

【総説・展望】

地図と空間認知をめぐる理論的・応用的諸問題

若林 芳樹*・鈴木 晃志郎*

キーワード：地図利用，地図デザイン，空間認知，情報伝達，GIS

1. はじめに

従来，地図は紙媒体の枚葉図や地図帳の形式をとることが多かったが，今日では電子媒体による提供が一般化し，インターネットや街頭にも多種多様な地図が氾濫している。このように，素材も形態も多様化した地図は，人間を取り巻く情報環境の一部を構成しており，いまやユビキタス化しているともいえる。こうした現代の状況下で人間の空間認知を考えると，地図は重要な研究対象になる。

地図学で空間認知に関わるテーマが本格的に関心を集めるようになってから，およそ30年が経過したが，心理学をはじめとする空間認知研究でも，地図を素材にした研究例は少なくない。そうした地図の認知に関する研究は，認知地図学 (cognitive cartography) (Blades and Spencer, 1986) とも呼ばれており，Montello (2002) は，その領域を①地図デザイン研究，②地図を用いた心理学的研究，③地図教育に分けている。このうち，本稿は③を除く二つの領域に焦点を当てる。ここで，①と②の違いは，地図の表現自体を説明変数にするか否かにあると見てよい。つまり，①の研究は，表現の異なる地図が空間認知にもたらす効果の違いに焦点を置くのに対し，②では空間認知の性質を理解する素材の一つとして地図を使用するため，その内容や表現は必ずしも重要な関心事ではない。

とくに最近では，デジタル化に伴う地図利用や情報伝達様式の変化が一つの関心の焦点をなしており，若林 (2003 a) は，地図の発展形態としてのGISと空間認知をめぐる諸問題を四つの領域に整理した。本稿は，そこで示された枠組みに依拠しながら，とくに地図と空間認知に関する理論的・応用的諸問題を概観し，それがデジタル化によっていかなる影響を受けるのかを検討する¹⁾。

2. 空間認知の概念モデルとしての地図

まず，空間認知研究にとって地図は概念モデルとして重要な意味をもつ。これは，心理学者 Tolman (1948) が考案した「認知地図 (cognitive map)」という概念が，人間や動物の空間認知を地図に見立てたアナロジーに依拠していたことにも表れている。つまり，認知地図研究は，現実の地図と認知地図に共通した，地理的環境の空間情報を処理・貯蔵・生成・利用するという機能に着目しながら，空間認知の特性を地図との対比で捉えてきたといえる (若林, 1999)。

たとえば，地図に見立てた空間認知の発達過程は，一般にルートマップからサーヴェイマップへの移行として捉えられてきた (Hart and Moore, 1973)。ルートマップとは，ある地域における移動のルートを中心にたどって構成される表象で，サーヴェイマップとは，ある地域における事物相互の配列関係を表したものである (Shemyakin, 1962)。Siegel and White (1975) は，その移行過程を，①個々のランドマークの記憶，②ランドマークの系列としてのルートの理解，③複数のランドマークやルートの統合，④すべてのルートが統合されたサーヴェイマップの形成，という段階に分けている。これらの段階を経て，次第に空間のメトリックな特性が理解され，メンタルマップの正確さも高まると考えられてきた。

こうしたモデルが，地図の歴史的発達過程と個人の認知地図の形成過程との対比に基づいていることは明らかである。しかし，最近では空間認知が必ずしもこのような段階を経るのではなく，ルートマップとサーヴェイマップが平行して発達し，必要に応じて使い分けられているという見方が支配的になりつつある (若林, 1999; 岡本, 2000)。たとえば Hart and Berzok (1982) は，表1のように，ルートマップとサーヴェイマップを，認知地図に含まれる情報の正確さに基づいて，五つのタイプに細分化している (空間認知の発達研究会, 1995, p.245)。これは，認知地図のスタイ

* 東京都立大学大学院理学研究科

表1 ルートマップとサーヴェイマップの細分化

正確さの水準	表示方略	
	系列的 (ルートマップ型)	同時的 (サーヴェイマップ型)
位相関係 距離 距離・方向	順序マッピング 間隔マッピング 正確なルートマッピング	緩い位相的マッピング — 正確な同時表示方略

Hart and Berzok (1982) に基づいて筆者が作成。

ルとメトリックな性質とを区別した上で、サーヴェイマップが常にルートマップよりも正確さで勝るわけではないことを示している。

また、最近では認知地図を地図に見立てる素朴なアナロジー自体が見直しを迫られており、認知地図が地図に類似した機能を担っていることと、それが地図のような形態をとることは別問題だと考えるべきである(若林, 1999)。しかしながら、GISをはじめとするデジタル化の影響を受けて、地図の形態や機能が大きく変化している現状に鑑みると、地図からGISへと見立ての対象を代えることで、空間認知研究を再構築することも可能かもしれない。じっさい、地図のデジタル情報と認知地図は、有形性がなく直接目にするのできないという点で類似性を持ち、Moellerling (1980) は両者を「ヴァーチャル地図」という分類に含めている。そのため、認知地図をGISに見立てて、「内なるGIS」(Golledge, 1992) とみなすと、それは絶えず書き換えられる動的な表象として捉え直すべきだろう。

3. 空間的知識の情報源としての地図

本稿の冒頭でも述べたように、情報化の進展に伴って、地図は一部の専門家だけでなく、一般人の生活にも広範に浸透してきている。その結果、地図は人間が空間的知識を獲得する際の有力な情報源にもなる。

従来、空間的知識の由来は、空間移動による直接情報源、および地図などを通じた間接情報源に分けられてきた(Downs and Stea, 1973)。しかし、デジタル化やGISの普及に伴い、こうした二分法は見直しを迫られており、Montello and Freundschuh (1995) は、表2のような四つに分類し直している。このうち、①の直接的環境経験は直接情報源に相当し、残る②～④は間接情報源に含まれる。

従来の認知地図研究の多くは、Tolman (1948) によるネズミの迷路実験以来、①に関わる移動行動による空間的知識の獲得に関心を向けてきたといえる。これに対して、地図に代表される間接情報源に着目した

表2 空間的知識の情報源

直接情報源
①直接的環境経験(例:空間移動)
間接情報源
②静的な絵画的表象(例:紙地図, 絵画, 写真, 模型)
③動的な絵画的表象(例:動画, ビデオ, 映画, VR)
④言語(例:道案内文)

Montello and Freundschuh (1995) に基づいて筆者が作成。

研究は、やや遅れて始まった。地図は間接情報源の代表的なものであるが、②にはこの他に絵画や写真、立体模型なども含まれる。

こうした静的表象に動きや変化を与えたのが③で、そこには動画、映画・ビデオ、それにVR(ヴァーチャル・リアリティ)などが含まれる。それらは、デジタル化とともに登場したマルチメディア地図の構成要素にもなっており、空間移動をリアルに疑似体験できるため、直接情報源と間接情報源の区別はいつそう曖昧なものになる可能性がある。

一方、④には書き言葉や話し言葉といった自然言語による情報伝達が含まれ、地図を代替あるいは補完する役割を担うことになる。たとえば、地図のような絵画的表象に比べて言語は空間表現の抽象度が高く、情報量や精度は低い(Freundschuh and Mercer, 1995)。一方、言語表現では視点を柔軟に変えたり、情報を調整する自由度も高いため、他の情報源より多様な表現が可能になる(Taylor and Tversky, 1995)。

