

メンタルマップを改善する地図学習支援システムの開発

越田 啓太, 南野 謙一, 阿部 昭博, 渡邊 慶和
岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

近年, パソコンの高速化やブロードバンドネットワークの普及により, GIS (地理情報システム) や WebGIS (Web 上で利用できる GIS) により様々な地域の地図を利用する機会が増えてきた. GIS を活用するためには, 操作性の良いユーザインタフェースは重要であるが, ユーザの地図を読む能力も必要となる. 本研究では, 地図を読む能力を高める一つの方法として, メンタルマップの歪んだ部分を改善させ, 地図上の理解可能な範囲を増加させる. 本稿では, ユーザにメンタルマップを白地図に描画させ, それと実際の地図の違いを比較, 検証することによりメンタルマップを改善する地図学習支援システムの開発を行ったので報告する.

Development of Map Learning Support System by Improving Mental Map

Keita Koshita, Ken'ichi Minamino, Akihiro Abe, Yoshikazu Watanabe
Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

Recently, with spread of high performance personal computer and broadband network, we can use digital maps by GIS (Geographical Information System) and WebGIS (GIS on the Web), using personal computers. In order to utilize GIS, it is important to develop useful userinterface, but it is also important to enhance human ability to read maps. As a method to enhance human ability to read maps, we improve wrong parts of mental map to increase correct parts, without inconsistency. In this paper, we describe development of Map Learning Support System to inspect a map (i.e. sketchmap) that user sketched with the aid of mental map.

1 はじめに

近年, パソコンの高速化やブロードバンドネットワークの普及により, GIS (地理情報システム) や WebGIS (Web 上で利用できる GIS) により様々な地域の地図を利用する機会が増えてきた. それに伴い, 地物のキーワード検索や地図のマウス操作など, ユーザインタフェースの使いやすさが向上してきた. しかしながら, ユーザの地図を読む能力が低い場合には, ユーザインタフェースが使いやすくても地図を活

用できないことがある. 例えば, メンタルマップ (人の空間イメージ) と地図が異なる場合には, 地図を読むことは容易ではない. すなわち, 地理情報システムを活用するためには, ユーザの地図を読む能力を高める必要がある. 地図は自然環境や都市の変化とともに更新されるため, 学校教育での地理の授業だけでは学習は不十分である. 特に近年は市町村合併に伴う統廃合により, 名称変更や行政界が変更されたため, 今までとは大きく様変わりした地域も多く見

受けられる。本研究では、地図を読む能力を高める一つの方法として、メンタルマップの歪んだ部分を改善させ、地図上の理解可能な範囲を増加させる。本稿では、ユーザにメンタルマップを白地図に描画させ、それと実際の地図の違いを比較、検証することによりメンタルマップを改善する地図学習支援システムの開発を行ったので報告する。

2 メンタルマップ

2.1 メンタルマップとは

メンタルマップとは、人間の心の中にある空間イメージである[2]。一般にメンタルマップは、居住地域、訪れた地域や広く認知されている地域を中心に認識するため、人それぞれ歪んでいる傾向がある。

メンタルマップの歪みは、それぞれの人が理解し易い形で認識した結果であり効果的に地図を覚えることができるという良い面もあるが、間違った歪みが生じている場合には、地図の理解に支障をきたすことがある。この間違いを改善するためには一般に、地図を暗記する方法、日常生活で自然に身につける方法がある。全く知らない地域を理解するためにはこの方法は有効であるが、必ずしも間違いに気づき改善させることができるとはいえない。

間違いを発見するには、メンタルマップを観察や計測可能な形式で外在化させ、外在化させたメンタルマップを地図と比較、検証する必要がある。メンタルマップを外在化させる方法の一つに紙に書き出す方法がある。この方法を用いると、メンタルマップを紙に書き出したもの（スケッチマップ）を実際の地図と比較、検証することができる。

