Vol.2017-HCI-172 No.2
2017/3/6

街歩き時の視線ログ分析による迷子特徴に関する調査

神山拓史[†1]　中村聡史[†1]

概要：スマートフォンが普及し，簡単に地図やナビゲーションが閲覧できる現在でも，道に迷う人は後を絶たない．このような迷子を解決する目的の研究は様々行われており，特に視認性の高いランドマークを使ったナビゲーションを行う研究が多くなされている．しかし，歩行中にどの程度ランドマークを頼りにしているかという基礎的な検討を行っている研究は少ない．そこで本研究では，メガネ型視線検出装置を用いた歩行実験を行うことで，実際に迷子になった際の人間の視界と視線の動きのデータを集めて，分析することにより傾向を明らかにする．またこれらの分析から，どのようにしたら迷子を解決できるかについて検討する．

キーワード：迷子防止，経路ナビゲーション，視線検出装置，視線ログ

1. はじめに

普段街を歩く中で，ある目的地に向かおうとして道に迷った経験のある人は多い．これはスマートフォンが広く普及し，GPS 等で現在地を把握しながら地図が閲覧できる時代となった現在でも変わらない．GPS については特に位置情報がずれることで現在地を誤認した結果，道に迷ってしまって苦労している人も多い．また，位置情報が正しかったとしても，スマートフォンで地図を見ながら街を歩くことは，画面に視線が向くことで前方や周囲への注意が向かなくなり，街歩き時の安全性が危ぶまれる．

道に迷う原因としては，複雑に入り組んでいる交差点で曲がる道を間違えてしまうなどの地理的な要因が関係する場合や，考え事をして気が逸れていた，あるいは周辺の地理を把握せずに歩いていたために現在地がわからなくなった場合など地理的要因や個人の心理的な要因が関係する場合などが考えられる．また，山本らは，7 種類の角度の異なる曲がり角がある通路を用いて人間の方向推論を分析するための実験を行い，人間の方向推論は進行方向に対して前後左右の 4 方向にそれぞれの斜めを加えた 8 方向を参照軸とした定性的な推論になることを明らかにした[1]．そのため，人間は進行方向から 45°未満の曲がり角ではそのまま進行方向と認識してしまい，方角がずれてしまっていることに気付かずに進んでしまうと考えられる．さらに新垣[2]は，迷子になりやすい人となりにくい人に道を覚える過程でどのような差が生じているかについて実験を行った．その結果，道に迷いやすい人は，他に街を歩いている人や走っている車などの動的な情報に注意が向いてしまう傾向にあることが明らかとなった．これにより，道中で獲得した情報や知識から正しく認知地図を構成・補正できないと分析している．一方で，道に迷いにくい人は周囲から移動に役立つ情報を効果的に得ており，さらに得られた情報に合わせて，認知地図を補正していることを明らかにした．認知地図とは，人間が空間情報を自分自身が分かりやすく情報として解釈し，自身の脳内に作りあげていく地図のことを指す．このように，迷子の要因には様々なものがあるため，それら複数の要因を全てカバーして迷子を解決できる，あるいは迷子にならないような手段を取るのは難しいと考えられる．

先述の新垣の研究では，道に迷いやすい人と道に迷いにくい人の注意が向く方向や認知地図の構成の仕方についての検討がなされていたが，これらの行為に密接に関わるのが人間の視線である．次章で詳しく述べるが，従来の迷子を防止する研究の多くは，分かりやすい略地図を生成する研究や，視認性の高いランドマークの選定を行って記憶しやすい経路を作成する研究など，視覚的に効果のあるアプローチが多数行われてきた．しかし，実際に人がランドマークをどの程度頼りに歩いているのかなどについて，視線データの取得実験や分析を行っている研究は少ない．

そこで，本研究では街歩き時の視線ログデータを収集し，人が迷子になる際にどのような視線の動き方をするのかといった傾向を明らかにする．具体的にはウェアラブルなメガネ型視線検出装置である Tobii Pro Glasses 2 を用いた街歩き実験から視線のログデータを収集し，データの分析及び考察を行う．また，これらの考察をもとに迷子を防止できるような経路ナビゲーションや，迷子の自動検出といったような本研究の応用可能性についても検討する．

2. 関連研究

ユーザが街を歩く際，出発地から目的地までの経路における迷子防止を目的とした研究は様々行われている．

馬場口らは，地図情報や道路ネットワークから経路の探索や，略地図と案内文の作成を行い，それらを提示することで経路情報の理解を向上させている[3]．梶田らは，意図的な変形を行った略地図をデフォルメ地図と称し，交差点の道路を直交化させ，さらにランドマークを移動させることで，シンプルでユーザに分かりやすい地図の生成を目指した[4]．その結果，ある程度規則的な道路や，道路が密集

