

メンタルマップ形成のモデリングと視覚化の手法

—街の要素に関する新たな分類と 3D 空間を用いた仮想の街づくりによる表現—

坂本慶太^{†1} 長幾朗^{†2}

概要：メンタルマップとは個人の経験として蓄積される街の記憶の集合である。本研究における初段階において「メンタルマップを活用した歩行者向けナビゲーションシステム Kakera」を提案したが、その結果歩行者に記憶の保持を促す効果が見られた。本研究では、メンタルマップの視覚化とより幅広い活用を試み、さらに汎用性の高いシステム「Mental City」の構築を試みた。Mental City では、住民や被験者から街の要素を採取し、これらの分類を図った上で、それに基づいたメンタルマップのモデリングを講じた。さらに、Mental City の汎用性を図るため、3D による仮想の街を再現した。評価実験では、上記のモデルを基に、被験者がこれらの要素に対する特徴抽出や、情報の強弱、取捨選択等の要素をさらに加え、対象地域の住民、および通学者等を「地域住民」として記憶との整合性を検証した。加えて Mental City に関する評価実験として、Mental City の表現による情報提供の妥当性の検証と、対象地域について記憶を有していない被験者に対して、Mental City と一般の汎用地図と比較し、街に関する印象形成の差違について検証した。結果として、メンタルマップ形成のモデリングに関して、一部課題が判明したものの、おおよそは実際に形成された記憶と一致することが確認された。また、Mental City の 3D や動的表現により、空間が認識しやすくなる効果が見受けられた。しかし、地域に馴染みのないユーザーへ Mental City によって形成される印象と、地域住民が既に形成している印象との一致に関しては優位性が見られなかった。

キーワード：メンタルマップ、印象形成、街の記憶

1. はじめに

誰もが、親しみのある街に対して、その街を構成する要素を記憶し、積み上げている。個人が持つ街の記憶の集合をメンタルマップと呼ぶ。筆者は、先行研究において、メンタルマップを「個人が持つ地理的事象に対する記憶の集合」と定義し、メンタルマップを活用した道案内ツール「Kakera」を提案し、ユーザーに街の記憶の保持が持続される傾向を得た [1]。本研究では、ナビゲーションシステムよりも汎用性の高い、メンタルマップを反映する地図「Mental City」の作成手法を提案した。Mental City 作成手法を提唱するにあたり、2 章にて取り上げる既存のメンタルマップ研究の手法やその問題点、3 章にて述べるメンタルマップ抽出調査を通じて、メンタルマップ形成のプロセスを具体化する。さらに、独自の表現手法によってメンタルマップを視覚化することで、仮想の街 Mental City を作成した。5 章ではその評価実験を通じて、メンタルマップ形成のプロセスや表現手法の有用性、さらには Mental City の活用について検証した。

2. メンタルマップの先行研究

2.1 先行研究における要素の分類や表現手法

2.1.1 要素の分類

メンタルマップに関する先行研究では、Lynch が提唱した、都市を構成する 5 要素が用いられる [2]。5 要素とは、path, edge, district, node, landmark であり Lynch はこれらの要素を用いた街のモデル化を試みている。本研究では、Lynch の 5 要素を参考とした上で、具体性のあるメンタル

マップ形成のモデリングを提唱するために、2 章で述べる独自の分類と、具体的な要素について、どの部分が特徴的に抽出される傾向にあるのかを検討する必要がある。

2.1.2 表現手法

中村はメンタルマップについて、頭の中で構成される内容を「内的表象」、何らかの数量化のもとに紙面に表現されたものを「外的表象」と区別している [3]。メンタルマップを提示する手法として、白地図への記載¹、グラフ化²といった外的表象が挙げられる。しかし、これらの表現手法を用いることは、抽出した内的表象を外的表象へ置き換えていることを意味する。メンタルマップを視覚化し他者と共有するという本研究の観点に基づけば、頭の中で構成される内的表象に可能な限り近い表現を用いることで、ユーザーは外的表象を変換せずとも、認識することができる。



