

## ウェイファインディングにおける さまざまな付加情報の役割

近江政雄\*

付加情報の、人工現実感環境におけるウェイファインディングにおける役割について検討した。地図情報、目印情報、進行方向情報をウェイファインディング中に付加することによって、ナビゲーション、経路および認知地図の学習が顕著に向上した。これは、自己中心の情報から環境中心の情報への変換における自己定位情報の重要性を示す。ウェイファインディング前にあたえられた情報に対しては、共通した環境表現が形成されることが明らかにされた。

### Roles of Additional Information for Wayfinding

Masao OHMI\*

We investigated roles of additional information for wayfinding in virtual-reality environment. Allocentric, landmark and heading information during wayfinding significantly improved navigation, route learning and cognitive map learning. It suggests the importance of orientation for the transformation of information from an egocentric frame of reference to an allocentric one. It was also found that a common environmental representation was created from information presented before wayfinding.

#### 1. はじめに

ウェイファインディング、すなわち環境の中で進路を見つけることは、人間が自然におこなう重要な活動の一つである。ウェイファインディングにおいては、自己中心座標系情報と環境中心座標系情報の両方が使われる。自己中心座標系情報とは、視点から見た風景の時々刻々の変化である。われわれ自身の運動速度と方向は、前庭感覚系と体性感覚系からの情報に加えて、オブティカルフロー場、すなわち自己運動によって生成される視覚的な速度場によ

ても知覚される<sup>1)</sup>。環境内の障害物は、オブティカルフロー場の不連続点として検知される<sup>2)</sup>。それゆえ、われわれは障害物が見えているかぎり、それらを利用して安全にウェイファインディングをすることができる。

しかし、視点からの距離や方向によっては環境内の障害物が見えないこともある。このような状況においてウェイファインディングをするためには、環境内に存在する対象物の間の空間的關係についての心的表現が維持されていなくてはならない<sup>3)</sup>。この心的表現が、ウェイファインディングにおける環境中心座標系情報である。この表現は、いわば環境の鳥瞰図のようなものであると考えられるので、認知地図ともよばれる。

環境中心座標系情報は、環境を探索しているあい

\* 金沢工業大学人間情報システム研究所教授  
Professor, MATTO Laboratories,  
Kanazawa Institute of Technology  
原稿受理 2000年3月23日

だに知覚される自己中心座標系情報を統合することによって学習される<sup>4)</sup>。自己中心座標系情報から環境中心座標系情報がどのようにして学習されるかについては、目印 - 経路 - 鳥瞰図モデル (LRSモデル、Landmark-Route-Survey map Model) がある<sup>5,6)</sup>。LRSモデルによれば、われわれが未知の環境に始めて入ったときは、まずいくつかのランドマークについての記述的な表現を獲得する(目印段階) について、これらのランドマークを手がかりにして特定のルート、すなわち特定の目的に到達するための道筋と曲りについての表現を獲得する(経路段階)、最後に認知地図を学習し、たとえば近道を容易に選ぶことができるようになる(鳥瞰図段階)。LRSモデルでは、環境における経験にしたがってこれらの表現が段階的に獲得されていくと考えられている。LRSモデルは認知地図の形成過程について考えるうえで有力な概念であるが、空間表現の段階的獲得の仮定は制限されすぎているとの批判を受けており、実際、環境を短時間探索しただけでもある種の鳥瞰図表現を獲得できることを示す多くの実験的研究が報告されている<sup>7-10)</sup>。

LRSモデルでは、獲得された環境中心座標系情報と自己中心座標系情報がどのように相互作用してウエイファインディングがおこなわれるかについては、明らかでない。ところで実世界では、環境中心座標系情報は環境の探索を通して自己中心座標系情報から学習されるばかりでなく、道路地図やカーナビゲーションシステムのような人工的情報によっても獲得される。したがって実世界でのウエイファインディングについて考える場合、さまざまな人工的環境中心座標系情報が実世界でのウエイファインディングにどのように役立つか、また環境の認知地図の形成にどのように寄与するかを理解することが重要であるが、これまでの研究ではその役割が明らかにされていない。

