

## 迷路探索歩行時の注視と歩行に関する研究\*

北濱 亨\*\*, 三浦利章\*\*, 岡崎甚幸\*\*\*\*, 篠原一光\*\*, 田村仁志\*\*\*\*\*, 松井裕子\*\*

Despite their importance to research, there exist almost no experimental studies on the relationship between visual search (eye movement) and walking (head and body movement) in 'way finding'. The current research aims at developing a method to analyze 'way finding' behavior and at revealing some characteristics of the coordination of eye and head/body movement.

In the experiment, subjects wore an eye camera and walked two or three times through a maze from a starting point to a goal until the entire path was learned. Subsequently, the subjects were asked to make sketch drawings, and an image map of the maze from memory. Complex data, such as distribution of fixation points, fixation duration, sight distance and pedestrians' head/body movement patterns were systematically analyzed. Through this developed method, several characteristics of coordinative eye and pedestrian movement in 'way finding' were revealed. The relationship between visual search and recalled drawing of the path was also discussed.

経路学習時の注視行動と歩行の関係は、その重要性にもかかわらず、これまでに実験的検討が行われていない。本研究では、注視と歩行に関する新しい測定・解析方法を開発するとともに、経路学習の眼球および身体運動の基礎的特性を明らかにすることを目的とした。実験では、アイカメラをつけた被験者が、迷路を学習するまでスタートからゴールを目指して2、3回歩く。その後、被験者は迷路の風景とイメージマップを再生描画する。そして、注視点の位置、注視時間、注視距離、歩行者の身体や頭部の移動軌跡といった、実験で得られる複雑なデータの表示、解析方法を提案した。それと同時に、この方法により探索歩行時の注視と歩行に関するいくつかの特性を見出した。その主なものは、視線、頭部、身体の協応的な基本的な動きについてである。すなわちそれらの協応パターンは探索歩行を繰り返す中でランダムで複雑なものから、体制化されたものへと次第に変容する。さらに、注視と描画の関係についても考察を加えた。

(キーワード：探索歩行、迷路、注視、眼球運動、イメージマップ)

## 序

これまで、静止時の眼球運動については文章読解、

\* 1998年7月2日受付

\*\* 京都大学大学院修士課程  
Graduate School of Kyoto University.

\*\*\* 大阪大学 人間科学部  
Faculty of Human Sciences, Osaka University.

\*\*\*\* 京都大学大学院工学研究科 生活空間学専攻  
Dept. of Arch. and Environmental Design, Graduate  
School of Eng., Kyoto Univ.

\*\*\*\*\* 三菱重工業  
Mitsubishi Heavy Industries.

絵画鑑賞、様々な視覚探索の課題に関する詳細な研究がある<sup>1~7)</sup>。また、移動時の眼球運動については自動車等の運転に関する多くの研究がある<sup>8~12)</sup>。さらに運動時の眼球運動についてはスポーツ選手の視線の動き<sup>13,14)</sup>や階段を昇るときの注視点の位置などの研究がある<sup>15)</sup>。また、日常生活空間における眼球運動については、オフィスや茶室などの室内における居住者の視線の動き<sup>16,17)</sup>や、屋外歩行者空間における歩行者の注視特性の研究<sup>18)</sup>がある。また、痴呆老人や精神薄弱者、車椅子利用者の日常生活空間での注視特性の研究<sup>19,20)</sup>も見られる。

一方、経路探索および迷路学習については様々な研究があるが、特に、経路探索歩行時の環境情報の役割

に関する研究として以下のような研究がある。地図や目的地の方向指示や同行教示の情報が街路や屋内で、空間把握と経路探索に与える影響に関する研究<sup>21)</sup>。空間表象の形成に対する探索方略の効果を実験的に検討した研究<sup>22)</sup>。街路の案内地図や標識の、探索歩行での使われ方に関する研究<sup>23)</sup>。ランドマークの利用方法について、性差を検討した研究<sup>24)</sup>や発達段階による差異を検討した研究<sup>25)</sup>。サインなど空間情報の密度や配置が、建物内の目的地までの経路探索に与える影響に関する研究<sup>26)</sup>。環境の認知度が高い被験者が、格子状街路の境界線上を歩行し、低い者が階段状歩行することを示した研究<sup>27)</sup>。コンピュータ・シミュレーション環境を用いて、経路学習におけるランドマークの効果<sup>28)</sup>、距離、方向判断を検討した研究<sup>29)</sup>や、CRTディスプレイ上に呈示された迷路の探索課題を通じて、被験者の空間イメージと変容に対するパターン構造の効果を検討した研究<sup>30)</sup>。また、プロトコル分析により経路探索の特徴を記述する研究<sup>31)</sup>などがある。さらに、著者は巨大迷路での実験により、迷路探索歩行特性を解明し、その再現が可能なシミュレーションモデルを開発した<sup>32-34)</sup>。

本論では、迷路内での探索歩行実験を行い、歩行者が迷路空間にどのようにかかわっていくか、あるいは学習が進むにつれて、その関わり方がどのように変化するか、それらを眼球運動、頭部や身体の動き、さらにこれら相互の協応関係を調べることによって明らかにしようとしている。運動時の注視行動について、このような身体との協応関係をも含めた体系的な研究はまだない。それは運動によるアイカメラのズレと膨大なデータの解析が困難なことが原因であった。今回我々は頭部にアイカメラを固定する装置の工夫により、安定したアイマークの記録を得ることができた。さらに注視と歩行に関する解析方法を新しく開発し、それによって複雑なデータを体系的に表示することができた。本論ではその記録方法および解析方法を提示し、そこに見出したいくつかの注視行動の特性について報告する。

## 1. 実験方法

### 1-1. 迷路の状況

実験は屋外の巨大迷路と室内に作った小型の実験用迷路の中で行った。本論では後者の迷路での基礎的実験手法を報告する。実験用迷路の規模は縦方向6m、横方向7.2mで通路幅1.2m。これらは高さ2.1m、幅1.2mの木製パネルによって構成されている。迷

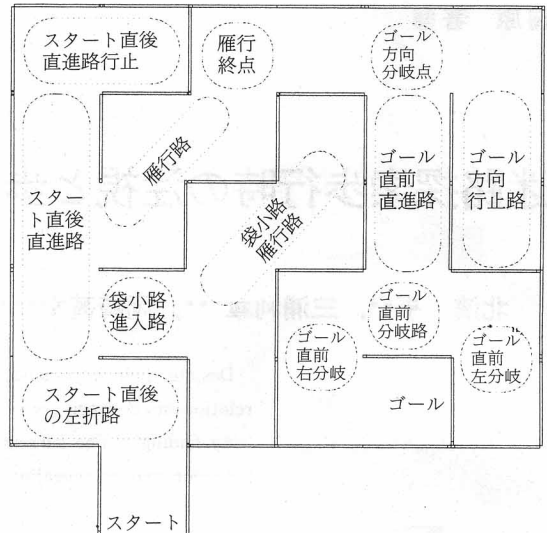


図1 迷路平面図

Fig. 1 The experimental maze.

