

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 23 年 5 月 10 日現在

機関番号：22604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011 年

課題番号：22652075

研究課題名（和文） 空間的思考の体系化とその育成のための GIS の活用に関する研究

研究課題名（英文） A study of systematization and promotion of spatial thinking with GIS

研究代表者

若林 芳樹 (WAKABAYASHI YOSHIKI)

首都大学東京・都市環境科学研究科・教授

研究者番号：70191723

研究成果の概要（和文）：本研究は、行動地理学と認知心理学の成果に基づいて、空間的思考の構成要素を体系化し、その育成のために GIS を活用する方法を検討した。3つのサブテーマに分けて研究を行った結果、次の知見が得られた。(1)空間的思考の構成要素の体系化については、空間概念、空間表現、空間的推論の3要素と内容、および空間的リテラシー、空間的能力など類似する概念との関係を整理した。また、方向感覚質問紙と空間的思考に関する質問紙調査を行い分析したところ、これらの能力はある程度独立したいくつかの因子で構成されることがわかった。(2)空間的思考に関わる教科内容については、大学入試センター試験における過去の地形図読図問題の内容を分析し、学習指導要領の改訂に伴い、地理教育で求められる知識や思考力が変化してきたことがわかった。また、大学入試センター試験の問題から地形図読図問題を選定し、発話思考法による解答過程を分析したところ、出題内容によって解答過程が異なることが明らかになった。(3)空間的思考の育成のための GIS の活用については、地方行政での GIS の利用と空間的思考の育成を目的とした教材を作成し、自治体職員向け GIS 講習会でその有効性を検証した。しかし、空間的思考の教育にとっての GIS の効果は明確にできなかった。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study was to systematize the elements of spatial thinking and to explore the methods for promoting it with GIS based on behavioral geography and cognitive psychology. By dividing this theme into three subthemes, the following findings were obtained. (1) Concerning systematization of spatial thinking, we arranged the relationship between its three elements (viz., concepts, representation, and reasoning) and related concepts (e.g., spatial literacy and spatial abilities). An analysis of the factor structure through the questionnaire of sense of direction and spatial thinking proved that several independent factors are concerned with spatial abilities and spatial thinking. (2) Concerning the curriculum related to spatial thinking, we analysed the contents of the test questions with topographic maps used in the entrance examination held by the National Center for University Entrance Examination of Japan. The result showed that the skill of reading topographic maps demanded by geography education has changed according to the government curriculum guidelines. In addition, qualitative analysis of the verbal reports obtained from the subjects of university students revealed that the cognitive process of reading topographic maps varied with the types of questions and maps. (3) Concerning the promotion of spatial thinking with GIS, we developed teaching materials of GIS for the business of local government and tested its usefulness for municipal employees. However, we could not confirm the effect of GIS on the promotion of spatial thinking.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	0	1,600,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	2,500,000	270,000	2,770,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：人文地理学・人文地理学

キーワード：地理情報システム

1. 研究開始当初の背景

江戸時代の寺子屋教育でもみられたように、「読み書き算盤」は初等教育で習得すべき基礎的技能とみなされてきたが、英語圏でもこれに相当する 3R (Reading, Writing, Arithmetic) の学習が学校教育で重視されている。Balchin (1976)は、これに続く 4 つめの R として、地図・写真・概念図などの空間的表現を理解し活用する能力を指す「グラフィカシー (graphicacy)」という概念を提示した (志村 2006)。近年では、GIS 研究の第一人者である Goodchild (2006)も、ICT の発達につれて多種多様な空間情報が氾濫する現代では、4 つめの R として空間的リテラシーの重要性が増大していると指摘している。これは、米国学術会議が出版したレポート『空間的思考を学ぶ (Learning to Think Spatially)』 (National Research Council 2006)で示されている、空間的思考を育成するための GIS の活用という指針とも軌を一にしている。