ウエイファインディングの実験的研究における一つの困難は、実世界環境が学習されてしまうと、再びそれを使用することができないことである。そこで本研究では、必要に応じて自由に再構築できる人工現実感環境を使用して実験をおこなった。すなわち、実世界環境におけるウエイファインディングを人工現実感環境における迷路によってシミュレートし、さまざまな人工的環境中心座標系情報を付加した一連の実験をおこなって、それらの情報のウエイファインディングにおける役割について検討した。

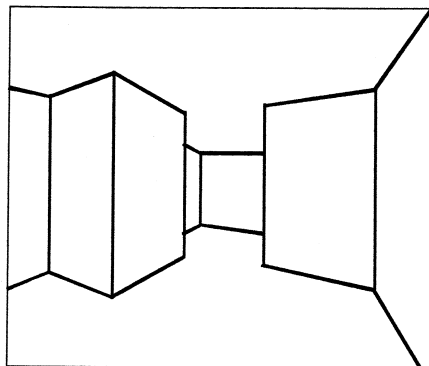


Fig.1 人工現実感迷路の自己中心的ビュー

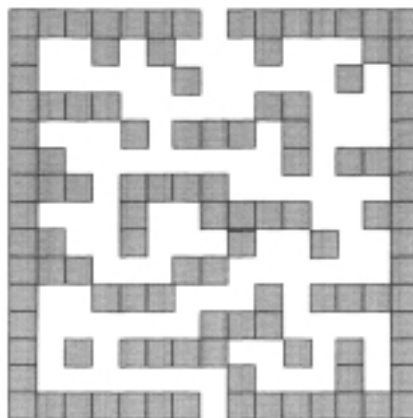


Fig.2 人工現実感迷路の地図

そのため、実験1では地図情報、実験2では目印情報、実験3では進行方向情報をそれぞれウエイファインディング中に付加情報としてあたえ、それらの役割について検討した。実験4では、ビデオ情報と地図情報をウエイファインディング前にあたえて記憶させ、その寄与について検討した。

## 2. 実験1

### 2-1 実験方法

実験1では、ウエイファインディング中にあたえた地図情報が人工現実感迷路におけるウエイファインディングにどのように寄与するかについて検討した。被験者の視点は迷路内にあるので、そのビューは自己中心的であり、Fig.1に示すように、われわれが迷路の廊下にいるときに見る光景をシミュレートしたものであった。迷路は白色の垂直壁によって構成されていたので、迷路内にはウエイファインディングのための手がかりとなるランドマークが存在しなかった。

自己中心的ビューは迷路内での被験者の位置に応じて時々刻々と変化した。被験者の課題は、出発点からゴールまでナビゲートすることであった。地図情報として、Fig.2に示すような迷路の上面図をウエイファインディング中にあたえた。出発点からゴールまでナビゲートするための所要時間によって、ウエイファインディングのパフォーマンスを評価した。

地図情報をあたえる方法として、以下に示す四通りの実験条件を設定した。

- (1)迷路の地図に被験者の位置と進行方向を重ねて描いた情報をあたえる。これは、カーナビゲーションシステムのディスプレイに似せたものである。
- (2)迷路の地図情報をあたえる。
- (3)迷路の地図情報をあたえない。
- (4)他の迷路の地図を偽情報としてあたえる。

もし地図情報が自己中心情報によるウエイファインディングに寄与するのならば、条件(2)におけるナビゲーション時間は、条件(3)におけるものよりも短くなるはずである。また、地図情報に被験者の位置情報を加えることがウエイファインディングの役に立つならば、条件(1)におけるナビゲーション時間は条件(2)におけるものよりもさらに短くなるはずである。さらに、偽の地図情報がウエイファインディングを妨害するならば、条件(4)におけるナビゲーション時間は、条件(3)におけるものよりも長くなるはずである。