2.2 メンタルマップに歪みをもたらす作用

メンタルマップに歪みをもたらす作用としては、認知科学の研究によって明らかになった、以下のような基本的作用の結果として捉えることができる。

2.2.1 階層組織による歪み

空間的知識が記憶の中で階層的に組織されているとみなすことによって合理的に理解できる歪みの性質がある[1]。

たとえば、カナダのモントリオールとアメリカのシアトルはほぼ同緯度に位置するが、カナダとアメリカの位置がほぼ南北に分かれていることに引きずられてモントリオールがシアトルよりも北に位置するよう思われがちである[2]。

メンタルマップの形成においては、自然地形の境界や国境・行政界に基づいて領域分割された後、各領域は階層的なネットワーク構造（知識構造モデル）により組織化され、領域間の位置関係はそれらを包含する上位の領域間の関係によって規定される。図1は上記で述べたカナダのモントリオールとアメリカのシアトルの例を知識構造モデルで表したものである。

この過程は、個人の空間に関する知識に影響

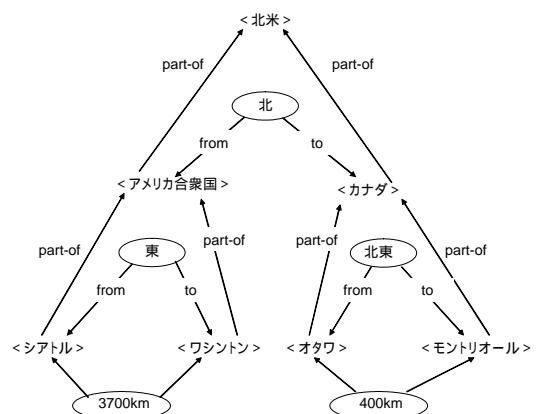


図1 知識構造モデル

されるため、歪みが生じる。ネットワーク構造は、領域がノードとなり、垂直方向のリンクにより包含関係を、水平方向のリンクにより空間的關係を表現する [2]。このように、同じ国に属する都市の位置関係を正しく覚えたとしても、国をまたぐ都市の位置関係は国の位置関係から推測するために歪みが生じるのである。

2.2.2 整列・回転による歪み

近接した地点どうしは群として知覚されやすいが、同じ群に属する地点は、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 [2]。

たとえば、実際には南北には並んでいないアメリカ大陸の位置関係を南米が北米の真南にあるように取り違える場合がこれにあたる。また身近な例で示すとすると、新幹線などの在来線、主要国道や高速道路などの幹線道路を直線的に認識する傾向があり、また、沿線の市町村が直線的に位置しているように認識する傾向がある。

2.2.3 基準点による歪み

空間認知の対象となる地点の重要度は同等ではなく、少数の重要な基準点によって周囲の地点が組織化される [2]。例えば、在住している市町村や知っている市町村を基準点とし、その周辺の市町村を認識している場合、基準点を大きく、中心にあると認識してしまうと全体的に歪んでしまうことがある。このようなメンタルマップ内の基準点のずれを解消することで、それに属す地域のずれを修正することが可能になる。

2.2.4 歪みをもたらす作用

2.2.1 から 2.2.3 の諸作用は、それぞれに対して無関係ではなく階層組織と整列は対象となる空間の部分と全体とを関連付け、参照枠

(空間認知の基準となる座標系)として作用し、整列と基準点は、同一レベルに属する部分同士との相対的關係に関わっている。3つの作用の中でも階層組織が最も基本的で、分割された領域内の地点が基準点によって組織され、同レベルの地点の位置関係には整列が、領域全体の参照枠と部分空間との関係には回転が、それぞれ関与する [2]。

2.3 研究事例

メンタルマップの改善を目的とする事例として、「フライトシミュレーションによる空間認知の矯正」がある。この事例は、高校における地理の授業を対象に、三次元閲覧システムを使用し、生徒の誤った空間認知の矯正に重点をおいている。その手順は最初に、知っている都道府県・国々について紙に描かせ、地名と場所が一致していない生徒のあいまいな知識を自ら整理させる。次に、三次元閲覧システムのフライトシミュレーションにより、上空から日本列島を眺めさせ、平面の地図上の地形を立体的に捉えることができるようにさせる [4]。この事例では、紙へのスケッチマップにより間違いに気づき矯正させることに有効であったと報告している。