路平面図は図1に示す。

### 1-2. 実験装置

アイカメラはナック社のEMR-7、レンズは視野角90度と60度のものを使用。その重量は300g。アイカメラを頭部に固定させるため、被験者はラグビー用のヘッドギアをかぶり、その上からアイカメラを装着した。被験者が装着したものはアイカメラのみで、EMR-7では周辺視は確保されるため、装着しない場合と相違ない。また被験者の背後からアイカメラのコントローラーとビデオ装置一式を背負い、長さ約2mのポールの先に固定されたビデオカメラをささげ持った実験者が随行し、被験者の身体の位置や向き、頭部の向きなどを記録した。その際、アイカメラ本体とコントローラーの結線が被験者の探索歩行を妨げないように随行した。アイカメラの録画用ビデオカメラは、SONY GV-A 100、外部撮影ビデオカメラはSONY CCD-TR 2、画像同期用のミキサーは四画面分割ユニット Panasonic WV 450 A、解析時のVTRはPanasonic NV-SX 10 (VHS形式60 frame/sec)とSONY Hi-Fi stereo video plus (8mm・VHS両形式、30 frame/sec)を使用した。

### 1-3. 被験者

本論では京都大学建築系専攻の学生6人による実験について報告する。

### 1-4. 教示

探索歩行開始直前に次のように教示した。「GOALと書いた看板のところまで、自由な速さで、普通に頭や体を動かして歩いて下さい」。2回目開始前には「先ほどの歩行を参考にして最短経路でゴールまで行って下さい」と教示。6人中4人の被験者は2回目と同様に3回目の歩行を行った。

### 1-5. 描画、ヒアリング

最終回の探索歩行が終了後、別室で描画実験を行った。まず「今歩いた迷路の中で印象に残った風景を描いて下さい」と教示（風景描画）。続いて「迷路を平面的に地図のように描いて下さい」と教示し（イメージマップ）、その後歩いた経路を地図上に示してもらう。描画実験終了後、撮影したアイカメラの映像を見せながら、歩行時に被験者が考えたことを聞く。

## 2. 予備実験

本実験では被験者が歩行中の眼球運動を測定するため、アイマークの動きには固視微動やサッカードだけでなく、歩行による振動が加わる。そのため歩行時の注視点の判定基準を求める必要があった。そこで我々は予備実験を行い、歩行中のアイマークの動きと注視の関係について調べた。

### 2-1. 注視の定義

廊下の中央にアイカメラを装着した被験者を立たせ、その約8m前方にパネルを置き、ここに縦35cm×横47cmの矩形を構成するように、その4頂点にマークを配置し、歩きながらこの4点を右上のマークから反時計回りに順次注視していくように教示する。同一点への注視の分布、飛越距離を分析した結果、以下の基準を定めた。アイマークの移動距離が視角で4.5度より短い時を同一注視と判定する。当実験は実験室内での顔面固定実験ではなく、頭部運動や、歩行による身体の揺れが伴うものであるが、ここに示した結果はそのような状態で1点注視に現れる注視点分布の事実である。なお、これは足立ら<sup>19)</sup>が同様の実験をおこない、歩行時の同一注視点の範囲を信頼区間4.23°~5.37°(95%水準)と定めた結果と一致している。

### 2-2. 斜交い注視の定義について

迷路内を探索中のアイカメラの映像では、前方の壁のエッジや出隅付近にアイマークが集中することがよ

くある。このような場合、手前の壁のエッジと奥の壁のどちらを見ているのか判断が難しい。予備実験ではこれと同様の状況を設定し、奥の壁と手前の壁とを交互に見てもらった実験を行ったが、この判断は不可能であった。しかし、ヒアリングでは多くの被験者が「たぶん後ろの壁を見ていた」と発言している。このような注視を以後「斜交い注視」とし、手前の壁のエッジ越しに奥の壁を注視するものとして定義する。

## 3. データの記録方法

実験終了後は、アイカメラの映像と、被験者の動きを後部上方から撮影したビデオカメラの映像をもとに、注視点や身体のデータ等を迷路平面図内に記入して「歩行時の注視行動解析図」を作成する。まずアイカメラの映像から1コマ=1/30 secごとのアイマークの位置を確認し、予備実験の結果に従って注視点を描出しその位置を迷路平面図内に記入する。この時、各注視点の位置の近傍にはその注視点番号を○内に記入したものを表示し、その右肩に注視コマ数を、右下に注視点の高さを記号で表示する（パネル上で中央の線より上をH、下をLとし、特にパネル上端をHE、中央の線上付近をM、下端をLEとする。また、パネルの足の部分をST、床への注視をFとする。パネル形状については図9参照）。また、サッカード中に記録されたアイマークの位置は×印で表示する。次に、ビデオカメラによる映像をアイカメラの映像と同期させ、任意の注視iに対して、注視iが行われた時の被験者の身体的位置iと向き、その時の頭部の向き、注視点iと身体的位置iの頭部の中心を結ぶ視線（破線は斜交い視線）を迷路平面図内に記入する。こ

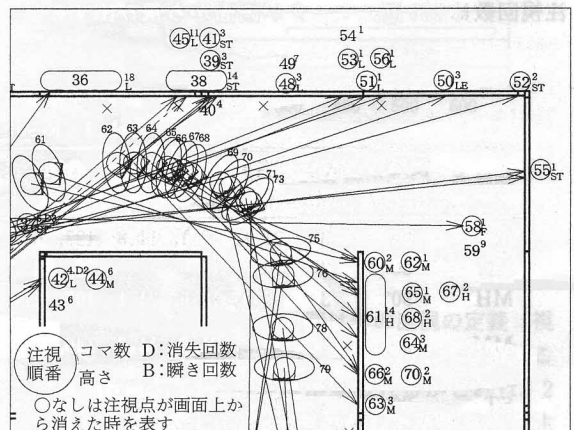


図2 注視行動解析図部分拡大図（説明は本文参照）  
Fig. 2 A part of the visual behavior analyses.