†1 明治大学
Meiji University

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

していない地図において分かりやすいデフォルメ地図の作成を実現した．二宮らは，前章で引用した山本らの研究[1]を応用し，人間の方向判断基準を考慮した地図の簡略化アルゴリズムを提案・実装することで，小さい画面でも見やすく迷いにくい略地図の生成を可能とした[5]．現在広く使われている Goolgle マップ[*a]に代表されるようなスマートフォン用地図アプリケーションも，図 1 のようにスマートフォンの画面に適したナビゲーションを実装している．しかし，これらの地図を使用した街歩きは地図を何度も確認する必要があり，注意が常に前方に向かないため，街歩き時の安全性が保てないという問題点が挙げられる．本研究では，実験で収集した視線データをもとに，新たな経路ナビゲーションの情報提示手法を検討する．

デバイスを使うことで迷子を防止する研究には WalkNavi[6]，Augment-able Reality[7]などがある．この 2 つの研究では，位置情報から得られる経路情報をアプリケーションや AR（拡張現実）に提示し，ナビゲーションを行っている．また，多方向へ触覚提示ができるベルト型デバイスの Active Belt[8]では，先述の研究を発展させ，触覚によって進行方向の提示を行い，どの方向に向かえばいいのかをユーザに伝える手法を実現している．しかし，デバイスを装着する手間やデバイス装着時の頭や腰への負担といった問題から日常生活の中で使用するにはまだまだ課題も多い．一方，DoCoKa[9]では QR コードマーカーをスキャンし，スマートフォンの画面上に AR で進行方向を提示することで，建物内でのナビゲーションではあるものの，低コストかつ直感的な案内を可能としている．さらに，これらの研究は歩行時の視界や視線を邪魔することなくナビゲーションを行える点で優れているため，本研究での視線ログ分析を基にした経路ナビゲーションへの応用例の 1 つの可能性として検討している．

経路ナビゲーションとは少し異なるが，同伴者とはぐれた場合の迷子に関する研究として，星野らは，Android 端末の方位センサや加速度センサを用いて歩行動作をセンシングし，そこから歩行者の位置を推定するシステムの実装を行うことで迷子捜索の支援を提案した[10]．しかし，歩く動作の個人差からシステムによって推定される歩行者の位置に誤差が生じるため，実際に運用するまでには至っていない．

図 1　Google Maps での経路案内の様子

経路ナビゲーションに関する研究の中でも，経路を作成する際に，視認性が高いランドマークを用いて，分かりやすい経路を示すナビゲーション手法が多く提案されてきた．

Drager らは，スマートフォンの画面にランドマークを表示し，ユーザにそれと街を歩いている際の景色を比較させることで，目的地までの到着を支援している[11]．しかし，この手法ではスマートフォンを何度も確認しなければならないため，街歩き時のユーザの安全を確保できているとは言いがたい．さらに，このシステムには現在の位置情報が必要となるため，GPS の影響により現在地との表示がずれてしまうと使用できないという問題点がある．

藤井らは，高さや形状などの視覚的に利用しやすい 3 次元情報が経路ナビゲーションの際に提示する情報として有効に作用することを，3D モデリングを利用した実験から示している[12]．Matt らは，ランドマークを使った経路選択を自動化するため，視認性の高いランドマークの評価手法を提唱し，ランドマークに重きを置いた経路探索手法を提案した[13]．杉山らはどのナビゲーションが必要であるかを案内必要度という数値として表現し，案内必要度に関する評価モデル式を立てた．また，これを利用した案内地図の作成手法を提案し，不安感のない移動を可能とした[14]．中澤らは，ランドマークの認知度が決定される象徴性・場所性・記号性・視認性の 4 つの特性の中から象徴性と場所性の 2 つに注目し，ランドマークの強さを象徴性と相対的な場所性を合成して算出できるモデル式を立てた．さらに，これを簡略化することで小型タブレット端末でのアプリケーションとしての実装を可能にし，街中での歩行実験を行うことでシステムの有効性を検証した[15]．森永らは，局所的な点，横断的な線，認知性の高い面の 3 つのランドマークを複数用いることで，より迷いにくいナビゲーション・システムを開発し，歩行実験によって有用性の検証を行った[16]．これらの研究では，ランドマークを使った経路ナビゲーションが視覚的に有効な手段と仮定して用いられているが，実際に街歩き中にどの程度歩行者がランドマークを頼りにしているかなど，街歩き時の人間の視界や視線に関する検証はされていない．

また，写真ライフログに関する研究ではあるが，Isola らは，風景の写真はたとえ綺麗な写真であっても人物が写った写真より記憶に残りにくいことを明らかにしており[17]，前章で引用した新垣の研究[2]でも，迷いやすい人の道を覚える時の特徴として，静的な対象である景観や建物などよりも動的な対象である歩行者や走行車の方を記憶する傾向があることが述べられている．このことからも歩行者の注意は，実際にはランドマークよりも通行人や対向車などに注意が向いている可能性が考えられる．さらに，ほとんどの研究の評価実験では，車載ビデオや Google ストリートビ

a Google マップ https://maps.google.co.jp/

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

ューを用いて街を歩く状況を仮想的に作っている．しかし仮想的な実験では，移動方向や視界の制約があるため，実地での実験が必要であると考えられる．しかし，実地で評価実験を行っている研究は中澤らの研究と森永らの研究[15][16]に限られるため非常に少ないと言える．一方，本研究では実際に街を歩く実験を通して視界や視線のログデータを記録し，歩行中に注意する対象を分析する点でこれらの研究と異なる．