3 地図学習支援システム

3.1 目的

本研究は、ユーザのメンタルマップを書き出したスケッチマップと実際の地図を比較、検証し間違いに気づかせることにより、メンタルマップを改善することを目的とする。コンピュータを用いることにより、紙では難しいスケッチマップと実際の地図を比較、検証を容易に行う。本システムでは、ユーザがコンピュータの画面

上の白地図にスケッチマップを描画すると、自動的に入力された地図と正しい地図を比較、検証することができる。

本研究では、建物、道路や鉄道などの日常生活で見ることができるものとは異なり、地図などにより理解しなければならない行政界を対象とする。行政界は住所などで慣れ親しんでいるが一般に居住地域以外は空間的に正確に理解していないものである。しかしながら地理情報システムで地物を検索する場合などに活用されるものであり、地図理解には重要な要素である。

2章で述べた3つの要因を改善するために、次のような点を比較、検証する。これにより、基準となる領域、誤認識している領域、それに隣接する領域を指摘することにより、認識している領域を中心とした階層組織として再認識させることが可能となる。また最初に基準となる領域のずれを指摘することにより、認識の土台となる階層組織の基準点のずれを改善することが可能となる。

- スケッチマップの基準点となる市町村領域およびそのサイズ、形の比較、検証
- 基準点以外の市町村領域のサイズ、形の比較、検証
- スケッチマップの市町村領域間の隣接関係、基準点からの位置関係の比較、検証

3.2 システム設計

3.2.1 システム構成

本システムは、様々な機種・OSで動作できるように、Java アプレットを用いて Web アプリケーションとして開発を行った。システム構成を図2に示す。システム機能は、スケッチマップのための入力用ウィンドウと、スケッチマッ

プと地図を比較、検証した結果表示のための出力用ウィンドウを処理する2つの機能に大きく分けられる。入力用ウィンドウには、マウスで入力されたスケッチマップをポリゴンデータに変換し記録するスケッチマップ機能がある。出力用ウィンドウには、スケッチマップ機能により変換されたポリゴンデータと実際の地図のポリゴンデータを比較する比較機能、比較したデータを基に画面上に指摘内容を生成し表示する指摘機能がある。

3.2.2 地図データ

地図データには、スケッチマップと実際の地図の2種類がある。地図データは共に、各市町村領域をポリゴンとして表現する。各ポリゴンには、市町村名、位置、大きさ、他のポリゴンとの隣接に関するデータを持っている。ポリゴンに対する操作には、拡大縮小、平行移動などがある [3]。

3.2.3 スケッチマップ機能

スケッチマップの描画はマウスで行う。スケッチマップは市町村領域を描画することにより作成される。このとき、基準点となる市町村領域、市町村領域の描いた順番も記録する。市町村領域はポリゴンに変換され、拡大縮小、平行移動などの操作

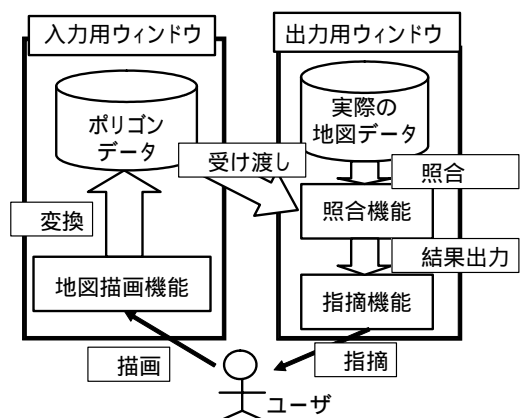


図2 システム構成図

を行うことができるため、調整が可能である。スケッチマップは、すべての市町村領域を無理に書き出すのではなく、理解している範囲で描かせるものである。すべての市町村領域を描いてから、実際の地図と比較、検証を行うことになる。