実際には、空間的知識は複数の情報源から獲得されるため、異なる情報源からの知識がいかに統合されるのかも、今後検討すべき課題として残されている。とくに、デジタル化によって直接情報源と間接情報源との境界が曖昧になり、後者には従前の紙地図と異なる性質をもった新しい媒体が数多く含まれる。このため、地図と空間認知との関わり方も変化しつつある。こうした状況を理解するには、内的表象としての認知地図と外的表象としての現実の地図とが相互浸透した状態を想定するPortugali (1996) の表象間ネットワーク(IRN)モデルが有効かもしれない。

4. 地図を通して獲得した空間的知識の性質

では、地図から獲得される空間的知識には、他の情報源とどのような違いがみられるのだろうか。Mark and Freundschuh (1995) は、その特徴として、対象となる空間が一目で見渡せない大規模空間なため、それを操作可能な小規模空間に表現し直して、利用されるという性質に着目する。すなわち、地図の読図場面

や GIS のユーザ・インタフェースには、眼前に地図が表示される「視覚的空間」、地図やコンピュータを操作する「触覚的・運動感覚的空間」、それに地図が描く対象である「地理空間」という、異なるタイプの空間が介在している。

これらの空間を利用者がどのように関連づけて認知するのかを考えるために、彼らは Lakoff (レイコフ, 1993) の経験的実在論 (experiential realism) に着目する。すなわち、人間の認知的カテゴリーや概念は、日常の操作可能な空間での体験に根ざしており、それは 3次元の対象物中心的または自己中心的な参照枠に依拠している。これに対し、地図や GIS が扱う大規模な地理空間は 2次元的で、経度・緯度などの外部の参照枠によって位置を定められる。Lakoff は、身体によって媒介された体験に根ざす空間概念を基盤として、これらの異なる空間が、隠喩によって関連づけられると考えている。

このような地図を通して取得した空間的知識の特性は、おもに移動行動から得た知識との比較を通して検討されてきた。それらの研究から、地図から得た空間的知識には、表 3 のような特徴があることがわかっている (若林, 1999, pp.194-195)。ここでは、とくに豊富な研究の蓄積がある系統的歪みと方向のバイアスについて詳しく述べてみたい。

4.1 系統的歪みと正確さ

Tversky (1981) は、おもに地図から得た空間的知識に表れる、二つの系統的歪みの傾向を指摘した。まず第一に、近接した地物同士が群として知覚され、実際には不揃いでも直線状に整列したものとして想起される傾向がある。第二に、対象に内在する基準軸が基本方位などの参照枠と一致するような回転が加わる。これらは、いずれもゲシュタルト心理学の知覚体制化の原理に由来し、前者は近接の要因に、後者は共通の運命の要因にそれぞれ関係している。こうした性質は、地図に限らず画像を知覚して記憶する過程でほぼ共通にみられる傾向でもある。

この他に認知地図へ系統的歪みをもたらす作用とし

て、空間的知識の階層構造と基準点の影響がある (若林, 1999, p.88)。前者によると、行政界などによって地図上に境界が示されている場合、空間的知識が領域に細分化されて階層的に組織されるため、下位の階層に属する地点間の位置関係は、それが属する上位の階層の領域間関係に影響された系統的歪みを生じる (Stevens and Coupe, 1978; 若林, 1997)。後者は、空間的知識が重要度の高い基準点によって組織されているため、基準点とその他の地点との認知距離が非対称になり、とくに基準点近傍の空間が過大評価されるというものである (Holyoak and Mah, 1982)。

地図から得た空間的知識には、このような系統的歪みが生じるものの、一般的には移動行動から形成される認知地図の方が、個人差も現実の地図からの乖離も大きくなるのがわかっている²⁾(Evans and Pezdek, 1980; Thorndyke and Hayes-Roth, 1982; Lloyd, 1989)。つまり、地図を用いた空間学習の方が移動行動による場合に比べて、サーヴェイマップに近い認知地図を形成しやすく、空間的知識を他者と共有するのに地図学習は有効であるといえる。

4.2 方向のバイアス

地図によって空間を学習した場合、使った地図の向きに影響を受けて異方性を帯びた認知地図が形成されることがある。その結果、学習時の地図の上側と、地図利用者が身を置く環境に対する身体の向きとが一致しない場合、方向判断が困難になる。これを「整列効果 (alignment effect)」と呼ぶ。たとえば、街角の案内図を見たとき、身体の向きと地図の向きが違っていると読みとり難いと感じるような場面を思い浮かべてもらえればよい (Levine et al., 1982)。そうした現象は、移動行動による空間学習ではみられない (Presson and Hazerligg, 1984; 天ヶ瀬, 1994)。つまり、地図の読図から形成される認知地図は方向が固定されているのに対し、移動行動による認知地図は方向のバイアスを受けにくい。

ただし、地図の向きを変えながら学習した場合、方向のバイアスは生じないことがある (MacEachren,

表 3 地図と移動行動から獲得した空間的知識の違い

	移動行動からの知識	地図からの知識
認知地図のスタイル	ルートマップ的	サーヴェイマップ的
現実からの乖離	大	小
個人差	大	小
参照枠	自己中心的	対象中心的
方向のバイアス	なし	あり (整列効果)

1992a; Lloyd and Cammack, 1996)。そのため、認知地図の向きが固定されるかどうかは、必ずしも地図が移動行動かという情報源によるのではなく、空間を学習する状況に左右されると考えるべきであろう。

整列効果が生じるメカニズムについて、天ヶ瀬(1991)は、地図上の位置関係が単なる図形としてではなく、身体を取り囲む環境内の配置として知覚されることに原因を求めている。一方、松井(1992)は、同時に意識された複数の参照枠間の干渉に原因を求め、地図の参照枠と身体の周囲の参照枠とが一致しないときに整列効果が生じるという説明を与えている。前者は整列効果が生じる外部の状況からの説明、後者は基礎的な認知過程による説明といえるかもしれない。

こうした整列効果は、カーナビゲーションシステム(以下、カーナビと略称する)の地図表示にも関係する。たとえば、現行のカーナビで表示される地図には、常に北を上に向けた「ノースアップ」と進行方向を上に向けた「ヘディングアップ」という二つのモードがあるが、どちらが使いやすいかは、個人の好みや利用目的によって異なるらしい(新垣・野島, 2001, p.146-147)。このように、地図の読図が、記号表現だけでなく、使用される状況や個人差にも影響を受けることは明らかである。

したがって、地図の向きを身体の向きに一致させる「整置」が効果的かどうかは、使用される場面によっても違ってくる。天ヶ瀬(2000)は、それに影響する要因として、地図や地域に馴染んでいる程度、領域内における習慣的空間行動の動線の有無、地図の描画様式、認知的空間枠組みをあげている。そして、整置が有効なのは、局所局所での方向判断のような状況即応的な課題であり、広い領域に関するプラン的な課題には有効でないと結論づけた。

5. 地図化能力の起源

空間的知識の情報源としての地図の役割が高まるにつれて、地図を読み書きする能力も重要性を増すことになるが、それはどのようにして獲得されるのだろうか。地図と類同的な形式で空間を表現したり、地図を判読し利用する地図化能力(mapping abilities)に関する研究は、Blautら(Blaut *et al.*, 1970)によって始められた。

