

Title	グラフィック表現に対する意味範囲の決定方略
Author(s)	本橋大輔
Citation	
Issue Date	2002-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/340
Rights	
Description	Supervisor: 下嶋 篤, 知識科学研究科, 修士

修士論文

指導教官 下嶋篤 助教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識システム基礎学専攻

050086 本橋 大輔

審査委員： 下嶋 篤 助教授（主査）
杉山 公造 教授
石崎 雅人 助教授
藤波 努 助教授

2002年2月

目次

第一章	はじめに	1
1.1.	研究の背景と目的	1
第二章	地図情報の構造	3
2.1.	使用する用語と解説	3
2.2.	平面地図の物理的制約	4
2.3.	地図が持つ情報と読図者の解釈行動	5
第三章	予備実験	7
3.1.	過剰解釈の可能性	7
3.2.	地図変数の読みとられ挙動	8
3.3.	実験設定	10
3.4.	実験環境	14
第四章	予備実験の結果と考察	16
4.1.	予備実験の結果	16
4.2.	予備実験データに見られる傾向	17
4.2.1.	地図の結果	19
4.2.2.	地図の結果	21
4.2.3.	地図の結果	24
4.2.4.	地図の結果	27
4.3.	予備実験の反省点	30
4.4.	今後の課題	30
第五章	本実験	31
5.1.	予備実験で得られた被験者の傾向	31
5.2.	実験設計	32
5.2.1.	白地図の作製	32

5.2.2. 案内地図の作製	34
5.3. 思考発話法による発話データの採取	38
5.3.1. 実験設定	38
5.3.2. 結果	39
5.3.3. 考察と質問項目の作製	39
5.4. 質問紙による地図の印象調査	40
5.4.1. 実験設定	40
5.4.2. 結果	42
5.5. 本実験の反省点	43
第六章 追加実験	44
6.1. 均一化に対する変数の挙動	44
6.2. 地図の作製	46
6.3. 実験設定	48
6.4. 結果	49
6.5. 追加実験の統計解析	52
6.5.1. 肯定回答数の推移	52
6.5.2. χ^2 検定	53
6.5.3. 変数の均一さが他の変数に与える影響	55
6.5.4. 変数の不均一さが他の変数へ与える影響	56
第七章 考察	58
7.1. 仮説の検証	58
7.1.1. 均一化効果	58
7.1.2. 保守的傾向と過剰解釈傾向	59
7.1.3. 地図変数の挙動	61
第八章 終わりに	64
参考文献	66
付録	67

図目次

図3 - 1 予備実験の室内環境	17
地図1 武蔵野美術大学周辺	22
地図2 川越西小学校周辺	25
地図3 愛知県図書館周辺	28
地図4 東急多摩川線矢口渡駅周辺	31
図5 - 1 白地図の作製	35
図5 - 2 作製した4枚の白地図 (A ~ D)	36
図5 - 3 地図A 1~ A 4	38
図5 - 4 地図B 1~ B 4	38
図5 - 5 地図C 1~ C 4	39
図5 - 6 地図D 1~ D 4	39
図6 - 1 肯定回答数と変数の均一化数の推移	54

表目次

表 2 - 1	正規情報と過剰解釈の関係.	9
表 4 - 1	予備実験の結果.	19
表 5 - 1	本実験で作製した地図一覧.	38
表 5 - 2	本実験で得られた質問紙試験の集計結果.	45
表 6 - 1	作製した地図一覧.	50
表 6 - 2	追加実験の質問紙試験集計.	52
表 6 - 3	地図ごとの集計.	53
表 6 - 4 - 1	道幅変数(W)が均一・不均一な地図に対する解釈・不解釈回答の分布	53
表 6 - 4 - 2	距離変数(D)が均一・不均一な地図に対する解釈・不解釈回答の分布	54
表 6 - 4 - 3	角度変数(A)が均一・不均一な地図に対する解釈・不解釈回答の分布	54
表 6 - 4 - 4	軌道変数(P)が均一・不均一な地図に対する解釈・不解釈回答の分布	54
表 6 - 5	χ^2 検定の結果.	56
表 6 - 6 - 1~ 4	変数の残差分析	57
表 6 - 7	残差の有意性検定	57
表 6 - 8	不均一な三変数に対する均一な一変数の影響.	59
表 6 - 9	均一な三変数に対する不均一な一変数の影響.	60
表 7 - 1	実験結果から導かれた地図変数の挙動特性.	66

第一章 はじめに

1.1. 研究の背景と目的

ここに一枚の地図があるとする。その地図は特定の場所を指し示す記号群によって記述されている。おそらくその地図を作製した作図者は、他の誰かがその地図を読むことで目的の場所にまでたどり着けると期待して、その地図を作図したはずである。従ってその地図の中には、特定の場所へたどり着くという目的達成のために必要な一連の情報が最低限は記述されていると考えられる。それら目的達成に必要な情報を、その地図の利用者に伝えることが、その地図の作図者の目的であり、意図したことになる。

しかし、その地図を使用する読図者にはまた別の目的がある。作図者の目的は情報を伝えることであったが、読図者の目的は情報を読みとることになり、地図という形に符号化された情報を実際の地形に当てはめて解読しなければならない。地図というメディアを挟み、作図者と読図者では目的の方向が相向かいになっていることになる。仮に作図者と読図者が同一人物であるとすれば、地図を作製する上で用いた符号化のルールをそのまま逆向きに適応すれば解読は容易である。しかし作図者と読図者が別人であれば、作図者が用いた符号化のルールを読図者がそのまま使用するとは限らない。

このような場合に作図者が行うことのできる解決策としては、符号化のルールを地図に添えるか、読図者の持つ符号化ルールを使用するかの二つをまず挙げられる。市販の地図などでは、符号化ルールを地図に添えるという手段を用いることで、地図解読の手助けとしている場合が多く見受けられる^{5) 6)}等。読図者の持つ符号化ルールを使用するのであれば、特定の読図者を想定し、なおかつその読図者の符号化ルールを作図者も知っている必要がある。

しかし、不特定多数の読図者が同じ符号化ルールを使用するとは限らず、例えば使用し

ていたとしても、作図者がそれを厳密に知り得るとは限らない。

このような不特定多数の読図者を想定した地図は、至る所で目にすることができる。例えば車を運転しているときに見かける行き先を表示した道路標識や、電車の路線図、広告に書かれた店舗案内図などがその一例である。これらの地図は最も単純な案内地図の部類であり、例えば道路標識ならばすぐ先にある交差点の先にある地名の方角を示し、路線図なら電車が停車する駅名とその順番を示している。距離や道筋といった情報の殆どは省略されているため、目的地にたどり着くまでの距離や時間を読みとることは想定されていない。そういった地図を読むにあたって読図者は、どの情報を読みとるべきか、どの情報を読みとるべきでないかを直感的に理解して地図を解読する。地図もまた、そういった読図者の利用を考慮して書かれてはいるが、作図者が用いる符号化ルールと読図者が用いる復号化ルールとの間に食い違いが生じる可能性は常にある。食い違いは読図者が行う地図情報の読みとりを失敗させ、作図者とその地図は読図者のナビゲーションという目的を果たすことができない。

道に迷う、という人間の行動を対象とした研究は、これまでも増井・今田¹⁾による迷いやすい地形の構造に関する研究や、村越²⁾による経験からくる地図読解に関する研究などがあり、また誤読されやすい地図そのものに対してはモンモニアの著作³⁾などがある。これらは読図者が自分の目的達成のための行動か、あるいは地図そのものに関して行われた研究である。

本研究では、地図を誤読する要因となる根本的な部分が焦点となる。ある一定の記号群で書かれた図形を地図として用いるときに、読図者は何らかの基準で判断を行い、そこから地図として有効な情報を読みとろうとする。その判断に普遍的な特徴があるとすれば、読図者による失敗の可能性を低減させるような地図を作製することが可能である。この読図者による地図の意味範囲を決定する基準について、本研究では実験的手法を用いて検証する。

第二章 地図情報の構造

2.1. 使用する用語と解説

本研究において、地図を扱う上で用いる用語を地理情報学から引用する⁴⁾。用語はそれぞれ次のように定義される。

実世界 (real world)

対象とする空間そのもの

実体(entity)

実世界を構成する要素

地物、フィーチャー(feature)

実体の形、特徴、性質を抽象化し、有る分類で整理して記述できる形にしたもの。

オブジェクト(object)

フィーチャーの空間的情報を実際に地図やデータベースなどに図形として表現するときの要素。点、線、面、文字など。

2.2. 平面地図の物理的制約

久保⁴⁾によると、手書き地図は紙面に書かれるため、アナログ平面地図における物理的制約と同等の制約が掛かる。殆どの場合、手書き地図は簡易な書き方をされるため、この制約は重要であるが、読みとり側がこれを意識して読むとは限らない。次にその六つの物理的制約を示す。

- (1) 地図は平面である紙に書かれる以上、三次元の情報は、二次元として表現されなければならない
- (2) 地図は、時間に関して不連続である
- (3) 地図は、情報が記入できる物理的空間が限定されるので、情報量の取捨選択が必要
- (4) 地図では、人間の可視性に限界があるため、情報に対して誇張、移動、変形などの操作を行う必要がある
- (5) 地図では、面的情報に関しては、一種類の情報しか表現できない
- (6) フィーチャー（地物）に関して、全ての地図で通用するような厳密な共通の定義がない、また、オブジェクトに関しても、厳密な共通の定義がない

2.3. 地図が持つ情報と読図者の解釈行動

地図から読みとれる情報には、正規情報と非正規情報がある。正規情報は、作図者がある情報をその地図の読図者に伝えようという目的をもって地図中に表現した情報である。非正規情報は、作図者が作図行動の中で、その地図の読図者に伝えようという目的を持たなかった情報である。非正規情報はその範囲を明確に限定することのできない情報であり、地図から読みとることのできる情報の内、正規情報に入らない情報が非正規情報となる。

過剰解釈とは作図者が地図に表現しなかった情報を、読図者が地図から読みとってしまうことをいう。作図者から読図者へ、情報が正確に伝わる場合は、作図者が地図に表現した情報を、読図者が正しく解釈したときである。これを正規解釈とする。また、作図者が地図に表現した正規の情報を、作図者が読みとらなかった場合は解釈不足となる。まず読図者に伝えようという意図の元で作図者が地図に表現した情報があり、それに対して読図者によって行われる解釈の有無が、正規解釈と解釈不足として定義される。

一方で、作図者が地図に表現しなかった非正規の情報を、読図者が解釈したとき、これを過剰解釈とする。表現しなかった情報を解釈しない場合は正規不解釈とする。両者は、作図者が伝えようとしなかった表現に含まれた情報に対する読図者の挙動である。地図を作製する上で棄却される情報は多量であり、棄却された個々の情報に対して、その棄却が作図者の故意によるものかを知ることにはできないため、正規不解釈の範囲を厳密に定義することはできない。よって、正規解釈・解釈不足・過剰解釈のどれにも当てはまらない解釈を正規不解釈とする。

以上の四種の情報解釈の関係を次の表に示す（表2 - 1）。

	解釈される	解釈されない
正規情報	正規解釈	解釈不足
非正規情報	過剰解釈	正規不解釈

表 2 - 1 正規情報と過剰解釈の関係。情報には正規情報と非正規情報があり、これを被験者が解釈する場合と解釈しない場合とがある。

また、本研究で用いる狭義の過剰解釈とは、作図者が表現しなかった非正規情報のうちで、読図者が明確に「作図者が意図して表現した情報である」と読みとった情報を示す。

第三章 予備実験

3.1. 過剰解釈の可能性

予備実験を行うにあたり、過剰解釈が生じると考えられる情報の種類（地図の変数）を暫定的に推定した。地図から読みとることのできる情報のうち、地図の記述から直接読みとることの出来る情報は次の四種類であると考えられる。

- ・ 道幅

手書き地図を書く上で、道路は主要な構成要素の一つとなっている。主に一、二本の線で記述される道路は、その幅を省略された場合と、表現された場合とに分かれる。

- ・ 距離

実世界の道路や建物間の距離が地図に表現されるとき、その正確さと地図の書き易さは一致しない。地図は紙面に書かれるということから、地図として書き込める範囲は限界があり、多くを書こうとすれば距離を省略せざるを得ない。

- ・ 軌道

目的地までの道順のみを示すという目的から地図を書けば、経路の湾曲性の正確な記述はあまり重要ではない。「道なりに直進」という言い方があるように、一本道のカーブは概念上ではまっすぐな道と同様に考えられている。

- ・ 配列

複数のオブジェクトを地図上に書き込んでいくと、次第に当初想定していない配列が現れてくる。手書き地図がそれほど計画的に書かれる場合は少ないため、配列の歪みは多くの手書き地図で見ることが出来る。こういった配列は、作図者の意図とは別に現れてくる。

3.2. 地図変数の読みとられ挙動

前節で過剰解釈が生じるであろうと仮定した4つの地図変数について、読図者の立場から推察した。

- ・ 道幅

一本線で道路が記述されるとき、道幅は線の太さで示される。細い線と太い線が両方書かれた地図ならば、道幅が表現されていると読みとると予想される。二本線で道路が書かれるとき、多くの場合でその地図は道幅が表現されている。しかし全ての道路が同じ幅の二本線で書かれていれば、そこから幅が読みとられる可能性は低くなると考えられる。

- ・ 距離

いくつかのオブジェクトが等間隔に配置された地図を見たとき、読図者はその地図が実世界を反映していると考えようか。仮に駅や高速道路のサービスエリアが等間隔であれば便利であり望ましいかもしれないが、それが実世界の物理的制限からすると非常に難しいことであると多くの読図者は知っている。後述する配列の問題以上に、距離の読みとりにはコンテキストが大きく影響すると考えられる。

- ・ 軌道

地図の信頼性を考えると、一本の直線が引かれた地図と、幾本もの線が格子状に引かれた地図とでは、それらの道路が本当に存在しているとすれば、他の道路との相互関係が多い格子状道路の方が信頼性は高いと思われる。ただしそれは狭い範囲を記述した地図という場合に限られ、十数キロ以上の広い範囲において格子状の道路が信頼されるとは考えにくい。軌道要素も距離と同様にコンテキストに左右されると思われるが、この場合は地図の縮尺、

つまり地図に示された範囲がどの程度であるかが関与するものと考えられる。

- ・ 配列

オブジェクトの配列が単純なパターンをなしているとき、読図者はそれをデザインされた地図であると判断することが考えられる。デザインされた地図であれば、読図者はその地図が配列を正しく表現することを意図していないと読みとるものと思われる。ただし、地図の実体が高度に統制された都市計画の下で構築されているといったコンテキストが存在すれば別である。

3.3. 実験設定

予備実験を行うにあたって、作図者および読図者にどのような質問を行うか考える必要がある。作図される地図には、地図の記述内容に影響を与えない範囲で、ある程度の共通性を持つことが望まれる。このことを考慮し、質問内容を作成した。

予備実験では複数の地図が作製される。また、一人の被験者はそれら複数の地図を全て読む。作図者によって書かれた地図から読図者がどの地図変数を読みとったか、予備実験ではこの地図変数の読みとりを複数の地図間で比較したいと考える。そのため、全ての地図は同程度の広がりを持つことが望まれる。また情報の取捨選択を促進する目的で、読図者には短時間で地図を記憶してもらうため、読図者が把握しきれる程度に狭く、簡易に書かれている地図が望まれる。

読図者については、書かれた地図が示す実世界に対してなるべく無知であり、かつ過剰解釈が生じる余地をより多くするために地図をより深く読解することが望まれる。

以上のことから、作図者および読図者の、地図の作製・読解において望まれることを次に列挙する。

作図者が作製する地図に望まれること

- 1) 範囲が狭い
- 2) 範囲が一定
- 3) 複雑さが低い
- 4) 省略される要素が多い

読図者に望まれる反応

- 1) 過剰解釈をする
- 2) その地域に関して無知
- 3) 詳しく読解する

これらの項目から、作図者および読図者には次のような質問文を呈示した。また、

地図については、先述した４つの可能性に加え、地図に書かれた地域の知識について質問を行った。

作図者に対する実験前アンケート

あなたの地元の地図を書いていただきます。

出発地点はあなたの家から最寄りの駅か、あるいは空港やバス停など、公共交通機関の発着場としてください。

目的地には、公園やデパートなどの公共の場所を一カ所指定してください。目的地までの距離は歩いて１０～３０分程度の場所を指定してください。

地図は簡単なもので結構です。文字や記号なども自由に書いていただいて構いません。その地域について何の知識もない人が、あなたの書いた地図を頼りに、駅から目的地までたどり着くことができるように書いてください。

この紙とは別に用意したＡ４用紙一枚に収まるように書いてください。

地域名：

（例：埼玉県深谷市）

出発地：

（例：JR 深谷駅）

目的地：

（例：城址公園）

在住期間：

（例：４年半）

作図者に対する実験後アンケート

作図にあたって注意したことがあれば該当する項目に丸を記入してください。該当区域が部分的であれば、必要に応じて地図にトレーシングペーパーを重ね、その上で該当部分を円で囲ってください。トレーシングペーパーを使用した場合は□にチェックを入れてください。

1. 道路・河川・線路などの実際の幅や太さを、地図中の線の幅や太さに反映させましたか
2. 交差点や目印間の実際の距離を、地図中での距離に反映させましたか
3. 道路の直進性や、曲がり角、カーブなどを、地図中の線に反映させましたか
4. 出発地や目的地、あるいは他の目印となる建物などの実際の方位を、地図中の記号の配置に反映させましたか。反映させた場合、地図紙面の上下左右と現地における東西南北はどのように対応させましたか。

