

人間の空間記憶特性に基づく略地図生成システム

The Automatic Brief Map Generator System Based on Spatial Memory Characteristics.

Kwok, Misa Grace†
Misa Grace Kwok土屋 良貴‡
Yoshitaka Tsuchiya今宮 淳美†
Atsumi Imamiya

1. はじめに

略地図は標識や案内状などだけではなく、道案内の際に積極的に用いられている。一般地図は多量の情報が併記されているため、目的地までの経路探索は比較的困難である。詳細な地図情報から道案内に必要な情報だけを取り出して再構成し、呈示することができる略地図は経路を間違えるエラーを減少させることが可能である。しかし既存の略地図はランドマークや道の構成などのみを考慮して作成されているため、実際に経路を移動する場合には常に携帯し、確認をしながら歩行しなくてはならない。地図は移動を開始する前に用いる「事前情報」であるべきで、実際の歩行時に参照することは歩行中のアテンションの欠落などの観点から考えると、極力減らす必要があるといえる。

認知地図に関する研究はさまざまなされている[1][2]。地図や都市空間などの環境情報の記憶は人により異なり、特に空間情報に関しては認識されることに伴い、認知地図として記憶される。認知地図には個人差があり経験情報を基に距離情報や空間配列情報、ランドマーク情報などが異なることがわかっている[3]。また Wilton らは数個の縁が配置された図を覚えさせ、2つの円の位置関係に対する記憶法に関して分析を行い、空間配列をチャンクとして記憶すると報告している[4]。

既存の略地図生成システム[5]では、一般の詳細地図から必要な情報を選択し地図を簡略化し、テキストによる表示を付属させることによりデータ量を削減した。しかしテキスト表示が簡略地図のどの部分を示しているか対応付けが非常に困難である。また距離感のないユーザには距離をテキストで表記した場合、エラーを誘発する可能性がある。一般に距離感には性差があるとされており[6]、距離データを示すことによりユーザの困惑を招く場合も多い。

本研究では人間の記憶特性及び情報受容許容特性に関して基礎実験を行い、それらの結果に基づき新しい「覚えやすい」略地図生成システムを提案した。本研究における「覚えやすさ」とは、「視認性に優れ、2次元地図より認知地図を生成されやすい」とする。

2. 地図の覚えやすさに関する主観評価実験

簡略地図は作成するユーザによって表示形態が異なる。本実験ではインターネットやカーナビゲーションで用いられている電子的な簡略地図を8種類に大分し、地図を簡略化させる場合の表記方法に関して、「覚えやすさ」に関して正規化順位法を用い順位付けを行った。

2.1 被験者

17歳から30歳の男性14名、女性6名の計20名が被験者として実験に参加した。すべての被験者の視力は矯正視力も含め0.8以上であった。

2.2 刺激

刺激には8種類の架空の場所を示した略地図を用いた。それぞれの刺激の特性を表1に示す。

表1: 刺激特性

	背景色	道表示色	ルート表示色	特徴
A	白	20% グレー	黒	ランドマーク、 記号表示
B	白	20% グレー	黒	道の特性に依存
C	40% グレー	白	40% グレー	色使いが反転
D	白	黒	白	道表示が一定の 太さ
E	白	白 縁取り型	破線	ランドマーク、 記号表示
F	白	20% グレー	40% グレー	信号表示
G	白	20% グレー	20% グレー	ルートとランド マークのみ表示
H	白	20% グレー	40% グレー	交差点重視型

2.3 方法

被験者は8枚の地図刺激を「地図上の場所を徒歩で進む際に覚えやすい順」に並べ替えを行った。実験者は刺激の順位を記録した。分析には正規化順位法を用いた。

2.4 結果および考察

正規化順位法に基づき分析を行った結果(図1参照)、刺激Aがもっとも覚えやすく、刺激Bがもっとも覚えにくいことがわかった。覚えやすさに関する主観評価が高かった刺激A, G, Eの共通の特性として、ランドマークおよび

† 山梨大学・大学院 医学工学総合研究部

‡ 株式会社 YSK e-com

記号の表示が挙げられる。一方、もっとも覚えにくいとされた刺激 B はカーブなど実際の道の特性に基づき、曲線を用いて作成されており、ランドマークの表記も非常に少ない。これらの結果より、覚えやすい略地図は、1)ランドマークが表示されている、2)道の表示が直線により表示されているものが条件といえる。

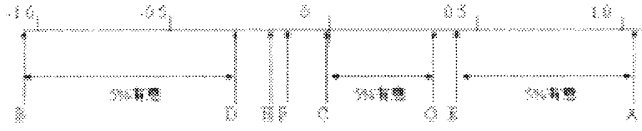


図1: 覚えやすさ評価結果 (ヤードスティック)