人工現実感迷路は、パーソナルコンピュータ上に実時間シミュレーションプログラム(Walk Through Pro, LAMUZ)によって作成し、17インチコンピュータディスプレイ上に呈示した。被験者は、迷路内での自分の運動の速さと方向をマウスによって制御した。被験者には、出発点からゴールまでできるだけ早くナビゲートするように指示した。地図情報があたえられている場合には、被験者はそれをウエイファインディング中に自由に見ることを許された。もし5分間以内にゴールに到達できなかった場合には、試行を打ち切った。4名が被験者として実験に参加した。それぞれの実験条件ごとに五通りの異なった迷路を呈示したが、その呈示順序はランダムであった。

## 2-2 実験結果

出発点からゴールまでのナビゲーションに要した時間を、それぞれの実験条件ごとにすべての被験者、試行について平均した。Fig.3に、これらの値を標準偏差とともに示す。

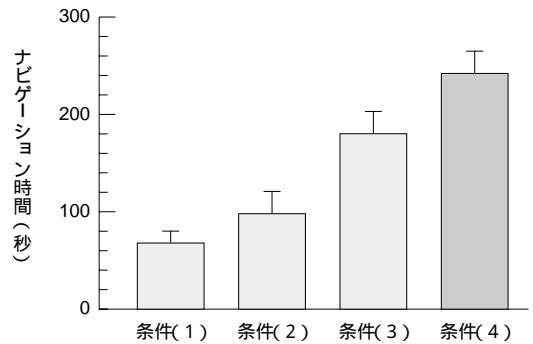


Fig.3 それぞれの実験条件におけるナビゲーションの平均時間

左から順に、条件(1)、条件(2)、条件(3)、条件(4)におけるナビゲーション時間である。予測したとおり、出発点からゴールまでの所要時間は地図情報の寄与が増加するほど短くなった。これは、地図やカーナビゲーションなどの環境中心情報を付加することがウエイファインディングに役立つことを示す。ウエイファインディング中にあたえられた地図情報によるナビゲーション時間は地図情報があたえられない場合の約半分であり、その差は統計的に有意であった。

被験者の位置と運動方向についての情報を地図情報に重ねて呈示することによってナビゲーション時間は短くなったが、その程度は統計的に有意でなかった。偽の地図情報を同時にあたえることによって、ナビゲーション時間が地図情報をあたえないときよりも有意に増加した。被験者は、呈示されている地図が偽物であると感じた後でも、最初に地図を見たときの印象を無視できなかったと報告している。これは、実世界環境でわれわれが道に迷う状況に似ていると考えられる。実際、被験者のうちの一人は条件(4)で迷ってしまい、制限時間内に課題を終了できなかった。

## 3. 実験2

### 3-1 実験方法

実験2では、目印情報が人工現実感迷路におけるウエイファインディングにどのように寄与するかについて検討した。被験者は人工現実感迷路内で指定された出発点からゴールまで、地図で指示された道筋にしたがってナビゲーションした。被験者のパフォーマンスは実験1と同様に、出発点からゴールまでナビゲートするための所要時間によって評価した。

人工現実感迷路は、実験1と同一のシステムにより同様のものを作成、呈示した。目印情報をあたえる方法として、目印情報のある、なしの二通りの実験条件を設定した。目印情報のある迷路では、垂直壁のうち九つの壁面を異なった色で塗装した。目印情報のない迷路では、すべての壁が白色であった。ランドマークがウェイファインディングに寄与するならば、目印情報がある場合の方がナビゲーション時間が短くなるはずである。

被験者は、迷路をナビゲーションする試行を8回くりかえした。8名が被験者として実験に参加した。五通りの異なった形状の、目印ありおよび目印なしの迷路を呈示したが、その呈示順序はランダムであった。

### 3 - 2 実験結果

出発点からゴールまでのナビゲーションに要した時間を、それぞれの実験条件ごとに、すべての被験者について、それぞれの試行ごとに平均した。Fig.4に、これらの値を標準偏差とともに示す。