うして作成された図の一部分を図2に示す。この表記法は今回我々によって開発されたものであり、さらにこの表記法を自動化する研究を行っている。

## 4. 結果と考察

### 4-1. 全被験者の結果

表1に全被験者の実験結果の概要を示す。

### 4-2. 被験者MMの結果

ここでは紙面の都合で6人のうち、本論において論述する現象（探索歩行時の注視行動の特性、学習過程における注視行動の変容、イメージマップ・風景描画と注視行動との関係）について、代表的でわかりやすく現れていた被験者MM1名を中心に、詳しい実験結果を提示し考察する（被験者MMの代表性については以下に記述しているが、例えば注視行動の変容については、後の図12を参照）。図3～5は被験者MMの1～3回目までの注視行動解析図である。探索歩行1回目はゴール方向の袋小路およびゴール直前左分岐へ入り、進行方向と違う方向を幾度も見ながらゴールへたどり着いた。所要時間は23.2秒。2回目は一度袋小路へ入り、その後正しい経路をたどりゴールした。袋小路に入ったのは「最短距離でといわれたので、他にもっと短距離でいける道があると思ったから」と発言している。このように2回目は、1回目には通らなかった袋小路に入ったため、既知と未知の2種類の場所を歩くことになった。所要時間は21.2秒。3回目は迷うことなくゴールにたどり着いた。所要時間は11.7秒。1回目の注視回数は146回、そのうちアイマークが画面から飛び出すのは28回。2回目の注視回数は120回、マークが画面から飛び出すのは

45回。3回目の注視回数は91回、マークが画面から飛び出すのは12回であった。

### 4-3. 探索歩行時の注視行動における基本的特性

#### 4-3-1. 注視時間

注視時間グラフ（図6）におけるaは飛び抜けて長い注視、bはaの注視の間にある中程度の注視の連続、cは極端に短い注視の連続である。注視時間の分布はこのa、b、cの三タイプで構成されている。これは他の被験者にも見られる。また注視時間別の分布（図7）を視察すると注視時間分布の変曲点が注視時

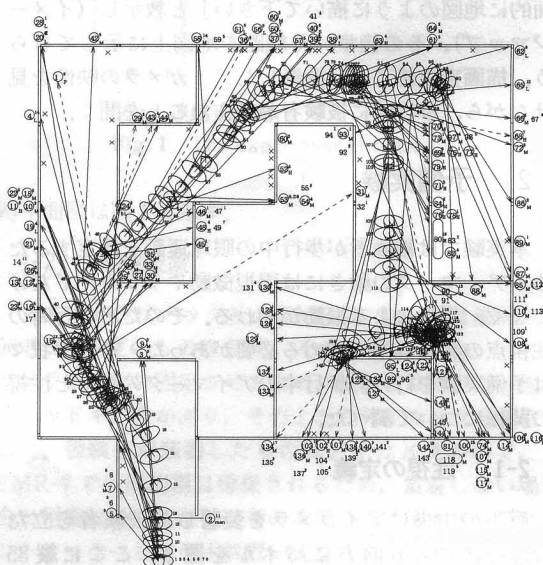


図3 被験者MM1回目の注視行動解析図

Fig. 3 The visual behavior analyses in the first trial of subject MM.

表1 全被験者の実験結果

Tab. 1 Results of all subjects.

被験者	使用 レンズ	試行 (回)	各回の歩行時間 (sec)	各回の注視 回数 (回)	間違えた場所
MY	90°	3	21.1, 13.1, 11.8	127, 65, 72	スタート直後直進路行止・ゴール方向行止 (1回目)
NN	60°	2	19.7, 14.0	72, 62	ゴール方向行止 (1回目)
MH	90°	3	20.0, 18.6, 21.1	107, 114, 64	なし
MM	60°	3	23.2, 21.2, 11.7	146, 118, 91	ゴール方向行止・ゴール直前左分岐 (1回目) 袋小路雁行路 (2回目)
ST	90°	3	30.9, 19.7, 15.8	157, 96, 73	スタート直後直進路行止・ゴール方向行止 (1回目) ゴール直前左分岐 (2回目)
NM	60°	2	38.9, 14.8	186, 63	袋小路雁行路・スタート直後直進路行止 ゴール方向行止 (1回目)

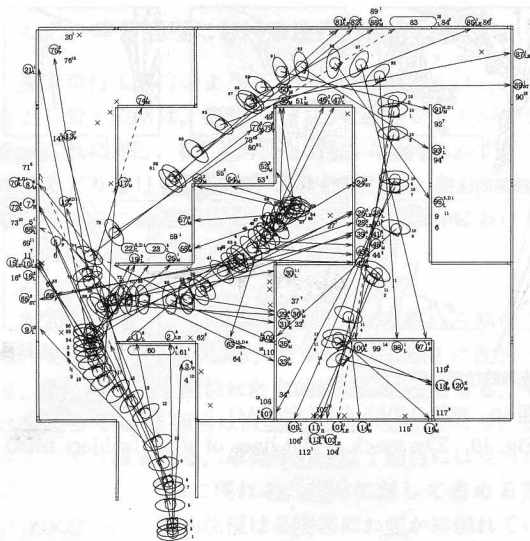


図4 被験者 MM 2 回目の注視行動解析図  
 Fig. 4 The visual behavior analyses in the second trial of subject MM.