図 1. 変換の過程

2.2 独自の分類や新たな表現手法

2.2.1 パスと要素による分類

本研究では、街の構成要素の分類において、先述の 5 要素ではなく、パスとパス以外の要素（以下、要素と呼ぶ）の 2 つに分類することとした。本研究における「パス」とは、主に歩行者の通る歩道を指し、「要素」とは、パス以外

^{†1} 早稲田大学理工学術院基幹理工学研究科表現工学専攻 修士課程

^{†2} 早稲田大学理工学術院基幹理工学研究科表現工学専攻

1. Lynch [2]はエレメントの頻度を、Gould [4]は居住地選好の度合いを白地図上に反映させている。

2. 杉浦は日本各地を出発点とした時間地図を作成し、出発点の存在する中心からの時間的距離と方角によって調査結果をグラフ化している [5]。

の全ての要素を指す。要素は3章で述べる通り、さらに細分化される。

Lynchによれば、パスは街の印象形成における支配的な構成要素であり、他の要素を配置し関連付ける [2]。歩行者が街の情報を認知し蓄積する過程では、パスを歩くと同時に、パスとあらゆる要素が紐づけされ、街全体が認識される。

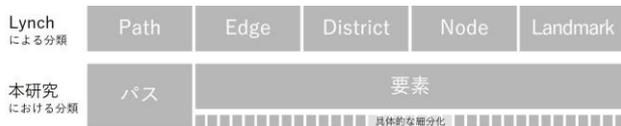


図 2. 要素の分類

2.2.2 仮想の街づくりによる表現手法

頭の中で構成される内的表象に近い形で提示するため、3章にて述べる「メンタルマップ形成のプロセス」に基づいて、実際の街からパスや要素を抽出し編集を加え、それらを反映した仮想の街を3D空間上に再現する。この手法を用いることで、情報伝達に言葉、数値、図などの提示や読み取りが不要となる他、3次元空間上に再現されることで、ユーザーが認知しやすい視点を自身で選択できることが可能となる。

3. メンタルマップ形成のモデリング

3.1 モデリングのためのメンタルマップ抽出調査

メンタルマップ形成のモデルを作成するにあたり、男女30人を対象に、記述及びインタビュー形式にてメンタルマップの調査を実施した。被験者が記憶を辿って歩くことのできるルートについて、思い浮かぶ要素の第一印象や特徴の回答を求めた。同時にそれぞれの要素について、抽出されやすい特徴を分析した。

3.2 抽出結果とモデリング

3.2.1 抽出結果

1) 特徴抽出

前述の調査より得られた要素の分類を表1に示す。パブリックな要素とは、人々が共通して認識している要素である。プライベートな要素とは、個人の経験が認識に大きな影響を与える要素を指す。Mental Cityの提案においては、個人差による印象や要素の差異を平準化するため、パブリックな要素を用いる。

表 1. 細分化された要素における特徴抽出の傾向

パブリックな要素	
信号, 交差点	方向転換を伴う場合に認識されやすい。特徴抽出に共通項はない。
交差点	角に存在する要素の一部が認識される。
境界	大通りや線路, 川, 門, 植木, 柵, 街路樹は要素そのものが認識されやすい。壁や並木道は石や