3.3 比較機能

スケッチマップ機能で変換されたポリゴンデータと実際の地図データを比較する。比較する内容としては、市町村領域それぞれの位置や大きさ、形状（縦横の大きさ）、市町村領域同士の隣接関係や基準点からの位置関係である。これらの比較、検証された結果は指摘機能への入力となる。

スケッチマップ機能で描いたすべての市町村領域を一度に比較、検証するのではなく、入力された順番に一つずつ比較、検証する。また、スケッチマップとして描けなかった市町村領域は、描いたすべての市町村領域を比較、検証してから、その市町村領域に隣接する順番に抽出し指摘機能へ渡す。

3.4 指摘機能

比較機能から入力されたデータを基にユーザに対する指摘内容を生成する。指摘内容は入力されたスケッチマップ上に正しい市町村領域を表示し、位置のずれを矢印で、大きさや形状、地図同士の隣接関係や基準点からの相対的な位置関係をグラフィカルに示す。テキストによる説明も行う。スケッチマップの市町村領域が正しい場合にはその旨も示す。スケッチマップに描けなかった市町村領域は、その市町村領域の位置、大きさ・形状、地図同士の隣接関係、基準点からの相対的な位置関係を同様に示すことになる。

3.5 システムの動作例

岩手県の市町村を対象とした地理学習支援システムの動作例を図 3 に示す。図の左側が入力用ウィンドウであり、図の右側が出力用ウィンドウである。

入力用ウィンドウの例を図 4、出力用ウィンドウの例を図 5 に示す。入力用ウィンドウは Web ブラウザ上に表示される。岩手県の地図の外枠のみを表示した白地図を提示し、その中にスケッチマップの要領でユーザが市町村領域を順番に入力していく。入力された地図データはスケッチマップ機能によりポリゴンデータとして保存される。入力完了後にウィンドウ内に配置されている「採点」ボタンを押すと出力用ウィンドウが表示される。出力用ウィンドウが表示される際には、入力用ウィンドウの地図データが受け渡される。出力用ウィンドウの「次へ進む」ボタンを逐次クリックすることにより、市町村領域を入力された順に一つずつ指摘を行う。その後、スケッチマップとして描けなかった市町村領域についても同様に指摘する。すべての指摘が終わったら、ユーザは入力用ウィンドウのスケッチマップを正しい地図に修正する。

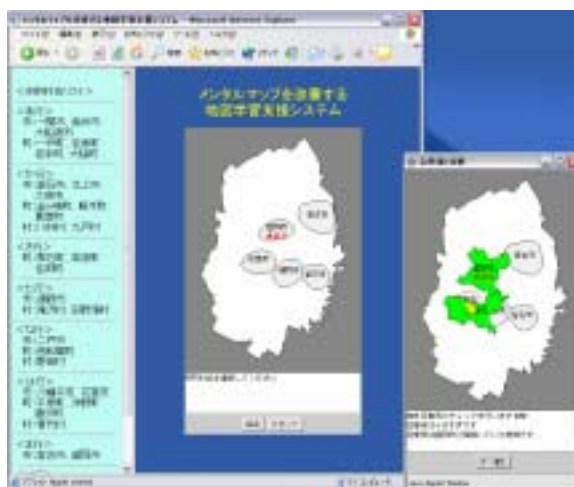


図 3 システムの動作例



図4 入力用ウィンドウの動作例



図5 出力用ウィンドウの動作例

4 評価実験

4.1 実験方法

本システムに対し、被験者を対象に評価実験を行った。岩手県における市町村合併後の行政区(全 35 市町村)のメンタルマップに対する評価を行った。被験者は岩手県内在住の大学 1~4 年生 12 名である。評価実験は、本システムの比較、検証によるメンタルマップの改善効果の調査と、比較対象として、スケッチマップと実際の地図を被験者が自ら比較、検証を行うことによるメンタルマップの改善効果の調査も行った。両方ともコンピュータを用い、それぞれに 6 名ずつの被験者を独立に割り当てた。被験者が自ら比較、検証を行う調査は、本システムから比較・指摘機能を除いたものを用いた。改善の効果はスケッチマップを描かせ、その正答率により評価する。それを、システム使用前、使用直後、1 日後の 3 回行った。

