

教科教育学の研究課題と今後の方向性

松原 道男

**Research Subjects and Perspective of Curriculum
Research and Development**

Michio MATSUBARA

金沢大学人間社会研究域学校教育系紀要，第 11 号別刷，2019 年

Reprint

from

*Bulletin of the Faculty of Education,
Institute of Human and Social Sciences,
Kanazawa University*

No.11

March 2019

教科教育学の研究課題と今後の方向性

松原 道男

Research Subjects and Perspective of Curriculum Research and Development

Michio MATSUBARA

I 問題の所在

教科教育学は、どういう学問であり何をするのか、そもそも学問として必要なのかといったことがよく議論される¹⁾。特にカリキュラムの改訂時期や、教員養成のあり方について論じられるときには話題となる。

森分²⁾は、教科教育学とは、「学校における教科教育実践を中心に、それに関わる諸事象を対象とする科学的研究」と定義している。蛭谷³⁾は、「教科教育学は、教科教育の活動としての機能や目的・目標、内容、方法決定の原理などを論じる教科教育基礎論と、それらを具体的な活動に組織するための教科の設定・区分などの教科と文化や、社会と教科教育学などの関係を考察しながら、教授・学習の場を、どのように具体化するかなどを論じる教科区分論、さらにそれらを教師と学習者の関係から考察し、教授の原理や学習の原理を明らかにするとともに、未来の可能性を追求する教科教育実践論によって成立する」としている。

以上のように教科教育学は、理論と内容、そして実践を科学的に研究する学問として定義されている。一方、教科教育学に対する疑問や課題として、次のようなことがあげられる⁴⁾。

①教科教育学と一般教育学との違いは何か、教科教育学は必要なのか。

②教科教育学は、学問として成立しうるのか、その研究方法とはどのようなものか。

③基盤となる学問と教科教育学との関係や位置づけはどのようなになっているか。

④実践的な学問として、教育実践や教員養成と

の関わりや位置づけはどのようなになっているか。

これらに加え、平成 29 年に改訂された学習指導要領から、次の点が課題としてあげられる。学習指導要領の改訂において、各教科における「見方・考え方」⁵⁾によって深い学びを推進することが示された。各教科の独自の見方・考え方は、言い替えれば、その教科でしか培えない能力とは何かといったことであり、これは教科教育学の大きな研究課題の一つである。

以上のような課題に対して、教育研究者、教科の基盤となる学問の研究者、学校教育の実践者は、それぞれの立場で教科教育を論じてきたといえる。それぞれの領域といった閉塞的で発展性がないところに、教科教育学の学問としての課題が生じていることが考えられる⁶⁾。しかも教育の中心となる知識や思考、そして能力といった本質的なところでの議論が少ないと思われる。

そこで、知識や思考を対象とする学問についても考慮する必要がある、その一つとして、脳科学をあげることができる。その中でも、人工知能の研究は急速に発展を遂げており、知識や思考、人間の能力に関わる研究が深められている⁷⁾。これらの研究視点や研究成果は、教科教育学を考える上で大きな示唆を与えるものと思われる。

II 研究の目的

本研究においては、教科教育学の学問としてのあり方や今後の研究の方向性について、脳科学の中でも人工知能の研究における知識や思考

の視点から、提案を行うことを目的とした。

III 研究の方法

本研究では、まず、人工知能における認識や思考、知識の視点から、人間の能力およびその特徴についてとりあげる。次に、その特徴から、教科教育学の問題について、問題の所在であった①から④および各教科の見方・考え方について議論し、学問としてのあり方や今後の研究の方向性について考察する。その際、課題に関わる次の関係を明らかにしながら議論を行うこととした。

- ・教科教育学と一般教育学
- ・教科教育学と基盤となる学問
- ・教科教育学と実践
- ・教科教育学と教科の見方・考え方

IV 人工知能における知識と思考のとらえ方

1. データ的な知識と手続きによる処理

まず、本研究における認識や思考、知識のとらえ方について、人工知能の発展から述べる。人工知能の初期の段階において研究されたのは、多くのデータ的な知識を蓄積すること、そしてそれを論理的な手続きで処理することである。特に1980年代から1990年代初頭にかけての第5世代コンピュータの開発においては、多くのデータと手続きを駆使して問題を解決していく考え方で開発された⁸⁾。

図1に示したような知識観であり、多くの知識を蓄積すること、その際、蓄積したものが効率よく抽出されるように何らかの構造化を行うこと、そして、その知識を処理するための論理を形成することが考えられた。

