

地理学習におけるシステム思考を用いた コンピテンシー開発論に関する一考察

—— 学問研究と教科教育の架橋 ——

山 本 隆 太

要旨：地理教育ではシステム思考の受容が大きな関心事となっているが、中でもドイツの地理システムコンピテンシー研究は国際的にも先駆的な取り組みとして知られる。ドイツはシステムの諸概念を社会生態学から借用し、システム概念のフレームワークを構築した。これに規範教育論の観点を導入して次元階層構造を持つ地理システムコンピテンシーモデルを開発し、さらにこれを認知心理学的な手法を用いて検証した結果、実証的な地理システムコンピテンシーモデルが構築された。

キーワード：システム思考、コンピテンシー、社会生態学、認知心理学、ドイツ

I. 国際的な潮流であるシステム思考、先駆的な GeoSysKo プロジェクト

地理学習にシステム思考（あるいはシステム論）を導入するという考え方は、1992年の地理教育国際憲章（IGU-CGE 1992）をきっかけとした、世界各国に共通する地理教育的価値観の一つである。志村（2014）によると、1970年のIGU-CGE（国際地理学連合地理教育専門委員会）のローマ委員会で地理教育において空間的な環境人間関係を重視する考え方が共有され、その後の地理教育国際比較調査（Geber 2001）でも、中等教育段階のカリキュラム編成原理の一つとしてシステム思考が挙げられた。近年では、次回学習指導要領改訂に向けてルツェルン宣言が参照されそこでの自然システムや人文システムといった概念に注目が集まっている日本や、システム論と関係すると思われるエコソーシャルアプローチが2016年版カリキュラムの中核に位置付けられたフィンランドの動向などからもわかるように、システム思考を取り入れた地理学習論が国際的なトレンドとなっている。本稿では、この分野で先行するドイツ語圏の取り組みについて整理し、コンピテンシーの開発方法や、地理学と地理教育における架橋の在り方について論ずる。本稿では地理システムコンピテンシー開発研究プロジェクト（Entwicklung eines Kompetenzmodells zur geographischen Systemkompetenz：以下、GeoSysKo）に着目し、ここでの研究プロセスに従って論を進める。なお、GeoSysKoについては表1に概要をまとめた。

表1 地理システムコンピテンシー研究開発プロジェクト (GeoSysKo) の概要

名称	地理システムコンピテンシーのコンピテンシーモデル開発 ーアイテムレスポンス理論を用いた次元階層モデルの実証的研究
主たる研究者 (研究領域)	Armin Rempfler (研究主導: 地理教育)、Rainer Mehren (地理教育)、 Johannes Hartig (認知心理学)
期間/助成団体	2011年3月~2014年7月/スイス国立基金、ドイツ研究振興協会
目的	地理システムコンピテンシーの理論的開発、実証的研究
システムコンピテンシーの意味	システム思考あるいはネットワーク思考ともいわれるシステムのな見方・考え方や、複雑系、ダイナミック、創発などのシステムに基づいて諸事象の構造や挙動を理解し、世界を観察することができるような能力・資質のこと。
研究概要	社会生態学のシステム概念をフレームワークとして、地理システムコンピテンシーを理論的に開発。これに基づいた試験問題 (17テーマ、147アイテム) を開発をし、実証試験を実施 (標本数: 中学3年生に相当する生徒をプレテストに954人、本試験に1926人)。サンプルは認知心理学と統計的手法を用いて分析を行い、地理システムコンピテンシーの妥当性を実証した。

(Rempfler の提供資料より筆者作成)

II. 学問研究に基づく理論的アプローチ

1. 地理教育におけるシステム概念の不在

システムに関する諸概念のうち、地理教育として必要な概念については Rempfler & Uphues (2010) が社会生態学と地理学との比較から検討を行っている。以下、本章では主にこの Rempfler & Uphues (2010) に従い、地理教育として必要と考えられるシステムの概念を整理する。

まず、近年のドイツ地理教育におけるシステム概念に関する研究には Rhode-Jüchtern (2009) がある。Rhode-Jüchtern は、「パースペクティブの変化を通じた世界理解」という主張を様々な理解水準を生み出す、各種アクターの自己参照的視点を用いて論拠づけてきた地理教育研究者である。Rhode-Jüchtern (2009) では、ベルタランフィヤルーマンのシステム論について整理した上で、シンドロームアプローチ (Syndromansatz) の可能性について言及した。このシンドロームアプローチについて Rempfler & Uphues (2010) は、自然と社会の相互作用や両者の統合的なアプローチを用いる点が社会生態学とシンドロームアプローチとで共通しているものの、「システム」の概念が十分明確に説明されていないため、シンドロームアプローチは地理教育に十分に貢献できないだろうとした。山本 (2015) は、シンドロームアプローチが具体的な学習方法としてカリキュラムや教科書に採用された点や、ESD の文脈における地理教育のプレゼンス向上に寄与した点は評価したが、Rempfler & Uphues (2010) と同様にシステムの概念が明確化されていない点を課題として指摘している。

シンドロームアプローチがシステムの概念を明らかにしていない以上、地理教育にとって、改めてシステムの概念を整理することが急務の最重要課題であった。

2. GeoSysKo におけるドイツ地理学のシステム論解釈と社会生態学受容の必要性

Rempfler & Uphues (2010) は、ドイツ地理学におけるシステム論解釈に焦点をあて、自然地理学、人文地理学としての立場と、それらの架橋領域である第三の柱議論という3つの立場から整理した。自然地理学においては、バルタランフィを端緒としてサイバネティックスやエコシステムというシステム論が用いられてきたが、これらは暗黙的な内在的理論として扱われ、改めてシステムとしての概念が問われることはなかった。一方、人文地理学においては、ルーマンの社会システム論が大きな影響を与えた。しかしながら、社会システム論は自然的・物質的なものを研究対象から除外しており、自然と人間の関係性を扱う総合的な地理学という範疇では研究対象が異なるという大きな乖離が存在していた。こうしたシステム概念の不在が2000年代初頭から問題視されるようになり、いわゆる「第三の柱」の議論が起こった。この議論には、自然地理と人文地理という地理学内部のコミュニケーション障害を乗り越えたいと考える地理学者が多く参画し、システム概念の有効性が認識された。しかし、各領域における既存のシステム論には自然と人文の領域相互間の互換性が全くなく、改めて、社会-環境研究としてのシステム論を研究する必要性が認められた（この議論の経緯については山本（2014）に詳述されている）。