駅	木々といった質感が認識されやすい。
学校	改札が認識されやすい。
身体性	認知度は高い。パスから最も視界に入る要素が認識される。生徒の姿, 動きが認識される。
寺, 神社	坂道や階段, カーブといったパスの特性が認識されやすい。パスや境界を通り抜ける行為を伴う要素 (信号, 踏切, 柵など) が認識されやすい。
公園	鳥居や建物全体が認識されやすい。時間帯によって特定の人物を認識している場合もある。
消防署	比較的大きな公園は認知度が高い。子どもの遊ぶ様子や, 木々が認識されやすい。比較的小さい公園は認識されにくい。
郵便局	消防車などの赤色が認識されやすい。
銀行	外観といった要素全体と, 赤い色が認識されやすい。他の要素と競合した際に認知度が下がる。
交番	看板, 色が認知されやすい。他の要素と競合した際に認知度が下がる。
駐車場	警察官が認識されやすい。
チェーン店	背後の建物や敷地内の自動販売機などともに認識されやすい。他の要素と競合した際に認知度が下がる。
看板, ポスター	ブランドカラーやロゴ, 外観が認識されやすい。
色	チェーン店の看板, ロゴ, キャラクター, イラスト, 色, キャッチが認識されやすい。
形状	定着しているブランドカラー, ユニフォームの色, 統一された外観の色 (橋の色, 団地の色) は認識されやすい。
連続性	高さのある要素 (鉄塔, 歩道橋など), 幅の広い要素 (団地, アパートなど), 特殊な形状を持つ要素は, その形状自体が認識されやすい。
動き	建物の連続 (飲食店街, 住宅街) や, 物体の連続 (駐輪場, 駐車場, 店頭の商品) は, 個々の要素ではなく全体が認識されやすい。
ガラス越し, 鏡	車や電車の動き, 人混みは認識されやすい。常に同じ場所にいる人物 (交番の警官など), 店内が見える場合に店内で過ごす人々 (カフェで過ごす客など), 学生が認識されやすい。
明暗差	ガラス越しに店内が見えたり, 商品が見えたりする場合, 認識されやすい。ガラス張りで自分自身や反射する風景が見える場合, 認識されやすい。
音, 声	夜の電灯などの明るい要素, 橋の下, 高架下などの暗い要素は, 明暗差によって認識されやすい。
匂い	駅やバス, 車の音, 部活の声や幼稚園生の声などが認識されやすい。
材質, 質感	飲食店や植物の匂いが特徴的な場合, 認識されやすい。
プライベートな要素	砂利道の小石, 壁のレンガ, 植木, 切通し, 石などが認識されやすい。
行きつけの場所	利用したことのある店は店内が認識されやすい。
変化の記憶	店舗の入れ替わりの激しい店舗や, 以前行きつけだった店の跡は認識されやすい。
エピソード	記憶に残る出来事を経験した要素は認識されやすい。

2) 情報の疎密

調査によって得られた要素を地図上に反映すると、認識される要素の集中する傾向のある場所が見られた。結果を表2に示す。このような場所では、メンタルマップに反映される情報の密度が大きくなる。

表 2. 要素の集中する場所

駅やその周辺	改札, 人の動き, 階段, 店舗, 電車の音
飲食店街, 商店街	狭い地域に多くの店舗が集結, 店舗の連続性, 匂い, 看板, チェーン店
交差点	信号, 車の動き, 車の音, 人の動き, 角の要素, 境界を超える身体性

3) 取捨選択

ルート上に表 1 の要素があるにもかかわらず、認識されていない要素については、インタビューの際に、被験者に詳細を尋ねた。意見として、最後に歩いてから街が変化したことが原因の場合もあったが、「反対車線に存在して見えていない」、「言われてみればあったが使わなかった」といった意見が聞かれた。

被験者が要素を目的としていない場合や、手段としていない場合といった、被験者と要素との関与が低い場合に、メンタルマップから要素が除去される³⁾。すなわち、歩行者がバスを歩く度に情報が取捨選択される。

3.2.2 モデリング—情報の疎密と特徴抽出, 変形—

2.2.1 項で述べた独自の分類と、3.2.1 項の抽出結果を踏まえ、以下のメンタルマップ形成のモデルを提案する。

1. バスを歩くことで、要素がバスと紐づけされる形で認識される。
2. 要素は上記の特徴抽出によって変形された形で記憶される。この特徴抽出は、歩行者の目的や関与によって行われる。
3. 歩行者がバスを歩く度に、行動や目的に応じて要素の取捨選択が行われる。
4. 特定の地域において認識される要素の数に応じて、メンタルマップ上の情報の疎密が決定される。