3. 街歩き実験について

街歩き中に迷子になった時の視線ログを取得することを目的として，16 名の実験協力者に対して実際に街を歩く実験を行った．

3.1 メガネ型視線検出装置 Tobii Pro Glasses 2

街歩き時の視線ログを取得するため，ウェアラブルなメガネ型視線検出装置である Tobii Pro Glasses 2 を実験で用いた．図 2 は Tobii Pro Glasses 2 を装着している際の様子であり，このように歩行に支障をきたさない仕様となっている．また，図 3 はこの街歩き実験で Tobii Pro Glasses 2 によって収録された映像と視線の位置を合成した映像の例を示したものである．この図では，映像全体が実験協力者の視界を，赤丸で示されている部分が実験協力者の視線の先を表している．この場合，実験協力者は道路の白線を見ながら歩いているということが分かる．

3.2 実験概要

実験は，大学生 16 名に協力してもらい，新宿駅とその周辺でオリエンテーリング形式の街歩き実験を行った．新宿駅で行った理由としては，入り組んだ構造とその周辺に多く立ち並ぶ高層ビル群，さらに複雑な地下通路も相まって，迷いやすい場所として広く知られているためである．なお 2015 年のアンケート調査*[b]では，大人も迷子になってしまう駅として新宿駅は 2 位にランクインしている．

まず，今回の実験では以下の 10 個の目的地を設定した．この 10 個の目的地までの経路には地上を歩く，写真を撮影する，改札内の通路は通らない，雨風がひどい状況であると想定し，濡れないようなルートを歩くというような条件やタスクをそれぞれ課し，また，全ての経路の所用時間およそ 1 時間程度であることを説明している．これらは目的地に向かう際により迷いやすい経路を歩いてもらい，さらに時間的な制限を設けることで，待ち合わせのような時間を意識して目的地に向かうような状況を作るためである．図 4 はこの実験で迷わずに街を歩いた場合に想定される経路を地図上に示したものである．

1. 新宿西口 → 西武新宿駅改札
   - 地上を通って歩く．
2. 西武新宿駅改札 → 新宿駅東口改札
   - 雨風を凌げる，濡れないようなルートを探して歩く．
3. 新宿駅東口改札 → 新宿駅西口改札
   - 雨風を凌げる，濡れないようなルートを探して歩く．
4. 新宿駅西口改札 → 新宿の目
   - 雨風を凌げる，濡れないようなルートを探して歩き，"新宿の目"の写真を撮影する．
5. 新宿の目 → 東京モード学園
   - 雨風を凌げる，濡れないようなルートを探して歩き，東京モード学園の地下階から地上へ出る．
6. 東京モード学園 → 新宿アイランドタワー
   - 新宿アイランドタワーにある"LOVE"の文字のオブジェの写真を撮影した上で，著者に送信．
7. 新宿アイランドタワー → 京王プラザホテル
   - なるべく急いで歩く．
8. 京王プラザホテル → 新線新宿駅
   - 京王プラザホテル付近から入れる地下通路から地下に入り，そこから新線新宿駅の改札へと向かう．
9. 新線新宿駅 → 新宿駅南口改札前
   - ルートの指定はなし．
10. 新宿駅南口改札前→新宿駅西口改札前
    - 1〜9 までで通ってない経路を探して歩く．

図 2　Tobii Pro Glasses2 装着時の様子

図 3　Tobii Pro Glasses2 で収録された映像

次に，実験協力者に図 2 のように Tobii Pro Glasses 2 を装着して 10 個の経路を 1 から順番に歩いてもらい，街歩き時の視界と視線の様子を記録した．なお，この実験では，実験協力者が日常的に街を歩く状況を再現した実験を行うため，駅に設置してある構内図や標識，さらにスマートフ

b “まるで迷宮！ 迷いやすい駅ランキング「東京駅→京葉線遠すぎ」「新宿駅→新南口と南口？」” https://gakumado.mynavi.jp/freshers/articles/13183

