

タブレットを用いた学習過程の分析方法

—学習における時間の概念—

伊藤春樹・岩山絵理・西 和久

A New Analyzed method of The Learning Process

— The concept of the time in the answering and resolving process —

Haruki Ito・Eri Iwayama・Kazuhisa Nishi

要旨：

勉強しているのに成績が向上しないという愚痴をよく耳にする。今までの勉強においては、一度全体を説明し、その後課題などを提出させて理解しているかを検証し、その学習の結果を試験などして評価をしていた。しかし、同じ評価を与えるにしても、どの程度時間をかけて学修し、課題を提出したかなど、時間というパラメータは新しい評価基準の一つになるのではと考え、検討を始めた。

タブレット技術が発達したことによって、タブレット上に記述したことは完全に再生できる機能を手にしたことによって、時間というパラメータを学習過程分析の基準として利用することが可能になった。このように、記述する過程を時間というパラメータで分析することは、学習過程を時間という新しいパラメータで分析できる可能性を手にしたことを意味する。

タブレットPCを利用したe-Learningシステムを作成し、学生の課題の解答過程を可視化し、新しい分析方法が展開できると考え、例えば、解答過程を「課題理解時間」、「解答時間」と「見直し時間」に三つに分けた上で、解答過程の時間を詳細に分析することによって、何らかの改善に利用できると考えた。

文章を作成するときにPCを利用する方向性に向かっている現在にあって、キーボードではなくペンで文章を書くことがどのような意味を持つのかも考えなければならない側面もあるという事実も明らかになった。

今回は、様々な課題の中で、中学・高校の教科、特に数学と英語に限定して、実験データを収集し、分析を試み、有効性を検証し、レポートの作成などへの応用を考えたい。また、障害児教育における可能性も追求してみたい。

Keywords : e-Learning、時間分析、解答過程の可視化

e-Learning, time analysis, visualization of the resolving process

1. 問題所在と目的

今後日本の人口は減少することが、出生率の低下から明らかになった。少ない人間で同じ社会を維持しようとするならば、人間の能力を高めるか、AIのような新たな技術を導入するかしか方法はない。AIの導入はあらゆる分野で進むことが予想できるが、AIがいかに優れたものであっても、人間の能力を高めることは必要不可欠であり、このためにも教育の充実の必要性が求められ、何時の時代でも現在の教育よりもより効率的で効果的なものが求められるのは必然である。

また、AIの発展によって、現在の私たちの仕事の多くが、AIに取って代わられると言われている。どのような仕事人間だけができる仕事であるかと心配する人も多い。介護の仕事はAIでは代替できないと考えたい人もいたようであるが、富士株式会社のロボット“Parlo”とか、大阪大学の石黒浩教授のアンドロイドの利用などの報告を読むと、人間だけができる仕事とは何かと考えさせるとともに、様々な新しい疑問が浮かんでくる。

一方、同じようにAIが現在の仕事の多くを取って代わると指摘しながらも、AIと人間の能力の違いを研究し、AIが発展してもどのような能力がAIに代替できないものなのかと考える新井紀子教授のような人もいる。

確かに計算能力が重要な意味を持っていた時代には、算盤のできる人が仕事をする上で優位に立て、その時代には子どもの習い事として算盤を学ぶ子どもも多かった。しかし、計算機が算盤に代わると事態が到来して、一転した。事務所から算盤は一蹴され、計算機がそれにとって代わったが、この計算機ですらPCの発展に伴って、一蹴された。このように技術の進歩とともに、利用する機器の変化に伴って、利用する機器が毎日のように変化して、今までは技術の進歩の利点を人間は上手に活用してきた。AIという技術の進歩は、人間の仕事をロボットにとって代わられるようになり、一般的にはロボットが人間を一蹴するような危険性を秘めていると思われる面もある。

AIは、人間と比較できないほど優れた記憶や計算能力を持ち、計算や過去の記憶に依存する業務はAIにその大部分が代替えられるか、AIを利用せずには業務が功利的に行えなくなると指摘されている。このようなことは、過去の判例に大きく影響される法曹界では当然のこととなっている。過去の判例を人間が思い出して整理するよりも、PCを利用した検索機能を用いれば、比較にならないほど短時間で資料を準備することができる。このような現実とは、事務所において算盤が一蹴されたように、記憶という人間の能力に頼ってきた仕事が、AIによって一蹴されるという恐怖心を我々が抱くのは当然のことである。

人の記憶（不正確さがあるにもかかわらず）の重要性があると思いたいと考える人も多い。この人間の記憶の重要性を否定しなくとも、AIに挿入された人間の記憶は、機械が持つ正確性、無制限性ゆえに、人間の記憶を凌駕していくのは明らかである。でも、人間がAIを創りだした事実は、歴史的事実としての価値しかなくなり、AIが人間を支配すると考えると恐ろしいことであると恐れる人もいる。先に述べた石黒教授はNHKの最後の授業という番組で、違った意味合いで人間はロボットになると言い切っている。

一方、新井教授は、人間が物事を決定する場合、論理的判断、統計的判断、確率論的判断が基本になっている。従って、AIの基本的判断方法はこの方法しかプログラムされていないという。しかし、基本的判断がこの三つの方法でなされるとしても、人間には咄嗟の判断というような、この三つの判断基準のほかに第六感的判断方法があるとも述べ、この第六感的判断が、どのように人間自身が決定しているか自身が理解していないために、プログラムすることができず、AIにはできない能力を人間が備えているように表現する部分もある。

人間にしろAIにしろ、基本的な判断方法のどれを利用するかは別にして、一つの判断を導き出すためには、どの観点を配慮して判断方法を決定するかの側面も重要で、この判断にとっては判断基準のもとになる分析するためのデータは非常に重要で、データの種類や統一したデータのとり方が必要である。人間であれAIであれ、データとして新しいものを見出すことが重要で、新しいデータを見出すことは、新しい視点を持つために非常に重要なことである。そこで、学習における新しいデータとして時間というものを考えてみた。

2. 学習における時間の重要性

何かを学ぶにしても、何かを作るにしても、私たちは時間に囚われて活動している。短期間のうちに語学を学習できる人に対して、頭のいい人と称賛するようであるが、語学だけでなく、できるだけ短時間・期間のうちに何でも教わったり、新しい人間関係を作ったり、マナーや技術を習得できる人は称賛される場合が多い。また、色々なものを制御するときには、温度、湿度、長さ、厚さなどを計測する一方、多くの場合時間という要素も制御の仕組みにおいて一つの重要な要素にしている場合が多い。