このような方法においては、ある状況の中で、決まった論理を用いるような意思決定や、機械

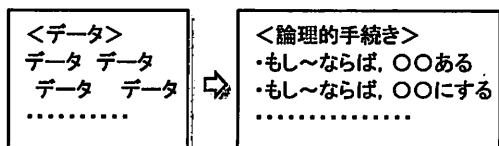


図1 データと手続きによる処理

の制御などが可能であった。一方、人間が日常生活で直面するような問題は、十分には解決できないことがわかってきた⁹⁾。

人間の日常生活における問題は、状況を記述する必要がある。例えば部屋の中の状況を記述しようとしたときに、机やその机に置いてある鉛筆、そして、その机は壁からどのくらい離れていて、壁は何色かといったように、記述しなければならない内容が膨大となる。さらに、その状況が変化することを考えると、記述は不可能に近い¹⁰⁾。このように視覚的な状況の表現や、人間がもつイメージに基づく処理などは困難であった。つまり、データと論理的手続きを分けて処理する方法では、人間が行う認識や思考とは異なるものであった。言い替えれば、たくさんの知識を記憶し、一般的に使える論理を学習したとしても、人間らしい思考はできないということである。このような問題により、人工知能の研究は、その後下火になったところがある。ところが、最近では、画像認識、音声認識、自動車の自動運転などの制御、囲碁・将棋などの対戦において、人工知能が人間を上回るほどの進展がみられるようになった。これらは、機械学習によるディープラーニング¹¹⁾によるところが大きい。

2. 状況のパターン的な処理

現代の人工知能が人間の認識や思考に近づいているのは、人間の神経回路を模したニューラルネットワークにより処理を行っているからである。図2に示したような神経細胞が連結しながら層をなした構造になっており、入力部分から出力部分に向けて情報が伝達され処理が行われる。この連結部分において、情報伝達の重みを変えることによって情報が処理される。この処理の特徴として、入ってきた情報が中間層において特徴量を検出することがあげられる¹²⁾。この特徴量検出は、イメージの形成とも関わっており、一定の認識の枠組みが形成され则认为えられる¹³⁾。この枠組みは、入ってくる情報が

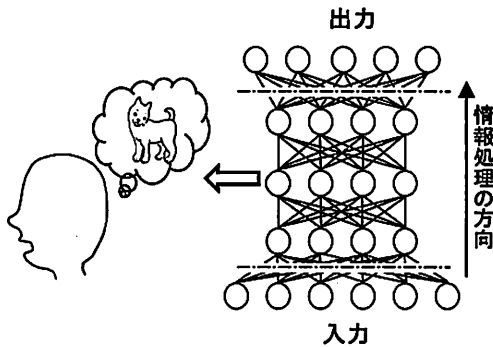


図2 神経回路網のモデルによる情報処理

ら自動的に形成させることも可能であるし、期待される結果が出るように意図的に形成することも可能である¹⁴⁾。

このネットワークによる処理は、パターン的な処理が得意であり、データは分散的に保存される。この処理では、厳密な定義や論理によって物事を認識するのではなく、おおよそパターンの類似していれば、それを認識することができる。したがって、初めて見るイヌであってもイヌと認識でき、初めてでもこれまでに体験したことと類似したものであれば、ある程度対応できる。また、状況の認識や処理もパターンに行うため、画像処理などが得意である¹⁵⁾。一方、論理的処理ができないわけではないが、論理的な処理を段階的に表現するのは難しい。これは、人間においてもパターンのものにものを認識するのは容易であり処理も速いが、論理的な処理は難しく時間がかかるといったことに類似している。したがって、この処理のモデルでは、なぜこれでうまくいくのかといった論理的な解釈は、困難になることがある¹⁶⁾。

また、この処理で注目できる特徴は、予めパターンの枠組みを設定しなくても、入ってくる情報から枠組みを自動で生成できることである¹⁷⁾。これは、人間が、ある文化で生活すれば、その文化の言語を自然に話すことができるようになることに通じる。一方、その枠組みができてしまうと、それで物事をとらえてしまうといった理論負荷性¹⁸⁾の問題が生じることになる。

そのため、新しく異なる言語を学ぼうとすると、意図的に枠組みを新たに生成したり変更したりしなければならない、努力を要する。人間のこのような特徴を説明することができる。そして、この枠組みについては、決まった認識や結果を出せるようにしたい場合は、そのような枠組みを意図的に作ることもできる。人間においては、日常生活だけでは生成されない枠組みを、学校教育の中で意図的に作っているといえる。