その結果、第三の柱の議論では社会生態学に注目が集まった。社会生態学は、1990年以降の複雑系研究の成果に基づくシステム思考を取り入れながら、持続可能性の概念の下、生活実践的な社会的課題の解決に向けて自然科学的かつ社会科学のアプローチを用いる点に特徴がある。地理学との共通点については、上述の通り社会-自然関係を研究対象としている点、空間的分布に着目する点があげられる。以上の根拠に基づいて GeoSysKo プロジェクトでは社会生態学の諸概念を借用した。

3. 地理学研究におけるシステム論解釈についての補足的検討

Rempfler & Uphues (2010) は、地理学における人間-環境システムについての議論の不足や限界から、社会生態学におけるシステム概念を借用する判断を下していた。本節ではこの点について、他の地理学者（Egner, 2008; Ratter & Treiling, 2008）のシステム論に関する言及箇所を整理し、社会生態学の概念借用への着想が妥当か否かについて検討する。

地理学理論研究者のEgner (2008) は、システム論を世界の考察方法の基礎であるとした上で、地理学は世界をシステムとして捉えているものの、いまだシステム論的な地理学の確立には至っていないことを指摘している（以下、Egner, 2008に基づく）。これを、「地理学の専門文献の中でシステムの理論に関する問いについての答えを見つけようとすると、実際どうしてよいかわからない状態に追い込まれる。」（Egner, 2008, p.36）と表現している。また例えば地理学辞典（Lexikon der Geographie）でシステムを調べると、システム、システム分析、システムの統合、システム理論といった項目があるものの、そこではパーソンズやルーマンなど地理学において実質的に影響を与えてこなかった社会科学の側面が重点的に記載されている。人文地理学では、1980年代に一般システム理論の影響や、自然地理でのジオシステム研究の研究方法を応用しようという試みがあった

が、その後続くことはなく、自然科学におけるカオス理論、オートポイエーシス、複雑系の研究成果は人文地理学へトランスファーされることはほとんどなかった（Ratter だけが例外的であるが、複雑系を理論としてではなくメタファー的なイメージとして用いたに留まっていた）。その後、1980年代半ばの Helmut Klüter によるルーマンのカテゴリー援用についての論文（Klüter, 1986）が最初の試みであったがこれは成功したとはいえない。特に、Klüter の研究はその後、ルーマンの理論が地理学にとっては不適当であることを示す場合に常に引き合いに出されるようになったことから、成功とはいえない、と述べている。

自然地理学では Hartmut Leser による地生態システム研究（Geoökosystemforschung）がシステム論の代表である。彼はベルタランフィの一般システム理論に依拠しているものの、具体的な概念定義がなされておらず、システムによって何が理解されるのかについても厳密に記述していない。しかも、1970年代以降激しく議論され、世界に対するシステムの見方がラディカルに変更させられた現代のシステム論について、Leser（1997）は考慮していない。実際、他の地理学研究をみても、自己組織化や非線形ダイナミズムといった新しいシステム論のアプローチの基礎の上に論証をしているものはほとんどない。最近の地理学におけるシステム論は、ここ30年のシステム論研究の成果が欠如している。

唯一、1970年代以降のシステム論やサイバネティックスの概念が地理学研究に応用された時代に Geoffrey Chapman（1977）の human and environmental systems は、複雑系や自己を参照するシステム、観察者の存在などを重要視していたが、その後継はされなかった。

こうした見解を示す Egner（2008）に対して、Ratter & Treiling（2008）は最近の複雑系研究と地理学の関係性についてより詳細に論じている（以下、Ratter & Treiling, 2008に基づく）。

Ratter & Treiling（2008）はシステムについて、世界の複雑性をよりよく理解するための構造であるとしている。近年のシステム論的アプローチとは、ノーバートウィーナーに始まり、サンタフェ研究所が深く関与したサイバネティックスがさらに発展した複雑系理論である。古典的なシステム論との明確な違いは、システム特性やシステム挙動が重要視されることと、そのためのパースペクティブが備わっている点である。

複雑性（Complexity）や複雑系（Complex system）は諸学問でさまざまに用いられており、統一的な定義が存在していない。換言すれば、複雑性・系とはその用いられたテーマやコンテキストを考えることで初めて意味が理解できる。地生態システム研究、景観生態学、地理情報学、環境学の4つの地理学領域でのシステム論的事例を整理すると、前二者はシステムの組織を重視しており、要素や独立変数が増えることが複雑性を上昇させると考える立場である一方、後二者は様々な相互作用の統一性や全体システムの挙動を重視し、自己組織化や創発などを重視する立場であるといえる。この両者の立場を情報学の Schamaneck による複雑性概念の類型に従って整理すると、前二者がシステムの要素に重点を置く「システム組織」のタイプ、後二者が関係とプロセスを重視する「システム挙動」のタイプとして分けられる。特にシステム組織の立場では、システムにおける重要な変数や相互作用の基礎的法則性の探求のみを研究するという姿勢や、要素や関係が増えるこ

とが複雑であるという捉え方での複雑性理解があり、これによって全体像に対する視点を欠き、全体は複雑に入り組んでいて見えるものではないといった考え方に行き着く傾向がある。例えば、景観生態学の Leser (1997) は、部分システムの個別的な調査を行うことで、全体システムが説明されうるという立場でシステムを論じている。しかしそうなると、「全体は部分の総和以上である」といわれるところの、“以上”というのが何を指すのかわからないままである。この量的理解と反対の立場にあるのが複雑系の挙動に着目する質的アプローチである。

挙動に着目した捉え方とは、複雑系は要素や関係性の増大によって生まれるものではなく、非線形プロセスを経て創発の状態へと至るといった考え方であるといえる。こうした挙動の特性は、それを構成する要素の諸特性から理解されるものではない。基本的に、複雑なシステムの非線形の挙動は時間的な経過に依存し、長期的には予測不可能なものである。そしてシステムは自己組織化する。そこでは、システム自身が自己を維持すること、システムの構造が時間とともに要素間のダイナミックな相互作用とそれらのフィードバックを通じて変化することが起こり、システムの性質が変化する。

