

自律に向けたベースとなる知能構築の一考察

Consideration of producing artificial intelligence as a base for autonomy

平方 勝 谷口 智之 馬 沖
Masaru Hirakata Tomoyuki Taniguchi Ma Chong

海上・港湾・航空技術研究所
National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology

One of the goals of artificial intelligence research is how human intelligence can be simulated by a computer. However, human recognition mechanisms and intelligence mechanisms are complicated and have not been solved yet. Artificial intelligence research seems to have advanced along with other research area. Future utilization of cross-cutting results beyond research areas will develop artificial intelligence research. In this paper, based on the history that we have been studying about the human recognition mechanism, we will comprehensively examine intelligence mechanisms by adding the scientific point of view that has recently been found. In addition, we consider relevant intelligence and the stage of acquiring them as the ultimate goal to be autonomous partner.

1. はじめに

人工知能という用語は、1956 年のダートマス会議ではじめて使用された。当時は、McCulloch と Pitts がニューラルネットワークの基礎となるモデルを提唱したり、Turing がチューリングテストを提唱したり、Shannon がチェスを探索問題として解く研究を行っていた。このような研究の背景には、計算機的能力が飛躍的に向上し、人間の脳・こころのメカニズムも同様であるに違いないとの判断があったものと思われる。ダートマス会議では、人間の知能はいかにしてコンピュータによってシミュレートできるか等が議論された。しかしながら、人間の認識メカニズムは複雑で、現在もまだまだ解明されていないことがある。

人間は、流れてゆく外界<ソト>への働きかけを通じて、外界<ソト>を自分<ウチ>を中心に意味(価値)付け、本能をベースに知能／知識を利用して行動する動物であるといえる。その中心的役割を担うのが、感覚器官からの情報を統合処理する中枢神経系の脳である。外界(の意味)を認識することを目的とした器官であり、動物的機能をベースに人間独自の脳の高次機能が働くといえる。現在の計算機にセンサを取り付けたとしても、計測値から意図的、能動的対応を行えるまで至っていない。さらに、<ウチ>と<ソト>の区別はない。ただし、<ウチ>と<ソト>の区別は、脳が自然に作り出す幻想かもしれない。

人工知能研究は、人間の知識を人工物として実現することを目的とするが、それだけではなく、それを通じて知能の働きを解明することを目指す研究分野であるとも言われる。人工知能研究は、他の学問領域とともに進歩してきたと思われるし、今後も研究分野を超えた横断的な成果の活用が、人工知能研究を加速、発展させていくと確信する。

工業製品の製作にあたっては、概念設計、基本設計、詳細設計と段階を踏まえた検討の後、製造工程に移ることが一般的である。人工知能を制作するうえでも、同様に、人間の知能とそのメカニズムを把握し、概念設計で行うように、機能(スキル)要件と機能(スキル)間の関連性をあらためて検討する必要があると考える。知能は認識と関連するため、本稿では、人間の認識メカニズムについて研究してきたこれまでの歴史を踏まえ、最近判明してきた科学的な見地も加えて、知能(機能)の発達につ

いての総合的な考察を行い、知能を人工的に構築する上で重要な点を明確にすることを目的とする。

2. 認識にまつわる探求

人間の脳とこころは、古くは哲学的なテーマとして探求されてきた。その後、心理学や脳科学、認知科学の観点から、分子レベル、神経レベルでメカニズムの研究も進んでいる。人間の知能は、認識メカニズムと切り離すことはできない。そこで、認識にまつわる探求から整理する。

2.1 哲学的探究

(1) 言語的アプローチ

理性を追及したデカルトに始まる認識論は、あらゆるものを疑った結果、独我論に陥った。しかし、思考は言語を用いて行うものであり、同一の言語をもつコミュニティの中で情報交換を行っていることから、独我論的な発想はありえないとする言語論的転回に至った。言語を中心に人間の認識を探求した哲学者として、Peirce と Wittgenstein を挙げる。