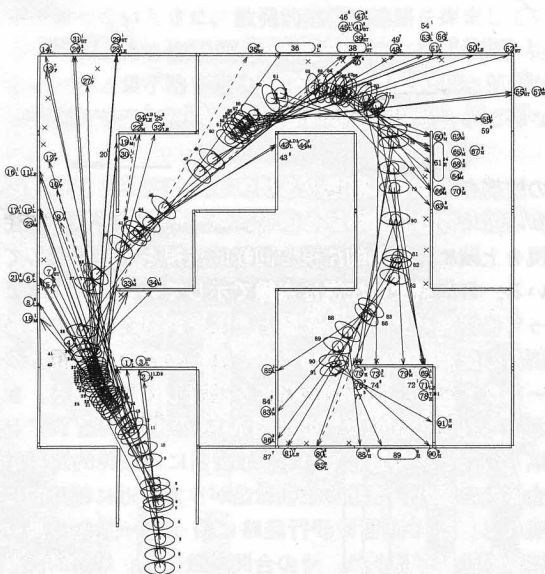


図5 被験者 MM 3 回目の注視行動解析図  
 Fig. 5 The visual behavior analyses in the third trial of subject MM.

間約 100 msec, 約 300 msec の部分に見られ, 分布全体が先の a, b, c に対応するように三つに分けられる。これは, 全被験者平均の注視時間別分布 (図 8) においても同様に見られる (図 8 は 700 msec 以上の範囲を省略して表示している)。これらのことから, 探索歩行時の注視には 3 種の異なる成分のあることが

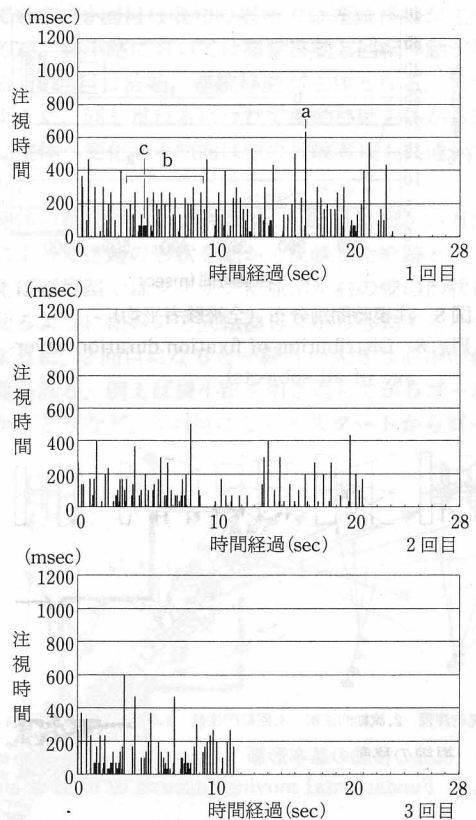


図6 注視時間グラフ (被験者 MM)  
 Fig. 6 Time course of fixation duration (subject MM).

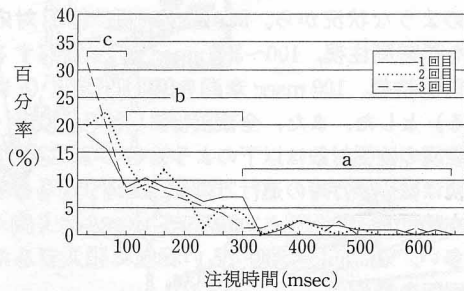


図7 注視時間別分布 (被験者 MM)  
 Fig. 7 Distribution of fixation duration (subject MM).

示唆される。ここでの注視時間は先の注視の定義 (視角 4.5 度以内) の基準に基づくものである。なお, ここでは 100 msec 以下の注視が見られるがこれは, 2 点間の強制注視時に Ohtani<sup>35)</sup> の示した不随意性の注視, Nodine et al.<sup>36)</sup> の絵画の鑑賞時の初期に見られる全体的な走査を行うための探索注視 (survey) に

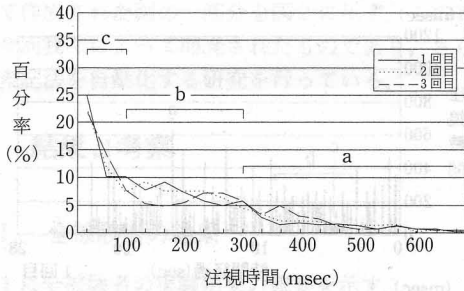
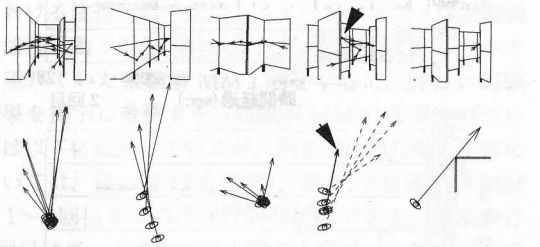


図8 注視時間別分布 (全被験者平均)  
**Fig. 8** Distribution of fixation duration (average of all subjects).



1. 散発的注視 2. 流動的注視 3. 回転的注視 4. 単発的注視 5. 斜交い注視  
**図9** 視線の移動の基本形態  
**Fig. 9** Fundamental moving patterns of lines of sight.

該当するものかもしれない。なお、これらの注視時間に関するレビューとしては、著者の視覚的行動・研究ノートがある<sup>37)</sup>。

このような状況から、300 msec 以上 (a に対応する) を長時間注視、100~300 msec (b に対応する) を中時間注視、100 msec 未満を短時間注視 (c に対応する) とした。また、全被験者における長・中・短時間注視の注視対象は以下になっている。長時間注視は直進歩行時の進行方向の壁に対するものが多い。中時間注視は、様々な場所にまんべんなく向く注視が多い。短時間注視は新しい環境に進入するための、回転を伴う前進歩行時に多い。

#### 4-3-2. 注視パターンの基本形態

各回の歩行時の注視行動解析図 (図3~5) から、視線が移動していくときの変化の仕方には、図9のような五つのパターンがあることが分かった。①散発的注視: 視線の方向が不規則に変化する注視。②流動的注視: 進行方向に沿って滑らかに変化する注視。③回転的注視: 被験者は移動せずに視線が一定方向へ回転する注視。④単発的注視: 流動的注視の途中に逆方向に戻る注視。⑤斜交い注視: 手前の壁のエッジから斜交いに奥の壁に向かう注視。この斜交い注視は①~④