この複雑系の見方が必要となる事例は人間環境相互作用であり、これを研究対象とする社会生態学においてである。システム組織の立場では因果関係、決定論的システム観、統計的記述分析を主に用いるため人間環境相互作用を十分に把握することが困難である。これに対して、ダイナミクス、非線形、創発のような観点からであればシステムの経時性や偶然性を理解することが可能である。ただし、複雑系の挙動をどの程度、モデル化によって示せるか否かはいまだ課題である。また、システムを考えることは結局、モデルのシナリオといった手法に行き着くが、モデルは常に観察者による簡略化した表現であり、ここにもその限界が存在している（以上、Ratter & Treiling, 2008に基づく）。

以上の論点をまとめると、Rempfler & Uphues (2010) が地理教育において社会生態学のシステム論を採用するに至った背景には、地生態システム研究での古いシステム論観に代表されるような地理学におけるシステム論の議論不全があった。社会生態学では他方、最新の複雑系のシステム思考が用いられていた。さらに、社会生態学は人間相互作用を研究対象とすることや持続可能性の概念が包含されているといった、地理学の中核的観点との共通性がみられる。よって社会生態学からのシステムの諸概念の借用は地理システムコンピテンシーの研究の推進上、妥当といえる。

4. GeoSysko におけるシステムの諸概念 (Rempfler & Uphues, 2010)

A) 開放系、オートポイエーシス

社会生態学は地理学と同様に、エネルギー、物質、情報を介して周辺環境と相互反応をおこし、進化や自己組織化を起こすオープンシステムを扱う。進化や自己組織化の背後には（生命的な）オートポイエーシスなシステムから、（機械的な）アロポイエーシスなシステムへの境界区分が存在している。オートポイエーシスは、生物学者 Maturana が1960年代に用いた概念で、あるシステムはシステム構成要素の間の関係によってのみ形成されるものとして捉えるのではなく、システム

を構成する要素そのものが生産、再生産を行うという見方をする。これによってシステムが、かつての古典的システム理論におけるように観察者によって作り出されるというものという理解ではなく、システム内部活動のネットワークによって生じるものであるという理解へと至る。しかし現実においてこの現象をシステムとして把握することは非常に困難である。

B) モデル化

社会生態学者は、すべての現実世界がシステムとして示されうることに疑問を呈し、システムをモデルとして理論的に用いる点を強く自覚している。現実をシステムとして記載することは存在論的仮設に適用することであり、つまりシステムの特徴が証明されるより前に、すでにシステムの特徴があることが前提とされている。社会生態学的な意味でのモデルの特徴には、以下のような特徴がある。

- ・ 図化：モデルはつねに自然的もしくは人為的な現象に起源をもつ図である。
- ・ 省略：モデル作成者の目に映った本質的特徴のみが理解されるために省略が行われる。
- ・ プラグマティック：モデルはそのオリジナルな現象に対して、それ自体で一義的に割り当てられるものではない。モデルはあくまでモデル使用者に対してオリジナルの代理的機能を持つものであり、ある特定のインターバルや、特定の思考操作、現実操作といった制限が伴う。

C) 複雑系、非線形、ダイナミズム

システムの平衡状態に対する古典的なイメージは繰り返しであろう。一般システム理論とカオス研究を引き継ぐ複雑系研究では、システムにおける平衡あるいは定常は一時的に継続状態が続く最高の状態である。自然システムと社会システムは非線形とダイナミックを特徴としており、つねに動的な状態である。そこでの跳躍現象や突発現象はプロセスの一部としてみなされる。地理学においてダイナミック（動態性）は長きにわたるテーマであるが、自然地理学においてはとりわけスケールという性質の下で強調されてきた（景観生態学における地理的次元の理論や、地形学におけるスケール概念など）。地形学においては、非線形や複雑系の概念は比較的最近受容された。

不規則なプロセスに着目してシステムを考慮すると、システムは構造（要素と関係性）によって特徴づけられるよりも、挙動（時間経過によるシステムの展開）によって特徴づけられるといえる。そのため、例えばアメーバのようなシンプルな構造を持つシステムも複雑な挙動を示すし、車のように複雑な構造を持つシステムがシンプルな挙動を示す場合もある。このように構造の複雑さに対して挙動の複雑さという概念が対置される。さらに社会生態学では機能的な複雑さということもある。

構造の複雑さという概念に従えば、要素の数が増え、関係性が複雑になればなるほど、システムが複雑になると捉えられる。一方、挙動の複雑さという概念に従えば、複雑系とは、非線形な挙動を介して創発を引き起こすというシステムの特性からなるものである。それゆえシステムを表現するためには、複雑さを形作るための質的な性質を示さなければならない。この挙動に関する性質は計量化することができないため、閾値も示すことはできない。それは同時に、その「複雑さ」を縮減して簡素化することもできないことも意味する。システムの挙動は複雑か否か、どちらかである。

D) 創発

創発 (Emergence) とは複雑系と深く結び付いた概念であり、システムの挙動の結果、質的に新たなものが発生することをいう。別の言い方をすれば、空間的、時間的に組織された構造および性質が、自己組織化プロセスの結果、新たに発生するものである。そのため、システムの構成要素が単純に加算的に集合して生まれるものではなく、構成要素を超え出た次元で生じるものである。すでにあったものが単に成長することではなく、質的な跳躍をした結果生まれるもので、創発的な性質とは簡単に予測できるものではない。しかしながら、いつから創発と呼べるかという段階については一致した見解はない。

E) 境界

オートポイエーシスの概念を考えることはシステムの境界を定義することと同義である。古典的なシステムアプローチでは、システムの統一性が第一義に来るが、その統一性の代わりに、特定の関係性をシステムとして考えるという別の考え方がある。この考え方によって、観察者がある特定の意図の下、周囲の環境から区分した「世界の一部」がシステムであるということになる。これには一義的なシステムの参照が必要となる。システムの参照では、記載された何かがシステムの部分として、あるいは周辺環境の一部として特定されるというものである。水、消費、栄養、モビリティ、人口動態などは社会生態学の研究対象であり、社会と経済の問題領域をまたぐ課題であるが、これらの諸課題は、ローカルからグローバルまでの空間的、時間的な関係性のなかに位置づけられる。こうした課題や取り組みが地理学においても重要であることは論を待たない。Dikau (2006) が用いた地形学におけるスケールコンセプトは自然地理学と人文地理学を近接化させるために用いられており、境界の重要性が強調されている。

F) 自己組織化臨界

複雑でダイナミックなシステムの基本的な特徴には、自己組織化臨界 (SOC: self-organized criticality) がある。システムの外部からの影響なしに自ら自己批判的な状態に至ることができ、状態を維持することができるプロセスのことを指す。これは Bak et al (1987) において提起された砂山モデルに基づいている。自然災害システム、特に地震や雪崩などを説明するモデルであるが、社会システムにおいても確認することができる。

G) 限定的な予測と調整

非線形システムは初期状態に依存する。初期状態での微細な差異もダイナミックな非線形では大きくて急激な変化をシステム状態にもたらす可能性があり、カオス理論とも呼ばれる。これを理解するためにはシステムの挙動の過去と偶然性を適切に考慮する必要がある。ただし、システム挙動の予測可能性はあくまで限定的である。近い将来は比較的予測可能だが、中長期となると不確実性が高まる。将来のシステムの変化の幅についてどの程度の可能性があるのかを見極めることが重要

である。

社会生態学は操作やコントロールの代わりに調整 (Regulation) という言葉を用い、アクターを重視し、社会・自然・技術の作用構造図におけるフィードバックを特定する。一方、古典的なサイバネティクスでは、負のフィードバックが安定化をもたらすものであり、正のフィードバックは逆に破壊的に作用する場合があるものの成長プロセスや構造的破壊を克服するものとみなされていた。しかし今日では、正のフィードバックは不安定性も生み出しうることが認められている。

アクターの巻き込み (involvement) には、調整関係の部分として彼らの行動の作用を知覚し、考慮することができるという利点がある。ここでも「計画」ではなく「調整」の概念が用いられる。調整は、アクチュアルな状況の継続的な考慮の下、システムプロセスにおいて登場する変化とイベントにマッチする適応的な行為である。

5. 社会生態学のシステム諸概念のフレームワーク

上記で取り上げられた社会生態学におけるシステムの諸概念を、学習次元に基づいて整理したものが表2である (Rempfler & Uphues, 2010)。地理学と社会生態学に共通する課題解決と人間一環

表2 地理学習におけるシステムコンピテンシーモデル

次元	説明	部分領域の幅	
		初歩的な意味	専門的な意味
システム組織	複雑な現実の構造をシステムとして認識し、基本的な構成要素をモデル化して記述することができる能力 (表明的な知識の獲得)	孤立した要素と関係の特定	ネットワーク化された要素と関係の特定
		表面的な構造の認識	機能的な内部構造の認識
		関係性のあいまいな境界づけ	関係性の明瞭な境界づけ
システム特性	システムの特徴と挙動様式を把握し、追体験することができる (表明的な知識の獲得)	システム構成要素の特性と全体システム的一致	システム構成要素の相互作用によって上位次元での新たな特性の発生 (創発)
		時間的・空間的近接性に基づく相互作用 (単純な因果関係)	時間的・空間的遠隔性にも関わらずある相互作用 (フィードバック、循環): システムの内部と外部の相互作用の区別 (開放性)
		統計的に安定した考察: 発展過程を考慮しない	ダイナミックな考察: 線形と非線形な発展過程を考慮する
システムに適応した行動意図	精神空間におけるシステムに適応した行動を行うことができる (精神的な知識の応用)	簡単な因果関係に基づいた予測: 予測可能性についての自覚の欠如	直接・間接的な作用分析に基づく予測: 予測可能性についての自覚
		複雑性を削減せずシステムダイナミクスを考慮しない調整的措置	複雑性縮減とシステムダイナミクスへの継続的考慮を伴う調整的措置
システムに適応した行動	現実空間においてシステムに適応した行動を行える (活動的な知識の活用)		

(Rempfler & Uphues, 2010から引用)

境関係研究の2観点を地理授業で実現するために必要なシステムの諸概念が整理されており、Rempfler & Uphues (2010) はこれをシステムコンピテンシーモデルと名付けたが、実質的にはシステム概念の理論的フレームワークであるといえる。知識獲得の次元としてシステム組織とシステム特性を位置付けるとともに、その学習の先に知識の応用・活用を位置づけ、システムに適応した行動意図とシステムに適応した行動が配置された(各次元については後述する)。なお、システムに適応した行動は地理でのシステム思考学習の目標であり、知識の活用段階にあたるため、学習を構成するシステム概念は明示されていない。このフレームワークを最初の土台として、地理教育における地理システムコンピテンシー開発が目指された。

Ⅲ. 教育理論による教育コンピテンシーモデル化

1. 教育理論に基づいた理論的な地理システムコンピテンシーモデル開発

社会生態学から見出したコンピテンシーモデルを規範教育論(normative educational theory)の次元・階層モデルに基づいて整理しなおしたのが、地理システムコンピテンシーの基本理論モデル(表3)である(Rempfler & Uphues, 2011)。地理システムコンピテンシーの考案にあたっては、地理学習の課題である人間—環境システムに対して応用可能であることを念頭に置いて、システム組織、システム様式、システムに適応した行動意図、システムに適応した行動の4つの次元が設定されている。各次元は社会生態学における概念規定を参照してさらに細分化されている。また、各次元はその学習の難易度に応じて3段階に分けられている。この3段階型については数多くの先行研究において理論的にも実証的にもその有効性が確認されている。

4つの次元のうち、知識理解の次元にあたるシステム組織とシステム様式はSommer(2005)の生物学習におけるシステム学習論研究と共通している。生物教育分野でシステムコンピテンシーの開発を手掛けたSommer(2005)は、システムの要因分析に基づいて、システムコンピテンシーをシステム組織/モデルとシステム特性の2次元に区分した。システム組織/モデルに関するコンピテンシーとは、複雑な現実の構造をシステムとして認識し、基本的な構成要素をモデル化して記述することができる資質能力である。システムの特性とは、より正確にはシステムミックスな特性であるがこれは、システムの特徴と行動様式の二つからなるものとして設定した。

この二者がシステムの特長や、複雑な相互作用とダイナミクスの理解といった知識の獲得に焦点化する一方、残る二者は知識応用に関する次元としてシステムのコントロールプロセスを重視している。システムのコントロールとはシステム崩壊の修正や回避を意味している。

知識応用の次元では、精神的な場面と現実的な場面が想定されている。精神的な応用とは、仮想空間におけるシステムに適応した行動を顕在化させることである。現実的な応用とは、現実空間において観察可能な具体的な行動を指している。ただし、現実世界におけるシステムに適応した行動については有効なアセスメントが不可能であるため、上位目標としては設定するもののモデル開発での検証対象からは外された。

これらの次元・段階を踏まえて、「システムに適応した行動」に関わる資質能力を育成すること

表3 地理システムコンピテンシーの次元的・階層的な運用のための基本理論モデル

	第1次元 システム組織 = 複雑な現実世界の組織をシステムとして 特定し、その基本的な構成要素をモデル 化して表現し記述することができる (知識の獲得)		第2次元 システム様式 = システムの諸機能と起動様式を分析することができる (知識の獲得)		第3次元 システムに適合した行動志向 = 精神空間において、システムに適合した行 動ができる (知識の獲得 → メンタル)		第4次元 システムに適合した行動 = 現実空間においてシステム に適合した行動ができる (知識の応用 → 行動)	
	システム構造	システム境界	システム 創発的進化	システム 相互作用	システム ダイナミックス	システム診断	システム調整	
第一段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 若し数の要素や関係性を主に個別化する ・ 複雑さの程度は低くする ・ 単純な因果関係思考を多くする 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関係性のつながりの境界は非常に曖昧である ・ 諸要素や諸関係は、総体の一部として見なされない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 具体的に実感できるシステム構成要素を整理する ・ 構成要素の特性は、総体システムの特性と一致しているとして知覚される 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 時間的、空間的接触に基づいてインタラクションは発生する ・ 因果関係についてのイメージは単一因果に限定され、単純な収支の関係はほとんど特定されない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現象ないしはシステムが静的で不変的として見なされる ・ 発展プロセスはただ単一因果によって考慮される ・ 時間的次元に関する自覚が非常に欠けている 	<ul style="list-style-type: none"> ・ システム様式の諸作用は曖昧かつ偶発的に知覚される ・ 診断は直接的で単一因果的な説明に乏しく、制限付きの予測は自覚されない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調整措置は単一因果的作用分析に基づいて表現される ・ 意図した措置の作用は曖昧に予測される ・ あまり明確ではない複雑性減少 ・ システムダイナミックスは考慮されない 	
第二段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中程度の要素や関係を少しづつ結びつけながら特定する ・ 中程度の複雑さが直線的な思考が卓越するよう 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関係性のつながりの境界は、中程度の多様な境界である ・ 総体的な見方は欠如するが、要素や関係はもはや単数として見なされない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 具体的に知覚されるシステム構成要素は、より上位のレベルにおける一般の階級の一部として、同一または似た特性を持つてして統一される 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原因と作用は厳密に区別される ・ 相互関係、連続的連関、並行的連関が認知される ・ 単純な収支の関係は特定される 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 継続的で直線的な関係が認知される ・ 運動と変化が因果関係に基づいて理由付けされる ・ 展開プロセスは可逆性をもつと見なされる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ システム様式の諸作用は体系的に知覚される ・ 診断は単一目的もしくは複数の数目的に行われる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調整措置は直線的的作用分析に基づいて表現される ・ 意図した措置の作用は体系的に予測される ・ 適度な複雑性減少 ・ システムダイナミックスは散発的に考慮される 	
第三段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 数多くの要素や関係を包括的かつ結び付けながら特定する ・ 高度な複雑さがシステムは、相互に組み込まれ合うシステムの一部として見なされる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関係性のつながりの明確な境界獲得 ・ 総体的な見方の隣接するシステムの差異が理解される 	<ul style="list-style-type: none"> ・ より上位のレベル構成要素の共作用は新たな特性を醸成した新しい構造を出現させることとを知覚する(創発的進化 Emergenz) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原因と作用の厳密な区別は止揚される ・ フィードバックと循環的連鎖が知覚される ・ システム内包的とシステム外在的なインテグレーションは区別される ・ 難しい収支の関係が特定される 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非直線的発展プロセス(指数関数、数理論理)も考慮される ・ 発展プロセスの不可逆性が認知される 	<ul style="list-style-type: none"> ・ システム様式の諸作用は相互作用として知覚される ・ 診断の際には考慮される予測は、診断の作用は最適化される ・ 明確な複雑性減少 ・ システムダイナミックスは継続的に考慮される 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調整措置は複雑な作用分析に基づいて表現される ・ 意図した措置の作用は予測され、場合によっては最適化される ・ 明確な複雑性減少 ・ システムダイナミックスは継続的に考慮される 	

(Rempfler & Uphues 2011から引用)

が意図されている。なお、このシステムに適応した行動とは、これまで地理教育の最上位目標として議論されてきた「空間と関連した行動」(Raumbezogene Handlungskompetenz) と共通する教育目標である。

このように、知識の理解(表明的な知識の獲得)が先行し、続いて「システムに適応した行動」に向けた知識の応用の次元へと進む手順での、コンピテンシー獲得プロセスが描かれている。知識応用においては、表明的な知識とともに行動知(手続き的知と戦略的知)やメタ認識知も必要となる。こうした行動知をも含んだ、システム的に考え行動できる資質能力をその射程に含むことで、ドイツのコンピテンシー議論の根幹をなす Weinert のコンピテンシーの定義との概念的一致を見出し、コンピテンシーとしての正統性を担保している (Rempfler & Uphues, 2011)。

コンピテンシーモデルはしかしながら、生徒のコンピテンシーの獲得状況を測定するためのマトリクスであり、教員が日々の授業で活用するには複雑すぎる。これをより実践可能なコンピテンシーモデルに変容させるためには、上記モデルを簡素化することが行われ、続いて、実証研究に向けたテスト教材の開発が行われた。

なお、この研究段階においてすでに研究遂行上、避けられない課題として、知と行動の関係性が挙げられている。これについては現在でも多様な議論があるが、Rempfler & Uphues (2011) は、知識の応用のためにはその前段階として知識の獲得が不可欠なのか否か、あるいは、知識の獲得と応用は相互に影響を与え合うものなのかなどについて既存の論点を挙げたうえで、この理論モデルの時点では論点を過度に絞り込みすぎることを避けるため、現実空間におけるシステムに適応した行動を行う資質能力の育成についても目標として残した。

また、地理のシステムコンピテンシー学習として、どのように授業実践を行うかという点については、社会生態学の考え方にに基づき、観察した現実をダイナミックに説明することと、制限付き予測ができることを中核的な目標としつつ、日常的な課題を取り上げて概念やシンボルで記述することで複雑系を学びうるものが補足的ながら示唆された。

2. 教育実践に向けた教育的削減による地理システムコンピテンシー開発と課題教材開発

学校教育での実践ならびに課題教材開発に向けて教育的削減 (educational reduction) に基づいて簡素化されたモデルが表4である。理論モデル(表3)と比べるとわかるように、簡素版モデルでは、システム組織の下位に位置していたシステムの構造や境界といった下位次元が整理統合されている。実証研究に向けた課題開発はシステムコンピテンシーの3次元区分に基づいて行われた。

この簡素版モデルに基づいて例示的に課題類型が開発された(表5)。地理教育の先行研究分析に基づき、各次元、各段階に適した課題類型が地理教育で扱う内容や概念と対応させながら開発され、配置されている。この課題類型に基に、ヨーデン方格法 (Youden Latin Square) や項目応答理論 (Item Response Theory) を用いて更に開発・検討を加えた結果、作成されたのが実証試験用問題である (Rempfler & Uphues, 2011)。

表4 地理システムコンピテンシーの実証的な検証のための次元段階型コンピテンシーモデル

コンピテンシー 段階	コンピテンシーの次元		
	システム組織 システム構造と境界	システム様式 システムエ創発、相互作用、 ダイナミクス	システム適応型行動意志 システム診断、調整
第一段階	複雑な現実世界を組織においてシステムとして特定する (知識の獲得)	システムの諸機能と諸様態を分析する	精神世界においてシステム適応型の行動をとる (知識の獲得 → 精神)
第二段階	生徒は、少数の要素や関係を主に個別にまたは単一因果として識別し、また漠然とした関係性のつながりを識別する	生徒は、少数の要素や関係において、あまり発展していない機能理解やプロセス理解に基づいて、単一因果的な発展プロセスを分析する	生徒は、少数の要素や関係において、単一因果的な作用の分析と、不明瞭な作用の予測と、あまり明瞭ではない複雑性減少に基づいて、診断と調整的措置を發展させる
第三段階	生徒は、中程度の数の要素や関係を主に直線的に識別し、適度に細分化された関係性のつながりを識別する	生徒は、中程度の数の要素や関係において、相互関係、連続的連結、並行的連結および単純な収支の関係に基づいて、直線的な発展プロセスを分析する	生徒は、中程度の数の要素や関係において、直線的な作用の分析と、作用の予測と、適度な複雑性減少に基づいて、診断と調整的措置を發展させる
第三段階	生徒は、数多くの要素や関係を複雑に識別し、明確な関係性のつながりとして、ないしは組まれたシステムの一部として識別する	生徒は、数多くの要素や関係において、フィードバック、循環ないしは要求の多い収支の関係に基づいて、直線的なものとは異なる直線的な発展プロセスを分析する	生徒は、数多くの要素や関係において、複雑な作用の分析と、作用の予測と、かなりの複雑性減少および自覚的な制限つきの予測に基づいて、診断と調整的措置を發展させる

(Rempfler & Uphues 2011から引用)

IV. 実証研究とその成果としての地理システムコンピテンシーモデル

1. 実証研究の概要と地理システムコンピテンシーモデル

上記の次元段階型コンピテンシーモデルに基づき、コンピテンシーモデルの実証試験用問題が全17類型、全147アイテムとして開発された (Mehren et al. 2015)。これは理論的に導き出した次元段階型コンピテンシーモデルを実証する目的で実施された。試験用問題の内容選定に関しては、実証試験が実施されたバイエルン州の地理カリキュラムの範疇から、地理システムコンピテンシーと関わる内容が選定された。さらに、より正確にシステムコンピテンシーを計測するために、1) 課題体系図を作成し、各試験問題が単なる事実認識の度合いを測る試験とならないようチェック体制を整えた、2) 回答方式は選択肢方式、短文記述式、その他の回答方式 (コンセプトマップなど) の3つの回答方式を設けた、3) ルツェルン大学でのパイロットスタディーを通じて試験問題に繰り返しフィードバックをかけて改善した。

プレテストでは第9学年生 (中学3年生に相当) の954人分のサンプルが、本試験では1926人分のサンプルが集められた。実証試験のサンプルはコンピテンシー開発に精通した認知心理学研究者の協力を得ながら統計学的に分析され、評価された。

表5 コンピテンシーの次元に依拠した課題類型

コンピテンシーの次元		
システム組織	システム様式	システム適応型行動意志
SO 1 課題では背景情報が提供され、空欄がある（直線的原因-作用連鎖 [単一因果/連続的連結]、樹形図、ネットワーク図）。生徒は、欠如した要素や関係を補足する。	SV 1 システム記述に基づいて、各システムの部分が個別化され、取り除かれたり付け加えられたりする。生徒は、結果として生じた変化をシステムの創発性を顧慮して分析する。	SH 1 選択的な付加情報を加えたプロセス図が提示される。生徒は、プロセス図を診断的、調整的に発展させる。
SO 2 関連する要素や関係を含んだ、テキストによるシステム記述（展開プロセスは除く）がなされる。生徒は、この記述をグラフィック（例えばコンセプトマップ）として表現する。	SV 2 背景情報を含んだプロセス図が提示される。生徒は、プロセスに関する質問に、プロセスの巻戻しという観点から答える。	SH 2 システムの展開に関する全ての情報が提示される。生徒は、問題となっていることに関する質問を専門家に対して、組織的に述べる。
SO 3 グラフィカルな表現（たとえばコンセプトマップ）がなされる。生徒は、システムについて説明し、システム構造や境界についての質問に答える。	SV 3 システムの展開に関する全ての情報が提示される。生徒は、時間の経過による変化に関する質問に、プロセスの巻戻しという観点から答える。	SH 3 システムの展開に関する全ての情報が提示される。生徒は、回顧的な観点から変化に対する課題を診断的、調整的に答える。
SO 4 あるシステムに対する個々の要素（例えば個別の When-then 場合分け）が提示される。生徒は、グラフィカルな表現においてシステムの連関を考案する。	SV 4 システムの展開に関する全ての情報が提示される。生徒は、“もしも～だったら”の質問にシステムの不可逆性の観点から答える。	SH 4 システムの展開に関する全ての情報が提示される。生徒は、予測される“もしも～だったら”質問に答える。
		SH 5 システムの展開に関する全情報に基づく、代替シナリオと調整的措置が提示される。生徒は、代替案について（制限付き予測という背景も考え）判断する。