まず、地図を理解するには、他視点からの見え方を予想でき、地図記号の意味をわかっている必要がある。このうち前者の他視点取得については、空間的能力の

発達が増齢に伴って段階的に進むというPiagetの発達モデル(Piaget and Inhelder, 1956)が知られている。Blautは、これが地図化能力の場合にも当てはまると考え、3才から7才までの児童に対し、風景・空中写真の判読(Blaut *et al.*, 1970)、地図模型の作成、経路探索、および地図模型の認識(Blaut and Stea, 1974)について検討した。しかし結果は、未就学期の子どもでも地図の判読・作成・使用が可能であった。Blautらは、抽象度と表意性の低い文字よりも地図記号は理解しやすいと考え、地図化能力は文化を越えて生まれつき備わっていると結論づけた。こうして彼らは、個体発生レベルの地図化能力がPiagetのモデルとは合致しないと考える生得説を提唱した。

この説に異議を唱えたのは、Piagetの構成説に依拠するDownsとLiben(Liben and Downs, 1989)である。彼らの主張は、1980年後半に行われた、地図の概念化、判読、利用の3課題からなる一連の実験に基づいている(詳しくは、鈴木(2000, p.388)を参照)。このうち、地図と現実空間とを対応付ける地図利用課題は、Blautの研究になかったものである。実験の結果、媒体の種類や撮影角度、地物の形状によってBlautらと異なる結果が得られた。これを根拠に、Downsらは生得説批判を展開していく。

Liben and Downs(1989)は、地図理解の習熟が微視発生的に進むというモデルを提唱した。このモデルでは、個人が成長の過程で利用してきた種々の媒体とのなじみの度合いによって、成人であっても習熟度が低い水準にとどまる可能性がある。Downs and Liben(1991)は、大学生を対象としてこのモデルを検証し、地図化能力が必要な射影的表現の理解ですら正しくできない人がいることを確かめた。

地図化能力は生得的なのか、それとも学習や経験によっても獲得されるのかをめぐって、双方は1997年の全米地理学会誌上で討論を行った。しかし、その内容は、地図化能力の普遍性や生得説の是非よりは、媒体や手続きの妥当性を巡る議論に終始している。2000年11月、論争の中心人物だったBlautが死去したことにより、地図化能力をめぐる議論は、合意点を見出せぬまま宙に浮いた形となった。彼の死後に発表された論文(Blaut *et al.*, 2003)では、空間認知の普遍性を支持する隣接分野の研究例にも触れながら、Blautらのグループが行った研究に補足的な調査を加え、改めて生得説を主張している。一方、Downsらの主張にも大きな変化はない。

これらの論点を整理した鈴木 (2000) は、そもそも地図化能力がどのような能力を指すのかについての明確な合意が成り立っていないことを指摘した。このことは、双方が用いた媒体や課題の違いにも現れている。つまり、Blaut らは実験の素材として空中写真を使ってきたが、何を地図とみなすかという点を棚上げしてきた。このことが、議論を混乱させた一因と考えられる。一方、Downs らも、空間的視覚化能力と現実世界における空間認知を区別するあまり、両者の関係を切り離れた議論を行ったため、被験者の社会的・文化的背景に十分な注意を払っていない。

そこで Newcombe and Huttenlocher (2000, pp.176-177) は、地図を社会的に共有された象徴体系を伝達する文化的産物とみなす Vygotsky (ヴィゴツキー・ルリア, 1987) の発達説を第三の立場として挙げている。これは、発達を漸進的なものと捉える点で構成説に類似しているが、発達における支援や道具的手助けを強調する点で異なる (竹内, 2003)。

一般に、地図記号には図式的なものから絵画的なものまで様々なものがあり (MacEachren, 1995)、抽象度の高い図式的記号は、視覚的特徴だけでは理解できない。一方、抽象度の低い絵画的記号は、早期の発達段階で理解できると考えられる。つまり、地図化能力は、Blaut の重視した空中写真判読など比較的低次の能力から、Downs らの重視した抽象的記号に対する比較的高次のものまで、段階的に捉えるべきである。少なくとも抽象的な記号 (symbol) と指示物との関係は恣意的になりがちのため、同じ記号でも文化や社会によって違った意味を担うことがある。そうした記号を含む高次の地図理解には、文化的差異を強調する Vygotsky らの視点が有効であろう。

6. 地図の読図と利用の多様性

前章で述べたように、地図化能力をめぐるのは、いくつかの異なる見解がみられるものの、地形図のような専門性の高い地図の読図には、一定の空間的能力や教育・訓練が必要である。そのため、地図利用者の側の要因も無視できない。地図利用にみられる個人差については、Blades and Spencer (1987) が英語圏での調査事例を紹介しており、若林 (2003b) も日本の大学生を対象にした調査を行い、地図の種類によって用途や利用者の特性が異なることを明らかにした。ここでは、地図の読図にみられる多様性に関するいくつかの論点を整理してみたい³⁾。

6.1 熟達者はどのように地図を読むのか?

地図の読図にみられる熟達者 (expert) と初心者 (novice) との比較を行った代表的な研究として、Thorndyke and Stasz (1980) がある。この研究で被験者は、市街地の地図と広域の地方の地図を学習した後で、地図を描いたり地図上で経路探索する課題を遂行した。その結果を初心者と熟達者として比較すると、二つのグループの差は、注意の配分、符号化方略、評価の仕方に表示された。ただし、課題の成績自体はグループ間で顕著な差がなかった。

この研究で地図の利用経験による違いが明瞭にみられなかった原因は、用いた地図が単純だったことも考えられる。そこで、より専門的な技能を必要とする等高線入りの地形図を用いて追試した Gilhooley *et al.* (1988) は、初心者と熟達者の間での明確な差を見出している。また、Kulhavy *et al.* (1992) は、National Geographic 誌に掲載されたやや複雑な主題図を用いて、高校生と大学の地理学専攻生による読図過程を比較し、Gilhooley *et al.* (1988) と同様に地図利用経験による顕著な差を検出した。

この他にも、初心者と熟達者の間での地形図の読図の仕方を比べた研究は少なくない。たとえば、読図の際の眼球運動を調べて熟達者の方が注視点での停留時間が短いことを見いだした Chang *et al.* (1985)、オリエンテーリングの熟達者と初心者の推論にみられる違いを指摘した Crampton (1992)、熟達者が地図に描かれてない事実を文脈や既有知識に基づいて推理できることを示した村越 (1991, 1995)、地形図から景色を想像する課題で地図利用経験が影響することを明らかにした Montello *et al.* (1994) などがある。一方、デジタル地図については、CRT モニター上に表示された地図の読図を McGuinness (1994) が検討している。

このように、熟達者と初心者間で地図の読図の仕方に差があることは明白であるが、前述の Thorndyke and Stasz (1980) と Gilhooley *et al.* (1988) の研究結果の相違にみられるように、地図の種類によってもその現れ方は異なる。

6.2 地図の読図能力に男女差はあるのか?

