚や記憶・学習・思考を総合的に捉えようとしている認知のモデルを紹介し、上記のそれぞれの論を統一的に捉える視点を共有しましょう。

アンダーソンは、1970 年代からずっと思考の統一的な説明に関心を持ち、



★図 11-2 ACT-R モデル図 (Anderson&Lebiere, 1998)

★表 11-2 目標の山 (Goal Stack) について (Anderson&Lebiere, 1998)

山(スタック)とは、先入れ後出し (first-in last-out) の原則で情報を蓄積する考え方。カフェテリアのトレイを想像すればわかりやすい。トレイの山に置かれた最後のものは最初に持っていかれる。目標の山で言えば、ある目標が「はじける」あるいは取り除かれるとその次に最も直近におかれた目標がとりにいわれる。目標の山は問題解決をしている人の意図の階層を示したものである。すなわち、一番下におかれた目標が最終目標であり、その上のはその下位目標、その上はさらにその下位目標・・・となっている。

★表 11-3 有機的な関係

まず、現在の目標にあったプロダクションをたくさんのプロダクション記憶の中から、矛盾解消の過程を経てあるプロダクションが選択される。たとえば最終目標が「雨の日に濡れずに家まで帰る」であった場合、「もし雨なら傘をさす」「もし雨なら外出しない」「もし雨ならタクシーを拾う」「もし雨なら走って帰る」「もし雨なら・・・」と、さまざまなプロダクションがあるが、それからどれかを選ぶ。

そのまま行動におこすこともある（たとえば傘をさす）が、「濡れない」という現在の目標を変えて別のプロダクション（走って帰る）を選ぶこともある。このことが目標の山を pop したり push したりすることになる。また、豪雨だと走るのもやめて「タクシー 1 区いくらだったかな」と「タクシーは 1 区・・・円である」という宣言的記憶に検索をかけ、その結果でまた現在の目標を実行したり変えたりすることもある。

上の ACT-R の図には、どのようにして新しいチャンクやプロダクションが創られるのか、という部分を「宣言的記憶」と「手続的記憶」の両者を結ぶ矢印で示している。プロダクション記憶＝手続的記憶は、宣言的記憶から翻訳(コンパイル)される。宣言的記憶のチャンクは目標が pop されたり、以前やった解法が反映されたり、外部環境の知覚などから新たに創られる (Anderson& Lebiere, 1998)。

ACT モデル（アクトモデル: Adaptive Control of Thought）を提唱してきました。ACT モデルは進化を続け、1983 年に ACT*（アクト・スター）に、1993 年には ACT-R（アクト・アール）に発展していきました（図 11-2）。

ACT-R では、知識の種類として宣言的知識と手続き的知識という 2 種類の知識を想定します。

宣言的知識は、「A は B である」という形で表現され、A と B の部分の同格性、等質性を宣言した形の知識です。「日本の首都は東京である」とか、「3 たす 4 は 7 である」とかもこの種の知識になります。この種の知識はこのモデルでは「チャンク」という形で表現されます。

一方、手続き的知識は、行動が行なわれたときに背景に持っている知識ですが必ずしも意識的にその知識に気づいているわけではありません。赤信号でブレーキをかけるのは、「もし信号が赤ならブレーキを踏め」という手続き的知識があるからですが、いつもそれを意識しているわけではありません。

こうした手続き的知識は、プロダクション記憶、という言い方をすることもあります。すなわち、「もし P ならば Q せよ」あるいは、「もし Q すると P になる」という形で、行為・活動とその結果起こる現象の関係を表わしたものです。

ACT-R では、こうした 2 種類の知識の記憶（「宣言的記憶」、「手続き的記憶」）に加えて、行動に導く意図を階層化して示した階層的目標の記憶である「目標の山」という 3 種類の記憶を想定します（表 11-2）。これらは真ん中にある、当面注意を集中すべき「現在の目標」を介して有機的につながっています（表 11-3）。複数の該当するプロダクションの矛盾が解消されていずれかが実行され「現在の目標」が達成されると、「目標の山」から次の目標が「現在の目標」に持ってこられます（表 11-4）。

こうしたモデルを背景にアンダーソンは、スキル獲得について 3 つの段階を紹介しています（Anderson, 1995）（表 11-5）。

4. エキスパートの種類

エキスパートの特徴のところで明らかにしたとおり、エキスパートにはノーヴィスにない明らかな特徴がいくつかあります。その中でも特に「何」が熟達化したのか、という点に焦点をあてると、エキスパートには少なくとも 3 種類