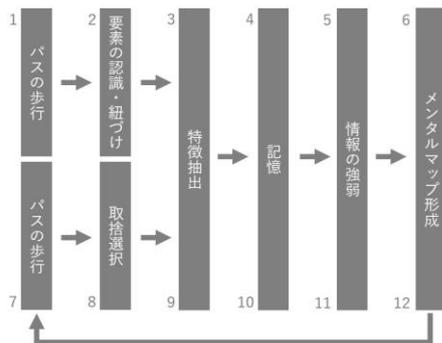


図 3. メンタルマップ形成のモデル

4. メンタルマップを視覚化する Mental City の提案

4.1 提案の目的

本研究にて提案する Mental City には、2つの目的が存在する。一つ目は、3 章のメンタルマップ形成のモデリング

に基づいて仮想の街を作成することで、頭の中で構成される内的表象に可能な限り近い状態でメンタルマップを表現することである。二つ目は、Mental City を通じてメンタルマップを共有することで、地域に馴染みのないユーザーにも街の印象形成を促すことである。



図 4. Mental City

4.2 Mental City の概要

Mental City は、3 章で提唱したメンタルマップ形成のモデリングに基づいて、街の要素を 3D 空間上に配置した仮想の街である。街の要素は、以下の通りに編集し、紐づけされたバスに従って配置した。

1) 大きさ

要素の大きさは認知度に従う。すなわち多くの人から認識される要素は、大きく表現される。本研究では要素と紐づけされるバスの人通りに基づいて、要素の大きさを表 3 の通りに決定した。バスの交わる交差点では、人通りが多くなることから、要素の大きさも変更した。

表 3. 要素の大きさの基準

バスの人通り	通りの例	要素の大きさ 0 内は交差点
多	早稲田通り等	2 (4)
中	諏訪通り等	1 (2) ※基準値
少	一方通行の道路等	0.5 (1)

2) 特徴抽出・変形

要素は、3 章で述べたモデリングに従って、特徴抽出や変形を施した。例として、色が認識されている要素については、特定の色以外を排除した。

3) 情報の疎密

ある特定の地域や区域に多くの要素が反映されれば、自ず情報の密度が高くなる。一方で、要素が配置されていない地域は、実際その場所に建物などが存在する場合でも、情報の密度は低くなる。

4) 取捨選択

交差点や要素が連続するバスといった特定の場所において、要素同士が拮抗する場合、より認識されやすく、歩行者との関連が高いと思われる要素を配置し、一方の要素

3. Downs によると、認知マップにおける減少作用は一つの適応過程であり、重要な情報の保持に作用している [7].

は排除した。

5) 位置関係

要素は基本的に、実際の位置に配置されるが、情報の密度の高い場所に存在する要素は、密度の低い方へと押し流されていく。したがって、情報の密度の変化が大きい場所では、位置関係が実際とは異なる。

以上の操作により、3D空間上に再現された街は歪められる。例えば、駅前には要素が集中しかつ要素の認知度が高いため、駅周辺が膨張するかのよう表現される(図5, 6)。以上の表現手法は、4.4.1項の実験1にて妥当性を検証した。

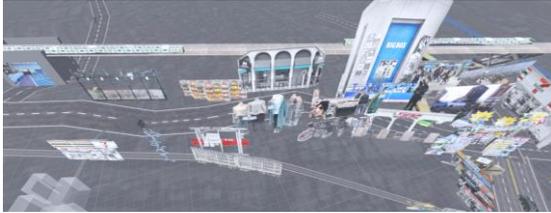


図 5. Mental City による表現
要素の密度が異なることが分かる。



図 6. 図 5 と同一視点から見た街並み

4.3 プロトタイプの作成

本研究では、対象区域を東京都新宿区高田馬場1丁目全域及び大久保3丁目の一部とした。図7に示すオレンジ色で示される通りをパスとし、そのパスから紐づけされる、パスの両側に存在する要素が対象である。対象のパスを筆者が歩くことで、要素やパスなどの検証を行った。Mental Cityは3DCGソフトウェアであるBlender上にて作成した。