形成された枠組みは、論理的手続きに基づく根拠などを説明できる場合もあれば、説明できない場合もある。人間においても、うまくいった方法や経験などを、論理がなくても記憶として蓄積し、それを用いることができる。

ここで問題になるのは、一般的に通じる論理は、どのように形成されるのかということである。データの知識と論理的手続きのみで構築するモデルでは、論理的な手続きはデータと独立して形成することができた。一方、ニューラルネットワークでは、ネットワークの連結とその重みづけで情報を処理するため、データと論理的手続きが独立しているわけではなく、論理などを表現するのが難しい。そういう点では簡単に形成されないことが考えられる。人間においてもある論理を含む内容を学習したからといって、すぐにその論理的思考が形成されないことが明らかにされている¹⁹⁾。また、論理的思考は、具体的な状況によって影響を受けることなどが明らかにされている²⁰⁾。したがって、何にでも通じるような一般的な論理が独立して形成されるというより、ある状況の枠組みの中で通じる論理が形成され、一般的な論理は簡単に形成されず、形成には時間がかかると考えられる²¹⁾。

現代の人工知能の開発で壁になっているのもこの点である。現在、人工知能とよんでいるのは、特化型AIである²²⁾。これは、ある特定の状況下で働くAIである。何にでも対応するAI、これを汎用AI²³⁾とよぶが、まだ実現されておらず、両者はかなり次元が異なるものであり開発

が難しいとされている²⁴⁾。例えば画像処理ができる AI は、それをそのまま利用して音声を認識する AI にはなれない。

このことは、人間において一般的な論理の形成が難しいことに通じる。人工知能において、汎用 AI が作成された場合、一般に通じる論理の形成やその機構の解明につながると考えられる。

以上のような人工知能の視点からの分析をまとめると、人間の認識や思考、知識について、次のことが類推される。

- ・人間の知識や思考はパターン的であり、ある枠組みやイメージが形成され、それに基づいて情報が認識され処理される。
- ・その枠組みは、日常生活において自動で形成されるが、意図的に形成することもできる。学校教育では、多くの場合意図的に形成する。
- ・論理は、通常、ある具体的な状況の枠組みの中で用いられるようなものとして形成される。
- ・問題を解決する場合、論理的に処理されずに、これまでうまくいった経験やパターンから処理されることも多い。
- ・何にでも通じる一般的な論理の形成は難しく、その形成は十分に解明できていない。

V 教科教育学の課題に対する考察

1. 一般教育学との関係

教科教育学について最も多く指摘されるのは、一般教育学において行えるので、必要ないのではないかということである。例えば、教員養成においては、教科の基盤となる学問を学習し、一般的な教育学を学習したのでよいのではないかといったことが指摘される。この考え方は、旧の人工知能にみられるデータを蓄積し、その処理を行う論理的手続きを獲得すれば、何にでも対応できる処理が行えるといった発想に類似している。

この指摘に対する反論は、人間の認識や思考は、大きく具体的な状況に依存するとともに、具体的な状況によってその枠組みは形成される

ということである。そのため一般的な内容に依存しない教育学だけでは、十分ではないということになる。人工知能において、特化型 AI は作成されているが、汎用 AI の実現は今のところ困難である。内容にあまり依存しない一般的な教育学で提唱される方法で、人間が必要とする認識や思考の具体的な枠組みを、果たして形成できるのかということになる。現代における人工知能の立場からは、具体的な状況に基づく枠組みによらなければ、一般的な論理だけでは、具体的な状況に対応できる知識が形成されないということになる。

これは、一般的な論理の形成を否定しているのではなく、目標である目指す方向として一般的な論理は考えられるべきものであり、必要であると考えられる。人工知能においても、より一般的に通じる方向で開発されるところに、特化型 AI 開発の方向性を示すことができるといえる。一般的な教育学においても、具体的な教材の内容をあげて議論することも多いと思われるが、一般的に通じる教育目標、目指す能力、一般的な方法を追求するものと位置づけられる。

特化型 AI から汎用 AI の作成は困難であるのは、両者に整合性がないところにあると考えられる。それと同様に、一般的な教育学と内容に依存した教科教育学には、今のところ十分な整合性がない。ここに一般的な教育学だけでなく、教科教育学の必要性が生じるといえる。一般的な教育学と教科教育学の整合性に関するものとしては、方法論ははっきりしていないが、各教科教育学に共通する側面を研究する「通教科教育学」の考え方をあげることができる。例えば、新学習指導要領の総合的な学習においては、「考えるための技法」²⁵⁾があげられている。それは、「順序付ける、比較する、分類する、関連づける…」といった技法であり、各教科に通じるものとしてあげられている。このような各教科に通じていくような視点や研究が、今後、整合性を導く一つの考え方になると思われる。