このように、化学反応とか物理現象の観察などには時間を多くの場面で判断基準の一つの要素として利用しているにもかかわらず、教育においては時間をパラメータとして分析することは、限定的であるように感じられる。確かに、一定の時間内にどの程度学習が進んだか、学期内にここまで進んでおくこととか、時間で管理しているところもあるが、年間とか学期ごとのような長いスパンではなく、一題の問題を解く過程での時間分析は行われてこなかったし、家庭教師的な指導でない限り、紙面上に書き上げた答案だけでは問題を解くスピードが遅いなどという指摘は出来ないし、このような詳細な指導に利用する手段も存在しなかった。したがって、多数を対象とする教育よりも少数を対象とする教育が、究極的には家庭教師的な指導が最も有効だと思われる。

このように考えれば、個人的で詳細な指導ができる方法という視点に立って、学生や生徒がどのように考え、どのように解答しているかをできる限り詳細に可視化することができるシステムを構築すれば、教育における新しい視点が生まれるのではないかと考え、解答する過程を詳細に可視化できる仕組みを開発しようとした。そして創り上げたシステムを、“Scritivo”と命名した。このシステムはタブレットPCを用いて、付属のペン入力したデータ（位置データ、X座標、Y座標）を利用することによって、解答していく過程を再生できるようにするとともに、時間というパラメータも管理できるシステムにした。従って、このシステムはペンの位置データと時間という古くて新しいパラメータを利用したシステムを利用した教育改善の方策を模索することにした。Scritivoの機能については、平成29年度ICT利用による教育改善研究発表会資料集や発表内容をWebで見れるので参照していただきたい。

ここでは活用可能な分析方法を提案し、パイロットスタディ的なデータ分析でその可能性に言及したい。

今回は、試験的な試みであるので、正解がある問題を解答させることによって、その過程を分析することから始めることにした。比較的解析しやすい数学や英語の解答過程の可視化を通じた教育改善に向けて、学生や生徒の課題や設問に対する取り組み方や解答する過程を、時間というパラメータで分析する。

時間というパラメータを用いて分析するために、最も簡単な分析方法として思い浮かんだものは、学生や生徒が課題や設問に取り組む時間を、

- ① 課題や設問を読み課題を理解する時間（以下、「課題理解時間」とする）、
- ② 課題や設問を解いている時間（以下、「解答時間」とする）、
- ③ 解答を見直したりチェックしたりする時間（以下、「見直し時間」とする）

に分類し、それぞれの時間を分析することによって、教育改善を達成できる可能性があると考えた（図1）。

当然、実験においては、解くべき課題を複数の問題にするか、単一の問題にするかでデータが異なってくるが、複数課題の場合には、どの課題から取り掛かったかなども分析の対象にできる一方、単一課題ごとに上記①から③の視点が明快に分析できることになる。今回の実験では、個人それぞれの学習方法を尊重して、それがどのように分析できるかから始めることにした。



図1. 添削時に得られる、課題理解時間（1）、解答時間（2）、見直し時間（3）とペンを走らせている時間分析表示方法(表での表示と図での表示)（伊藤春樹他、2017を加筆修正）

（注）総時間は1分32秒であるが、解答開始ボタンを押してから保存するまでの時間を図ったものである。解答開始ボタンを押してからペンをタブレット上において書き始めまで時間が4秒で、課題理解時間とし、書き終わってから保存のボタンを押すまでの時間2秒が見直し時間として機械的に理解される。褐色で示したところはペンがタブレット画面から離れているところで、水色で表示した所はペンを走らせていることを示している。表に示した記述前、記述中と記述後は、それぞれ課題理解時間、解答時間、見直し時間としてこの論文の中では議論している。

今回のパイロットスタディは、2016年4月1日から2018年12月13日までの中学一年生から高校二年生までの資料（課題は英語、国語、数学の雑多ものを含む）を分析した。ただ、倫理的内容に関する説明をしたが、どのように答えなければならないとか、問題に対する解答方法に対しては何の説明もなく、自由に課題に当たらせているので、様々な影響があることを想像したうえでのアプローチである。まず、全体像を捉えるために、全体の中から、2017年4月1日から2018年11月30日までの間に中学一年生約120名が、数学の「数と式」の解答した2,959答案の時間分析を行った。問題の難易度の違い、解答している状況の多様さなど差異があるデータを分析し

たものなので、はなはだ問題が多いかもしれないが、表1のような結果を得た。最長時間の解答は1時間をはるかに超えているものがあり、おそらくプログラムを終了せず解答を中断したと考えられるケースである。ただ、このようなケースを含めて生徒の答案作成過程において、問題のあるケースを疑いうるケースの発見に繋がれば、指導にも役立たせることができると考えた。要するに、何の規制もかけずに、自由に課題に取り組みせたときの生徒の対応を、タブレット上に書いた行動の中で分析しようとしたのである。途中で寄り道をしたり、友達と話し始めたり、課題を投げ出ししたりするのも一つとして考えることから開始した。しかし、平均的には約80%の時間が解答時間に当てられているのは当然のことである。解答時間が最短な0.8%の場合は、見直し時間が異常に長いので、解答をすましてからほかのことを夢中でしていたのかもしれない。

表1. 中学一年の数学「数と式」の解答2,959の分析結果（単位：秒）

| | 総時間 | 課題理解時間 | 解答時間 | 見直し時間 | 課題理解時間 (%) | 解答時間 (%) | 見直し時間 (%) |
|------|----------|--------|----------|-------|------------|----------|-----------|
| 最長時間 | 18,369.0 | 855.3 | 18,307.5 | 199.3 | 97.7 | 99.7 | 85.9 |
| 最短時間 | 4.9 | 0.8 | 0.9 | 0.5 | 0.2 | 0.8 | 0.0 |
| 平均時間 | 155.4 | 16.0 | 133.7 | 5.7 | 15.7 | 78.3 | 6.0 |
| 標準偏差 | 376.8 | 30.2 | 371.8 | 10.6 | 17.2 | 20.0 | 7.6 |

注) 総時間・課題理解時間・解答時間・見直し時間のそれぞれの最長・最短時間、平均、標準偏差を求めたもので、総時間が最高のもので、課題理解時間、解答時間、見直し時間で最長になるのではなく、総時間が最長の解答でも課題理解時間では最短になる可能性もある。最長時間や最短時間のケースは逆に異常なデータであると思われるが、解答時間が平均の78%以上の場合にはそれなりの解答であることが伺える。従って、課題理解時間が40%を超えるものや見直し時間が30%を超える場合は正常ではないと考え、詳細に見直す方がよいと考えている。