図 7. Mental City 作成の対象区域

4.3.1 パスの反映

パスの反映は以下の手順に従って行った。

1. 対象区域の衛星写真をもとに対象とするパスを

Blender上に道路を設置した。

2. 表1に従い、坂道や階段がある場合には再現した。
3. 4.2節の通り、要素の配置によって空間が歪められた場合には、それによってパスを変形させた。

4.3.2 要素の反映

要素の反映は以下の手順に従って行った。

1. 表1に記載された要素を撮影し、その画像をPhotoshopにて編集することで、表1に従った特徴抽出を行った。
2. Mental Cityは3DCGソフトウェアであるBlenderにて作成した。特徴抽出を行った要素を、紐づけされたパスの両側に配置した。
3. 抽象性の高い要素(柵や住宅街)については、画像から特徴抽出をするのではなく、Blender上にオブジェクトを作成し配置した。

4.3.3 動的な表現

表1における「動き」は、動画やアニメーションを用いて表現を行った。人混み、部活の様子などは動画を配置し、列車やバス、車の動きについては、それぞれのオブジェクトを作成し、Blender上にて動作させることで再現を行った。

4.4 評価実験

Mental Cityの評価実験は目的に応じて3つ実施した。なおMental Cityに関しては、筆者の操作によって、道路に立った視点と被験者の希望する視点とを提供し、情報を取得してもらった。Google Mapsに関しては、被験者に全操作を任せ、数種類の地図やストリートビュー、ピンの詳細から情報を取得してもらった。

4.4.1 実験1—メンタルマップとの一致—

1) 目的と方法

3.2.2項で提唱したメンタルマップ形成のモデリングの妥当性を検証するため、実験の対象範囲に在住もしくは通学する男女8名を対象に、自身の記憶とMental Cityから得られる情報との一致の度合いを16項目について5段階評価を用いて検証した。

2) 結果と考察

結果は図8の通りである。記憶と大きく異なる項目はなかった。特に、学校、公園、また要素同士の位置関係については一致度が高かった。一方で、寺・神社、チェーン店、飲食店街の項目は一致度が比較的低く、被験者間による誤差も大きい結果となった。原因として、寺や神社については、それらの位置するパスについて全ての被験者が詳しくはなかったこと、チェーン店や飲食店街については、被験者の記憶量が圧倒的に多いことが考えられる。また、チェーン店、飲食店は情報の取捨選択の過程において、それらの記憶が捨てられにくい傾向が見られた。さらにMental City上のパスの長さ、特に交差点間の距離は変化していないにもかかわらず「要素の多い通りはもっと距離が長い」という意見があり、要素の密度と距離感の認識との関連性が見られた。加えて「一部の要素の大きさについては、認

知度と一致していない」との意見があり、表 3 の基準を見直す必要があると考えられる。

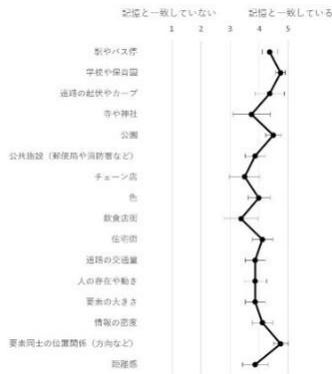


図 8. 実験 1 の結果

4.4.2 実験 2—Mental City の表現方法—

1) 目的と方法

Mental City で用いた、3D 空間上への仮定の街再現によるユーザーへの情報提供の妥当性を検証するため、Google Maps と比較し、11 項目の情報の取得に関して 5 段階評価を行った。被験者は、Mental City を評価するグループ B が男女 7 名、Google Maps を評価するグループ C が男女 5 名である。

2) 結果と考察

結果は図 9 の通りである。Google Maps と比較すると、交通量が有意差 ($p=0.007$) をもって認識しやすいと捉えられ、列車やバスの頻度、坂道・階段の表現に関しても同様の傾向が見られた。Mental City におけるアニメーションの表現が直観的であったこと、Google Maps ではその情報が取得しづらいことが要因と考察される。

