

【特集】「学習科学と学習工学のフロンティア—私の“学習”研究—（後編）」

# 他者からの学びの支援

## Support of Learning from the Others

植野 真臣  
Maomi Ueno

電気通信大学  
The University of Electro-Communications.  
ueno@ai.is.uec.ac.jp

**Keywords:** learning science, learning technologies, social constructivism.

### 1. 教育学との出会い

著者は、もともとは学校教員を目指して教育学部に入  
学し、修士課程までは教育学部の教育学学校教育専攻で  
学び、博士課程から方向を変えて東京工業大学でベイ  
ズ統計や人工知能を学ぶという奇妙な経歴をもつ。教育学  
部では、マルクス教育学を主に学び、教育を「社会文化  
に貢献できる個人的発達を促すあらゆる過程」と捉える  
と学んだ。個人が教育されれば社会が良くなり、社会が  
良くなれば個人が良くなり、個人が良くなれば社会が良  
くなるというスパイラル構造を実現するために教育があ  
るという考え方である。それまで「発達」が個人の知識  
獲得のためにのみあると信じていたので、教育が社会・  
文化の発達と個人の発達を同時に実現するという考え方  
に当時は深く感銘を受けた。

マルクス教育学派の学習理論として [Vygotsky 62] の  
社会的構成主義が知られている。彼は、人の知識構築が  
単なる人から人への知識の伝達ではなく、図 1 のような  
対象の理解の仕方への支援としてモデル化している。初  
心者は、熟達者に問題解決や対象理解を支援してもら  
うことにより、最初は表層的ではあるが、徐々に、単なる  
知識のみでなく、理解の仕方、注意・焦点化、内省、態  
度、動機、情熱などの対象に関する高次の心的スキルを  
獲得できる、と考えた。教師は学習対象の面白さや情熱、  
見方や価値観、倫理、その背景、文化を伴って学習者を  
支援するので、教師の見方そのものが学習者に影響する。  
また、教師が対象をよく理解せず、教科書の知識だけを  
表面的に教えるだけ（教師→学習者のみの構造）であ  
れば、学習者にとってその対象は本当につまらないもの  
になる。優れた科学者に習うと良いのは、科学的知識だ  
けでなく、科学への情熱、科学的方法や考え方、倫理観、  
公正性、論理的思考、説明能力などさまざまなことが学  
べるからである。だからこそ、教師は対象に対して「本  
当はどうか?」というような気持ちで理解しようと  
しなければならない。

これより、教育は、単なる他者からの知識の伝達では

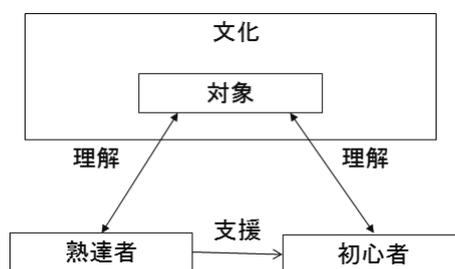


図 1 Vygotsky の学習モデル

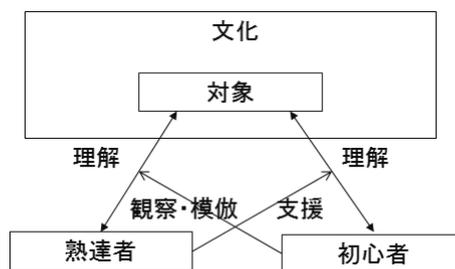


図 2 著者のヴィゴツキーモデルの解釈

なく、他者が属する文化そのものの伝承を意味し、知識  
や学習方略の獲得と学習動機や情熱などの情意面の獲得  
が切り離せない過程であるといえる。また、Vygotsky は、  
学習者が一人で到達できない水準と、熟達者が支援して  
到達できる水準との間の領域を ZPD (Zone of Proximal  
Development) と呼び、教育がこの領域に働きかける  
ことにより、学習者の発達を効果的に促進できると主張  
した。その後、このような熟達者からの支援を [Bruner  
78] は「足場かけ (Scaffolding)」と呼び、教師は最小限  
のヒントを与えることにより学習者の本当の能力が伸び  
ることを示した。しかし、どのような戦略でヒントを出  
すのかについてはその後も明らかにされていなかった。  
これが後述する著者の現在の研究課題の一つである。ま  
た、初心者は熟達者から一方的に支援されるのではなく、  
意識的に他者から学ぼうとしており、それは観察や模倣、  
他者との比較などによって実現されるものである。この  
ような自律的な他者からの学びをどのように支援するか  
についても著者の現在の研究課題となっている。

話を戻して著者が修士学生の頃、重要な書物が出版された。Lave and Wenger [Lave 91]による“Situating Learning”である。学習者の発達をどのように分析するかについて、彼らは学習者個人だけを観察するのではなく、共同体を分析の単位とし、共同体と学習者個人の変化、そして共同体と学習者の関係性の変化について分析すべきであると主張した。人は実践共同体への参加の方法により、人格、アイデンティティ、学習や動機などが規定されるというものである。さらに、個人の発達と共同体の発達を同時に促すような発達の仕方は、部分的な参加ではなく、多様で生産的に共同体のメンバと協働でき、全体に責任をもつ自発的な参加であると考えた。彼らは「語り」から学ぶことの重要性を主張し、実践について語るのではなく、実践の中で語れることを学ばねばならないと考えている。高校の授業の教科書で物理を学んでいる人は、実践について語ることはできないが、大学の研究室で生産的に実験をしている人は実践の中で語ることができる。そして、この「語り」を分析することにより、学習者の発達がわかるというものである。また、この共同体での熟達者の語りから他者が学べるのである。この当時、いくつかの共同体での参加の在り方を分析する研究が発表されており、参加者の「語り」を分析する研究が中心であった。しかし、それらの研究では「語り」の状況が実践者の内面を表現できているとはいえず、そもそも、研究アプローチそのものに問題があるといわざるを得なかった。また、著者は共同体とその外部との関係についても分析すべきであると考えたが、それは非常に難しく実現不可能では、とも感じていた。

著者は大学院に進学した頃には、教員志望から研究者志望に変わっていたのだが、ヴィゴツキー理論の有効性を実践的に短期的に証明することは難しく、教育学的アプローチの限界を感じていた。

## 2. CAI の 限界

神戸大学の大学院で、著者は教育学でのテーマではなく、教育工学の研究室で修士論文を書いた。その当時、教育工学という分野ではコンピュータが教師の代わりに教えるというCAI (Computer Assisted Instruction) や、人工知能技術を用いて学習者がどこで行き詰まっているかなどを対話的に同定して教えることができるITS (Intelligent Tutoring System) の研究が盛んに行われていた。しかし、これらは知識のみを学習者に注入するもので、図2のような他者(熟達者)からの学びが実現できず教育学の基本からは逸脱していると感じていた。多くのCAIは、教科書を教えているだけで、教師の学習対象への見方や解釈、文化的背景、動機や感情、価値観などはむしろ排除されるもので、教科書をデジタルに置き換えたに過ぎないようにも見えた。このように当時流行っていたCAIやITSは、教育の本質には向かって

いないと考え、研究テーマを評価だけに絞ることにした。結局、教育工学の研究室で、著者は項目反応理論という数理モデルを用いた「コンピュータテスト理論」という研究を行った。教育学における能力評価は、学習した知識そのものを問うのではなく、科学を学ぶことにより発達した一般的な能力、例えば「批判能力」、「論理能力」、「言語能力」、「数理能力」などを評価しようと試みてきた。そして、計量心理学で、直接測定できない能力を潜在変数としてモデル化してデータから間接的に推定しようとする項目反応理論が提案されたのである。項目反応理論は、問題に正答したかどうかを重視するのではなく、すべての問題の背後にある能力を、データから推定する潜在変数として測定する手法である。近年、実用的に普及しているが、当時は技術的に難しく日本では研究がほとんどされていなかった。著者の研究は、項目反応理論の理論研究およびそれをコンピュータテストに応用するための理論を構築するものであった。修士学生時代に電子情報通信学会論文誌をはじめ4本の学術論文に採録され、現在の世界標準になっている「eテストング」(例えば[植野 09]参照)の原型になったものである。ただし、「eテストング」とは、同一の識別能力のある異なるテストを多数生成することができ、評価値を同一尺度上のスコアとして精度高く測定できる技術を指す。2007年に世界標準になり、現在では、この技術が「情報処理技術者試験」や「医学部共用試験」などに採用され、日本の大学入試でも採用が決定している。しかし、当時はコンピュータでテストをするという考え方は日本では全く受け入れられていなかったため、著者はあくまでも学術的研究として割り切っていた。そして、より数理の研究を深めようと東京工業大学博士課程に進学することに決めたのである。