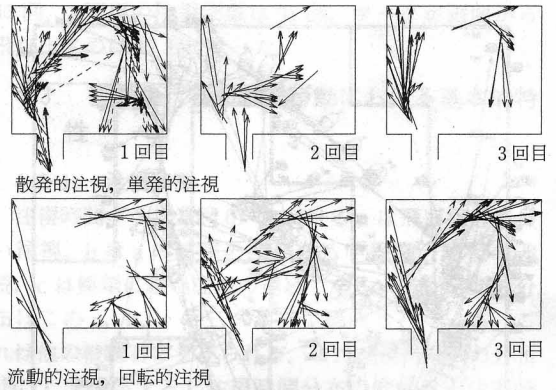
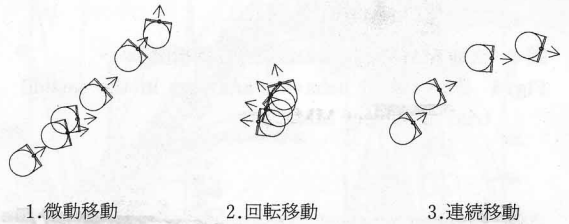


図10 視線の軌跡 (被験者 MM)  
**Fig. 10** The track of the lines of sight (subject MM).



1. 微動移動 2. 回転移動 3. 連続移動  
**図11** 頭の動きの基本形態  
**Fig. 11** Fundamental patterns of head movements.

の注視の一部として現れる。図10は図3~5から視線の配置だけを抽出したもので、散発的注視と単発的注視を上段に、流動的注視と回転的注視を下段に示している。また斜交い注視は点線で示している。これによって各注視パターンの配置とそれぞれが全体に占める割合の変化が明らかである。これらの五つの注視パターンはすべて、他の被験者にも共通して見られる。また、それらの配置は、被験者 MM の配置 (図10) と以下のことが共通している。1回目には散発的注視が全体的に現れ、流動的注視は曲がり角付近に部分的に現れる。2, 3回目は歩行経路に沿った一続きの長い流動的注視が見られ、その合間に散発的、単発的注視が部分的に見られる。

#### 4-3-3. 頭部の動きの基本形態

頭部の方向の変化の仕方は図11のように3つに分類できる。①微動移動: 進行方向とは関係なく左右に細かく回転する動き。②回転移動: 頭部の位置は変えずに一方向へと大きく回転する動き。③連続移動: 進行方向に沿って方向性を持ちながら徐々に調整していく動き。また、これらの3つの動きはすべて、他の被験者にも共通して見られる。

#### 4-4. 学習過程における注視行動の変容

探索歩行1回目のように幾度か迷いながらゴールへたどり着く段階は、探索段階として捉えることができる。これに対し、探索歩行3回目のように迷わずゴールにたどり着ける段階は学習後として捉えることができる。ここでは探索段階から学習後への過程における注視行動の変容に注目する。

##### 4-4-1. 注視パターンの割合の変容

図12は全被験者の各注視パターンが占める割合の変化を示したものである。まず被験者MMに注目する。探索歩行の1回目は散発的注視が主体となる。それに対して2,3回目は流動的注視が主体となり、散発的注視は減少する。単発的注視は1回目には見られず、2,3回目以降に現れる。全体に対して占める割合は少ない。回転的注視は2回目にわずかに現れている。

1回目から3回目への大きな変化は散発的注視から流動的注視への変化である。これは6人の被験者全員に共通している。このようなことから流動的注視は選択行動のないときに、散発的注視は迷路を探索しているときに現れる注視の変化ではないかと思われる。回転的注視は袋小路を引き返す際の身体の回転ともなっている。単発的注視についてはまだ明らかではない。

##### 4-4-2. 頭部と身体の動きの変容

探索歩行1回目の頭部の動きは微動移動が主体とな

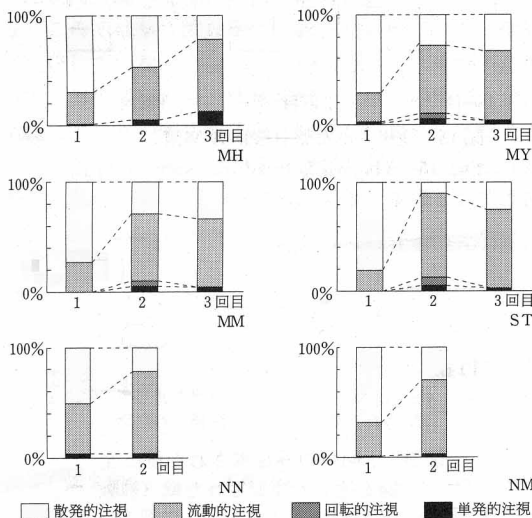


図12 注視パターンの割合の変化 (全被験者)

Fig.12 The percentage of each pattern of lines of sight (all subjects).

っている。2回目は既知の場所では連続移動が主体となるが、袋小路においては微動移動と回転移動が見られる。3回目は終始、連続移動が主体となる。またこのように、回を重ねるにつれて微動移動主体から連続移動主体へ変化する傾向は他の被験者にも共通してみられた。

身体の移動軌跡については、1回目は細かい方向転換によって迷路の形状を細かく反映した軌跡となる。例えば雁行路ではジグザグに並ぶ左右の壁の形状に合わせるように微妙に方向転換しながら移動するといったように、2回目になると一続きの大きな曲線の軌跡が見られる。例えば袋小路を引き返してからゴールへ向かうときなど、3回目になるとスタートからゴール

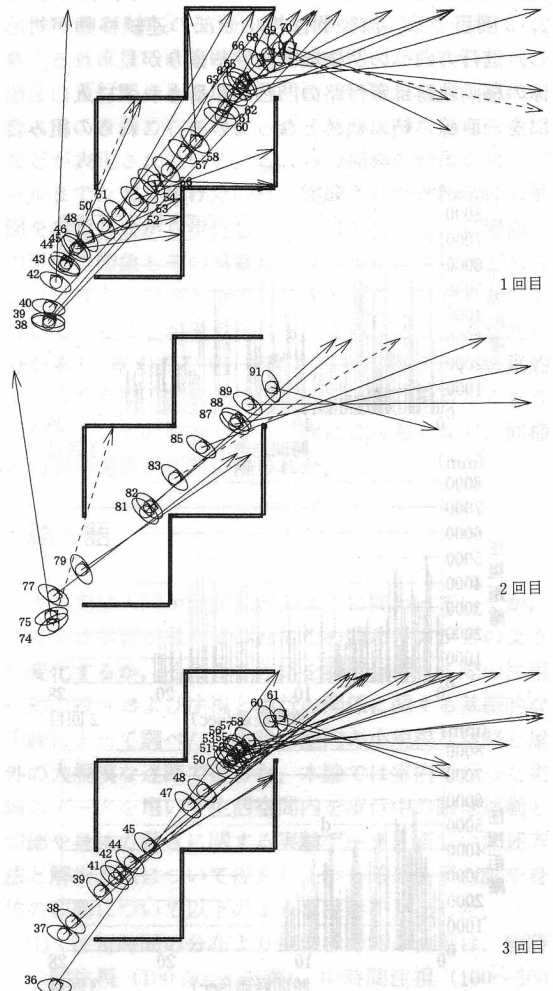


図13 雁行路での注視行動 (被験者MM)

Fig.13 Visual behavior in zigzag paths (subject MM).