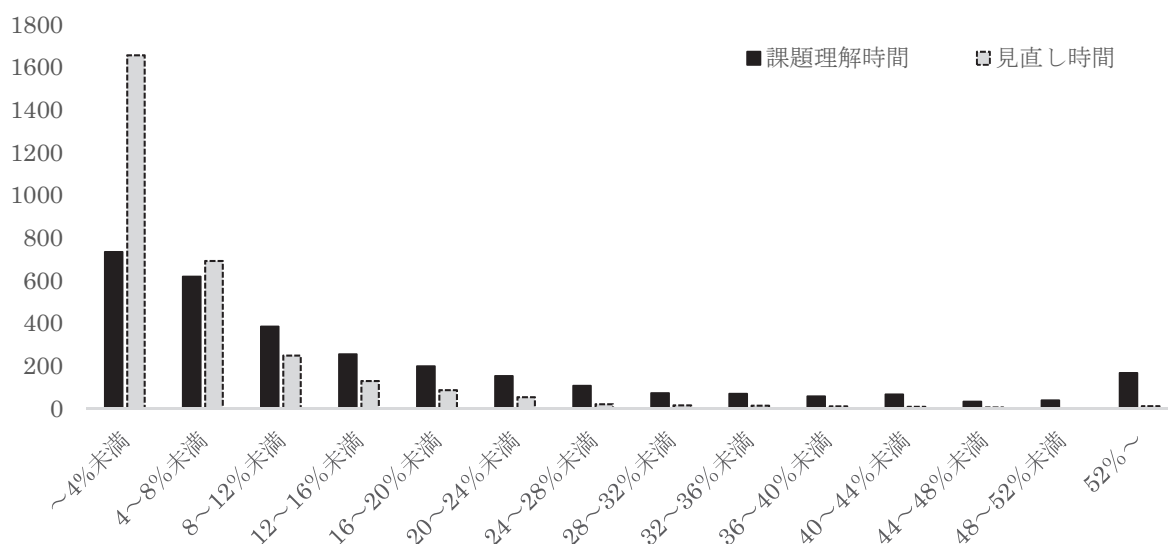


図2. 中学一年の数学「数と式」の解答の時間分析で「課題理解時間」と「見直し時間」の総時間に占める割合の階級別の件数

注) 「課題理解時間」や「見直し時間」が大きな割合を占める割合は小さい。

総時間に占める課題理解時間の割合は、80%以上の解答において、30%未満であり、見直し時間の占める割合は90%以上が16%未満であり、さらに少ないことは、図2からも明らかである。したがって、この二つの指標が大きく変化することは、解答する過程の中で何か問題を抱えていると考えられる。

2. 課題理解時間（設問を読み課題を理解する時間）

課題理解時間は問題文を読んでいる時間と想定しているが、数学において文章問題の場合にはこの時間が長く、計算問題は非常に短いこともあって、生徒の課題理解時間の使い方をパターン化することによって新たな考え方を生み出すことができるのではないかと考えた。問題を理解する時間の速さは重要であることはどの教科においても同様である。課題理解は、会話においては、相手の話していることを的確に理解することにも繋がる。

また、同一問題を繰り返して解答する場合には、この時間が減少することは当然であるが、異なる問題であっても類似した問題を解く場合にも、初めて遭遇する問題に対してよりも短いことが想定できる。

この時間を測定できることで、ある問題を理解する平均的な時間を求めることができるし、平均的な時間以上かかる生徒には、文章を読むスピードを求めなければならないとか、理解しにくいところの指導に手を差し伸べなければならない。とにかく、前章で述べたように、また図3に示したように、殆どの解答において課題理解の時間は総時間に対して非常に短く、総時間に対して12%未満の時間しか利用しない解答数が72%以上になっている。図2と図3を比較してみると、多くのサンプルをとればとるほど、課題理解時間の総時間に占める割合が少なくなるようである。

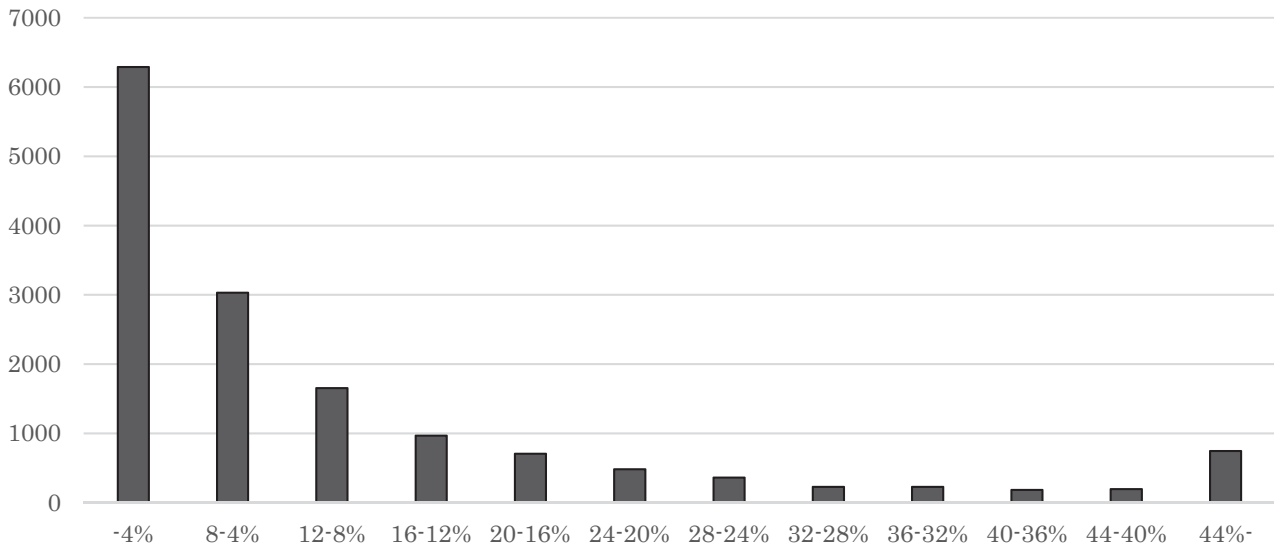


図3. 総時間に対する課題理解時間の占める割合の割合区分（4%）ごとの 解答数（総数：15,081 解答）

注）2016年4月1日から2018年12月13日までの中学一年生から高校2年生までの資料を分析した。課題は英語、国語、数学の雑多ものを含んでいる。

表2に3名の生徒の同じ問題で、数学の計算問題と文章問題における課題理解時間、解答時間、見直し時間のそれぞれの総時間に占める割合を示した。計算問題と文章問題とでは課題理解時間の割合が違うことに気づくことができる。また、解答し始めるまでの時間の利用の仕方にもそれぞれ特徴があるようにもうかがえるので、分析を加えてみたい。

