

研究論文 システム思考コンピテンシーをどのようにして強化するのか？ —日本の気候変動教育における学習手法「ミステリー」の可能性—

高橋 敬子*・ホフマン トーマス**
立教大学ESD研究所*・カールスルーエ教員養成校地理学部**

Can Systems Thinking Competency Be Improved? -Potential of "Mystery" Learning Method for Climate Change Education in Japan-

Keiko TAKAHASHI* and Thomas HOFFMANN**
Education for Sustainable Development Research Center, Rikkyo University*
Geography Department, Teacher Training Center Karlsruhe, Germany**
(受理日2019年9月17日)

To cope with seemingly unstructured complex problems such as climate change, which do not have a single solution, it is necessary to nurture "sustainable citizens" with eight sustainable key competencies, as outlined in a UNESCO report (UNESCO 2017). To nurture such competencies, climate change education focusing on capacity building plays an important role.

This paper focuses on the idea of utilizing the "Mystery" learning method (Leat 2001) to improve 'systems thinking competency' in the field of climate change education. To meet this objective, we first develop and implement a Climate Change Education (CCE) capacity building program suitable for specific Japanese climate change situations. Secondly, we assess the change in each participant's systems thinking competency. Finally, we analyze the participants' results and evaluate the effectiveness of the program.

As a result, we observed improvement in the participants understanding of the relationship among elements that cause climate change, and the complexity and interdependence of climate-related systems. Based on these results, it is suggested that a CCE program using 'Mystery' is effective for improving the systems thinking competency of individuals.

Key words: systems thinking competency, learning method, mystery, climate change education, capacity building

I はじめに

我々の住む世界は、水不足、生物多様性の喪失、貧困、土壌汚染、海洋汚染、都市化、気候変動等の世界規模の様々な課題によって深刻な影響を受けている。また人間活動に伴う地球環境の悪化もますます深刻になり、我々の生命活動自体が危機に瀕していると言われている（環境省 2017⁽¹⁾）。これらの地球規模の問題は、それぞれが相互に依存しているため、個別に扱うことはできない。また、その中でも特に気候変動は「やっかいな問題」として扱われており、1) 明確に定義することが難しい、2) 多くの相互依存性があり、複数の要因がある場合もある、3) この問題に対応するための試みは、予期せぬ結果を招くこともある、4) 安定していない、5) 通常明確な解決策がない、6) 社会的に複雑である、7) いずれの

組織の責任においても都合よく落ち着いていられる問題ではない、8) 行動の変化を含む、9) いくつかの問題は慢性的な政策の失敗によって特徴づけられる（Australian Public Service Commission 2007）という性質を持っている。このような問題に対処するために、我々は自分たちの住む複雑な世界を理解した上で協力し、話し合い、肯定的な変化のために行動することのできる「持続可能な市民（Wals 2015⁽²⁾；Wals and Lenglet 2016）」になることが求められており、約20年間にわたる激しい議論を経て、「持続可能な市民」に必要な持続可能性の鍵となる8つのコンピテンシー（UNESCO 2017）が示された。

本稿では、UNESCO(2017)が提示した8つのコンピテンシーのうちの一つである「システム思考コンピテンシー」の開発に重点を置いた教育プログラムを実施し、

その教育効果を検証する。

日本の教育分野において、システム思考⁽³⁾ (Meadows 2008) を応用した実践例は、経済学 (内藤 2007)、情報教育 (山田 2009、更科 2014)、工学教育 (粉川ら 2004、長谷川ら 2013)、技術科教育 (西本ら 2013、内田ら 2014a、2014b、2016、浅山 2017)、実務家教員養成 (前田 2012)、地理教育 (長谷川 2018、泉 2018、2019、金田 2018、河合 2018、今野 2018、中村 2018、田中 2018、山本・田中 2017、吉田・山本 2018) で見られる。これらの中で、環境や持続可能性の問題をテーマとした実践は、技術科教育 (西本ら 2013、浅山 2017) と地理教育 (山本・田中 2017、泉 2018、2019、河合 2018、今野 2018、中村 2018、田中 2018、吉田・山本 2018) の事例があるが、システム思考をESDの視点から捉えた実践は地理教育のみであった。この背景として、2007年に国際地理学連合地理教育委員会が示した持続可能な開発のための地理教育に関するルツェルン宣言⁽⁴⁾ において、システム思考が重要な学際的能力として挙げられていることが要因と考えられる。

上述したように、地理教育の実践事例において、持続可能性の問題や環境問題をテーマとして扱ったものはあるが、気候変動を扱った事例は見られないことから、本テーマを扱ったシステム思考コンピテンシーの開発研究は、日本における今後の実践の先駆けとなり、非常に意義深いと言える。

本研究では、システム思考の開発を意図した学習手法「ミステリー (Leat 2001)」を用いた気候変動教育 (以下、CCE) プログラムの開発・実践を行い、その結果について報告する。

II 持続可能性の鍵となる8つのコンピテンシーとは

SDGsのための教育-学びの目的 - (UNESCO 2017) は、持続可能な開発のためのゴール (SDGs) の達成に向けたESDの活用方法をまとめた一般向けのガイドブックであり、持続可能性の鍵となるコンピテンシーの他に、各SDGに関連したトピックや学習目標、学習手法やアプローチがまとめられている。同書で発表されたコンピテンシーは、Wiek et al. (2011) によって提唱された持続可能性におけるキー・コンピテンシー⁽⁵⁾ の他に、Rieckmann (2012) によるキー・コンピテンシーが付け加えられ、以下の8つのコンピテンシーとなった。

1) システム思考コンピテンシー

関係性に気づき、理解するための能力、複雑なシステムを分析する能力、どのようにしてシステムが異なる領域やスケールに組み込まれるのかを考える能力、不確実性に対処する能力

2) 予測コンピテンシー

多様な未来を理解し、評価するための能力-起こりうる、確からしい、望まれる未来; 未来の自分自身のビジョ

ンを創造する能力、予防原則を適用する能力、複数の行動の因果関係を評価する能力、リスクや変化に対応する能力

3) 規範的コンピテンシー

自分自身の行動に潜む規範や価値を理解し、振り返る能力、持続可能性の価値、原則、ゴールそしてターゲットに折り合いをつける能力、興味やトレードオフ、不確実な知識や矛盾との不一致の文脈に折り合いをつける能力

4) 戦略的コンピテンシー

地方や遠隔地において持続可能性を促進する革新的な行動を共同で開発し、実施するための能力

5) 協働的コンピテンシー

他者から学ぶための能力、他者のニーズ、視点や行動を理解し尊重する (共感) 能力、他者を理解し、関わり、敏感になる (共感的リーダーシップ) 能力、グループ内での対立に対処する能力、協働で参加型の問題解決を促進する能力

6) 批判的思考コンピテンシー

規範、慣習、意見に対して疑問を抱く能力、自らの価値観、認識、行動と向き合う能力、持続可能性についての意見を述べるができる能力

7) 自己認識コンピテンシー

地域コミュニティと (グローバルな) 社会において、自分自身の役割を振り返る能力、自身の行動を継続的に評価し、さらに動機づける能力、自己の感情と欲求に対処する能力

8) 統合的問題解決コンピテンシー

上述したコンピテンシーを統合しながら、複雑な持続可能性の問題や、持続可能な開発を促進する、実行可能で包括的かつ公平な解決策の選択肢を開発するために、異なる問題解決の枠組みを適用する全般的な能力

III ESDの文脈において個々のコンピテンシーをどのようにして開発するか

UNESCO(2017)で提示されたコンピテンシーは、世界のあらゆる年齢の学習者にとって必要な力であり、一つのトピックには特化していない。また、横断的で多機能、特定の文脈には依存せず、広範な問題に焦点を置いている。そのため、学習目標・手法、アプローチ等の提案はなされているが、具体的な内容は紹介されていない。

本研究では、気候変動の問題に焦点を当てるため、これらのコンピテンシーについて、より詳細な内容を設定する必要があった。そこで、筆者らは、これらのコンピテンシーを気候変動の問題の特徴と対応させて、より具体的な内容を設定した (表1)。また、ESDの学習過程において、気候変動のようなトピックを学習者が学んだ際に、どのように各コンピテンシーが身につけられ、統合的問題解決コンピテンシー (地域での活動) の開発に至るのかを図式化した (図1)。

表1 気候変動に関する持続可能性の鍵となる8つのコンピテンシー

コンピテンシー名	内容
1) システム思考	a) 気候変動の原因となる要因間の関係を認識できている b) 気候変動の原因となる要因間の関係を理解できている c) 気候に関連するシステムが不確実性を持っていることを理解している d) 気候に関連するシステムが様々な分野にどのように組み込まれているか理解している e) 気候に関連するシステムが様々な規模（地域から地球規模まで）にどのように組み込まれているか理解している
2) 予測	a) 未来に対する自分自身の望ましいビジョンを描くことができる b) 多様な未来を評価することができる
3) 規範的	a) 個人や集団全体のエネルギー利用（特に輸送、モビリティ、暖房、栄養等）に関する様々な分野の低炭素な生活様式に関して、自分の行動に潜む規範や価値を振り返る b) 低炭素な生活様式を目指すための自分自身や集団のゴールやターゲットについて考える c) 低炭素な生活様式を目指すためには、トレードオフの問題が生じることもあることを理解する d) 低炭素な生活様式を目指すためには、理想と現実との不一致があることを理解し、折り合いをつける
4) 戦略的	a) 地域レベルにおいて持続可能性を促進する革新的な行動を協力して発展させる（開発する）ことができる
5) 協働的	a) 他者の視点から学ぶことができる b) 他者の視点を理解することができる c) 他者のニーズを理解することができる d) 他者のニーズを尊重することができる e) 他者に対して配慮することができる f) グループ内での意見の不一致や論争等に対処することができる g) 参加型の方法で協力して問題解決に貢献できる h) 他者と一緒に共通のもの（作品・成果）を作ることができる
6) 批判的思考	a) 気候変動の問題の規範（道徳や倫理等）に疑問を示すことができる b) 気候変動の問題を解決するための実践に疑問を示すことができる c) 気候変動の問題解決のための方法について疑問を示すことができる d) 持続可能性について意見を述べるすることができる
7) 自己認識	a) 地域のコミュニティにおいて自分の役割を考えることができる b) 地球規模の社会において自分の役割を考えることができる c) 気候変動に対する自分自身の行動を絶えず評価することができる d) 気候変動に対する自分自身の行動にやる気を起こすことができる
8) 統合的問題解決	a) 地域レベルにおいて、持続可能性の観点を取り入れた実行可能かつ公平な気候変動問題に関する解決策を提示・実践することができる

上述した、6) 批判的思考コンピテンシーは、気候変動等を含めた持続可能性に関する問題を考える際には必須であるため、他のコンピテンシーのように個別の要素としては記載せず、全体的に必要なコンピテンシーとして図式化した。また、他のコンピテンシー（1）、2）、3）、4）、5）、7)) は、教育プログラムの設計の際に、複数の要素を一度に組み込むことが可能であり、また各要素は相互に関連しているため、身につける順序は図式化していない（図1）。