ォンなどを用いた従来の経路ナビゲーションの情報を制限することはしなかった．

3.3 実験結果

表 4 は，実験協力者 16 名ごとに各経路の所要時間と，その経路において道に迷った様子があったかの結果をまとめたものである．色の付いた部分は，実験協力者が道に迷った経路を表している．ここでの道に迷ったかどうかの判定には，実験協力者の実験終了後の感想や，収集した視界や視線のログ映像から経路や目的地から外れ，同じ道を往来している様子や，実験中に吐露した「どこだここ？」「こっちじゃない」などの独り言から判断している．これらの様子から経路 8 が最も迷いやすく，次いで経路 6，そして経路 4 が迷いやすいことが分かった．その他の経路は実験協力者によって差があるが，経路 2，3，5，9，10 に関してはほとんど迷う人がいなかったことから迷いにくい経路だったことが分かる．しかし，経路 2 では実験協力者 A と F が，経路 3 では実験協力者 A と C が，経路 5 では実験協力者 H が，経路 9，10 では実験協力者 C が迷っていた．また，全実験協力者のうち，特に A～E の 5 名は道に迷っていた時間が長かった．

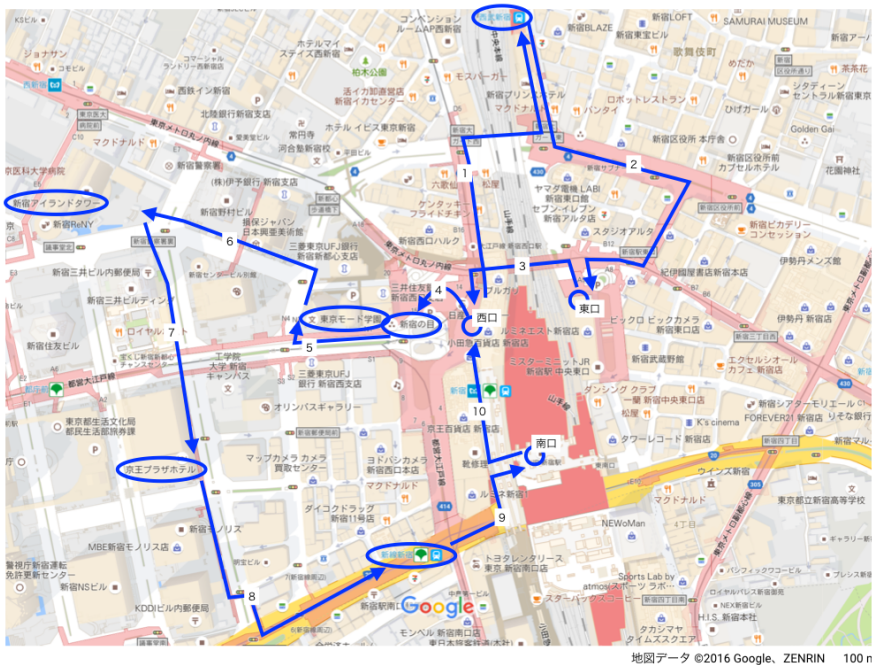

図 4　本実験で用いた新宿駅周辺の 10 個の経路

表 4　新宿駅周辺における本実験における各実験協力者の結果の概要

協力者	経路1	経路2	経路3	経路4	経路5	経路6	経路7	経路8	経路9	経路10	合計
A	26' 35"	12' 49"	11' 56"	6' 31"	8' 42"	23' 47"	5' 38"	9' 56"	2' 53"	4' 21"	1:53' 08"
B	10' 19"	10' 54"	5' 14"	3' 31"	3' 29"	10' 12"	5' 04"	29' 16"	3' 09"	7' 03"	1:06' 56"
C	5' 28"	10' 28"	4' 32"	2' 35"	1' 38"	7' 06"	4' 41"	13' 20"	8' 58"	11' 28"	1:10' 14"
D	10' 03"	9' 00"	3' 15"	1' 49"	2' 16"	6' 11"	5' 16"	24' 41"	2' 20"	3' 44"	1:28' 11"
E	5' 29"	7' 28"	3' 14"	5' 12"	4' 51"	10' 38"	6' 07"	16' 15"	3' 24"	3' 29"	1:06' 07"
F	5' 50	13' 40"	3' 05"	2' 01"	2' 49"	5' 03"	3' 23"	13' 12"	2' 39"	6' 26"	58' 01"
G	7' 20"	7' 58"	3' 15"	3' 25"	2' 07"	3' 57"	3' 37"	18' 13"	3' 03"	5' 06"	58' 01"
H	7' 31"	9' 22"	4' 09"	5' 00"	16' 10"	7' 18"	5' 17"	16' 30"	2' 33"	4' 59"	1:18' 49"
I	7' 25"	7' 49"	3'15"	6' 10"	4' 31"	4' 38"	4' 02"	14' 57"	3' 27"	7' 26"	1:03' 40"
J	7' 00"	6' 20"	5' 17"	5' 19"	6' 19"	6' 27"	3' 44"	12' 37"	3' 02"	6' 08"	1:02' 13"
K	6' 30"	11' 31"	6' 00"	2' 01"	2' 07"	6' 19"	5' 06"	12' 58"	1' 56"	3' 08"	1:00' 36"
L	6' 41"	11' 49"	5' 37"	5' 04"	4' 43"	8' 42"	5' 52"	11' 02"	2' 52"	5' 58"	1:08' 20"
M	5' 19"	9' 22"	3' 33"	2' 53"	1' 38"	6' 33"	4' 41"	10' 52"	2' 09"	2' 16"	49' 28"
N	5' 42"	9' 37"	2' 58"	5' 02"	3' 08"	5' 10"	5' 14"	9' 20"	2' 29"	8' 33"	57' 13"
O	6' 17"	5' 50"	3' 58"	2' 20"	2' 03"	5' 21"	7' 12"	10' 07"	2' 53"	4' 45"	50' 26"
P	6' 37"	9' 52"	3' 18"	2' 40"	6' 29"	4' 13"	3' 44"	12' 26"	2' 56"	5' 26"	57' 41"