Fig.4より、迷路に目印が呈示されているときのナビゲーション時間の平均が、目印がないときに比べて顕著に短いことが示される。また、被験者が試行を重ねるにつれて、ナビゲーション時間が短くなることも示される。この学習効果は目印があるときにも見られるが、目印がないときの方がより明らかであった。数回の試行の後では、ナビゲーション時間は一定になり、目印ありの条件と目印なしの条件とで差がなくなった。人工現実感迷路でのウェイファインディングの経路学習は、目印情報がある場合の方が、目印情報がない場合よりもはやくおこるこ

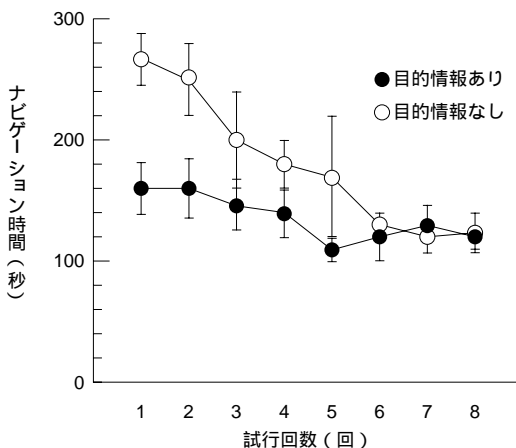


Fig.4 目印ありと目印なしでのナビゲーション時間の試行ごとの変化

とが明らかとなった。

## 4 . 実験3

### 4 - 1 実験方法

実験3では、進行方向情報が認知地図の学習にどのように寄与するかについて検討した。被験者は、住宅地を運転した自動車から撮影したビデオクリップを見た後で、学習した認知地図を描くように指示された。

実験3においては、進行方向情報をあたえる方法として、以下に示す三通りの実験条件を設定した。

- (1) 方向情報 + 距離情報条件では、進行方向についての情報として磁石を呈示するとともに、進んだ距離についての情報を呈示した。
- (2) 方向情報条件では、進行方向についての情報としての磁石のみを呈示した。
- (3) 方向情報なし条件では、進行方向情報をあたえなかった。

もし進行方向情報が認知地図の学習に寄与するならば、条件(1)、条件(2)、条件(3)の順でより実際のものに類似した認知地図が学習されるはずである。5名が被験者として実験に参加した。被験者はそれぞれの実験条件で、ビデオクリップを見て、学習した地図を描くという試行を3回おこなった。

### 4 - 2 実験結果

Fig.5に、三通りの実験条件において、3回の試行毎に被験者が描いた認知地図の典型的な例を示す。予測どおりに、ウェイファインディング中により豊かな進行方向情報を呈示することによって、より実際のものに近い認知地図が学習されることが分かる。

描かれた地図と実際の地図との類似度を評価するために、描かれた地図を5人の評定者によって7段階評価させた。描かれた地図が実際の地図と一致す

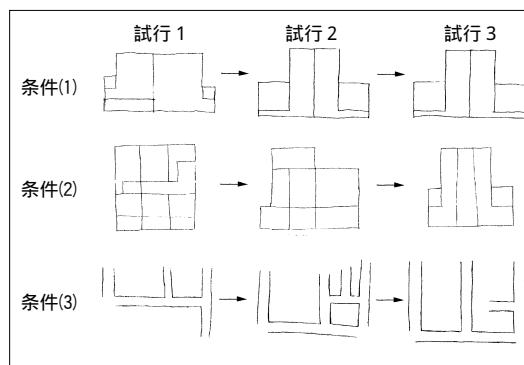


Fig.5 描かれた認知地図の典型的な例

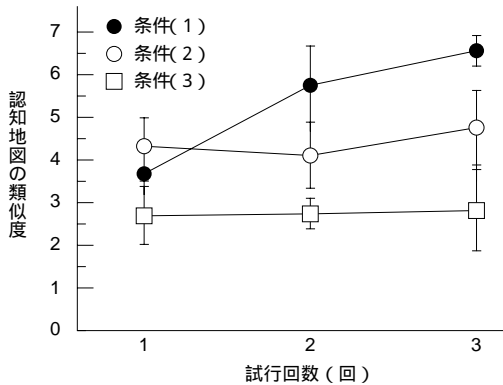


Fig.6 それぞれの実験条件における、各試行ごとの認知地図と実際の地図の類似度

る場合を7点、認知地図が全く描けなかった場合を1点とした。Fig.6に、それぞれの実験条件における試行ごとの評定平均点を示す。黒丸は方向情報 + 距離情報条件でのデータ、白丸は方向情報条件でのデータ、白四角は付加情報がない条件でのデータである。