Peirce は、精神の本質は意識作用ではなく、記号的な思考作用であるとした。認識主体と対象の二項関係とする見方を否定して、三項関係を主張した。すなわち記号 A (知覚可能な音など物理的記号) が、あるモノ B (指示対象) を指し示している時、この A による B の指示は、記号を解釈する解釈者になんらかの解釈項 C を喚起すると主張するものである。言語のもつ象徴性を表現している。ほとんどの日常会話が、文脈(コンテキスト)に依存するため、発話者と聴取者の間で発生する解釈のずれが発生する。A はある言語内での規則(単語の音素)であり、B は客観、C は主観にあたる。数学のようにコンテキストに依存することがなく、コードに依存する場合は解釈の余地はない。そのような場合は、機械的な記号操作のみで対応は可能である。日常会話ははじめ、自然言語処理の多くは、コンテキストに依存するため、他者に意図が的確に伝達できないことも出てくる。相手の意図を理解すること、解釈することが言語処理のポイントである。

Wittgenstein は、はじめは、命題など論理をテーマに人間の思考の限界を考察したが、その後、滑らかな論理命題を対象とする言語領域から、ざらざらとした日常を対象とする言語領域(母国語を獲得する原初段階)へと考察の舞台を移した。人間は、意味を知りたがるものであるが、意味とはなにかを考察した。ひとつは指差しにより指示するモノ、もうひとつは他のコトバで言

連絡先: 平方勝, 海上・港湾・航空技術研究所, 〒181-0004
東京都三鷹市新川 6-38-1, 0422-41-3690, 0422-41-3085,
hirakata@nmri.go.jp

い換えたモノと言い切る。コトバの意味を知りたいければ、コトバの使用方法を学ぶことだと言い、言語ゲーム<劇>という考えを中心に。幼児は、単語の意味を記憶するのではなく、エピソードとそこで使用された文章を記憶していると思われる。これは、エピソード記憶としてコトバの使用法(意味)を学習・記憶したと考える。Wittgensteinによると、言語は制度であり、貨幣と同じで言語を使用する人間の間であらかじめ定めた規則にのっとって交換するものだとしている。言語を獲得しはじめの幼児ですら、言語の規則を暗黙の裡に体得し、ことばを解釈するだけでなく、ことばを話せるようになる。言語は社会性を体得するためのコミュニケーションの道具(外的言語)であると同時に、自分との対話を通じて思考を整理する道具(内的言語)でもある。言語の獲得以後、<ウチ>と<ソト>があらわれはじめる。言語ゲーム<劇>は自動的な応答であると考え。抽象的な概念操作、論理的操作を行うには、言語ゲーム<劇>のような言語処理では対応が困難と思われる。論理的な言語処理は、異なるフェーズであると考え。

言語学者であるSaussureは、コトバを指示するモノ<シニフィアン>と指示されるモノ<シニフィエ>の2項関係と位置づけ、線条性や恣意性等言語の特徴をまとめた。指示するモノと指示されるモノの関係、すなわち外界の認識が、言語を使用することを通じて体得される。<私>という意識が生まれるのは、他者から指示されることによって生まれるとするのが一般的な見解となっている。つまり、主体<ウチ>と客体・他者<ソト>の関係、主観と客観が生まれる。この頃から、<今・ここ>といった現実から離れた仮想を意識できるようになる。現在の人工知能は、主体と客体の区別、自己意識、自己同一性など人間が意識するようなことはできていない。<ウチ>と<ソト>の区別は、神経器官である脳が作り出したものである。

言語学者であるJakobsonは、コトバを紡ぐ(単語をつなぎあわせる)行為は、創造行為であるという。言語処理は、文脈(コンテキスト)に依存するため、スキーマ等を利用して行間を補完しながら解釈する必要がある。現在の対話処理型の人工知能は、この課題を解決できていない。非言語のスキーマ(スキーマ)から専門知識、さらにそれらを操作する知能があつてはじめて文章を創ることができる。最近の人工知能は、様々な画家の作品を学習することによって、新たな作品を生み出すことができるようになってきた。創造という行為は、既存のモノを模倣する行為から始まる。反復・習慣という行為も、創造につながることはある。

(2) 身体的アプローチ

言語的アプローチは、人間の理性の面のみをとらえている。しかしながら、人間の認識は、体を道具とみなした行動と感覚が一体となったところから生まれるとする哲学的思想が、Schopenhauer, Nietzsche等からはじまった。