## 3. ICT時代の教育学：eラーニング

東京工業大学では、バイズ統計の研究室に入り、ちょうど出版されたばかりのJ. Pearlのベイジアンネットワークの書籍に出会い、その研究に没頭した。そして、東京工業大学で著者がちょうどベイジアンネットワークに関する博士論文を書き終える頃、インターネットが登場し、日本でもそのインフラ整備を積極的に進めようという時代がやってきたのである。インターネットがコンピュータに加わることにより、オンライン上でのコミュニティが実現できるようになってきた。そこで著者はコミュニティの発達と個人の発達をネットワーク上で実現して、その履歴を詳細に蓄積して分析すれば、以前勉強した教育学でできなかった発達過程が実現できるのではないかと考えた。そして、助手時代に2年ほどかけて、ネットワーク上で学習コンテンツを共有できたり、各学習者が課題を提出したり、学習者同士で評価しあったり、議論しあったりできるプラットフォームを開発した。こ

のプラットフォームでは、各学習者のネットワーク上での学習活動がデータベースに詳細に蓄積されるように工夫した。しかし、実際にはコミュニティをどのように構成するか、人をどのように集めるかの手段のなかった著者は、それ以上この研究を進めることができなかった。その後、長岡技術科学大学工学部に助教授として着任したが、この大学は全国の高等専門学校卒業生を3年編入して修士課程に連なる4年間の課程を提供するために開校した特別な大学であった。そこで、著者は全国に分散した高専と大学の接続のために大学のコンテンツをインターネット上で共有したり、議論したりすることにより、高専-大学（高大）の接続ができないかと考えた。当時は、eラーニングという言葉もない時代であったが、大学だけでなく文部科学省の後援も受けてそのような事業が2000年よりスタートした。すべての高専向けに長岡技術科学大学1, 2年の授業をコンテンツとして配信し、それを高専で単位として認めてもらうというような高大接続のためのものであった。このときに、自作のプラットフォームをこの事業で使うことにし、大規模な学習者履歴の蓄積も同時に始まった。その後、この授業は正式な大学単位として認められるようになり、高専生が連続して大学の単位が取れるような仕組みとなった。これらの取組みをまとめて[植野 03]として教育工学学会論文誌に掲載された。著者の知る限り日本の教育工学論文で最初に「eラーニング」という言葉を用いた論文であった。しかし、このeラーニングは、対面授業をビデオ配信やコミュニケーションツールで近似しただけのものであり、教育学で目指すべきコミュニティの構築などは行えていなかった。著者は、学習者がeラーニングに参加すると自動的に自律的な学びの共同活動が促進されるようなシステムを目指して先のプラットフォームを拡張し、Learning Management System (LMS) “Samurai”の開発を行ったのである。このLMSを用いたeラーニングでは、学習者は興味のあるコンテンツに対する学習コミュニティに所属し、学習者も実践的にコンテンツ上の理論を適用し、レポートにまとめてプラットフォームに提出する。また、そのレポートは、ほかの学習者によってピアアセスメントで評価される。この仕組みは真正な科学的実践共同体である学会などが長い歴史で発達させてきたやり方で、eラーニングでの共同体が真正な共同体に連続することにより、「学び」が本物になると考えたのである[植野 05, 植野 07b]。また、Samuraiは、学習者の詳細な学習履歴データを蓄積しており、この有効活用が課題であると考え、さまざまなデータ解析手法が適用できる仕組みを開発した[Ueno 04, 植野 07a, 植野 07b]。この仕組みにより、学習者個人の発達とコミュニティの発達を同時に分析し、教育学では通常の学校の制約でどうしてもできなかった本当の教育とその評価ができると考えたからであった。