まで一続きの大きく滑らかな曲線の移動軌跡となる。このような軌跡の変化も他の被験者にも共通して見られた。これは1回目には迷路の形状に対して細かく反応していたのが、2, 3回目になるとより広い範囲の迷路の形状に対応していると考えられる。

#### 4-4-3. 注視と身体の関係の変容

これまで、視線の移動、頭部の動き、身体の軌跡の変化について個別に述べてきた。ここでは個々の変化が環境の中でどのような関連のもとに展開されているのかについて注目してみる。図13は被験者MMの各回の雁行路を通過する場面を取り出したものである。ここに示されるように探索歩行1回目では散発的注視に頭部の微動移動が対応し、身体の移動軌跡は雁行路の形状に合わせて蛇行する。そのため、全体として注視、頭部、身体の動きにズレがみられる。探索歩行2, 3回目では、流動的注視に頭部の連続移動が対応し、進行方向への明確な方向性や偏りが見られる。身体移動軌跡は雁行路の凹凸に影響されずに入口と出口を一直線に結ぶ軌跡となっている。これらの組み合わせ

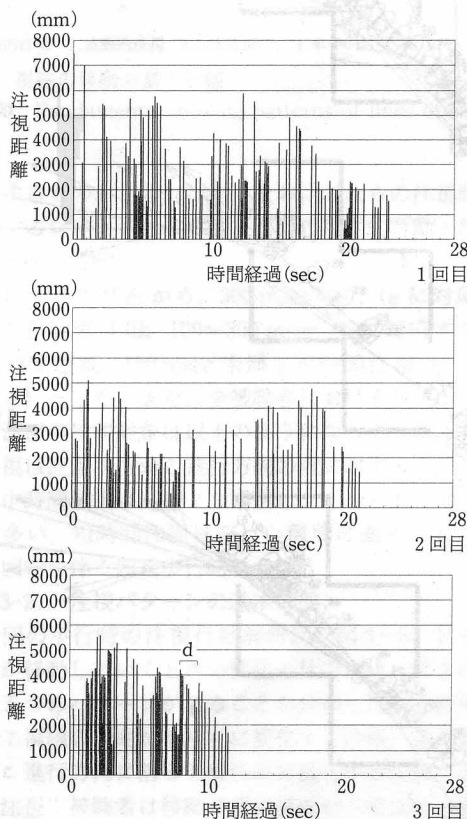


図14 注視距離グラフ (被験者MM)  
Fig. 14 Time course of sight distance (subject MM).

わせにより、視線、頭部、身体の動きに連動性が見られる。また、他の被験者にも同様の変化が見られた。ただ、変化の過程には、1回目から注視、頭部、身体の動きのズレが比較的少なかった被験者 (NN), 2回目でも動きにズレが見られ、3回目になってから連動性が見られた被験者 (ST), といった差が見られた。

#### 4-4-4. 注視距離の変容

注視距離も注視と身体の関係を示す指標となる。図14は注視距離の継時変化を示したもので、縦軸に注視距離、横軸に時刻をとっている。図14のように探索歩行1回目の注視距離グラフは不規則な形になる。これは探索段階での注視距離が安定化せず様々な対象との距離が混在した未分化な状態の様相を示している。ところが3回目のような学習後になると、注視距離グラフは図14中dのような鋸状の形態が連続し、また短距離の注視が減少する。他の被験者では、注視距離は被験者によって差があるが、学習後のグラフに鋸状の形態が現れること、短距離の注視が減少することは共通している。

#### 4-4-5. 注視された壁の変容

注視された壁は、視線の、その分布が密な先端部を結ぶことで現れる。1回目に注視された壁からは迷路形状は感じ取れるが、3回目のそれからは、これだけしか壁を見なくてよく歩けるものだと思われるほど注視された壁の量が少なくなっている (図15)。各回の

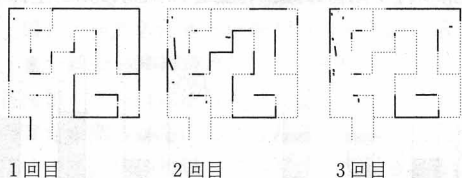


図15 注視された壁 (被験者MM)  
Fig. 15 The walls fixed on (subject MM).

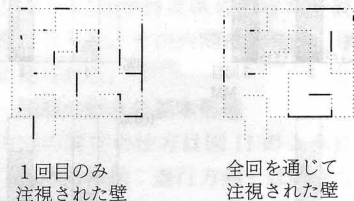


図16 1回目のみ注視された壁と全回を通じて注視された壁 (被験者MM)  
Fig. 16 The walls fixed on in only first trial and in all trials (subject MM).