Bergsonは持続という観点から、記憶のメカニズムについて独自の考え方を提唱した。それは、時間という概念は、心(海馬が関与していると思われる)が勝手に作った知性の産物にとらえ、記憶とは学んだことが時間を超えて持続する過程(連続的な事象を固定化する可塑性)であるとする。Bergsonは、記憶と認識を分けて考えるのではなく、記憶は認識過程の一つとしてとらえる。この考え方から、記憶は保存ではなく、過去の知覚であるという発想に立つ。コンピュータの記憶保存と概念が異なる。また、人間においても他の動物と同様、本能が重要な働きを担うことを主張する。

Bergsonの影響を受けたDeleuzeもメジャーな考え方(主観性と言語の哲学)とマイナーな考え方(非主観性と身体哲学)という見方を展開する。Merleau-Pontyは知覚の主体は、身体から

離れて対象を思考することはできないとしている。言語は、ボディランゲージからはじまったと主張する。

このように、人間の認識メカニズムを概略すると、感覚と行動が一体であり、行動をとるための理性を働かすことであろう。

また、現象学を提唱したHusserlの思想のひとつに、間主観性といった発想がある。<私>という発想に加えて、<私たち>という観点が必要である。<私>の二重性(主体&客観的に見た私)、主観と客観などの視点、他者の視点からの見方が、人間にはできる。

2.2 心理学的・脳科学的探究

Freudが発見した無意識の研究からJung, Lacanと無意識を対象にした心理学研究は、人間の考察に大きな影響を与えている。Tononiの統合情報理論は意識のメカニズムを科学的に理解する上で参考になる仮説である。

Gibsonのアフォーダンス理論やゲシュタルト心理学の考えは、人間の認識について、特に自分<ウチ>と外界<ソト>との相互作用を考える上で、大きな示唆を与えている。このGibsonの知覚モデルで重要な点は、私の意識が環境へとみ出している、身体内部にとどまっていなくても取れることである。人間の記憶も脳内にあるだけでなく、外部記憶装置と区別が難しいとする考え方に似ている。すなわち記憶は認識過程とする考えになる。ニューラルネットワークが生み出す脳内処理過程なのか、脳内処理過程の結果で外部に移すことができる処理なのか、現状、この区別があまり明確になっていない。

生物学者であったPiagetは、生物学的な知見を心理学、特に知能の発達メカニズムに対して導入した。知能の発達について段階に分け、段階ごとの特徴を的確にまとめている。本稿の中心的テーマであるため、その内容については、後述する。

Rizzolattiが発見したミラーニューロンは、模倣のメカニズム、相手の意図解釈等、知能の発達を説明する上で大きな発見である。前述のように、会話においては相手の意図を理解すること、解釈することが求められる。ミラーニューロンが言語(発話)を司るブローカ野で発見されたことは、幼児の言語の獲得は、解釈の後発話するのではなく、発話(運動)から始まると考えるのが自然である。したがって、Wittgensteinが提唱した言語ゲーム<劇>の発想は、要点をついていると考える。

最近、ぼんやりした状態で活発になる神経回路網がみつきり、デフォルトモードネットワーク(Default Mode Network: DMN)と呼ばれる。DMNは、中央執行系ネットワーク(Central Executive Network: CEN)と競合、協調の関係をもって活動しているともいわれている。その他、感覚運動ネットワーク(Sensory-Motor Network: SMN)や皮質下ネットワーク(Subcortical Network: SCN)、気づきネットワーク(Salience Network: SAN)が、協調・競合しながら活動する。DMNは、感覚器からの情報を必要とすることなく、記憶をたよって想像や想起する際に活発になっていると思われる。マインドワンダリングともいわれるように、脳内で対話を行う(物語)などがその特徴の一つとなっている。外界への注意が弱まったときに自動的に働き始まる。人工知能を構築する上で、重要な機能の一つと考える。

Sperryが発見した分離脳の研究成果は、二つの脳半球がそれぞれ独立した意識を持っていることを実証している。左右の大脳半球の機能分化を理解できるようになるとともに、心のメカニズムである統覚について実証されたことになる。統合情報理論を裏付ける内容である。

3. 知能を生み出す機能(スキル)の考察

3.1 知能とは

知能は本能と一体となって働くはずであるが、本稿では、知能に焦点をあてる。知能を考えるうえで、Piagetの考察は大変有益な示唆を与える。Piagetは、知能の発達を①感覚運動的段階、②前操作的段階、③具体的操作段階、④形式的操作段階に分けて、それぞれの段階の特徴をまとめている。年齢の前後は問題ではなく、段階を踏んで知能が発達していくことがポイントになる。