LMS “Samurai”に関する論文は、10本以上採録

されたが、当時世界最大のeラーニングの国際会議“eLearn”で論文賞を受賞し、その後も3年連続で論文賞を受賞したり、IEEEの国際会議でも論文賞を受賞し、IEEE Learning Technologyの国際会議を委員長として日本で開催した。Samuraiは当時誰もやっていなかった教育データマイニングの機能が注目され、技術的な評価は高かったが、学習者個人の発達とコミュニティの発達を同時に分析する実践にまでには到達していなかった。この大きな理由は、Samuraiを用いたeラーニング実践が大学の講義の中で活用してきたので、半年の期間だけしかコミュニティに参加できず、コミュニティの文化を構築するまでに至らないという致命的な制約があったからである。

#### 4. 他者からの学び：eポートフォリオ

著者のeラーニング研究は、修士課程までに習った「教育学」をICTを用いて実現しようとしてきたことにある。しかし、前述の目標「コミュニティと個人の発達を同時に分析すること」には到達していなかった。コミュニティの発達を分析するためには、コミュニティがその外部に対してどのように貢献できるかを評価しなければならず、学校は企業組織のように短期的な利益では評価できないことに理由がある。学校の社会への貢献目標自身が、メンバの人材育成であり、すなわち、数十年後の卒業生の活躍なのである。研究所なら良い研究をしたなどの成果が組織の発達の指標になるかもしれないが、通常の学校では学生達が社会に出て活躍するということであり、さらに学習者は多様な目標をもっており、限られた視点による成果からの学習が起こりにくい部分に問題があると考えた。そして、学校の生産的貢献が人材育成だとすると、多様な学習者の活動を長期的に縦断的にデータを取り続けないと評価できないと考えた。また、ヴィゴツキーに話を戻すと、図2で未熟な子供の学びは、大人がいろいろと援助してくれて意識しなくても学習ができるように工夫されないといけないが、発達に伴い、学びの目的が多様化し、学習者自身が学ぶべき対象や他者を自律的に選択しなければならなくなる。しかし、実際には学習者が誰から何を学ぶのかを見つけることは非常に難しいことである。本人自身が目的を理解し、また誰のプロセスが良いかなどを判断できる能力が必要になるからである。また、学ぶべき人は教室の教員のようにたった一人だけよりも、多く存在して多様な他者からの学びのほうが、多様な学習者の目標に対して効果的であると考えられる。

著者は、Samuraiに蓄積された多様な学習者の膨大な詳細な学習履歴データおよびその解析結果を、上のような他者からの学びに利用できないかと考えた。最近では、学習成果や学習履歴をまとめて個人ごとのページをつくるシステムとしてeポートフォリオが普及してきている。

しかし、その主な利用法は学習者個人が学習の振り返りのために用いるというものであった。著者はこれを他者に閲覧できるようにすることで、他者からの学びが促進できると考えた。長期的に蓄えられたeポートフォリオは、コミュニティの発達の結果そのものなのである。そこで、Samuraiで履修科目や学習活動、提出物、学習日記、過去の学習履歴、最終就職先などをまとめて学習者のポートフォリオとして他者からも閲覧できるような機能をSamuraiに追加した[植野 11, 植野 14]。学習者がどのように履修して、どのように学習し、どのような議論をしているのか、どのような課題を提出したのか、どのようなことを考えて学習していたのか、どのようなところへ就職できたのかなどの情報が詳細に階層的に蓄積されており、学習者は希望の条件を検索エンジンに入力して多様な先輩学習者の学習方法や学習に関する考え方や動機について学ぶことができると考えた。すなわち、学習者は将来の自分に近い他者を見つけ、その他者の自分と同年齢時代の学習記録を観察・比較することにより、有効な学びとなるのである。この仕組みは、他者からの学びが、はるか上のレベルの人より、少しだけ自分より上の人からのほうが有効に学べるということが知られていることから裏付けられる。このシステムにより、図2の「観察・模倣による他者からの学び」が促進できると考えられる。

また、学習者は、学校の成績が良い人、創造的な仕事をした人、良い就職をした人、などさまざまな自分の目的に対して成功してきた人を探し出し、できる限り多様な他者を観察することにより、自分自身がその目的に達する方法を獲得できる。このシステムでは、学習者に類似の学習履歴をもっていて、学習者の目標に近い他者ができるだけ多様に推薦する機能ももっている。また、このようなeポートフォリオ自身がピアアセスメントにより他者から評価される仕組みももっている。著者は、eラーニングのガイダンスのときにはいつも、「皆さんは学習者であると同時に、皆に学ばれる教材になってください」と説明するようにしている。他者から学ぶと同時に他者から学ばれる人材になるということは、社会文化的な発達のうえで本質的な目標になるからである。著者の研究室の[Louvigné 15]は、SNSにおける他者の学習日記を推薦する仕組みを開発し、Samuraiに組み込んだが、他者の学習動機からみごとに学習動機が学ばれることをデータから示している。特にSNSによる「学習日記」では、学習者が「私が」という第一人称で書いており、それが有効に働き、他者の情意から学習動機の向上を導けたと分析している。ヴィトゲンシュタイン、ヴィゴツキーも「私ことば」を重視しているし、レイブとウェンガーも「語り」の重要性を指摘している。「私ことば」での記述こそが、図2での他者からの学び促進すると考えられるのである。また、近年、著者は図2における熟達者から初心者への支援、「足場かけ」をどのように行うのかについても研究している。著者は学習者の問題解

決時にヒントを提示したときの正答確率を数理モデルで予測し、それがちょうど0.5になるようにデータベースよりヒントを選んで提示すると最も能力が伸びることを示した[Ueno 15]。さまざまに予測正答確率を変えてデータヒントを選択提示したが、「教えすぎ」(予測正答確率が高い場合)が最も教育効果が低いこともわかった。正答確率が0.5になるようなヒント提示が良いということは、学習者にとって少し難しい課題に、学習者ができるかできないかぎりぎりくらいの支援が与えられるのが一番良いということである。「足場かけ」の確率的アプローチは、今後重要な研究領域になると期待できる。

#### ◇ 参 考 文 献 ◇

- [Bruner 78] Bruner, J. S.: The role of dialogue in language acquisition, Sinclair, A., Jarvelle, R. J. and Levelt, W. J. M. (eds.), *The Child's Concept of Language*, New York: Springer-Verlag (1978)
- [Lave 91] Lave, J. and Wenger, E.: *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge, Cambridge University Press (1991)
- [Louvigné 14] Louvigné, S., Kato, Y., Rubens, N. and Ueno, M.: SNS messages recommendation for learning motivation, *17th Int. Conf. on Artificial Intelligence in Education (AIED: Fullpaper)* (2015)
- [植野 03] 植野真臣: 大学-高専におけるeラーニングによる授業実践, 日本教育工学会論文誌, Vol. 27, No. 4, pp. 417-426 (2003)
- [Ueno 04] Ueno, M.: Data mining and text mining technologies for collaborative learning in LMS "SAMURAI", *Invited paper; IEEE ICALT2004* (2004)
- [植野 05] 植野真臣, 矢野米雄: 科学的実践と協働を実現するeラーニング (招待論文), 日本教育工学会論文誌, Vol. 28, No. 3, pp. 151-162 (2005)
- [植野 07a] 植野真臣: eラーニングにおけるデータマイニング (招待論文), 日本教育工学会論文誌, Vol. 31, No. 3, pp. 271-283 (2007)
- [植野 07b] 植野真臣: 知識社会におけるeラーニング, 培風館 (2007)
- [植野 09] 植野真臣, 永岡慶三: eテストング, 培風館 (2009)
- [植野 11] 植野真臣: 他者からの学びを誘発するeポートフォリオ, 日本教育工学会論文誌, Vol. 35, No. 3, pp. 169-182 (2011)
- [植野 14] 植野真臣: 過去の学習者履歴データを利用したeポートフォリオ・システム (招待論文), 情報知識学会誌, Vol. 24, No. 4, pp. 414-423 (2014)
- [Ueno 15] Ueno, M.: Probability based scaffolding system with fading, *17th Int. Conf. on Artificial Intelligence in Education (AIED: Fullpaper)* (2015)
- [Vygotsky 62] Vygotsky, L. S.: *Thought and Language*, Cambridge, MA: MIT Press (1962)

2015年6月15日 受理

#### 著 者 紹 介



植野 真臣 (正会員)

1992年神戸大学大学院教育学研究科学校教育専攻修了。1994年東京工業大学大学院博士課程システム科学専攻修了。博士(工学)。2013年より、電気通信大学大学院情報システム学研究科教授。