また、駅やバス停に関して、Mental City にはその所在を明記していないにも関わらず、Google Maps と同様の認識のしやすさを得ることができた。

一方で、寺・神社、公共施設の表現は、ユーザーに伝わりにくい傾向が見られた。被験者から、「平面的な画像を用いて要素を反映していることから、角度によっては要素を見落としてしまう」と指摘があり、これが原因の一つと考えられる。また、公共施設については、外観が認識されやすい傾向にあることから、外観を反映させる表現を行ったものの、地域に詳しくないユーザーにとっては外観から施設の詳細を把握することが困難であったことが要因と考えられる。

その他にも、店内の様子や人混み、学生、子どもの動きに関しては、現状の表現ではユーザーに伝わりにくいことが判明した。

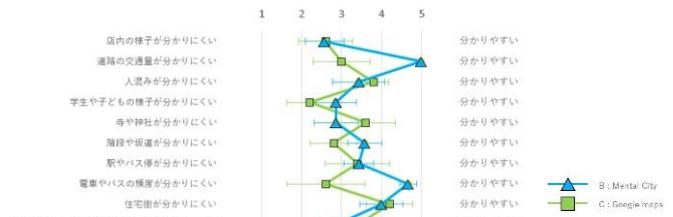


図 9. 実験 2 の結果

4.4.3 実験 3—Mental City の活用—

1) 目的と方法

地域に馴染みのないユーザーが Mental City を通じて街の情報を取得することで、地域住民が街に対して抱く印象と同様の印象が形成されるかを検証するため、被験者を 3 つのグループに分け、生活実感値⁴についての 5 段階評価を行った (実験 3.1 とする)。さらに、被験者が街に抱いた印象を踏まえて、1. 引越し先、2. 出店先、3. 避難所の 3 つの項目について、対象範囲から選択してもらい、グループ間で比較した (実験 3.2 とする)。被験者は、地域住民のグループ A が男女 9 名、Mental City によって街の印象が形成されたグループ B が男女 5 名、Google Maps によって街の印象が形成されたグループ C が男女 5 名である。

2) 結果と考察

結果は図 10、図 11 の通りである。両実験を通して、Mental City による印象形成が、地域住民の形成する印象と近いという傾向は得られなかった。

図 10 より、スーパー・コンビニに関しては、Mental City による印象形成が、Google Maps による印象形成と比較して地域住民に近い結果⁵ ($P_{ab}=0.908$, $P_{ac}=0.026$) となったが、カフェや飲食店に関しては、Google Maps によって形成された印象が地域住民の抱く印象に近かった ($P_{ab}=0.015$, $P_{ac}=0.611$)。地域住民の関心や目的は、より多くの飲食店に及んでいると考えられる。

図 11 より、引越し先に関してはグループ内でも選好の傾向が見られなかった。これは居住地選好の条件が各被験者間で異なったためと考えられる。出店先に関しては、グループ A の被験者は早稲田通りや高田馬場駅前から南下する通りを選ぶ傾向にあり、グループ B の被験者に関しても、この 2 つの通りを選択している。要素が多く並ぶバスを人通りが多く集客が見込める通りと判断し、選択したと考えられる。グループ C は全被験者が高田馬場駅前を選択した。平準化された地図は情報の疎密が乏しく、被験者が集客を見込める場所として、上記の 2 つの通りを人通りが多いとは認識できなかった可能性がある。避難所に関しては、グループ A、グループ C の被験者が戸山公園を選択し、グル

4. 株式会社ネクストが実施している生活者実感ランキングの調査 [6]における評価項目を参考に一部抜粋し作成した。

5. グループ A (地域住民) とグループ B (Mental City) とを比較した P 値

を P_{ab} 、グループ A (地域住民) とグループ C (Google Maps) とを比較した P 値を P_{ac} と表す。

ープ B の被験者は、西早稲田中学校を選択した。どちらも周囲と比較して高台に位置しているが、後者は物資の輸送に相応しい大通り沿いにある。グループ B の被験者は Mental City 上に反映された交通量を元に、物資の輸送の観点を鑑みて判断したものと考えられる。