地図の作成や読図は、人間の空間的能力と密接に関係しているが、Golledge and Stimson (1997, pp. 157-158) は、それを「空間的可視化」、「空間的定位」、「空間的關係」の三つに分けている。空間的可視化とは、2次元・3次元の絵画的視覚刺激を心的に操作す

る能力で、その下位能力には配置の認識・記憶・想起などがある。空間的的定位は、視覚刺激の要素を理解して別の視点からの見え方を想像する能力で、前述の地図化能力に不可欠のものである。空間的關係は、空間的形状やパターンを識別する比較的高次の地理的技能に關係している。

Self *et al.* (1992) や Self and Golledge (1994) によると、空間的可視化については、正確さでは女性が、迅速さで男性が優れているといわれている。これに対し、空間的的定位では男性の方が優れているという報告が多いものの、その反証例も少なくなく、空間的關係についての性差はみられないという研究結果も得られている。この他に心理学では空間的能力の性差を検討した事例は少なくない(竹内, 1998) が、ひとくちに空間的能力といっても、どの側面を捉えているかによって、性差の現れ方が違ってくる。

地図の読図にみられる男女差を検討した地図学者による代表的な研究として、主題図と道路地図の読図や利用に関する実験を行った Gilmartin and Patton (1984) がある。この研究では、地図を利用する技能に性差はみられず、低年齢の女子は地図の読図に困難を伴うものの、年齢が高くなるにつれて性差は現れなくなると結論づけた。また、Gilmartin (1986) は地図と言語情報をイメージ化する能力を男女間で比較し、空間的關係の想起に際して地図の使用とイメージ化を促す教示が効果的で、男性は地図を使った場合に好成績を残すものの、空間的可視化では性差はみられないという結果を得ている。

こうした読図の条件によって性差の現れ方が異なるという知見を得た研究は少なくなく、参考図と地形図の読図を男女間で比較した Chang and Antes (1987)、架空の空間を学習する際の文脈情報の効果を調べた McNamara *et al.* (1989) などがある。

このように、与えられた課題によって結果が異なる原因として、問題解決方略の男女差が考えられる。たとえば、Ward *et al.* (1986) は、架空の地図を用いて言葉で道案内させる課題の遂行過程を男女間で比較し、男性は女性に比べて絶対方位や距離をよく使う傾向があると指摘している。また、Montello *et al.* (1999) は、経路探索、地図利用、場所学習などの様々な空間的課題の成績を男女間で比較し、女性は経路の知識を、男性は概観的知識を、それぞれ指向するという違いはあるものの、地図から得た知識に男女差はみられないことを明らかにした。

しかし、一定の訓練を積めば、こうした性差は解消されることもあるため、男女の能力差や方略の違いを固定的に考えるべきではない (Self *et al.*, 1992)。むしろ、空間的能力の性差の多くは生得的というより、経験による影響を強く受けており、社会的・文化的な性別役割やステレオタイプが、それを強化している可能性もある。

6.3 地図表現と空間認知の文化的差異

5章で述べたように、地図を利用する能力が文化を超えた普遍性をもつのかどうかについては、生得説と構成説の間で論争が展開されてきたが、地図表現にながしかの文化的差異があることは否定できない。そうした差異は、地図の歴史を単線的な発達系列に位置づける「ダーウィニアン・パラダイム」が批判を浴びている最近の地図史研究の動向(長谷川, 1993)に鑑みれば、発達段階や優劣の問題へと短絡的に結びつけられないことも明らかである。

こうした空間認知の文化的差異を捉えるための視点として、Montello (1995) は、「文化に起因する差」と「文化と共変動する差」とを区別した。その上で、文化を超えた空間的能力の普遍性をもたらす根拠として、神経系の組織、身体の構造とプロセス、学習と社会化、居住環境の類似性を挙げている。一方、文化的差異をもたらす原因については、言語による空間表現、絵画的知覚の仕方、行動圏と活動空間、幾何学や距離の測定単位といった空間の形式的測定法、環境の手がかりの相違が挙げられる。

しかしながら、文化的差異に関する証拠の多くは、伝統文化と技術的先進文化の比較に基づいており (Montello, 1995, p.495)、Montello 自身は文化的差異に対して懐疑的な立場をとっている。そのため、技術的先進文化の間での差については、改めて検討してみる必要がある。この問題を考えるための一つの糸口として、鈴木 (2001)、Suzuki (2003) は観光案内書にみられる道案内表現を日米間で比較し、住居表示方式や街路形態の違いなどが両国での道案内表現の差に表れることを明らかにしている。

7. 空間認知研究を応用した地図のデザイン

前章までに紹介した研究の多くは、地図を通した空間認知の一般的性質に関心を向けてはいるが、地図の表現や内容を十分に吟味してきたとは言い難い。その点が、単に実験の素材として地図を使った心理学的研究と地図デザイン研究との違いでもある。地図のデザ

インに空間認知研究を応用するには、むしろ地図の内容や表現が読図に与える効果が問題になる。この章では、そうした地図デザインの改善を意図した空間認知研究の成果を概観する。

7.1 地図デザインの認知科学的研究

職人芸的な性格の強い地図のデザイン技法が、科学的な研究対象として取りあげられるようになったのは、1970年代に入ってからである。とくに、地図の認知過程を調べることにより、地図デザインの科学的基礎を探求する、利用者指向の地図学研究が70年代後半から盛んになっている (Medycki-Scott and Board, 1991; Lloyd, 2000; Montello, 2002)。

そうした地図デザインの認知的研究の先駆けとなったRobinson (1952)は、地図デザインの科学的基礎を与えるために認知過程を研究することの重要性を指摘している。その後、地図デザインに関する理論的・実証的研究が蓄積されていくことになるが、理論的研究としては、地図コミュニケーション過程をモデル化したKoláčný (1969)や、地図表現の記号論的基礎をまとめあげたBertinの業績 (ベルタン, 1982)などがある (金窪, 1991)。一方、実証的研究には、基準となる記号が他の記号の大きさの評価に影響することを明らかにしたCox (1976)の他、視覚的效果を考慮して記号のサイズを決定する方法を求めたFlannery (1971)らの精神物理学的研究や、地図の読図における眼球運動を記録した研究 (詳しくは、Steinke (1987)を参照)などがある。これらの研究は、おもに地図の記号要素の表現と視覚との関係を検討したもので、この他にも知覚体制化、視覚探索、図と地の分化等に関する研究例がある (詳しくは、MacEachren (1995)の第3章を参照)。

こうした精神物理学に依拠した初期の実証的研究に対して、Robinson and Petchenik (1976)は、読図が単なる記号の大きさや濃淡の知覚以上のものであり、地図の認知特性に対する理解も必要であるという指摘を行った。つまり、精神物理学的研究では外部情報としての地図記号だけを要因とみなすわけだが、知覚・記憶・再生といった一連の認知過程を考える際には、人間の内部に蓄えられた情報の影響も考慮しなければならない (Blades and Spencer 1986, p.3)。また、行動主義パラダイムに依拠した精神物理学のアプローチでは、個々の記号要素の知覚しか対象にされず、地図全体の関係に基づく推論といった高次の認知的処理は扱えないという限界がある (Petchenik, 1983)。

そのため、1970年代後半には認知科学的なアプローチが台頭し、1975～82年に最盛期を迎えることになる (Gilmartin, 1992)。その後1980年代に一時的に下火になるものの、1990年代に入ると認知科学的地図デザイン研究は再び活発化し、最近ではアメリカ合衆国のLloydやMacEachrenがこの分野の研究をリードしている。