4.2 スケッチマップと実際の地図との比較基準

スケッチマップの市町村領域それぞれに対して「絶対的な位置」、「形・大きさ」、「隣接関係」の 3 つの比較基準を定め、それらに対して (正答)、(一部正答)、× (誤答) の 3 段階で評価を行った。すべての比較基準において もしくは の評価だった市町村領域を集計し、その数を比較することで改善効果の評価を行う。

4.2.1 絶対的な位置

描いた市町村領域と正しい地図の市町村領域を比較したときにそれらが $2/3$ 以上重なる場合を \square 、 $1/2$ 以上重なる場合を \circ 、それ以外を \times とした。

4.2.2 形・大きさ

描いた市町村領域と正しい地図の市町村領域を比較したときにそれらが $2/3$ 以上重なる場合を \square 、 $1/2$ 以上重なる場合を \circ 、それ以外

を×とした。

4.2.3 隣接関係

描いた市町村領域それぞれにおいて、他の市町村領域との隣接関係を正しい市町村領域と比較し、隣接している市町村領域がすべて正しい場合を○、1つでも正しいものを△、それ以外のものを×とした。

4.3 実験結果

実験の結果を表1、図6、図7に示す。表1はシステム使用前、使用直後、1日後それぞれについて○と△に評価された市町村領域の集計数を示し、図6はシステム使用前の○または△の

集計数を基準とし、使用直後、1日後それぞれにおいて市町村領域の集計数(増減数)を示したものである。図7は、システム使用前の○または△の集計数を基準とし、使用直後、1日後それぞれにおいて改善された市町村領域の集計数(増減数)を示したものである。改善された市町村領域とは×から○または△の評価へ変化した市町村領域の集計数を示す。

表2を見ると、本システムを使用した場合には、改善された市町村領域が多く、なおかつ収束する傾向(図6、7の上位の被験者)があることが分かる。これは、本システムから比較・指摘機能を除いたシステムでは見られないものである。

表1 ○または△と評価された市町村領域の集計数

(左:本システムを使用,右:本システムから比較・指摘機能を除いたシステムを使用)

被験者	使用前	直後	1日後
A1	2	17	12
A2	0	12	7
A3	0	5	4
A4	3	15	9
A5	0	11	9
A6	2	5	6
平均	1.17	10.8	7.83

被験者	使用前	直後	1日後
B1	0	9	5
B2	5	7	6
B3	2	9	8
B4	4	15	7
B5	0	9	5
B6	0	5	4
平均	1.83	9.00	5.83

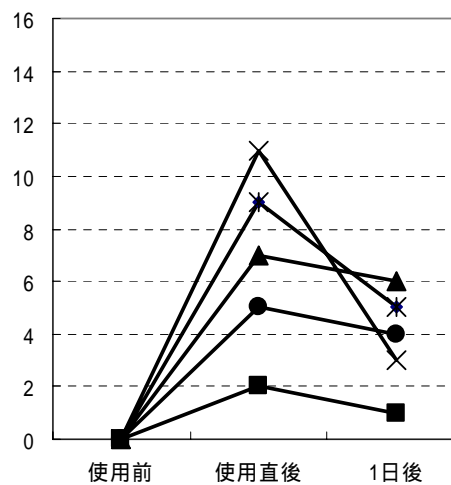
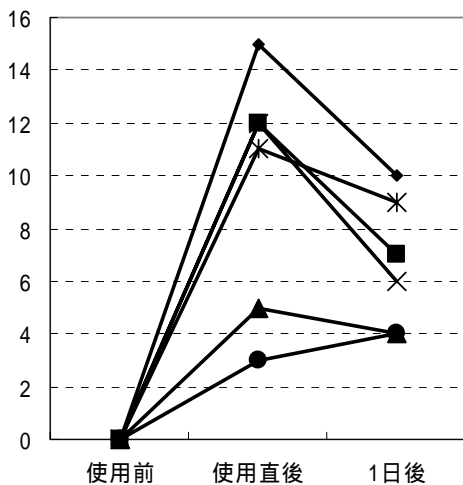