Piagetは、「認識も知能の発達も、いずれも経験によって供された外的所与の内的再構成である。」と言っている。生得的なものではなく、経験によるものとみなしている。また、「すべての行為は、道具において技術を前提としている。それが運動知能である。外界との相互作用の中で、知能が(技術的に組み合わせながら)発達する。」とも言っている。このように、知能は段階ごとに、体得したスキルを組み合わせながら発達するものである。発達にはおおよその順序があるということがポイントになる。

(1) 感覚運動的段階

Piagetは、感覚運動的段階の第IV段階において、おおよそ生後8~9か月頃から、障害物を取り除いて欲しいものを手に入れる、新奇なものに対して色々な既知シチュエーション(行為)を適用して物の特性を調べる行為を行うとし、この頃から知能が芽生えていると言っている。これは、物の永続性を発見するという知能である。この頃から、自己同一性もあらわれる。このことから、知能を「目的(意図)を達成する為の行為と一体となったスキル(道具)」ととらえることができる。人間はさらに発達するにつれて「計画をたてる、予想する。」ことができる。そこで、次の前操作的段階からは、「目的(意図)を達成する為の計画した行為と一体となったスキル(道具)」とみることもできる。計画を立てるには、創造する能力、順番に並べる能力、シミュレーションする能力等が必要である。これらのスキルは、次の前操作的段階以降で、表象が生まれる頃からはじまると考える。知能をスキル(道具)とみなすとしたが、認識を構成する要素とみなす見方もある。

感覚運動的段階の後半から、指差しによる共同注意ができるようになる。この指差し行為がコトバへと発展するといわれている。指差し行為を実装することは、大きな課題である。

(2) 前操作的段階

前述のように、Piagetによると、コトバを獲得していない段階から、知能は生まれているとするが、コトバを獲得する前操作的段階(幼児期)から具体的操作段階(児童期)に知能は発達するといわれる。この頃から、象徴遊び(ごっこ遊び)、構築遊び(積み木遊び等)がみられる。表象を利用した想像力が養われるが、これに先立って、模倣が行われ、いずれは延滞模倣(思い起こしながらの模倣)へと変わっていく。模倣については、この後詳述する。心像(イメージ)は、Piagetによると知覚から生まれるものではなく、模倣から生まれると主張している。

この段階の特徴は、表象の構築がキーワードである。表象には、知覚、想起、想像等が挙げられるが、知覚は現実<今・ここ>において生じるが、想起、想像は現実<今・ここ>から離れて生じる。エピソード記憶は、手続的記憶、意味記憶につづいてあらわれるといわれている。エピソード記憶は、人間のみ処理できるといわれている。エピソード記憶の想起、想像は、コトバ(言語表象)とイメージ(イメージ表象)が組み合わせられた概念表象を操作している。この頃の幼児が話しているコトバは、大人から見ると、自分と他者との区別が明確でないように見える。

(3) 具体的操作段階

これは小学校に通う時期(児童期)にほぼあたる。この時期は、脱中心化が大きな特徴といわれている。この時期から、主体と客体の区別が他者から見ても明確になり、主観と客観のあらわれは、知能の発達において大きな意味を持つ。学校での活動は社会への参画にあたっての第一歩である。Piagetによると、協働はこの頃から始まるとしている。自我意識もこの頃から芽生えるといわれているが、この自我は、他者の視点から自分をみることにより生まれる。この時期から、社会性が生まれてくる。このような協働の能力がいずれ、自律につながってくるとPiagetは述べている。

事象の前後で可変なもの和不変なものを区別できる保存課題、長さの違う棒を順番に並べるなどの系列化課題、 $A > B$, $B > C$ ならば $A > C$ であるとわかる推移律課題等が理解できるようになる。いずれも、概念操作を行う知能が発達してきたといえる。

(4) 形式的操作段階

これは中学校に通う時期以降にあたる。この時期は、学校教育によるところも大きい。命題操作(操作の操作)ができるようになるなど、メタ操作が可能になる。反省的抽象とよばれる行為の特性から情報を抽出する操作が行われるようになる。演繹的(論理的)判断ができるようになる。処理する知識も膨大になってくる。知識処理を効率よく行うことに知能が活かされると思われる。数学・論理学などの記号操作が行えるようになるが、この分野はコンピュータが得意とする分野であるともいえる。コトバでコトバを表現するような抽象概念の使用が多くなる。外国語の理解に、母国語の知識を基に処理することもみられる。母国語の獲得と外国語の獲得方法の違いが指摘されることは多い。中国語の部屋問題に相当すると思われる。人工知能で取り組んできた記号主義の処理にあっている。