3. 2次元地図における認知地図構成過程の把握

現実空間や CG 空間における空間把握過程に関しては報告されている[6]が、2次元地図における認知地図構成過程に関する報告はこれまでなされていなかった。本実験では2次元地図における認知地図構成過程を明らかにするためにスケッチマップ法を用い、特に描画要素のまとまり、描き方、形態を中心に分析を行った。

3.1 被験者

18歳から26歳の男性8名、女性2名の計10名が実験に参加した。すべての被験者は矯正視力も含め0.8以上であった。

3.2 刺激

刺激は目的地と出発地およびルートを示したグレースケールの地図とし、呈示は14.1inchTFT液晶ディスプレイ上で行った。すべての被験者にとって未知である場所の地図を選択し、実験の統制を得た。

3.3 方法

被験者は1)ディスプレイ上に表示された刺激を60秒間見て覚え、2)その後150秒間でA3サイズの白紙に再認スケッチを作成した。実験は同一被験者に対し、同一地図を用い6回繰り返し行った。実験者は被験者の作成した再認スケッチを基に分析を行った。

3.4 結果および考察

認知地図構成過程においてすべての被験者において共通の傾向が得られた。認知地図構成過程は階層的に行われており、1)指定ルートおよびルートに接するランドマークの断片的な把握、2)指定ルートに関連する情報の把握、3)全体構造の把握の3段階と考えられる。しかしながら、再現された認知地図では距離や大きさなどの「量的情報」は欠如し、トポロジカルな空間として把握される傾向が見られた。これらは藤井ら[6]の先行研究の結果と類似している。またそのほかの共通点として、必ず再現される印象的と思われるランドマークが挙げられた。これらの結果より、1)曲がり角付近の地図情報、2)大通りや河川、線路などの経路と探索ルートとの位置関係を明示することが可能な情報、

3)最短ルートの表示が略地図では重要であることがわかった。

4. 地図表示方法の検討

一般的な地図は地図の上部に北が位置する、「North Up」の形状が最も多い。本研究では覚えやすい略地図生成を目的としているため、地図の向きにおける見え方の特性を実験により明らかにした。

4.1 被験者

18歳から28歳の男性15名、女性5名の計20名が実験に参加した。被験者の視力は矯正視力も含め0.8以上であった。

4.2 刺激

刺激は North Up (A1)、目的地が下方向に表示 (A2)、目的地が上方向に表示 (A3)、目的地が左方向に表示 (A4)、目的地が右方向に表示 (A5) の5種類に関して、1)被験者にとって既知の場所で目的地が北に位置する地図、2)被験者にとって既知の場所で目的地が南に位置する地図、3)被験者にとって未知の場所で目的地が北に位置する地図、4)被験者にとって未知の場所で目的地が南に位置する地図の4条件、計20種類を用いた。

4.2 方法

被験者の前に2枚の刺激が左右に呈示され、被験者は左の刺激に比べて、右の刺激がどれだけ「覚えやすいか」を+3から-3の7段階で再現した。実験者は被験者の再現を記録し、Scheffeの対比較法[7]に基づいて分析を行った。

4.3 結果および考察

被験者にとって既知の場所では North Up (A1) がもっとも覚えやすく、目的地が下方向に表示 (A2) された地図が最も覚えにくいことがわかった。しかし、未知の場所では、目的地が上方向に表示 (A3) された地図が最も覚えやすく、目的地が左方向に表示 (A4) された地図が最も覚えにくいことがわかった。既知の場所ではもっとも見慣れた表示方法 (North Up) が支持されたが、未知の場所では目的地が上方向に表示された場合が支持されたことより、被験者にとって自分の体勢と表示が一致したものがもっとも覚えやすいと認識される傾向が得られた。被験者にとって地図をメンタルローテーションする必要性がない表示方法が、もっとも覚えやすいと認識されたと考えられる。これらの結果より、1)未知の場所ではメンタルローテーションを必要としない呈示方法、2)既知の場所では North Up による呈示方法がもっとも適していることがわかった。

5. 空間記憶特性に基づく略地図生成システム[8]

5.1 システム概要

ディスプレイ上に縮尺1/12500程度の一般地図が表示される。ユーザはペンタブレット(intuos, WACOM, 日本埼玉県)を用いて目的地までのルートを描く(図2参照)。ユーザの記述したルートを中心とし、簡略化を施したルート地図が再描画される。

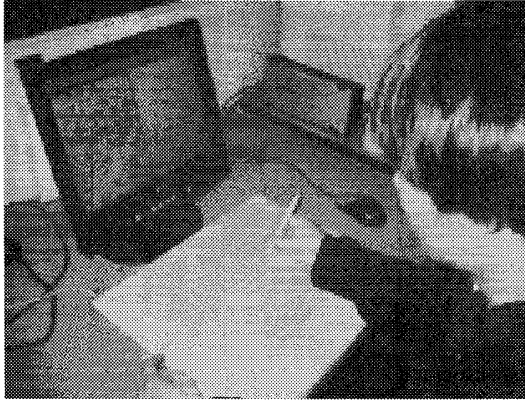


図2：システムの使用風景

5.2 仕様

開発は Visual C++6.0 (Microsoft Corporation, 日本東京都) により行った。MDI で作成し入力と出力のウィンドウがから構成される。入力ウィンドウには一般地図が表示される。タブレットのスタイラスを使ってパネル上をなぞることでこのウィンドウの地図上に線を描くことができる。ユーザは目的地を探し、行きたい道を自由になぞる。間違った場合は修正も可能である。出力ウィンドウは簡略地図を表示するためのもので、スタイラスで記述することはできない。入力ウィンドウで経路をなぞり終えたら簡略地図生成のボタンを押す。プログラムが地図生成のための処理を開始し、最終的に出力ウィンドウに簡略地図が表示される。システムの概観を図3に示す。



図3：システム概観図

5.3 略地図生成方法

Tanigawa らの地図生成モデル[5]を基に、ユーザの入力をルートスケッチとして用い作成した。略地図の作成では、ユーザの描画情報を基にランドマークデータ及び経路ネットワーク図と照合し、描画ルートに従って地図情報の描画がおこなわれる。そのためランドマークデータと2値画像からなる経路ネットワーク図および交差点データを含む、

地形データを解析し地図管理データベースを作成した。2値画像の境界線に対して細線化処理を行った。

経路ネットワーク図は実際の地図上の道路やランドマークの輪郭線で構成される2値画像で、ユーザがなぞる可能性がある線分の集合体であり、実地図と座標が一致している。また地図生成過程は、経路探索と地図描画に2分しており、経路探索ではスケッチと経路ネットワーク図における類似検索により探索する[9]。地図描画では経路を中心としてランドマークを抽出、配置し略地図を生成する。

5.3.1 道路接続点の抽出

細線化処理された図を用いて道路接続点を抽出した。ラストスキャンを行い、対象画素の画素数が1の時、8近傍間の隣接画素値の差を求めた。対象画素から2方向に分岐していない(パスでない)座標を検出し、データベーステーブルに記録した。

5.3.2 地図管理データベースの作成

Lynch は認知地図を構成する空間情報の構成要素として、Paths, Nodes, Landmarks, Edges, District の5つを挙げている[10]。本システムでは Nodes と Landmarks を略地図作成に用いた。Nodes にあたる交差点データとランドマークデータからなる地図管理データベースを作成した。経路探索を行うにあたり、あらかじめ交差点データとランドマークデータをデータベースに登録した。地図中の道路は2値画像を細線化し、そこからグラフネットワークの接続点を抽出した[11][12]。

5.3.3 ランドマークデータベースの作成

既存のソフトウェアを用いずに容易にランドマークデータをデータベースに登録するツールを作成した。システムには一般地図が表示されており、ユーザは地図上に描かれているランドマークをクリックすることでダイアログが呼び出され、名称、種別などを入力することが可能となる。これによりユーザが自由にランドマークを分類することが可能となった。それらの情報およびクリック座標がデータベースに自動登録される。登録済みのランドマークの位置には未登録のものと区別するために、地図上に登録済みの目印が表示される。

5.4 地図描画

経路探索で照合された経路を中心として描画範囲を限定し再描画を行う。またランドマーク描画優先度に従い表示する。また Wilton[4]の実験で提唱された結果より、Paths および Landmarks などの位相関係も描画時に示される。

6. システム評価

本研究で作成した略地図自動生成システムの評価実験を行った。デザインマップとメンタルマップの一致性に関して実験を行うことにより、本システムにより生成された略地図が「覚えやすいか」をバーバルプロトコル分析により評価した。

6.1 被験者

18歳から24歳の男性6名、女性2名の計8名が実験に参加した。すべての被験者において視力は矯正視力も含めて0.8以上であり、身体に障害のない健常者であった。

6.2 刺激

刺激にはすべての被験者が未知である場所の1)詳細地図と2)本システムを用い作成した略地図を用いた。

6.3 方法

実験者は出発地と目的地およびルートを指定した。被験者はバーバルプロトコルの練習をした後に、1)詳細地図を見ながら指定ルートを探索、2)略地図を見ながら指定ルートを探索した。被験者はタスク遂行時に考えたことをすべて口頭により再現しながら探索を行なった。実験者は被験者の行動をビデオカメラにより撮影し、バーバルプロトコル分析及びワークサンプリング法を用い分析を行った。

6.4 結果および考察

詳細地図を用いた被験者はタスク失敗が発生したのに対し、本システムで提案した略地図を用いた被験者は全員がタスクを達成することができた。略地図を用いた被験者群に関して、バーバルプロトコル分析およびワークサンプリング法による分析を行った結果より、数回のスリップの発生が確認された。それぞれの地図を用いた場合のスリップの平均発生頻度に注目したところ、本システムを用いて作成した略地図の方が、平均スリップ発生頻度が低いことがわかった(図4参照)。

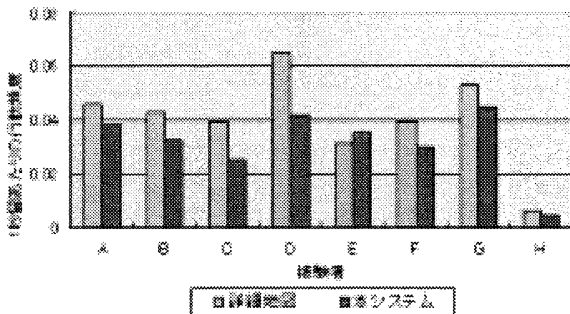


図4：平均スリップ発生頻度

これらの結果より、本システムにより生成された略地図の方が詳細地図より外界の情報に影響されることが少なく、地図から認知地図を形成しやすいと考えられる。本システムで生成された略地図は、デザインマップとメンタルマップの一致性が高いことが検証された。

7. おわりに

従来のシステムとは異なる人間の空間記憶特性に基づいた略地図自動生成システムを提案した。また評価実験の結果より、本システムにより生成された略地図は認知地図が構成されやすく、覚えやすい地図が作成されることが検証された。本研究で提案したシステムはユーザ参加型であり、

使用者の希望するルートを入力することができる。最短ルートやわかりやすいルートのみを呈示するのではなく、ユーザの希望するルートを表示することが可能なことより、旅先などで観光目的とした場合にも利用することが可能となる。本研究で提案される略地図を用いることで、ユーザ自身の希望するルートでより正確に目的地に到達することが可能となるであろう。

参考文献

- [1] Tolman, E. C.: Cognitive Maps in Rats and Men; *The Psychological Review*, Vol.55, No.4, (1948).
- [2] J. L. van Hemmen: The Map in Your Head: How Does the Brain Represent the Outside World?; *Chemphyschem*, 3, pp291-298, (2002).
- [3] Kwok, M. G., et. al: Ways of Presenting Information and the Characteristics of Cognitive Distance of Walking (1): Comparing the Tactile Abilities of the Blind and the Sighted; *Proceedings of IEA2003 Congress*, (2003).
- [4] Wilton, R. N., et. al: Knowledge of Spatial Relation: A Preliminary Investigation; *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37, pp192-198, (1975).
- [5] Tanigawa, S., et. al.: User-Friendly Route Guidance Interface for Internet-Based Information Service; *TOSHIBA Review*, Vol.55, No.10, pp24-28, (2000).
- [6] Pease, B., et. al.: Why Men Don't Listen & Women Can't Read Maps: How We're Different and What to Do About It; Welcome Rain Published, (2000)
- [6] 藤井秀夫, 他: 認知地図形成過程のモデル化に関する一考察: ATR テクニカルレポート, TR-A-0031, (1988).
- [7] Scheffe, H.: An Analysis of Variance for Paired Comparisons. *J. Amer. Stat. Assoc.*, 47, pp381-400, (1952).
- [8] 土屋良貴: 認知地図獲得特性に基づく簡略地図生成システムの構築と評価: 山梨大学工学部修士論文, (2003).
- [9] Egenhofer, M.J.: Query Processing in Spatial-Query-by-Sketch; *Journal of Visual Languages and Computing*, Vol.8, No.4, pp403-424, (1997).
- [10] Lynch, K., 丹下健三他訳: 都市のイメージ, 岩波書店, (1968).
- [11] 渡辺凡夫他: カラー市街地からの基本道路抽出とグラフネットワーク生成: *地理情報システム学会論文集*, Vol.5, pp95-99, (1996).
- [12] 柳哲: ランドマーク属性の考慮に基づくナビゲーションシステムの研究: 名古屋工業大学卒業論文, (2001).