2. 学問との関係

教科教育学の考え方として、基盤となる学問の一つの領域として位置づける考え方がある²⁶⁾。学問の領域の一部であるため、そこでの教科教育の考え方は、基盤となる学問の知識や思考の枠組みをわかりやすく教えるといった考え方が中心となる。ここで問題になるのは、学問の知識や思考の枠組みと教育を通して形成しようとする知識や思考の枠組みは、同じかどうかということである。

教育観の中には、学問の一定の知識や思考の枠組みを学ぶことによって、広く一般に通じる枠組みも育成されるといった考えがある。広く能力の転移を期待するものである。しかし、先にも述べたように、一般的な論理というのは形成しにくいとともに、論理というのは具体的な枠組みの中で、形成されていくものである。したがって、内容によって依存しやすく、対象によって適用の仕方に違いが生じる。その学問を学ぶことによって、一般に通じるような知識や思考が形成されるのではなく、あくまでもその学問の枠組みの中で適用できるものが形成されると考えられる。そのため、学問の中で形成される知識や思考の枠組みは、その分野に携わる者にとっては必要であるが、そうでない者にとっては必要なのかといった問題が生じてくる。そして、その学問を学習するのか、その学問を通して教育的に必要な知識や思考の枠組みを学習するのかといった問題が生じる。

教育的な知識や思考の枠組みというのは、その教科の基盤となる学問に関わるが同じというわけではなく、学問の知識や思考の枠組みの形成を目的にするわけではない。形成するのは、その教科の見方・考え方ということになり、基盤となる学問に立脚しながらも、人間形成として必要になる知識や思考の枠組みということになる。したがって、基盤となる学問の知識や論理を利用するが、それはあくまでも教育的な枠組み、それは、人間形成や能力論に関わってくるものであるが、その枠組みを形成することが

目的となる。

例えば、理科の学習において、科学史を中心に学習するカリキュラム²⁷⁾がある。学問の発展における論理的な考え方を学習するという点で、科学的な見方・考え方を育成するのにも役立てることができると考えられる。しかし、理科で目指す人間形成として必要な知識や思考の枠組みは、例えば日常生活や今後の社会において必要になるものもあり、学問が発展した論理だけでは、学習できないと考えられる。

以上のことから、教科教育学を基盤となる学問の一部に入れるという発想もあるが、同じ枠組みには入らないといえる。したがって、基盤となる学問内容とは独立したものととしてとらえる必要があり、このことから教科教育学が一つの独立した学問として必要であるといえる。

3. 教育実践との関係

教科教育学は、学校の実践と大きく関わる。実践的内容が蓄積されていくと、ある問題が生じたときに、それに対応する情報を蓄積したものから抽出できる。人間の脳の処理においては、経験的にうまくいった処理をパターン化して蓄積しておく。そして、同じような問題が生じたときには、そのパターンから類似したものを選び、処理を行うことが日常的に行われている。

これは、現代の情報ネットワーク社会におけるクラウドによる処理と同等である。誰かが問題に直面して解決した情報を web 上にあげておく。他の誰かが同じような問題に直面したときに、その問題の解決についての情報を web 上で検索し、その検索結果をもとに解決を行うという方法である。この処理においては、次の2つの特徴がある。一つは、検索において同じようなものが選ばれやすくなるように情報をパターン化、もしくはパターンの検索しやすいようにしているということである。もう一つの特徴は、その問題に対する対応について、論理的な根拠が示されない場合があるということである。

人間の行動や実践においては、このように過

去にうまくいった経験から処理を行うが、どうしてそれでよいのか論理的に説明ができないことがある。人工知能においても、特にディープラーニングでは、多くのデータから特徴量の検出を何層にもわたって繰り返し、データをパターン化することにより、対応する適切な結果を抽出し処理している。そのため、どうしてそれでうまくいくのかの論理的解釈は困難であることが多い。しかし、それで適切に処理を行うことができ、人間の判断以上の処理が可能になってきている²⁸⁾。