このように、今日の地理教育や GIS 教育にとって、空間的思考は重要な鍵概念になりつつあり、英語圏ではその基礎的要素の検討 (たとえば, March et al. 2007; Golledge et al. 2008) が進められている。日本でも、2008年に日本学術会議が空間的思考をテーマにしたシンポジウムを開催し、2009年に日本で開催された国際地理学連合 (IGU) 地理教育コミッションの会合でも、空間的思考が中心テーマに掲げられるなど、徐々に関心が高まっているが、その理論的体系化や時代の状況に見合った学習教材の開発は、十分に進んでいないのが現状である。こうした課題に対しては、既往の行動地理学や認知心理学における空間認知研究の成果の応用と GIS の活用により、解決の糸口が得られると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、申請者らが専門とする行動地理学と認知心理学の成果に基づいて、空間的思考の構成要素を体系化し、その育成の

ために GIS を活用する方法を検討することにある。とくに、地図は空間的思考のツールとして重要な役割を担ってきたが、その表現がデジタル化にともなって多様化していることをふまえて、様々な地理情報を処理して表現する GIS を活用した空間的思考の育成方法とその有効性について理論的・実証的に検討する。

3. 研究の方法

本研究は、(1)空間的思考の構成要素の体系化、(2)空間的思考に関わる教科の相互関係の分析、(3)空間的思考の育成のための GIS の活用、という 3 つのサブテーマに分けて、研究分担者間で協力して実施し、若林が全体の総括を担当する。

(1) 空間的思考の構成要素の体系化 (おもに石川が担当) : 行動地理学や認知心理学での空間認知研究の成果に基づいて、空間的思考の構成要素を特定し、それらの相互関係を整理する。その際には、National Research Council (2006) が提示した、空間的概念、空間的表現、空間的推論の 3 つを手がかりにしながら、それぞれの要素の具体的内容、およびそれらの相互関係を理論的に検討する。とくに、空間的能力 (Spatial abilities) (Golledge and Stimson 1997) を構成するとされてきた、空間的視覚化 (spatial visualization)、空間的方位 (spatial orientation)、空間的関係 (spatial relation) が、空間的思考とどのような関係にあるのかが一つの検討課題になる。また、Golledge et al. (2008) が地理空間の概念化の要件と考えた空間的プリミティブ (primitive) とその派生語 (derivative) は、空間的概念の基礎的要素と考えられるが、それらは空間的表現や空間的推論とどのように関わるのかについても検討する。これらの作業には、文献研究だけでなく海外の研究者からの情報収集、ならびに得られた知見の妥当性を検証するための予備的な実験が含まれる。

(2) 空間的思考に関わる教科内容の分析 (お

もに村越が担当)：(1)の作業結果を参考にし、初等・中等教育の教科書と学習指導要領を分析し、地理と他教科での空間的思考に関わる学習内容を明らかにする。その上で、過去の大学入試センター試験の問題を対象に、空間的思考に関わる出題を抽出し、中等教育段階で求められる空間的思考の要素と内容を整理する。そうして得られた各教科の学習内容に基づいて、空間的思考力を測るための複数の教科にまたがる試験問題を作成し、大学生を対象にして実施する。その成績を分析することで、各教科で求められる空間的思考の相互関係が明らかになり、また他教科に対する地理教育の位置づけも明確になると考えられる。さらに、(1)の作業結果に基づいて空間的思考の要素を測るための経路探索、地図読図、視覚化などの課題を作成し、少人数の被験者を対象にした解答プロセスの発話情報を収集し分析しながら、認知心理学的な考察を加える。

(3) 空間的思考の育成のための GIS の活用 (おもに若林が担当)：(1)と(2)の結果をふまえて、空間的思考の3要素(空間的概念、空間的表現、空間的推論)に関する、GISを活用した教材開発に取り組む。