注視された壁を比較することによって、1回目にも注視された壁（探索段階にも注視され、学習後は注視されなくなった壁）、全回を通じて注視された壁（学習後も注視された壁）を抽出することができる（図16）。図3～5を参考にそれぞれの壁の注視のされ方を考慮すると、1回目にも注視された壁は進行方向に対して側面にある壁などである。それに対して全回を通じて注視された壁は主に進行方向前方にある壁や、次に曲がる入り口の壁となっている。他の被験者では、同様に3回目に注視された壁は減少する。また、1回目にも注視された壁の位置は被験者によって異なるが、進行方向に対して側面にあたることは共通している。全回を通じて注視された壁の位置は類似しており、進行方向前方にある壁や、次に曲がる入り口の壁となっている。

#### 4-5. イメージマップ、風景描画と注視行動との関係

##### 4-5-1. 風景描画

図17は3回目の探索歩行終了後に描かれた風景描画とイメージマップである。風景描画1はイメージマップ中の矢印の方向に見た風景、風景描画2はイメージマップ中に被験者自身が○で囲んだ部分の風景である。風景描画1は全回を通じて注視された場所であり、特に学習後は流動的注視が集中した場所である。ここでは正確ではないが描画が狭い範囲に注視が集中している風景として完結している。それに対して風景描画2は全回ともに散発的注視が様々な場所に向けられ、全回共通の注視された壁が非常に少ない場所である。ここでは断片的な壁が2枚描かれただけで、描画が完結していない。この二つの描画とそれぞれの注視のされ方の違いから、印象に残った場所の中で、全回を通じて注視が集中する所は明確な風景として描くことができるが、様々な場所に注視が行われ、全回共通の注視された壁が少ない場所は明確な風景としては再

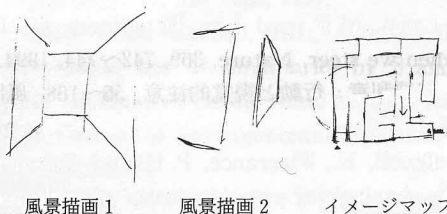


図17 風景描画とイメージマップ（被験者MM）

Fig. 17 Scenery drawings and an image map (subject MM).

生されにくいといったことがうかがえる。また、他の被験者では、注視が集中した場所の描画は、被験者MMと同様に狭い範囲に注視が集中している風景として描かれることが多い。また、全回ともに散発的注視が様々な場所に向けられた場所の描画は、MMのような未完成な絵はなかったものの、描画に歪みが見られることがあった。例えばいくつかの視点による風景がつなぎ合わされたパノラマのようなものが見られた。その他に鳥瞰図的に描かれたものも見られた。

##### 4-5-2. イメージマップ

被験者全員が学習によりゴールまで間違わずにたどり着くことができるようになったにもかかわらず、誰一人としてイメージマップを正しく描けていない。イメージマップの中で実際の迷路と合っているのは正確な迷路の形ではなく、各場面の特徴と大まかな歩行ルートであるといえる。例えば被験者MMの描画では、スタート直後の直進路での何度も注視が行われた長い通路と雁行路の入り口、雁行路での複雑に入り組んだ壁とそこを斜め右へ移動したこと、ゴール前の直進路などが表現されている。これらの描画の特徴から、ゴールまでたどり着けたのは、完成された迷路全体の地図を参照しながら歩行していたのではなく、各場面での風景の印象とその風景が「ゴールに行くにはどちらに行けばいいのかと指示してくれること」をもとに歩行していることが考えられる。このことは「感覚的に分かる」「覚えてる道、覚えてるって言うか、感覚的にこっちなって言うほうを」といった発言からもうかがえる。他の被験者でも「次にこっち」など、同様の内容の発言が頻繁に得られた。

## 結語

本研究は人間が空間とどのように関わっていくか、あるいは学習が進むにつれてその関わり方がどのように変化するか、それらを迷路を探索歩行する際の注視行動の特性および注視と歩行の関係に関する基礎的な実験によって調べた。実験は室内の小規模な迷路と屋外の大規模な迷路で行った。本論では室内で行った実験のデータを用いて生活空間内を歩行中の眼球運動と頭部や身体の動きに関する実験データの新しい記述方法と解析方法について提案し、歩行時の注視行動や身体の運動について以下のような特性を見出した。

- (1) 注視時間の分布より探索歩行時の注視は、短時間注視（100 msec未満）、中時間注視（100～300 msec）、長時間注視（300 msec以上）の三つに分けられる。また、各注視には以下の傾向がある。短時間注視は回転中に見られる注視、中時間

注視は全体にまんべんなく向く注視，長時間注視は進行方向に向く注視である。

(2) 探索歩行時に見られる視線の移動形態は次の五つの基本的形態に分類できる。それらは、1. 散発的注視、2. 流動的注視、3. 回転的注視、4. 単発的注視、5. 斜交い注視である。

(3) 頭部の動きは次の三つに分類できる。1. 微動移動、2. 回転移動、3. 連続移動である。

(4) 迷路空間の学習過程で、注視行動は以下のように変化する。視線の移動は散発的注視から流動的注視へ、頭部の動きは微動移動から連続移動へ、身体の移動軌跡は環境の形状に細かく対応する軌跡からより広い環境へ対応した軌跡へと変化する。また、注視と頭部と身体の関係は、初回ではバラバラであったものが、学習後では進行方向への指向性が顕著になり、注視と頭部と身体の間に関連性が現れる。

(5) 注視距離は初回は様々な距離が不規則に並ぶ分布を形成するが、学習後は短距離の注視が減少し、分布形状は鋸型の分布を形成する。

(6) 学習後には注視される壁面の量は減少する。

(7) 印象に残った風景では、試行の全回において注視が集中した場所は、注視が集中した風景として再生描画（歩行中の被験者の位置から見た風景の描画）することができるが、そうでない場所は再生描画できにくい。

(8) イメージマップは、ゴールまで正しく歩行可能なのに正しく描かれない。その理由として、描画の特徴や被験者の発言から、正確な平面図を参照しながら歩いているのではなく各風景の印象とそこで進むべき方向の記憶をもとに歩いていることが示唆される。

上の(1)(2)(3)(5)(6)(8)は全被験者に共通して見られた。

(4)も全被験者に共通して見られるが、その変化過程の進捗には差が見られる。(7)は全体としてそのような傾向が見られるが、あてはまらないものもあった。

今回の報告は主にデータの記述方法や解析方法についての報告であったが、今後は上記のような注視行動の特性についてさらに深く分析していくとともに、屋外の巨大迷路で行った実験についても検討を加える。

#### 参考文献

- 1) O'Regan, J. K.: Eye movements and reading. E. Kowler, Eye Movements and Their Role in Visual and Cognitive Processes, 395~453, Elsevier, 1990.
- 2) Rayner, K. and Duffy, S. A.: Lexical Com-

plexity and fixation times in reading, effect of word frequency, verb complexity, and lexical ambiguity, memory and Cognition, 14, 191~201, 1986.