図6 ○または△と評価された市町村領域の学習前からの増加数

(左:本システムを使用,右:本システムから比較・指摘機能を除いたシステムを使用)

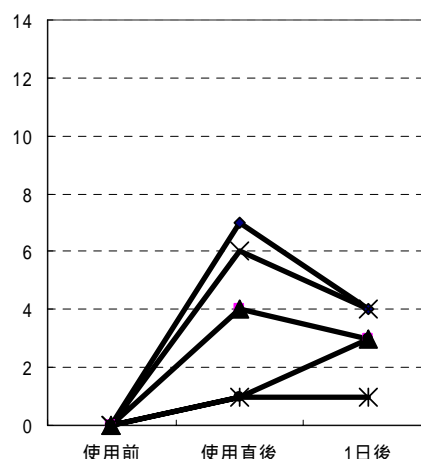
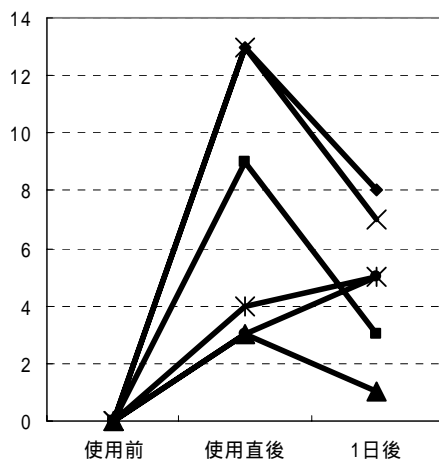


図7 xから, または と評価された市町村領域の学習前からの増加数
(左:本システムを使用,右:本システムから比較・指摘機能を除いたシステムを使用)

5 考察

評価実験において,使用前に未記入であった市町村領域が使用直後に描けた数は比較・指摘機能の有無に関係なく変わらなかったが,図7に示すように使用直後にxから または に改善された市町村領域の数は多かった.従って比較・指摘機能なしでメンタルマップを改善することは十分ではないといえる.

図7の1日後の評価では比較・指摘機能の有無に関係なく,使用直後の隣接関係とはほとんど変わらなかった(忘却がなかった)にも関わらず,市町村領域の形や大きさ,位置がずれていてxとなるが多かった.このことから,メンタルマップの階層組織の再構成は比較的容易であるが,個々の市町村領域の特徴は忘却しやすいといえる.従って個々の市町村領域の特徴の忘却を防ぐ支援をする必要がある.

6 おわりに

本稿では,ユーザにメンタルマップを白地図に描画させ,それと実際の地図の違いを比較,検証することによりメンタルマップを改善す

る地図学習支援システムの開発について述べた.評価実験から,スケッチマップの比較・指摘機能により,ユーザに間違いを気づかせることが有効であることが分かった.

今後の課題としては,(1)継続的な改善効果についての評価を行う,(2)忘却を防ぐことができるような指摘内容の研究を行う,(3)間違いの傾向を分析し,GISの有用なユーザインタフェース開発に応用する,ことがあげられる.

参考文献

- [1] 若林: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, p.41-61,1997.
- [2] 若林:認知地図の空間分析, 地人書房, 1999.
- [3] 米田, 南野:地域の特徴を取り入れたユーザ適合型地図検索インタフェース, 情報処理学会第67回全国大会, p.4-77~4-78, 2005.
- [4] 小関:フライトシミュレーションによる空間認知の矯正 - 略地図指導の授業実践から -, 授業に役立つ新しい話題 2003, 教育出版, 2003.