空間的概念については、GISで用いる地理空間データが、実空間から抽出、変換されて作成・処理される過程を理解することによって、習得されると考えられる。発達心理学のピアジェモデルでは、児童期に成人と同等の空間的概念が獲得できるとされてきたが、実際には成人でも方向感覚の個人差にみられるように、空間的概念には多様性がある。そこで、従前の発達モデルを再検討しながら、成人を含めた空間的概念の獲得過程を捉え直す。

空間的表現については、GISの出力形式としての地図やグラフの作成を通して、効果的な表現方法を学ぶことができる。その際には、地図学の指導法が参考になると思われるが、とくにデジタルの地理空間データで可能になる多彩な表現の効果についても検討する。

空間的推論については、GISを用いて主題図を対話的に作成し、その読図を通じた問題の発見、解決策の提示にいたる思考過程を、(1)で明らかになった空間的思考の構成要素をふまえて理論的に考察する。

これらの検討作業は、主として少人数の被験者に対する発話記録などの質的データの分析によって行うが、その結果をふまえて、GISによる空間的思考のための教材を開発する。それとともに、開発した教材の効果について、大学生を対象にした検証を行う。具体的には、ある対象地域でのハザードマップの利用といった現実の場面を設定し、GISで地理空間データを処理しながら問題の発見から解決に至るまでの課題を被験者に提示

する。そして、課題解決における被験者の思考過程について、発話情報を収集しながら詳しく分析し、教材を評価する。その結果をもとに、教材の改善を図るとともに、受講者のレベルに応じた段階的な教材構成の内容を検討する。

4. 研究成果

(1) 空間的思考の構成要素の体系化

空間的思考を構成する空間概念、空間表現、空間的推論の3要素と内容について、内外の関連分野の文献を収集するとともに、空間的リテラシー、空間的能力など類似する概念との関係を図1のように整理した。また、地理空間的思考の代表的な例であるナビゲーションに関する方向感覚質問紙と視覚化を含む空間的思考に関する質問を併せて実施することで、その因子構造を検討した。データ数の少ない暫定的な結果であるが、地理空間的思考と空間的思考は有意な相関を持ちながらも、ある程度独立した因子が得られた。

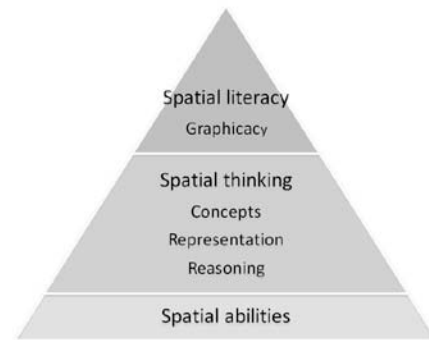


図1 空間的思考に関連する概念の関係

空間的思考とGISの構成要素との関連性については、東京で開催された国際会議STGIS2011で発表し、海外の研究者と討論した。その結果をふまえて、空間的思考と空間的能力との関連性を明らかにするために、空間能力テスト、空間思考課題、大規模空間の把握に関する方向定位課題、および空間的思考と方向感覚に関する質問紙調査を実施した。得られたデータは分析中で、その結果をもとに次年度には検証実験を行う予定である。

(2) 学校教育課程における空間的推論の認知過程

大学入試センターの問題から知識を問う比率の少ない、空間的表現を利用した設問を選び、大学生と地理・地質の専門家の二つの集団に発話思考法により問題解決をさせ、そのプロセスをプロトコル分析した。その結果、提示された空間表現から心的表象を形成する際の詳細さのレベル設定に独特の過程が見られた。これは空間表現の多くが持つアナ

ログ的な性質から適当なレベルの情報を抽出することに寄与していると考えられる。

また、大学入試センター試験における過去の地形図読図問題の内容を分析し、学習指導要領の改訂に伴う出題傾向の変化を分析した。その結果、従来は地図記号や地形的特徴の読み取りが主体だったが、最近は新旧地形図の比較や地図に直接描かれていない事柄を推理するような、高次の思考力を試す設問が増加していることがわかった。また、大学入試センター試験の問題から地形図読図問題を選定し、大学生を対象にプロトコル分析などを用いて解答過程を分析したところ、出題内容によって解答過程が異なることがわかった。

