

大学院生プロジェクト型研究・研究成果報告書

研究代表者：池田 和正（教育評価設計コース）

■ 研究題目
高校教員におけるシステム思考に関する予備的考察 —課題研究への指導経験を中心に—
■ 研究代表者・分担者 氏名
池田 和正（教育評価設計コース）（代表者） 高 毓超（教育情報アセスメントコース）
■ 研究成果概要（目的、実施内容、結果、今後の課題など）
【目的】 近年、PISA に代表されるキー・コンピテンシーのように知識だけでなく、汎用性の高い学習技能が注目されている。PISA の分析報告書では、形成的アセスメントと呼ばれる枠組みが有効であるとした(OECD,2005)。形成的アセスメントとは、学習活動について学習者とその仲間、教員によるアセスメントとフィードバックの視点からアプローチし、共有化を図ることで学習活動のゴールに向かうものである（例えば、Black & Wiliam,2009）。 形成的アセスメントは学習のための手段であり、形成的アセスメントそのものは最終的な目的ではない。そのため、何のために形成的アセスメントに取り組むのかという目的が重要になる。形成的アセスメントの先行研究例の一つである英国の教授学習プロジェクト (TLRP) では、テストスコアの向上が目的に含まれる。そのためブラックら(2009)が形成的アセスメントの目的として主張している「学習の自律性」は、テストスコアの向上が目的である以上、結果的に自律的ではないとの指摘がある(Crick, 2014)。このことは、形成的アセスメントの目的とは何かという課題を提起した。 さて、システム思考はセンゲが主張した枠組みであり、経営学や教育学を始めとした学問領域に大きな影響を与えている。具体的にシステム思考にとは何かを考えてみる。情報システム用語辞典(2010)によると、「時系列グラフ」「因果ループ図」「システム原型」などのツールを用いて、個々の出来事の時間的な繰り返しから起こるパターンを見出し、そのパターンを生み出す因果関係をフィードバックループの形に記述することを通して、システムの構造を把握、理解するとしている。さらに人々の心に潜む「メンタルモデル」を認識させ、必要に応じてこれを作り替えようとするとしている。特に、システム思考を問題解決として利用する場合、フィードバックループで表現された因果関係の

中で、効果的な作用点（＝レバレッジポイント）を探し出し、具体的な解決策を見出し、ていくとしている。

システム思考と学習を扱った先行研究として、クリック(2014)による研究がある。クリックによるとシステム思考を採用した理由として、「複雑で不確実な現実の問題に対処するために使用する」としている。これらのことから、システム思考はアセスメントとフィードバックによって、その状況を把握し、持続可能な方向へと改善点を見出していく。そのため、アセスメントとフィードバックを繋げてシステムを構築するプロセスが重要であると捉えた。

本研究では、汎用性の高い学習技能と関係が深いとされているシステム思考に注目し、教育に関するシステム思考の文献調査、質問紙調査及び聴取調査を通して、システム思考へと繋がる課題研究等の指導経験に関する知見を得ることを目的とする。

【実施内容】

(1) システム思考の教育への活用に関する文献検索

1) ERIC(Education Resources Information Center)による検索

ERICにおいて、「システム思考」「教育」に関する文献検索を実施する。

※ERICとは、アメリカ教育省による教育関係論文データベースであり、教育に関する書誌事項（引用情報、抄録等）が登録されている。

2) CiNii(NII 学術情報ナビゲータ)による検索

CiNiiにおいて、「システム思考」「教育」に関する文献検索を実施する。

※CiNiiとは国立情報学研究所(NII)によるデータベースであり、論文、図書・雑誌や博士論文などの学術情報が掲載されている。

(2) 教職課程の学生を対象としたシステム思考の認識に関する実態調査

システム思考に関する認識状況を把握するため、教職課程の学生を対象とした質問紙調査を実施した。対象者と実施日は次のとおりである。

1) 対象者：教職課程学生 106名

2) 実施日：2020年8月9日、10日

なお、質問項目については、池田・渡辺(2020)に用いた項目にさらにシステム思考に関する内容を加えたものとシステム思考を支えるリフレクションに関する内容について問うことにした。次に各項目の具体的な内容を示す。