★表 11-4 矛盾解消ルールの決定パラメーター

そのプロダクションを選択したらどの程度目標到達に貢献できるかを示した期待値 (E) を、

$$E=PG-C$$

という公式で表現する。

P: そのプロダクションの実行で目標に到達できる確率

G: 目標到達の意義・価値の大きさ (デフォルトで 20 とする)

C: 目標の到達までにかかると思われるコストの大きさ

P はさらに、q と r に分割され、その積で定義される。

$$P=qr$$

q: 当該のプロダクションだけで目標到達ができる可能性

r: そのプロダクション以下に続くプロダクションで目標到達ができる可能性

また C は a と b に分割されその和で定義される。

$$C=a+b$$

a: プロダクションのコスト

b: プロダクションが実行された後、なお目標達成に必要なと想定されるコスト

目標到達の意義・価値の大きさである G は 20 とデフォルトで置かれるので、結局、P と C の値の決定、すなわち q,r,a,b の値の設定がそのプロダクションの価値の高さを示すこととなる。

q はデフォルトの 1 が推薦される。r もデフォルトは 1 であるが、1 以外の値もありうる。

a は、プロダクションが実行される実際の時間的コスト、すなわち、人間の「行為」の最小時間単位 50msec をデフォルトとし、0.05 で表わす。

b はデフォルトは 1 であるが、それ以外もありうる。

以上のことから、PG-C ルールは結局、qrG-(a+b) ルールとなり、推奨されるデフォルト値をあてはめると、

$$E=PG-C= qrG-(a+b) = 20r-(0.05+b)$$

ということで、r が大きい場合、または b が小さい場合、そのプロダクションが解消ルールから選択される可能性が高くなることがわかる。

のエキスパートが存在することがわかります。

- ①手際のよい熟達者 (routine experts) : 最も顕著な差は、ある課題状況における手際のよさで、すばやくパターンを読み取ったりたくさんのことを記憶したりすばやく検索してそれを実行する、といった、入力から出力に至る情報処理の手際よさです。

ACT-R のモデルをみればわかるように、それぞれの矢印の進行の効率化・正確さが「訓練」によってルーチン化したもので、こうしたタイプのエキスパートを手際のよい熟達者と呼びます。これは、スキルの熟達化の特徴で、一定の、固定化された環境の内部にいる限り、きわめて効率的な正確な行動が保証されます。

- ②適応的熟達者 (adaptive experts) : エキスパートは、自分の関連する領域のスキルについてのみ抜きん出ている場合もエキスパートと定義されますが、同時に、少々の環境が変化してもそれにきちんと応え得るようなスキルや知識を持っていることも要請されます。ACT-R のモデルでいえば、「知覚入力」から「現在の目標」に照らして最も適切な「手続き的記憶」にはたらきかけて「行為」に至る際、常にその手続きの意味の理解を「宣言的記憶」の部分に求めている場合、それが可能になります。

このように、ある手続きを遂行する際に、どうしてそれがうまくはたらくか、あるいは、どうしてそれぞれのステップが必要なのかを自問し、そこで扱われている概念的知識（「宣言的知識」）を構成するような形で熟達化した場合、これは、少々の環境変化にもかかわらず適応的な行動がとれることになります。こうしたエキスパートを適応的熟達者（波多野・稲垣，1983）と呼びます。エキスパートの定義Bでは、このように適応的であることそのものがエキスパートの必要条件と考えられています。

- ③創造的熟達者 (creative experts) : 以上2種類のエキスパートは、いずれも、一定の「再帰的課題」が与えられた状況の中でのスキルや思考・行動パターンの熟達化を示していますが、自分自身が「課題」を設定する創造的な活動領域ではもう少し異なった種類のエキスパートが存在します（表11-6）。

ここでは「課題」や「問題」は自ら生成する「アイデア」となり、そうしたアイデアを形にする知識・技術に熟達化していることに加え、アイデアを評価するメタ認知能力も重要となります。さらにそれに加えて、エキスパートであるためには、何よりもアイデアそのものを生成する技術を持ちその努力を継続している者こそがエキスパートといえるでしょう（岡田，2005）。

学校教育の場では、スキルの熟達化、思考の熟達化、行動の熟達化がそれぞれ

★表 11-5 熟達化の3段階

1. 認知的段階 (cognitive stage) : 獲得しようとしているスキルに関連する宣言的知識の獲得に専心する。知識が宣言的な形であるために、行動に結びつきにくく結びついても大変時間がかかる。いわゆるノーヴィスの段階。
2. 中級者段階 (associative stage) : エラーが減り、うまくやるためにさまざまな要素・要因をかき集める努力をする。行動はプロダクション・ルールに基づいて行なわれるようになる。
3. 自動化段階 (autonomous stage) : 手順は自動化され高速化される。スピードと正確さが飛躍的に改善される。まさにエキスパートの段階である。

★表 11-6 再帰的課題

再帰的 (recursive) とは、ある手順の中でその手順全体と同じようなことがらを入れ子構造のように行なうこと。ハノイの塔の課題 (図 8-3 参照) などが典型的であるが、「他者」に与えられた「課題」の多くは、いつかどこかでだれかが行なった手順を忠実に実行すれば解決されることが多いので、再帰的 (リカーシブ) な課題と考えられる。創造的 (creative) 思考・課題と対照的に考えられる。

れ以上の3種の熟達者を生み出す、と考えられます。また、基礎・基本、応用、発展の場面で要求される熟達者のモデルともいえるでしょう。

5. 熟達を促す要因

熟達化を進めることは教育の一つの目標でもあり、その要因を考えることは極めて重要です。どのような熟達者を想定するにしても、ここでは学習における「経験」に焦点をあてることにします。すなわち、経験の量と質の問題およびその結果構成されるチャンクの変化（チャンキング）です。

経験の量：1回限りの経験で「熟達化」とは誰も考えません。何十回何百回というくり返しが必要でスキルの自動化を生み出し、少なくとも手際のいい熟達者を生み出すことはできます。これは小学校教育においては「子どもたちの学習能力を高めるには、読み書き計算の反復練習しかない」（陰山，2004）という形で受け入れられている考え方です（図11-3）。

反復と同時に経験の時間的な「量」も重要です。

チェスの最高位であるグランドマスターや将棋や囲碁の名人・本因坊等は、経験年数10年未満でそれを獲得した人はわずかであるようです。また、10年未満の作曲修行や作曲活動で第一線の作品を書き上げた作曲家もいません（モーツァルトは別ですが、作曲開始後7年から10年の間に書き上げた曲は巨匠としてのモーツァルトではなく、子どものころの作品として有名です）（サイモン，1982）。

このように、一定の領域でエキスパートになるには10年を要する、という「10年ルール」がさまざまな分野で言われています。

経験の質：一方、熟達化は、時間をかけてくり返し経験するだけで得られるものでもありません。単にそれだけである場合には、「作業」であったり「遊び」であったりします。

熟達化を促す経験の質としては、それがよく考えられた実践（deliberate practice；Ericsson, Krampe,& Tesch-Romer, 1993）である必要があります。よく考えられた実践であるためには、そこでの活動は「作業」や「遊び」と違って、以下のような要件を備えている必要があります。

①教師やコーチは、高度なレベルの行為とそれに結びつく実践活動を得るための最

百ます計算・引き算

-	11	17	13	15	18	10	16	12	14	19	
4											月
6											日
2											(
7											分
5)
8											秒
1											
3											
9											
0											

★図 11-3 百マス計算 (陰山, 2004 P.67 より)

★表 11-7 THE GETTYSBURG ADDRESS

Four score and seven years ago our fathers brought forth on this continent a new nation, conceived in liberty, and dedicated to the proposition that all men are created equal.

Now we are engaged in a great civil war, testing whether that nation, or any nation so conceived and so dedicated, can long endure. We are met on a great battle-field of that war. We have come to dedicate a portion of that field as a final resting place for those who here gave their lives that this nation might live. It is altogether fitting and proper that we should do this.

But, in a larger sense, we cannot dedicate...we cannot consecrate...we cannot hallow...this ground. The brave men, living and dead, who struggled here, have consecrated it far above our poor power to add or detract. The world will little note nor long remember what we say here, but it can never forget what they did here. It is for us, the living, rather, to be dedicated here to the unfinished work which they who fought here have thus far so nobly advanced. It is rather for us to be here dedicated to the great task remaining before us...that from these honored dead we take increased devotion to that cause for which they gave the last full measure of devotion; that we here highly resolve that these dead shall not have died in vain; that this nation, under God, shall have a new birth of freedom; and that government of the people, by the people, for the people, shall not perish from the earth.

もいい方法についての知識を蓄積していくこと。

②個々人が、自分の置かれた状況についての重要なポイントに注目したり、自分の行為の結果についての知識（KR 情報）を自分で得たり教師からフィードバックしてもらったりして徐々に改善できるような経験をくり返しできること。

③改善すべき行為が何であるのが明確で活動が構造化されていること。

④弱点を補強するための特定の課題が課され、行為は注意深くモニターされていること。

⑤個々人は、その実践によって目的とする行為が改善されることを自覚してその実践に取り組めること。

⑥すぐに一時的な成果が得られるわけではなく、逆に教師やコーチといった環境を整えることでコストがかかることを理解し、長期にわたる実践の結果を期待せねばならない。

チャンキング：人間が情報処理を行なう際に最小限に意味を持つ単位をチャンク (chunk) といいます。「リシグンガ」はカタカナ5文字で5チャンクですが、「シンリガク」と並べば「心理学」ということで、意味を成した1単位=1チャンクになります。

8章でみたように、人間の思考を情報処理過程とみなす立場からは、こうしたチャンクが変化していく過程そのものが「学習過程」ということになります。

たとえば、リンカーンのゲティスバーグ演説を学習する事態を考えてみましょう。この演説は1863年11月19日にリンカーンが行なった、257語1449字という短い演説です（表11-7）。英語の初学者には、1449字1つ1つがチャンクで、1449チャンクの記憶課題になります。単語を調べるというレベルではこれが一気に257チャンクに、そしてくり返し復唱して暗記してしまったレベルではなんと、全体で1チャンクということになります。

このように、チャンキングは学習の基本で、記憶の最小ユニットにたくさんの情報量を詰め込む（あるいは詰め込まれる）ことが熟達化の1つの特徴となっています（トピック11-1）。

トピックス 11-1 チャンキングと熟達化

1 チャンクを長期記憶に移すのに約 10 秒必要とし、チェスのグランドマスター等、それぞれの領域のエキスパートは 5 万チャンクの知識を持っていると想定されます (サイモン, 1982)。単純に計算すれば 50,000 チャンクを長期記憶に移すのに必要な時間は 500,000 秒。1 日 2 時間その専門領域に関わったとして約 70 日でエキスパートが完成、ということになります。

逆に、10 年ルールからみていくと、10 年で 50,000 チャンクですから 1 年に 5,000 チャンク、365 日毎日そのことからの実践を行なったとして 1 日に約 14 チャンクの記憶、ということになります。14 チャンクの記憶に要する時間は 140 秒ですから、1 日 3 分足らずの努力の継続でエキスパートへの道が拓ける、という計算になるでしょう。

【引用文献】

- Anderson, J. (1995). *Cognitive Psychology and Its Implications* (Fourth Ed.) Freeman & Company.
- Anderson, J.R. & Lebiere, C. (1998). *The Atomic Components of Thought*. LEA.
- Bransford, J.D. Pellegrino, J. Cocking, R. & Donovan, S. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School* (Expanded Edition) National Academy Press.
- Chi, M.T.H., Glaser, R., and Farr, M.J. (1988). *The nature of expertise*. LEA
- Ericsson, K.A., Krampe, R., and Tesch-Romer, C. (1993). *The role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert performance*. *Psychological Review*, 100(3) 363-406.
- Glaser, R., & Chi, M.T.H. (1988). *Overview*. In Chi, M.T.H., Glaser, R., and Farr, M.J. 1988 *The nature of expertise*. LEA
- 波多野宜余夫・稲垣佳世子 (1983). 文化と認知－知識の伝達と構成をめぐって－坂元 昂編 思考・知能・言語 現代基礎心理学 7 東京大学出版会 191-210.
- 陰山英男 (2004). 奇跡の学力：土堂小メソッド 文芸春秋
- 岡田 猛 (2005). 心理学が創造的であるために－創造的領域における熟達者の育成 下山晴彦編著 心理学論の新しいかたち (心理学の新しいかたち 1) 誠信書房 235-262.
- サイモン, H.A. (1982). 新版システムの科学 稲葉元吉・吉原英樹訳 パーソナルメディア (Simon, H.A. *The Science of Artificial*, Second Edition, MIT press + *Rational Decision Making in Business Organization*. *The American Economical Review*, 69-4.)
- 田中俊也 (2004). 状況に埋め込まれた学習 (赤尾勝巳編 生涯学習理論を学ぶ人のために 世界思想社 第 7 章 pp.171-193.)