読図者に対する地図呈示後アンケート

地図を見た印象について以下のアンケートに答えてください。該当区域が部分的であれば、必要に応じて地図にトレーシングペーパーを重ね、その上で該当部分を円で囲ってください。トレーシングペーパーを使用した場合は□にチ

エックを入れてください。

1. 地図中に書かれた線の幅や太さが、実世界の道路・河川・線路などの幅や太さを反映していたと思いましたが
2. 交差点や目印間の地図中の距離が、それらの実世界における距離に反映していたと思いましたが
3. 地図中の道路の直進性や、曲がり角、カーブなどが、実世界に反映していたと思いましたが
4. 地図中の出発地や目的地、あるいは他の目印となる建物などの記号の配置が、実世界の配置に反映していたと思いましたが。
5. 地図に示された地域についての知識は持っていましたか
住んでいた / 通っていた / 行ったことがあった / 名前は知っていた / 知らなかった

作図者および読図者の実験後アンケートには、該当する区域が部分的である可能性も考え、トレーシングペーパーを用意した。被験者には、該当部分を円で囲い質問番号を併記することで部分的な回答も可能であると教示した。また、それぞれの質問について注釈がある可能性を考えて「備考」欄を設けた。

3.4. 実験環境

実験は本学の空きスペースを利用して行った。当該場所は仕切りで二つに分けられており、その片側で質問紙試験を行い、もう片側ではP Cを設置して課題を行うスペースとした。

課題にはWindows用地図ソフト「プロアトラス2000DVD」を使用し、同時にデジタルビデオを利用して画面および音声を収録した。

作図者側実験は本学学生より6名の協力を得て行い、被験者は地元の地図をフリーハンドで書いた。得られた地図6枚のうち、前節で挙げた条件に比較的合致した4枚を読図者側の実験に使用した。

読図者側実験も同じく本学学生より4名の協力を得て行った。読図者は呈示された地図について評価を行い、続いてP C上の地図ソフトから目的地を探す課題を行った。地図の呈示と課題の遂行は4枚の地図について繰り返し行った。

次にその室内環境を図示する（図3 - 1）。

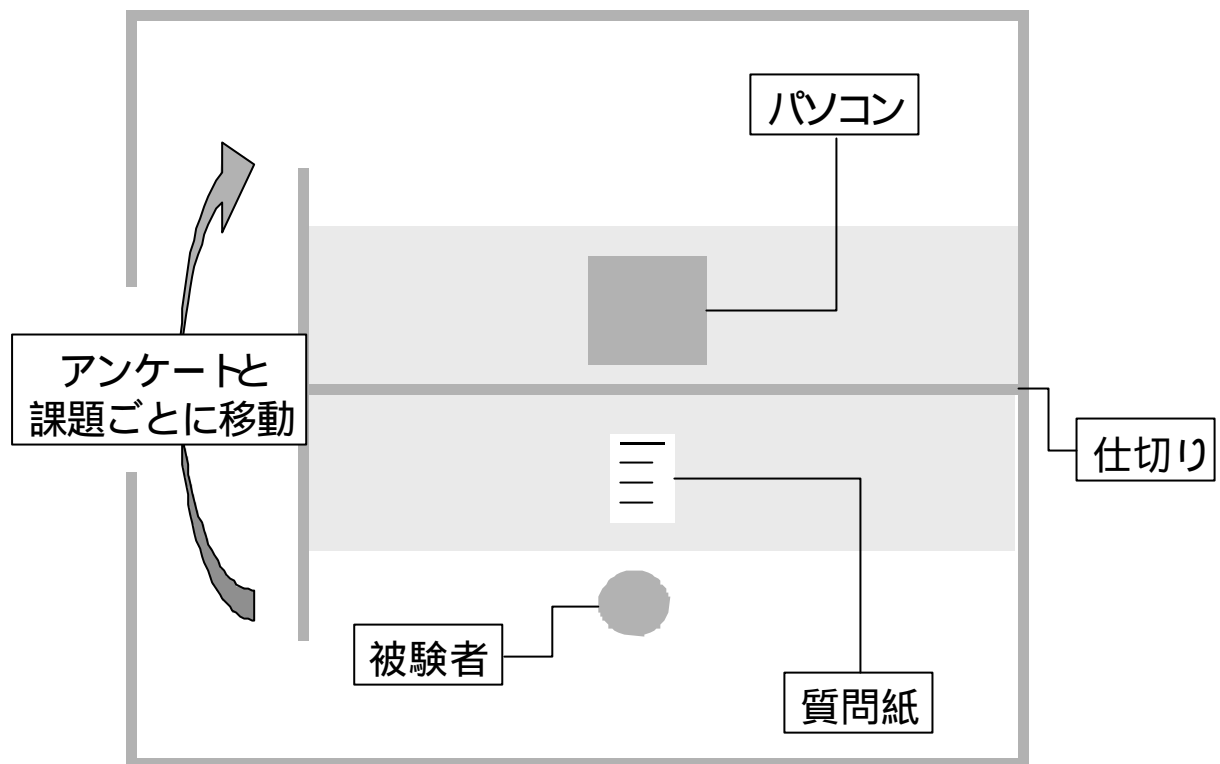


図3 - 1 予備実験の室内環境． 上側の部屋のパソコンで課題を遂行し、下側の部屋で質問紙試験を行った。

第四章 予備実験の結果と考察

4.1. 予備実験の結果

予備実験で得た結果を表4 - 1に示した。表中のヨコ行はそれぞれの数字と対応する番号の地図についての結果を示している。表中のタテ列はそれぞれの項目についての結果を示している。

表中に示した分数の分母は作図者が各項目を意図して表現したかについて+と-で示した。分子は読図者が各項目が表現されていたと読みとった人数を数字で示した。

それぞれ、数字が大きく、分母が+のものは正規解釈となる。数字が小さく、分母が-のものは解釈不足となる。数字が大きく、分母が-のものは過剰解釈となる。数字が小さく、分母が-のものは解釈不足となる。

	幅	距離	軌道	配列
	0/-	0/+	4/+	1/+
	1/+	3/+	4/+	3/+
	1/-	1/-	1/+	3/+
	3/+	2/+	4/+	3/+

表4 - 1 予備実験の結果。幅、距離、軌道、配列はそれぞれ読図者に対して「作図者が図中に表現したと考えるか」と質問した項目を示す。～の数字は四種類の地図の番号と対応する。表中の分数は、分子の数字が肯定回答数を示し、分母は作図の際に作図者がその項目を意図した(+)かしない(-)かを示している。

4.2. 予備実験データに見られる傾向

予備実験における読図者側実験から得られたデータより、次のような傾向が見られた。これらの傾向は主に、作図者と読図者との間で大きな不一致が見られたデータについて比較を行った結果得られたものである。

・道幅について

道幅について一致が見られた地図は4であり(3/+)、不一致が見られた地図は2だった(1/+)。

各地図の特徴として、地図4は、中央の道路が幅広に大きく書かれ、駅周辺の道路は対照的に狭く書かれた。

不一致であった地図2は、道幅の違いはあるが、道ごとの幅の変化が小さい。また、直進可能な一本の道のなかでも幅の違いがあり、そのことから読図者は記述のばらつきと受け取ったのではないかと考えられる。

・距離について

距離について一致が見られた地図は2であり(3/+)、不一致が見られた地図は1だった(0/+)。

各地図の特徴として、地図2はオブジェクトが不均一に存在している。

不一致であった地図1はオブジェクトの配置が階段状であり、また間隔も等しい。

・軌道について

軌道について一致が見られた地図は1、2、4であり(4/+)、不一致が見られた地図は3だった(1/+)。

各地図の特徴として、地図2、4では、道路の多くが直交して書かれているが、一部だけ湾曲した道路が書かれている。

同じく一致した地図 1 では、全ての道路が直線で書かれている。地図 1 と似た特徴を持つ 3 が不一致であった原因として、3 は道沿いに書かれたオブジェクトが多いため、中央の道路の距離が長距離であると読まれ、それほど長い道路に対しての直進性が信頼されなかったのではないかと考えられる。

- ・配列について

配列について一致が見られた地図は 2、3、4 であり(3/+)、不一致が見られた地図は 1 だった(1/+).

各地図の特徴として、地図 3 はほぼ全てのオブジェクトが道沿いに等間隔で並べられているが、一部（名古屋城）だけが外れた位置に置かれていた。

一方不一致であった地図 1 では、全てのオブジェクトが階段状に等間隔で配置されていたことから、デフォルメされた地図と読まれたのではないかと考えられる。

以上の傾向が見られたが、それぞれの地図についてより詳細に比較検討した結果を地図ごとに分けて以降に示す。

地図には説明をしやすいように格子を設けた。行頭には数字を示し、列頭にはアルファベットを示した。例えば説明中で[A-1,B-3]と示した場合、これは左上から右下への矩形を該当区域を指定したものとする。この例が示す範囲は、A-1,A-2,A-3,B-1,B-2,B-3の6ブロックとなる。

4.2.1. 地図の結果

地域名：東京都小平市

出発地：西部東村線たかの台駅

目的地：武蔵野美術大学

居住年数：4年

質問1：いいえ

質問2：はい

質問3：はい

質問4：はい、出発点の唯一の出口を上向きにした

結果：0/- 0/+ 4/+ 1/+

道幅について

道は全て単線で書かれている。作図者の意図と読図者の読みとりは一致した。

距離について

殆どのオブジェクトが方眼状の配置になっている。作図者は距離を意図したが、読図者は距離を読みとらなかった。パターンが単調であることが要因と考えられる。

軌道について

道路は全て直線・直交で書かれている。読図者の読みとりとも一致した。

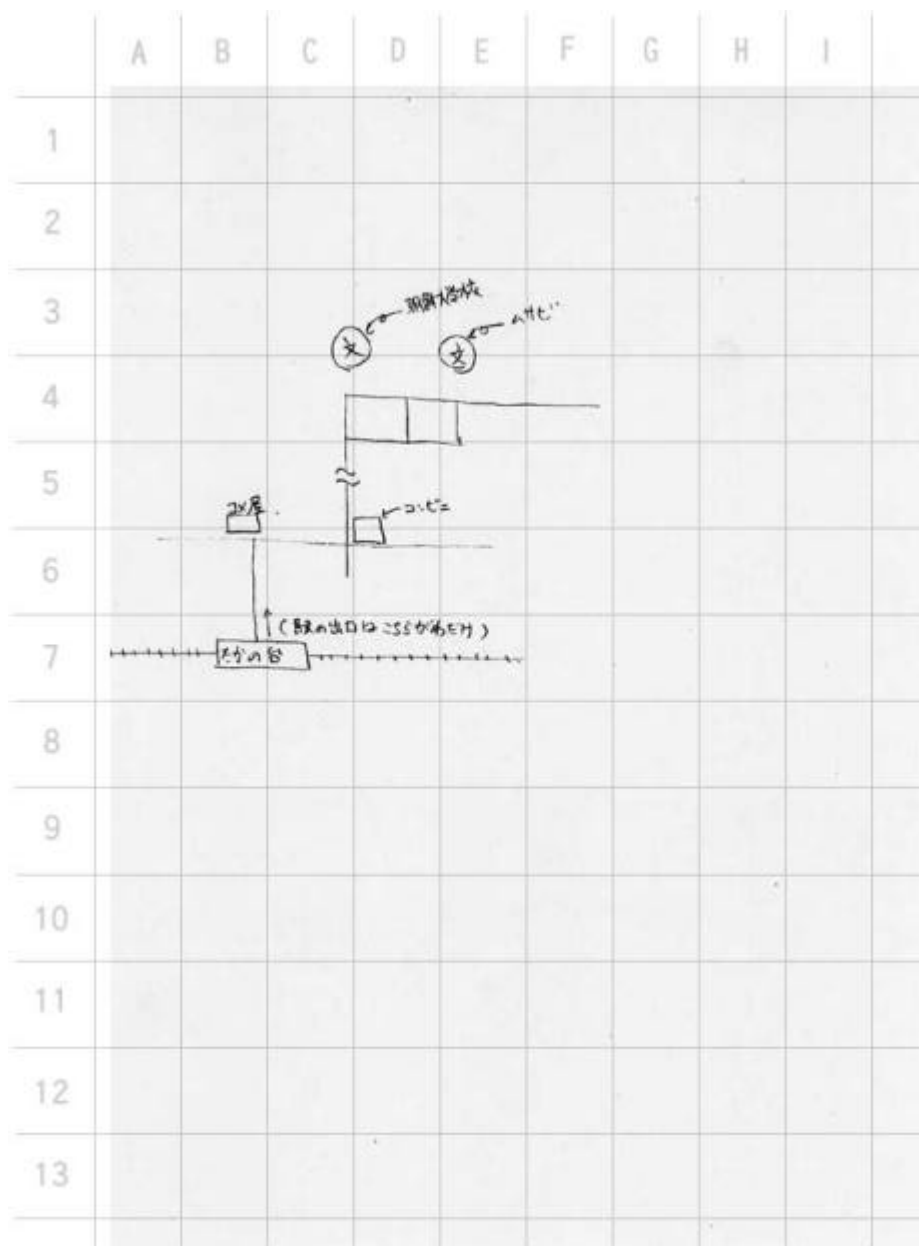
配列について

道路に沿う形で、オブジェクトは方眼状に配置されている。作図者は実世界の配置

を対応させて書いたが、読図者はこれをデフォルメされた配置と読みとった。

トレーシングペーパーを用いた回答では、[C-3,D-4]にある朝鮮大学校を円で囲み、実世界を反映させていないとする回答が見られた。また、[C-3,E-3]を円で囲み、「道に沿っているのか、そちらの方向にあるかなどが分からない」と付記した上で、距離を反映していないとする回答が見られた。

地図1 武蔵野美術大学周辺



4.2.2. 地図の結果

地域名：埼玉県川越市

出発地：東武東上線鶴ヶ島駅

目的地：川越西小学校

居住年数：7年半

質問1：はい

質問2：はい

質問3：はい

質問4：はい

結果：1/+ 3/+ 4/+ 3/+

道幅について

作図者は一本の道路を二本の線で書き、道幅を意図したが、読図者は実世界を反映させてないと読んだ。記述された道路幅の違いがそれほど無かったためと考えられる。

距離について

作図者と読図者が合致した。オブジェクト間の距離にはばらつきがあるため、実世界に近いと読みとったと考えられる。

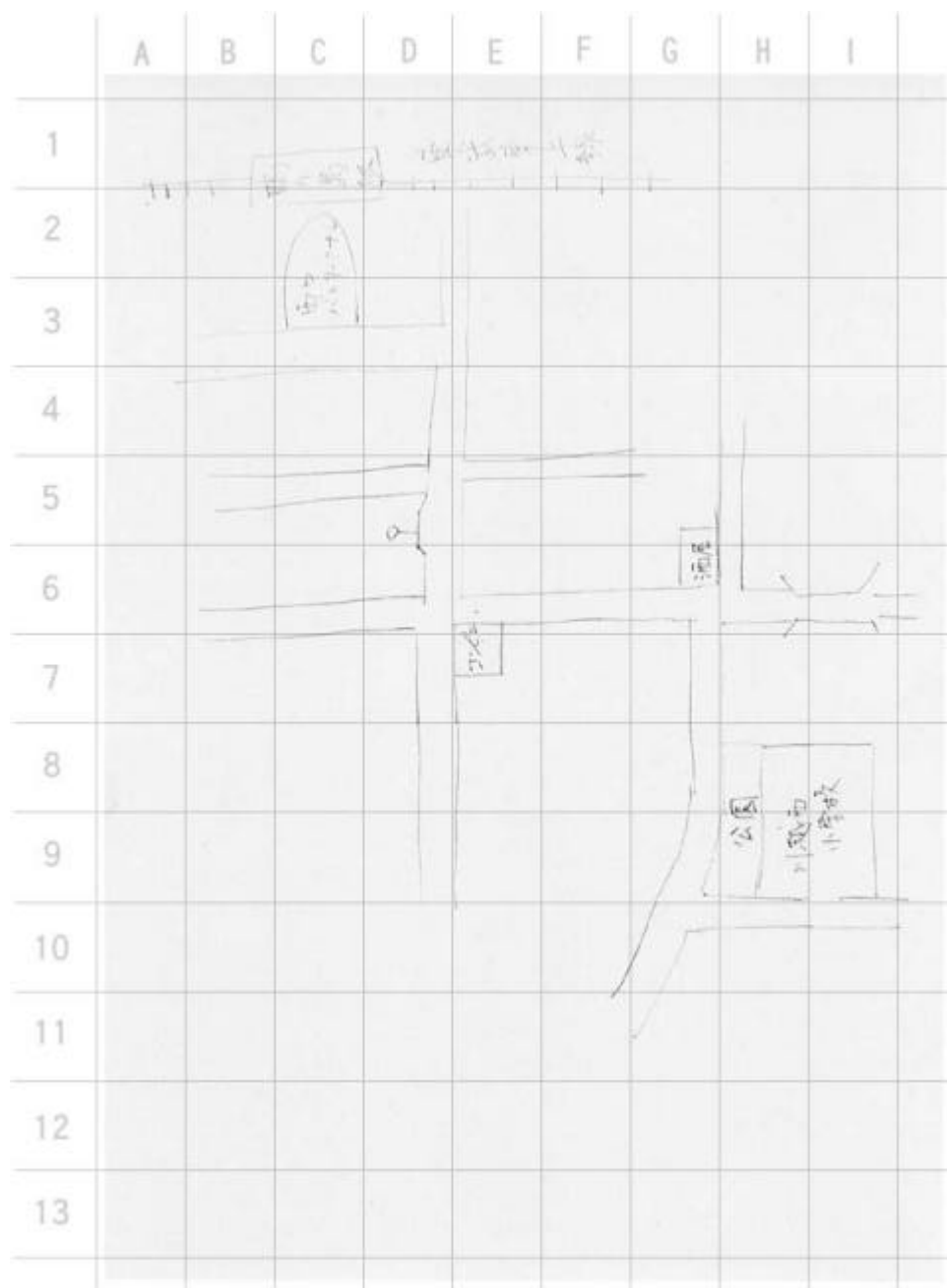
軌道について

作図者の意図と全ての読図者の意見が合致。左下に緩やかなカーブを持った道路が書かれているためと考えられる。

配列について

作図者の意図と読図者の意見がほぼ合致した。直交・不十分道路だが、オブジェクトが方眼状ではないことが有効だったと考えられる。

トレーシングペーパーを用いた回答では、[D-5,E-5]を円で囲み、「局所的ではあるが実際の幅の違いを表現している」とする回答が見られた。[D-6,H-6]を円で囲み、道にズレがあることを指摘して軌道について表現しているという回答が見られた。[D-5]を円で囲み、この目印が実世界の配置と対応していないという回答が見られた。