人間の日常生活においては、論理を用いなくても済むように、ある経験の中からうまくいった処理を抽出して、処理を行うことが多い。そのため、たくさん経験させれば学習になるといった考え方も出てくる。その極論になれば、必要なものをたくさん経験して蓄積さえすればよいということになる。教育研究においても、「この内容については、このような方法を用いればうまくいく」といった経験を蓄積することがあげられる。

教科教育学は、学校における実践を対象としているため、実践を行うことのみが研究の対象が向くことがある。また、教師の指導技術の向上のみを目的としているような場合がある。これは、教員養成としての意味はあっても、研究としての位置づけは難しいといえる。実践の蓄積のみを行うことや、教師の指導技術を身につけるだけであれば、学問というのではなく単なる指導技術の伝承ということになる。

また、実践研究において、最近ではアクション・リサーチによる研究²⁹⁾が注目されている。アクション・リサーチにおいて、個人の指導技術や個人が置かれている教育の実情に即して問題解決を行うだけであれば、研究というより経験の蓄積といった位置づけになってくる。自分の指導技術を高めるための方法は、他の教師にも通じるかもしれないが、そもそもそのような教育をする教育的な背景や理論がなければ、研究として成立しないといえる。アクション・リサー

チにおいても実践のみではなく、教育的な枠組みをもとに実践する必要がある。その枠組みとは、教育的な観点からの能力論や人間形成に関することである。ここに教科教育学としての考え方が必要になる。教科教育学の研究は、単なる実践における経験の蓄積とその経験のパターン化ではない。なぜそのような実践を行うのかの論理的な枠組みが必要である。それは、能力論や教育論、教育哲学が背景にあり、それに向けての理論的実践と指導技術ということを考えるということである。

VI 教科教育学の必要性和その方向性

教科教育学の必要性について、人工知能における認識や思考、知識の観点から述べてきた。人間の認識や思考の本質は、ある状況において形成された知識や思考の枠組みによって行われ、その枠組みによって認識や思考は影響を受ける。そして、人間の認識や思考の育成を図るためには、ある状況下で形成することが基本である。

内容に依存しないような一般的な認識や思考の教育は、教育の方向性を示すものとして参考にはなるが、実際の認識や思考の育成となると、ある一定の枠組みにおける認識や思考を考える必要がある。これは、学習指導要領で指摘されている各教科の見方・考え方に通じるものである。そして、見方・考え方は、具体的内容に関するものから、やや抽象的なものまでであると思われる。例えば、「流水の働きによる川の変化的変化」といった具体的なものから、やや抽象的に「時間や空間の違いによる土地の変化的規則性」といったものまで、具体や抽象のレベルは異なるといえる。しかし、抽象的なレベルとなっても、具体的内容に依存したものである。このような特定の状況の課題に対応できる能力は、コンピテンシーとよばれる。PISA 調査における対象の学力である³⁰⁾。各教科での見方・考え方は、コンピテンシーの考え方に通じるものである。各教科の見方・考え方は、具体的な枠組みであり、枠組みを明確にして人間形成や能力論

の立場に立って教育を行う必要がある。このことは教科教育学が必要であることの根拠になると考えられる。

教科の見方・考え方は、学問の知識や思考の枠組みとは同等のものではない。学問を基盤としながらもどのような能力を育成するのか、またどのような人間性を育成するのかといった視点に立ったものである。したがって、教科の基盤となる学問の論理だけで教育が成立するのではない。このことも教科教育学が必要である根拠となる。教科教育学においては、なぜその教科が必要なのか、その教科でしか培うことができない能力とは何かといった能力論や人間形成を明確にする必要がある。したがって、単なる実践例や事例紹介のような研究、また、単に技術的にうまく教えるといった方向性だけでは、教科教育学の研究としては、十分でないといえる。

各教科教育で形成される見方・考え方に基づく知識や思考の枠組みは、ある状況に特化したものである。したがって、各教科の見方・考え方は、一人の人間において総合的に調和、あるいは整合性をもって構成される必要がある。ところが各教科で形成される知識や思考の枠組みは個別なものであり、全体として統合される保障はない。一般的な教育学は、それらを統合した個の育成を考えたものであるといえる。一般的に通じる能力の育成は、各教科での能力を培っていれば形成できるといった考え方もあるかもしれない。しかし、各教科教育学で育成される能力と一般的な教育学で示される能力の整合性は、明確であるとはいえない。

教科教育学には、各教科をまとめていく、あるいは共通性から教科教育学を考えていく「通教科教育学」の考え方がある。この各教科教育の枠組みを統合するような通教科教育学の考え方は、大切である。しかし、実際には、各教科で学習してきたことを、総合的な学習の中で活用していくような実践しか行われていないのが現状と思われる。通教科教育学は、教科教育学