地域住民と同様の印象形成を促すことができなかった理由として、地域住民は図 3 に示したモデルを反復することで街に対する印象を形成しているが、本実験の被験者は Mental City を一度見ただけであること、Mental City に視覚的な情報以外が付与されていないこと、さらに実験 1 や実験 2 の結果から Mental City に改善の余地があることといった点が挙げられる。

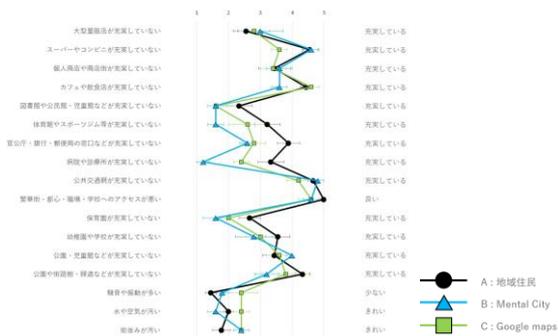


図 10. 実験 3.1 の結果



図 11. 実験 3.2 の結果

左：引越し先，中央：出店場所，右：避難所

4.4.4 Mental City に対する意見

1) 肯定的な意見

- ・初めて訪れる街で、多くの店がある通りや地元の人がよく行く店を知りたいときに使いたい。
- ・街全体のイメージを持ちやすい。
- ・情報を限定しているところがいい。
- ・交通量が分かりやすい。

2) 否定的な意見

- ・店構えが平面で見落としやすい。
- ・店が透過して見える場所は分かりにくい。
- ・公共施設がわからない。
- ・具体的な目的のあるときには一般的な地図の方がいい。

5. おわりに

5.1 研究の成果

本研究では、メンタルマップ形成のモデリングとその検証を行った結果、一部の要素のモデリングや、取捨選択の過程の見直しが必要であることが判明したものの、おおよそは地域住民の持つ記憶と一致している傾向が見られた。また形成されたメンタルマップの視覚化手法として、3DCG による仮想の街「Mental City」を提案した。人の動きや記憶される店内の様子の再現、地域住民が外観で認知している要素の伝達方法について課題が残った一方で、3D 空間における坂や階段の表現、交通機関の動的表現は認識されやすく適切な表現であったと考えられる。しかし、地域に馴染みのないユーザーに対して Mental City によって、地域住民に近い印象形成を促すことには課題が残った。印象形成に至るプロセスの反復や視覚以外で蓄積される情報に差があることが原因として考えられる。

5.2 展望

1. 本研究で発見された課題を改善することで、洗練されたモデリングを提唱し、他の地域への応用を図る。
2. 年代や時間帯などによって、記憶される要素に差が生じる。それに応じた複数の表現を展開する。
3. 重要なメンタルマップの要素である音や匂いなど、視覚以外の要素についての実装も見込まれる。
4. 誰もが Mental City を操作のしやすいアプリケーションを作成することで、個々人が街を認識しやすい視点から Mental City の情報を得ることが可能となる。
5. Mental City によって街に対する地域住民の認識が視覚化されることから、社会的な応用として、移住や事業展開を考える場面や、公共施設や避難所の設置といった、都市計画に生かされると考えられる。

参考文献

- [1] 坂本慶太, 街の印象形成を促すナビゲーションシステム, 2018, 早稲田大学卒業論文.
- [2] K. Lynch, 都市のイメージ, 岩波書店, 2007.
- [3] 中村豊, 岡村耕平, メンタルマップ入門, 古今書院, 1993.
- [4] P. Gould, 頭の中の地図, 朝倉書店, 1981.
- [5] 杉浦康平, 多様な「時間のひだ」を地図化する, アイデア, 第 55 巻, 第 5 号, pp. 14-23, 2007.
- [6] 株式会社ネクスト, 東京の住民生活実感値トップの街は 2 年連続武蔵野市, 19 3 2014. [オンライン]. Available: <https://lifull.com/files/news/press-research/140319.pdf>. [アクセス日: 17 12 2020].
- [7] R. Downs, D. Stea, 環境の空間的イメージ, 鹿島出版会, 1973.