3.2 人間の知能・非認知的スキルに学ぶ機能

最近、子どもの発達を考えるにあたり、認知的スキル(知識・技能)の習得状況を確認するだけでなく、非認知的スキル(認知的スキルを支えるスキル)を問題にするようになってきた。非認知的スキルは、いくつかの定義があるが、本稿では、①自律、②内的動機づけ、③メタ認知、④コミュニケーション能力、⑤協働性、⑥創造性、⑦想像性を考える。非認知的スキルは認知的スキルを支える能力といわれるように、知能は知識を支える能力と見ることもできる。

知能を「目的(意図)を達成する為には、計画した行為と一体となったスキル(道具)」ととらえて、このような観点から、非認知的スキルを4つのグループにわけて、その関係をみていく。

(1) メタ認知

メタ認知のスキルは、自己同一性や内省がどのように芽生えるかといったメカニズムの問題ととらえることができる。感覚運動期や前操作段階でコトバが話せるようになったばかりでは、<私>と他者の区別が明確でない。前述のとおり、コトバは指示するモノと指示されるモノ、そして解釈といった三者からなるとしたPeirceの主張のように、コトバが<私>を<ソト>から指示して、<ソト>から意識するようになって初めて<私>が他者と区別された存在になる。コトバの発達が<私>を生み出し、社会における協働のなかで、<私>の意識がより強まっていくと思われる。コトバによって生みだされた言語的<私>と身体からなる<私>との二重性をもつと思われる。

<私>を客観的に見ることによって、メタ認知や内省が生まれる。これは、感覚運動行動だけでなく、人間ならではの思考・

認識処理のなかで、特に、コトバの発達によるところが大きい。認識メカニズムの実装と関連が深い重要な課題であると考ええる。

(2) 内的動機づけ、創造性、想像性

Rizzolatti が発見したミラーニューロンは、模倣行為に関連する。ミラーニューロンは、他者の行為を見た時、知覚ニューロンが反応するだけでなく、自分の行為を生み出す運動ニューロンも反応するといわれている。模倣は、すでに獲得した既知の行為シエムをもとに行動する場合と、全く新しい動作を見た時との二通りがあるとされるが、前者の場合は、最近では、観念運動論と呼ばれる主張が有力である。これは、表象を利用して脳内にシミュレーション行為を行う想像行為である。

古典芸能・武道などの熟達には、＜守＞＜破＞＜離＞というスタイルがある。＜守＞は模倣すること、＜破＞は自分なりの理解に置き換えて行動すること、＜離＞は全く新しいスタイルを見つけ行動することであるが、このように模倣は創造につながる型とみることができる。

人間は、意図や目的、計画をたてて行動することが多い。これは自身の内的動機づけと関連するが、社会生活を送るうえで、他者の意図を察することは、コミュニケーション能力を高める上で重要である。前述のミラーニューロンは、模倣にあたって機能するニューロンであると同時に、相手の意図を解釈することもできるといわれている。前述のように、延滞模倣が表象を利用した想像性の向上に寄与するといわれている。デフォルトモードネットワークが活発になっているときは、脳内でいろいろなことを想像し、計画し、予測していると思われる。半自動的な内的言語の操作機能、すなわちデフォルトモードネットワークを模倣した機能を構築することは、知能の発達に寄与すると思われる。

Rizzolatti が主張する模倣のメカニズムは、脳内での模倣シミュレーションを表現し、内的動機づけ、創造性、想像性につながる脳の高次機能を創るうえで重要なメカニズムであると考ええる。Ha が発表した World Models は脳内過程を模擬した内部モデルでシミュレーションを行う、人工知能研究を加速させる大きなコンセプトであると考ええる。