(3)空間的思考の育成のためのGISの活用

行政でのGISの利用と空間的思考の育成を目的とした教材を作成し、自治体職員向けGIS講習会で実際に使用した。その結果、教材の有効性と課題が明らかになった。また、GISの専門研究者にアンケート調査を実施し、GISの構成要素が空間的思考と関連していることはわかったが、空間的思考の教育にGISがどの程度効果的かは明確にはできなかった。この点については、今後の課題としたい。

本研究課題の3つのサブテーマのうち、空間的思考の育成のためのGISの活用については、十分な成果が得られなかったが、残りの2つのサブテーマについては、目標をほぼ達成できた。GISには、様々なレベルのユーザを想定したものがあり、最近ではGoogleEarthやカーナビのように、GISの機能を組み込んだ様々なツールも普及している。そのため、空間的思考の教育にとってGISの効果や活用を考える際には、空間的思考の要素やユーザのレベルに応じてソフトやツールを選定して検討する必要があると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

1. 村越 真 2012. 登山・アウトドアの立場から電子国土基本図への移行を考える. 地図情報 120: 13-15. 査読無
2. Wakabayashi, Y. and Ishikawa, T 2011. Spatial thinking in geographic information science: a review of past studies and prospects for the future. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 21: 304-313. 査読無
3. Wakabayashi, Y., Itoh, S. and Nagami, Y. 2011. The use of geospatial information and spatial cognition of taxi drivers in Tokyo. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 21: 353-361. 査読無
4. 村越 真・小山真人・上西智紀 2011. ジ

オパークでの地形・地質学的特徴把握を促進する地図表現の検討—赤色立体地図を事例として—. 地図 49(3): 17-27. 査読有

5. 村越 真・山本祐一 2011. 校内ハザードマップ作成による学習者の危険認知スキルへの効果. 静岡大学教育実践総合センター紀要 19: 103-111. 査読無
6. 村越 真 2010. ナヴィゲーションの地図読み. 地理 55(6): 10-22. 査読無
7. 村越 真 2010. 方向感覚と都市空間. 都市計画 59(3): 31-35. 査読無

〔学会発表〕(計6件)

1. Wakabayashi, Y. and Ishikawa, T. 2011. Spatial thinking in geographic information science: a review of past studies and prospects. STGIS 2011.9.15 東京.
2. Wakabayashi, Y., Itoh, S., and Nagami, Y. 2011. The use of geospatial information and spatial cognition of taxi drivers in Tokyo. STGIS 2011.9.15 東京.
3. Wakabayashi, Y. 2011. The role of geographic knowledge and spatial abilities in map reading process: Implications for geospatial thinking. International Cartographic Conference (ICC) 2011.7.5 パリ.
4. 村越 真 2011.9.25 空間的課題の問題解決過程とその特徴. 日本認知科学会 東京.
5. 若林芳樹・石川 徹 2010.10.24 地理情報科学と空間的思考. 第19回地理情報システム学会 京都.
6. 村越 真・小山真人・上西 智紀 2010.10.9 ジオツアーによる大地の成り立ちの理解とその価値への気づき. 2010年度日本火山学会大会 京都.

〔図書〕(計2件)

1. 若林芳樹 2011. メンタルマップと文化. 中俣 均編『空間の文化地理』朝倉書店 44-68.
2. 村越 真・小泉成行 2011. 『山岳ナビゲーション』エイ出版. pp. 128

6. 研究組織

(1) 研究代表者

若林 芳樹 (WAKABAYASHI YOSHIKI)
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授
研究者番号：70191723

(2) 研究分担者

村越 真 (MURAKOSHI SHIN)
静岡大学・教育学部・教授
研究者番号：30210032

石川 徹 (ISHIKAWA TORU)
東京大学・空間情報科学研究センター・准
教授
研究者番号：70436583

(3) 連携研究者

なし