Lloydは、認知科学の情報処理モデルに基づいた読図過程に関する一連の研究を手がけ、その成果をLloyd (1997a)に集大成した。彼のモデルに従うと、読図の最初の段階は、検出 (何があるか) と弁別 (そこはどんな場所か) からなり、それを解釈する段階で、地図の情報に基づくボトムアップ処理と読み手の既知知識に基づくトップダウン処理が統合される⁴⁾。

このような地図の認知過程を観察するのは容易でなく、読図作業自体が複雑な認知的処理に関与しているため、それを統一的に捉えるには新たな枠組みが求められる。最近の認知心理学では並列分散処理 (PDP) モデルに基づくコネクショニスト理論に関心が高まっているが、これに依拠したLloyd (1994)はニューラルネットを使った地図学習実験を試みている。

ところで、1970年代に始まる地図コミュニケーション研究では、作成者の意図が比較的明確な主題図を主たる対象にしていたため、この他にも主題図の表現と認知に関する豊富な研究の蓄積がある。たとえば、コロプレス図の分級法については、階級数、階級幅の設定、配色などによる効果 (Brewer and Pickle, 2002など)、主題図における点記号の表示方法 (貞広, 1997, 1998など)、注記の大きさの決定法 (貞広, 1994など)なども検討されてきた。

こうした研究では、研究や教育に用いられる参考図や主題図が主たる対象になってきたが、日常生活での利用が多い道案内図を対象にした研究は、まだ少ない。数少ない研究例として、スタイルと複雑さが異なる地図を被験者に提示して自動車を運転してもらった実験を行い、言葉による案内文を添えた地図の有効性を見出したKovach *et al.* (1988)、色数・複雑さ・注記や凡例の付け方が異なる8種類の地図を学習して道順を示させる実験を行い、注記をランドマークに添えた地図が最も効果的であるという結果を得たDevlin and Bernstein (1997)などがある。また、若林 (2002)は、ルートマップ型とサーヴェイマップ型の道案内図を用いて空間学習とナビゲーションの成立条件を検討し、ナビゲーションの遂行にはいずれも同等の効

果があることを明らかにした。

これらの結果から、地図の種類や用途によって効果的な表現は異なると考えられる。地図の用途にも様々なものがあるが、少なくとも、地図デザインの効果を検討する際には、ナビゲーション、測定、可視化といった用途の違い (Blades and Spencer, 1987, p.67) を考慮すべきだろう。また、4.2で述べた整列効果は、同じ地図記号や表現をとる地図でも、使用される状況によって伝達効果が異なることを示唆する⁵⁾。

7.2 デジタル時代の地図デザイン

これまで述べてきた研究は、紙地図だけでなくデジタル地図にも応用可能な知見を多く含んでいることは確かだが、デジタル地図に特有の性質も存在する。空間認知研究の成果を応用して、利用者にとって使いやすいデジタル地図やGISのユーザ・インターフェースの設計を検討した研究の中でまとまった成果としては、Medyckyj-Scott and Hearnshaw (1993)の論文集“Human Factors in GIS”などがある。また、Wood and Keller (1996)の論文集“Cartographic Design”の中には、地図のデジタル化を強く意識した地図読図研究の事例があり、LCDパネルでの主題図表現、点記号の新しい表現方法の効果、分布図の類似性判定、地図の連続表示による効果といった話題が取りあげられている。一方、マルチメディア地図やGISのユーザ・インタフェースには、視覚情報だけでなく音声情報を使用することがあるため、言語による空間表現に関する研究 (Mark and Frank, 1991) も重要になってくる。

こうしたデジタル地図を強く意識した地図デザインに関する研究の集大成ともいえるのが、MacEachren (1995)である。それは、可視化をキーワードにしながら地図デザイン研究のパラダイム・シフトをめざしたものと見える。ここで、彼が提起したGVIS (地理的可視化 Geographic Visualization) の考え方に触れておきたい。

いうまでもなく、GISをはじめとする地図のデジタル化によって、地図そのものの表現や利用法も大きく変わりつつある。その変化をMacEachren (1995, p.368)は地図利用立方体 (map use cube) モデルに依拠して整理している。そのモデルは、対話性の程度、地図の使われ方が公的か私的か、情報が既知か未知か、という三つの軸から構成され、地図のデジタル化は、作成者側からの一方的なメッセージの「伝達」から、利用者側での自由な加工や情報探索ができる「可視化」

表4 地図利用における伝達と可視化の比較

地図利用特性	伝達	可視化
利用者との対話性 地図利用 地図の情報	低い 公的 既知の情報を提示	高い 私的 未知の情報を発見

MacEachren (1995) に基づいて筆者が作成。

への拡張としてとらえることができる (表4)。これは、表5に示したように、紙地図とは違ってデジタル地図では、縮尺や図郭の制約を受けにくく、3D・動画・音声などを組み合わせたマルチメディア表現が可能で、情報の更新も容易なため、地図制作者と利用者の間での対話性を高め、地図の表現と利用に高い柔軟性をもたらすからである (Longley *et al.*, 2001, p.251)。そのため、視覚の利用、平面的な表現、均一な縮尺、更新の困難さ、多数の利用者に合わせた多目的性、網羅性、正確で曖昧さを排除した情報、作成や更新にかかる時間の長さ、といった従前の地図の限界 (Goodchild, 2000, p.349) は、デジタル化によって克服されつつある。

GVISとは、科学的可視化と探索的データ解析の技術を駆使して、膨大な地理情報を効果的に可視化することをめざすものである⁶⁾ (MacEachren, 1995)。ただし、これまでのところ科学研究への応用に主眼があるため、日常的に利用される地図は対象になっていない。また、表現技法に重点が置かれており、認知的側面からの評価は十分になされていない。この他にもGVISの研究対象になっていない、デジタル地図の表現をめぐる課題の一つとして、スケール感の伝達がある。GISでは、地図の縮尺の概念が空間解像度やデータの精度に置き換わった (碓井, 2003, p.691) といわれているが、ユーザ・インタフェースに地図を用いる場合は、従前の縮尺に代わる新たなスケール表現を工夫する必要があるように思われる。

いずれにしても、デジタル化による新しい地図表現がどのような効果をもたらすかについては、従前の地図との比較を通して改めて検討する必要がある。これまで得られた知見から、少なくとも、デジタル地図が紙地図では困難だった多様な表現を可能にし、地図の利用範囲も拡大することは予想できる。それはまた、人々の間での地理情報の共有を促進するに違いない。

8. おわりに

本稿で述べてきたように、空間認知研究にとって地図は、概念モデルを提供するだけでなく、空間的知識

表5 紙地図とデジタル地図の性質の違い

	移動行動から得た知識	デジタル地図
スケール表示範囲	固定 固定	可変 可変
画像	静止画のみ	動画も可能
次元性	2次元表現が一般的	3次元表現も容易
情報の更新	修正・更新が困難	修正・更新が容易
情報の流れ	制作者からの一方的伝達	地図と利用者の対話性

Longley et al. (2001) などに基づいて筆者が作成。

の情報源としても重要な役割を担っている。一方、地図学にとって空間認知研究は、地図の利用やデザインに関わる理論的・応用的諸問題を解き明かす糸口を提供してきたといえる。