内的動機づけ、創造性、想像性のいずれも、メタ認知メカニズムで生まれた＜私＞がベースに関与している。

(3) コミュニケーション能力、協働性

コミュニケーションの手段は、言語が中心になる。言語は、使用されるコミュニティの中で定められた規則（単語・文法）を利用して行うため、社会性・協働性の発達にも関連する。幼児が言語の規則を体得するメカニズムについて、単語のカテゴリー処理・分散表現処理やエピソード記憶・意味記憶を認識メカニズムと一体で解明し、実装することが大きな課題であると考ええる。

シンボルグラウンディング問題は自然言語処理で解決できていないテーマである。記号創発ロボティクスのような行動を通じて概念を獲得する解決法に期待する。

会話では、相手のコトバを解釈・理解し、自分の意図を文章に組立てる。すなわち、最終的には単語と単語をつなぎ合わせて文をつくる創造的行為である。前述の創造性のスキルを前提とする。自分の意見を持つということは、前述のメタ認知のスキルで社会性や倫理性その他合理性等を総合的に判断する必要がある。3.2 節の(1)、(2)の非認知的スキルを踏まえた実装が必要になると考える。

(4) 自律

近年の社会問題となっている労働力の減少をカバーするためには、労働者と同等の能力を有する協働者として人工知能を社会に実装していくことが求められる。これまで述べてきたように、

認知的スキルだけではなく、それを支える非認知的スキル、すなわち知能が求められる。その中でも最も大事なスキルが、自律であると考ええる。

自律には、程度の差があるが、まずは、コミュニティ内で行動をとるために模倣し、創造的な行動がとれるようになること、想像性をもとに、計画・判断、結果の予測などのシミュレーションを行えるようなことが協働者として求められると考える。

3.2 節の(1)、(2)、(3)の非認知的スキルを踏まえた総合的なスキルである。

4. おわりに

人工知能研究はさらなる発展が見込まれるが、ダートマス会議で議論した「人間の知能はいかにしてコンピュータによってシミュレートできるか」にむけて、着実に前進していると思われる。推論、認識、判断などの、人間と同じ知的な処理能力をもつコンピュータシステムを創り上げることが一つの目標であり、もう一つの目標は、知能の働きを解明することを目指すことでもある。

人工知能研究は、これまでも、これからも、他の研究分野の成果を活用し、また、人工知能研究の成果が他の研究分野に活用されることが期待される。脳科学、認知科学、心理学の研究、哲学的探究の成果のなかで、知能を創る上でいくつかのヒントを提供していると思われる。本稿ではそのいくつかを横断的に繋げる検討を行った。このような取り組みの中から、認識メカニズムに対する一つの仮説をたてることができたとして、それを検証できる人工知能研究に期待されるとことは大きい。

人間の知能を模倣する上で、発達心理学者の Piaget は重要な知見を示してくれている。知能の発達は、オンラインの学習と違って、段階を追って、経験を通じて進むものである。現行の機械学習の発展に加えて、知能の発達をシミュレートできる仕組みも必要でないかと考える。

本稿では、協働できるパートナーを創ること、すなわち自律することを最終的な目標として、知能に相当する非認知的スキルの関連とその獲得段階について考察を行った。本稿では、言語メカニズムに起因する①メタ認知がベースになり、②内的動機づけ、創造性、想像性、そして③コミュニケーション能力、協働性、さらに④自律へと段階を踏んでいくと結論する。人間のこのような発達段階を参考に、人工知能実現に向けた検討を考えるひとつの契機となればと考える。

参考文献

- [人工知能学会編 2017] 人工知能学会: 人工知能学大辞典, 共立出版, 2017.
- [Jean Piaget 1970] Jean Piaget: Piaget's Theory, Carmichael's manual of child psychology (3rd ed), 1970.
- [虫明元 2018] 虫明元: 学ぶ脳, 岩波書店, 2018
- [Giacomo Rizzolatti 2009] Giacomo Rizzolatti (柴田裕之訳): Mirror Neuron, 紀伊国屋書店, 2009.
- [David Ha 2018] David Ha: Recurrent World Models Facilitate Policy Evolution, 32nd Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS2018), 2018.
- [H. Bergson 1896] H. Bergson (熊野純彦訳): 物質と記憶, 岩波書店, 2015
- [L. Wittgenstein 1933] L. Wittgenstein (野矢茂樹訳): 論理哲学論考, 岩波書店, 2009
- [L. Wittgenstein 1934] L. Wittgenstein (大森荘蔵訳): 青色本, ちくま学芸文庫, 2013