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

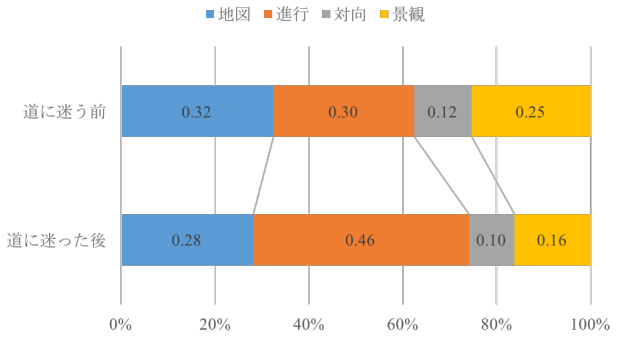

図 5　道に迷いやすい人の迷う前後での視線対象の比較

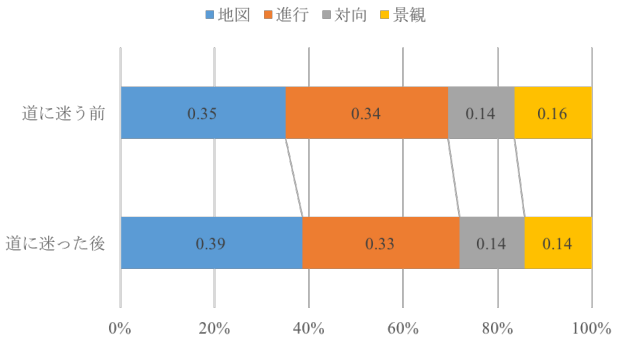

図 6　道に迷いにくい人の迷う前後での視線対象の比較

ここで，道に迷っていた時間が特に長かった実験協力者 A～E の 5 名とその他の 10 名を道に迷いやすい人とそうでない人の 2 群に分け，それぞれの地図，進行方向が同じ歩行者，対向から歩いてくる人，周囲の景観や建物を見ている時間の割合を比較する．歩行者に関してはより詳しい分析を行うため，進行方向が同じ人と対向からくる人を区別している．図 5 と図 6 では，道に迷いやすい人とそうでない人の道に迷った前後を比較したグラフある．なお，道に迷った前後の判断は独り言などにより実験協力者自身が迷子だと自覚した時点を判断した．まず図 5 から，道に迷いやすい人は道に迷った後において，進行方向が同じ歩行者を見る時間の割合がかなり増加することが明らかとなった．一方，おなじ歩行者でも対向から歩いている歩行者はあまり見ていなかった．次に図 6 から，道に迷いにくい人は道に迷う前と同様に，進行方向が同じ歩行者よりも地図を見ている時間の割合の方が大きいことがわかる．

さらに，図 7 と図 8 では道に迷う前後に分け，道に迷いやすい人とそうでない人を比較したグラフである．迷う前において，道に迷いやすい人の特徴として景観や建物を見ている時間の割合が多いことが明らかとなった．一方，迷った後では，道に迷いにくい人は地図を見る傾向が，道に迷いやすい人は進行方向がおなじ歩行者を多く見ている傾向がわかる．また，歩行者を見る中で，進行方向がおなじ歩行者と対向からくる歩行者を見る時間の割合を比較すると，道に迷いにくい人は対向からくる人をあまり見ないことがわかる．