こうした地図と空間認知をめぐる研究は、地図のデジタル化によって新たな局面を迎えている。つまり、利用者との対話性の高いデジタル地図は、表示する要素や縮尺を必要に応じてカスタマイズできるため、作成者と利用者の境界を曖昧にし、「地図作成の民主化」(Kraak, 2002, p.59) ともいべき流れを生み出したのである。そのため、利用者指向の地図学研究がいろいろ求められるが、その際に空間認知研究との接点を検討すべき新たな課題に直面することになる。

たとえば、冒頭で述べたような地図のユビキタス化は、地図が利用される場面を多様化させ、状況に応じた効果的表現が求められることになる。4章で紹介した整列効果は、地図が使用される状況を考慮した効果的な伝達方法を考える必要性があることを示唆する。

こうした課題は、地図学にとって古くて新しいテーマでもある。じっさい、7章で述べた地図デザインの認知科学的研究の成果は、デジタル地図にもそのまま応用可能なものが少なくない。また、デジタル化によって地図の形態や利用の仕方が変われば、地図の読み書きに必要なリテラシーも変化するわけだが、従前の地図指導の基本となっていた地形図の読図が軽視されてよいというわけではない。たしかに、その場限りの使用を意図した道案内には、3次元画像や動画・音声を利用したマルチメディア地図が効果的かもしれないが、それが人間の空間的能力を高めるのに有効かどうかについては、地図指導や地理教育の見地から取り組むべき課題といえる。これらの問題を検討する際に、空間認知の観点からみた地図の研究は、いっそう重要な役割を担うことは間違いないだろう。

付記 本稿は、平成15年度日本学術振興会科学研究費・基盤研究B(研究代表者:若林芳樹, 課題番号:15300307)による成果の一部であり、その一部は、

2003年度日本地理学会春季学術大会で発表した。

注

- 1) 本稿に関わる話題を平易に解説した文献として、新垣・野島(2001), 村越(2003, 2004)がある。
- 2) こうした傾向は、移動行動が部分的な知識に基づくのに対し、地図が全体的な知識を与えることに起因すると考えられてきたが、MacEachren(1992b)は、むしろ空間を細分化する方略の影響が大きいという。
- 3) このほか、おもに触地図を対象にした視覚障害者に関する研究も数多く蓄積されているが、紙数の制約のため、別稿で改めて検討する。
- 4) ボトムアップ処理が卓越する知覚については、おもに視覚探索をテーマにして、視覚情報の統合のされ方が検討されており、Lloyd(1988), Lloyd(1997b), Brennan and Lloyd(1993)などの研究例がある。
- 5) これに関連して、主題図や参考図とその説明文の提示順序を変えて伝達効果を調べたKulhavy and Stock(1996)は、地図を先に提示した方が効果的であることを明らかにしている。
- 6) MacEachrenが中心になってICA(国際地図学会)に設置された可視化委員会の一連の成果は、著書(MacEachren and Taylor 1994)や*Computers and Geosciences*(Vol.23, No.4, 1997), *International Journal of Geographical Information Science*(Vol.13, No.4, 1999), *Cartography and Geographic Information Science*(Vol.28, No.1, 2001)など学術誌の特集記事にまとめられている。

参考文献

天ヶ瀬正博(1991): 認知地図の方向性—認知地図の整列性効果に関する考察. 人文論叢, Vol.20, 95-115.
 天ヶ瀬正博(1994): 環境・地図・遠近法・定位. imago [イマーゴ], Vol. 5, No. 2, 143-153.

- 天ヶ瀬正博 (2000) : 地図の向きに関する諸問題. 国際交通安全学会誌, Vol.25, 226-234.
- ヴィゴツキー, L.S., ルリア, A.R.著, 大井清吉・渡辺健治監訳 (1987) 『人間行動の発達過程』明治図書.
- 碓井照子 (2003) : GIS 革命と地理学—オブジェクト指向 GIS と地誌学的方法論—. 地理学評論, Vol. 76, 687-702.
- 岡本耕平 (2000) : 『都市空間における認知と行動』古今書院.
- 金窪敏知 (1991) : 『現代理論地図学の発達』大明堂.
- 空間認知の発達研究会 (1995) : 『空間に生きる—空間認知の発達の研究』北大路書房.
- 貞広幸雄 (1994) : GIS における文字の大きさの統計的決定手法. GIS-理論と応用, Vol. 3, No. 1, 33-44.
- 貞広幸雄 (1997) : 点分布図における空間クラスター知覚モデル. 地理学評論, Vol.70, 405-417.
- 貞広幸雄 (1998) : 点オブジェクトの分布における集散パターン認知に関する分析. GIS-理論と応用, Vol. 6, No. 1, 1-9.
- 新垣紀子・野島久雄 (2001) : 『方向オンチの科学』講談社.
- 鈴木晃志郎 (2000) : 地図化能力の発達に関する一考察—生まれ持つのか, 習得するのか—. 人文地理, Vol.52, 385-399.
- 鈴木晃志郎 (2001) : 観光案内図の空間表現から見た地図情報伝達の異文化比較. 地図, Vol.39, No. 3, 10-17.
- 竹内謙彰 (1998) : 『空間認知の発達・個人差・性差と環境要因』風間書房.
- 竹内謙彰 (2003) : 子どもは航空写真を地図的表現として理解できるか?. 愛知教育大学教育実践総合センター紀要, Vol. 6, 43-48.
- 長谷川孝治 (1993) : 地図史研究の現在—1980年代以降の英米の動向—. 人文地理, Vol.45, 156-177.
- ベルタン, J. 著, 森田 喬訳 (1982) : 『図の記号学』平凡社.
- 松井孝雄 (1992) : 空間認知の異方性と参照枠—整理効果はなぜ生じるのか? 慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要, Vol.34, 51-58.
- 村越 真 (1991) : 熟練者の地図記号理解. 認知科学会編 『認知科学の発展 Vol. 4』講談社, 171-197.
- 村越 真 (1995) : 1/25,000 地形図からの現実推測能力の心理学的検討. 地図, Vol.33, No. 1, 1-6.
- 村越 真 (2003) : 『方向オンチの謎がわかる本』集英社.
- 村越 真 (2004) : 『地図が読めればもう迷わない』岩波書店.
- レイコフ, G. 著, 池上嘉彦・河上誓作・辻 幸夫・西村義樹・坪井栄治郎・梅原大輔・大森文子・岡田禎之訳 (1993) : 『認知意味論』紀伊国屋書店.
- 若林芳樹 (1997) : 空間的知識の階層構造と認知地図の歪み. 中村和郎編『地理学「知」の冒険』古今書院, 41-61.
- 若林芳樹 (1999) : 『認知地図の空間分析』地人書房.
- 若林芳樹 (2002) : 道案内図を用いた地理情報の伝達とナビゲーションの成立条件. GIS-理論と応用, Vol.10, No. 1, 19-27.
- 若林芳樹 (2003 a) : 空間認知と GIS. 地理学評論, Vol.76, 703-724.
- 若林芳樹 (2003 b) : 大学生の地図利用パターンとその個人差の規定因. 地図, Vol.41, No. 1, 26-31.
- Blades, M. and Spencer, C. (1986): The implications of psychological theory and methodology for cognitive cartography. *Cartographica*, Vol.23, No.4, 1-14.
- Blades, M. and Spencer, C. (1987): How do people use maps to navigate through the world?. *Cartographica*, Vol. 24, No.3, 64-75.
- Blaut, J.M., McCleary, G.F. and Blaut, A.S. (1970): Environmental mapping in young children. *Environment and Behavior*, Vol.2, 335-349.
- Blaut, J.M. and Stea, D. (1974): Mapping at the age of three. *Journal of Geography*, Vol.73, No.7, 5-9.
- Blaut, J.M., Stea, D., Spencer, C. and Blades, M. (2003): Mapping as a cultural and cognitive universal. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, Vol.93, 165-185.
- Brennan, N., and Lloyd, R. (1993): Searching for boundaries on maps: the cognitive process. *Cartography and Geographic Information Systems*, Vol.20, 222-236.
- Brewer, C.A., and Pickle, L. (2002): Evaluation of methods for classifying epidemiological data on choropleth maps in series. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, Vol.92, 662-681.
- Chang, K. and Antes, J. (1987): Sex and cultural