質問1 次の教育学に関連する用語について、聞いたことがあるものをすべて選んでください。

1. アクティブ・ラーニング	10. 形成的評価
2. サービス・ラーニング	11. 形成的アセスメント
3. エンゲージド・ラーニング	12. 観点別評価

4. PISA	13. 21世紀スキル
5. PIAAC	14. 自己調整学習
6. TALIS	15. 項目反応理論 (IRT)
7. リフレクション	16. カリキュラム・マネジメント
8. 正統的周辺参加	17. システム思考
9. キー・コンピテンシー	18. SDG'S

質問2 次の教育学に関連する用語について、説明できるものをすべて選んでください。

なお、質問2の選択肢は質問1と同一とした。

質問3 「リフレクション」から想起する内容があれば、お書き下さい。

(3) 課題研究担当教員への聴取調査に関する項目の検討について

ブラックとウィリアム(2009)によると、形成的アセスメントの側面として図1を提唱している。学習者の今後の学習の行き先を決めるクライテリア、学習者の現状を把握するためのアセスメント、そして学習者の行き先と現状とのギャップを埋めるための手立てとしてのフィードバックについて、教師、学習者の仲間、学習者の3つの立場から見た図になっている。

	学習者はどこへ行くのか	学習者は今どこにいるのか	どのようにそこに向かうのか
教師	1. 成功のための学習の意図とクライテリアを明確にした共有	2. 学習者の理解の証拠を引き出す効果的な教室での議論やその他の学習課題の工夫	3. 学習者を前進させるフィードバックの提供
学習者の仲間	成功のための学習意欲とクライテリアの理解と共有	4. 学習者相互の教育的なリソースとしての活性化	
学習者	成功のための学習の意図とクライテリアの理解	5. 学習者を自己の学習の所有者としての活性化	

図1. 形成的アセスメントの側面(Black & Wiliam,2009)

さらに、教師から見た形成的アセスメントの側面について、ペダー(2007)による教師の職能発達の視座で分析した。ペダーによると、英国の教授学習プロジェクト(TLRP)を実践した1212名を対象とした価値観と実践に関する分析を報告した。ペダーは基本的な教師の職能発達の4つの因子として、「探究」「社会資本の構築」「クリティカルで即応的

な学習」「学習の価値」を見出した(表1)。

表1. 教師の職能発達因子 (Pedder,2007)

探究	さまざまな証拠源を使用し、応答する。同僚との共同研究と評価を行う
社会資本の構築	互いの学習、働き、サポート、話し合い
クリティカルで即応的な学習	省察、自己評価、実験、フィードバックへの反応
学習の価値	自分自身と生徒の学習を重視する

ペダーの教師の職能発達に関わる因子である「探究」「社会資本の構築」「クリティカルで即応的な学習」「学習の価値」を満たす生徒の学習活動を教育課程上に設定することが教師の職能発達にとって重要になる。本研究では、ペダーの教師の職能発達の4因子を満たす生徒の学習活動として、いわゆる探究活動に注目した。探究活動は、学習指導要領では「総合的な学習の時間」「総合的な探究の時間」「課題研究」「理数探究基礎」「理数探究」などの科目名で扱われており、探究活動は教科横断的な学習活動を通して、汎用的の高い学習技能の習得へと繋がるとされている。これらのことより、教員の探究活動への取組状況、換言すれば教員の具体的な教育研究の経験について、形成的アセスメントの側面で再分析を行うことでシステム思考に至る過程に迫る手がかりを得ることが可能であると考えた。