(Rempfler & Uphues 2011から引用)

以上の実証研究の結果、コンピテンシーモデルは従来の3次元ではなく、「システム組織とシステム挙動」と「システムに適応した行動意図」から2次元構成とすることが望ましいことが判明した。段階性については、理論的に導き出された3段階が実際の問題の難易度としても適しているということが実証された。こうして、生徒の地理システムコンピテンシーを実践的かつ有効に計測するモデルが示された（表6）。これは授業の教授手法の評価にも用いることができる。ただし、このモデルは直接授業で用いられることを想定して作成されているのではなく、あくまで生徒のコンピテンシーを計測するためのモデルである。

表6 実証研究を経た地理的システムコンピテンシーのコンピテンシーモデル

コンピテンシーの段階	コンピテンシーの次元	
	システムの組織と挙動 システムミクな構造、境界、創発、相互作用とダイナミズム	システムに適応した行動をとる意志 (システム行動意図) システムミクな予測と調整 (レギュレーション)
コンピテンシーの段階	組織における複雑な現実領域をシステムとして特定するとともに、その機能と挙動様式を分析する (知の獲得)	メンタル空間においてシステムに適応して行動する (知の活用→メンタル)
段階1	生徒は、少数の要素と関係を、 ・それぞれ個別あるいは単一因果で特定する ・不明瞭ながら境界線引きができる関係として特定する。 その単一因果的な発展プロセスの分析は、あまり育っていない機能の理解とプロセスの理解に基づく。	生徒は、少数の要素と関係に対して、予測と調整的措置を、単一因果的分析、不明瞭な作用の予期、程度の低い複雑性削減に基づいて発展させる。
段階2	生徒は、中程度の数の要素と関係を、 ・直線的かつ適度に境界線引きができる関係として特定する。 その直線的な発展プロセスの分析は、相互関係、直列関係、並列関係、簡素な収支関係の理解に基づく。	生徒は、中程度の数の要素と関係に対して、予測と調整的措置を、線形的作用分析、作用の予期、適度な複雑性削減に基づいて発展させる。
段階3	生徒は、数多くの要素と関係を、 ・かなり複雑に特定する ・明瞭な境界線引きができる関係として特定する ・複雑なシステムの一部として特定する。 その線形と非線形な発展プロセスの分析は、フィードバック、循環、収支関係、非対称性、創発の理解に基づく。	生徒は、数多くの要素と関係に対して、予測と調整的措置を、複雑な作用分析、作用の予期、強い複雑性削減、予測の限定性の自覚に基づいて発展させる。

(Mehren et al. 2015から引用)

2. 検証に用いられた課題とアイテム、その課題事例 (アフリカの人口増大)

ここでは、GeoSysKoの実証研究に用いられた試験問題を取り上げる。研究内容については2015年12月時点では未公開の部分も多いが、公開されている情報の中から「アフリカの人口増大」(Mehren et al. 2015)を取り上げる。

まず、コンピテンシーモデルの実証研究に用いられた課題は上述の通り、全17類型、全147アイテムである(表7)。テーマはバイエルン州地理カリキュラムに従ったテーマ区分となっており、試験問題もこれに準ずる。各試験問題は地理の観点別にみると、人間-環境システムを扱ったものは5類型に留まっており、自然地理システムが5類型、人文地理システムが7類型となっている。アイテム数は問題数のことであるが、1類型はおおよそ7~10問で構成されている。

ここではテーマ「南北問題、開発協力」のうち、「アフリカの人口増大」の問題、回答例、採点事例について取り上げる。アフリカの人口増大は、人文地理システムを観点として地理システムコンピテンシーを育成する試験問題であり、8つのアイテム(小問)で構成される。各アイテムの間

表7 実証研究に用いられた課題のテーマおよび試験問題

テーマ	試験問題の名称	アイテム数	地理的な観点
プレートテクトニクス、地震、火山	バスビオ山	10	人間-環境システム
	日本での地震	8	人間-環境システム
	ライン地溝帯上流	8	自然地理システム
熱帯地方	熱帯雨林	9	人間-環境システム
	貿易風	9	自然地理システム
南北問題、開発協力	水の循環と塩類土化	8	自然地理システム
	アフリカの人口増大	8	人文地理システム
都市住居空間、都市化	ミュンヘンの都市構造変化	7	人文地理システム
	アメリカの都市	9	人文地理システム
	都市での降雨	9	人間-環境システム
人口と移民	移民	9	人文地理システム
気候とエネルギー	気候温暖化	8	自然地理システム
	アルプスのダム湖	9	人間-環境システム
	海陸風	8	自然地理システム
グローバリゼーション	バナナ貿易	10	人文地理システム
	旅行のグローバリゼーション	9	人文地理システム
	グローバルな繊維貿易	9	人文地理システム
総計	計17類型	計147	

(Mehren et al. 2015より引用)

題構成は、まず途上国の人口増大に伴う教育機会、就労環境、移民の各テーマについて考えた後、アイテム7では途上国の人口増大に関わる諸現象をネットワーク図にまとめる課題が設定されている(図1)。そして最後のアイテム8では、ナイジェリアの村で活動するNPOに対する判断を行う問題が設けられている。

アイテム7の課題は、生徒が予め用意された概念図に矢印と説明書きを付け加えて回答する問題である。こうしたウェビングマップ状の回答に対して、それぞれの矢印の性質を連続、集合・離散、環状の3つに分類してそれぞれの数を数えるとともに、全結節点のなかにこれらが占める割合を構造インデックスとして求め、評価している。

こうした検証結果はアイテム毎にまとめられている(表8)。システムの組織と挙動(第1次元)に位置付けられるアイテム7は、難易度が1段階から3段階までの問題として理論的に開発され、それが実証された。各段階の検証値をみても、数値が各段階に偏りなく分布しており、問題の難易度としては-3から+3が範囲であることを考えるとやや第2段階=-0.03に集中しているものの、理論的な難易度の段階と整合的な結果が示されている。