地図2 川越西小学校周辺

4.2.3. 地図 の結果

地域名：名古屋市中区

出発地：地下鉄丸の内駅

目的地：愛知県図書館（能楽堂）

居住年数：3年

質問1：いいえ

質問2：いいえ

質問3：はい

質問4：はい

結果：1/- 1/- 1/+ 3/+

道幅について

道路は全て一本線で書かれているため、記述者と読図者の見解が一致した。

距離について

オブジェクトはほぼ等間隔に書かれている。情報としては、縦に書かれた道路をたどった際に現れる順序が得られる。記述者と読図者の意見が一致。

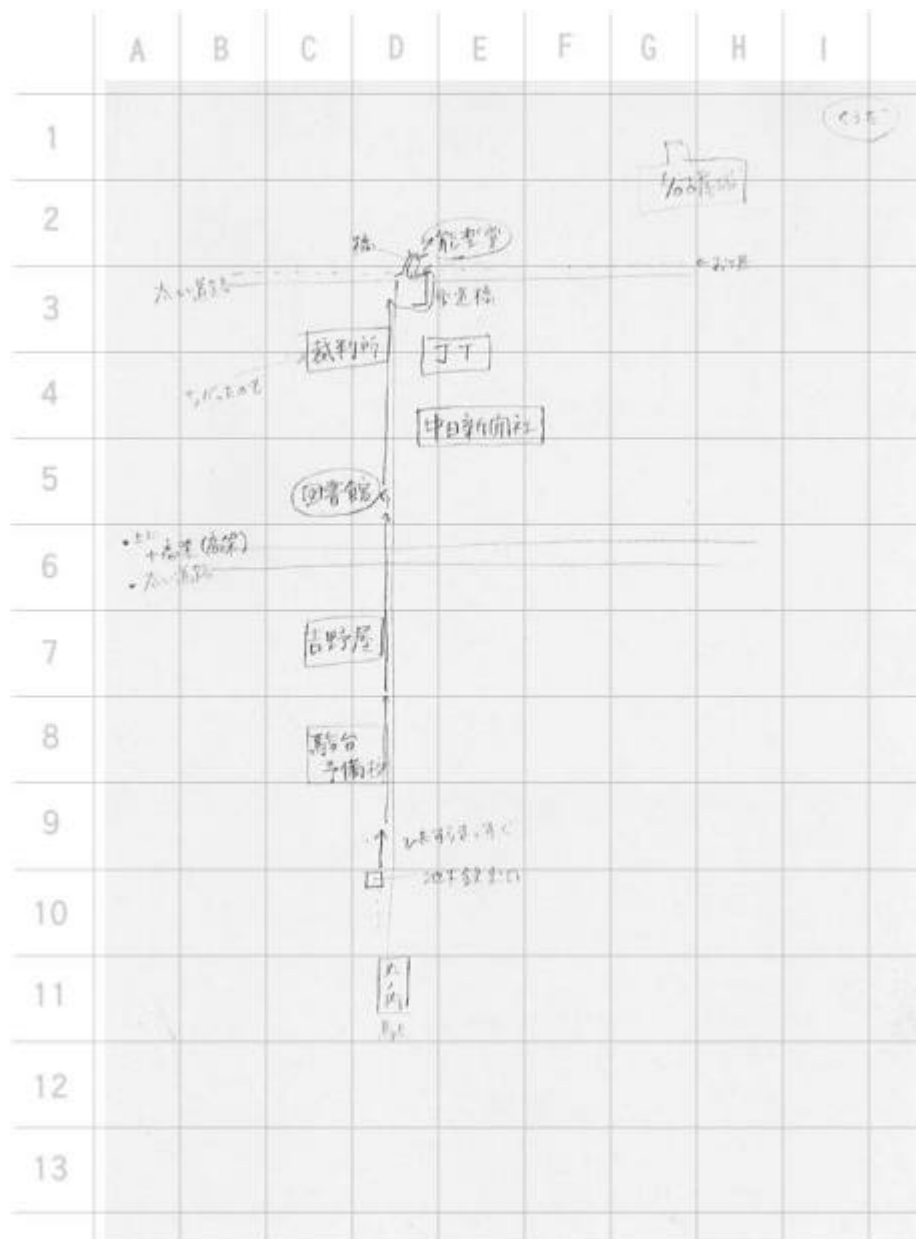
軌道について

実世界の道路も直線であり、作図者はそのとおりに作図した。しかし道幅・距離について省略されていることから、地図全体についての信憑性が低下したものと考えられる。

配列について

ほぼ全てのオブジェクトが縦一列に書かれている。一本の道に面して配置されていることから、それらのオブジェクトが道に面した場所に存在しているという情報に信憑性があったものと思われる。

トレーシングペーパーを用いた回答では、[B-3][B-6]に書かれた「太い道路」という記述を円で囲み、道幅は反映していないという回答が見られた（この道路は一本線で記述されていた）。[G-1,H-2]を円で囲み、名古屋城と目的地の位置が気になるという回答が見られた（この回答はトレーシングペーパー上に書かれ、特定の質問項目に対する回答ではなかった）。



地図3 愛知県図書館周辺

4.2.4. 地図 の結果

地域名：東京都大田区

出発地：JR蒲田駅

目的地：東急多摩川線矢口渡駅

居住年数：6年

質問1：はい

質問2：はい

質問3：はい

質問4：はい

結果：3/+ 2/+ 4/+ 3/+

道幅について

中央の縦に書かれた環八が大きく太く書かれており、他の道路も二本線で幅が意図されている。このことから幅について実世界を対応させていると読みとったものと考えられる。

距離について

JR蒲田駅、東急蒲田駅が近くに書かれ、大きく離れて矢口渡駅とその周囲のオブジェクトが配置されている。読みとりは半々であった。

軌道について

直進している環八と交叉する形で線路が書かれているため、ここから道路の湾曲と対比させて読みとったものと思われる。

配列について

環八が大きな目印となり、それを挟む形で蒲田駅と矢口渡駅が配置されている。そのため、巨視的な視点からは配置の読みとりがしやすかったものと思われる。

トレーシングペーパーを用いた回答では、[B-2,D-3]および[D-11,E-12]を円で囲み、細かい記述であると付記し、同時に[C-4,E-9]を円で囲み、大まかであるとした回答が見られた。

また別の読図者からは、[C-3]から[E-10]まで引かれた東急線を示す線を円で囲み、この線が何を示しているか分かりづらいと言う回答が見られた。

4.3. 予備実験の反省点

不一致は四つの項目について見られた。しかしその四つは全て、作図者が意図した項目に対して、読図者が表現したと読みとらなかった解釈不足として生じた。

このことは、作図者側の実験において道幅・距離・軌道・配列の各項目について省略するような統制を行わなかったため、結果として得られた地図の殆どで各項目が省略されなかったことに原因があった。

4.4. 今後の課題

1)今回は被験者を作図者として用いて予備実験を行ったが、この予備実験で得た知見を基に、手書き地図における省略手法を分類し、人為的に統制した地図を作製する。

2)地図の読解に影響を及ぼすと考えられるコンテキストについて考慮する。

第五章 本実験

5.1. 予備実験で得られた被験者の傾向

予備実験の結果より、読図者が地図を読みとる際の行動として、次に示す二つの傾向が見られることが見出された。

1) 保守的傾向(Conservativity)

読図の際に過剰解釈よりも解釈不足傾向が強い傾向。

2) 均一化効果(Unifiedness effect)

ある一つの地図変数（道幅や距離など）が地図内で均等な値を持っているとき、その地図変数について、読図者はその地図において表現されていない情報であると判断すること。

本研究では、まずこの仮説の検証を目的として実験設定を行った。

5.2. 実験設計

先述した仮説を検証するにあたって、実験は詳細な白地図（サーベイマップ）上で、簡易なルートマップ（案内地図）に示された場所を検索するという課題を設定した。サーベイマップは市販の地図から道情報のみを抜き出して作製し、ルートマップはサーベイマップ上の二地点を移動するという設定でその間の道を抜き出した。それぞれの詳細を次に記述する。

5.2.1. 白地図の作製

実験に使用する地図として、Windowsアプリケーション「プロアトラス2000DVD」より、池袋、那覇、前橋、上井草、東淀川の5地域から1万分の1地形図を取り出し（図5 - 1）これから道路情報のみを取り出した（図5 - 2）。

実験ではこの地図をA 1の紙面に印刷し、これをパネルに詰め込み、パネル上に直接移動経路をペンで書き込むようにした。



図5 - 1 白地図の作製． 取り込んだ地図を加工し、右下のような白地図を作製した。

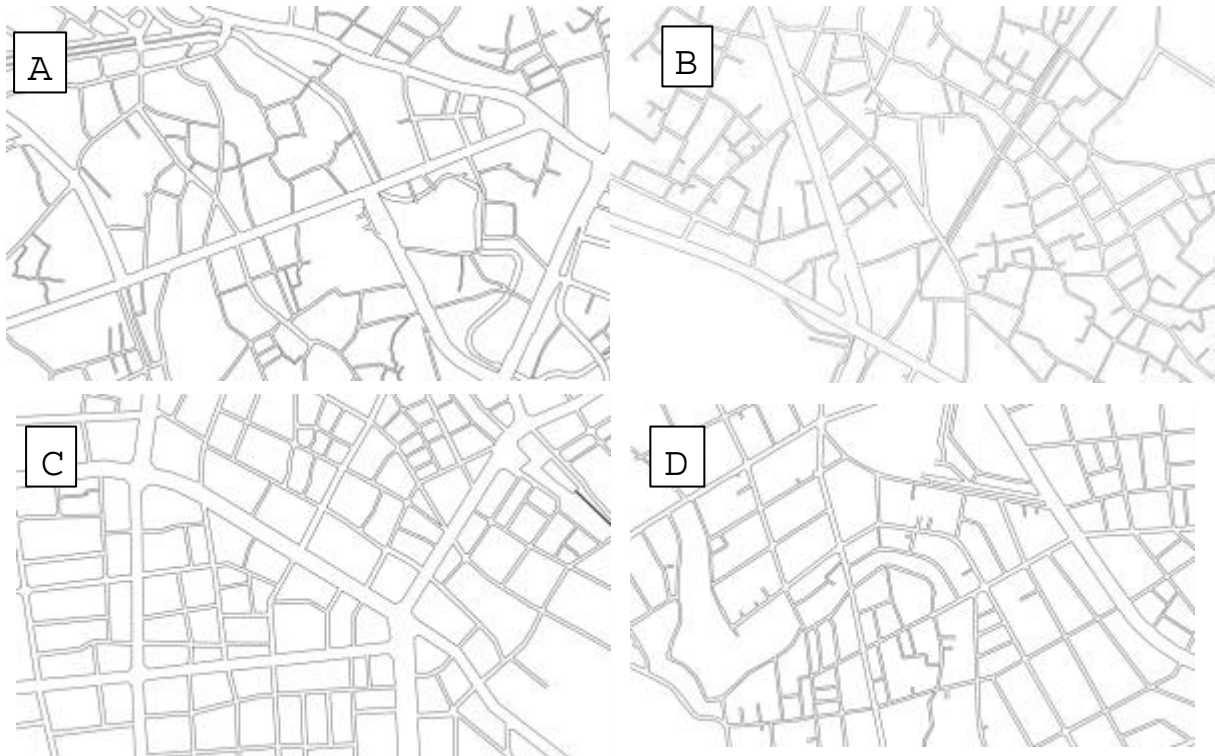


図5 - 2 作製した4枚の白地図（A～D）．それぞれ、那覇(A)、池袋(B)、前橋(C)、上井草(D)の縮尺一万分の一地図から取り出した白地図である。実際には記号は記述されていない。

5.2.2. 案内地図の作製

案内地図は、既に作製した白地図から二地点を選び出し、その間を移動することを想定して一本道となるように抜き出した。また、予備実験で質問に用いた四種類の地図変数に基づいて地図に変形を加えた。

加えた変形条件は、道幅・距離・配列・軌道の四要素について、それぞれ別の地図を用意し、それぞれについて更に「全体を均一化」「経路上の一部に原形を残す」「経路外の一部に原形を残す」「変形を加えない」の四種の条件に従って変形を行った。（表5 - 1、図5 - 3～図5 - 6）

また発話分析法における練習用課題として、全く変形を加えない地図を用意した。

	均一化無し 経路上		経路外	全体
道幅	A1	A2	A3	A4
距離	B1	B2	B3	B4
配列	C1	C2	C3	C4
軌道	D1	D2	D3	D4
練習	E1			

表 5 - 1 本実験で作製した地図一覧． 記号ABCDは、それぞれ均一化する地図変数のうち道幅・距離・配列・軌道と対応しており、それぞれ別の地域の白地図から抜き出して変形を加えた。Eは練習用に用意した別の白地図を示し、均一化を行わない案内地図のみを用意した。数字はそれぞれ、1が均一化無し、2が経路上の一部に原形を残す、3が経路外の一部に原形を残す、4が全体を均一化、という変形操作と対応している。

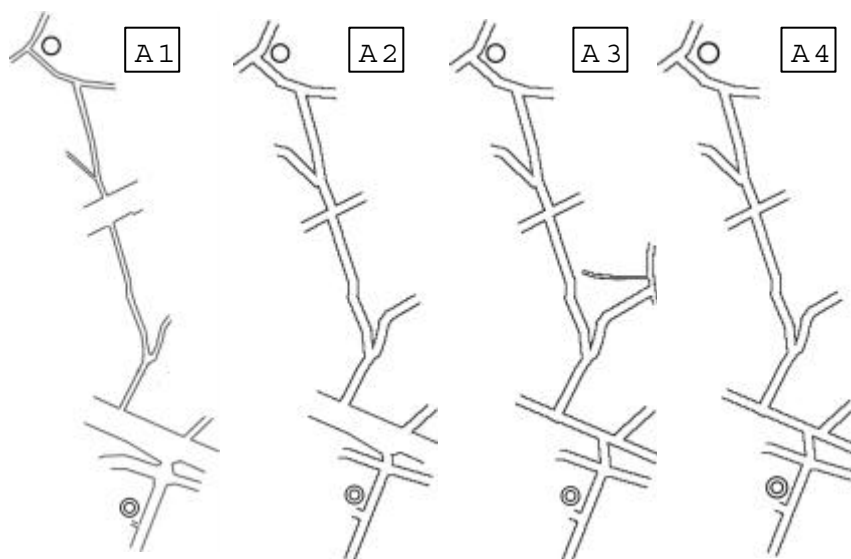


図 5 - 3 地図 A 1～A 4． 那覇(A)の白地図から取り出した案内図。1～4はそれぞれ、均一化無し・経路上の一部に原形を残す・経路外の一部に原形を残す・全体を均一化した案内図である。