3) McConkie, G. W. and Zola, D.: Is visual information integrated across successive fixations in reading?, Perception & Psychophysics, 25, 221-224, 1979.

4) Antes, J. R. and Penland J. G.: Picture context effects on eye movements patterns, D. F. Fisher, R. A. Monty and J. W. Senders (Eds.), Eye Movements: Cognition and Visual perception, 157~170, Lawrence Erlbaum Associates, 1981.

5) Ellis, S. R. and Stark, L.: Eye movements during the viewing of Necker cubes, Perception, 575~581, 1978.

6) Norton, D. and Stark, L.: Scanpaths in eye movements during pattern perception, Science, 171, 308~311, 1971.

7) Nodine, C. F., Carmody, D. P. and Herman, E.: Eye movements during visual search for artistically embedded targets, Bulletin of Psychonomic Society, 13, 371~374, 1979.

8) Mourant, R. R. and Rockwell, T. H.: Strategies of visual search by novice and experienced drivers, Human Factors, 14, 325~335, 1972.

9) Shinar, D. McDowell E. D. and Rockwell, T. H.: Eye movements in curve negotiation, Human Factors, 19, 63~71, 1977.

10) Miura, T.: Active function of eye movement and useful field of view in a realistic setting. R. Groner, et al. (Eds.), From Eye to Mind: Information Acquisition in Perception, Search and Reading, 119~127, Elsevier Science Publishers, 1990.

11) Land, M. F. and Lee, D.: Where we look when we steer, Nature, 369, 742~744, 1994.

12) 三浦利章: 行動と視覚的注意, 55~168, 風間書房, 1996.

13) Ripoll, H., Fleurance, P. H. and Cazeneuve, D.: Analysis of visual patterns of table tennis players. J. K. O' Regan and A. Levy-Schoen (Eds.), Eye Movements: From Physiology to Cognition, 616~617, Elsevier, 1987.

14) Land, M. F. and Furneaux, S.: The knowl-

- edge base of oculomotor system, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 352, 1231~1239, 1997.
- 15) 渡辺俊夫, 福田忠彦: 慶応 SFC 人間環境ライブラリー 4 ヒュームスケープ, 223~229, 日科技連出版社, 1996.
  - 16) 清家 清, 荒木正彦, 橋出謙一: 視空間の構成に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 455~456, 1973.
  - 17) 高橋鷹志 西出和彦, 竹之内茂, 奥野 覚, 小池和子, 津田伸子, 根木睦二: 和室空間の視知覚特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1449~1454, 1984.
  - 18) 田島 学, 朝倉博樹: アイマーク・レコーダーによる歩行者の注視特性に関する基礎的研究, 昭和 58 年度第 18 回日本都市計画学会学術研究発表会論文集, 151~156, 1983.
  - 19) 足立 啓, 荒木兵一郎: 屋外歩行時の視覚誘導情報への痴呆性老人と精神薄弱者の注視に関する実験的研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 439 号, 55~56, 1992.
  - 20) 知花弘吉: 交差点付近における車イス利用者と健常者の注視特性, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 510 号, 155~160, 1998.
  - 21) 舟橋國男: 初期環境情報の差異と経路探索行動の特徴, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 424 号, 21~30, 1991.
  - 22) 中村奈良江: 空間探索ストラテジーによる空間表象の差異, 心理学研究, 64, 99~106, 1993.
  - 23) 緒方誠人, 材野博司: 都市のサイン計画に関する行動面からの研究, 歩行者のサイン・空間情報収集のための行動に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 473 号, 113~119, 1995.
  - 24) Schmitz, S.: Gender-related strategies in environmental development, Effects of anxiety on wayfinding in and representation of a three-dimensional maze, *Journal of Environmental Psychology*, 17, 215~228, 1997.
  - 25) Heth, C. D., Cornell, E. H., Alberts, D. M.: Differential use of landmarks by 8- and 12-year-old children during route reversal navigation, *Journal of Environmental Psychology*, 17, 199~213, 1997.
  - 26) 渡邊昭彦, 森 一彦: サイン情報の情報密度と探索行動のばらつき度の関連分析, 建築空間における探索行動の認知心理学的考察その 1, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 437 号, 77~86, 1992.
  - 27) 舟橋國男: 格子状街路網地区における経路の選択ならびに探索に関する調査実験, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 428 号, 85~92, 1991.
  - 28) Tlauka, M. & Wilson, P. N.: The effect of landmarks on route-learning in a computer-simulated environment, *Journal of Environmental Psychology*, 14, 305~313, 1994.
  - 29) 藤井秀夫, 乾 敏郎: 空間のイメージ. 箱田裕司, 認知科学のフロンティア II, 9~38, サイエンス社, 1992.
  - 30) 鶴沼秀行: 迷路探索課題における空間イメージの形成と変換パターン構造と関係性および筋運動感覚の効果一, 基礎心理学研究, 11, 75~86, 1993.
  - 31) 日色真帆, 原 広司, 門内輝行: 迷いと発見を含んだ問題解決としての都市空間の経路選択, 日本建築学会計画系論文集, 第 466 号, 65~74, 1994.
  - 32) 松下 聡, 岡崎甚幸: 巨大迷路における歩行実験による探索歩行の研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 428 号, 93~100, 1991.
  - 33) 松下 聡, 岡崎甚幸: 巨大迷路歩行実験による探索歩行のためのシミュレーションモデルの研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 429 号, 51~59, 1991.
  - 34) 岡崎甚幸, 松下 聡: 巨大迷路探索歩行実験における経路イメージおよび歩行経路のためのシミュレーションモデルの研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 441 号, 71~79, 1992.
  - 35) Ohtani, A.: An analysis of eye movements during a visual task, *Ergonomics*, 14 (1), 167~174, 1971.
  - 36) Nodine, C. F., Carmody, D. P., & Kundel, H. L.: Searching for Nina, Senders, J. W., Fisher, D. F., & Monty, R. A. (Eds), *Eye movements and the higher psychological functions*, Laurence Erlbaum, 241~258, 1978.
  - 37) 三浦利章: 視覚的行動・研究ノートー注視時間と有効視野を中心として一, 大阪大学人間科学部紀要, 第 8 巻, 182~183, 1982.