【結果】

(1) 国外におけるシステム思考の教育への活用について

既に欧米において、システム思考は様々な分野の学習に取り入れられている。先行研究として、化学、生物、地理、地球科学、環境などの多様な分野で扱われている。

ERICによる検索結果では、2020年以降に登録された「system thinking」「Education」を含む論文は46件あり、過去5年間では193件に渡っている。一例として化学教育では、アメリカ化学会の化学教育部門が発行している“Journal of Chemical Education”において、2019年に「Can Chemistry Be a Central Science without Systems Thinking?(システム思考なしで化学は科学の中心となりえるだろうか)」と題する論文を掲載している(Mahaffy, et al., 2019)。Mahaffyらによると、持続可能な化学を含むシステム思考を通して、化学を学ぶ学生が詳細で細分化された学際的な内容から離れられるとした。さらに、化学と地球や社会システムとの間にある分けることのできない関係をより広く全体的に見ることが可能にするためのアプローチとして、システム思考は有望であると主張している。このことは、システム思考が既存の教科教育にとって不可欠な部分になりつつあることを示唆する。

(2) 国内におけるシステム思考の教育への活用について

国内に目を転じてみると、CiNiiにおいてタイトルに「システム思考」及び「教育」が含まれる論文を検索した結果、31件該当した(2021年1月31日現在)。先行研究は国外と同様に多様であり、地理、化学、生物、環境、情報などの幅広く扱われている。本研究では、課題研究に関連深い分野として、理科に注目した。例えば、化学教育では、アメリカ化学会の動向を踏まえて、喜多(2020)、郡司(2020)の報告がある。特に喜多によると、国連が進めているSDG'Sの目標の関わりやSTEM教育との関わりを踏まえ、化学の内容と社会を常に結び付けるために、学習内容だけでなく、他教科、生物や地学、経済や政治も含め、教科を超え、関係性を分析する方法として、システム思考の導入を図るべきとし、さらに学習指導要領における理数探究のテーマや課題設定において重要であると主張している。

また、生物教育では、山本(2019)によると、システム思考、推論能力には計画的かつ長期的での育成を考慮していく必要があるため、学習指導要領による小・中・高の系統的な学習内容の配列を参考にすることが適しているとし、学習指導要領改訂を貴重な機会と捉え、システム思考を基底とした推論の導入を図る必要があると主張している。これらの論考は、理科教育においてシステム思考を取り入れることの必要性とその取り入れ方を検討し、実践していく契機を迎えていることを示す。

(3) 教職課程学生のシステム思考の認識状況について

1) 質問紙調査から窺える教職課程学生のシステム思考に関する理解状況

今後の学校現場においてシステム思考を背景にした教育実践の導入を進めるためには、教職課程学生のシステム思考についての実態把握が重要である。学生の実態を手がかりにして、さらなる理解を進めていく方策を検討し、具体的な方策を実践することで、システム思考をより浸透させるために求められよう。

そこで、教職課程学生106名を対象にシステム思考に関する内容を含む質問紙調査を実施した。表2の各項目について、それぞれ「聞いたことがある」「説明できる」の有無を尋ねた。結果については図2に示す。

「システム思考」については、「聞いたことがある」30名(28.3%)、「説明できる」5名(4.7%)の回答であった。さらに、システム思考の根底にある「リフレクション」については、「聞いたことがある」43名(40.6%)、「説明できる」15名(14.1%)となり、いずれもシステム思考を普及・推進させていくために充分とは言えない結果であり、改善方法の検討が必要になるよう。

しかし、「アクティブ・ラーニング」「PISA」「キー・コンピテンシー」「観点別評価」「カリキュラム・マネジメント」については、「聞いたことがある」が軒並み70%以上の結果を示した。これらのことから、学習指導要領で扱う内容などについては強い関心

を示しており聞いたことがあるとしているが、具体的な説明できるまでの理解は進んでいないことが窺えよう。

表2 質問項目

No	内容
1	アクティブ・ラーニング
2	サービス・ラーニング
3	エンゲージド・ラーニング
4	PISA
5	PIAAC
6	TALIS
7	リフレクション
8	正統的周辺参加
9	キー・コンピテンシー
10	形成的評価
11	形成的アセスメント
12	観点別評価
13	21世紀型スキル
14	自己調整学習
15	項目反応理論IRT
16	カリキュラム・マネジメント
17	システム思考
18	SDG'S