といえるのかといった問題もあるが、一般的な教育学との整合性の追求を考えた場合には、一つの解決法になると思われる。

教科教育学と一般的な教育学の整合性を構築していくのは、特化型 AI を発展させて汎用 AI を開発するのと同様に難しい問題といえる。特化型 AI をいくら発展させても汎用 AI は作成できない。単なる技術的な問題だけでなく、システムの構造や理論、システムに対する哲学が必要になる³¹⁾。

汎用型の人工知能が開発された場合に、そのモデルは、教科教育学と一般的な教育学の整合性についての示唆を与えるものと考えられ、その開発が期待される。そして、教科教育学においても、従来の認識や思考、知識や学習観だけでなく、人工知能も含めた脳科学などの思考や知識の研究視点も取り入れながら、知識や思考などの明確な定義やモデル、理論や哲学をもつことが、教科教育学の諸問題を解決する方法の一つになると考えられる。

参考文献

- 1) 日本教科教育学会編：「今なぜ、教科教育なのか」、文溪堂、2015
- 2) 森分孝治：「教科教育の研究」、広島大学教科教育学研究会、『教科教育学 I』、建帛社、173、1986
- 3) 蛭谷米司：「教科教育学概論」、広島大学出版会、48、1981
- 4) 角屋重樹：「教科の教育は今どのような課題に直面しているか」、日本教科教育学会編、『今なぜ、教科教育なのか』、文溪堂、7-12、2015
- 5) 文部科学省：「中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説総則編」、4、2017
- 6) 永井滋郎：「教科教育学の課題と展望」、広島大学教科教育学研究会、『教科教育学 I』、建帛社、213-216、1986
- 7) 松尾豊編著：「人工知能とは」、近代科学社、2016
- 8) 白鳥則郎他：「人工知能」、共立出版、1-10、1987
- 9) 松田雄馬：「人工知能の哲学—生命から紐解く知恵の謎—」、東海大学出版部、1-13、2017

- 10) 9) と同書
- 11) 日経ビッグデータ編:「グーグルに学ぶディープラーニング」, 日経 BP 社, 2017
- 12) 松尾豊:「人工知能は人間を超えるかーディープラーニングの先にあるものー」, KADOKAWA, 143-178, 2015
- 13) 12) と同書
- 14) 神崎洋治:「人工知能解体新書」, SB クリエイティブ株式会社, 43-62, 2017
- 15) 14) と同書, 27-42
- 16) 山本一成:「人工知能はどのようにして「名人」を超えたのか?」, ダイアモンド社, 77-110, 2017
- 17) 神崎洋治:「図解入門最新人工知能がよ〜くわかる本」, 秀話システム, 172-177, 2016
- 18) N, R. ハンソン:「科学理論はいかにして生まれるかー事実から原理へー」, 講談社, 1971
- 19) Lawson, A. E. & Karplus, R., Should theoretical concepts be taught before formal operations?, Science Education, Vol. 61, No. 1, 123-125, 1977
- 20) 佐伯胖:「学力と思考」, 第一法規, 63-81, 1982
- 21) Chi, M. T. H., Knowledge development and memory performance, In Friedman, M. P., Das, J. P. & O'Connor, N. (Eds.), Intelligence and Learning, Plenum Press, 221-229, 1981
- 22) 五木田和也:「コンピュータで「脳」がつくられるか」, 技術評論社, 21, 2016
- 23) 22) と同書, 22-23
- 24) 22) と同書, 127-156
- 25) 文部科学省:「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説総合的な学習の時間編」, 東山書房, 81, 2018
- 26) 2) と同書
- 27) 渡邊正雄他監修:「プロジェクト物理 Iー運動の概念ー」, コロナ社, 1977
- 28) 大槻知史:「最強囲碁 AI アルファ碁解体新書ー深層学習, モンテカルロ木探索, 最強学習から見たその仕組みー」, 233-236, 2017
- 29) 日本理科教育学会編:「教科教育研究ハンドブックー今日から役立つ研究手引きー」, 教育出版, 142-147, 2017
- 30) 石井英真:「今求められる学力と学びとはーコンピテンシー・ベースのカリキュラムの光と影ー」, 株式会社日本標準, 4-14, 2015
- 31) 喜多村直:「ロボットは心を持つかーサイバー意識論序説ー」, 共立出版, 171-196, 2000