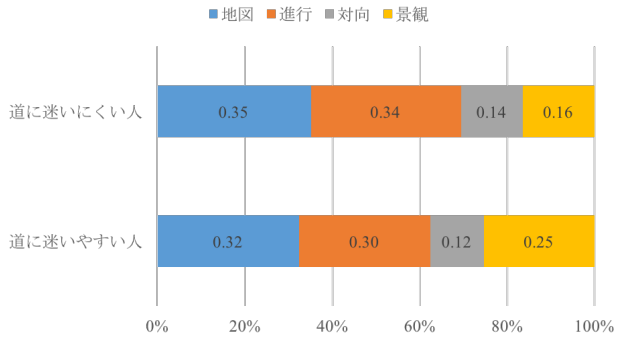

図 7　迷う前の道に迷いやすい人とそうでない人の比較

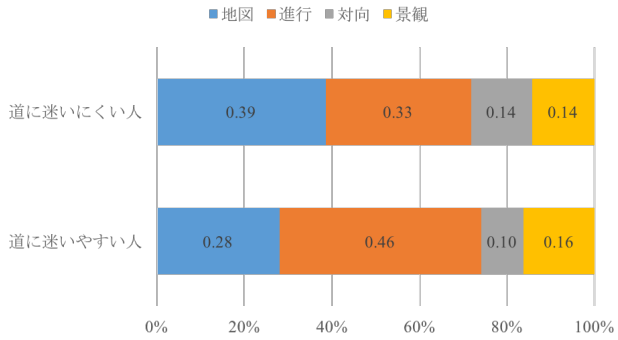

図 8　迷った後の道に迷いやすい人とそうでない人の比較

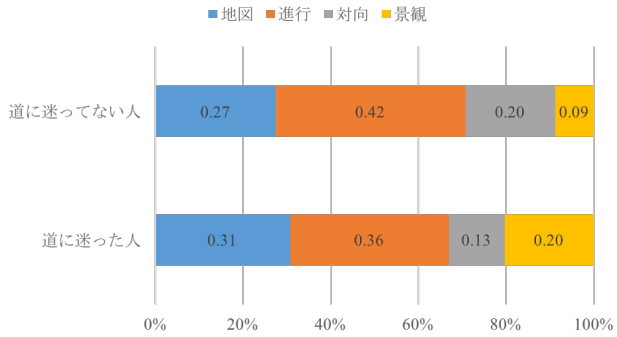

図 9　経路 8 での迷った人と迷ってない人での比較

図 9 では，一番迷いやすかった経路 8 において，道に迷った人と迷わなかった人を比較したグラフである．ここから迷った人は迷ってない人と比べて景観と建物を見る割合が多いことが明らかとなった．また，歩行者を見ている時間だけで見ると，進行方向が同じ歩行者を見る時間の割合は多い．しかし全体で見ると，進行方向が同じ歩行者を見る割合は道に迷わなかった人の方が大きいことがわかる．

3.4 考察

この街歩き実験で，ほとんどの実験協力者が 1 度は道に迷っているため，道に迷っている状況と迷っていない状況の両方の視界と視線のログデータを収集できた．また，実験協力者 A～E は道に迷いやすい人ということも明らかとなった．これらの結果から，迷子時の視線に関する傾向の違いについて分析を行う．さらに，どのような場所が迷いやすいかについても考察を行う．

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

図 10　上下に入り組んでいる場所を下から見た様子

図 11　上下に入り組んでいる場所を上から見た様子

道に迷った際には，歩行者の中でも進行方向が同じ歩行者を見ている時間の割合が多いことがわかる．さらに，道に迷いにくい人と道に迷いやすい人において，この違いははっきりとしていた．このことから，人は自身と進行方向が同じ歩行者を見る時間が長いと道に迷いやすくなるのではないかと考えられる．これは，自身と同じ方向に歩く人の方向や人の流れを見て，迷子を解決しようと考えているのではないかと推測される．同じ方向に進む歩行者を見ていると，その瞬間は進行方向が同じであっても，目的地が必ずしも同じとは限らないため，歩行者ばかりを見てしまうと本来の目的地とは違う方向に進んでしまい，より道に迷ってしまう悪循環が起きてしまったと考えられる．実際にも，実験協力者 A～E に関しては 1 つの経路で何回も迷い，あちこちを往来している様子が観察され，また所用時間も長かった．また，道に迷わずに歩いている際は進行方向が同じ歩行者も見つつ，対向からくる歩行者も見て，目的地まで向かう人の流れを見極めているのではないかと推測される．

また，この街歩き実験において特に迷いやすかったのが経路 8 であった．この経路は京王プラザホテルから，その周辺にある新線新宿駅に通じる地下通路を探し歩いていくという経路であり，この地下通路の入口周辺は図 10 と図 11 のように道路が上下に交差し入り組んでいる．このような，同じ場所でも高い場所から見た景色と低いから見た景色で違った印象を受けることが，多くの実験協力者を戸惑わせた原因なのではないかと推測される．なお，実験協力者 A も経路 2 では頻繁に地下と地上の行き来を繰り返した様子が観察でき，この上下の移動によってより迷ってしまい，所要時間も大幅にかかってしまっていたと考えられる．このような高低差がある場所や上下移動によって道に迷ってしまう原因として，人間の認知地図の構成方法が考えられる．普段は地図や地形を 2 次元として捉え認知地図を把握している．しかし，このような地形は上下移動が多いために 3 次元として捉えなければならない．3 次元空間を把握するためには多くの情報が必要になるため，実験協力者に不安感を与え，迷いやすかったと考えられる．他にも経路 8 では，図 12 のような地下通路の中に，階段による高低差があり，また駅構内に比べて標識の数も少ない．このように，標識が少ないことが実験協力者が困惑し，歩行時間が長くなってしまったと考えられる．一方で経路 8 と同様に地下通路を通り，地上との往来もある経路 5 では標識が大きくわかりやすいため，道に迷った実験協力者がほとんどいなかったと考えられる．また，高低差のある場所でも，高い場所にいる時より低い場所にいる時の方が不安感を覚えている様子がみられ，高い場所から地下通路の入り口を探そうとした実験協力者もいた．これは，高い位置にいる