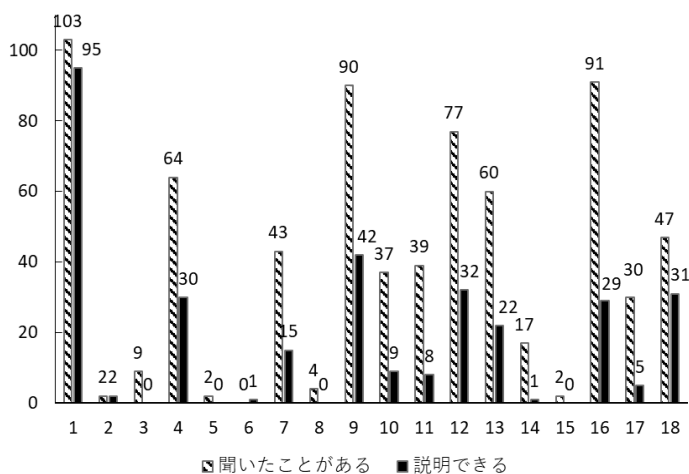


図2 教職課程学生のシステム思考等に関する把握状況

2) 自由記述欄から窺える教職課程学生のリフレクションに関する理解状況

次にシステム思考の基盤となるリフレクションに関する理解状況を把握するために、リフレクションから想起される内容に関する自由記述が66名から得られた。そこで、テキストマイニングを行い、共起ネットワークを作成して、教職課程学生における特徴を分析した。結果、4つのカテゴリに別けられ、最初は「反省」「思う」「生かす」「反応」という自己の内面に関する内容であった。次に「客観」「反射」「見る」という外部から窺う側面であった。次に「学習」「授業」「行う」「内容」「考える」「リフレクションシート」という授業関連の側面であった。最後に「振り返る」「自分」「評価」という評価の側面であった。教職課程学生においては、リフレクションの基準に言及するような内容は見当たらず、特に授業及び評価についての内容が多く見受けられた。

これらのことは、主に学校に関連する状況において、リフレクションという呼ばれる行為に取り組んでいることを示しており、学校以外の実生活とリフレクションがかけ離れた実態になっていることが窺えよう。