表2. 問題形式による課題理解時間、解答時間、見直し時間の配分の違い

| | 数学の文章問題 | | | | 数学の計算問題 | | | |
|---|----------|-----------|---------|----------|----------|-----------|---------|----------|
| | 総時間（ミリ秒） | 課題理解時間（%） | 解答時間（%） | 見直し時間（%） | 総時間（ミリ秒） | 課題理解時間（%） | 解答時間（%） | 見直し時間（%） |
| A | 97,882 | 6.2 | 91.5 | 2.3 | 109,754 | 1.1 | 97.1 | 1.7 |
| B | 132,325 | 10.6 | 87.4 | 2.0 | 44,304 | 3.7 | 88.5 | 7.8 |

| | | | | | | | | |
|----|-----------|-----|------|-----|-----------|-----|------|-----|
| C | 270,701 | 5.4 | 93.8 | 0.8 | 148,883 | 1.6 | 96.7 | 1.6 |
| 平均 | 166,969.3 | 6.9 | 91.7 | 1.4 | 100,980.3 | 1.8 | 95.7 | 2.6 |

注) 問題形式の違いで表のような違いが出てくることは想像できるが、どちらの問題も問題の難しさがどの部分にあるかによって、大きく変動する可能性はあるが、計算問題は問題を理解する時間というよりも、問題を解く時間の方が当然大きな割合を占めることに疑う余地がないが、文章問題は文章を式に変換した時の計算が難しいときにはその割合に大きな影響を与えることは、当然である。

問題の解答を書き終わるまでの時間の長短も重要な検討事項ではあるが、3人とも5分(300秒)以内で余裕をもって解答している。平均で比べて、文章問題の方が計算問題よりも約一分程度長く時間がかかっている。生徒Aは、他の二人が計算問題よりも文章問題に時間をかけているのに、計算問題の方に時間がかかっている。しかし、この生徒Aであっても、総時間に占める割合で考えると、文章問題の方が計算問題よりも課題理解に相対的に時間をかけている。生徒Bは計算問題において総時間は非常に短い、課題理解時間の解答時間に占める割合が他の生徒よりもはるかに短い。これは割合で示している、生徒Bの計算能力が高ければ、解答時間をそれほど必要としないために相対的にその他の時間の割合を高めているという結果になっていることも考えられる。考えられる要因を今後詳細に検討しなければならないが、計算問題よりも文章問題を解くときの方が、課題理解時間が長いのは予想した通りである。

このように考えると、課題理解時間の長短、課題理解時間の占める割合の大小が、問題の難易度や生徒の習熟度の指標にすることができると探ることができるかもしれない。

そこで、表3に、同一課題を13名の生徒に解かせたときの、課題理解時間、解答時間、見直し時間の結果を示した。

表3. 生徒13名が同一問題の解答に要した総時間と課題理解時間、解答時間、見直し時間と総時間に占める割合

| | 総時間 (ミリ秒) | 課題理解時間 (ミリ秒) | 解答時間 (ミリ秒) | 見直し時間 (ミリ秒) | 課題理解時間 (%) | 解答時間 (%) | 見直し時間 (%) |
|-------|-----------|--------------|------------|-------------|------------|----------|-----------|
| ST_1 | 37,273 | 2,562 | 31,201 | 3,510 | 6.9 | 83.7 | 9.4 |
| ST_2 | 55,411 | 3,363 | 29,793 | 22,255 | 6.1 | 53.8 | 40.2 |
| ST_3 | 112,210 | 22,413 | 85,025 | 4,772 | 20.0 | 75.8 | 4.3 |
| ST_4 | 34,744 | 2,727 | 30,551 | 1,466 | 7.8 | 87.9 | 4.2 |
| ST_5 | 51,138 | 22,548 | 17,670 | 10,920 | 44.1 | 34.6 | 21.4 |
| ST_6 | 78,233 | 3,257 | 72,403 | 2,573 | 4.2 | 92.5 | 3.3 |
| ST_7 | 141,311 | 9,387 | 128,920 | 3,004 | 6.6 | 91.2 | 2.1 |
| ST_8 | 74,066 | 3,679 | 68,439 | 1,948 | 5.0 | 92.4 | 2.6 |
| ST_9 | 88,872 | 3,354 | 83,693 | 1,825 | 3.8 | 94.2 | 2.1 |
| ST_10 | 131,542 | 46,568 | 82,460 | 2,514 | 35.4 | 62.7 | 1.9 |
| ST_11 | 26,347 | 2,175 | 22,375 | 1,797 | 8.3 | 84.9 | 6.8 |
| ST_12 | 62,568 | 16,832 | 43,852 | 1,884 | 26.9 | 70.1 | 3.0 |
| ST_13 | 152,949 | 2,834 | 142,522 | 7,593 | 1.9 | 93.2 | 5.0 |
| 平均 | 80,512.6 | 10,899.9 | 64,531.1 | 5,081.6 | 13.5 | 80.2 | 6.3 |

表3において、総時間において平均は約80千ミリ秒であるのに、110千ミリ秒以上の生徒4名(ST_3、7、10、13)であり、課題理解時間が平均では約10千ミリ秒であるのに20千ミリ秒を超える生徒が3名(St_3、St_5、

St_10)、解答時間は平均で約65千ミリ秒であるのに約その倍の120千ミリ秒を超える生徒は2名(St_7、St_13)、見直し時間は平均で5千ミリ秒であるのに、平均の倍以上の時間をかけた生徒はただ一人、St_5のみである。

また、St_13は、総時間が15万ミリ秒と最も長いにもかかわらず、課題理解時間の割合が1.9%と極端に小さいが、課題理解時間を見ると早い方ではあるが、極端に短いわけではない。St_5は、解答時間が実時間でも割合においても最短で、課題理解時間が割合で最高、実時間で2番目である。St_2は見直し時間が実時間でも割合においても最高で、St_10も課題理解時間が長いという意味で少し気になるデータである。従って、解答時間が70%を大きく切る場合には、検討しなければならないように思えるので、今後、解答時間が70%を大きく割れる答案に対しては詳細に検討を加えることにしたい。当然、データが集まれば、各課題の平均所要時間の平均は求めることができる上に、同じ課題を繰り返した時の所要時間の平均も何回目かを配慮しながら求めることもできる。何度も繰り返しているといっても、同じ日に繰り返しているか、何日かおいて繰り返しているかなど、それぞれの平均を求めることによって、生徒の抱える問題点を推測できる資料は作ることができる。

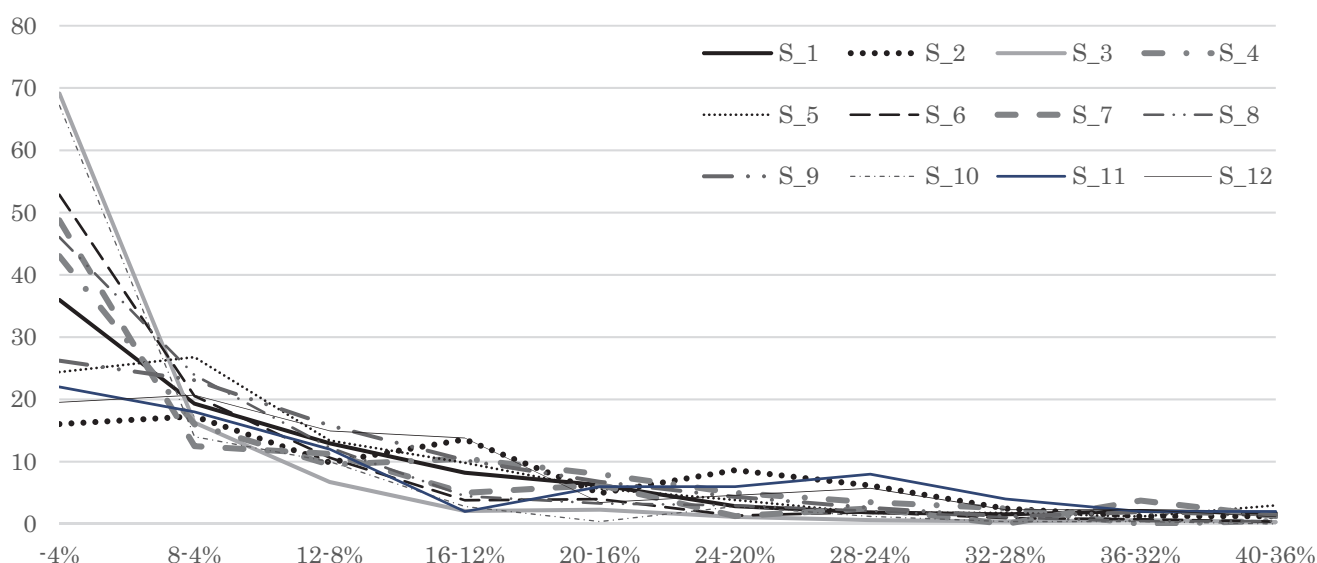


図4. 12名の生徒の総時間に占める課題理解時間の割合区分別(4%)解答数の推移

注) 解答した課題数は、S_1 : 912、S_2 : 81、S_3 : 531、S_4 : 200、S_5 : 336、S_6 : 526、S_7 : 80、S_8 : 669、S_9 : 576、S_10 : 250、S_11 : 50、S_12 : 87 課題である

図4の個人別の課題理解時間の割合を見ても、総時間の16%未満の時間をかける場合が殆どである。課題を見てすぐに解き始める生徒と少し課題を読むのに時間をかけようとしている生徒がいるように、総時間に占める課題理解時間が4%未満の場合を見てみると分けられるようにも感じられるが、それほど明快な差があるわけではない。課題理解時間は、20%以下が殆どの場合であって、20%を超える場合は詳細に調べる必要があると判断しても間違いがないように思える。

次に、16課題をそれぞれ11名の生徒に解かせて、その平均を求めたものが、表4である。データの集積できれば、各課題の解答に要する平均的な時間と課題理解時間の割合など課題による特徴を見出すことができる可能性があると考えている。その一助として、解答者にもわかるように問題に対してかかった時間と課題理解時間、解答時間と見直し時間を表示している(図3)。

また、今回実験の中に計画しなかったので、データ収集まで行っていないが、同一問題を一人の生徒が繰り返して回答したときの課題理解時間の推移がどうなるかの分析もしなければならない。今回のe-Learningの前に作成したものの報告において、課題理解時間が減少していくことを証明したので参考にさせていただきたい(2011、伊藤春樹)。

今後は繰り返し同じ問題を解かせた場合にどのような推移で、課題理解時間の割合が変化するか、詳細に分析することは、重要な指標をつかみ取ることができると考えられる。課題を読むのに最低必要時間は必要であるが、どれだけ最小必要時間で、問題を理解し、より適切な解答を書くかが生徒の成長を図るためには必要である。

表4. 生徒11名の16題の解答に要した時間に占める「課題理解時間」、「解答時間」と「見直し時間」の平均的割合

| | 課題理解時間 (%) | 解答時間 (%) | 見直し時間 (%) |
|-------|------------|----------|-----------|
| 問題 1 | 2.0 | 97.0 | 1.1 |
| 問題 2 | 3.9 | 94.4 | 1.7 |
| 問題 3 | 1.0 | 89.9 | 9.0 |
| 問題 4 | 1.6 | 97.3 | 1.1 |
| 問題 5 | 2.4 | 94.7 | 2.9 |
| 問題 6 | 5.4 | 92.6 | 2.0 |
| 問題 7 | 4.3 | 94.6 | 1.0 |
| 問題 8 | 2.6 | 94.7 | 2.7 |
| 問題 9 | 4.6 | 93.9 | 1.4 |
| 問題 10 | 1.2 | 97.2 | 1.6 |
| 問題 11 | 4.7 | 91.9 | 3.5 |
| 問題 12 | 1.1 | 96.6 | 2.3 |
| 問題 13 | 1.9 | 95.8 | 2.3 |
| 問題 14 | 1.8 | 94.5 | 3.7 |
| 問題 15 | 6.5 | 92.0 | 1.4 |
| 問題 16 | 7.8 | 84.2 | 8.0 |

3. 解答時間（最初にペンが画面に触れてから最後に画面からペンが離れるまでの時間）

解答時間は、解答を始めてから答案を終了するまでの時間である。従って、この時間の中には答案作成に必要な最小必要時間と書き間違えて消している時間や訂正している時間、考え込んでいる時間も含まれることになる。当然、一度答案を完成した後に、見直しをしていて間違いに気づいて訂正した場合には、この訂正終了するまでの時間が解答時間となるので、今までの解答時間と今回の Scritivo を用いた分析での解答時間とは違いが生じるのは、新しい機能を用いた時には生じるものと考えていただきたい。

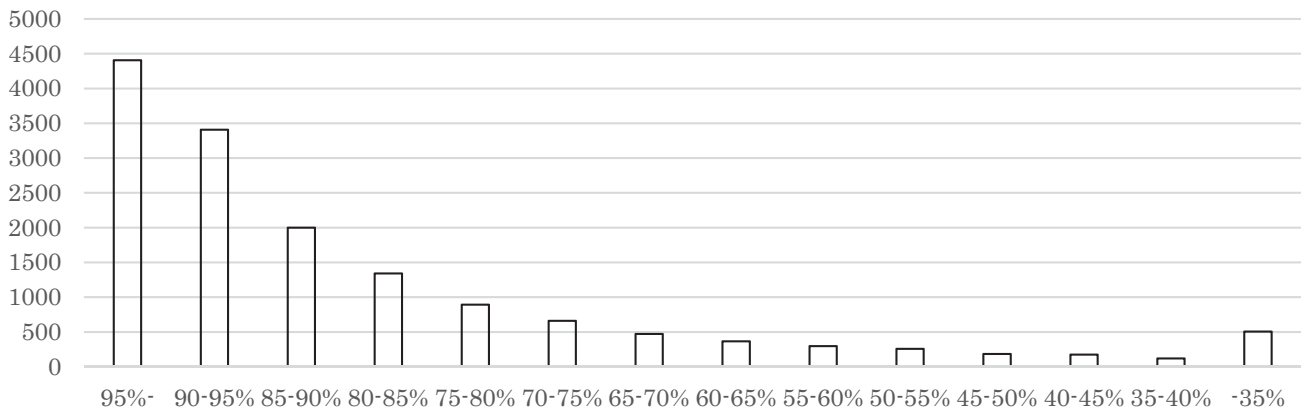


図5. 総時間に対する解答時間の占める割合の割合区分 (5%) ごとの 解答数 (総数: 15,081 解答)

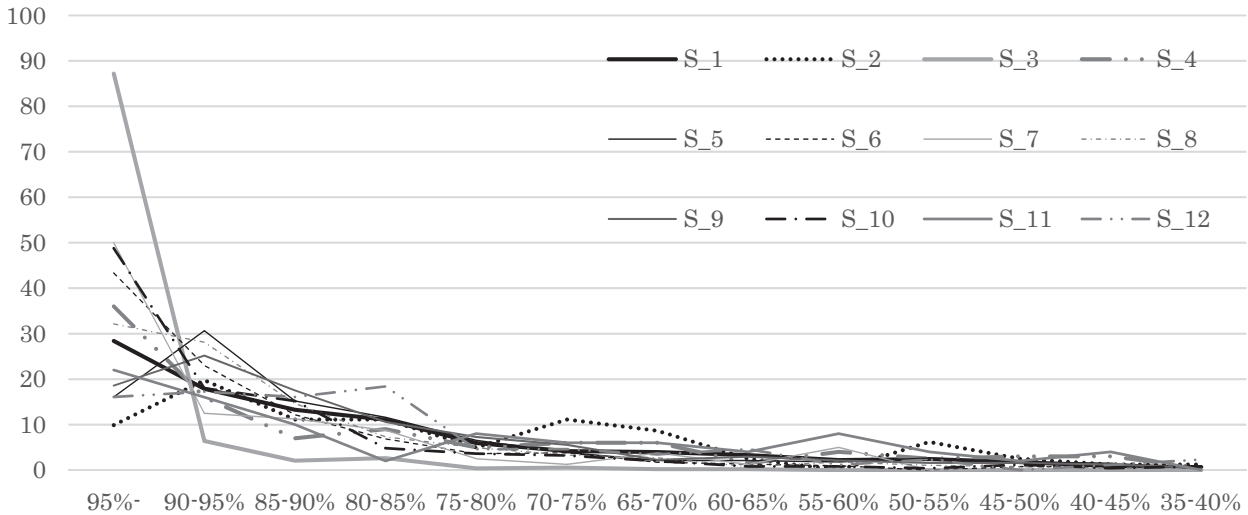


図6. 12名の生徒（図4と同じ生徒同じ問題）の総時間に占める解答時間の割合区分別（5%）解答数の推移

図6は、図4と同じ12名の生徒の総時間に占める解答時間の割合区分にそれぞれいくつの解答が含まれているかを示したものである。当然のこととして総時間に占める解答時間は70%以上を占める場合が殆どであることが分かり、それよりこの割合が減少するときは、生徒が課題を解いていて問題に遭遇したと考えることができる。友達と解く前に相談しながら問題理解をしていたとか、見直し時間を利用して友達と答案の確認をしあったりと色々なケースが考えられるが、このような特殊なケースはこれらの指標を見ても理解できると思われる。

次に図7に示した課題に対する解答の時間の使い方を論じてみたいと思う。この問題は計算問題であって、文章問題ではないので、課題理解時間は非常に短いことが想像でき、結果もその通りであった。中学の文章問題にしてもそれほど多くの文章を読むものではないので、課題理解時間はそれほど長くない。

この中学の数学の問題を4名の生徒（一人の生徒は同じ問題を二度解いている）がどのようにペンを走らせて解いたかを示したものが、図8である。

次の計算をしなさい。

- (1) $(4a^2 - 6a) \div 2a$ (2) $(20a^2b + 5ab) \div (-5ab)$
 (3) $(3a^2 + 5ab) \div \left(-\frac{a}{3}\right)$ (4) $(6x^2 - 9xy) \div \frac{3}{4}x$

図7. 4名の生徒に解いてもらった課題

| 解答者 | 解答時間 | 解答回数 | 得点 | 間隔数 | 記述間隔バー / 間隔数内訳 |
|-----|--------|------|-----|-----|----------------|
| S_1 | 01分51秒 | 1 | 50 | 17 | 4, 3, 5, 5 |
| S_2 | 02分36秒 | 1 | 80 | 16 | 7, 0, 2, 7 |
| S_3 | 01分32秒 | 1 | 30 | 18 | 3, 7, 6, 2 |
| S_3 | 01分32秒 | 2 | 75 | 14 | 1, 3, 6, 4 |
| S_4 | 02分04秒 | 1 | 70 | 20 | 4, 7, 5, 4 |
| S_5 | 01分25秒 | 1 | 100 | 21 | 7, 4, 5, 5 |

図8. 生徒4名の解答に要した総時間、解答回数、得点、間隔数と記述間隔バー（水色はペスが画面についているとき）

注) 記述間隔バーの下に記入された数字は記述していくときに、ペンがある一定の時間以上画面から離れている回数を間隔数内訳として表示した。しかしこの間隔数の内訳は総時間を四等分してそれぞれの区分における間隔の回数を示し、表の間隔数には総時間の中での間隔数の合計を示した。

生徒 S_1 は、割と規則正しく 4 課題を解いているように思えるが、生徒 S_2 は課題(1)を解いた後で、分からない時間の使い方をしてるように思える。生徒 S_3 は、この問題を 2 回解いているが、得点差が大きくあるにもかかわらず、類似したペンの動きをしていると理解することができる。解答時間の分析はさらに様々な分析を加えなければならないが、次回にこの部分の分析を利用した論文を書きたいと考えている。

4. 見直し時間（最後にペンが画面から離れてから、保存ボタンを押すまでの時間）

解答時間のところでも説明したが、見直しに入って誤りを見つけて訂正した場合には、訂正し終えるまでの時間が解答時間にカウントされるために、見直し時間は大多数が総時間に占める割合が低いのは当然のことである。逆に、見直し時間が長いのは、総時間が短い場合と見直し時間中にほかのことをやっている場合が多いと考えられる。とにかく、今まで考えられている見直し時間とは少し違った概念であることをお断りしなければならない。図 9 より分かるように約 70% が 4% 以内であり、12% 未満が 90% の解答数となる。従って、見直し時間が異常に長い場合には、そのままにして別のことをしていると考えの方が妥当である。

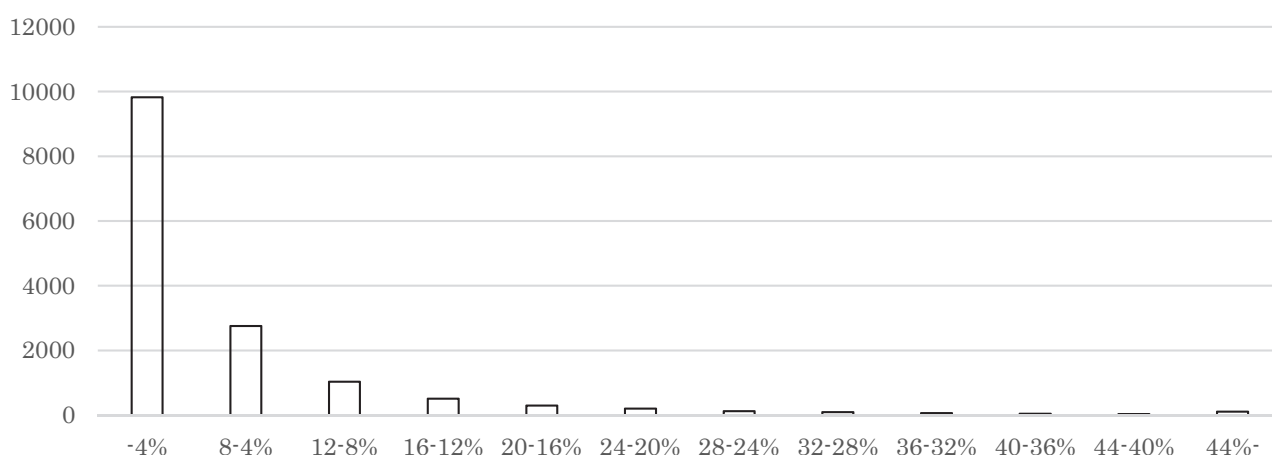


図 9. 総時間に対する見直し時間の占める割合の割合区分 (4%) ごとの 解答数 (総数 : 15,081 解答)

この傾向は、個人別に調べてみても同様だといえる (図 10)。4% 未満の解答が少ない場合には、4-8% の割合が高くなるので、見直し時間は非常に短い。何度も述べたように、見直し時間が短いのは、解答を訂正した場合も解答時間に入ってしまふからである。

また、中学の教科書に準拠している課題を出題しているのだから、それほど見直しが必要としない問題であるかもしれない。大学の課題提出として行われるレポートのような課題であれば、内容をもう一度読み直すという過程を考えると、この見直し時間は長時間になることも予想できる。明快に言えることは、見直し時間が 40% とか 50% を占めることは、どのように考えてもあり得ないのではないかと思えるので、このような場合には、課題を終了してほかのことをしていると考えの方が普通である。

正しい解答をしたと信じて、思いこんで提出するので、見直しをして間違いを見出すことは非常に難しいことであると考えられるが、自分の解答に今一度疑いをもって見直す訓練をすることは非常に重要である。従って、どのような見直し方法が最も優れているか検討する必要があると考えているが、今回開発した Scritivo では全く覗き見ることすらできないところである。これは、見直しを書き終えてから、保存ボタンを押すまでとしているとこ

ろに問題があって、回答者が答えを終了と考えた時点からの時間を分析できるように変更すれば可能であるが、回答者の意思を表示するボタンのものを置くことになるので煩わしいことになる。