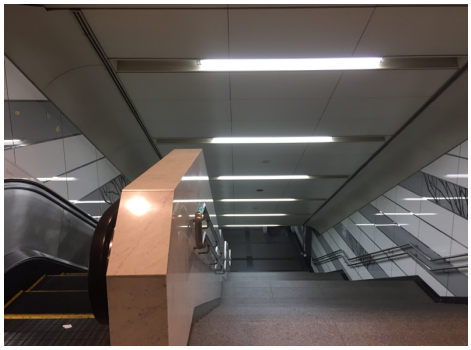

図 12　地下通路における階段による高低差がある場所

図 13　新宿の目

図 14　LOVE のオブジェ

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

方が地形全体を把握しやすく，認知地図を構成・補正しやすいためであるのに対して，低い位置では建物や橋に囲まれ，思うように地形が把握しにくいためであると考えられる．

経路 4 は高低差もなく，また距離も近いが，経路 8 に次いで迷いやすい結果が出た. この目的地である“新宿の目”というのは図 13 のような，万華鏡のように輝くオブジェである．このオブジェは中に照明も埋め込まれており，明るく目立つが，多くの支柱によってこのオブジェが隠れてしまっており，決まった角度や位置からではないと見つけられない位置にある．また，新宿駅西口の地下広場は左右対称に広がっているため，左右を区別が付きにくいことも迷いやすい原因だと考えられる．

経路 6 は新宿アイランドタワーにある図 14 のような“LOVE”という文字のオブジェを目指すものとなっている．ここも経路 4 の“新宿の目”と同様にオブジェが目的地であるため，目標が見つけやすい．しかし，周りの高層ビルにオブジェが隠れてしまい，オブジェを見付けられず素通りしまう様子が見られた．周囲の景観や建物を見るあまり，隠れているオブジェに気付くことができなかったと考えられる．前節の結果で道に迷っている際に，迷子にならなかった人よりも景観や建物を見ている時間の割合が多かったことが明らかとなっていた．また，図 7 や図 8 の結果において，迷いやすい人や迷った人の特徴として挙げられており，またこの経路では道に迷いやすいとされる 5 名の実験協力者が全員迷っていた．このことから，景色や建物を多く見ることが迷いやすさに繋がることが考えられる．これにより，2 章で述べたように，従来の研究ではランドマークを用いた経路ナビゲーションの研究が多く行われてきたが，必ずしもランドマークとなるような建物を見ることが迷子の解決に繋がるとは言えないと推測される．

4. 本研究の応用可能性について

前章での考察から，迷いやすい場所として，高低差がある場所や建物の陰に隠れてしまうような場所が挙げられた．この理由としては，スマートフォンなどの画面では前後左右のような 2 次元の情報表現は簡単であるが，上下も加えた 3 次元の情報表現は視認性や表現方法の面で難しいためである．さらに，従来多く行われてきたランドマークを用いた手法では高低差のある場所には有効であるとは言えないことも考察された．つまり，前後左右だけでなく上下もうまく表現することが重要になる．そこで WalkNavi[6]や DoCoKa[9]のような AR を用いた手法でそうした表現が可能になれば，特に高低差のある場所における経路ナビゲーションを効果的に行えると考えられる．また，道に迷った際，自身と進行方向が同じ歩行者の流れに乗ることで迷子の解決を試みる事例でも，AR で方向を提示することで違った人の流れに乗ることがなくなるため，迷子の悪循環に陥ることがなくなると期待される．そのため，前後左右に加え，上下も加えた 3 次元方向を表現できる AR を用いた手法が本研究の経路ナビゲーションへの応用可能性として期待される．

本研究の別の応用可能性として，迷子の自動検知が考えられる．特に迷いやすい人において，道に迷う前と比較して，道に迷った後は地図よりも同じ進行方向の人を見ている時間の割合が多かったためである．今回の実験では，人手によって時間の割合を算出していた．しかし，画像処理によって視線の対象物が検知できれば，機械的な処理が可能となるため，視線対象の時間の割合から迷子を自動的に検出可能になると考えられる．また，後述する今後の課題として，今回行わなかった視線の変化量を使った分析により，迷子時の特徴や傾向が明らかとなれば，それを用いた自動検出も可能になると考えられる．