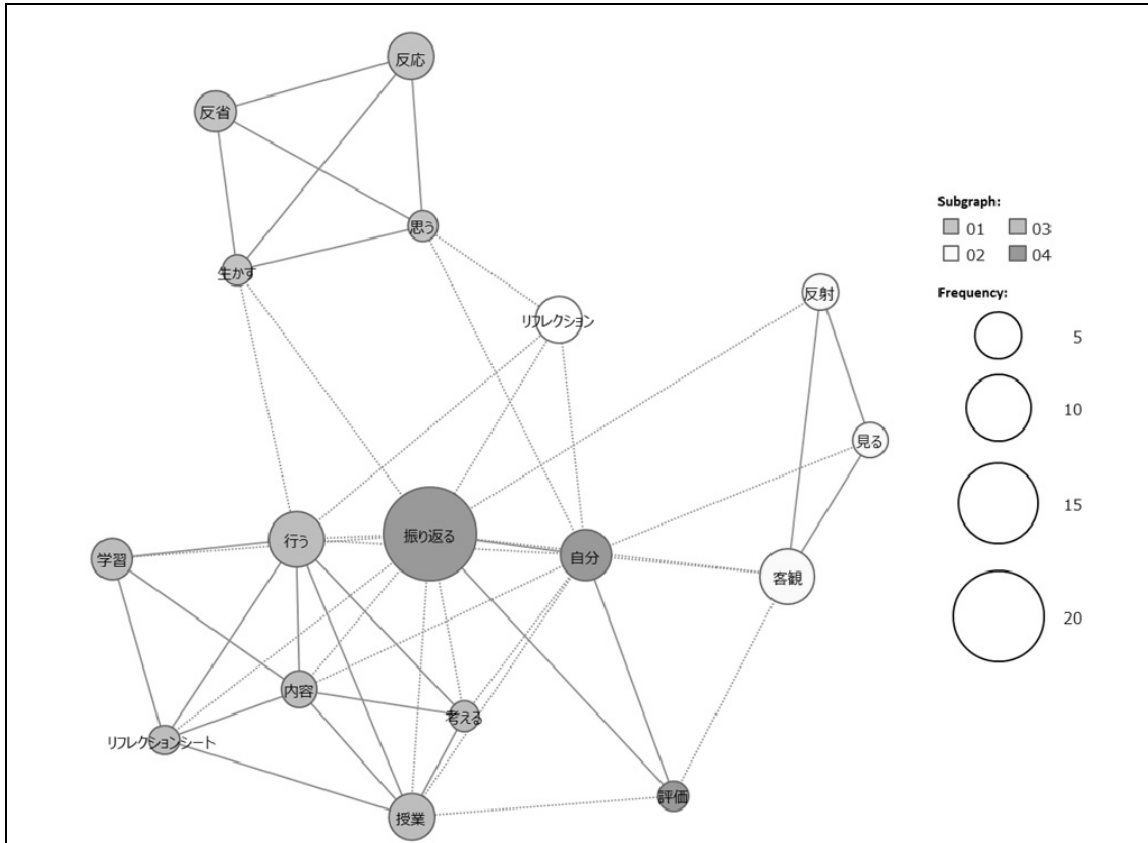


図2 リフレクションに関する共起ネットワーク

(4) 課題研究担当教員への聴取調査に関する項目の検討

本節では、教員の職能発達において、様々な勤務経験を経ることでシステム思考へと近づいていくと捉えた。そこで、教員がシステム思考に至る過程を考えた場合、次の点を明らかにすることが重要になる。

- 1) どのようにしてシステム全体の枠組みを見出したのか。
- 2) どのような視点で個々の事象の関連を行っているのか。
- 3) どれくらいの広さまでアセスメントを行っているのか。
- 4) どれくらい深くアセスメントを行っているのか。
- 5) どのような基準を下にリフレクションを行っているのか。

図3 教員の勤務経験とシステム思考との関連

そこで、ペダーによる教師の職能発達の4因子(表1)より、「探究」「社会資本の構築」「クリティカルで即応的な学習」「学習の価値」を満たす生徒の学習活動の実践が鍵となる。本研究では、「探究」「社会資本の構築」「クリティカルで即応的な学習」「学習の価値」を満たす生徒の学習活動として、教員による様々な教育研究の経験に注目した。そこで、半構造化面接を通して、形成的アセスメントとシステム思考との関連付けを明ら

かにするための質問項目について、先行研究（池田,2013；清水・池田,2015，池田,2021）を踏まえ検討を行うことにした。

表 1. 教師の職能発達の因子 (Pedder,2007)(再掲)

探究	さまざまな証拠源を使用し、応答する。同僚との共同研究と評価を行う
社会資本の構築	互いの学習、働き、サポート、話し合い
クリティカルで即応的な学習	省察、自己評価、実験、フィードバックへの反応
学習の価値	自分自身と生徒の学習を重視する

表 1 より、「クリティカルで即応的な学習」は、学習者のセルフ・アセスメント、学習者の仲間とのピア・アセスメントによって得られたフィードバックについての省察であり、教員の職能発達において重要な箇所だと捉えた。この部分は、図 3 の「3) どれくらいの広さまでアセスメントを行っているのか」、「4) どれくらい深くアセスメントを行っているのか」、「5) どのような基準を下にリフレクションを行っているのか」に関わってくる。

次に図 4 に示す具体的な勤務経験における聴取調査を通して、「1) どのようにしてシステム全体の枠組みを見出したのか」、「2) どのような視点で個々の事象の関連を行っているのか」への手がかりを見出す可能性があるだろう。