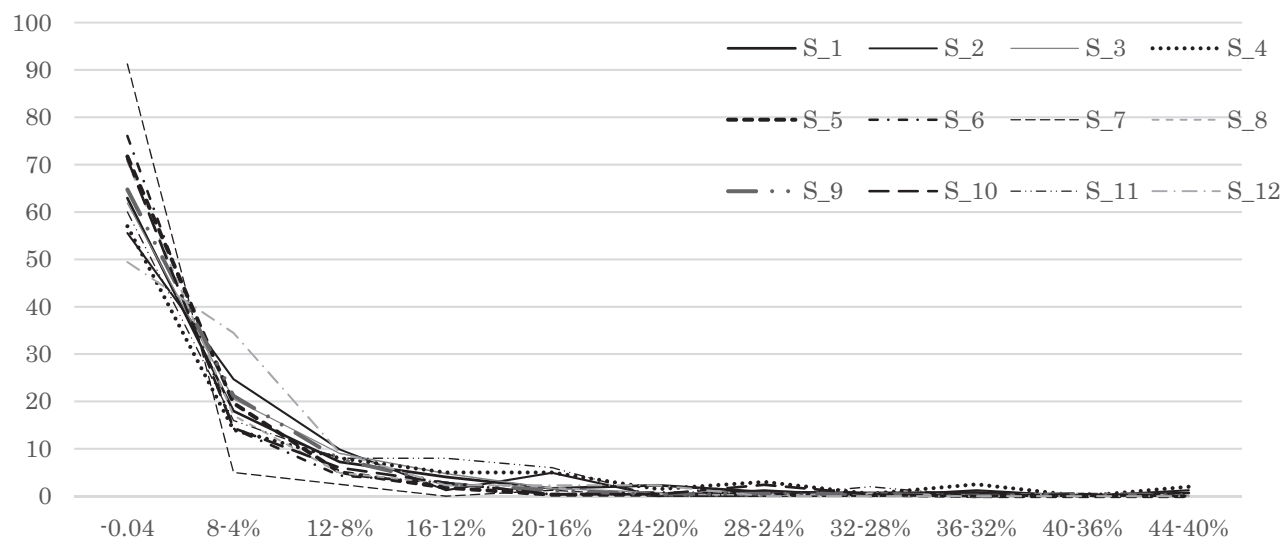


図 10. 12名の生徒（図4、図6と同じ生徒、同じ課題）の総時間に占める見直し時間の割合区分別（4%）解答数の推移

5. 今後の展望と課題

今回開発した Scritivo の機能は、今回説明した機能だけではない。当然、課題ごとに要する平均的な時間も記録されている。課題ごとの総時間の平均時間だけでなく、今回詳細に分析を試みた課題理解時間、解答時間、見直し時間それぞれの平均も求めることはすでに行っているが、いましばらくのデータ収集が必要だと考えて今回の議論には含んでいない。当然、同じ課題を繰り返して解答すれば、総時間は、課題ごとのある一定の時間まで限りなく提言することは予想できるし、「e-Learningによる社会福祉の基礎学力の向上」（2011）でも明らかにした。この現象は、課題理解時間、解答時間、見直し時間においても同様であると考えているし、決して少ないデータではない今回のデータでも類推することができる。

その他に、解答をした日時やその解答に対する添削終了日時、さらには添削を確認した日時まで確認することができる。この開発の原動力になった一つのは、何時までに添削をすれば最も効率的になるかを調べることもあった。

解答に対する添削の速さが、課題の理解や検討に大きな影響を与えるのではと考えたところにもあった。学ぶ者の姿勢が学習にとって非常に重要であることは理解できるので、今後この視点に対しても分析を加えたいと思っている。今回この分析をしなかったのは、生徒と添削者の信頼関係構築と添削者の時間的な余裕の問題が障害となったからである。紙ベースで添削していた従来型の課題では、早くても一週間程度の時間を要しているようであるが、デジタル化した Scritivo の添削は、リアルタイムの反応ができる可能性を秘めている。最良は家庭教師的な添削が最も効果があると思われて、塾の宣伝文句に家庭教師的な指導をうたっているところが多いところから分かる。しかし、教育の効率を考えたときには余り良くないので、学校教育においては当然受け入れられるものではない上に、一人の教師が一人の生徒に付きっきりで指導することが本当の教育かと問われれば、疑問を挟む人も多はずである。さらに、働き方改革にも逆行するような気もする。

Scritivo では、生徒がこのプログラムを開けば、添削した課題が一覧として自動的に提示されるので添削されていないと勘違いすることはない。ただ、現段階では学校で備えているタブレットを必要な時に自由に使えるようになっているものの、それほど利用されていないようにもうかがえるので、生徒から見て興味の薄いものになっていると考えられる。この問題を解決した後に、添削をするのにどの程度の時間の余裕があるのか、添削結果をどのように利用するのがより有効なのかをまとめたものを発表する。

日本語特有の教育でもある漢字教育において、教えることが必要なのかと考える。課題を出して、調べながらやれば指導がなくても可能であると考えられる。調べながら解答するよりも、知識として覚えているものとして書ければ短時間で書けるはずであるので、時間の管理だけ十分にすれば可能であると考えられる。この問題は英単語の学習にも利用できる。暗記を促す勉強が重要なのかどうかは分からないが、教師の目が直接的に関与しなくても、一人で学習できればこれほど学校として効率の良いものはない。

最期に、日本の学校は、能力のある学生を集めて教育したい傾向がある。ただ、人口減少の時代にあって、一定の定員を満たそうとすればするほど、人口が多い時代よりも能力差があることを認めて生徒を入学させなければならない。個人に合った教育とか、ひとり一人に適した教育とかよく言われるが、今の日本の教育でこんなことが可能なのかと頭を抱えざるを得ない。一斉授業をしている限り、教える方はどこかに焦点を当てながらの教育になっている。ひとり一人に合った教育をするには、個人個人の課題をどのように添削し、指導するかにかかってくると言い切ることができる。また、国際教育を体験させようとするほど、海外での教育をする時間が増す。この時間ロスを補うためにも ICT を活用した教育方法の活用も必要不可欠である。これに対する小さな見通しを付けることが、このプロジェクトの目的である。

6. 謝辞

この研究は、2016-7年度の愛知淑徳大学の研究助成金を利用してシステムを完成し活用したもので、愛知淑徳大学の学長はじめ研究助成委員会の皆様にも感謝の意を述べるとともに、このシステムの開発に協力してくださった方々とシステムのモニタリングと実験に参加してくれた生徒・学生に心より感謝したい。

参考文献

- 新井紀子：「ロボットは東大に入れるか改訂版」新曜社、2018
- 新井紀子：「AI vs 教科書を読めない子どもたち」東洋経済新報社、2018
- 石黒浩：「枠を壊して自分を生きる」三笠書店、2017
- 石黒浩：「アンドロイドは人間になれるか」文芸春秋、2015
- 伊藤春樹、佐々木政人、瀧誠、西和久：「解答やレポート作成時の時間分析の研究」平成 29 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会資料集、pp.18-21,2017
- 伊藤春樹、岩山絵理、吉田敬：「タブレット PC のリハビリテーションへの応用」愛知淑徳大学福祉貢献学部紀要 第六号、pp.51-62, 2016
- 伊藤春樹、佐々木政人、瀧誠、磯川舞子、岩山絵理：「タブレット PC を用いた新しい e-Learning」平成 26 年度教育改革 ICT 戦略大会資料、pp.2568-259、2014
- 伊藤春樹、神波幸子、磯川舞子：「e-Learning による社会福祉の基礎学力の向上」平成 23 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会予稿集、pp.18-19, 2011
- 伊藤春樹、神波幸子、磯川舞子：「社会福祉の知識習得の学習プロセスの検討」平成 22 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会予稿集、pp.20-21, 2010