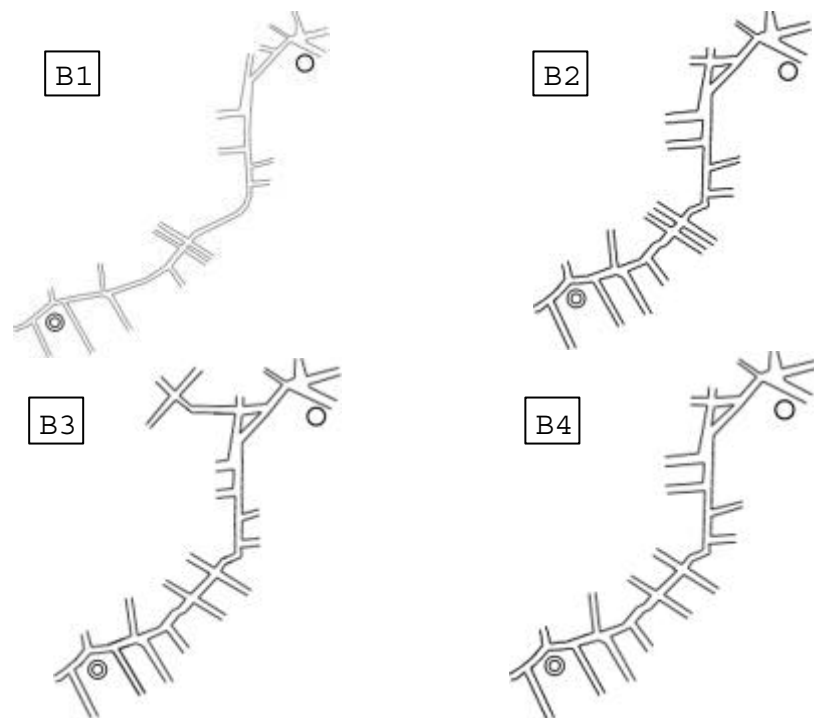


図 5 - 4 地図 B 1 ~ B 4 . 池袋(B)の白地図から取り出した案内図。

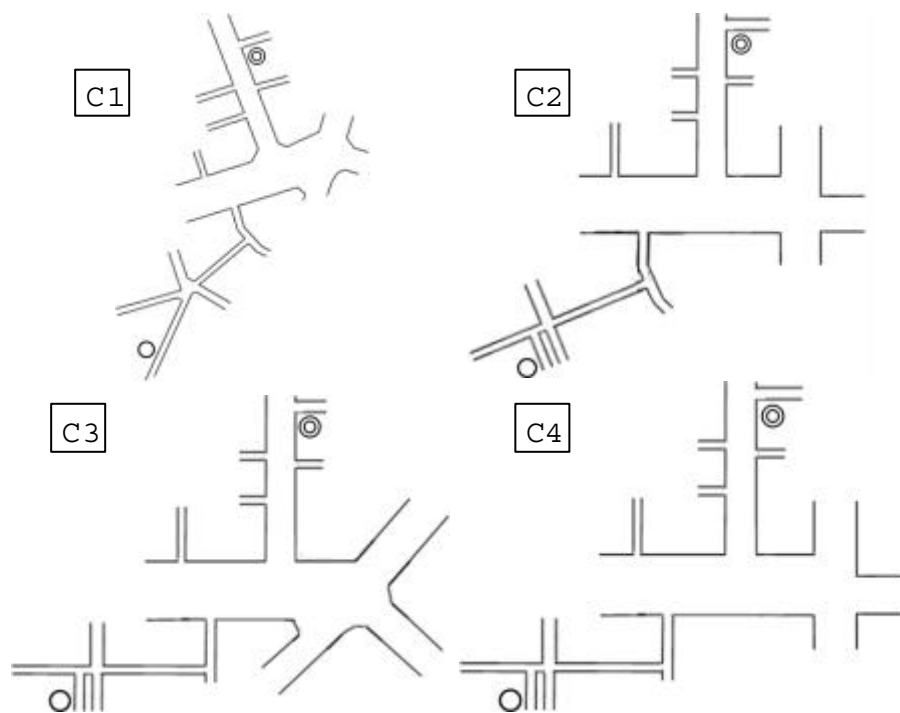


図 5 - 5 地図 C 1 ~ C 4 . 前橋(C)の白地図から取り出した案内図。

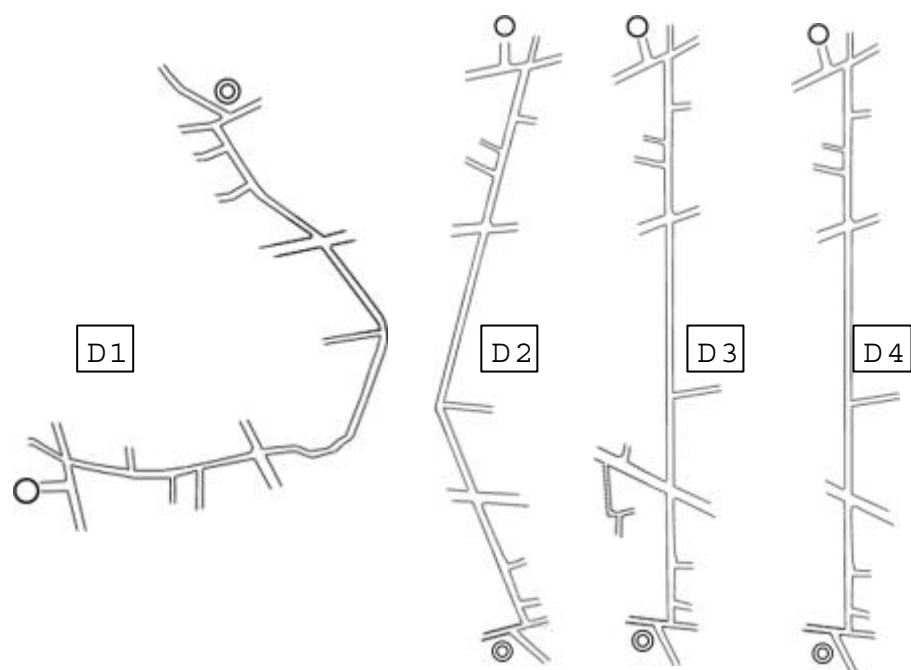


図5 - 6 地図D 1～D 4． 上井草(D)の白地図から取り出した案内図。

5.3. 思考発話法による発話データの採取

本実験では、まず地図を作製した上で、地図について行う質問紙調査に使用する質問内容の妥当性を検証するため、思考発話法による発話内容の分析（プロトコル分析）を行った。プロトコル分析では質問紙調査に使用するものと同じ地図を用意し、被験者の思考発話から地図の印象に関する発話データを採取した。

次に発話データ採取実験の流れを示す。

5.3.1. 実験設定

実験は個室に置かれたテーブルの上で行った。実験は大きく二つの段階に分かれている。

- (1) 被験者は呈示されたルートマップを5分間の時間制限の中でなるべく記憶する。その際、思考した内容を全て口に出して発話するよう教示した。
- (2) A1サイズのパネルに入れた白地図を呈示し、先ほどのルートマップに書かれた目的地を、ペンで線を引きながら探す課題を行わせた。

このとき、(2)の課題では(1)で示したルートマップを見ることはできず、記憶を頼りに課題を行うこととした。以上の設定で実験を行い、(1)の地図を記憶する段階ではMDレコーダとピンマイクを用いて思考発話データを採取した。(2)の課題遂行段階では、テーブル上に置かれた地図の全体が移るようにビデオカメラを設置し、課題遂行場面を収録した。

思考発話法を行う被験者は本学学生より8人にご協力いただき、一人につき地域・変形パターンが重ならない4種類の地図について繰り返し実験を行った。（一枚の地図につき二人分のデータが得られた）

5.3.2. 結果

発話内容を書き起こしたデータから、地図（道路図）の形状に関する 138 件の発言を抜き出した。抜き出した発言データについては論文末に付録として添付した（付録-2）。

発言データには、道の方角に関する発言 8 件、道の幅に関する発言 42 件、道の軌道に関する発言 33 件、交差点の角度に関する発言 8 件、目印間の距離に関する発言 18 件、その他の発言 29 件が含まれた。

以上の結果から、予備実験で使った 4 種類の質問項目について、これを妥当であるとする。

また、方向およびその他に分類された発言には、地図の全体 / 一部分の印象に関する発言が多く見られたため、当実験に用いる質問項目には印象に関する質問項目を加えることとした。

5.3.3. 考察と質問項目の作製

採取した発話データには、道幅、道路の軌道、距離、交差点の角度の四変数に加え、地図全体の印象に関する発言が見られた。この結果から、読図者が地図を読む際に考慮する地図変数として四種類を用いることは妥当であったと言える。

前節の結果ではその他に分類した 29 件の発話データは、ルートマップ全体の印象、複数の交差点を含む部分的な印象、二つの交差点を結ぶ一本の道路における記述されない交差点の存在の三つに分けることができた。

以上の結果から、質問項目は地図変数に関する 4 項目と、印象に関する 3 項目の全 7 項目を設定した。次にその質問項目を列挙する。

1. 地図中に書かれた道路の幅や太さが、実世界の道路の幅や太さを反映していると思いましたか
2. 地図中に書かれた道路の軌道が、実世界の道路の軌道を反映していると思いましたか
3. 地図中における交差点から交差点までの距離が、実世界の距離を反映していると思いましたか
4. 地図中に書かれた道路の交わる角度が、実世界の交差点の角度を反映していると思いましたか
5. 地図の経路上に道としては書かれずに省略されたが、実世界では存在している道があったと思いましたか
6. 地図中に見られる道同士が組み合わせられてできた図形が、実世界の道路の形状を反映していると思いましたか
7. 書かれた地図の全体的な特徴が、実世界における地域の特徴を反映していると思いましたか

5.4. 質問紙による地図の印象調査

プロトコル分析より得たデータを元に作製した質問項目を用い、同じ16種類の地図について質問紙調査を行った。

次に質問紙調査実験の流れを示す。

5.4.1. 実験設定

実験は個室に置かれたテーブルの上で行った。実験は大きく三つの段階に分かれている。この三段階を、一人の被験者について、練習課題を含む五枚の地図について繰り返し行った。

- (1) 被験者は呈示されたルートマップを3分間の時間制限の中でなるべく記憶する。
- (2) 質問紙に回答する。質問紙に答えるときは、ルートマップは見たままで回答を行う。
- (3) A1サイズのパネルに入れた白地図を呈示し、先ほどのルートマップに書かれた目的地を、ペンで線を引きながら探す課題を行う。

(3)の課題遂行場面では、思考発話実験の時と同じく、テーブル上に置かれた白地図全体が見渡せるようにビデオカメラを設置し、被験者の課題遂行を収録した。

質問紙調査を行う被験者は本学学生より12人にご協力いただき、一人につき地域・変形パターンが重ならない4種類の地図について実験を行った。(一枚の地図につき三人分のデータが得られた)

5.4.2. 結果

質問紙調査の集計結果は表 2 の通りとなった。数字は質問項目について、「はい」と回答した被験者の数を示す（表 5 - 2）。

表中に太字で示した部分は、過剰解釈の見られたデータを示している。

地図番号	質問 1	質問 2	質問 3	質問 4	質問 5	質問 6	質問 7
A1	3	2	1	3	3	2	1
A2	3	2	1	2	2	2	2
A3	3	3	3	3	3	3	3
A4	2	2	2	2	2	1	2
B1	0	0	0	1	3	2	1
B2	1	3	1	3	1	3	2
B3	2	3	0	1	2	1	2
B4	2	3	2	2	3	2	2
C1	2	3	1	2	3	2	3
C2	0	1	2	1	3	1	2
C3	2	1	3	1	2	2	2
C4	1	3	1	1	2	1	2
D1	2	2	2	1	2	1	3
D2	3	2	2	3	3	3	3
D3	2	2	2	2	2	2	2
D4	2	3	2	3	3	3	2
E1	10		8	7	10	9	10

表 5 - 2 本実験で得られた質問紙試験の集計結果。 地図記号の内、A～E は地図の種類ならびに均一化する地図変数の種類を意味し、それぞれ道幅(A)、距離

(B)、配列(C)、軌道(D)を示している。数字1～4は変形の種類を意味し、それぞれ均一化無し(1)、経路上の一部に原形を残す(2)、経路外の一部に原形を残す(3)、全体を均一化(4)を示している。

5.5. 本実験の反省点

表5 - 2を見ると、一部分変形（番号2，3）の地図では、大きな差が見られなかった。また、地図Bでは変数変形を行わない詳細な図であっても肯定回答数が著しく低く、全体を均一化した地図の場合にもっとも信頼性が高く現れた。

今回の実験で顕著だった問題点は、実験結果に置いて一つのセルあたりの被験者数が3人と少ないことにあった。追加実験を行ってデータを増やすことも可能であったが、本実験のやり方では元となる地図ごとで既に信頼性に大きな差があることが分かった。均一化する変数ごとに別の地図を用意したために、それぞれの地図が本来持っている特性が結果に影響を及ぼし、均一化を行わない条件であっても地図ごとに変数の読みとりが異なって現れた。地図中の一部に原形を残して他を均一化するという条件で実験を行うには、元となる地図が十分に信頼の置ける地図であるという前提が必要である。元となる地図が、被験者が信頼できない地図であると判断してしまうような特殊な地形を持っていた場合には、他の変数について均一化を行った地図と比較すること自体が困難になる。本実験ではその点に不備があった。

追加実験ではこの点を考慮し、複数枚の地図におけるコンテキストを統一するため、全ての変形条件において同一地域の地図より作製し、実験に用いる必要がある。

第六章 追加実験

6.1. 均一化に対する変数の挙動

先に行った実験では、地図の一部分について原型をとどめた場合は、経路上・経路外で大きな差が見られなかった。単一の地図変数変形においても、変数間で大きなばらつきが見られた。このことから追加実験では、一つの地図変数が読図に及ぼす効果、および一つの地図変数同士の影響関係にも着目した。

単独の地図変数が、地図全体において均一であるとき、読図者がその変数を含めた四つの変数についてどのように解釈するか、あるいは解釈しないかという点が、追加実験における一つの焦点となる。

また、変数間の影響関係を調べる目的で、四種類の地図変数のうち三種類の地図変数を地図全体で均一化する。このとき、均一化しなかった（現実的な）地図変数の読みとりがどのような影響を受けるかという点が、もう一つの焦点となる。

ある一つの地図変数が、地図全体で均一・不均一な状態を持ったとき、他の地図変数との相互作用を含め、そこには次に示す3つの性質があると考えられる。

(1) 変数の鋭敏性

まず最初に、一つの変数が自身にのみ影響する場合を考える。ある地図変数が地図全体において均一であるときに、読図者がその変数について解釈する場合としない場合とが考えられる。均一のときに不解釈であり、不均一のときに解釈される地図変数は、これを鋭敏性が高いと定義する。均一・不均一にかかわらず解釈度に大きな違いを持たないとき、これを鋭敏性が低いと定義する。

(2) 変数の同調性

地図全体で不均一なある一つの変数について、他の三つの変数が地図全体で均一であるときに、不均一な変数が読図者によって解釈されない傾向にあるとき、その変数は同調性が高いと定義する。逆に解釈される場合は同調性が低い（独立である）とする。

(3) 変数の影響力

ある一つの変数が地図全体で均一であるときに、地図全体の信頼性を下げる傾向が見られたとき、その変数は影響力が強いと定義する。逆に、ある一つの変数が地図全体で不均一であり、他の三つの変数が均一であるときに、地図全体の信頼性を高める傾向が見られた場合でもこれは同様である。

ここに示した性質はそれぞれ、『変数が自分自身に及ぼす影響』、『他の変数に与える影響』、『他の変数から受ける影響』に対して変数がなす挙動を意味する。ここで言う挙動とは、地図変数の変形によって読図者に読みとられる意味の変化である。

追加実験を行うにあたって地図変数にこれらの性質があるものと予測し、実験を設定した。

6.2. 地図の作製

追加実験で用いる地図には、一部分のみ変形という地図を無くし、常に地図全体について変形を行う。変形する地図変数については、先の実験と同じく、道幅(Width)、距離(Distance)、軌道(Path)、角度(Angle)の四変数について行った。以降、地図変数はそれぞれの頭一文字を用い、W,D,P,Aと表記する。

地図は、無変形、一変数、三変数、四変数均一化の四種類を作製した。変形に用いる元の白地図は、コンテキストを均一化するために同一の地図を6分割し、うち5枚を用いた。その5枚それぞれについて、無変形、一変数、三変数、四変数均一化を行った地図を作製する。一変数、三変数均一化ではそれぞれ四つの組み合わせが存在するため、一つの地域について合計10枚の地図の地図を作製した(表6-1)。また、論文末には、実験に用いた地図を縮小したものを添付した(付録-1)。変形の組み合わせとしては二変数の均一化も考えられたが、二変数均一化の実験を行うには二変数均一化地図だけで組み合わせが六通りに及ぶため、時間的制約を考慮して行わないこととした。

	均一化変数	1	2	3	4	5
変形無し	M	M1	M2	M3	M4	M5
一変数変形	W	W1	W2	W3	W4	W5
	D	D1	D2	D3	D4	D5
	A	A1	A2	A3	A4	A5
	P	P1	P2	P3	P4	P5
三変数変形	WDA	WDA1	WDA2	WDA3	WDA4	WDA5
	WDP	WDP1	WDP2	WDP3	WDP4	WDP5
	WAP	WAP1	WAP2	WAP3	WAP4	WAP5
	DAP	DAP1	DAP2	DAP3	DAP4	DAP5
四変数変形	WDAP	WDAP1	WDAP2	WDAP3	WDAP4	WDAP5

表 6 - 1 作製した地図一覧． 表中に示した記号(MWDAP)はそれぞれ、均一化無し(Master)、道幅(Width)、距離(Distance)、角度(Angle)、軌道(Path)の頭文字から、当該変数について均一化していることを示す。数字 1～ 5 は、 5 種類の地域の番号を示す。同じ番号の地図は同じ地域を記述した地図となる。

一変数変形に用いた規則を次に示す。三変数、四変数変形地図についてもこれに準じて作製した。

(1)道幅に関する変形規則

原則：全ての道路を均一幅にする。

手法：道路に中心線を設定し、その中心線に沿って均一幅の道路を書く。

影響：交差点における道幅と角度によっては、交差点間の距離に変化が生じることもある。

(2)距離に関する変形規則

原則：交差点と交差点との間の距離を均一にする。

方法：中心線ではなく、道幅の縁の距離を均一にする。

影響：結果として地図全体の形状が保持されない。形状によって本来は存在しない曲がり角を設定することもある。

(3)軌道に関する変形規則

原則：交差点と交差点を繋ぐ間の道路を、幅を持った二直線で記述する。

方法：交差する道路の外縁交差部を直線で結ぶ。

(4)角度に関する変形規則

原則：交差点における道路の交差角を直角にする。

方法：道路の中心線を直角に交差するよう変形する。

影響：結果として軌道が保持されない。地図全体の形状が保持されない。

場合によって本来は存在しない軌道（曲がり角）を設定することもある。

6.3. 実験設定

実験は個室に置かれたテーブルの上で行った。被験者には、北陸先端科学技術大学院大学職員より10名に協力してもらった。

被験者はアンケート用紙と地図を同時に渡され、一枚の地図について回答が終わると机上のベルを鳴らす。ベルが鳴ると実験者が地図とアンケート用紙を次のものに交換する。これを10枚の地図について行った。使用したアンケート用紙は本実験で使ったものと同じであったが、トレーシングペーパーは用いずに行った。

次に追加実験の結果を示す。

6.4. 結果

質問紙調査の集計結果を表 6 - 2 に示す。図中のアルファベットの意味は、M(aster):変数変形無し、W(idth):道幅変数の均一化、D(istance):距離変数の均一化、A(n)gle):角度変数の均一化、P(ath):軌道変数の均一化をそれぞれ示す。例えばDAPの行は、距離(D)・角度(A)・軌道(P)について均一化を行い、道幅(W)のみ不均一である地図についての結果を示している。また、数字は質問項目に「はい」と肯定で答えた数であり、5地域の地図についての回答を合計した結果を示している。質問項目 1～4 は地図変数についての質問であり、取り出して考慮する必要があるため総合計と分けて集計した。

地図	質問1	質問2	質問3	質問4	質問5	質問6	質問7	1-4合計	1-7合計
M	9	7	6	8	7	7	10	30	54
W	0	8	6	7	6	7	5	21	39
D	9	7	5	6	9	10	9	27	55
A	7	6	5	4	9	6	8	22	45
P	10	5	7	7	6	5	10	29	50
DAP	8	4	3	1	9	3	6	16	34
WAP	0	2	6	1	9	2	2	9	22
WDP	0	7	6	7	8	8	6	20	42
WDA	0	5	4	4	7	3	6	13	29
WDAP	0	1	3	0	7	2	3	4	16

表 6 - 2 追加実験の質問紙試験集計． 表中に示した記号(MWDAP)はそれぞれ、均一化無し(Master)、道幅(Width)、距離(Distance)、角度(Angle)、軌道(Path)の頭文字から、当該変数について均一化していることを示す。

地図ごとの肯定回答の数を表 6 - 3 に示す。数字は、質問項目 1～4 を合計した値である。変数の均一化無しと、四変数均一化の地図については、それぞれ一種類ずつの地図しか持っていないため、この表を考慮するに当たってはそれぞれ数字を四倍する必要がある。

地図	均一化無し	一変数均一化	三変数均一化	四変数均一化
1	6	16	13	0
2	8	20	11	2
3	4	25	9	0
4	4	16	13	1
5	8	22	12	1

表 6 - 3 地図ごとの集計。番号はそれぞれ地図に示した 5 つの区域と対応している。複数の変数を均一化している場合は、特に均一化した変数の種類を問わずに集計した。

変数ごとの肯定回答の数を表 6 - 4 - 1～表 6 - 4 - 4 に示す。数字は行列の組み合わせに対する回答数を示す。例えば道幅(W)の表に示された43(21.5)という数字は、道幅が不均一な地図を見た被験者が道幅の情報を読みとった数を意味する。括弧内の数字は期待値との残差を示している。

変数[W]	解釈	不解釈	合計
均一	0(-21.5)	50(21.5)	50
不均一	43(21.5)	7(-21.5)	50
合計	43	57	100

表 6 - 4 - 1 道幅変数(W)が均一・不均一な地図に対する解釈・不解釈回答の分布

変数[D]	解釈	不解釈	合計
均一	21(-4.5)	29(4.5)	50
不均一	30(4.5)	20(-4.5)	50
合計	51	49	100

表 6 - 4 - 2 距離変数(D)が均一・不均一な地図に対する解釈・不解釈回答の分布

変数[A]	解釈	不解釈	合計
均一	10(-12.5)	40(12.5)	50
不均一	35(12.5)	15(-12.5)	50
合計	45	55	100

表 6 - 4 - 3 角度変数(A)が均一・不均一な地図に対する解釈・不解釈回答の分布

変数[P]	解釈	不解釈	合計
均一	19(-7.0)	31(7.0)	50
不均一	33(7.0)	17(-7.0)	50
合計	52	48	100

表 6 - 4 - 4 軌道変数(P)が均一・不均一な地図に対する解釈・不解釈回答の分布

6.5. 追加実験の統計解析

6.5.1. 肯定回答数の推移

表 6 - 3 の結果について、肯定回答数の合計（地図 1～5 を合計）をプロットした図を次に示す（図 6 - 1）。

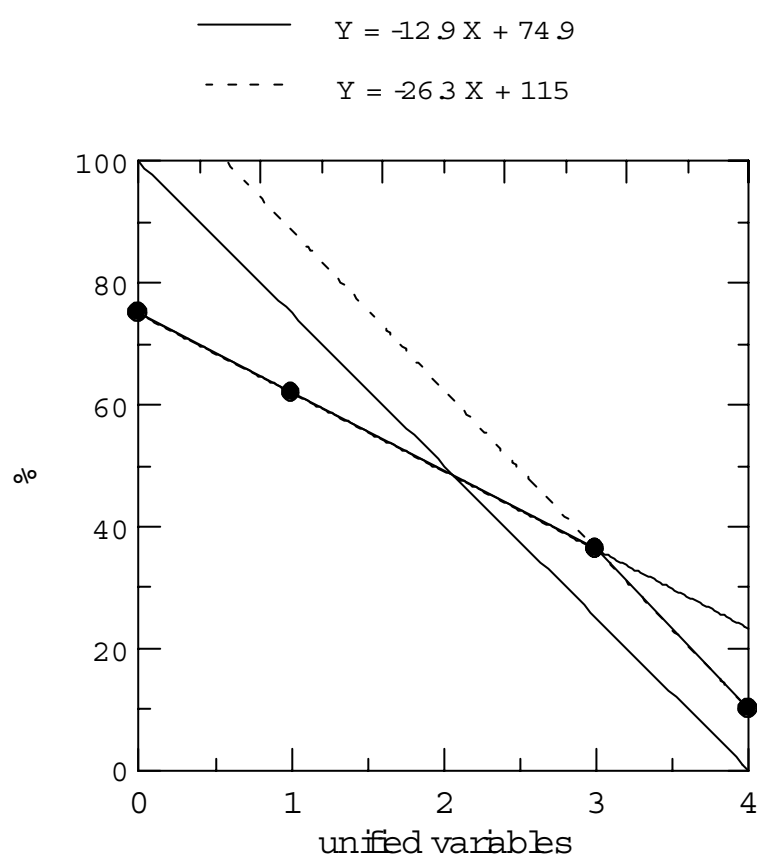


図 6 - 1 肯定回答数と変数の均一化数の推移． 横軸は地図変数の均一化数。縦軸は肯定回答数を百分率で表した。太い実線は均一化数 0 ～ 3 までを最低二乗法による直線、点線は 3 と 4 についての外挿。両者の式を図の上方に呈示した。

x軸は均一化した変数の数、y軸は全回答に対する肯定回答数の割合を示している。その結果、変数変形を行わないとき、1変数変形を行ったとき、3変数変形を行ったときの3データは直線上にプロットされた。2変数変形地図による実験は今回行わなかったが、この結果に従うなら約50%の割合で肯定回答が得られるものと推測される。

また4変数変形における肯定回答数の割合は約11%と小さく、他の三つのプロット線上には乗っていない。

6.5.2. χ^2 検定

表6-4-1～表6-4-4の結果について χ^2 検定を行った。その結果を次に示す。

地図変数	p
道幅	3.769×10^{-18}
距離	0.072
角度	5.029×10^{-7}
軌道	0.005

表6-5 χ^2 検定の結果. 変数ごとに集計した結果についてカイ二乗検定を行った結果を示した。数値にはカイ二乗値から求めた危険率（p値）。

道幅、軌道、角度に関しては危険率1%以下で有意差が見られた。距離に関しては危険率5%以上であり、有意傾向にとどまった。

さらに残差分析を行った結果を次に示す（表6-6-1～表6-6-4）。

変数[W]	解釈	不解釈
均一	- 5.484	4.545
不均一	5.484	- 4.545

表 6 - 6 - 1 道幅変数の残差分析

変数[D]	解釈	不解釈
均一	- 1.026	1.053
不均一	1.026	- 1.053

表 6 - 6 - 2 距離変数の残差分析

変数[A]	解釈	不解釈
均一	- 3.095	2.708
不均一	3.095	- 2.708

表 6 - 6 - 3 角度変数の残差分析

変数[P]	解釈	不解釈
均一	- 1.575	1.661
不均一	1.575	- 1.661

表 6 - 6 - 4 軌道変数の残差分析

有意な残差の値は、表 6 - 7 に従い、定数で決まっている。

残差	危険率
1.65以上	10%以下
1.96 以上	5%以下
2.58以上	1%以下

表 6 - 7 残差の有意性検定

表 6 - 7 より、残差の有意性を評価した。

道幅変数について読図者の読みとりは、変数が不均一なときに解釈され、均一なときに不解釈である傾向が非常に大きい。角度変数についても同様に、危険率1%以下で有意である。このことから、道幅・角度の両地図変数は先述した定義に従い、自身の変化に鋭敏な読みとられ方をされる変数であると言える。

軌道変数については、不解釈傾向に10%の水準で有意である結果が得られた。距離

変数については、有意である結果が得られなかった。軌道・距離の両地図変数は、鋭敏ではない変数であるといえる。

6.5.3. 変数の均一さが他の変数に与える影響

ある一つの変数が均一化されたときに、他の三変数へ与える影響を検出するために行った集計結果を次に示す。例えば道幅を示す地図変数について検出を行った集計では、道幅が均一な場合と不均一な場合とについて、不均一状態にある道幅以外（距離、角度、軌道）の変数に対する回答を集計した。この結果は、唯一均一化されている一つの地図変数の状態に伴って現れる、不均一状態な他の三変数の挙動を抽出した。もし一つの変数が均一化されることによって、不均一な他の三変数が読みとられない傾向に変化するようであれば、その一つの変数は不解釈傾向への影響力が強いことになる。集計は変数ごとに分けて行った。

道幅(W)について

	解釈	不解釈
均一	21(0)	9(0)
不均一	21(0)	9(0)

カイ二乗値 = 0

p値 = 1

距離(D)について

	解釈	不解釈
均一	22(-0.61)	8(0.610)
不均一	24(0.610)	6(-0.610)

カイ二乗値 = 0.373

p値 = 0.541

角度(A)について

	解釈	不解釈
均一	18(-1.09)	12(1.095)
不均一	22(1.095)	8(-1.095)

カイ二乗値 = 1.2

p値 = 0.273

軌道(P)について

	解釈	不解釈
均一	24(0.313)	6(-0.313)
不均一	23(-0.31)	7(0.313)

カイ二乗値 = 0.098

p値 = 0.754

表 6 - 8 不均一な三変数に対する均一な一変数の影響。数値は実測値であり、括弧内には調整された残差を示した。

6.5.4. 変数の不均一さが他の変数へ与える影響

ある一つの変数が不均一であるときに、他の均一な三変数へ与える影響を検出するために行った集計結果を次に示す。例えば道幅を示す地図変数について検出を行った集計では、道幅が均一な場合と不均一な場合とについて、均一状態にある道幅以外（距離、角度、軌道）の変数に対する回答を集計した。この結果は、唯一不均一なある一つの地図変数の状態に伴って現れる、均一状態にある他の三変数の挙動を抽出した。もし一つの変数が不均一であることによって、均一な他の三変数が読みとられる傾向に変化するようであれば、その一つの変数は解釈傾向への影響力が強いことになる。集計は変数ごとに分けて行った。

道幅(W)について

	解釈	不解釈
均一	4(-1.291)	26(1.291)
不均一	8(1.291)	22(-1.291)

カイ二乗値 = 1.667

p値 = 0.197

距離(D)について

	解釈	不解釈
均一	1(-1.035)	29(1.035)
不均一	3(1.035)	27(-1.035)

カイ二乗値 = 01.071

p値 = 0.301

角度(A)について

	解釈	不解釈
均一	4(-2.578)	26(2.578)
不均一	13(2.578)	17(-2.578)

カイ二乗値 = 6.648

p値 = 0.0099

軌道(P)について

	解釈	不解釈
均一	3(-1.668)	27(1.668)
不均一	8(1.668)	22(-1.668)

カイ二乗値 = 2.783

p値 = 0.095

表 6 - 9 均一な三変数に対する不均一な一変数の影響。 数値は実測値であり、括弧内には調整された残差を示した。

第七章 考察

7.1. 仮説の検証

7.1.1. 均一化効果

均一化効果とは、ある一つの均一な地図変数について、読図者がその地図において表現されていない情報であると判断することを示す。この効果は、ある変数が地図の中であまりに均一で変化に乏しい場合に、その変数を本来の情報ではないと判断して棄却することで生ずるものと考えられる。

この均一化効果は、単一の変数自体と、地図全体についての二つの場合で生ずる可能性がある。これは、前者は地図全体において単一の変数の均一化度合いに従って生ずると推測される。例えば地図全体において道幅の25%が均一化された場合と、75%が均一化された場合とでは、75%の場合により地図変数が読みとられる割合が低下する。後者の、地図全体について生ずる場合は、四種類ある地図変数のうちで、一つの地図変数が均一化されている場合と、三つの地図変数が均一化されている場合とでは、三つ均一化した場合に地図全体の信頼性がより低下する。これは、いくつかの変数が均一化されたときに不均一な変数までもが情報を表現していないと判断されて生ずるものと考えられる。

前者にあげた、単一変数の段階的な均一化によって生ずる均一化効果については、一つの変数が全体で不均一な場合と全体で均一な場合とという、0%か100%の形で実験を行った。段階的に変数の均一化度合いを変化させるという実験は行っていない。間を補完する結果は無いことになるが、均一化された場合に被験者がその変数を読みとらなくなる傾向にあることは結果として現れた。

後者にあげた複数の変数を均一化した場合に現れる均一化効果については、追加

実験において、均一化無し、一、三、四変数の均一化という四段階で実験を行った。追加実験の結果を図 6 - 1に示したが、均一化する変数の数を増やすに従って、均一化効果と見られる変数の読みとる比率の低下が見られた。

均一化された変数の数ごとに図を見ていくと、変数の均一化が無い場合に、4 つの変数に対してそれぞれに肯定的な回答をした率は全体の 75 %であった。1 つの変数を均一化した場合には 62 %、3 つの変数を均一化した場合には 36 %と減少し、全ての変数を均一化した場合には 10 %となった。このとき、均一化した変数の数が 0 ~ 3 の場合には、確率の値はほぼ直線上に並び（傾き -12.9）、均一化する変数の数を増やしていくにつれて地図の信頼性が低下するという全体的な傾向が見られた。また、均一化した変数の数が 3 個の場合から、全ての変数を均一化したときには、0 ~ 3 の場合に比べてより大きな信頼性の低下が見られた（傾き -26.3）。

仮に均一化効果が例外なく現れた場合を推測すると、変数の均一化がないときに変数は 100 %読みとられ、全ての変数が均一化されたときの読みとりが 0 %となると考えられる（図 6 - 1においてグラフの左上端と右下端を繋ぐ直線が現れる）。その場合の直線の傾きは -25.0であり、その値は均一化した変数の数が 3 個から 4 個になったときの傾き値と近似である。

このことから、均一化する変数の数が 0 ~ 3 個の場合には、被験者に対して均一化効果以外に何らかの影響があったのではないかと推測することができる。地図変数の読みとりに対して読図者が示す挙動としては、本実験の結果から保守的傾向と過剰解釈傾向という二つの傾向が予測されていた。その二つの傾向については次節に述べる。

7.1.2. 保守的傾向と過剰解釈傾向

地図中に情報を持った変数として書かれた（不均一な）変数を、読図者が読みとらない傾向のことを保守的傾向と言う。これは読図者が地図を利用する際に、目的達成に対する安全性を高める意味から、地図に対する姿勢を保守的にし、最低限必要な情

報のみを読みとろうとするために生じるのではないかと考えられる。実験では、均一化効果を想定しない（不均一な）変数に対して、被験者がこれを読みとらない傾向として現れる。

もう一つの傾向は、情報量の少ない地図を手にしたときに、読図者は目的の効率的な達成のために不足している情報を、何とかその地図から読みとろうとする場合が考えられる。このとき、読図者は過剰解釈傾向を示すのだと考えられる。

本実験に用いた地図の性質を考えると、変数が不均一な地図とは、均一性効果が成立せずに、情報の伝達量が多いと期待される地図ということになる。その地図は、出発地点から目的地点への移動に用いられる道幅・距離・軌道・角度といった四つの地図変数による経路情報が、読図者によって全て読みとられることを想定している。

同様に、全ての変数が均一化された地図では、均一化効果が例外なく成立し、目的達成に必要な情報のうちで、最低限必要な、経路の順序という情報のみ伝達されることが期待される。全ての変数が均一化されているため、この地図は道幅・距離・軌道・角度という地図変数の伝達が均一化効果によって排除される（変数の読みとりは0%となる）。

本実験では、このほかに3変数の均一化、1変数の均一化を行った。もし全ての地図に対して均一化効果が例外なく成立したとすれば、変数が一つも均一化されないときに地図変数が持つ情報は100%読みとられ、全ての変数が均一化されたときには0%となる（グラフの左上端と右下端を繋ぐ直線が現れる）。実際の実験結果と、完全な均一化効果を想定した結果とを比較してみると、均一化する変数の数が2である場合を境として、左側（少数均一化）では、完全な均一化効果を想定した結果よりも低く変数が読みとられる傾向が見られ、右側（多数均一化）では多く読みとられる傾向が見られた（図6 - 1）。この結果から、予測された二つの傾向と読図者の挙動との間には、対応関係があったことが読みとれる。

その一つは保守的傾向であり、これは読図者が情報量の多い地図を手にしたとき、目的達成に十分である情報以外は棄却すると予測した。この予測は、変数の均一化がなされない地図において、完全な均一化効果の現れという理想的な結果からすれば100%読みとられるべき変数が、実験では75%の読みとりにとどまったことと対応する。

変数均一化が無い場合と、一つの変数を均一化した場合において、理想的な結果よりも変数の読みとりが低くとどまり、保守的傾向が現れたことになる。

もう一つは過剰解釈傾向であり、情報量の少ない地図を手にしたとき、読図者は目的の効率的な達成に不足している情報を何とかその地図から読みとろうと試みる、と予測した。これは、4変数の均一化を行ったときに、変数の読みとられる割合が完全な均一化効果から導かれる理想的結果では0%であるのに対して、10%の読みとりがあったことと対応する。3変数の均一化を行った場合には、理想的には25%となるのに対し、実験では36%の読みとりがあった。ここで理想的であるとしている読みとりの割合とは、地図中に均一化効果が現れないことを期待して記述した不均一な変数が、変数全体のうち25%であったことを意味している（全ての変数のうち1/4を不均一に記述した）。このとき実験の中で読図者は、均一化効果によって読みとりが期待された情報よりも、10%～11%多い情報を読みとったことになる。このとき読図者には、過剰解釈傾向が現れたことになる。

7.1.3. 地図変数の挙動

地図に書かれた道路には、道幅・距離・軌道・角度の四種類の地図変数が含まれている（5.3.2.節参照）。この四種類の変数は、読図者にとって必ずしも等しい重み付けをされるとは限らない。このことは、発話内容の分析を行った結果からも、それぞれの変数に注意した発話数の違いとして現れていた。本研究では追加実験を行うにあたり、これら四地図変数が個別になんらかの性質を持っていると予測した。実験結果から、地図変数が別個に持つそれぞれの性質が示唆された。

結果に対するカイ二乗検定の結果（表6 - 5）では、変数の均一・不均一における解釈・不解釈の偏りは、道幅・角度において非常に有意であった。また軌道についても有意であったが、距離変数については有意傾向にとどまった。ここで示した結果は、追加実験から得られた結果全体に対して、均一化した地図変数の個数とは関係な

く集めたものである。これは他の変数からの影響を考慮しない結果であり、ある一つの変数を均一化・不均一化することによって読図者からどのような読みとられ方をしたかについて示すことになる。ここで、読図者による読みとりが大きく偏っていた（非常に有意であった）変数は、均一化したときに敏感に不解釈傾向を示すことを表している。仮に、この敏感さ（鋭敏性）の指標にカイ二乗値を使うとした場合、これらの変数は、道幅(75)、角度(24.4)、軌道(7.9)、距離(3.2)の順で鋭敏であるといえる。

次に変数間の相互作用について行った検証では、表6 - 8に示したように、不均一な三変数に対する均一な一変数の影響を見ることはできなかった。この表では、例えば道幅についてであれば、距離・角度・軌道の三変数が不均一であるときに、道幅が均一化されることによってそれら三変数の読みとられ挙動がどのように変化するかについて検証した。この表に対してカイ二乗検定による独立性の検定を行ったところ、四種類の変数全てについて有意な偏りを見ることはできなかった。このことは、いずれの変数も不解釈傾向には独立であり、他の変数が均一化されることに影響されて読みとられなくなる傾向は無いということを示している。従って、いずれかの変数を均一化することによる地図全体の信頼性低下を考慮することに意味はない。

ここで示した影響関係とは逆に、三変数が均一化状態にあるとき、一つの変数を不均一状態においたことによる影響を検証した結果を表6 - 9に示した。この表では、角度変数を不均一状態に置くことで、均一化されている他の三変数が読みとられる傾向にあることが示された。これは、角度変数の不均一性が、他の三変数に対して過剰解釈傾向を導くものであることを意味する。つまり、道幅・距離・軌道という三変数が均一な状態に置かれた地図を読図者に呈示した場合、読図者は均一な変数を読みとるべき情報であるとみなし、地図に呈示された地域は実世界においても均一な地形を持っていると判断する。表6 - 9では角度変数の他に、軌道変数が有意傾向にあるという結果が導かれた。

以上の結果は、他の変数に対する角度変数の影響力が、地図の信頼性を増やす傾向でのみ強く影響すること意味している。

予測した地図変数の持つ性質は、鋭敏性・同調性・影響力の三種類であったが、同調性に関しては、個々の変数同士の影響関係について検証を行う必要があり、その

場合は今回行った実験ではセルあたりの最大数が10となりデータ数が少ない。そのため有効な結果を得ることはできなかった。

変数の特性について一覧にまとめた表を次に示す。

	鋭敏性	影響力
道幅	高い	弱い
距離	低い	弱い
角度	やや高い	解釈傾向にのみ強い
軌道	高い	やや強い

表 7 - 1 実験結果から導かれた地図変数の挙動特性． 同調性に関してはデータ数が少なすぎるために有効な結果が得られなかった。

第八章 終わりに

2.2.節において既に挙げたように、そもそも地図は三次元の情報を二次元の紙面上に展開しなければならないと言う物理的な制約の下で作られる。実世界と比較して、地図に書かれた地形は少なからず変形を加えられていることになる。もちろん本研究でターゲットとした手書き地図や簡略化地図では、複雑さの要因となる情報が大きくそぎ落とされていることが多いため、変形の度合いは加えて著しい。

本研究では、人が地図を読む際に、それぞれの地図変数が考慮される度合いや変数間の影響といった点に言及した。例えば道幅については、地図上の形状がそのままの形で実世界の形状を反映していると読みとられる傾向が強いことがわかった。このことは、読図者は地図上に書かれた道の幅について敏感に読みとることを示す。つまり、複雑な経路を詳細にナビゲーションする目的を持つ地図では、道幅の省略を減らすことが重要であることになる。

一連の実験の中で、まず被験者による手書きの地図を実験に用い、続いて人工的に作製した地図を用いた。どちらも単純な図形を主とする簡易な道案内地図であり、これらの地図は限定された狭い区域におけるナビゲーションを目的としている。このような目的に対して、実験では、地図中の道幅と交差点の角度を実世界と対応させて読みとる傾向が強い（道幅変数は鋭敏である）という結果が現れた。この結果より、直感的に読みとりやすい案内地図の作図規則が導かれた。一方で、過剰解釈を招きやすい地図の特徴も導かれた。

実験で用いた地図に記述された情報は、道路（経路）情報のみであった。現実に使われている地図というメディアの中には、店舗や建造物などのランドマークや信号といった点在する情報が含まれ、あるいは等高線や周囲の風景といったその地域の連続的な情報が含まれていることもある。目的によっては経路情報よりもこれらの宣言的な情報が重要となる場合も考えられる。実験で扱った道幅・距離・軌道・角度といった四種類の地図変数は、経路情報に含まれた変数でしかない。例えば実験の中で用い

られた距離変数が示す対象は、ランドマーク間の距離を示してはならず、交差点間の距離という限定された情報を意味した。現実的なより多くの情報を含む地図が、より多くの地図変数同士の相互作用の上でどのような挙動を示すかという点については、今後より詳細な検討が必要になる。

しかし、簡易な記述の案内地図は多様な場所で幅広く使われている。詳細に書かれたサーベイマップのような情報が必要ではない場合、例えば観光地の案内図や店舗案内など、そういった簡易なデザイン地図が使用される場面は多い。それらの地図を使うことによって生じたナビゲーションの失敗は、その地図を見た者による目的の達成を期待した作図者にとっても、その地図を手がかりに使った読図者にとっても大きな不利益を生むことになる。本研究が、その様な不利益を回避するための一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 増井幸恵・今田寛, 「道に迷いやすい状況の構造と方向感覚との関係」, 人文論究, 43, 3, 45-58, 1992
- 2) 村越真, 「熟練者の地図記号理解」, 認知科学の発展, 4, 171-198, 1991
- 3) マーク・モンモニア著, 渡辺潤訳, 『地図は嘘つきである』, 晶文社, 1995
- 4) 久保幸夫, 『新しい地理情報科学』, 古今書院, 1996
- 5) 『ツーリングマップル』, 昭文社, 1999
- 6) 『新詳高等社会科地図』, 帝国書院, 1992

付録

付録-1 追加実験に使用した地図



M 1

M 2

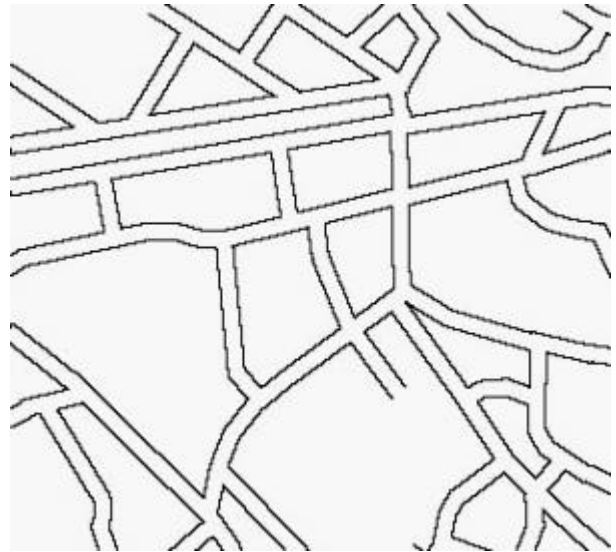


M 3

M 4



M 5



W 1



W 2



W 3



W 4



W 5



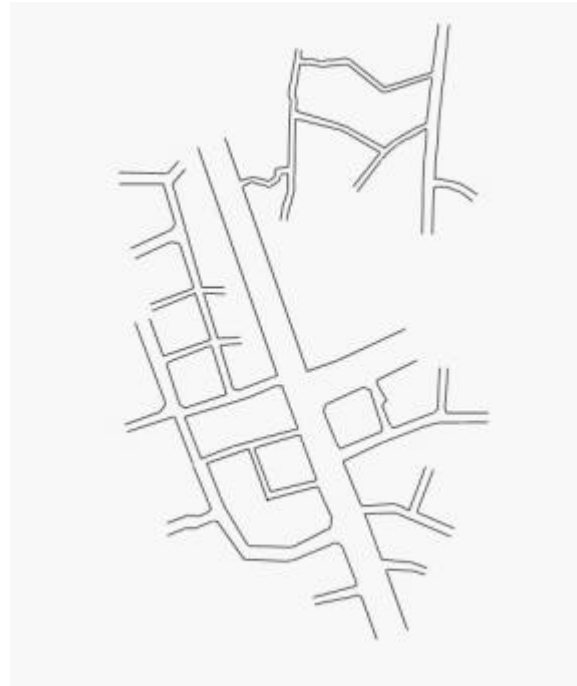
D 1



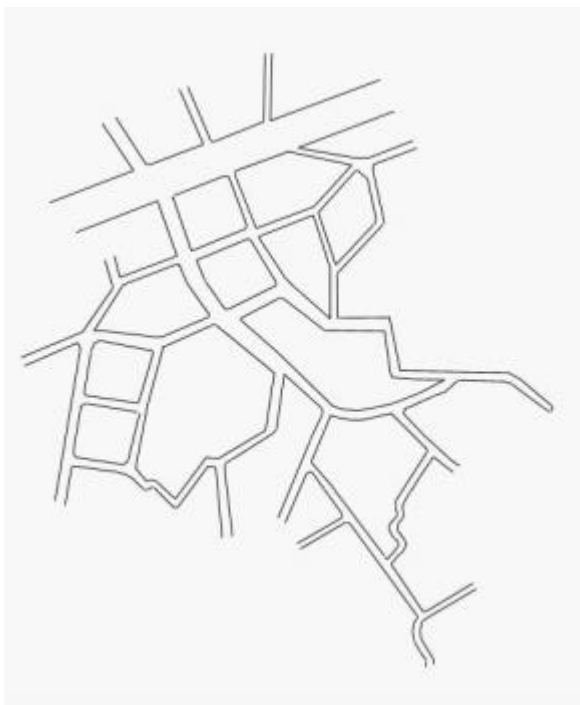
D 2



D 3



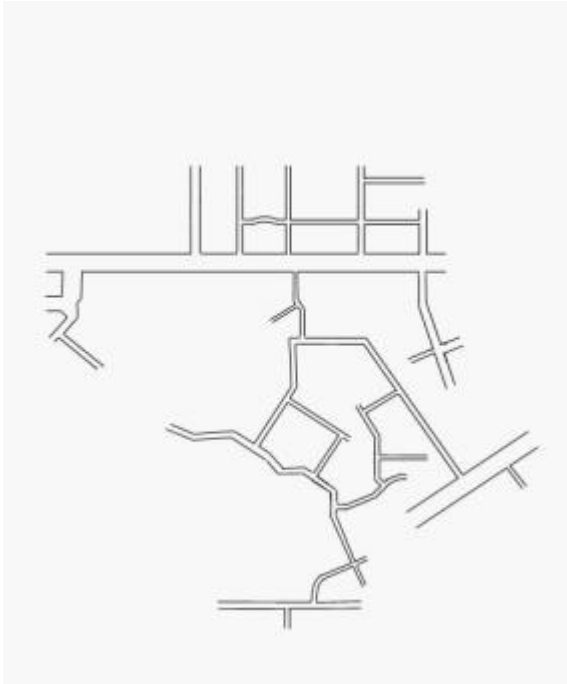
D 4



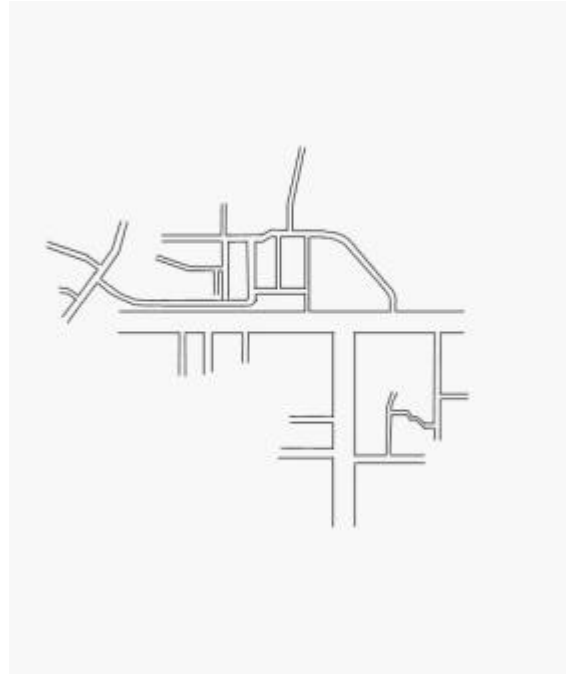
D 5



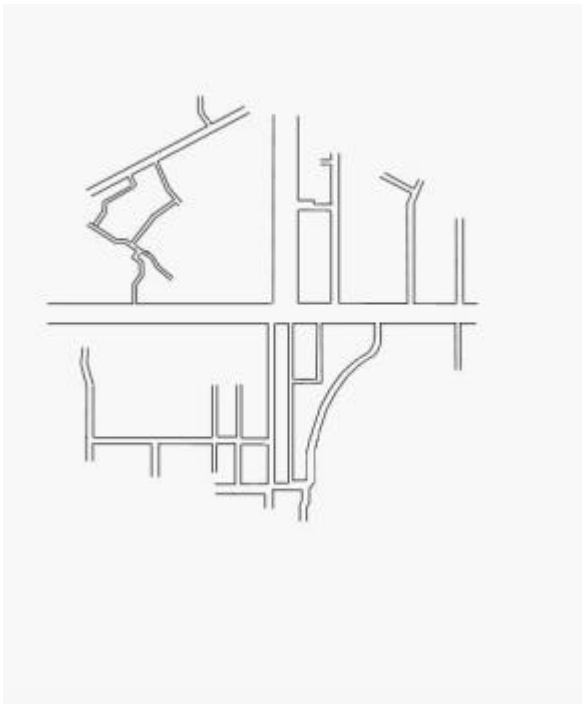
A 1



A 2



A 3



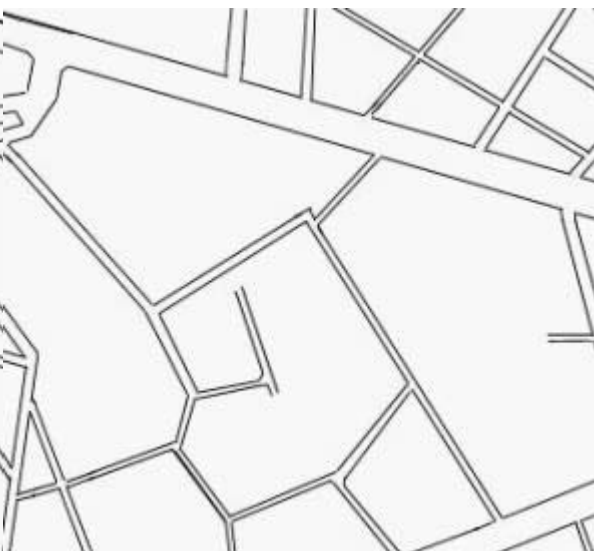
A 4



A 5



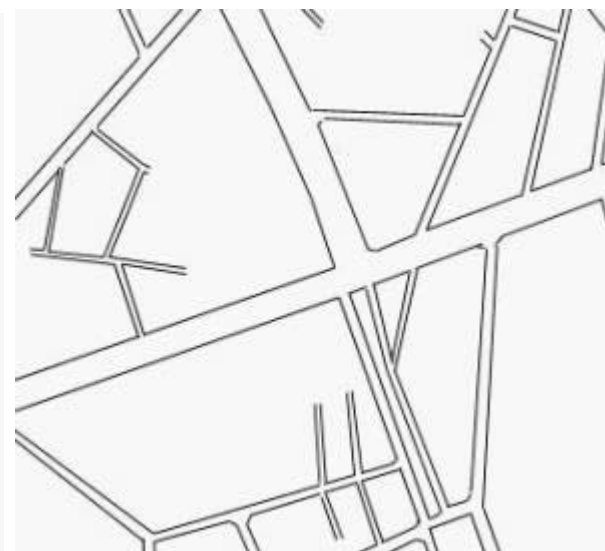
P 1



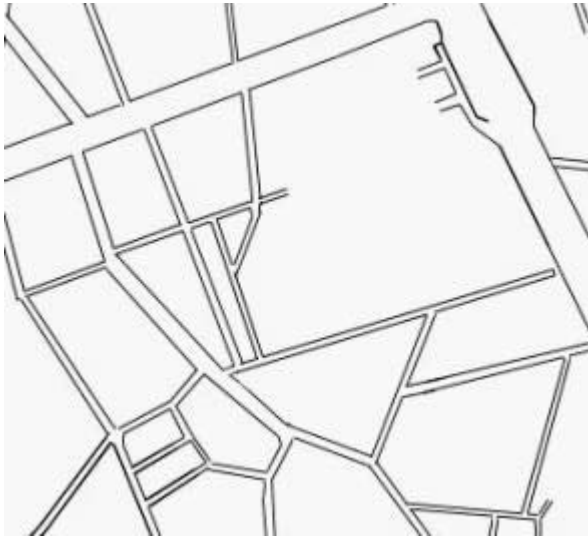
P 2



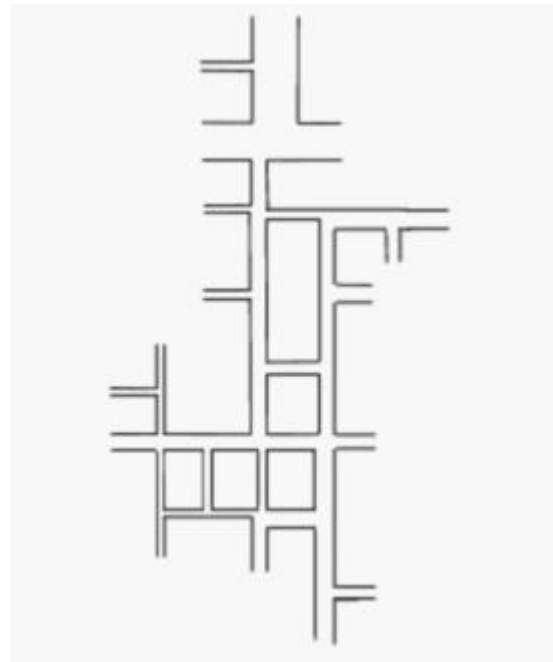
P 3



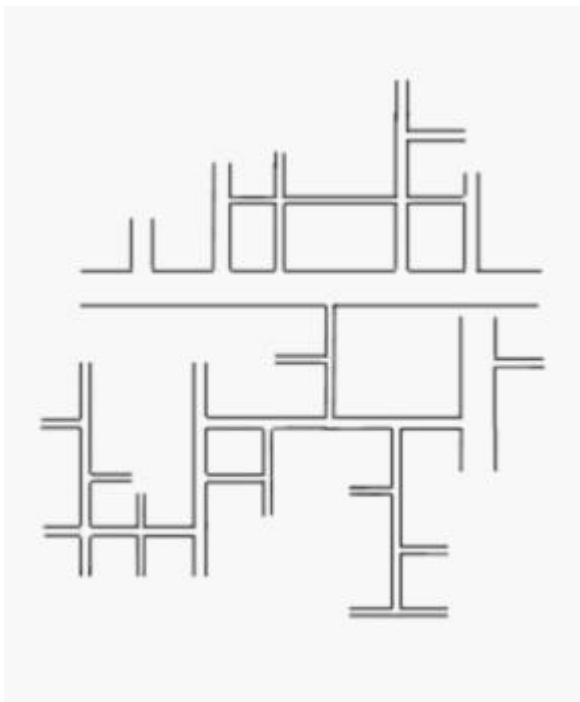
P 4



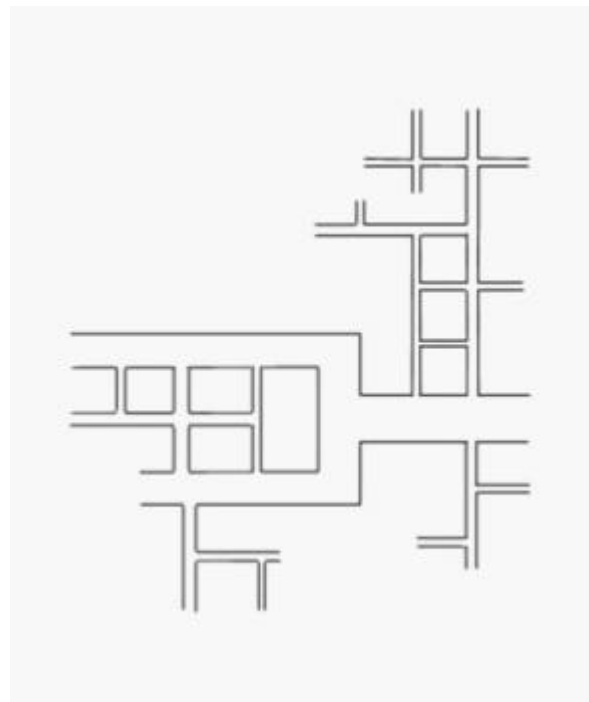
P 5



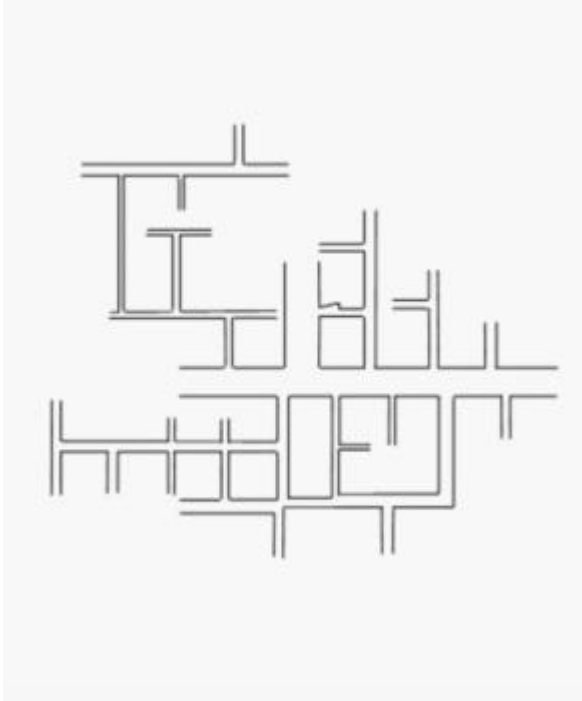
DAP 1



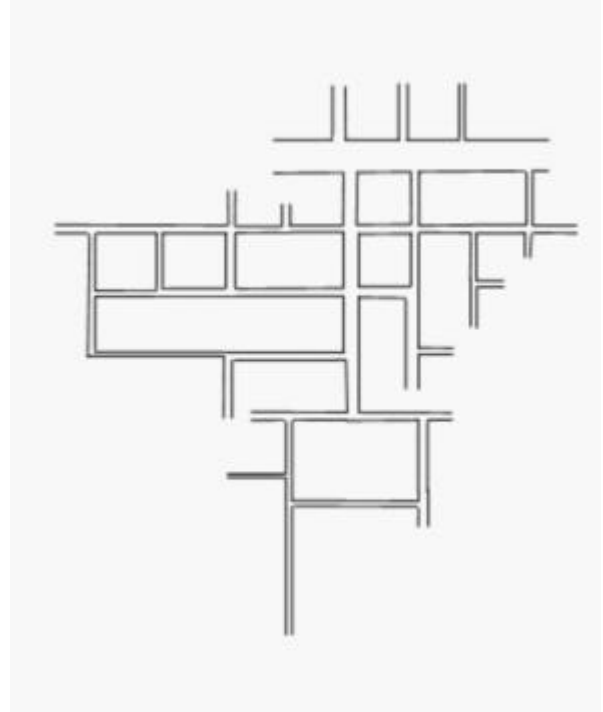
DAP 2



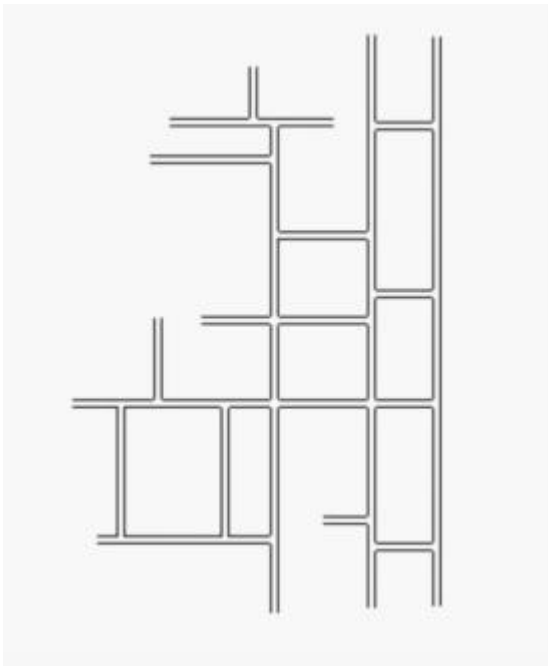
DAP 3



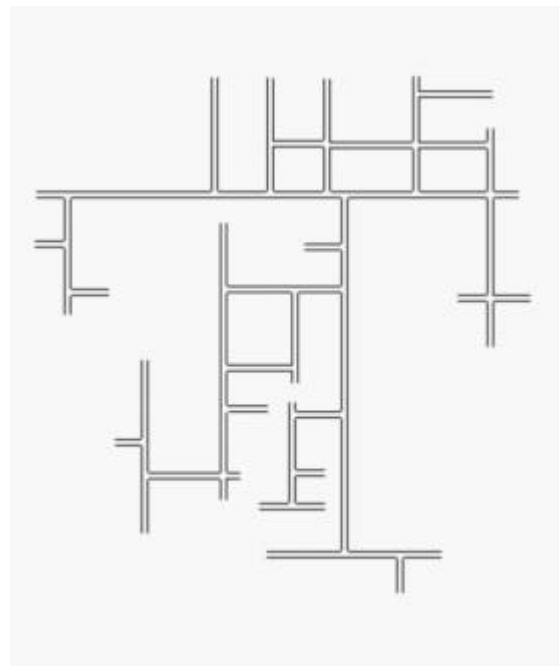
DAP 4



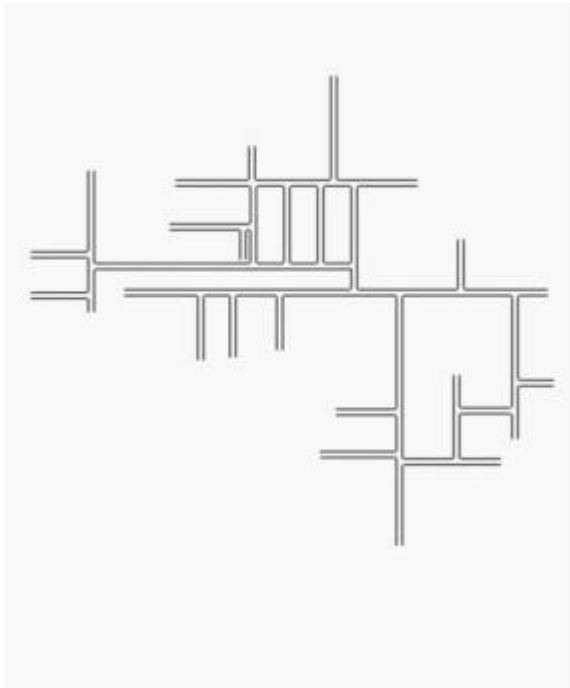
DAP 5



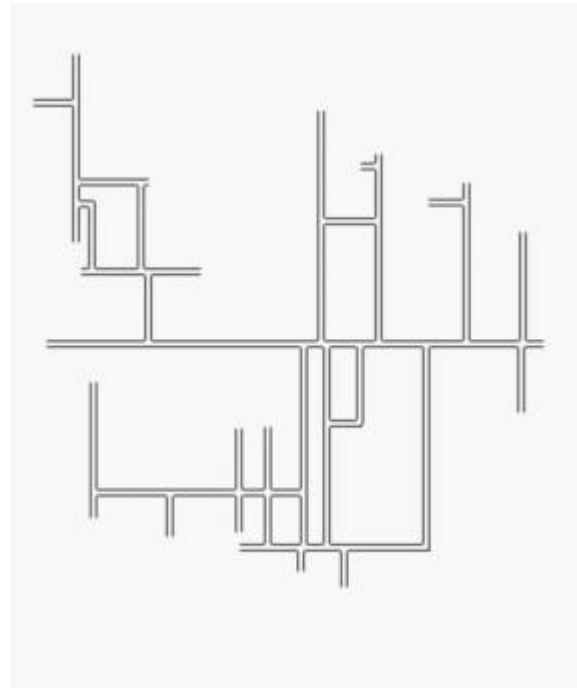
WAP 1



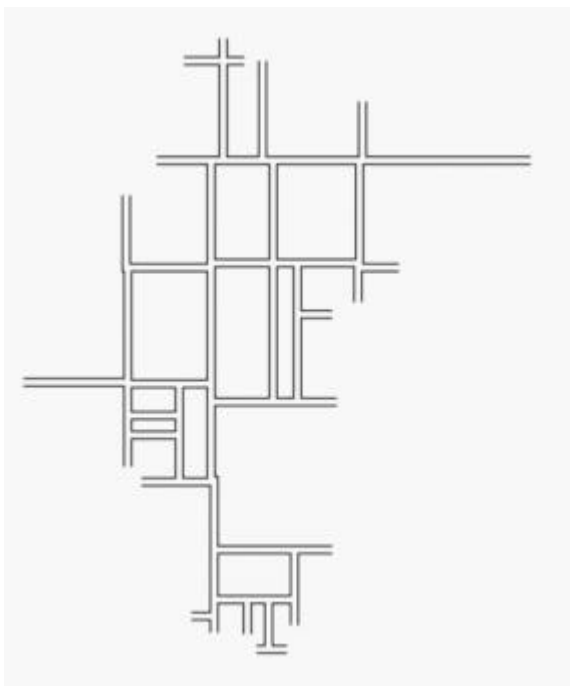
WAP 2



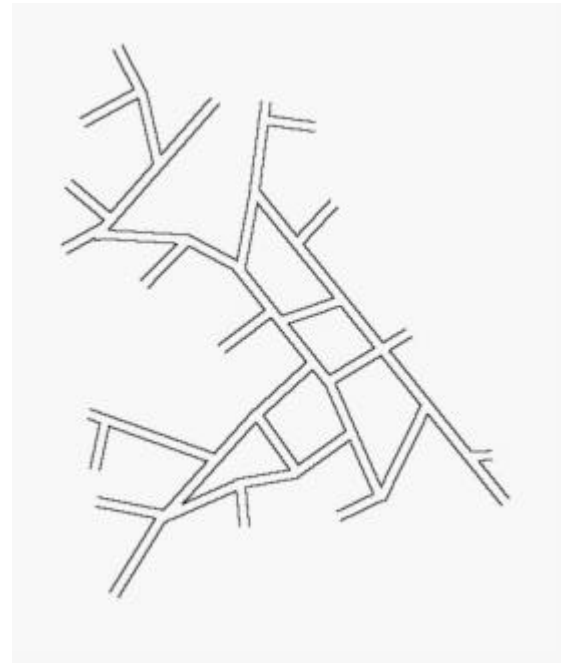
WAP 3



WAP 4



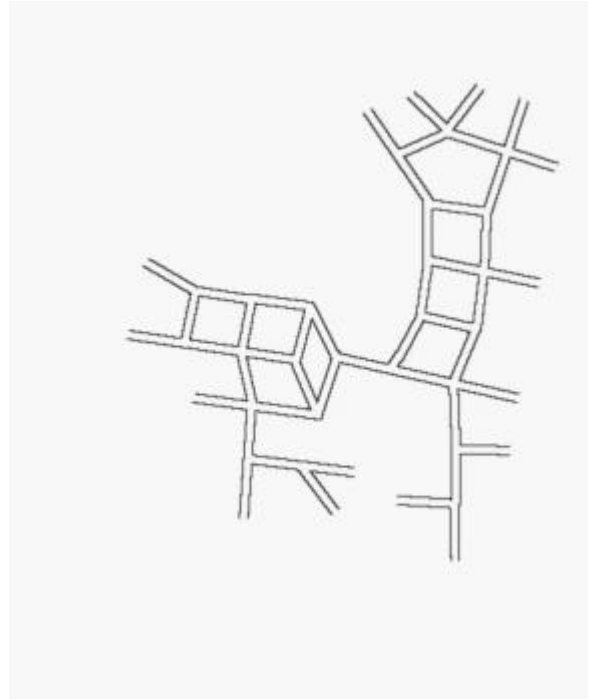
WAP 5



WDP 1



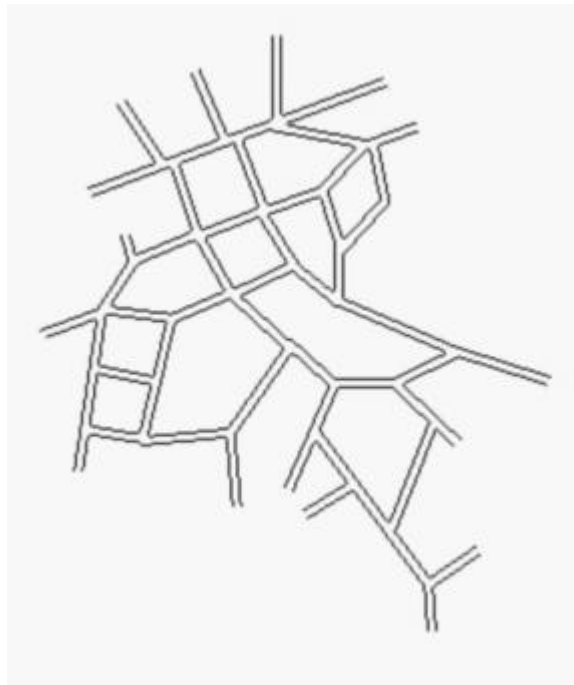
WDP 2



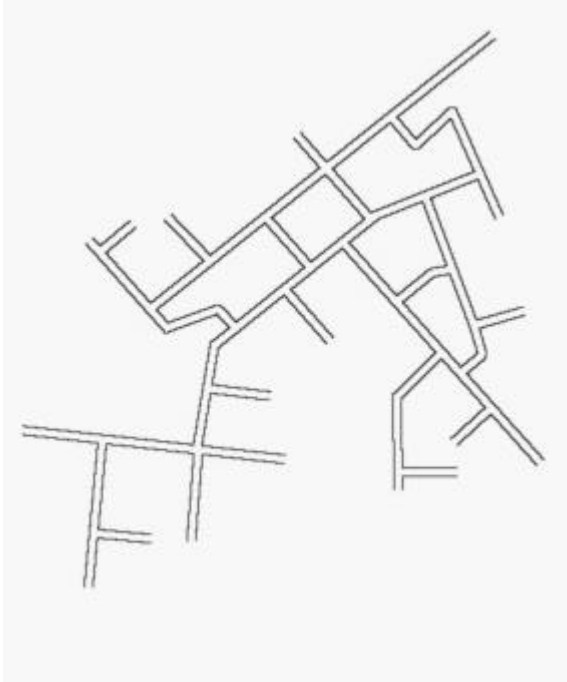
WDP 3



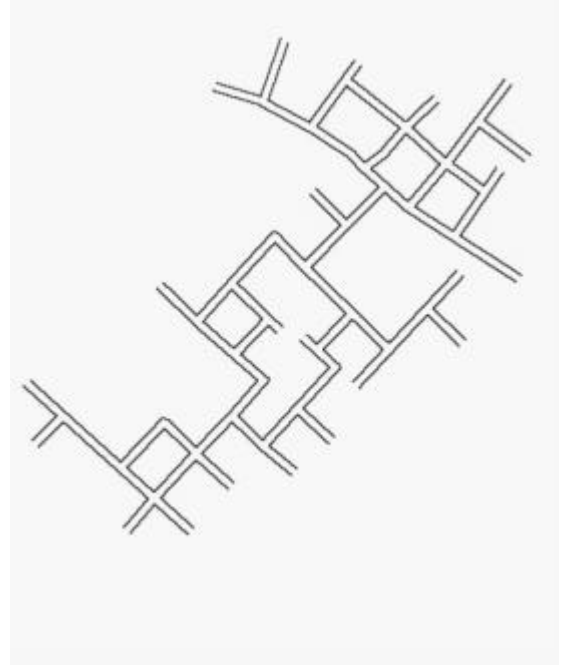
WDP 4



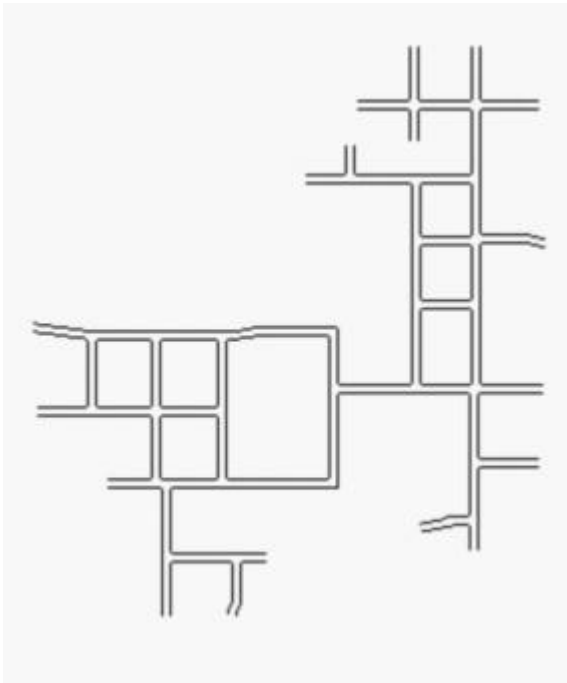
WDP 5



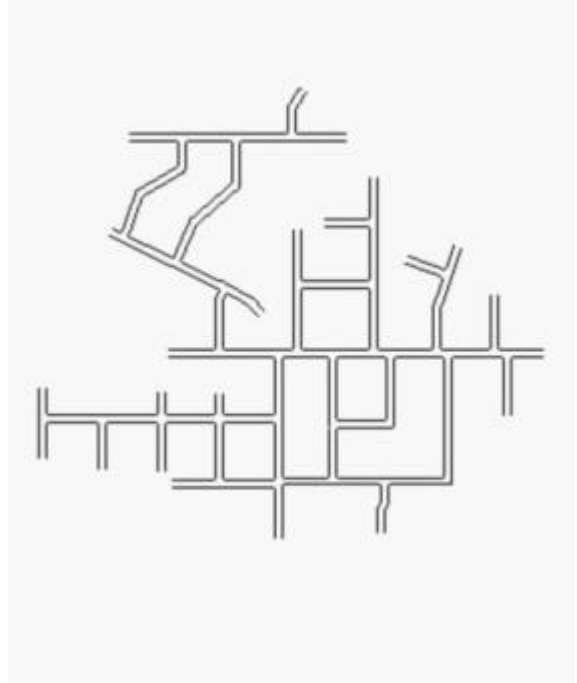
WDA 1



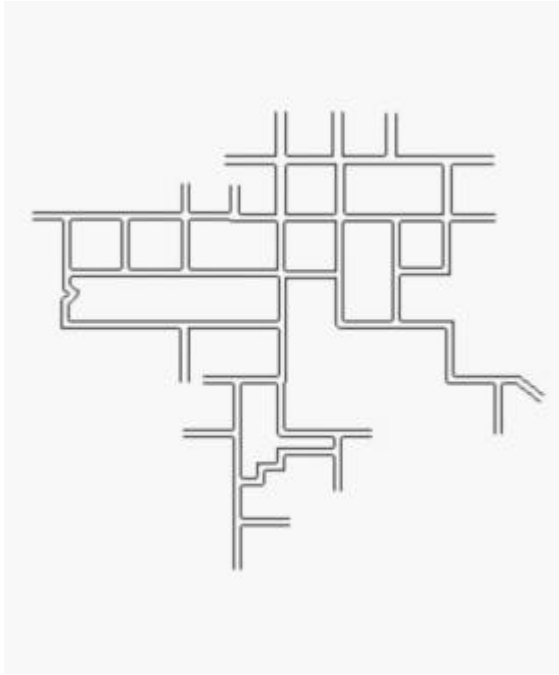
WDA 2



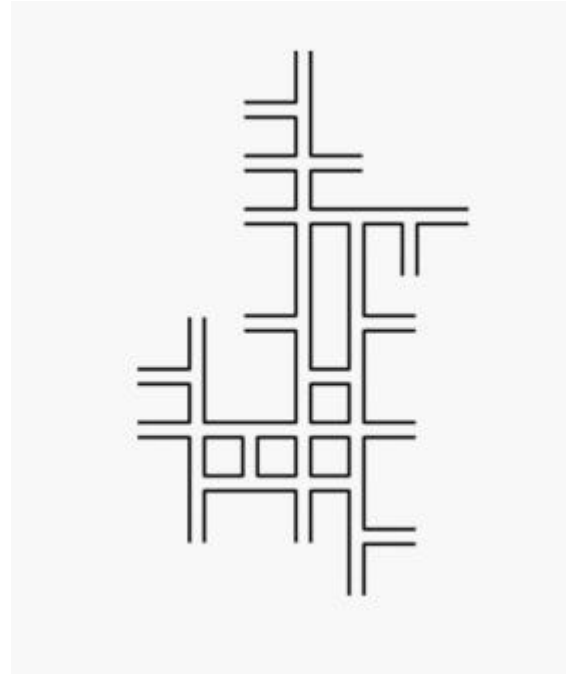
WDA 3



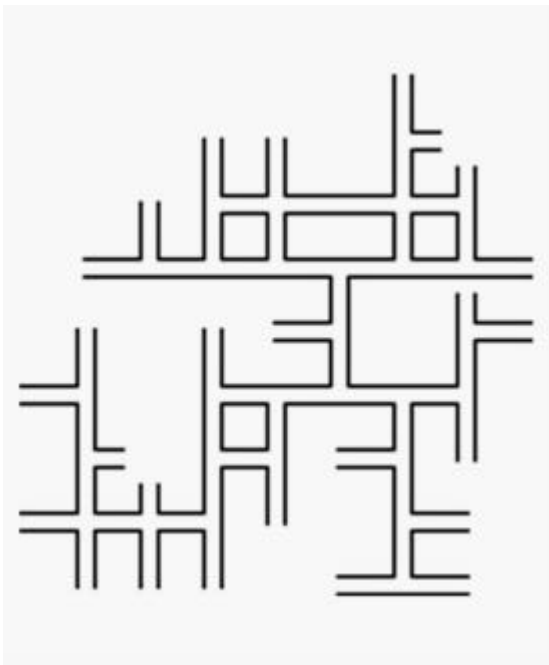
WDA 4



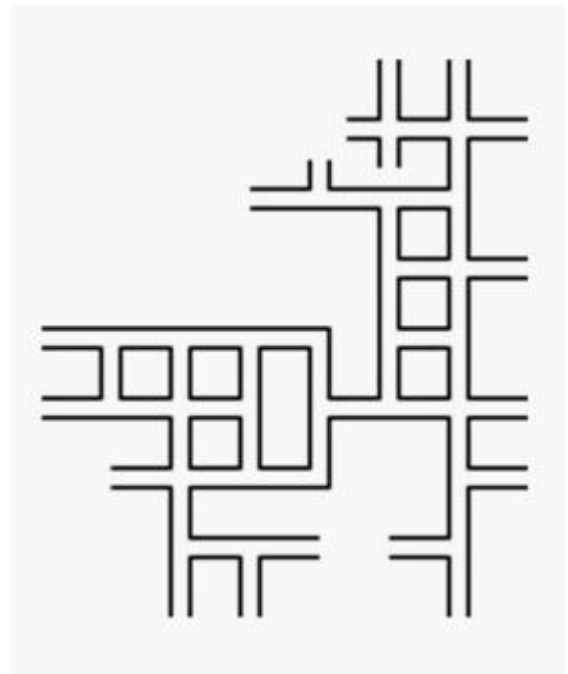
WDA 5



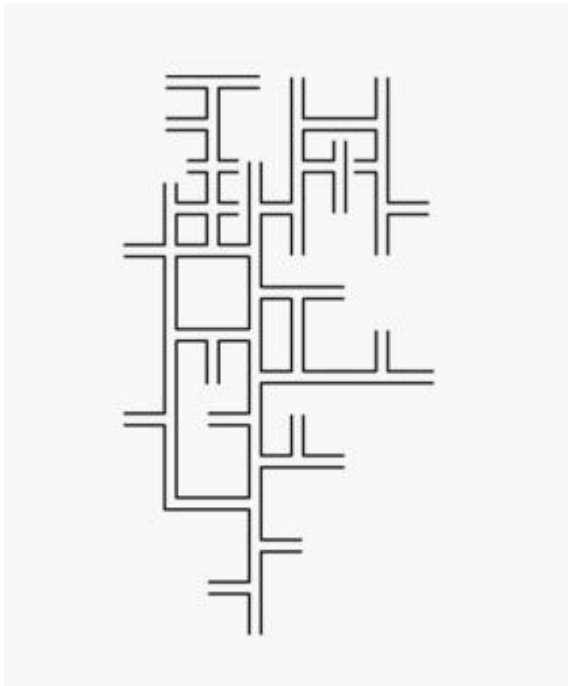
WDAP 1



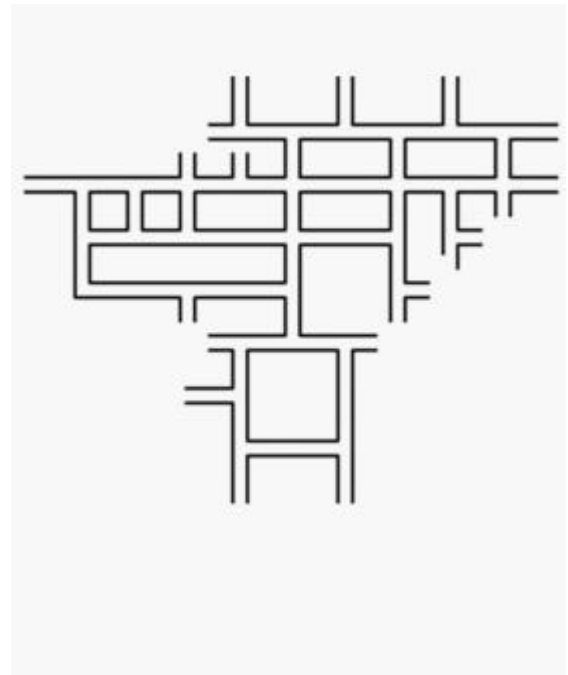
WDAP 2



WDAP 3



WDAP 4



WDAP 5

付録-2 プロトコル分析の全集計結果

-----方向：8件

下から上に

左上

その上が目的地

真っ直ぐ上

真っ直ぐ上

上から下

上を目指して

方向は分からない

-----道路の幅：42件

太い道

太い道

太い道

太い道路

太い

大通り

大きい道

大きくないかもしれない

細い道

細い道

細い道

全部細い

細い道

太い道

大きい道路
道の太さとか違うかもしれない
道の太さも当てにならない
これ太さ違うかも
大きいか小さいか分からない道
多分大きいから
大きな道路
広いいくつか分かれた道
広い道路
大きな道路
大きいとおり
太い道に出る
太い道に
大きい道
太いのが三つ
細いのは一つ
大きな道
大きな交差点
道幅の違う交差点
太くて
太い道
細くなる
太い道が左に曲がって細くなる
道幅が違う交差点
ちょっと大きい
細いし
道が細いから分からない
太い方がわかる

-----道路の軌道： 3 3 件

Y字路

真っ直ぐ直進

ずっと道なりに行く

まっすぐ

まっすぐ

直進

平行な二つの線

二本平行

ほぼ直線的

まっすぐ

道なりに真っ直ぐ

左に真っ直ぐ

道なりに真っ直ぐ

直線

まっすぐ

ずーっとずっと真っ直ぐと

大体右に曲がる

道なりに真っ直ぐ

まっすぐ

途中で曲がることはない

直線

真っ直ぐ

直線

まっすぐ

道なりに左にカーブ

左に折れるような形で直進

まっすぐ

殆ど直線的

まっすぐ

ずっと真っ直ぐ

まっすぐ

直進

ひたすら直進

-----交差点の角度：8件

ずれた形の交差点

大の字

人っていう字

真っ直ぐ交差、垂直に交差

大きくずれた交差点

内側に曲がる

ずれた交差点

ちょっと変わった三叉路

-----目印間の距離：18件

すぐ左

すぐ角

ずっと突き当たりまで

急に右に行って

距離の方

すぐに右
すぐそこに交差点
出てすぐ
多分これは長いであろうから
すぐ右側の道路
二本の道路の真ん中
すぐ左
二本びびってあるところ
出た途端に曲がる場所
すぐに突き当たる
その角張ったところが○とゴールの中間地点くらい
角をすぐ直進
すぐ右

-----その他：29件

両方の道が繋がった道
道に出る
むこうがわ
地図的に特徴がない
三角
4に見える
三角の斜辺
三角形
お宮さんみたいな形
こっちに道がないから
角がとがってない部分

直角近く曲がる

4の字

将棋の駒みたいな形

直角に左に曲がって

これ将棋の形じゃないかもしれない

反対側

特徴は三角形のコーナー

最初にきた左のが

くの字の反対向き

電柱みたいな形

道の手前

道に出る

角のこの端

くの字の逆側に曲がっている

でも地図ではどうか分からない

ごちゃごちゃしてるように見える

きりん

特徴がない