質問 1 各種の実践研究、調査研究、事例研究などで生徒や地域、社会の実態を様々な方法で把握して、課題や問題の解決に取り組んだ経験がありますか。(池田,2013)

(※ 個人のみならず教科・分掌等のグループでの取り組みも含みます。)

質問 2 各科目での探究活動や課題研究、総合的な学習の時間での実践経験について、お聞きします。ただし、特別支援教育（特殊教育）以外の実践経験となります。

「生徒や地域、社会の実態を様々な方法で把握して、課題や問題を解決する単元を創り上げた経験がありますか。」(教科・分掌等のグループ又は個人での経験)(池田,2013)

※ 創り上げた単元の例「地域おこしの提案」など

質問 3 授業の指導方法に最も大きな影響を受けた研修経験はありますか。(清水・池田,2015)

(※ この研修経験としては、校内・校外で組織的に行われた研修だけでなく、個人で取り組んだ実践研究、調査研究、事例研究も含みます。)

質問 4 授業実践を元にした教育研究に取り組んだ際、生徒の実態、授業での指導方法、教材について、視野が大きく広がったきっかけ・経験がありますか。(池田,2021)

質問 5 授業実践を元にした教育研究に取り組んだ際、生徒の実態、授業での指導方法、教材について、これまでより深く考えるようになったきっかけ・経験がありますか。(池田,2021)

図 4 形成的アセスメントとシステム思考とを結ぶ勤務経験に関する質問項目

【今後の課題】

教職課程学生への質問紙調査より、システム思考を支えるアセスメント、フィードバック、リフレクションなどについての理解が進んでいない一端が垣間見えた。教職課程コアカリキュラムとの関係もあり、これらの内容を教職課程科目に取り入れる時間を確保することが難しい状況であるが、10年後、20年後の将来を考えたとき、システム思考に関する内容を徐々に取り入れていく必要があるだろう。また、課題研究担当教員への聴取調査は、現在進めており本研究の視点での分析を行う予定である。

【謝辞】

本年度は新型コロナウイルス対応等で大変お忙しい中、質問紙調査の実施につきましては、宮城教育大学教育学部渡辺尚准教授にご協力を頂き、厚く感謝致します。

【参考・引用文献】

Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the Theory of Formative Assessment.

Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21(1), 5-31.

Crick, R.D. (2014). Learning to learn: A complex systems perspective' in Learning to Learn: International Perspectives from Theory and Practice, 66-86.

郡司賀透(2020).日本型 STEM 教育におけるシステム思考の展望,日本科学教育学会年会論文集 44(0), 229-230

池田和正(2013).高校教員の「職能発達」と勤務経験に関する研究,東北大学大学院教育学研究科修士論文,未公刊

池田和正・渡辺尚(2020). 小学校教員のキー・コンピテンシー関連用語の認知度と理解度に関する予備調査について, 日本科学教育学会年会論文集 44(0), 543-546

池田和正(2021). 組織的な研究経験と教師のライフコースの「転機」との関係ー視野が大きく広がった経験とより深く考える経験に注目してー, 東北教育学会研究紀要(24), 印刷中

喜多雅一(2020). システム思考 systems thinking を取り入れた化学教育の取り組みの動向調査,日本科学教育学会研究会研究報告 34(9), 15-18

OECD(2005).Formative Assessment Improving learning in secondary classrooms.

OECD(有本昌弘(監訳)・小田勝己・小田玲子・多々納誠子(訳)形成的アセスメントと学力 人格形成のための対話的学習をめざして 明石書店 2008)

Peter G. Mahaffy, Felix M. Ho, Julie A. Haack, and Edward J. Brush. (2019). Can Chemistry Be a Central Science without Systems Thinking? , Journal of Chemical Education , 96 (12), 2679-2681

清水禎文・池田和正(2015). 高校教員の研修経験と指導方法に関する調査研究,東北大学

大学院教育学研究科教育ネットワークセンター年報 (15), 15-28

山本高広(2019).生物教育におけるシステム思考を基底とした推論の導入と指導, 日本科学教育学会年会論文集 43(0), 471-474