こうした検証を全147アイテム分実施し、実証的な地理システムコンピテンシーモデルが構築されている。

表8 アイテムの検証結果（「アフリカの人口増大」のアイテム7の例）

項 目	内 容	
問題	途上国の人口増加は一般に多産によって引き起こされるが、その理由について考え、図示されたコンセプトマップに関係性を書き入れなさい。	
コンピテンシー次元	第1次元：システムの組織と挙動	
理論モデル上の段階	1段階から3段階	
実証済モデル上の段階	1段階から3段階	
各段階の検証値 (アイテム7の場合は構造インデックス (structure index) の値)	$sx = < 0.1$ $sx = 0.1 \sim 0.3$ $sx = > 0.3 \sim 0.6$ $sx = > 0.6$	→第0段階 (27.9%)：不正解 →第1段階 (21.1%) →第2段階 (28.4%) →第3段階 (22.6%)
各段階の難易度 (アイテムの正解分布から検出。値が高いほど高難易度、0=平均)	第1段階 = -0.69 第2段階 = -0.03 第3段階 = +0.93	
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・コンセプトマップはシステムの組織と各要素およびシステムの挙動を全体的な関係性において示すことに適している。コンセプトマップの複雑さの度合いは連結性、集合・分散性、循環性の3観点から判断できる。 ・アイテム7は各アイテムの中でも相対的に高難易度であるが、取り扱う要素数や関係数が多いため複雑さの度合いが高まっていることが、実証的に確認された。 	

(Mehren et al. 2015より一部引用)

なかった。

3) 理論的コンピテンシーモデルはプレテストおよび本試験の実証研究を経て、コンピテンシーモデルとして確立された。ただし、実証に用いられた問題については本稿では十分には検討できなかった。

こうして開発された地理システムコンピテンシーについては、以下のような課題も指摘できる。

まず、地理システムコンピテンシーでは、理論構築段階の作業仮説としてシステムの知識獲得と行動を分け、知識から行動へという学習プロセスを想定したが、知識と行動の関係性についてはいまだ十分に明らかにされていない点である。この点について特に地理教育では、環境知 ≠ 行動知という環境教育からの反省と、その反省に基づいたESDの展開があるため、ESDの文脈から改めて検討する必要がある。

次に、地理システムコンピテンシーの地理教育実践への移行であるが、地理教員向け雑誌「Geographie - aktuell & Schule」の2015年6月号ではシステムコンピテンシーについての特集号が組まれた。例えばMehren (2015)は、地理システムコンピテンシーに基づいた地理授業実践をソマリアの海賊をテーマとして報告している。こうした実際授業とコンピテンシーモデルの理論と実践の往還の実態や、両者の整合性の検討が今後の課題である。

とりわけ、「観察した現実をダイナミックに説明することと、制限付き予測ができることを中核的な目標としつつ、日常的な課題を取り上げて概念やシンボルで記述することで複雑系を学ぶ」という社会生態学から得られた示唆が、どの程度まで授業実践において影響を与えるかを検討することで、地理システムコンピテンシーの授業実践における社会生態学から

の影響を明らかにできるといえ、重要な視座といえる。

最後に、システムコンピテンシーの授業実践拡大にあたっては教員の資質向上が欠かせない。Rempflerらはルツェルン大学を中心に教員研修プログラムにおいてシステムコンピテンシーの育成を行う計画も立てているという。こうした教員養成・研修のありようについても継続的に調査する必要がある。

文献

- Bak, Per., Tang, Chao., Wiesenfeld, Kurt. 1987. Self-organized criticality: An explanation of the 1/f noise. *Physical Review Letters* 59, 381-384.
- Chapman, Geoffrey. 1977. Human and environmental systems. A geographers appraisal. London. Academic press. 421.
- Dikau, Richard. 2006. Komplexe Systeme in der Geomorphologie. *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft* 148, 125-150.
- Egner, Heike. 2008. Gesellschaft, Mensch, Umwelt - beobachtet. Ein Beitrag zur Theorie der Geographie. *Erdkundliches Wissen* 145. Stuttgart, Franz Steiner.
- Geber, Rod. 2001. The State of Geographical Education in countries around the world. *International Research in Geographical and Environmental Education* 10/4, 349-362.
- IGU-CGE: International Geographical Union - Commission on Geographical Education. 1992. International Charter on Geographical Education. 21.
- Klüter, Helmut. 1986. Raum als Element sozialer Kommunikation. *Giessener Geographische Schriften* 60. 190.
- Leser, Hartmut. 1997. Landschaftsökologie. Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung. UTB. Stuttgart.
- Mehren, Rainer., Rempfler, Armin., Ulrich-Riedhammer, Eva. M., Buchholz, Janine., Hartig, Johannes. 2015. Wie lässt sich Systemdenken messen? Darstellung eines empirisch validierten Kompetenzmodells zur Erfassung geographischer Systemkompetenz. *Geographie aktuell & Schule* 215 (37), 4-16.
- Rempfler, Armin., Uphues, Rainer. 2010. Sozialökologisches Systemverständnis: Grundlage für die Modellierung von geographischer Systemkompetenz. *Geographie und ihre Didaktik* 4/2010. 205-217.
- Rempfler, Armin., Uphues, Rainer. 2011. Systemkompetenz im Geographieunterricht – Die Entwicklung eines Kompetenzmodells. In: Meyer, Christiane., Henry, Roderich., Stöber, Georg (ed.) *Geographische Bildung. Kompetenzen in didaktischer Forschung und Schulpraxis*. Westermann. 224. 36-48.
- Ratter, Beate M.W., Treiling, Thomas. 2008. Komplexität – oder was bedeuten die Pfeile zwischen den Kästchen? In: Egner, Heike., Ratter, Beate M.W., Dikau, Richard (ed.) *Umwelt als System – System als Umwelt? Systemtheorien auf dem Prüfstand*. 23-38.
- Rohde-Jüchtern, Tilman. 2009. Eckpunkte einer modernen Geographiedidaktik. *Hintergrundbegriffe und Denkfiguren*. Klett. 208.
- Sommer, Cornelia. 2005. Untersuchung der Systemkompetenz von Grundschulern im Bereich Biologie. 556.
- 志村 喬 2014. 国際地理学連合 (IGU) の地理教育委員会 (CGE) にみる地理教育研究潮流と日本. *人文地理*66-2, 148-168.
- 山本隆太 2014. ドイツにおける地理学再統合議論と地理教育との関係. *早稲田大学大学院教育学研究科紀要: 別冊* 21(2), 153-164.
- 山本隆太 2015. ドイツ地理教育におけるシンдрロームアプローチの受容とその意義: ESDによる影響を中心として. *新地理* 63(1), 39-58.