5. まとめ

本研究では，これまでの研究で明らかにされなかった道に迷った際の人間の視界と視線の特徴に着目し，街歩き時の視線と視界のログデータの記録と分析を行った．新宿駅周辺で行った街歩き実験では，迷子になってない時と迷子になった際の視線ログ，視界と視線のログデータを収集した．その結果，迷子になりやすい人とそうでない人において，自身と同じ進行方向の人を見ている時間や景観，建物を見ている時間の割合において差があり，これらが迷子に繋がっているのではないかと推測された．さらに，高低差のある地形や建物の陰に隠れてしまうような場所は迷いやすい場所であることも明らかとなった．そして，これらの結果と考察から，本研究の応用可能性として経路ナビゲーションや迷子の自動検知について検討した．

今後の展開としては，3 章で行った歩行実験による視界と視線のログデータの収集を引き続き行う予定である．具体的には，実験場所について，東京駅周辺や渋谷駅周辺など今回使用しなかった他の迷いやすいとされている場所でも行う予定である．さらに，実験協力者についても，実験で使用している経路を未知である人や疎い人など，対象を増やしていく．また，本研究では，収録映像を視聴や時間の計測によって分析を行い，歩行中の視線の動きの傾向を明らかにした．しかし，視線の変化量の比較などの手法を取ることで，新たな分析や視線の傾向について明らかにしていく予定である．

謝辞　本研究は JST ACCEL の助成を受けたものです．

参考文献

[1] 山本直英, 阿部篤行. 曲がり角が一つある通路における定性的方向推論についての実験による分析. 人間・環境学会誌, 2002, vol.7, no.2, p.11-20.
[2] 新垣紀子. なぜ人は道に迷うのか?:一度訪れた目的地に再度

訪れる場面での認知プロセスの特徴. 認知科学, 1998, vol.5, no.4, p.108-121.
[3] 馬場口登, 堀江政彦, 上田俊弘, 淡誠一郎, 北橋忠宏. 経路理解支援のための略地図とその案内文の生成システム. 電子情報通信学会論文誌 D-II, 1997, vol.80, no.3, p.791-800.
[4] 梶田健史, 山守一徳, 長谷川純一. デフォルメ地図自動生成システムの開発. 情報処理学会論文誌, 1996, vol.37, no.9, p.1736-1774.
[5] 二宮直也, 戸川望, 柳澤政生, 大附辰夫. 歩行者ナビゲーションにおける微小画面での視認性とユーザの迷いにくさを考慮した略地図生成手法. 電子情報通信学会技術研究報告, 2006, vol.106, no.266(ITS2006 25-34), p.53-58.
[6] Nagao, K. and Rekimoto, J.. Agent Augmented Reality: A Software Agent Meets the Real World, Proceedings of Second International Conference on Multi-Agent Systems(ICMAS'96), 1996, p.228-235.
[7] Rekimoto, J., Ayatsuka, Y. and Hayashi, K.. Augment-able Reality: Situated Communication through Physical and Digital Spaces, Proceedings of International Symposium on Wearable Computers(ISWC'98), 1998, p.68.
[8] 塚田浩二, 安村通晃. Active Belt: 触覚情報を用いたベルト型ナヒナビゲーション機構. 情報処理学会論文誌, 2003, vol.44, no.11, p.2649-2658.
[9] 吉野孝, 奥村賢悟. 迷いやすい人の特徴を考慮した屋内ナビゲーションシステム DoCoKa の開発と評価. 電子情報通信学会技術研究報告, 2013, vol.113, no.43 (LOIS2013 1-5), p.105-112.
[10] 星野浩幸, 田村仁. Android 端末を用いた迷子捜索支援システム. 情報処理学会全国大会講演論文集, 2014, vol.76, no.3, p.3227-3228.
[11] Drager, M. and Koller, A.. Generation of landmark-based navigation instructions from open-source data. In EACL '12, 2012, p.757-766.
[12] 藤井憲作, 東正造, 荒川賢一. 経路案内情報がナビゲーションに及ぼす影響. 電子情報通信学会論文誌 A, 2004, vol.J87-A, no.1, p.40-49.
[13] Duckham, M., Winter, S. and Robinson, M.. Including landmarks in routing instructions, Journal of Location Based Services, 2010, vol. 4, no. 1, p. 28-52.
[14] 杉山博史, 土井美和子. 交差点形状が与える心理的影響を考慮した道案内システム. 電子情報通信学会論文誌 A, 2004, Vol.J87-A, no.1, p.59-67.
[15] 中澤優一郎, 山本隆徳, 細川宜秀. 象徴性と相対場所性に基づく強いランドマーク検索システムの実現方式. DEIM Forum 2012 B2-4, 2012.
[16] 森永寛紀, 若宮翔子, 谷山友規, 赤木康宏, 小野智司, 河合由起子, 川崎洋. 点と線と面のランドマークによる道に迷いにくいナビゲーション・システムとその評価. 情報処理学会論文誌, 2016, vol.57, no.4, p.1-12.
[17] Isola, P., Xiao, J. Torralba, A. and Oliva, A.. What makes an image memorable?. Proc. of the 24rd IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2011, p.145-152.

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan