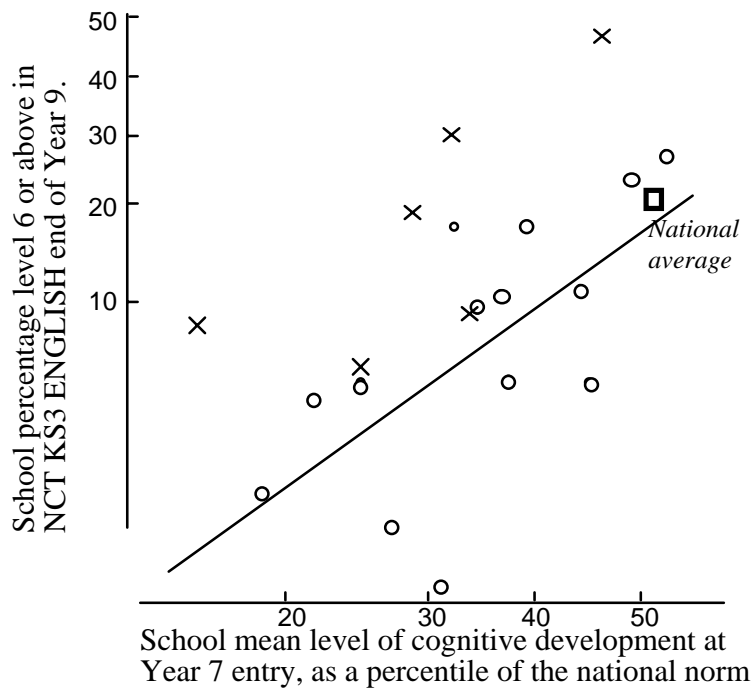
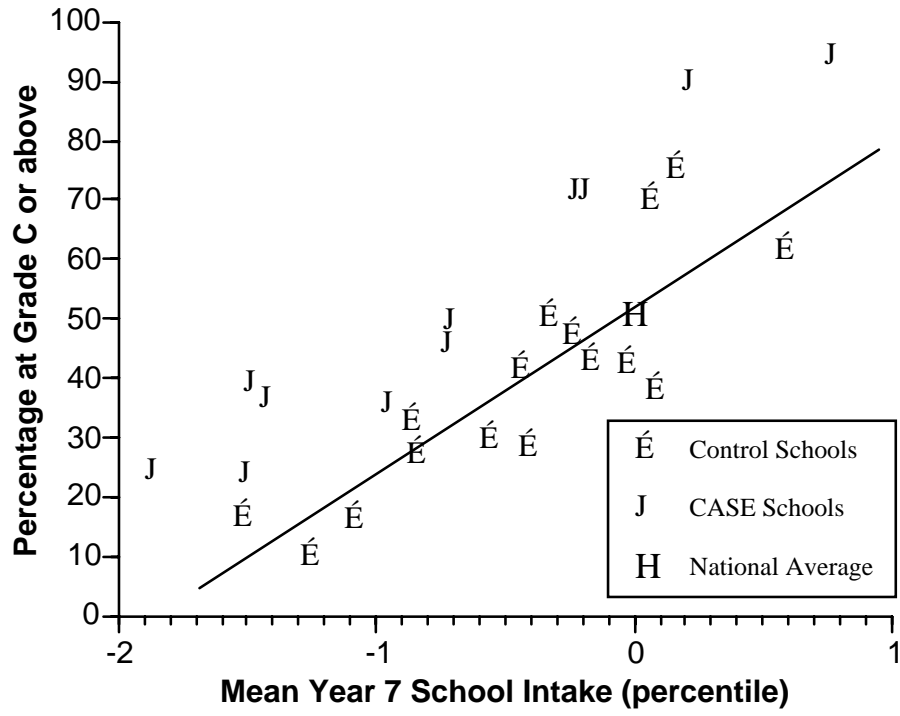


## 2c: English

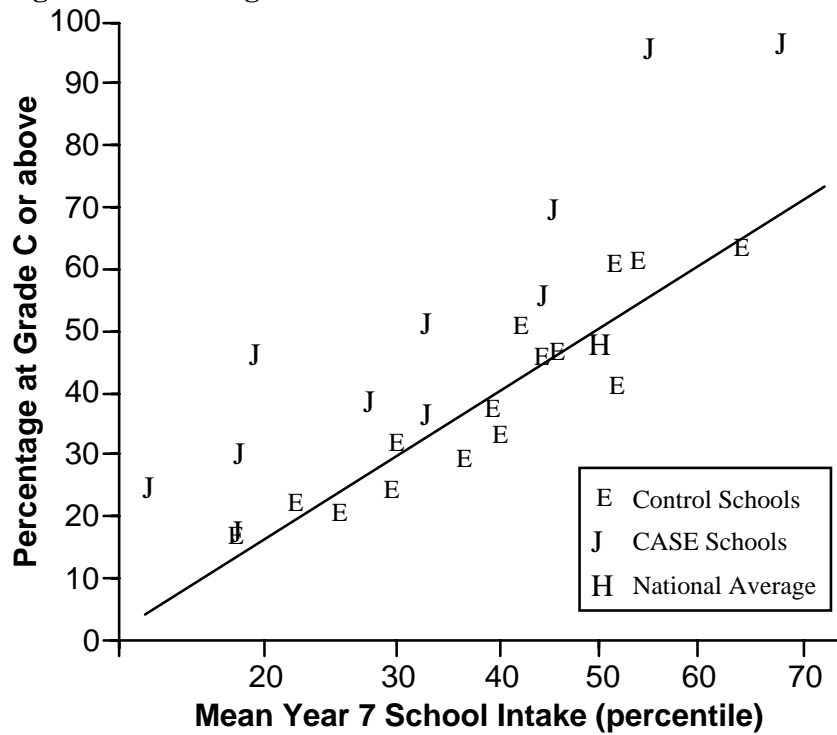


The 1995 and 1999 GCSE results for students who used CASE three years previously follow a similar pattern. It is analysed in exactly the same way as the KS3 data, except that the measure used for a school's mean success at GCSE is the percentage of students attaining grades A, B, or C at GCSE, on a scale which runs from A to G plus 'fail'. Grades A - C are generally considered a 'good' pass at GCSE and a basis for continuing education in that subject area. Figures 3a - c summarise the results for the 1999 GCSE. It is clear that the CASE intervention has systematically added greater academic value to students of a given starting cognitive level than is normal for non-CASE schools, and that the effect is on a general function of students which transfers beyond the science context in which the cognitive intervention programme is delivered.

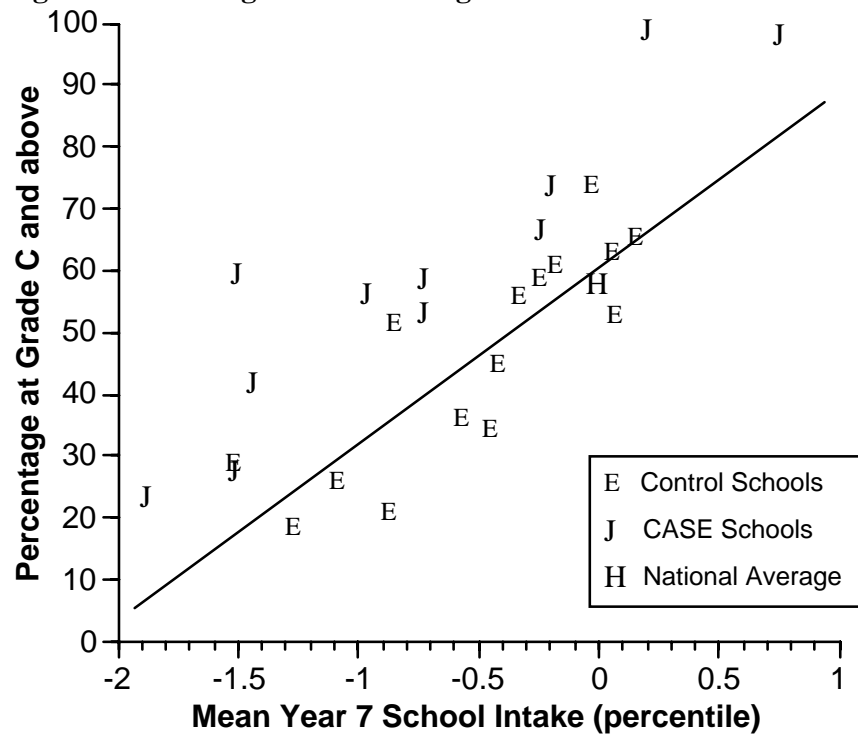
Figure 3a: GCSE grades 1999: Science



**Figure 3b: GCSE grades 1999: Mathematics**



**Figure 3c: GCSE grades 1999: English**



## **5 CASE and the Professional Development of Teachers**

It will be clear that teaching children to think is a subtle, complex process which cannot be reduced to a set of specific activities for teachers to follow. The reason that there can be no such thing as a 'teacher-proof curriculum' is that the process of teaching is an essentially human social enterprise involving myriad types of interaction between teacher and pupils. For teaching to be effective, each teacher has to find her or his own way of working with the great variety of personalities and intelligences which they meet every day.

If these principles are true for teaching in general, they are even more important when applied to teaching for the development of reasoning. We have to consider what the teacher of thinking needs to be able to do, what normal training and experience have prepared them for, and how the gap between the two might be closed. Teaching for the development of reasoning in children is the antithesis of teaching for the recall of factual content. The development of critical thinking, or higher level reasoning, in children requires by definition that children be given an opportunity to exercise their own minds, to engage in critical appraisal, to risk opinions in a sympathetic atmosphere and then have the opinions challenged in a rational but respectful manner. This means the creation in the classroom of a very special sort of atmosphere which is intellectually rigorous but at the same time friendly and safe - in the sense that all children should feel confident in taking cognitive risks. To create such an atmosphere, the teacher needs to have:

- clear objectives in terms of the type of reasoning being developed in a particular thinking lesson;
- some familiarity with the underlying theory of cognitive acceleration;
- an intimate understanding of the range of reasoning and arguments displayed by his or her pupils, if not of the particular levels of argument employed by each individual pupil;
- mastery of a range of techniques such as leading questioning, suspension of judgement, setting challenges appropriate to particular children, and the ability to interpret children's utterances in terms of the type of thinking they are using.

The 'needs list' may be seen as something of a specialisation of the requirements placed on any teacher, rather than a radically different type of teaching. It is, or at least should be, part of every good teachers' repertoire to be clear about objectives, familiar with teaching materials, sensitive to children's needs, and in command of questioning and other techniques. But for the development of reasoning in children, each of these requirements is raised to a higher degree, or applied to rather particular methods and materials different from the normal content-oriented curriculum.

The development in teachers of the pedagogical skills required to teach for cognitive acceleration will depend on continuing professional development through inservice courses for teachers. There may be formidable problems associated with motivating teachers to participate in such programmes, with funding them, and with accrediting them, but in this monograph I will concentrate only on the underlying theory and the practice we have developed within the CASE project.

*Research on effective inservice practices.*

A great deal of research has been undertaken into factors which impinge on the effectiveness of inservice courses in changing teachers' classroom practice. Joyce & Showers (1980, 1988) undertook a meta-analysis of nearly 200 studies of the effect of Staff Development. They state their conclusions strongly, summarised in table 3. The message is clear: for inservice courses to be effective, the occasional day spent in a university or professional development centre will have no effect, however well-structured and organised it may be. Coaching work by the tutors in schools is essential. Such research evidence supports the experience of inservice providers who often hear teachers say 'Well your ideas seem well and good in this nice university setting, but they wouldn't work in my school / with my students / etc.' Many teachers, quite reasonably, need to be convinced that the theory can be put into practice in their own schools, and the only way to do this is to work with the teachers in their classes, supporting them there in the implementation of the teaching of thinking.

**Table 3: Mean effect sizes in standard deviation units of different Staff Development procedures on possible INSET outcomes.**

<b>Feature of course</b>	<b>Outcome: development of teachers'...</b>		
	<b>knowledge</b>	<b>skill</b>	<b>practice</b>
<b>give information</b>	0.63	0.35	0.00
<b>+ demonstrate</b>	1.65	0.26	0.00
<b>+ opportunity to practice</b>		0.72	0.00
<b>+ feedback</b>	1.31	1.18	0.39
<b>+ coaching in school</b>	2.71	1.25	1.68

after Joyce and Showers 1988 p. 71

### *The structure of CASE Professional Development*

The inservice Professional Development programme we devised to introduce CASE to schools takes Joyce and Showers' findings seriously, and includes elements of theory, practice, and in-school coaching. It also includes elements concerned with the management of change in schools.

As described above, CASE methods are rooted in Piagetian ideas of cognitive conflict and equilibration, and in Vygotskian ideas of social construction and metacognitive reflection on the development of one's own thinking. Thus the methods which teachers are to implement, although described in print, are rooted in theory which it is essential to understand for effective deployment of the necessary skills. No teachers' guide, however comprehensive, can ever convey the richness of a classroom practice which is required to raise permanently students' general levels of thinking. Some understanding of the learning process is essential for any successful teacher development, but it is especially important in interventionist teaching aimed at the development of thinking. The construction for oneself of intervention methods is related to the sense of ownership that teachers build in taking on the new methods. Until one has taken ownership of a method with one's own idiosyncratic interpretation and colouring by personality and the particular school environment, it will remain an 'add-on' skill which is easily lost when the external stimulus of the inservice programme is removed. The curriculum in the classroom is created and managed by the teacher. Ownership of a method for teaching thinking enables it to be built in naturally to this classroom curriculum.

The CASE Professional Development (PD) programme runs over two-years in parallel with a school's initial implementation of the two year Thinking Science programme. Over the two years, there are seven days when teachers attend our inservice centre and a further four or five half days when we work with the teachers in the school. The amount of time devoted, in particular, to the coaching visits by expert CASE trainers makes these rather expensive programmes. Typical fees for the two year programme are about £3,000 per school. Inservice education in the UK now is funded by monies which are devolved to individual schools, so each school has its own inservice budget. Schools often see investment in the CASE inservice course as worthwhile in terms of the general professional development of teachers as well as raising student achievement.

We do not work with individual teachers, but only with whole school science departments. It is essential that all science teachers participate in the programme. However enthusiastic individuals may be, the difficulties of maintaining a distinctly different and novel teaching method in a school surrounded by others who continue with mainstream curriculum teaching are formidable. By insisting on working with a whole department, it becomes far more likely to make the new teaching goals and methods part of the culture of that department and that school.

Since it is not practical for a school to release all of its science teachers for the Centre-based days, which are held on normal school days, a school will usually send two teachers. One may be the 'CASE co-ordinator' in the school, and the other may rotate, with a different person coming to each occasion. This provides a balance between continuity and exposure of as many of the department as possible to the PD programme. In addition to our own inputs in the schools, CASE co-ordinators are encouraged to develop implementation plans which include in-school PD sessions which the co-ordinator runs. We use part of our school visit time to support the co-ordinator in his/her PD sessions in the schools.

We also run a parallel programme for the training of CASE Trainers. Trainers may be drawn from university departments of education, from local government advisory services, from freelance consultants, or from schools themselves. Some Head teachers see an advantage in having their school become a training centre for CASE. Trainers attend many of the same sessions as the teachers from schools, but they also have sessions of their own devoted to management of change in schools, to research data on effective Professional Development, and to the writing of action plans for the training programmes they propose to run.

### *Researching Professional Development*

There is a general way in which the effectiveness of the professional development programme is evaluated by the academic gains made by students in schools which participate in the programme, described in section 4 above. But making a more specific link between the professional development course, the development of teachers' practice, and cognitive gains made by students is a more difficult form of evaluation to establish. We have now amassed a considerable amount of data related to factors which make professional development effective. Space does not allow me to describe this research in detail, but it is fully described in Adey et. al. 2004, where we have set our own data in the context of the extensive literature on effective professional development, and developed a model of the key factors (figure 4).

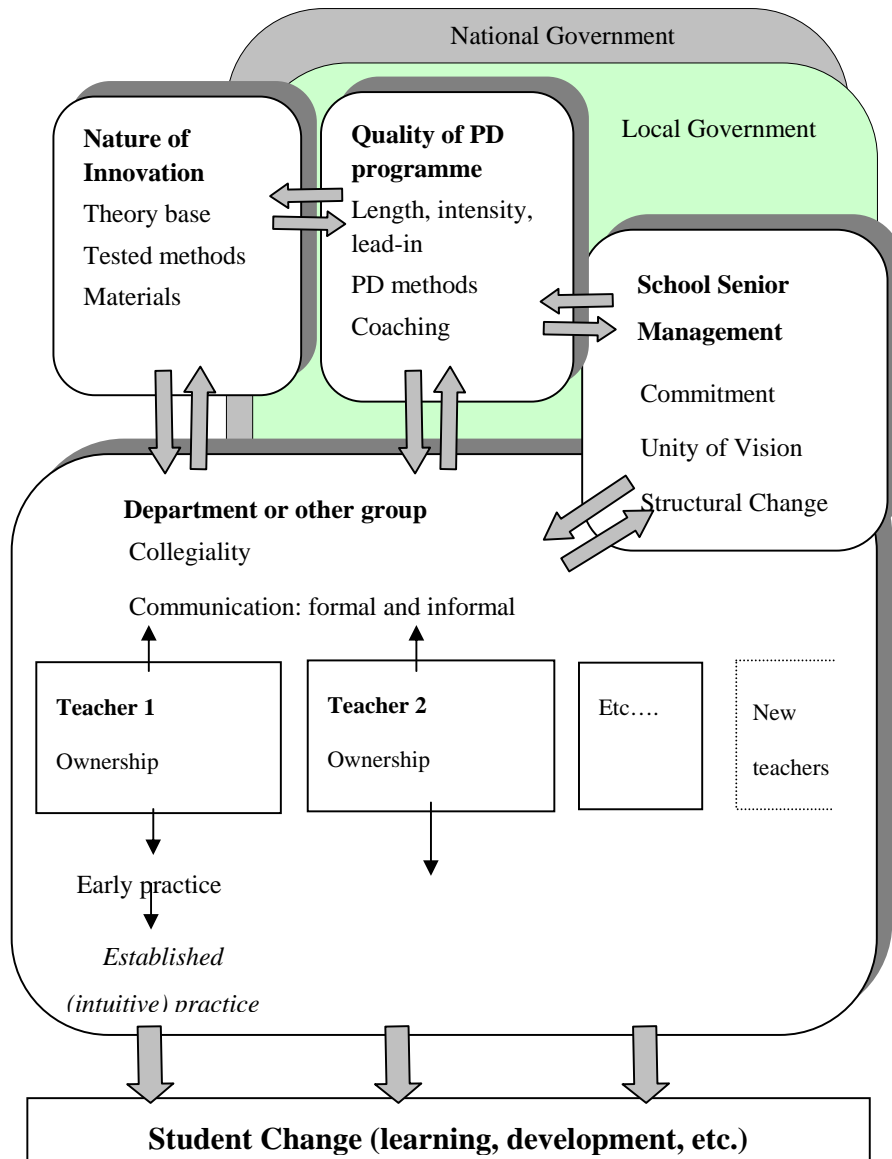
The 'bottom line' in the model is change in students. The whole point of an innovation in a school is to change the students in some way, for example to improve their achievement of behaviour. If a professional development programme is effective, it should lead to such change in students. There are four main elements in the model:

- 1 The nature of the innovation. To be effective, an innovation needs a sound theory base, some evidence of effect on students, and print or other materials which teachers find useful.
- 2 The quality of the professional development, which generally need to be sufficiently long and intensive and to include an element of in-class coaching.

- 3 The school's principal (head teacher) must support the innovation, allow the time for its implementation, and consider its maintenance when, for example, an individual teacher leaves the school and is replaced.
- 4 Collegiality amongst teachers. For radical innovations, teachers in a school need to work together in a sharing and mutually supportive environment.

It is a feature of this model that all four of these elements need to be set in the 'positive' mode for the PD to be effective. If any one of them is 'negative', the PD will fail.

**Figure 4: A comprehensive model of effective professional development of teachers**





## 6. Widening the impact of Cognitive Acceleration

Since its inception in the early 1980s, Cognitive Acceleration has spread widely and in many ways. The original CASE materials have been extensively revised through three editions, and are now used very widely in schools in the United Kingdom. They have been translated into many languages and have been trialled in at least 10 countries that I know about. The principles have been applied to mathematics (CAME, Adhami, Johnson, & Shayer, 1998), technology (CATE, Hamaker, 2003) and the expressive arts (ARTS, Gouge & Yates, 2003). We also now have cognitive acceleration programmes for much younger students: *Let's Think!* for 5 year olds (Adey, Robertson, & Venville, 2001) and *Let's Think Through Science!* for 7 year olds (Adey, Nagy, Robertson, Serret, & Wadsworth, 2003).

## 7. Conclusion

I hope that I have shown that Cognitive Acceleration through Science Education is an effective way to raise educational achievement by addressing directly students general ability to process information – their general intelligence. It is a long term approach to raising general intellectual capability in the population of young adolescents. It is long term in its implementation since it requires two years of curriculum intervention, and it is even longer term in its evaluation, since the effects are tracked up to three years after the end of the intervention. It is therefore inevitable that the adoption of CASE into the pedagogy of schools is a slow process but some 20 years after its original design, its use continues to grow. We may attribute the success of CASE to two general features: the interplay of theory and practice in its design and implementation, and the view of 'curriculum' as encompassing both printed material and teacher professional development. I believe that any successful approach to improving the quality of our students' education must be rooted in sound learning theory, and that theory must be shared to some extent with the teachers, and also that no successful innovation can be 'canned' and handed to teachers as a finished product. The teachers have to make it for themselves, with our help.

## References

- Adey, P. (1984). The core curriculum - cage or support? *School Science Review*, **65** (230), 144-148.
- Adey, P. S. (1993). *The King's-BP CASE INSET pack*. London: BP Educational Services.
- Adey, P.S., with Hewitt G, Hewitt J., and Landau N. (2004). *The Professional Development of Teachers; Practice and Theory*. Dordrecht, Kluwer Academic.

Adey, P., Nagy, F., Robertson, A., Serret, N., & Wadsworth, P. (2003). *Let's Think Through Science!* London: nferNelson.

Adey, P., Robertson, A., & Venville, G. (2001). *Let's Think!* Slough, UK: NFER-Nelson.

Adey, P. S., & Shayer, M. (1993). An exploration of long-term far-transfer effects following an extended intervention programme in the high school science curriculum. *Cognition and Instruction*, **11** (1), 1 - 29.

Adey, P. S., & Shayer, M. (1994). *Really Raising Standards: cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.

Adey, P. S., Shayer, M., & Yates, C. (1992). *Thinking Science - U.S. Edition*. Philadelphia: Research for Better Schools.

Adey, P. S., Shayer, M., & Yates, C. (1993). *Naturwissenschaftlich denken* (Mund, H.A., Trans.). Aachen: Aachener Beiträge zur Pädagogik.

Adey, P. S., Shayer, M., & Yates, C. (2001). *Thinking Science: The curriculum materials of the CASE project*. (3rd ed.). Cheltenham: Nelson Thornes.

Adhami, M., Johnson, D. C., & Shayer, M. (1998). *Thinking Mathematics: The Curriculum Materials of the CAME project*. London: Heinemann.

Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms. In R. Kluwe & F. Weinert (Eds.), *Metacognition, Motivation and Understanding*, . London: Lawrence Erlbaum.

Burmann, U., & Adey, P. (1999?). The development of learning strategies under specific teaching conditions. *submitted to European Journal of Psychology of Education*, .

Department for Education and Employment. (1997). *Excellence in Schools*. London: The Stationery Office.

Epstein, H. T. (1990). Stages in Human Mental Growth . *Journal of Educational Psychology*, (82), 876-880.

Hamaker, A. (2003). *Cognitive Acceleration through Technology Education*. Taunton: Nigel Blagg Associates.

Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking*. London: Routledge Kegan Paul.

Joyce, B., & Showers, B. (1980). Improving inservice training; the messages of research. *Educational Leadership*, **37** (5), 379-385.

Joyce, B., & Showers, B. (1988). *Student Achievement through Staff Development*. New York: Longman.

Larkin, J., McDermott, Simon, & Simon. (1980). Expert and Novice performance in solving physics problems. *Science*, **208** (June), 1335 - 1342.

Leo, E. L., & Galloway, D. (1995). Conceptual links between Cognitive Acceleration through Science Education and Motivational Style: A Critique of Shayer and Adey. *International Journal of Science Education*, **18** (1), 35-49.

Renner, J. W., Stafford, Lawson, McKinnon, Friot, & Kellogg. (1976). *Research, teaching, and learning with the Piaget model*. Norman: University of Oklahoma Press.

Shayer, M., & Adey, P. S. (1981). *Towards a Science of Science Teaching*. London: Heinemann.

Shayer, M., & Adey, P. S. (1992a). Accelerating the development of formal thinking II: Postproject effects on science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **29** (1), 81-92.

Shayer, M., & Adey, P. S. (1992b). Accelerating the development of formal thinking III: Testing the permanency of the effects. *Journal of Research in Science Teaching*, **29** (10), 1101-1115.

Shayer, M., Wylam, H., Küchemann, D. E., & Adey, P. S. (1978). *Science Reasoning Tasks*. Slough: National Foundation for Educational Research.

Stenhouse, L. (1975). *An introduction to curriculum research and development*. London: Heinemann Educational Books.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.



## 「思考に関する科学」の文脈としての「科学」<sup>1</sup>

フィリップ・アデイ

(ロンドン・キングスカレッジ・思考促進センター)

(日本語訳: 小倉 康)

### 第1節 はじめに

本論文は、「科学教育による認知的加速(CASE)」と呼ばれる一つの刷新に関して、その起源と構造、及び効果について述べる。その名の通り、CASE(ケース)は、私たちがいかに思考するか、また思考がいかに改善されるかに関する心理学的理論としての思考に関する科学に基づいて、学校カリキュラムにおける科学を思考強化の手段として用いている。

CASEは、約11歳から14歳までの生徒たちに対する科学カリキュラムにおけるある干渉として設計されている。それは、まとまったカリキュラムではなく、ほぼ2週間に一度、正規の科学の活動に置き換わる活動である。それは、1970年代に、連合王国(及び世界中)で、科学のカリキュラムで扱われる概念の多くが、意図している生徒たちの知的能力を超えた要求をしているということを示したロンドンのチェルシーカレッジで行われた研究に起源を発している。

マイケル・シェアー教授の率いるチェルシーカレッジのチームは、困難さという問題に対してある科学的なアプローチを採った。われわれは学校の母集団に関する知的プロフィールについての正確な記述を必要とする一方、他方で科学概念の困難さの程度を測定し記述する方法を必要とした。ピアジェによって組み立てられた認知発達理論は、われわれが必要としたまさにそうした記述をわれわれに与えてくれた。異なる段階で利用可能な思考のタイプに関する彼の記述を頼りに、われわれは(1)カリキュラムの教材が求める諸々の認知的な要求を分析することを可能とする測定手段を開発し、また(2)認知的発達に関する集団テストを開発した(Shayer, Wylam, Kuchemann & Adey, 1978)。それらを、イングランドとウェールズの学校の母集団での異なる年齢ごとに子どもたちの思考の段階を立証するための非常に大規模な調査において用いた。学校の母集団の多く - たぶん大多数 - の能力にとって、科学のカリキュラムは非現実的な要求をしているということが明確に示された(Shayer & Adey, 1981)。

この問題へのアプローチには原理的に、科学のカリキュラムをより易しくすることか、生徒の知的能力を向上させること、という2つの可能性がある。前者は比較的容易ではあるけれども、学問的かつ政策的な困難を免れないであろうし、いかにも敗北主義者の解決法と見なされてしまう。生徒たちの思考する能力を高めることの展望にはひるんでしまいがちであるが、まさにこれが1982年に始まったCASEプロジェクトの目標だった。

---

<sup>1</sup> 本翻訳においては、“science”が学校で学習される教科として用いられる場合も「科学」と訳し、日本における呼称である「理科」は用いていない。

## 第2節 背景にある心理学

私たちが意味する「認知的加速」は、ピアジェが「形式的操作」として述べるところの、抽象的で論理的で多変量的な類の思考へ向かって、異なった段階にいる生徒たちの「自然な」思考力の発達を加速する過程のことである。形式操作的思考は、一度に多くの変数を頭の中で保持する能力によって特徴づけられる、たとえば、論争の二つの側面を比較検討することができたり、ある特定の一連の行動の利点と欠点を公平に検討できたり、また、ある結果（たとえばグルコースの生成）について多くの入力変数（たとえば太陽光、二酸化炭素、水）のそれぞれの影響と合成された影響の両面で捉えることができることなどである。ピアジェは、このような類の思考は、自然な知的発達の過程として、14ないし15歳辺りの子どもたちに利用できるようになると示唆した。しかし、チェルシーでの私たちの調査では、そうした思考ができる16歳たちはたったの30%に過ぎず、また、この結果は、米国の大学1年生に関する研究、世界の他の地域の同様な（小規模ではあるが）調査によっても支持された。

1970年代の終わり頃までは、認知的加速の試みはほとんど成功の証拠を示せないでいた。しかし、そうした研究は、かなり短期的で直接的な教授法を用いたもので、まるで情報を処理するための心的な能力がひとまとまりの新たなルールによって変化しうるかのようであった。私たちはそうした取り組みには欠陥があると考えていた。というのも、心的な処理能力は挑戦しがいのある問題によって能力を要求されるのに応じてゆっくりと成長するものと信じていたからである。このことが、CASE理論の5つの「柱」の第一番目である**認知的葛藤**を私たちにもたらしている。認知的葛藤は、生徒が自分では容易に解決することができない問題に遭遇する時に起こり、その問題は大人やより能力の高い友人による慎重に組み立てられた助けによって解決されたり、あるいはその問題の性質についての理解を深めたりすることになる。認知的葛藤の原理は、ヴィゴツキー(1978)によって研究された「発達の最近接領域」(ZPD)の考え方に要約されているものでもある。ZPDとは、子どもが助けを借りないでできることと、大人の助けを借りてできることとの違いである。ヴィゴツキーは「・・・唯一のよい学習とはそれが発達に先行していることである」と述べている。言い換えれば、子どもの能力の範囲で済む学習課題は、認知的成長を刺激する挑戦の機会を与えてはいないのである。CASEの活動は認知的に挑戦することになるように設計されている。

ヴィゴツキーは私たちにCASEの第二番目の「柱」である**社会的構築**をももたらしている。ソビエトの一人の優れた心理学者として、ヴィゴツキーは人々がともに知識を構築するために働きかけるという事実、それが一つの社会的プロセスであるということ強く意識していた。私たちは、社会的相互作用を通じて、他人に話しかけ、他人と議論し、耳を傾け、また徐々に私たちの理解を構築している。CASEを教える教師たちは、優れた社会的相互作用を促し、礼儀をわきまえて異なる意見を発することを助長する学級の雰囲気醸成を醸しだし、さらにそれが人の考えを変える上でまったく正しいことであるということ学ぶ。

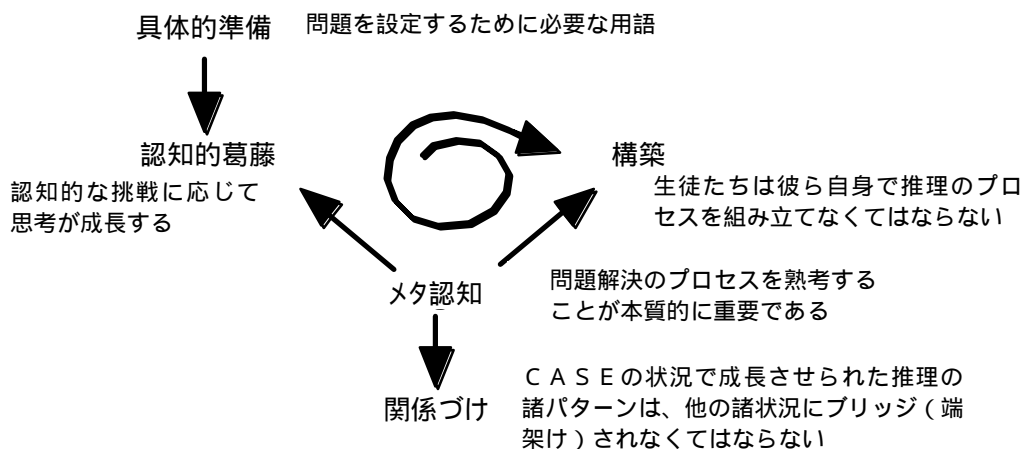
CASEの第三番目の柱は、**メタ認知**の刺激である。メタ認知は本質的には「自分自身の思考について思考すること」を意味するが、認知心理学において極端に流行した観念として、メタ認知の言葉はさまざまな用法で用いられてきた(Brown, 1987)。

私たちは、もし私たちの思考をいくらか制御して、つまり、思考する者として自分たち自身を意識するようになれば、その時のみ、私たちがより高い次元で思考するように自分自身で成長させることができる。CASEでは、生徒たちがある問題をいかに解決するかとか、彼らその問題の何を困難であると見いだすか、彼らがいかなる類の推理を用いるか、彼らがどのように助けを求めるか、そして、彼らがいかなる類の助けを必要とするかといったことについて、生徒たちが時間をとって熟考することを促される。このことは、時間を消費するとともに、きわめて行うことの難しいことであり、教師も生徒も、彼らの取り組み方が、よりメタ認知的なものとなるために、はじめは多くの助けと刺激を必要とする。

CASE理論には、もう2つの柱がある。一つは**具体的準備**の考え方である。生徒たちに、単にある難しい問題を提示するだけで、認知的加速のはたらきをする認知的葛藤を期待することはできない。そこには、その問題の専門用語が、用いられる器具と問題が設定されている状況とともに導入される準備の段階がなくてはならない。その目的は、遭遇した困難さが確かに知的困難さにのみよるものであり、可能な限り、用語や状況に関する問題と区別されることである。最後の柱は**関係づけ**(訳注:ブリッジングの直接の意味は橋を架けること)であり、それはCASEの活動の特定な状況で成長される諸々の思考様式を他の科学や数学、その他のカリキュラム要素における諸状況に関連づけ、さらに現実生活におけるさまざまな経験に結びつけることである。もし、ある特別な状況で成長させられた推理を、広く利用可能なものにしたいならば、それは抽象化されて、いかに一般的な思考ツールとして用いることができるかが生徒に示されなくてはならない。

図1は、これら5つの柱の互いの関係を図解である。

図1：5つの「CASEの知恵に関する柱」



螺旋状の矢印で示されている認知的葛藤と社会的構築との関係は複雑である。ある問題に直面したとき、私たちは単純な解答を探そうとする。私たちは問題全体の分析を「途中省略」(直訳は「短絡」)して、その状況が直接必要とするある調和に到達しようとする。

たとえば、どんな要因が鉄をさびさせるかを決定することと、水中の釘が乾燥した釘よりも速くさびることを見いだすことにおいては、生徒たちは「さびは水によって引き起こされる」という解で満足するだろうが、同じように空気に関してあるかもしれない影響について、より詳しくは調べようとなし。認知的葛藤はそれだけでは概念の再構造化を自動的に導くものでも、十分な理解に到達するものでもない。認知的葛藤は、持続されなくてはならず、また持続は教師の注意深い発問を通じてのみ可能となるのである。このことは、認知的加速に必要となる教授学的特質に関するあるヒントを与えており、それについては専門性開発（訳注：一般には「現職教育」を意味）に関する後半の部で述べるつもりである。

「5つの柱」は認知的加速の教授学の基礎を規定するものであるが、それ自身では教科内容の文脈について何も特定しない。上述の概要のようなピアジェとヴィゴツキーを基礎とした教授法は、どの教科内容においても展開できるだろう。それで、なぜ私たちが数学や歴史や英語といったものよりも科学を通じた学習を選んだか。その答えの実際上の要素の1つは、CASEプロジェクトを進めたチェルシーの初期の研究が科学を基礎としたものであり、また、マイケル・シェアーと私がともに科学の出身であったからである。しかし、少なくとも科学に関する学習を始めることが好都合な、ある理論的な理由もあった。インエルダとピアジェ(1958)が提唱した形式的操作に関するオリジナルの詳細な記述は、変数の制御、比と比例、代償、平衡、相関、確率、及び諸々の形式的モデルの使用という、ひとまとまりの心的な「シエマ」によって特徴づけられている。これらのシエマは、科学者や科学の教師たちにとっては、実験の設計の要素であったり、自然界の一般的行動パターンを説明であったりするもので、変量間の関係を示す重要ないくつかの型を記述したのものとして直接理解可能なものである。諸々の形式的操作は、どんな知的領域でのデータをも処理するきわめて一般的な方法であり、形式的操作のシエマはどんな学問的な教科領域の状況にも解釈できるのだけれども、それを科学に応用することはかなり直接的なのである。科学は、高次の思考を展開する際のもっとも明瞭な入り口として表現されている。

私たちが1984年に活動を展開し始めた時には、私たちは上述したような理論的なモデルをまだ十分明確に表現してはいなかった。形式的操作のシエマはどの活動を構造化するかに関する枠組みとして設定され、認知的葛藤の「柱」は認知的加速の中核的プロセスであると認識され、また構成主義は常にピアジェの認知発達に関する説明の主な柱の一つであった。具体的準備の必要は教師としての私たちの経験から実際上必要であったもので、また同様にブリッジングはもしシエマが一般化されるとすれば明らかに重要であると思われたものである。しかし、メタ認知の重要性は、私たちが奨励する類の発問の中に暗黙に存在したところから、CASEの方法の非常に重要な部分として明示されるようになるまで、プロジェクト全体を通じて入念に練って発展してきたものである。以来、CASEの設計と活動の配置を支える一つの完全なる理論構造としての「柱」に関するこうした緩やかな進化は、後に述べるように、教師たちの専門性開発のプロセスにおいてとても重要なものとなった。



### 第3節 カリキュラムとしての諸活動の開発

#### 対象集団

1節で述べたC A S Eの発端の時から、私たちは、広い能力の範囲に、つまり科学がどちらかといえれば難しいと意識している大部分の生徒集団に関心があった。能力に関しては、私たちの対象集団には80%台半ばから90%の生徒たちが含まれている。ここで、認知的葛藤の体験は、個々人の能力に依存するだろう。ある子どもには興味深く実りの多い葛藤をもたらすことが、より能力のある子どもにはつまらなく見えたり、より能力の低い友人には理解できないものに見えたりするだろう。活動を慎重に設計し柔軟性のある指導法を用いることで、広範なレベルに応じた葛藤をもたらすことが可能であり、その一方で、私たちが対象としている集団では、11歳までにすでに形式的操作を用いているような極端に能力の高い子どもや11歳でも前操作期にいて深刻な学習不振に陥っているような子どもを含めることは実行不可能であると考えた。

私たちは、生徒の大多数が形式操作的な思考への準備にある年齢である11歳から14歳までを対象とした。11歳の女子と12歳の男子において、脳発達が生発であるといういくつかの証拠(Epstein, 1990)があるが、これは成人に求められる知的要求に対して若者が準備するために進化してきたある生理的成長プログラムの一部であろう。冒頭で紹介した私たちの母集団生徒に関する調査では、実際にはほんの小さい割合の子どもたちしか、ピアジェがその「認識主体」で述べた認知発達年齢に達していない。母集団生徒の調査結果は、大多数の子どもたちが家庭や学校で与えられている刺激の質が不足していることを示唆していると読みとることができる。

C A S Eを行う年齢に11から14歳児を選択する実際的な事情もある。イギリスにおいては、11歳と何ヶ月かで初等学校から中等学校に移動し、初等学校では学級担任が全科目を教えるが、中等学校では教科担任が教えることになる。科学という文脈で干渉していくには、その干渉の背景にある科学的な推理パターンの性質について、すでに明確にあるいは暗黙に理解している科学の教師が必要となるのである。

理論モデルに関する主な特徴と、形式的操作のシエマ、及び科学教師としての経験とを踏まえ、C A S Eの著者(当初マイケル・シェアー、その後、私とキャロライン・イエーツが加わった)らは、私たちの対象集団にとって適切と考えられる諸々の活動の下書きを始めた。私たちは、自分たち自身で、また他の研究者たちや教師たちとで、その諸活動の形式と実践性について議論した。ロンドンのコンプリヘンシブ・スクール(訳注:一般的な公立学校)で、私たちの対象集団をよく表現できる年齢と能力範囲で、かつイギリスの都市部学校で社会的人種的に典型的な構成にある学級生徒に対して私たち自身が下書き段階の各活動を教えた。

プロジェクトが予算化されて1年後に、私たちはより広範な試用段階を迎えた20余りの活動を蓄積した。では、次の2つの活動で、「柱」を実践に適用することを説明しよう。この教材は、「考える科学 Thinking Science」で出版されたものである。

TS4:管 これはプログラムの第4番目の活動である。それまでの活動で、変数の考え方と変数の値、及びその関係が紹介されている。生徒たちは、小さな複数の管の入った箱を持っている。一斉授業の討論で発問を行い、生徒たちに、管の長さ(短い、中くらい、長い)や、管の太さ(広い、狭い)、管の材質(銅かプラスチック)といったいくつかの変数とその値を明確に同定させる。これは、活動の**具体的準備**の段階であり、生徒たちにこれから実際に用いる器具を操作する基本的な考え方に慣れさせるものである。そこで、生徒たちは彼らの手のひらを使って開いている管の一方を閉じて、出てくる音を聞いてみるよう指示される。このときの質問は「あなたが聞いている音に何が影響していますか？」である。生徒たちは、しばらく自由に調べる時間を経て、彼らが何が音に影響しているかを知っているかどうかを尋ねられ、考えていることとどうしてそう考えるかについて教師や他の生徒に説明するよう求められる。しばしば必要となることは、生徒たちが一度にたった2つの管しか使っていないことを数分後に学級全体に知らせることである。

これが**認知的葛藤**と**社会的構成**の段階である。一人の生徒は管の太さが音に影響するという主張を提案するだろう。教師は「見せてみて」と言う。生徒は違った長さの2つの管が異なる音を発生させるのを示す。それらの管を見て、教師は長さも異なっていることを指摘する。「どうやったら、音に影響を与えるのが、長さなのか、太さなのか分かるかな？」ここで教師はある認知的葛藤を引き起こそうとして、生徒に彼女がまだ気づいていなかった変数を考慮するよう要求するのである。典型的な生徒の回答は、「太さと長さはどちらも音に影響する」である。彼女はこれが葛藤を解決する単純な方法に思えてそうするのだけれど、教師は屈せず発問し、「もう1組の管を選んで、今度は明らかな答えを与えてくれる1組を見つけてごらん下さい」といったまとめをする。教師は、直接、生徒にどれか一つの変数を変化させるような2つの管を選ぶよう指示してないことに注意してほしい。その生徒がこうしていくつかの変数を制御する方略を彼女自身で構築しなくてはならないことが要点である。

12歳の能力混合の学級では、課題全体があまりに簡単に感じて、たいした認知的葛藤を体験しない子どもが一人か二人はいるだろう。そうした子どもに対しては、教師は、複数の変数間の相互作用について調べるような、より高い水準の課題を促す。また、60分か70分の授業の終わりに、学習全体がまったくわけがわからなくて、変数を制御することの大切さがわからないでいる子どもが一人か二人はいるだろう。しかし、大多数の生徒は(器具やワークシートの質問、教師や他の生徒たちとの相互作用を通じて)十分な葛藤を体験し、彼ら自身で少なくとも変数制御の初歩的な方略を構築するだろう。これが、内面化された無意識にすべての実験状況に「自然に」適用されるシエマへと完全に発達するには、まだいくらか時間がかかる。

しかし、実質的な基礎的学習がなされたので、すべてをばらばらにするのでなければ、「何もかも変えてみてから何が起こるかを見てみる」という具体のシエマは、かなり揺さぶられている。たとえ活動の終わりにわけがわからなくなっている能力の低い生徒でも、問題に取り組もうとして、具体的方略が不十分なのでないかという疑いが投げかけられたであろう。実験上の発問に取り組む中でいくらかの不安感ですら価値がある。認知発達を促進する上で重要なのは認知的に奮闘することであって、だからもし子どもがいくらか認知的葛藤を体験し、彼女や彼自身に満足のいくある解決法を見いだそうと何らかの方法に取り組むのであれば目的は達せられるのである。授業の終わりにかけて、教師は生徒たちに彼らがおかした誤りと学習した事柄について振り返るよう求め、彼らに変数制御の方略で取り組んだ推理を回想させる。これがメタ認知の学習になる。最後に、生徒たちは、一般的な変数制御の方略が有用となる他の題材について考えるよう求められ、この授業で学んだ思考が他の状況に**関係づけ**られる。

TS18: 処理と効果はプログラムの2年目で教えられる。これは、相関シエマの文脈に位置づけられている。**具体的準備**において、ニンジンの成長に関してある新しい肥料の効果を確かめようとしている二人の研究者について討論する。二人とも、それぞれ処理されたニンジンと処理されていないニンジン群のそれぞれで、標準的な大きさを超えたニンジンの数を数えた。データは2組の2×2表(処理/非処理、及び効果あり/効果なし)で学級に与えられ、討論では、非処理のニンジンのデータが、処理されたニンジンのデータと同じくらい重要であることを強調する(具体操作期の生徒たちは、処理されたニンジンにのみについて、収量が多いかどうかを見ようとしがちである)。ここで生徒の各班に、20枚のカード群が渡される。それぞれのカードには、ある生物(バラ、小麦、牛、豚、あるいは羊)と、その生物が何らかの処理を受けたか受けていないか(例えば、肥料や、より多くのミルクを出させるための薬など)及びその動物ないしは植物が何らかの効果を示したか(より大きな成長や、より多くのミルクや肉の生成、など)が示されている。生徒たちは、まずカードを、次の観点から4つのまとまりに分類する。

- A 処理されてなくて、効果が見られないもの
- B 処理されてないが、効果が見られるもの
- C 処理されているが、効果が見られないもの
- D 処理されていて、効果が見られるもの

そこで生徒たちは、見られる効果が処理による結果によるものだろうかそうではなさそうかという発問に取り組む。例えば、もし、処理が効果の原因であれば、A, B, C, Dの4つのまとまりのどれに大きな数が見つかるか期待されるだろうか？

この質問によって、かなりの**認知的葛藤**が起こり、班内での討論（**社会的構成**）がまとまりのAとDが大きい数で、まとまりのBとCが小さい数になると期待されるという結論を導く。こうした結果について討論する中で、正の相関、負の相関、及び相関無しという用語が導入され、生徒がどのような関係が処理と効果の間に存在するかについて思考するのを助ける。この活動は、単純な水準で、多くの医学や農業や他の研究での核となる実験的な処理の評価の型とモデル化するものである。相関の理解やそれに関連する確率的な関係の理解無しでは、新聞でのポピュラーな科学記事の多くが理解できない。再び、**メタ認知的**討論によって生徒が遭遇した困難さが追求され、生徒たちは相関の考え方を科学の授業外の題材に**関係づける**よう促される。

これらの「考える科学」の授業は、いずれも、生徒たちに「到達した結論」や「見つけた知識」のノートを完成させようとはしない。記述の成果は何もなく、ワークシートはただ関係について思考する際の素材となるデータを記録するためだけに用いるのである。このことは、再び、CASEの干渉活動と正規の科学カリキュラムとの違いを際立たせ、この違いを教師の中には当初受け入れることが難しいと感じるものもある。

### **カリキュラム中に位置づける**

CASEは完全な代用科学カリキュラムを提供するものではない。実際、干渉の授業を運営することに関する教育学上の困難さと、明示的に取り扱われている科学の内容が無いという事実によって、正規の科学の教授に代わるものとしては不適切になっている。さらに、生徒たちがCASE授業の終わりにしばしば抱く不確かさは適度な程度では実りが多いが、科学の授業がいつもそういう特徴をもつとすれば、学習動機をかなり低下させるようになってしまいうだろう。CASEでは、「通常」の認知発達中に干渉を加えるプロセスであるからのみならず、正規の科学カリキュラム中に干渉を加えるものであるから、「干渉」と記される。CASEの諸活動は、2週間に1度、正規の科学の活動の代わりに教えられ、それは科学に配当される時間の約20%に相当する。教師はよく「よいアイデアに聞こえるけれども私たちにはそのための時間が無い」と言う。理解できる姿勢ではあるが、実際にはカリキュラムの学習内容に対してごくわずかの時間が「失われる」に過ぎない。このことは、一部はCASEがすでにカリキュラムのプロセス目標（訳注：思考能力の育成に関する教育目標）のいくらかを含んでいることによるが、多くは生徒たちの思考が発達することで正規のカリキュラム内容がより少ない時間で効果的に理解され納得されることが可能になることによるものである。幸いにも、私たちはこの主張を裏付ける非常によい証拠を持っており、この証拠が多くの教師たちに、少なくとも試用段階で、そんなに多くのカリキュラム時間を「失う」ことの危険を冒してもやってみる価値があると納得させるのである。

#### 第4節 試用と評価

CASEの干渉が生徒たちの認知発達と学業成績に与える効果については、私たちの当初の研究プロジェクトの時から測定され、今では広く報告されるようになった。例えば、Adey & Shayer (1993, 1994), Shayer & Adey (1992a, 1992b)を見なさい。その取り組みのより最近の詳細な証拠を検討する前に、次に概括を示す。

##### 1984年から87年にかけての実験

ここに述べるのは、2年間のプログラムを継続した7つの学校の10の実験学級に関するものである。それらの学校では、1ないしは2の学級を「実験」として設定し、1985年の9月から「考える科学」の活動を2週間に1度、2年間に渡って使用し始めた。実験群の4学級は、子どもたちはほぼ11歳+（訳注：日本では小学校6年生に相当）の年齢で、6学級ではほぼ12歳+（訳注：日本では中学校1年生に相当）の年齢であった。各学校では「統制」学級も並行して指定され、年齢と能力に関して実験学級と一致するようにした。統制学級ではCASEの干渉に時間を失うことなく正規の科学カリキュラムが教えられた。

すべての学級で認知発達に関する事前テストを実施し、そして2年の干渉の最後に、認知発達に関する事後テストと科学の成績に関するテストを行った。このときが干渉プログラムの終わりであったが、1年経って、1989年7月に、第8学年（訳注：日本では中学校1年生に相当）でCASEの干渉を始めた学校の生徒たちは、GCSE（一般中等教育修了資格）試験を受けた。これは、イングランドとウェールズの学校のすべての16歳の生徒が受ける国が行う公的試験である。かつて実験学級と統制学級に指定された学級にいたすべての生徒たちについて、私たちは科学と数学と英語で達成された評点を収集した。さらに1年後（1990年7月）に、第7学年で始めた学校の生徒たちがGCSE試験を受け、私たちは再び彼らの評価点を収集した。こうして私たちは初期には同じであったがCASEの干渉を経験した生徒とただ正規の科学授業を受けた生徒について、(a)認知発達と(b)学業成績とを長期的に比較することが可能となった。

表 1: CASE の 2 年間の干渉後のテストで 1984 年 9 月の事前認知テストから向上した得点 (残差化後)

	群	被験者数	平均の 増加得点	標準 偏差	有意性 p<	*Effect Size (s.d.)	
1987 年 7 月の 干渉直後の 認知テスト	11+ 男子	29	-0.21	0.95	-	-	
	11+ 女子	27	0.08	1.10	-	-	
	12+ 男子	65	0.70	1.00	.001	0.75	
	12+ 女子	52	0.03	0.98	-	-	
1988 年 7 月の 1 年後の 科学の成績	11+ 男子	37	2.72	15.45	-	-	
	11+ 女子	31	7.02	12.76	.025	0.60	
	12+ 男子	41	10.46	16.6	.005	0.72	
	12+ 女子	36	4.18	14.41	-	-	
GCSE 1989 年	科学	12+ 男子	48	1.03	1.34	.005	0.96
		12+ 女子	45	0.19	1.38	-	-
	数学	12+ 男子	56	0.55	1.23	.005	0.50
		12+ 女子	54	0.14	1.27	-	-
	英語	12+ 男子	56	0.38	1.27	.05	0.32
		12+ 女子	57	0.41	0.96	.01	0.44
GCSE 1990 年	科学	11+ 男子	35	-0.23	1.46	-	-
		11+ 女子	29	0.67	1.36	.025	0.67
	数学	11+ 男子	33	-0.21	1.59	-	-
		11+ 女子	29	0.94	1.26	.005	0.72
	英語	11+ 男子	36	0.26	1.65	-	-
		11+ 女子	27	0.74	1.32	.025	0.69

\*訳者註 Effect Size (効果の大きさ) は、一般的に、2 群の得点差を統制群の標準偏差で割った係数を指し、1.0 が 1 標準偏差分に相当する。実験群の分布が、統制群の分布とどのくらい離れているかを示すために用いられる。

すべての結果は、当初の事前テストに対する事後テストの回帰から計算される残差である増加得点で示される。残差化された増加得点は、統制群との比較によるものであり、統制群の増加得点がゼロであるように定義されていることに注意していただきたい。表 1 は、異なる年齢で干渉を始めた男子と女子に関する結果をまとめている。これらの結果には、次のような目立った諸特徴がある。

- ・ 直後の効果はやや限られているように思えるが、(1)認知発達に関して獲られた最近の直後の効果はずっと大きい(後で述べる)、また(2)個々の生徒に関しての2年間の干渉プログラムによる認知的な増加得点とGCSEでの増加得点との間には強い相関がある。
- ・ 生徒たちの学業成績に関して、長期的で明らかに成長している干渉の効果が見られる。干渉の終わりに始まる認知的水準の向上の効果が、生徒たちが通常の授業から獲得できる能力を改善するのであろう。そうした改善が概念学習をより良く理解させ、さらなる学習へのよりしっかりとした足場を提供するように積み重なっていく可能性が考えられる。
- ・ 強い「遠隔転移」効果が見られる。科学の文脈で設定された干渉プログラムが、数学と英語での生徒たちの成績に効果を与えている。こうした転移は、CASEが深層の心的機能を刺激して生徒たちの知性に広範な効果を与えるように影響を及ぼしたことを意味する。
- ・ 年齢と性別との相互作用効果が見られ、干渉は年齢の低い方の女子と年齢の高い方の男子により効果的である。この見方は、この年齢では一般的に女子の方が男子よりもより早期に成熟することと一致するように、形式的操作の促進のための機会に関する認知的な窓というモデルにうまく適合するのではあるが、私たちはそうした結論を導くのはとても注意深くなければならない。一つの理由は、11歳+の生徒群は12歳+の生徒群と認知発達に関してほぼ同じ平均点の水準で干渉を始めたことから、実際には全体的により能力の高い生徒群であったからである。もう一つの理由は、より最近のデータでは、同じような性別の効果は見られていないからである。

#### より最近の結果

当初の実験研究において、私たちは一致度の良い統制学級に対する実験学級の効果を測定することができた。しかしながら、被験者数はやや小さく、教師の研修方法についてもなお探索の途上であった。また、教師たち自身は彼らの学校で独立してプロジェクトに関わっていた。

1991年5月にGCSE得点への長期的な効果に関して報告した後は、教材と手法に関して学校側から多大な求めがあり、学校が結果を再生できるようになった。この時以来、私たちは手法を紹介するための2年間の一連の現職教育コースを運営してきた。この専門性開発については、第5節でより詳細に記述するつもりである。私たちは、現在、多量に新たなデータを収集しているのだが、これと当初の実験との重要な違いは、今では私たちがうまく機能すると信じている方法を持っており、どの学級にも実験的に制御のみを与えることが倫理的に拒否できないと言うことである。新たなデータを分析する一つの方法は、CASE学校によってなされた増加を、チェルシーでの調査で確立された全国的な基準と比較することである(Shayer and Adey 1981, 第2節参照)。

最初にCASEの研修プログラムに参加した学校群によって、私たちは8つの学校での63学級に関する認知発達の水準について事前テストと事後テストのデータを集めることができた。これらの学級の中には、第7学年(11歳+の年齢)で干渉を始めたものと、第8学年(12歳+の年齢)で始めたもの、及び両方の学年で始めた1校がある。全国的な基準と比較して残差化された学校平均の増加得点に関するEffect Size(効果の大きさ)を表2にまとめて示す。

表2：認知発達の効果(Effect Size)：1991年から93年にCASEの研修プログラムに参加した8つの学校での残差化された増加得点

学校	開始年齢	Effect Size (単位 $\sigma$ )
1	11+	0.67
1	12+	0.76
2	11+	0.69
3	11+	1.12
4	11+	1.12
5	12+	0.80
6	11+	1.0
7	12+	0.29
8	12+	1.26*

\* 前年の第9学年と比較して結果に疑問がもたれている。

63の学級のうち、有意に負の効果が見られた学級が1つあったが、これは、たぶん事前テストの実施における何らかの間違いによるものである。他に4つの学級で有意ではない負の効果が見られた。3つの学級では、0.3より小さい正の効果が見られた。残りの55の学級のすべてで、子どもたちの認知発達の速度に関して、CASEの干渉の有意な正の効果が見られた。前述のように、干渉の期間を通じて達成された認知的な増加は、その後の学業上の増加に関連している。

1995年と1996年には、私たちは「キー・ステージ3の全国テスト(KS3 NCT)」(訳注：イギリスの第9学年(日本の中学校2年)の終わりに生徒全員に課せられる到達度テスト)に関するCASE実施校の成績と非実施校の成績と比較するデータを収集できた。同様に、1991年から93年にかけてCASEを受けた生徒たちのGCSEの評価点に関して、さらには、1994年から96年にかけてCASEを受けた生徒たちのGCSEの評価点に関して、CASE実施校の成績と非実施校の成績と比較するデータを収集できた。まず、KS3 NCTの結果について述べた後に、1999年のGCSEのデータを紹介する。



イギリスにおいては、教育の各「キー・ステージ」の終わり、つまり学齢 2, 6, 9 年の終わりで、子どもがそれぞれおよそ 7, 11, 14 歳の時に、さまざまな教科領域で、政府が一連の全国統一テストを行ってきた。「考える科学」を第 7・第 8 学年で用いる学校では、第 9 学年の終わりに、KS3 NCT が実施されるので、干渉後に 1 年経た後の学業成績を測定するのに都合がよいのである。

図 2a、2b、2c において、各点が一つの学校を表している。横軸 x 軸は、第 7 学年の始め（中等学校入学時）における生徒の認知発達段階の測定結果の学校平均を意味し、全国平均に対する割合で表されている（訳注：全国平均が 50% に合わされている）。これが、学校の入学者の能力であり、学校周辺の社会的経済的諸条件を要因とする影響を受けている。また、地域に入学者を選抜する学校がある場合により高い能力の生徒たちが引き抜かれている。そのため、私たちが現在持っているデータに関わる学校の殆どは、入学者の能力範囲の下半分に位置している。縦軸 y 軸は、KS3 NCT での結果である。これら（科学と数学、英語）のテストは、ナショナル・カリキュラム上の到達水準として得点化され、1 から 10（最近では 1 から「8 かそれ以上」）で示される。キー・ステージ 3 では、到達水準が 6 かそれ以上であった生徒の割合は、通常、学校の成功を見る一つの測定値として用いられる。プロットを直線とするために、すべての得点是对数変換されている[対数(割合% / (100-割合%))]。これによって、軸のスケールは等間隔ではなくなっている。

驚くことではないが、これらの図から KS3 NCT の結果は、その学校の生徒の入学時の成績に強く関連することがわかる。目を見はるのは、CASE の学校が統制群の学校に関する回帰直線よりもすべて上に - 時にはかなり上に - 位置していることである。このことは、学校の入学時の水準にかかわらず、CASE の学校は非CASE の学校よりもその生徒たちの学業で有意に高い価値を附与していることを意味している。この効果は、学校平均の学業成績に対して約 30% の上昇に相当する。

図 2： 学校の入学時の認知的水準と第 9 学年でのキー・ステージ 3 の全国テストの結果での CASE 学校 (x) と非 CASE 学校 (o) の結果

図 2a: 科学

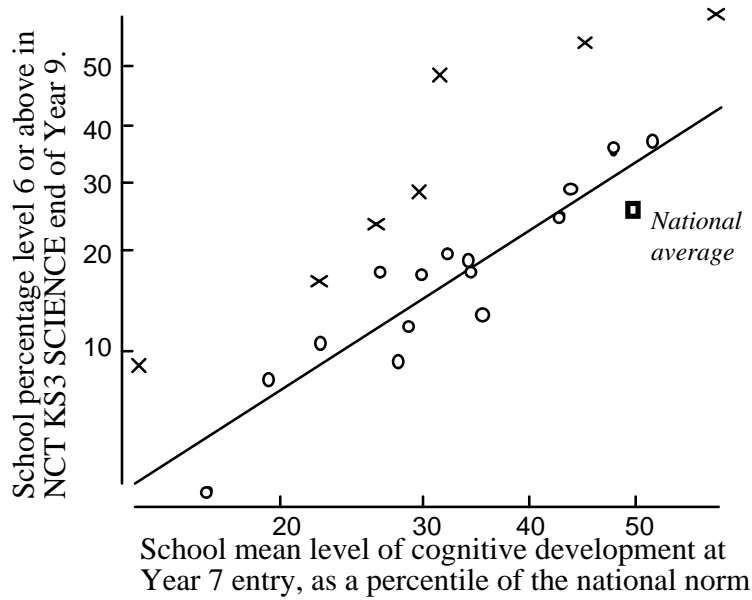


図 2b: 数学

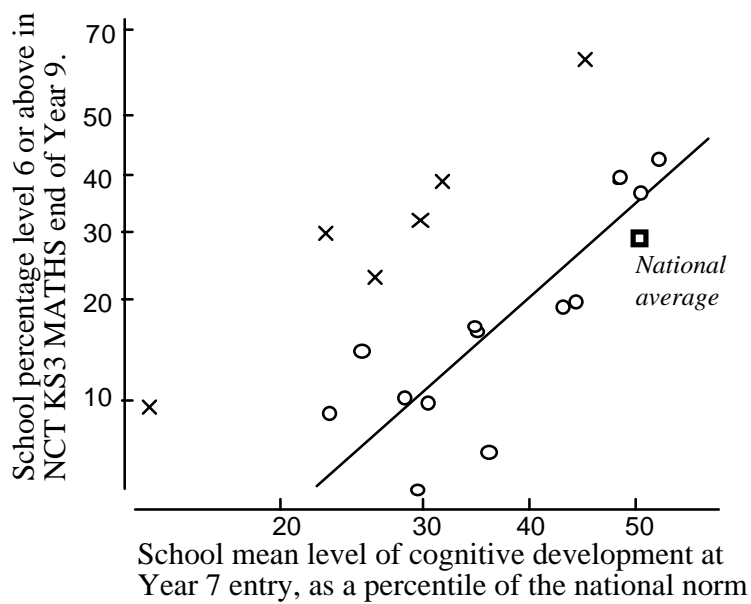
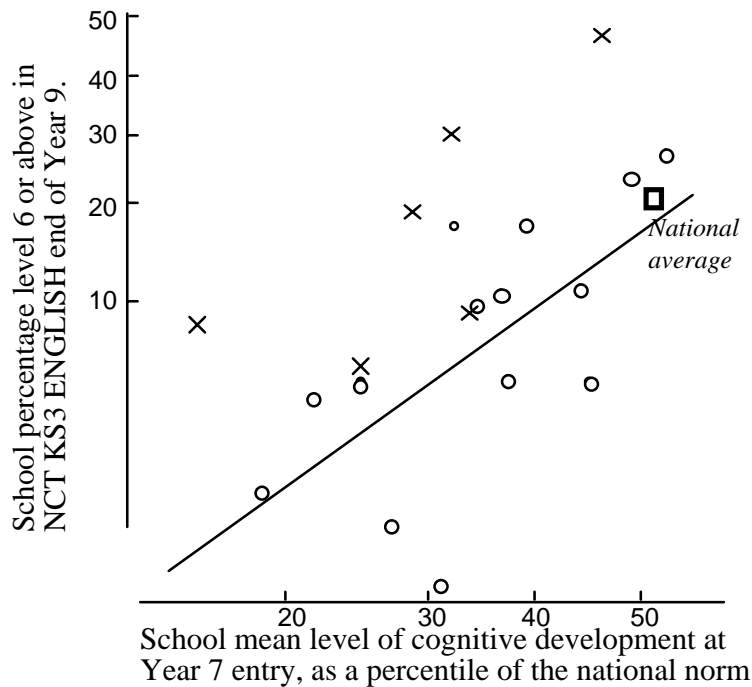


図 2c: 英語



CASEを受けてから3年後の生徒の1995年と1999年のGCSEの結果も同様なパターンとなった。それは、KS3(全国テスト)のデータとまったく同じ方法で分析され、ただGCSEでの成果の学校平均は、GCSEでAからG及び「落第」で示される尺度上で、A, B, Cの到達段階であった生徒の割合で測られている。到達段階AからCは、一般的にGCSEを「良好」に通過したと見られ、その教科領域での教育を継続する基礎になると考えられている。図3aから3cは、1999年のGCSEの結果をまとめたものである。CASEの干渉によって当初の認知的水準から非CASE実施校で得られるよりも大きな学業的付加価値が組織的に得られていることが明らかである。そして、この効果は認知的な干渉プログラムが指導された文脈である科学を超えて生徒たちの一般的な能力に転移している。

図 3a : 1999 年の GCSE での到達段階 : 科学

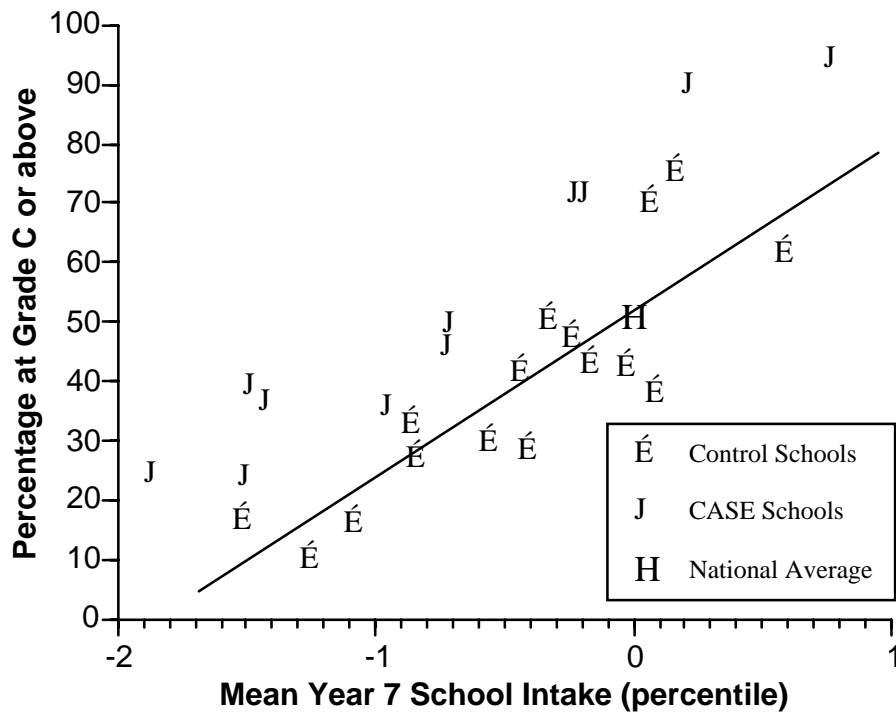


図 3b : 1999 年の GCSE での到達段階 : 数学

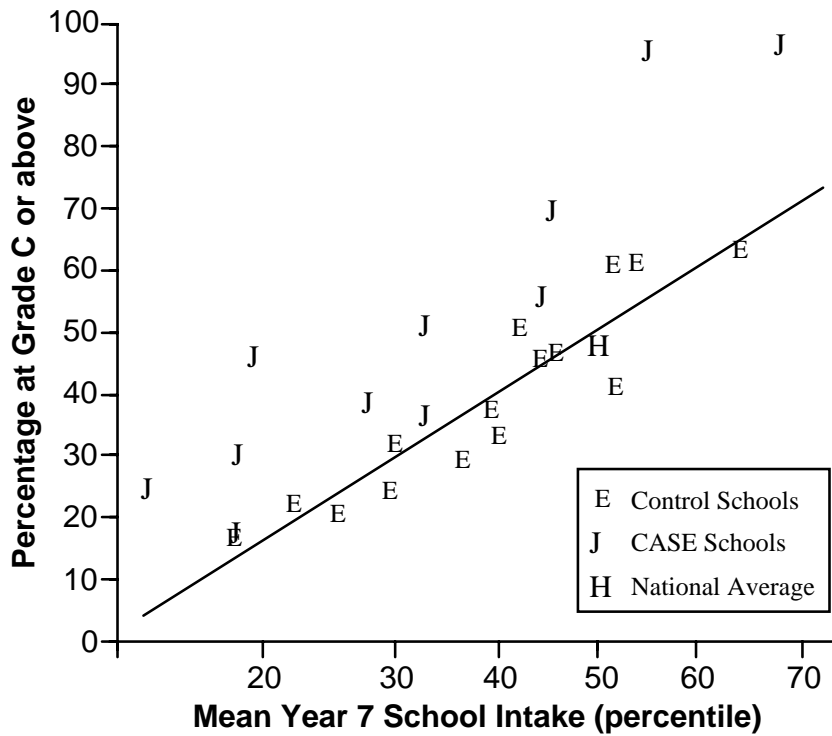
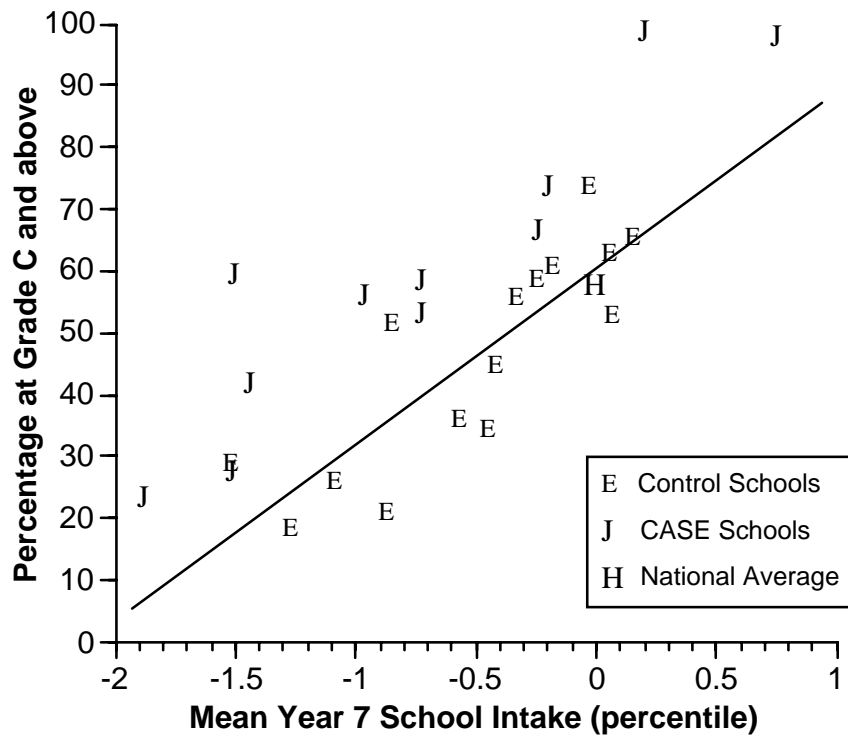


図 3c : 1999 年の GCSE での到達段階 : 英語



## 第5節 CASEと教師の専門性開発

子どもたちが考えるように教えることは、巧みな複雑な過程であり、教師が従えばよいような特定の一連の活動に簡略化できないことは明らかであろう。そのような「教師に依らないカリキュラム」があり得ない理由は、教授過程の本質は、教師と生徒たちとの無数の相互作用を介した人間社会的営みであるからである。効果的な教授のためには、各教師は、彼ら自身のやり方で、日々出会う多種多様な個性を持った生徒たちにはたらきかけなくてはならない。

もし、教授に関するこうした原理が一般的に真実だとすれば、なおさら推理の発達を教授することを適用するのに教師の重要性は増す。私たちは、思考を教える教師に何ができないとはならないかということ、教師たちがどのような一般的な訓練と経験で準備されているかということ、そして、これらの2つの隔たりをいかに縮められるかということを検討しなくてはならない。子どもたちの推理の発達を教授することは、事実的な内容を記憶再生させる教授とは正反対である。子どもたちの批判的思考（訳注：クリティカル・シンク、批判的思考などとも言われる。）あるいは高次の推理の発達は、定義からして当然、子どもたちが彼ら自身の頭を鍛える機会を与えられ、批判的に評価を行ったり、共感的雰囲気にあることを承知の上で反論したり、しかしその意見は合理的ではあるが他人を尊重したやり方で発せられるものとなることを要求する。このことは、教室の中であるきわめて特殊な雰囲気を醸成し、それが知的に厳格ではあるが、同時に親しみがあがり危険の心配のない雰囲気であり、すべての子どもたちが自信を持って認知的な危険を冒せると感じるべきものであることを意味している。そのような雰囲気を醸成するために、教師は次の事柄を把握する必要がある：

- ・ ある特定の思考授業でどのような種類の推理が発達されようとしているかに関する明確な目標を持つこと
- ・ 認知的加速の基礎的理論にある程度精通すること
- ・ もし個々の生徒の主張が特定の水準で営まれない場合、生徒たちが示すどういう推理や議論を展開しているかについてよく理解すること
- ・ 問いかけをしたり判断を保留したりすること、特定の子どもたちに適切なやりがいのある課題を設定すること、及び子どもたちが用いる思考の型について彼らの発話内容から解釈する能力、といったテクニックをある範囲において習得すること

これらの「必要な事項」は、根本の異なった教授というよりはむしろ、どの教師にも必須の専門性のように思える。目標を明確にし、教材内容に精通し、子どもたちに必要な事柄に敏感で、また発問やその他のテクニックを使いこなせることは、優れた教師たちのレパートリーの一部である、ないしは少なくともそうあるべきことである。しかし、子どもたちの推理の発達に関して、これらの必須事項は、通常の内容志向カリキュラムよりも程度を高くするか、かなり異なった特定の手法や教材を適用させる

教師たちの認知的加速に関する教授に求められる教授スキルの開発は、現職教育の課程を通じた継続性のある専門性開発にかかっている。教師たちがそうしたプログラムに参加するよう動機づけることや、プログラムを予算化すること、教師たちを認定すること、などに関連する諸問題は強敵であるが、本論文では、私は私たちがC A S Eプロジェクト内で開発してきた基礎的理論とその実践のみにとどめておく。

#### 効果的な現職教育実践に関する研究

教師たちの授業実践を変化させる現職教育課程の効果を関わる諸要因について、多くの研究がなされてきた。ジョイスとショアー(Joyce & Showers 1980, 1988)は人材開発の効果に関する 200 近くの研究についてメタ分析を実施した。彼らは、表 3 にまとめられているように、現職教育課程が効果的となるためには、大学や専門性開発センターにおいて時たま過ごすことはそれがとてもよく組織化され構造化されているとしても効果が無く、学校内で指導者によってコーチング(実践的指導)に取り組むことが不可欠であると、強く結論づけた。そうした研究の証拠は、現職教育の実施者たちが、教師たちが「あなたの考えはとてもよいし、このすばらしい大学の環境ではそれでよいと思うが、私の学校(あるいは、私の生徒たち、など)ではうまくいかないだろう」と言うのをしばしば耳にする経験によって支持される。多くの教師は、きわめてわかりやすく、その理論が彼ら自身の学校で実践できるのを確信することを必要としており、このための唯一の手段は、教師たちとともに彼らの教室で取り組み、その場で教師たちに思考の教授の実施を応援することである。

図 3 : 現職教育の考えられる成果に関する異なる人材開発手法の効果(Effect Size)の平均値(単位:標準偏差)

課程の特徴	成果: 教師が発達させた事項		
	知識	技能	実践
情報の提供	0.63	0.35	0.00
+ 演示	1.65	0.26	0.00
+ 実践機会		0.72	0.00
+ フィードバック(評価情報)	1.31	1.18	0.39
+ 学校でのコーチング	2.71	1.25	1.68

after Joyce and Showers 1988 p. 71

### CASEの専門性開発の構造

私たちが学校にCASEを導入するために考案した現職教育専門性開発のプログラムは、ジョイスとショアーが見いだした事柄を重視し、理論と実践、及び学校内でのコーチングという要素を含めている。また、もし必要な場合は、学校における変化のマネジメント（管理）に関する要素も含めている。

前述のように、CASEの手法は、ピアジェ学派の認知的葛藤と平衡の考え方、及びヴィゴツキー学派の社会的構成と自分自身の思考を発達させることに関するメタ認知的反省の考え方に根本がある。したがって、教師たちが実行することとなる手法は、記述されるとしても、本質的には、必要な技能を効果的に展開することに関する理解が不可欠な理論に根付いている。今まで、どんな教師用手引き書も、それがわかりやすいとしても、生徒たちの一般的な思考の水準を持続的に高めようとする授業実践を鮮明に伝えることはできていない。どんな教師開発でも成功するには学習過程に関していくらか理解することが不可欠だが、とりわけ思考の発達を目指す干渉的な教授に関しては重要である。干渉の手法を自身で構築することは、教師たちが新たな手法を採る際にもたらされるオーナーシップ（所有権）のような感覚につながる。教師が、その個性と特定の学校環境によって、ある方法について教師自身の特異な解釈と色づけによってオーナーシップがもてるようになるまでは、外的刺激である現職教育プログラムが去ると容易に失われる「付け足し」の技能にとどまる。思考を教授する手法のオーナーシップは、それを教室のカリキュラムに自然に組み込むことを可能とする。

CASEの専門性開発(PD)は、2年間の「考える科学」プログラムの最初の実施と平衡して行われる2年間に渡るプログラムである。2年間に、教師たちが私たちの現職教育センターで終日参加する日が7日あり、さらに4回ないしは5回、半日間、私たちが教師たちと学校で取り組む。特に、熟達したCASEのトレーナーがコーチングのために訪問することに費やす時間量によって、プログラムの費用はかなり高額になっている。典型的な2年間のプログラムの費用は、学校あたり約3000ポンドである。イギリスでの現職教育は、今日、個々の学校に委ねるものとして予算化されているので、各学校が独自に現職教育予算をもっている。CASEの現職教育コースへ投資した学校は、生徒たちの成績を向上させることと同様に、教師たちの一般的な専門性の開発に関しても価値があるとしばしば見なしている。

私たちは個々の教師と取り組むのではなく、学校の科学科全体とのみ取り組む。すべての科学の教師たちがプログラムに参加することが不可欠である。個人的に熱心な教師がいても、主流のカリキュラムを教え続ける他の教師に囲まれながら、学校内で明確に異なる、新奇な教授法を継続することはとても困難である。学科全体での取り組みに固執することによって、その学科とその学校の文化の一部としての新たな教授目標と教授手法を創造する可能性が飛躍的に高まるのである。

平日に学校のすべての科学教師が(PD)センターでの研修のために学校を離れることは、学校にとって実際的でないため、学校は通常2名の教師をセンターに派遣する。



一人はその学校の「CASEコーディネーター」であり、他方は毎回異なる教師が参加できるようにローテーションする。これによって、PDプログラムの継続性とそれに学科のできるだけ多くの教師を触れさせることのバランスがもたらされる。私たち自身による学校へのインプットに加えて、CASEコーディネーターたちは、彼らが校内でPDセッションを運営して、その実行計画を開発するよう促される。私たちは、その学校訪問時間の一部を、コーディネーターによる校内でのPDセッションを支援するように使っている。

私たちはまた、並行して、CASEトレーナーの教育プログラムを運営している。トレーナーたちは、大学の教育学部教官であったり、地方自治体のアドバイザーであったり、フリーランサーのコンサルタントであったり、あるいは学校自身であったりする。校長の中には、自分の学校がCASEのトレーニングセンターとなることを有益に感じている。トレーナーたちは学校の教師たちと同じセッションに参加するだけでなく、学校における変化の管理や、効果的なPDに関する研究データ、そして彼らが実施するトレーニングプログラムの実行計画づくりに関するトレーナーたちのセッションにも参加する。

#### *専門性開発について研究すること*

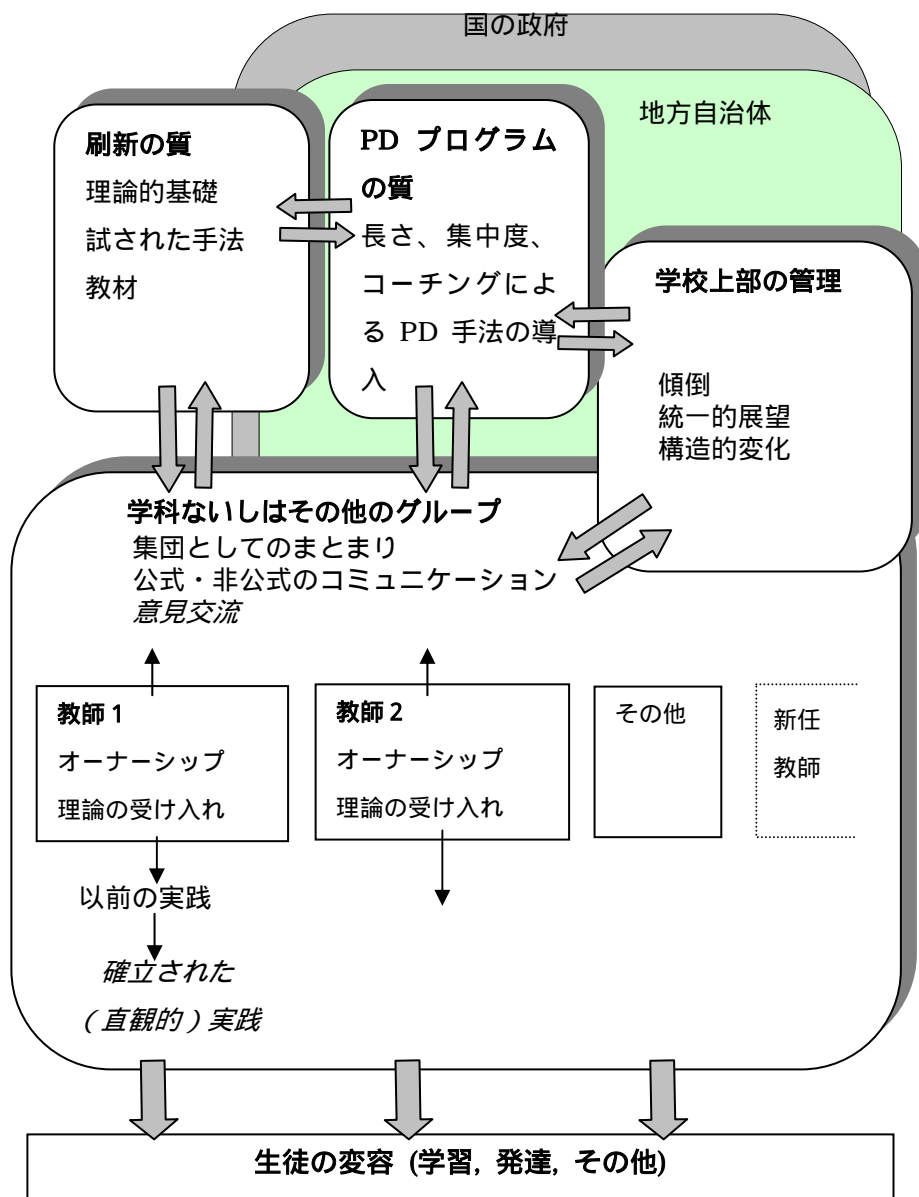
第4節で述べたように、専門性開発プログラムの効果を、プログラムに参加している学校の生徒たちの学業成績の向上によって測定するある一般的な方法がある。しかし、専門性開発課程と、教師たちの実践の発達、及び生徒たちの認知的向上との間の関連をより詳しく評価することは、もっと難しい評価手法となる。私たちは、今では、専門性開発を効果的なものとする諸要因に関する大量のデータを蓄積している。誌面の都合で、その研究についての詳細をここで述べることはできないが、その完全な報告はAdey et.al. 2004で述べられる。そこで私たちは、効果的な専門性開発に関する広範な文献の文脈で私たちのデータを位置づけ、鍵となる諸要因のモデルを開発した(図4)。

そのモデルの「底辺」は生徒たちの変化である。学校における刷新の要点は、何らかの方法で生徒たちに変化を与えることである。例えば、生徒たちの成績行為を改善することである。もし、ある専門性開発プログラムが効果的であるとすれば、それはそのような変化を生徒にもたらすものでなくてはならない。モデルには主に次の4つの要素がある：

1. 刷新の特徴。効果的であるために、刷新には、根拠のある理論的基礎と、生徒たちへの効果に関するいくつかの証拠、及び教師たちが便利だと感じる印刷物やその他の教材が必要である。
2. 専門性開発の質が、十分に長く集中的なもので、かつ教室内でのコーチングの要素を含むものであることが一般的に必要である。

3. 学校の校長が刷新を支援し、その実施に時間を費やすことを許可し、かつ例えばある一人の教師がその学校を離れると代わりを配置するような管理（マネジメント）について考慮することが必要である。
  4. 教師の集団としてのまとめり。根本的な刷新のためには、一つの学校内の教師たちが分担して相互協力的な環境で一緒に取り組むことが必要である。
- PD を効果的なものとするために、これらの 4 つの要素すべてが「積極的」なモードに設定されることがこのモデルの特徴である。もし、どれか一つの要素が「消極的」なモードだと、PD は成功しない。

図 4： 効果的な教師の専門性開発に関する一つの包括的なモデル



## 第6節 認知的加速の影響を拡大すること

1980年代初頭を発端に、それから「認知的加速」は広く多くのやり方で普及してきた。初期のCASE教材は、第3版となるまでにかなり改訂され、今ではイギリスの学校で広く用いられている。CASE教材は、さまざまな言語に翻訳され、私を知る少なくとも10の国々で試みられてきた。その諸原理は、数学(CAME, Adhmi, Johnson, & Shayer, 1998)に、テクノロジー(CATE, Hamaker, 2003)に、そして表現の芸術(ARTS, Gouge & Yates, 2003)に適用されてきた。私たちは今ではもっと年少の児童たちのための認知的加速プログラムも作成している：5歳児向けの「考えてみよう！」(Adey, Robertson, & Venville, 2001)と、7歳児向けの「科学によって考えてみよう！」(Adey, Nagy, Robertson, Serret, & Wadsworth, 2003)。

## 第7節 結論

私は、ここに示してきた「科学教育による認知的加速(CASE)」が直接に生徒たちが情報を処理する一般的な能力つまり彼らの一般的知性に働きかけることで教育上の成績を向上させる一つの有効な方法であると見込んでいる。それは、青少年の集団の一般的な知的能力を向上させるための時間のかかるアプローチである。それは、2年間のカリキュラムへの干渉である点でその実行において時間がかかり、また、干渉が終わってから3年を経過するまでその効果が追跡される点でその評価においてさらに長い時間がかかる。それゆえに、CASEを学校の教授法に取り入れることは、その発端から20年近く経ってもゆっくりとしたプロセスであるが、その利用は増え続けている。私たちは、CASEの成功は、そのデザインと実行における理論と実践の相互作用と、印刷物と教師の専門性開発の両方を併せ持つものとして「カリキュラム」を捉えていることの2つの一般的特徴によるものと捉えている。私は、生徒たちの教育の質を向上させるどんなアプローチでも、その成功のためには、しっかりとした学習理論に基礎づけられ、その理論をある程度教師たちが共通理解することが必要であり、また、成功しない刷新は、ある完成した製品として教師たちに「缶詰」にされ手渡されるようなものであると考えている。教師たちは、自分たち自身で私たちの支援を得ながら、それを成し遂げなくてはならない。

## 参考文献

- Adey, P. (1984). The core curriculum - cage or support? *School Science Review*, **65** (230), 144-148.
- Adey, P. S. (1993). *The King's-BP CASE INSET pack*. London: BP Educational Services.
- Adey, P.S., with Hewitt G, Hewitt J., and Landau N. (2004). *The Professional Development of Teachers; Practice and Theory*. Dordrecht, Kluwer Academic.
- Adey, P., Nagy, F., Robertson, A., Serret, N., & Wadsworth, P. (2003). *Let's Think Through Science!* London: nferNelson.
- Adey, P., Robertson, A., & Venville, G. (2001). *Let's Think!* Slough, UK: NFER-Nelson.
- Adey, P. S., & Shayer, M. (1993). An exploration of long-term far-transfer effects following an extended intervention programme in the high school science curriculum. *Cognition and Instruction*, **11** (1), 1 - 29.
- Adey, P. S., & Shayer, M. (1994). *Really Raising Standards: cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.
- Adey, P. S., Shayer, M., & Yates, C. (1992). *Thinking Science - U.S. Edition*. Philadelphia: Research for Better Schools.
- Adey, P. S., Shayer, M., & Yates, C. (1993). *Naturwissenschaftlich denken* (Mund, H.A., Trans.). Aachen: Aachener Beiträge zur Pädagogik.
- Adey, P. S., Shayer, M., & Yates, C. (2001). *Thinking Science: The curriculum materials of the CASE project*. (3rd ed.). Cheltenham: Nelson Thornes.
- Adhami, M., Johnson, D. C., & Shayer, M. (1998). *Thinking Mathematics: The Curriculum Materials of the CAME project*. London: Heinemann.
- Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms. In R. Kluwe & F. Weinert (Eds.), *Metacognition, Motivation and Understanding*, . London: Lawrence Erlbaum.
- Burmann, U., & Adey, P. (1999?). The development of learning strategies under specific teaching conditions. *submitted to European Journal of Psychology of Education*, .
- Department for Education and Employment. (1997). *Excellence in Schools*. London: The Stationery Office.
- Epstein, H. T. (1990). Stages in Human Mental Growth . *Journal of Educational Psychology*, (82), 876-880.
- Hamaker, A. (2003). *Cognitive Acceleration through Technology Education*. Taunton: Nigel Blagg Associates.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking*. London: Routledge Kegan Paul.

Joyce, B., & Showers, B. (1980). Improving inservice training; the messages of research. *Educational Leadership*, **37** (5), 379-385.

Joyce, B., & Showers, B. (1988). *Student Achievement through Staff Development*. New York: Longman.

Larkin, J., McDermott, Simon, & Simon. (1980). Expert and Novice performance in solving physics problems. *Science*, **208** (June), 1335 - 1342.

Leo, E. L., & Galloway, D. (1995). Conceptual links between Cognitive Acceleration through Science Education and Motivational Style: A Critique of Shayer and Adey. *International Journal of Science Education*, **18** (1), 35-49.

Renner, J. W., Stafford, Lawson, McKinnon, Friot, & Kellogg. (1976). *Research, teaching, and learning with the Piaget model*. Norman: University of Oklahoma Press.

Shayer, M., & Adey, P. S. (1981). *Towards a Science of Science Teaching*. London: Heinemann.

Shayer, M., & Adey, P. S. (1992a). Accelerating the development of formal thinking II: Postproject effects on science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **29** (1), 81-92.

Shayer, M., & Adey, P. S. (1992b). Accelerating the development of formal thinking III: Testing the permanency of the effects. *Journal of Research in Science Teaching*, **29** (10), 1101-1115.

Shayer, M., Wylam, H., Küchemann, D. E., & Adey, P. S. (1978). *Science Reasoning Tasks*. Slough: National Foundation for Educational Research.

Stenhouse, L. (1975). *An introduction to curriculum research and development*. London: Heinemann Educational Books.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.



## 第 4 章

### 小学校総合的な学習の時間における CASE 理論の実践的活用

浅海範明（山口県田布施町立麻郷小学校）





# 小学校総合的な学習の時間における CASE 理論の実践的活用

山口県熊毛郡田布施町立麻郷小学校

教諭 浅海 範 明

## 1 研究の意図

「生きる力」の育成をめざして総合的な学習の時間が創設された。この総合的な学習の時間の重要な課題は、問題解決能力の育成である。(p.2~3) そして、問題解決能力の育成には、問題解決を根底で支える論理的思考力を高めることが不可欠である。例えば、小学校3年生で「地域内の危険な場所」を見つけるため、何箇所かで交通量調査を行うとしよう。その際、調べる時刻や天候などの条件が統一されていなければ、正しい結論を導くことができない。事象の比較を客観的に行おうとすれば、「条件を統制する」という論理的な思考力が必要になる。そしてこのような思考力を育成することは、思考力の面から見た「知の統合化」や「教科との連携」という意味においても、総合的な時間に育成されることが望まれているものだと考える。しかし、「条件統制」のような論理的思考力は体験活動の中で自然に形成されるようなものではなく、教師による意図的な働きかけが必要である。そこで、体験的な問題解決学習を行う一方で、CASE の認知加速の試みを活用した意図的な論理的思考力の育成を行うことで、より確かな問題解決能力を身に付けさせることができるのではないかと考えた。(p.4)

## 2 学習プログラムの開発：CASE プロジェクトの知見をいかに活用するか

CASE において開発された Thinking Science という一連の理科授業は、「考え方のトレーニングの時間」として2週間に1回程度行う一斉授業の形態になっている。(p.5~7) しかし、総合的な学習の時間は、体験的な学習が重視されるので、論理的思考力の育成に焦点を当てた授業に多くの時間を割くことは適切とはいえない。また、総合的な学習の時間は、個人やグループで学習を進めることが多く、一斉指導の形で学習に介入することは子どもたちの学習の妨げになる可能性がある。そこで、CASE によって提案された推論形式を、短時間で個別にトレーニングできるように、コンピュータによる個別学習プログラムを開発することにした。(p.8) これによって、時間の制約を受けずに、気軽にトレーニングに取り組めるようになると考えた。学習プログラムの開発に当たっては、CASE の授業方法を参考にした。

## 3 実践とその結果

「分類」の推論形式を育成するためのプログラムを第3学年の児童に、「条件統制」の推論形式を育成するためのプログラムを第4学年の児童に実施した。事前、事後テストの成績を比較することで、プログラムの有効性を検証した。(p.9~12) その結果、いずれのプログラムについても、これらの推論形式の育成に効果があることが示された。

## 現行指導要領において重要視されている問題解決能力

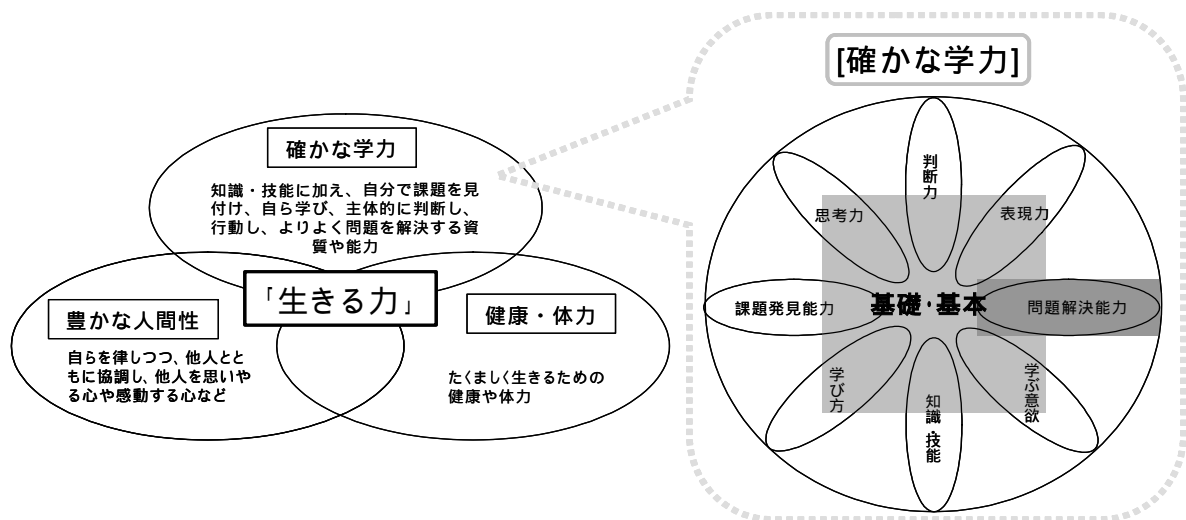
「我々はこれからの子供たちに必要となるのは、いかに社会が変化しようと、自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力であり、また、自らを律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心など、豊かな人間性であると考えた。たくましく生きるための健康や体力が不可欠であることは言うまでもない。我々は、こうした資質や能力を、変化の激しいこれからの社会を「生きる力」と称することとし、これらをバランスよく育てていくことが重要であると考えた。」(下線は筆者)

第15期中央教育審議会「審議のまとめ」(平成8年6月18日)より

### 1 新学習指導要領や学力についての基本的な考え方等

新学習指導要領の基本的なねらいは[生きる力]の育成。各学校では、家庭、地域社会との連携の下、[生きる力]を知の側面からとらえた[確かな学力]育成のための取組の充実が必要。

[確かな学力]とは、知識や技能に加え、思考力・判断力・表現力などまでを含むもので、学ぶ意欲を重視した、これからの子どもたちに求められる学力

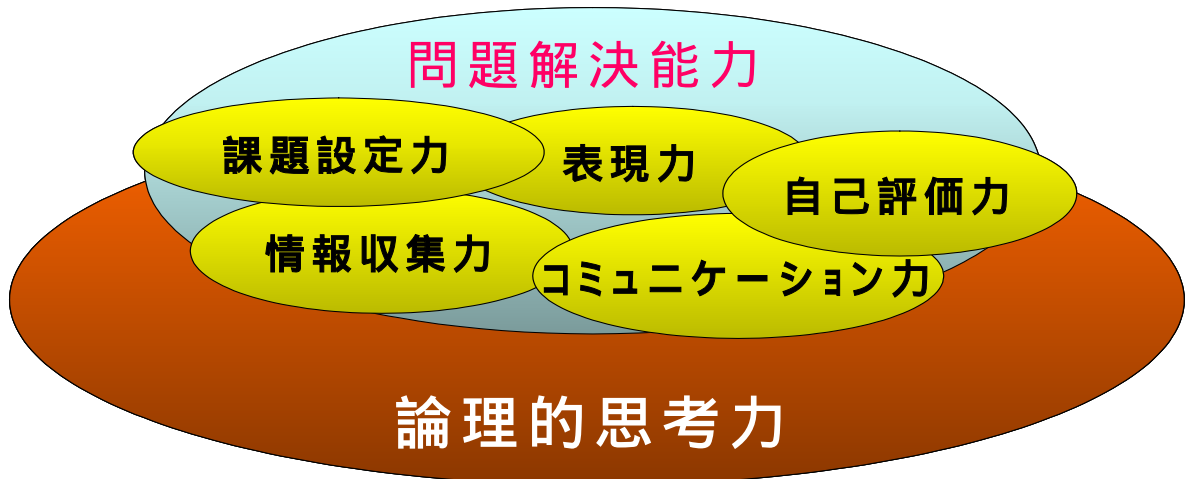


(網かけは筆者)

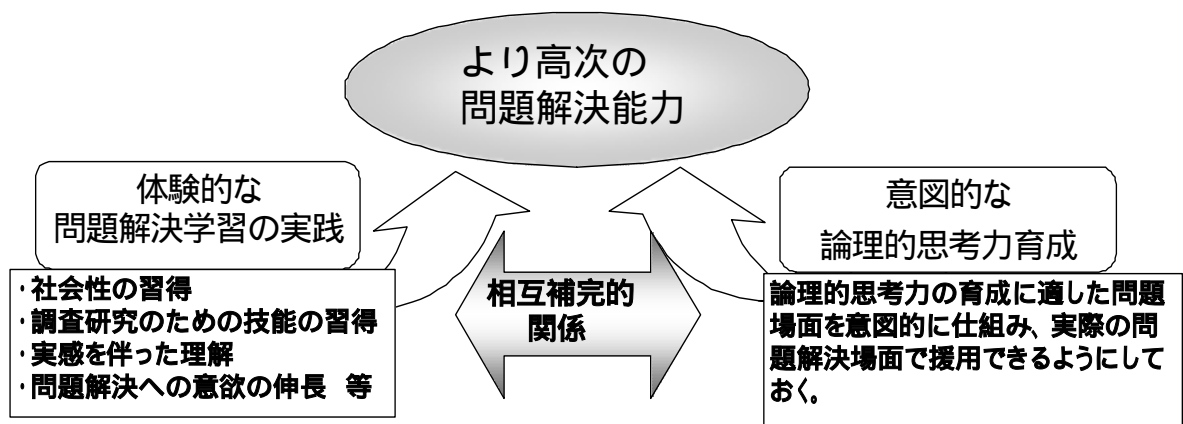
初等中等教育における当面の教育課程及び指導の充実・改善方策について(答申の概要)

(平成15年10月7日)より

問題解決能力を根底で支える論理的思考力



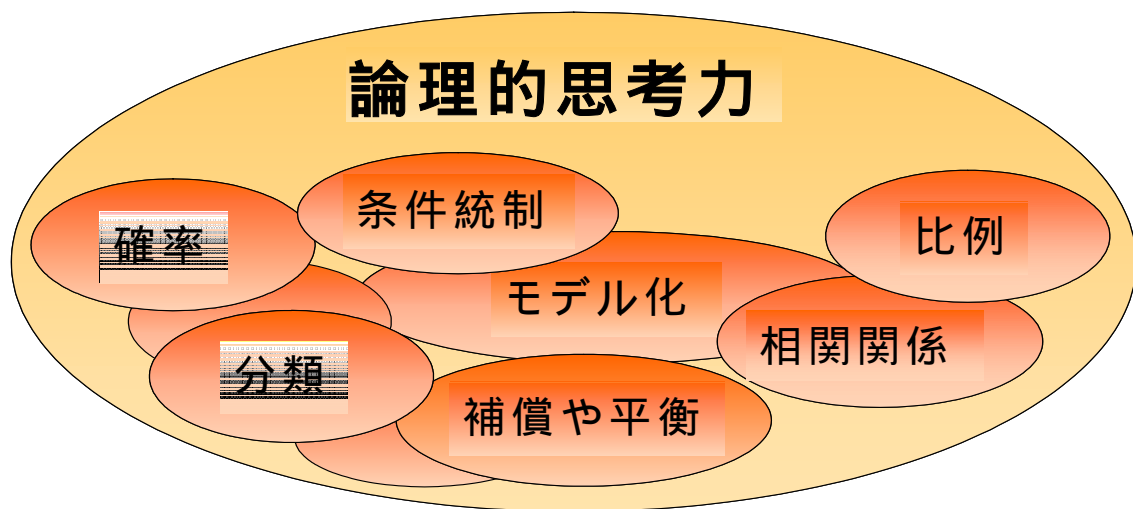
問題解決能力は、問題解決学習の実践と意図的な論理的思考力の育成が相互補完的に働きかけることで、より高次のものに変容させることができる。



\* 児童自らが、試行錯誤しながら問題解決へ向けて進んでいくが、よりよい解決に向けて、進むべき方向を示してくれるのが論理的思考力であり、体験的、問題解決的学習のナビゲーターとしての役割を持つ。

論理的思考力は、種々の推論形式によって構成され、各々の推論形式を強化することで、論理的思考力がより高度になっていく。

\* CASE (Cognitive Acceleration through Science Education) プロジェクトの研究成果による



### 本研究で取り上げた推論形式と総合的な学習との関わり

推論形式	特 性	総合的な学習の時間との関わり
分 類	対象から特定の属性を抽出し、その共通点や相違点に着目し、関係付けて把握する能力	海岸で集めたごみを分類することから、その対策を具体化する。
条 件 統 制	適切に条件を設定して、現象の原因を明らかにしようとする能力	交通量の調査など、各種の調査を行う際、適切な条件を設定する。
相 関 関 係	1対1対応だけの因果関係ではなく、複数のサンプルから得られた結果の全体的な傾向を把握して結論付けようとする能力	洗剤が生物に与える影響や、肥料が米の収穫量に与える効果を調べる実験などで、客観的な結論を導く。
モ デ ル 化	事象を抽象化して図に表したり、その図を使って考えを進めたりする能力	まとめの段階で事象を図式化し、その関係を簡潔に表現する。
比 例	伴って変わる2つの量の間にある比例関係を認識する能力	自分の家から出るごみの量から日本全体の家庭ごみの量を推測する。

\* 課題設定場面で、「どうして子どもは不思議に思わないのだろう。」と感じる場面があるが、それは子どもたちが、大人にとっては当たり前の、これらの推論形式に従って考えていないためである。

\* 推論形式は他にも考えられるが、本研究では、小学校総合的な学習の時間で有効であると思われるものを選択して研究する。

## CASE (Cognitive Acceleration through Science Education) におけるトレーニングプログラムの概要

\* 研究母体 ロンドン大学キングス・カレッジ、思考力発達促進センター

代表 フィリップ・アディ教授 (Dr. Philip Adey)

<http://www.case-network.org/index.html>

\* 次のページに示した授業計画のように所要時間がおよそ70分の授業を2年間にわたって30回行う。よって2～3週間に1度の頻度でこれらの授業が行われることになる。

\* 指導方法の特徴

これらの授業には、次のような特徴がある。(CASEの知恵に関する柱)

- ・ **具体的準備**・・・概念を意識づける確定した言葉を用いる。
- ・ **関係づけ**・・・同じ推論形式を、異なった題材を用いて経験させること。
- ・ **認知的葛藤と新しい認知構造の構築**・・・これまでの認識とのずれを経験させ、その事象を説明する新たな認知構造を学習者自らが作り上げること。
- ・ **メタ認知**・・・自分の理解をモニタリングすること。

本研究では、上記プロジェクトの授業内容や指導方法を参考にして、総合的な学習の時間の中で柔軟に実施できるトレーニングの形態を探った。そして、コンピュータによる個別学習プログラムの形で、トレーニングを行うことを考え、そのプログラムを開発することにした。

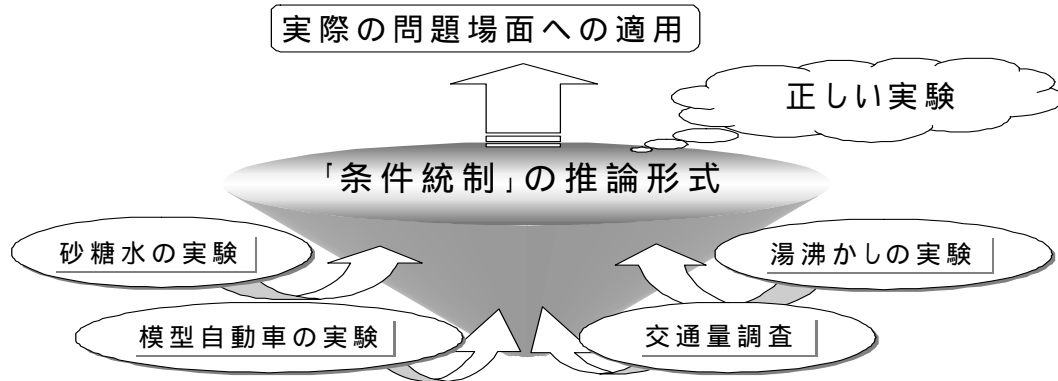
Thinking Science (CASE プロジェクトで開発されたカリキュラム)の授業計画

			授業タイトル	育成をねらう推論形式	授業内容の概要	
第7学年(11~12才)	1学期	1	変量ってなに？	変量とその値	これからのトレーニングに必要な「変量」と「値」についての概念形成を行う。教材としては、平面図形や実験器具の容積のような理科的なものだけではなく、お湯を沸かす場面、皿に盛られたソーセージの図などが用いられる。	
		2	2つの変量			
		3	正しい調べ方	条件統制		材質や長さ、太さの異なったパイプを吹いたときに出る音の高さを調べる実験を条件を統制することに着目して行う。
		4	どんな関係？	変量とその値		おもりの重さとバネの伸び(比例関係)、油の温度とその油が流れ落ちる速さ(反比例の関係)という二つの事象をグラフ化し、法則性をつかませる。
		5	斜面を転がるボール	条件統制		大きさ、材質、色の異なったボールを斜面で転がし、もう一つの球に衝突させてどこまで転がせるかという実験を、条件統制に着目して行う。
	2学期	6	歯車と比	比例	歯車、紙の枚数と厚み、地図の縮尺等を用いて比や比例について理解させる。	
		7	倍率(縮図と顕微鏡)	比例	縮図や顕微鏡の倍率を用いて、比や比例について理解させる。	
		8	一輪車	比例	一輪車でのこの原理を題材にして、荷物の重さと持ち上げる力との比例関係や、荷物の重さと支点からの距離の反比例関係を理解させる。	
		9	幹と枝	補償	幹から何回枝分かれしたか、その回数とその枝の太さの関係を調べ、反比例についての定性的理解を図る。	
		10	てこ	補償	てこに加える力と、支点からの距離の関係をj用いて反比例を理解させる。てこの他にも、反比例的な事例を示し概念形成を促進する。	
	3学期	11	電流と導線の長さや太さ	補償	電流の大きさと導線の長さの関係をj用いて、反比例の概念を形成させる。	
		12	電圧と電流、電力	補償	電力を一定にしたときの電流と電圧の反比例関係を導入し、「補償」の概念を確かなものにする。	
		13	表か裏か(コイントス)	確率	コインを投げて表がでたときと裏がでたときを記録し、グラフ化することなどを通して、確立の概念を導入する。	
		14	組み合わせ	組み合わせ	これからのトレーニングに必要なとなる、「複数の変量を、もれや重複がないように組み合わせる。」という能力を身に付けさせる。こまを4色に塗り分ける場面や数種の料理を皿に盛り付ける場面を用いる。	
		15	紅茶の味比べ	確率	「ミルクと紅茶のどちらを先に注いだミルクティーか。」という味比べで、でたらめに答えてもどれくらい正答することができるか、コインの表裏の事象と結びつけて理解させる。	

第8学年(12、13才)	1学期	16	変量の相互作用	条件統制	イースト菌を活発にさせる要因やさびを促進する2つの要因を条件統制や条件の組み合わせに着目させて実験し、より複雑な実験条件の操作ができるようにする。
		17	ダンゴムシの性質	相関関係	ダンゴムシの好きな環境を湿度と明るさの2つの要因を組み合わせた4種類の条件下で調べ、相関関係の概念を導入する。
		18	肥料や薬とその効果	相関関係	植物や動物に肥料や薬を与えたときの効果についてのシミュレーションから、相関関係の考え方に習熟する。
		19	全体はいくつ？	確率	全体の数を調べるのが困難なとき、その一部の個体にマーキングをしてもとの集団に戻し、再び個体を取り出して、マーキングされた個体数の割合から全体数を推計する方法を経験させる。
		20	さいころの目	確率	2つのさいころを振り、でた目を表にまとめる活動を通して、確立の概念を確かなものにする。
	2学期	21	なかま作り	分類	種々の生きものをなかま分けする活動を通して分類の概念を導入する。
		22	鳥の分類	分類	より多くの条件を使って、複雑な分類ができるようにする。分類に適した条件とは何かということにも気付かせる。
		23	物質の三態	モデル化	種々の物質が融ける様子を観察し、融ける前と後では物質がどのように変化したのかを説明しようとする過程から、説明するのに適したモデルを考えるようにする。
		24	溶解	モデル化	物質が溶解する様子や溶媒の蒸発によって析出する様子を観察させ、適当なモデルを用いて説明できるようにする。
		25	化学反応	モデル化	ろうそくの燃焼や銅と硫黄の反応などを観察させ、適当なモデルを用いて説明できるようにする。
	3学期	26	圧力	複合した変量	圧力や密度のような二つの変量から成り立つ変量を導入する。体重や、履いている靴の違いでどの程度地面にめりこむかが異なることなどを例示する。
		27	浮くか沈むか	複合した変量	容積や質量のちがういくつかのピンについて、水に浮くか沈むかを調べることを通して、密度という二つの変量が複合した変量の必要性を理解させる。
		28	どちらがあがる？	平衡	てこの両側のおもりとそれぞれの支点からの距離のように4つの変量がバランスを保っているような事象について理解させる。天秤の他にも、傾斜のちがう坂に、質量のちがう2台の車がロープでつながれてぶら下がっているような場面も用いる。
		29	天秤のつり合い	平衡	
		30	ダイバー	複合した変量	浮沈子の実験から、浮沈子の容積と質量、浮沈子を浮かべる水の量とその水に加える食塩の量という4つの複雑な変量の関係が理解できるようにする。

これらの推論形式をいかに身に付けさせて、実際の問題解決場面で、児童自らが使えるようにするか。

ある推論形式に関係する事象を、教科の枠組みを越えたいろいろな題材を用いて経験させ、より一般化した形で児童に意識させる。またその意識化されたものに、固有の名称を与えることで、実際の問題解決場面において容易に呼び出せるようになる。



- \* 「条件を統制する」という行為が、その実験対象と結びついている段階では、新たな問題場面に直面したときに、その推論形式を適用することが難しい。同じ推論形式を複数の対象で繰り返し経験することで『「条件統制」ってこんなこと。』というイメージが生まれ、どの対象に対しても「同じことをやっている。」と感じた時点で、その推論形式の概念が形成されたことになる。
- \* いったん概念形成が行われれば、自ら推論形式を使うことも可能であろうし、それを忘れてしまっても、「正しい実験になるようにしてごらん。」と助言するなど、わずかな支援で学習を進めることができる。
- \* コンピュータプログラムの実際（「条件統制」を身に付けさせるプログラムより）

あきらくんは **ボディの先をとがらせると、よく走るようになる。** と考えています。

何番と何番の車を走らせてみると、たしかめられますか。下の組み合わせから、よいものを2つえらんでください。プリントに を付けたら、えらんだ組み合わせをクリックしましょう。

1番と3番  
1番と5番  
2番と3番  
4番と5番

学校の前とコンビニの前では、どちらがたくさん車が通るか決めるために **だれの結果とだれの結果を使って決めたらよいでしょう。**

**同じにしなくてはいけないのは何か**

ヒント

学校の前の道は **Aくん** はれの日、1分間に 35台通ったよ

コンビニの前の道は **Bさん** 雨の日、1分間に 30台通ったよ

コンビニの前の道は **Cくん** はれの日、1分間に 25台通ったよ

学校の前の道は **Dくん** 雨の日、1分間に 40台通ったよ

**A君とBさん**   **A君とC君**   **BさんとD君**   **C君とD君**

正しい組み合わせを2つえらんで、プリントに を付けてからクリックしてね。



## 推論形式が身に付いたことをどのようにして確かめるか。

よく走る車  
ボディーの形やはば、タイヤの太さがちがう5種類の車があります。  
あきさんは、  
「ボディーの先をとがらせるとよく走るようになるよ。」  
とっています。

**ボディーの先をとがらせるとほんとによく走るようになるのかな？**  
あきさんの考えがっているか、たしかめたいのですが、ためしてよいのは2台だけです。あなたは、どの車とどの車をころがしてみますか。  
番の車と 番の車

どうしてその2台をためしてみるのですか

**事前テスト**  
(10月29日実施)

ボディーの先をとがらせることの効果を調べたいのであるから、条件統制された実験にするためには、タイヤの幅とボディーの幅が同じ車で、先がとがっているものと、先がとがっていないものを比べなくてはならない。

したがって、1番と5番または2番と3番を選択しなくてはならない。

正しい組み合わせを選択し、その選択理由として、「タイヤの幅や、ボディーの幅が同じだから。」(片方のみの記述も可)という内容が記述されているものを正答とした。

ふえの音の高さ  
木や鉄で作られた、長さや太さのちがうふえが5本あります。  
あきさんは、  
「鉄でできたふえの方が、高い音がするよ。」  
とっています。

**ふえを鉄で作ると、ほんとに音が高くなるのかな？**  
あきさんの考えがっているか、たしかめたいのですが、ためしてよいのは2本だけです。あなたは、どのふえとどのふえをふいてみますか。  
番のふえと 番のふえ

どうしてその2本をふいてみるのですか

**事後テスト**  
(11月13日コンピュータプログラムの実施と同じ日に実施)

材質が音の高さに与える効果を調べたいのであるから、条件統制された実験にするためには、笛の太さや笛の長さが同じ笛を比べなくてはならない。

したがって、1番と4番または2番と5番を選択しなくてはならない。

正しい組み合わせを選択し、その選択理由として、「笛の長さや太さが同じだから。」(片方のみの記述も可)という内容が記述されているものを正答とした。

これら二つのテストは、事前に別のグループに同時に実施して、正答率に差がないことを確認した。そしてこれら二つのテストの解答状況を比較した。

# 事前・事後テストの全問題「条件統制」(第4学年に実施)

## 事前テスト

### 設問 1


せんざいのせいとう 年組

AのせんざいとBのせんざいはどちらがよこれをよく落とすことができるか、よこれをつくしたをせんたくして比べようとしています。

あなたはどのようにして実験しますか。

**実験の仕方**

正しい結果を出すために気を付けなくてはならないことは何ですか。



\* 設問 1 はいずれかの欄に条件統制に関する記述がみられたものを正答とし

### 設問 2

よく走る車

ボディの形やはば、タイヤの太さがちがう5種類の車があります。

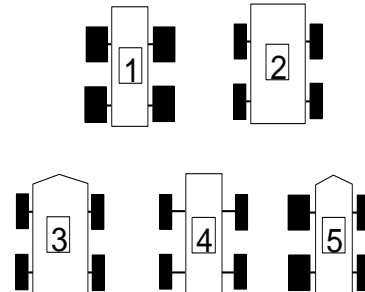
あきさんは、「ボディの先をとがらせるとよく走るようになるよ。」といっています。

ボディの先をとがらせるとほんとによく走るようになるのかな?

あきさんの考えがっているか、たしかめたいのですが、ためしてよいのは2台だけです。あなたは、どの車とどの車をころがしてみますか。

番の車と  番の車

どうしてその2台をためしているのですか



### 設問 3・4

あきらくんは、「タイヤを太くするとよく走るようになるよ。」といっています。

タイヤを太くするとほんとによく走るようになるのかな?

あきらくんの考えがっているか、たしかめたいのですが、ためしてよいのは2台だけです。あなたは、どの車とどの車をためしてみますか。

番の車と  番の車

どうしてその2台をためしているのですか。

あなたは、ボディの形(先がとがっているか、とがっていないか)、ボディのば、タイヤの太さのうち、よく走るようになるのに関係があるのはどの理由だと思いますか。一番関係あると思う理由を下から一つだけえらんで、番号に丸を付けてください。

- 1 ボディの形(とがらせるまたはとがせない。)とよく走るようになる。
- 2 ボディのばをひろくする(またはせまくする)とよく走るようになる。
- 3 タイヤを太くする(または細くする)とよく走るようになる。

どうやってたしかめますか。ためしてよいのは2台だけです。

番の車と  番の車

どうしてその2台をためしているのですか。

## 事後テスト

### 設問 1

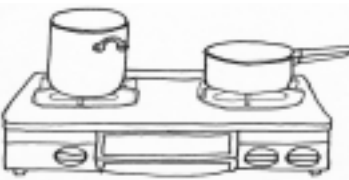
なべのせいとう 年組

AのなべとBのなべはどちらが早くおゆをわかすことができるか調べようとしています。

あなたはどのようにして実験しますか。

**実験の仕方**

正しい結果を出すために気を付けなくてはならないことは何ですか。



\* 設問 1 はいずれかの欄に条件統制に関する記述がみられたものを正答とした。

### 設問 2

ふえの音の高さ

木や鉄で作られた、長さや太さのちがうふえが5本あります。

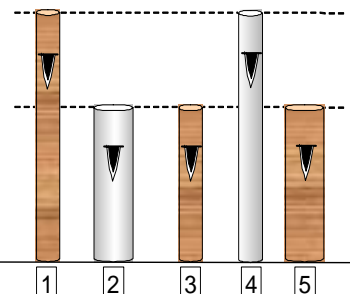
あきさんは、「鉄でできたふえの方が、高い音がするよ。」といっています。

ふえを鉄で作ると、ほんとに音が高くなるのかな?

あきさんの考えがっているか、たしかめたいのですが、ためしてよいのは2本だけです。あなたは、どのふえとどのふえをふいてみますか。

番のふえと  番のふえ

どうしてその2本をふいてみるのですか



### 設問 3・4

あきらくんの考えがっているか、たしかめたいのですが、ためしてよいのは2本だけです。あなたは、どのふえとどのふえをふいてみますか。

番のふえと  番のふえ

どうしてその2本をふいてみるのですか

あなたは、太さと、長さ、材料(木でできているか、鉄でできているか)のうち、ふえの音を高くするのに関係があるのはどの理由だと思いますか。一番関係あると思うのを下から一つだけえらんで、丸を付けてください。

- 1 太くする(または細くする)とふえの音を高くすることができる。
- 2 長くする(または短くする)とふえの音を高くすることができる。
- 3 鉄で作る(または木で作る)とふえの音を高くできる。

それをどうやってたしかめますか。ためしてよいのは2本だけです。

番のふえと  番のふえ

どうしてその2本をふいてみるのですか