筆者らは、気候変動の問題を正しく理解し、地方自治体の環境政策等の検討の場に参加して持続可能性の観点からの確かな提言をする力や、地域で地球温暖化防止や気候変動への適応に向けた活動を企画・実施できる力（高橋ら 2016）を持ち、低炭素なまちづくりやエネルギー自給、気候変動への適応等の問題に対応する活動を、地域で主体的に企画・実施していける人を、「気候変動における統合的問題解決コンピテンシー」を持つ人（地域レベルでの行動）と設定し、上述した1）、2）、3）、4）、5）、7）のコンピテンシーをCCEによって身につける

ことにより、8）の統合的問題解決コンピテンシーが身につけられ、地域での行動ができると考えた。

IV システム思考コンピテンシーの開発方法

1 概要

近年、さまざまな学習手法が個人のシステム思考コンピテンシー開発のために開発されている。本研究では、その中でも、システム思考の開発に有効とされる学習手法「ミステリー」を採用し、日本の気候変動の問題と対応させることにより、CCEプログラムの開発・実施を行い、その結果を報告する。

2 学習手法ミステリーの開発過程

学習手法「ミステリー」は、ニューキャッスル大学教授のDavid Leat氏とその同僚が実施した「地理学による思考（Leat 2001）」プロジェクトにおいて開発された。ミステリーの学習手法の基盤となったのは、穏健な構成主義⁽⁶⁾における幅広い議論と、問題解決型教授法のガイドライン⁽⁷⁾である。これらは、Reinmann and

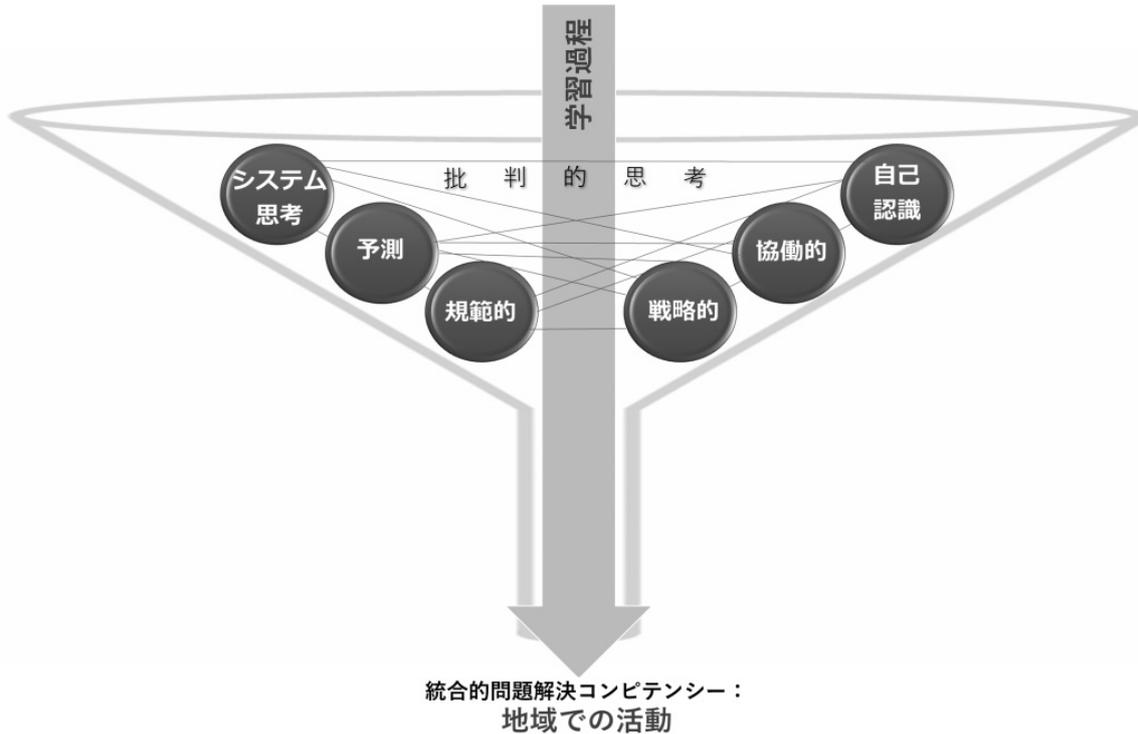


図1 ESDの文脈における統合的問題解決コンピテンシー開発への学習過程

Mandl (2006)、Reinfried(2006)によってその詳細がまとめられている。本手法は、穏健な構成主義に基づく学習環境を整えるために、「学習者が能動的に議論し、発表する状況に持っていく」という特徴を持つ。ミステリーは、学習者を動機づけ、システム思考の開発を支援することが証明されたので、ラウバウド大学元教授のLeon Vankan氏によってその手法がオランダの教員研修に利用された(Vankan and Schee 2004)。また、ドイツでも地理学教授法の教科書(Vankan 2007; Schuler 2013)や、主要な地理学教授法の雑誌である「今日の地理 (geographie heute⁽⁸⁾)」や、「地理の実践 (Praxis Geographie⁽⁹⁾)」等で基礎的トピックとして扱われることが提案された。その後、バーデンビュルク州における気候変動(Hoffmann 2014)の教材で用いられた「気候変動におけるミステリー」のアイデアを基にし、筆者らが日本のCCEプログラムに採用した。Hoffmann(2014)は、ミステリーの実施によって、気候変動に関する疑問や興味が学びの結果として現れることを意図し、体系的なCCEプログラムの導入にミステリーを使用している。筆者らも、本プログラムを現在開発中の体系的なCCE能力開発プログラムの導入単元として位置づけた。

3 ミステリーの内容

ミステリーでは、最初に、学習者は複数の話(ナレーション)を出発点として語られる。これらの話は互いに

内容がかみ合わず、学習者にとっては不思議(ミステリー)に思えるため、ミステリーと呼ばれる(Hoffman 2014)。このミステリーを解くために、配布された25枚程度の情報カード⁽¹⁰⁾を用いて、学習者同士が能動的に話し合い、扱われたトピックについて学びを深める。

情報カードは、扱うトピックの①環境・経済・社会への影響や問題自体に関する話、②追加的情報(グラフや写真、地図や統計データ)、③トピックと直接関連のない問題、の3種類で構成し、25枚程度作成する。学習者がより複雑な視点に入っていけるように、③のカードを含める。①は、事実に基づいた話を選ぶ。また、学習者が話題に入りやすくするために、家族等を題材とした話を用いること、環境を扱う際には、過去・現在・未来の視点や、地域・国・世界の視点を入れることも重要である。

4 日本の気候変動問題を取り入れたミステリーの開発

本研究では、日本の気候変動の問題をミステリーの情報カードに反映させるために、日本の気候変動による現在の影響・将来の影響予測、適応策等について文献調査を行った。その後、①気候変動の影響における緊急度・重要度・確実性の総合的評価が高い事例を選択し、②その中でも気候変動の影響が既に起こっている、もしくは起こりつつある主要7分野⁽¹¹⁾のものを幅広く取り入れた。その他、③気候変動の緩和・適応の視点、④地域レベルから世界レベルまで幅広く考えられるよう、日本の

事例と対比しやすい世界の事例も含めた。カードの記述内容は、日本の気候変動関連研究者に確認してもらい、表現の変更等を行った。また、パイロットプログラムとして、既に開発されているドイツのミステリーカード（日本語に筆者が翻訳）（Hoffmann 2014）を用いて、研究機関、大学、高等学校の授業でミステリーを実施した。気候変動に関する知識が少ない学習者を対象とする際には、ミステリーを解く時間を長め（60分程度）に設定した方が落ち着いて考えることができること、またカード間のつながりを示す矢印カードの作成も必要であることが分かり、新しいプログラムに反映させた。

5 CCEプログラム実施概要

筆者らは、2018年5月26日にミステリーを用いたプログラムを実施した。一般公募で参加を募り、30代～70代までの一般2名、大学院生1名、気候変動関連研究者4名、CCE実践者6名、環境関連編集者1名、ESD・環境教育関係者5名、教員1名の計20名が参加した。気候変動に関する学習歴（業務年数）は、1年未満：1名、1年～3年：6名、4年～9年：2名、10年～19年：2名、20年以上：5名、回答なし：4名であった。プログラムの実施概要は、表2の通りである。

プログラムのねらいは、学習者が①気候変動問題の複雑性や様々な問題が相互に関連して起こっているという特性を理解する（システム思考）ことであるが、②議論を通して批判的に事象を捉えられるようになる（批判的思考）こと、③能動的に話し合いに参加することにより、協働的コンピテンシーを強化できるようになることが、学びの結果として同時に得られると考えた。

講義の際は口の字型の机に各々が座る形にし、体験ワーク実施の際は、4名×5グループの少人数グループに分かれ、互いが意見を言いやすい形で実施した。

6 ミステリーの学び

筆者らは、日本の気候変動の内容に関連した以下の話をナレーションとして設定した。

【ナレーション1】

佐藤さん一家は愛娘の健康状態を心配している。港町として有名な北海道小樽市南部にある野原で娘が遊んでいたところ、クモに咬まれてしまった。「とてもきれいで背中に赤い線のあるクモに咬まれた」と彼女は両親に伝えた。痛みが出てきてから、両親はその見たこともないクモは、毒があるかもしれない、と心配になり娘を病院へ連れて行った。診断結果はもうすぐ明らかになるだろう。

【ナレーション2】

何かがおかしい…。鳥根県のコメ農家田中さんの田んぼでは、ここ最近、コメの品質の低下を感じるようになった。出穂後に高温の日が続いた影響で、デンプンの蓄積

が不十分なため白く濁ってみえる米粒（白未熟粒）や、胚乳部に亀裂のある米粒（胴割れ粒）が見られるようになった。このような米粒が増えると、品質低下や販売価格の低下につながる。同じような被害を受けている近隣の農家が多いことも分かり、対策について話し合いをすることになった。

【ナレーション3】

各県からの最新のデータは、気象庁に自動的に転送される。気象庁では、気象学、水文学、地震学、火山学の分野のデータを収集し、日本の一般市民に結果を提供している。本部は東京都千代田区にある。全国から集められた最新の気候データによって、過去数十年の気温の傾向が確認できる。今年も、気候データの長い歴史に新たな記録を残すかもしれない。

指導者は、各話の間に少しずつ問をおいて3つの話を語る。そして3つの話の核となる内容を結ぶ文章を続け、最後に質問をする。具体的には、以下のような文章になる。「最新の気候データは過去数十年の気候データの傾向を確認しているので、田中さん一家は彼らの先祖がやっていたような方法で米を栽培し続けるのが良いのか不安になっており、佐藤さん一家は、見たこともないクモに咬まれた娘の健康が危険にさらされているかもしれないことを恐れている。」

ここでは、ナレーションに続く最後の質問の仕方に注意する必要がある。与えられたトピックの複雑な現実を再構築するという、学習者の活動に焦点を置くのであれば、「なぜ、これらが起こっているのか？」という質問をすることで、学習者は、与えられた話（ナレーションの内容）を事実として受けとめることになる。しかし、もし与えられた複雑な事象が本当かどうかきに焦点を当てるのであれば、質問を「こんな風になるのだろうか？」にする必要がある。

学習者は、机の上に何も置かない状態で小グループに分かれてから、ナレーションの話聞く。その後、各グループはミステリーを解くために、配布された情報カードを論理的な方法で並び替える。この段階では、どのカードが複雑な現実を再構築するのに必要か選択しなければならぬ。また、トピックの論理の説明に必要な情報等、関連する追加的情報等の配置も決定しなければならない。最終的に、机上のカードを配置し直すことで、現実の複雑さを反映する必要がある。

学習者が全てのカードを線形に並べた場合、それは学習者が線形に考える思考のまま、システム的な方法で考えることに成功しなかったということである。指導者は、様々な解決策があることを知り、受け入れることが非常に重要だが、グループの結果として、ミステリーカードの配置が図2のように複雑な構造を示す必要がある。カード同士は線で結ばれ、最終的にはコンセプトマップを形成することもできるが、これは必須ではない。

課題終了後は、グループのうちの一人が結果を発表し、結論に至った理由を説明する。他のグループメンバーはその説明を聞いて質問等をしながら、改善案を提案する。

最終的に、全グループが納得したミステリーの解決策が提示される。これらの解決策をまとめる過程が、気候変動のトピックに関するさらに進んだ質問を明確にする

る足がかりとなる可能性がある。例えば、「気候変動の一般的な原因とは何か？」「気候変動によって日本では既に何が起きているのか？」「日本ではどのような対策を行っているのか？」等である。

筆者らが学習者に提示したミステリーカードの並べ方の例を図2に示す。

表2 ミステリーを用いたCCEプログラムの内容

学習内容・テーマ 所要時間	学習者の活動	開発を目指す コンピテンシー	教材	指導上の留意事項
ドイツのCCEの傾向について (40分)	講義を聞き、質問する。		ドイツのCCEの傾向について説明したパワーポイントファイル	講義内容は以下の点に留意する。 ・最新の学術的議論を含む。 ・明確に構成する。 ・見える化する。 ・オープンなリサーチクエスチョンを紹介する。
ミステリーの開発経緯について (20分)	講義を聞き、質問する。		ミステリーの開発経緯や学習手法の内容について説明したパワーポイントファイル	講義内容は以下の点に留意する。 ・コンピテンシー指向の教育アプローチ ・地理学を通じた学び イギリスの地理学教授法の本「地理学を通じた学び」のアイデアを説明し、ミステリーの学習手法を理解させる。
自身の能力の評価 (5分)	現在の自身の気候変動に関する能力を評価するため、セルフチェックシートを記入する。		セルフチェックシート	学習者には、自分自身の現状を知るために記入するものであり、評価をするためのものではないことを伝える。また、質問が出たら回答する。
日本版ミステリーの体験 (60分)	・4人×5グループに分かれる。 ・3つの異なるナレーションを注意深く聞き、その後3つのストーリーを解決するために、配られた25枚程度のカードを論理的に並び替える。	システム思考 批判的思考 協働的	・ミステリーのナレーション ・ミステリーカード ・矢印カード	・ミステリーのやり方の説明では、方法論的アプローチの面から各ステップについて説明し、ステップごとに討論できるようにする。 ・線形にカードを並べているグループがあれば、より複雑に考えるように促す。 ・活動に対する明確な指示を行う（複雑な現実をミステリーカードによって再構築すること）。 ・ヒントとして、コンセプトマップの考え方や類似している点を伝える。
日本版ミステリーの結果発表と振り返り (40分)	各グループで並び替えたミステリーカードを他のグループに見せながら、なぜこのような並び方になったのかを論理的に説明する。	システム思考 批判的思考	・並び替えたミステリーカード ・学習者に提示するミステリーの解決策案（パワーポイントで作成し、さらなる議論に使用する）	講師は、各グループの並べ方に対してのコメントを述べていく。最後にミステリーの解決策の案を提示する。 ・ミステリーの解決策は一つだけではなく、複数あることを理解させることが重要である。 ・複雑性を再構築するミステリーカードの整理は、議論や討論、納得するための場所をオープンにする。これは、主要な学習過程への架け橋となる。 ・ミステリーカードを作成する際のポイント（写真やグラフ等を多用する、様々な分野のものを入れる、気候変動の問題と関係のないものを入れる等）とその意味を説明する。
休憩 (60分)				
各々の活動分野に合ったミステリーカードづくりの説明 (5分)	ミステリーカードを作る際のポイントを理解する。			・自分の日常の仕事等で、ミステリーに適したトピックを見つけ、ミステリーカードを作成させる。 ・ミステリーのナレーションを3つか4つ作る（それらの話は関連性を持たない）ことを説明する。
一人でミステリーを考える (10分)	自身の活動分野や興味のあるテーマでミステリーカードを作るためのテーマや構想について考えをまとめる。	システム思考 批判的思考	インターネットのアクセス（可能であれば）	各々が自由に考えられるように時間のみを設定し、どこで考えるかは自由。まとめ方も自由にする。
グループでミステリーカードを作る (50分)	互いに考えたミステリーのアイデアを共有し、グループでミステリーカードを作る。ミステリーの導入部分のナレーションとその後続く質問も考える。	システム思考 批判的思考 協働的	インターネットのアクセス（可能であれば）	グループ内で、各個人が考えたアイデアやトピックの背景を紹介し、その後ミステリーの導入部分と質問を紹介させる。
各グループの発表と講師からのフィードバック (55分)	各グループは自分たちで作ったミステリーを他のグループに紹介する。	システム思考 批判的思考		講師は各グループの発表に対し、背景とトピックの詳細について質問し、建設的なアドバイスを与える。
自身の学びの状況の評価等 (15分)	セルフチェックシート、アンケート記入			

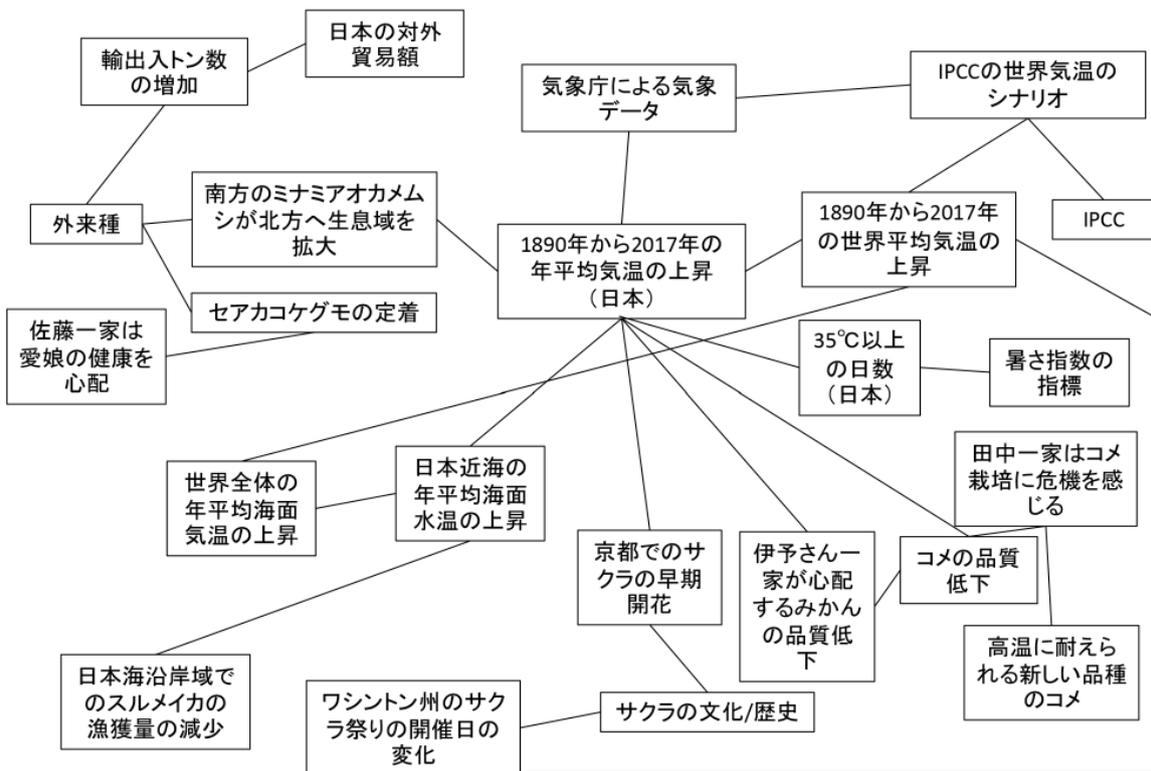


図2 問題の複雑性を示したミステリーカードの並べ方の例

V 学びの評価

1 評価方法

ミステリーが個人のシステム思考コンピテンシーの開発に有効かどうかを調べるため、筆者らはコンピテンシーを評価するセルフチェックシートを開発し、プログラム実施前後の対象者の自己評価結果を比較した。学習者自身が学びの成果を確認するという学習効果も考えてセルフチェックシートを採用している。本調査の対象者は、CCEプログラム参加者20名である。セルフチェックシートは、表1に記載したコンピテンシーの内容a)～e)を設問として記載し、「当てはまる」、「大体当てはまる」、「一部当てはまる」、「当てはまらない」の4つの選択肢から、自身の状況に該当するものを選択してもらった。その後、当てはまる：4点、大体当てはまる：3点、一部当てはまる：2点、当てはまらない：1点で得点を合計し、各項目に対して中央値の差の検定を行った。

2 結果

参加者が記載したセルフチェックシート（自己評価）において、CCEプログラム実施前と実施後のシステム思考コンピテンシーのポイントの合計の中央値とその差を表3に示した。有効回答数は16である。

CCEプログラム実施前後の中央値についてウィルコクソンの符号順位検定を行い、有意差の有無を調べた。その結果、中央値の差は $p < .01$ となり、有意であった。また、項目別に調べると、b)「気候変動の原因となる要因間の関係が理解できている」が $p < .05$ となり差は有意であった。その他、d)「気候に関連するシステムが様々な分野にどのように組み込まれているか理解している」が $p < .01$ となり、こちらも有意差が見られた。全体的にみると、本CCEプログラムがシステム思考コンピテンシーの強化につながる可能性が高いことが示された。

筆者らは、本CCEプログラムの対象者として高校生以上の一般（気候変動に関する知識をそれほど持たない人）を想定していたが、実際の参加者は気候変動分野に長年携わってきた研究者や教育者が大半であり、プログラム実施前から一定の知識を有していたため、事前・事後のコンピテンシーのポイントの増加量は当初の想定よりも低かった。しかしながら、気候変動の原因となる要因間の関係性や、気候に関連するシステムの複雑性や相互依存性の理解に関する向上、システム思考コンピテンシー全体における改善が見られた。

この結果は、ミステリーを用いた本CCEプログラムが、システム思考コンピテンシーの開発に有効であることを示唆したものであると言える。

表3 CCEプログラム実施前後におけるシステム思考コンピテンシーの変化（自己評価）

集団	調査項目	a)	b)	c)	d)	e)	合計
16名	実施前（中央値）	3.0	2.5	3.0	2.0	3.0	13.0
	実施後（中央値）	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	15.5
	差	0.0 n.s.	0.5 *	1.0 n.s.	1.0 **	0.0 n.s.	2.5 **

※実施前、実施後：設問ごとの中央値、※差：実施後の中央値-実施前の中央値

※検定結果（両側）：（有意差）** p<.01, * p<.05, n.s.（有意差なし）

Ⅵ まとめ

プログラム参加者は、導入部分の3つのストーリーの関係性が見いだせなかったため、複雑な現実を再構築する作業に対して興味を持って積極的に取り組んでいた。また、少人数で作業することによって、グループメンバー全員が課題に集中し、アイデアや意見、それぞれの仮説を活発に交換する様子が見られた。終了後のアンケートには、ミステリーを実施したいという回答が複数あり、プログラム終了後約1年が経過するが、ミステリーを実際に実施した参加者1名、ミステリーの実施を検討している参加者3名等の報告を受けており、本手法の実施が参加者に一定の評価を受けたと考えられる。

本研究により、ミステリーを用いた本CCEプログラムが、システム思考コンピテンシーの開発に有効であることが示唆されたが、サンプル数の少なさや選択バイアス（専門家の多さ）等の課題は残っている。また、本研究で用いたミステリーカードは、気候変動の影響に焦点を当てたため、その影響をより深刻化させてしまうであろう高齢化や人口減少等についての話題は含んでいない。

今後は、高校生や一般を対象とした実施事例を増やすことにより、より不偏な評価を実施すること、また本CCEプログラムが気候変動の適応についても考えるきっかけとなるよう、参加者や専門家からのフィードバックも取り入れ、カードの内容を更新していくことを考えている。

謝辞

本研究はJSPS科研費17K01064の助成を受けて実施したものです。本実践研究の場をご提供頂いた立教大学教授 阿部治氏、ミステリーカードの作成に助言を頂いた国立環境研究所 五箇公一氏、高田久美子氏、中岡慎一郎氏、福村佳美氏、元北海道農業研究センター 田中朱美氏、元全国地球温暖化防止活動推進センター岩淵裕子氏、ミステリーカードに使用する写真をご提供頂いた国立環境研究所 五箇公一氏、農業・食品産業技術総合研究機構 生駒吉識氏、本実践研究に係る準備等にご協力頂いた、元立教大学ESD研究所 戸張雅登氏、笹川貴吏子氏、楽々敏恵氏、渡邊佑美氏、加藤尚氏、本研究のデータ分析・評価に関してご指導頂いたアルマス・バイオコスモス研究所 水上聡子氏にお礼申し上げます。

注

- (1) 環境省,2017,
http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h29/pdf/1_1_01.pdf (2019年3月7日アクセス)
- (2) Wals, A.E.J., 2015, Beyond unreasonable doubt: education and learning for socio-ecological sustainability in the Anthropocene, Wageningen, Wageningen University.
<http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/365312> (2019年3月10日アクセス)
- (3) システム思考は、相互のつながり、機能、目的の3種類から成る。特に、システムの最もわかりにくい部分である機能や目的は、システムの挙動を決定する重要な要素である (Meadows 2008)。
- (4) 国際地理学連合地理教育委員会,2007,
http://www.igu-cge.org/wp-content/uploads/2018/02/declaration_Japanese.pdf (2019年8月7日アクセス)
- (5) Wiek et al.(2011)では、コンピテンス (competence) を用いているが、本稿ではUNESCO(2017)で用いられているコンピテンシー (competency) を統一して使用する。
- (6) 穏健な構成主義における学習過程の特徴として、以下の6つが挙げられている。学びは①能動的な過程である、②自発的な過程である、③構成主義的な過程である、④情動的な過程である、⑤状況的な過程である、⑥社会的な過程である。
- (7) 問題解決型教授法のガイドラインとして、①現場での状況的かつ真の課題とともにある学び、②複合的な文脈における学び：知識を伝達する能力を開発し、他の状況を理解する、③複合的な視点の下にある学び：内容と課題は多様な視点から認識し、議論されるべきである、④社会的な文脈における学び、⑤指導的支援による学びの5つが規定されている。
- (8) 今日の地理 (geographie heute) は、ドイツの主要な地理学教授法の雑誌の一つである。
<https://www.friedrich-verlag.de/sekundarstufe/naturwissenschaften/erdkunde/Geographie-heute/> (2018年9月20日アクセス)
- (9) 地理の実践 (Praxis Geographie) はドイツの主要

な地理学教授法の雑誌の一つである。

<https://verlage.westermanngruppe.de/zeitschriften/sekundarstufe/praxis-geographie/> (2018年9月20日アクセス)

(10) 開発したミステリーカードは以下のURLからダウンロードできる。

<http://www.rikkyo.ac.jp/research/institute/esd/>

(11) 主要7分野とは、農業、森林・林業、水産業、水環境・水資源、自然生態系、自然災害・沿岸域、健康、産業・経済活動、国民生活・都市生活をいう。
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/tekiou/siryol.pdf> (2018年9月20日アクセス)

引用文献

- 浅山湧一郎, 2017, 「システム思考を取り入れた技術科教育の実践研究: 「社会を生き抜く力」を育むことを目的とした授業実践」, 『愛知教育大学教育実践研究科(教職大学院)修了報告論集』, 8:121-130.
- Australian Public Service Commission., 2007, *Tackling wicked problems: A public policy perspective*, 3-5.
- 長谷川浩志・井上雅裕・渡部英二・吉川倫子, 2013, 「システム思考の工学による領域横断型大学院教育プログラムの開発」, 『工学教育』, 61(5):59-67.
- 長谷川正利, 2018, 「中学世界地誌: 「アメリカ合衆国」でのループ図を用いた授業実践」, 『地理』, 63-11:100-105.
- Hoffmann, T., 2014, *Klimawandel in Baden-Württemberg - Unterrichtseinheit als Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung* (バーデンビュルテンブルグ州における気候変動: ESD に関する学習単元), 83.
- 泉貴久, 2018, 「開発コンパスを活用したシステム思考をはぐくむ地理授業: 「チョコレートから世界が見える」の実践プランの提案」, 『地理』, 63-6:100-105.
- 泉貴久, 2019, 「システム思考及びマルチスケールの視点を活用した高等学校地理授業実践の成果と課題: 単元「スマートフォンから世界が見える」を通して」, 『新地理』, 67(1):28-53.
- 金田啓珠, 2018, 「システムの思考で捉えた山形県上山市のクアオルト」, 『地理』, 63-4:98-103.
- 河合豊明, 2018, 「土砂災害と砂浜後退の関係をループ図で考察させる」, 『地理』, 63-12:88-93.
- 粉川昌巳・堀桂太郎・浅川毅, 2004, 「システム思考を深める教育における統合型実習の活用」, 『コンピュータ&エデュケーション』, 17:105-110.
- 今野良祐, 2018, 「システムアプローチによる地理ESD教材の作り方: 「さぬきうどん」を事例として」, 『地理』, 63-10:102-107.
- Leat, D., 2001, *Thinking through Geography*, Optimus Education, London, 184.
- 前田洋一, 2012, 「スクールリーダーのシステム思考育成に関する実証的研究: 教職大学院における実務家教員の役割と機能」, 『鳴門教育大学研究紀要』, 27: 131-140.
- Meadows, D. H., 2008, *Thinking in Systems: A Primer*, Chelsea Green Publishing, White River Junction, VT, 240.
- 内藤雄太, 2007, 「経済学と「システム思考」: 大学低学年授業における「因果連鎖図」導入の試み(1)」, 『追手門学院大学教育研究所紀要』, 25:40-46.
- 中村洋介, 2018, 「関係構造図による比較地誌と熱帯林の縮小: 東南アジア・アフリカの熱帯地域」, 『地理』, 63-8:108-113.
- 西本彰文・田口浩継・萩嶺直孝, 2013, 「技術科における思考力・判断力・表現力等の育成を目指したカリキュラム開発: 論理的思考・システム思考・対話を核として」, 『技術科教育の研究』, 18:9-18.
- Reinfried, S., 2006, Interessen, Vorwissen, Fähigkeiten und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern berücksichtigen (地理を教える際に考慮する生徒の興味, 前提知識, 能力と態度), In H. Haubrich, ed., *Geographie unterrichten lernen* (地理学教授法を学ぶ): Die neue Didaktik der Geographie konkret (具体的な地理教育の新しい教授法), Oldenbourg Schulbuchverlag, Berlin, 49-78.
- Reinmann, G. and Mandl, H., 2006, Unterrichten und Lernumgebungen gestalten(指導と学習環境の調整), In A. Krapp and B. Weidemann eds., *Paedagogische Psychologie* (教育心理学), Beltz, 613-658.
- Rieckmann, M., 2012, Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning?, *Futures*, 44(2), 127-135.
- 更科幸一, 2014, 「21世紀型情報教育の実践研究: システム思考による課題解決能力の育成」, 『日本私学教育研究所紀要』, 50:61-64.
- Schuler, S., Coen, A., Hoffmann, K. W., Rohwer, G. and Vankan, L., eds., 2013, *Diercke Methoden 2 (Diercke手法): Mehr Denken Lernen mit Geographie* (地理学を通してより深く学ぶ), Westermann-Verlag, Braunschweig, 207.
- 高橋敬子・脇岡靖明・高橋潔・花崎直太, 2016, 「地域のリーダー育成のための気候変動教育とは: 日本・ドイツの気候変動の教育事例の比較分析に基づいて」, 『環境教育』, 63:29-42.
- 田中岳人, 2018, 「システム思考を用いた授業: 地球的課題「アラル海の縮小」」, 『地理』, 63-5:103-109.
- 内田有亮・西本彰文・田口浩継, 2013, 「計測・制御学

- 習におけるシステム思考ヒントカードの導入について」, 『日本産業技術教育学会九州支部論文集』, 21: 23-30.
- 内田有亮・西本彰文・田口浩継, 2014a, 「技術を評価・活用する場面でのシステム思考導入用教材の開発について」, 『日本産業技術教育学会九州支部論文集』, 22:57-62.
- 内田有亮・西本彰文・田口浩継, 2014b, 「計測・制御学習におけるシステム思考導入による評価・活用能力の育成」, 『日本産業技術教育学会九州支部論文集』, 22:69-76.
- 内田有亮・西本彰文・田口浩継, 2016, 「システム思考を導入した計測・制御学習カリキュラムの改善について」, 『技術科教育の研究』, 21:17-24.
- UNESCO, 2017, *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*, Paris, 62.
- Vankan, L., Rohwer G. and Schuler S., eds., 2007, *Diercke Methoden - Denken lernen mit Geographie*(地理学を通してより深く考える), Westermann-Verlag, Braunschweig, 176.
- Vankan, L. and Schee, J. A. van der., 2004, *Leren denken met aardrijkskunde* (地理学を通じた学び), Stichting Omgevingseducatie, Nijmegen, 184.
- Wals, A. E. J. and Lenglet, F., 2016, Sustainability citizens: Collaborative and disruptive social learning. In R. Horne, J. Fien, B. Beza and A. Nelson, eds., *Sustainability Citizenship in Cities: Theory and Practice*, Routledge, London, 52-66.
- Wiek, A., Withycombe, L. and Redman, C. L., 2011, Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development, *Sustainability Science*, 6(2), 203-218.
- 山田哲也, 2009, 「情報教育におけるシステム思考を伴うモデル化とシミュレーション」, 『湊川短期大学紀要』, 45:35-38.
- 山本隆太・田中岳人, 2017, 「地理学習におけるシステム思考を導入したESD授業実践:「アラル海の縮小」を例として」, 『教育と研究 早稲田大学本庄高等学院研究紀要』, 35:57-78.
- 吉田裕幸・山本隆太, 2018, 「持続可能な社会の構築に向けた地理授業: システム思考で日本の将来を考える」, 『地理』, 63-9:105-109.