- differences in map reading. *American Cartographer*, Vol.14, 29-42.
- Chang, K., Antes, J., and Lenzen, T. (1985): The effect of experience on reading topographic relief information: analysis of performance and eye movement. *Cartographic Journal*, Vol.22, 88-94.
- Cox, C. (1976): Anchor effects and the estimation of graduated circles and squares. *The American Cartographer*, Vol.3, 65-74.
- Crampton, J. (1992): A cognitive analysis of wayfinding expertise. *Cartographica*, Vol.29, 46-55.
- Devlin, A. S. and Bernstein, J. (1997): Interactive way-finding: map style and effectiveness. *Journal of Environmental Psychology*, Vol.17, 99-110.
- Downs, R.M. and Liben, L.S. (1991): The development of expertise in geography: a cognitive-developmental approach to geographic education. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, Vol.81, 304-327.
- Downs, R.M., and Stea, D. (1973): Cognitive maps and spatial behavior: process and products. Downs, R.M. and Stea, D. eds.: *Image and environment*. Aldine, Chicago, 8-26.
- Evans, G.W., and Pezdek, K. (1980): Cognitive mapping: knowledge of real world distance and location. *Journal of Experimental Psychology: Human Memory and Learning*, Vol. 6, 13-24.
- Flannery, J. (1971): The relative effectiveness of some common graduated point symbols in the presentation of quantitative point data. *Canadian Cartographer*, Vol.8, 96-109.
- Freundschuh, S.M., and Mercer, D.J. (1995): Spatial cognitive representations of story worlds acquired from maps and narrative. *Geographical Systems*, Vol.2, 217-233.
- Gilhooley, K.J., Wood, M., Kinnear, P.R., and Green, C. (1988): Skill in map reading and memory for maps. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol.40, 87-107.
- Gilmartin, P.P. (1986): Maps, mental imagery, and gender in the recall of geographical information. *The American Cartographer*, Vol.13, 335-344.
- Gilmartin, P.P. (1992): 25 years of cartographic research: a content analysis. *Cartography and Geographic Information Systems*, Vol.19, 37-47.
- Gilmartin, P.P., and Patton, J.C. (1984): Comparing the sexes on spatial abilities: map-use skills. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, Vol.74, 605-619.
- Golledge, R.G. (1992): Do people understand spatial concepts?: the case of first order primitives. Frank, A.U., Campari, I. and Formentini, U. eds.: *Theories and methods of spatio-temporal reasoning in geographic space*. Springer Verlag, Berlin, 1-21.
- Golledge, R.G., and Stimson, R.J. (1997): *Spatial behavior: A geographic perspective*. Guilford, New York.
- Goodchild, M. F. (2000): Communicating geographic information in a digital age. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, Vol.90, 344-355.
- Hart, R., and Berzok, M. (1982): Children's strategies in mapping the geographic-scale environment. Portugal, M. ed: *Spatial abilities: developmental physiological foundations*. Academic Press, New York, 147-169.
- Hart, R.A., and Moore, G.T. (1973): The development of spatial cognition. Downs, R.M. and Stea, D. eds.: *Image and environment*. Aldine, Chicago, 246-288.
- Holyoak, K.J., and Mah, W.A. (1982): Cognitive reference points in judgements of symbolic magnitude. *Cognitive Psychology*, Vol.14, 328-352.
- Koláčny, A. (1969): Cartographic information: a fundamental concept and term in modern cartography. *Cartographic Journal*, Vol. 6, 47-49.
- Kovach, R. C., Surette, M. A. and Aamodt, M. G. (1988): Following informal street maps: effect of map design. *Environment and Behavior*, Vol.20, 683-699.
- Kraak, M-J. (2002): Visual exploration of virtual environments. Fisher, P. and Unwin, D. eds.: *Virtual reality in geography*. Taylor & Francis, London., 58-67.
- Kulhavy, R.W., Pridemore, D.R. and Stock, W.A. (1992): Cartographic experience and thinking

- aloud about thematic maps. *Cartographica*, Vol.29, No.1, pp.1-9.
- Kulhavy, R.W. and Stock, W.A. (1996): How cognitive maps are learned and remembered. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, Vol.86, 123-145.
- Levine, M., Jankovic, I.N., and Palij, M. (1982): Principles of spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, Vol.111, 157-175.
- Liben, L.S. and Downs, R.M. (1989): Understanding maps as symbols: the development of map concepts in children. Reese, H.W. ed.: *Advances in child development and behavior*, vol.22. Academic Press, New York, 145-201.
- Lloyd, R. (1988): Searching for map symbols: The cognitive process. *American Cartographer*, Vol.15, 363-378.
- Lloyd, R. (1989): Cognitive maps: encoding and decoding information. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, Vol.79, 101-124.
- Lloyd, R. (1994): Learning spatial prototypes. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, Vol.84, 418-440.
- Lloyd, R. (1997 a): *Spatial cognition: Geographic environments*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Lloyd, R. (1997 b): Visual search processes used in map reading. *Cartographica*, Vol.34, 11-32.
- Lloyd, R. (2000): Understanding and learning maps. Kitchin, R. and Freundschuh, S. eds.: *Cognitive mapping: Past, present and future*. Routledge, London, 84-107.
- Lloyd, R., and Cammack, R. (1996): Constructing cognitive maps with orientation biases. Portugali, J. ed.: *The construction of cognitive maps*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 187-213.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W. (2001): *Geographic information systems and science*. John Wiley & Sons, New York.
- MacEachren, A.M. (1992 a): Learning spatial information from maps: can orientation-specificity be overcome? *Professional Geographer*, Vol.44, 431-443.
- MacEachren, A.M. (1992 b): Application of environmental learning theory to spatial knowledge acquisition from maps. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, Vol.82, 245-274.
- MacEachren, A.M. (1995): *How maps work*. Guilford Press, New York.
- MacEachren, A.M., and Taylor, D.R.F. eds. (1994): *Visualization in modern cartography*. Elsevier, Oxford.
- Mark, D.M., and Frank, A.U. eds. (1991): *Cognitive and linguistic aspects of geographic space*. Kluwer Academic Publications, Dordrecht.
- Mark, D.M., and Freundschuh, S. (1995): Spatial concepts and cognitive models for geographic information use. Nyerges, T.L. Mark, D.M., Laurini, R. and Egenhofer, M.J. eds.: *Cognitive aspects of human-computer interaction for geographic information systems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 21-28.
- McGuinness, C. (1994): Expert/novice use of visualization tools. MacEachren, A.M. and Taylor, D.R.F. eds.: *Visualization in modern cartography*. Elsevier, Oxford, 185-199.
- McNamara, T.P., Hardy, J.K., and Hirtle, S.C. (1989): Subjective hierarchies in spatial memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, Vol.15, 211-227.
- Medyckyj-Scott, D., and Board, C. (1991): Cognitive cartography: A new heart for a lost soul. Muller, J.C. ed.: *Advances in cartography*. Elsevier, London, 201-230.
- Medyckyj-Scott, D., and Hearnshaw, H.M. eds. (1993): *Human factors in geographical information systems*. Belhaven Press, London.
- Moellerling, H. (1980): Strategies of real-time cartography. *The Cartographic Journal*, Vol. 17, 12-15.
- Montello, D.R. (1995): How significant are cultural differences in spatial cognition? Frank, A.U. and Kuhn, W. eds.: *Spatial information theory: A theoretical basis for GIS*. Springer, Berlin, 485-518.
- Montello, D.R. (2002): Cognitive map-design research in the twentieth century: Theoretical

- and empirical approaches. *Cartography and Geographic Information Science*, Vol.29, 283-304.
- Montello, D.R., and Freundsuh, S.M. (1995): Sources of spatial knowledge and their implications for GIS: an introduction. *Geographical Systems*, Vol.2, 169-176.
- Montello, D., Lovelace, K.L., Golledge, R.G., and Self, C.M. (1999): Sex-related differences and similarities in geographic and environmental spatial abilities. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, Vol.89, 515-534.
- Montello, D., Sullivan, C.N. and Pick, H.L. (1994): Recall memory for topographic maps and natural terrain: effects of experience and task performance. *Cartographica*, Vol.31, No.3, 18-36.
- Newcombe, N.S., and Huttenlocher, J. (2000): *Making space: The development of representation and reasoning*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Petchenik, B.B. (1983): A mapmaker's perspective on map design research 1950-1980. Taylor, D.R.F. ed.: *Graphic communication and design in contemporary cartography*, John Wiley & Sons, Chichester, 37-68.
- Piaget, J. and Inhelder, B. (1956): *The child's conception of space*. Routledge & Kegan Paul, London.
- Portugali, J. (1996): Inter-representational networks and cognitive mapping. Portugali, J. ed.: *The construction of cognitive maps*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 11-44.
- Presson, C.C., and Hazelrigg, M.D. (1984): Building spatial representation through primary and secondary learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, Vol.10, 716-722.
- Robinson, A.H. (1952): *The look of maps*. University of Wisconsin Press, Madison.
- Robinson, A.H., and Petchenik, B.B. (1976): *The nature of maps*. University of Chicago Press, Chicago.
- Self, C.M., and Golledge, R.G. (1994): Sex-related difference in spatial ability: what every geography educator should know. *Journal of Geography*, Vol.93, 234-243.
- Self, C.M., Gopal, S., Golledge, R.G., and Fenstermaker, S. (1992): Gender-related differences in spatial abilities. *Progr. in Hum. Geogr.*, Vol.16, 315-342.
- Shemyakin, F.N. (1962): General problems of orientation in space and space representations. An an'yev, B.G. et al. eds.: *Psychological science in the USSR (Vol.1)*, Office of Technical Services, Washington D.C., 184-225.
- Siegel, A.W., and White, S.H. (1975): The development of spatial representations of large-scale environments. Reese, H.W. ed.: *Advances in child development and behavior Vol.10*. Academic Press, New York., 9-55.
- Steinke, T. (1987): Eye movement studies in cartography and related fields. *Cartographica*, Vol. 24, 40-73.
- Stevens, A., and Coupe, P. (1978): Distortions in judged spatial relations. *Cognitive Psychology*, Vol.10, 422-437.
- Suzuki, K. (2003): A comparative study of the spatial descriptions in tourist guidebooks. *Geographical Review of Japan*, Vol.76, 249-269.
- Taylor, H.A., and Tversky, B. (1995): Assessing spatial representation using text. *Geographical Systems*, Vol.2, 235-254.
- Thorndyke, P.W., and Hayes-Roth, B. (1982): Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. *Cognitive Psychology*, Vol.14, 560-589.
- Thorndyke, P.W., and Stasz, C. (1980): Individual differences in procedures for knowledge acquisition from maps. *Cognitive Psychology*, Vol.12, 137-175.
- Tolman, E. (1948): On cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, Vol.55, 189-208.
- Tversky, B. (1981): Distortions in memory for maps. *Cognitive Psychology*, Vol.13, 407-433.
- Ward, S. L., Newcombe, N., and Overton, W. F. (1986): Turn left at the church, or three miles north: a study of direction giving and sex differences. *Environment and Behavior*, Vol.18, 192-213.

Wood, C.H., and Keller, C.P. eds. (1996): *Cartographic design: Theoretical and practical*

perspectives. John Wiley & Sons, Chichester.

Theoretical and practical issues of the relationship between spatial cognition and maps

by Yoshiki WAKABAYASHI and Koshiro SUZUKI

Maps not only provide a conceptual model of the human spatial cognition but also act as a source of information for spatial knowledge. In addition, spatial cognition research provides cartography with a lot of findings useful for solving the problems of cartographic design and map use. The aim of this paper is to examine theoretical and practical issues on the relationship between maps and spatial cognition.

As the spatial cognition research directed its attention to the "cognitive map", a great deal of effort has been made to inquire into the nature of spatial cognition by comparing to actual maps. Nevertheless such a naive analogical thinking has been criticized recently; instead comparison of spatial cognition to GIS is now emphasized because the properties of the cognitive map proved to be similar to digital maps.

Concerning the role of maps as a source of information for spatial knowledge, numerous studies have been done on the distinction between indirect contact (e.g., map reading) and direct contact (e.g., travel behavior) with the environment. These studies revealed distinctive properties of spatial knowledge acquired from maps: e.g., systematic distortions, and directional bias.

Children's mapping abilities are also one of the important issues of spatial cognition research, in which long-standing controversy among nativists and constructivists (or Piagetian) has been made. Recently, researchers have directed attention to an alternative theory based on the development

model of Vygotsky who emphasized cultural difference. In addition, a variety of work is carried out in comparison of the process of map reading between groups or individuals: expert/novice, male/female, and people with different cultural backgrounds.

Since the late 1970's, cartographers have shifted their attention to cognitive map-design research applying cognitive theories and methods to the improvement of maps. While most of the earliest research employed psychophysical approach, recent work is entirely based on the theories and methods of cognitive science dealing with higher-level cognitive process.

Recent development of GIS, however, is altering the form and function of maps and changing the mode of cartographic communication. For instance, digital maps inherently have high interactivity such that their elements or scales can be easily customized according to users' demands. Such an interactive nature of digital maps blurs the distinction between makers and users of maps. Hence, user-oriented cartographic studies will be more required. In addition, it is necessary to re-evaluate the relation between maps and spatial cognition with considering the nature of digital maps. Once "ubiquitous mapping" is advanced by the dissemination of digital maps, situations of map-use should also become diversified. Therefore, more effort must be made to investigate the process of cartographic communication in the context of map-use.

(受付け 2003 年 10 月 31 日 受理 2003 年 12 月 25 日)