ウエイファインディング中に方向情報と距離情報がともにあたえられた場合にのみ、試行を重ねることによって認知地図の類似度が向上した。すなわち、環境の認知地図を学習するためには、探索中の自らの進行方向についての情報が必要であることが示された。

## 5. 実験4

### 5-1 実験方法

実験4では、ウエイファインディングの前にあたえるビデオ情報と地図情報が、人工現実感環境におけるウエイファインディングにどのように寄与するかについて検討した。実験の直前に、環境のビデオ情報と地図情報を呈示し、被験者に記憶させた。ビデオ情報は、実際の環境の道路を運転した自動車から撮影したビデオクリップであった。ウエイファインディングする人工現実感環境は、実験1、2におけるものと同一のシステムを使用して実際の環境をシミュレートしたものを作成、呈示した。被験者は人工現実感環境内で指定された出発点からゴールまで、ナビゲーションした。被験者のパフォーマンスは、出発点からゴールまでナビゲートするための所要時間によって評価した。

人工現実感環境として、目印情報のある、なしの二通りの実験条件を設定した。目印情報のある人工現実感環境では、ウエイファインディングのための

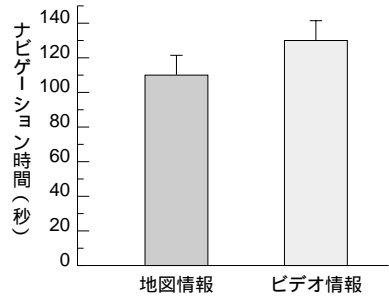


Fig.7 目印情報のある人工現実感環境をナビゲートする時間

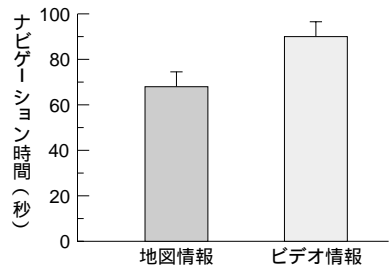


Fig.8 目印情報のない人工現実感環境をナビゲートする時間

目印情報となる多くの建物を道路とともに描いた。目印のない人工現実感環境では、道路のみを描いた。目印情報のある人工現実感環境をウエイファインディングする場合には、直前にビデオ情報を呈示した場合の方が、地図情報を呈示した場合よりも役立つと考えられる。なぜならば、被験者はビデオ情報を見て記憶した環境内の目印をウエイファインディング中に見る目印と照合することによって、容易にウエイファインディングすることができるからである。

一方、目印情報のない人工現実感環境をウエイファインディングする場合には、ビデオ情報を見ることの利点なくなる。地図情報は環境についてのより総合的な情報をあたえるので、地図情報の方がビデオ情報よりも役立つ。そのため、目印のない人工現実感環境のウエイファインディングのパフォーマンスは、地図情報を見た場合のほうが、ビデオ情報を見た場合よりも良いか同じ程度であると考えられる。

10名が被験者として実験に参加した。被験者は、直前の情報（ビデオ情報と地図情報）とウエイファインディング（目印ありと目印なし）の四通りの組み合わせについて、それぞれ一回の試行をおこなった。それぞれの組み合わせで、環境内の異なった場所を使用した。四通りの組み合わせの呈示順序は、被験者間でバランスを取った。

## 5 - 2 実験結果

目印情報のある人工現実感環境において、出発点からゴールまでのナビゲーションに要した時間を、直前の情報ごとにすべての被験者について平均した。Fig.7に、これらの値を標準偏差とともに示す。

Fig.7より、予測に反して、ウエイファインディング前に地図情報を見たときの方が、ビデオ情報を見たときよりナビゲーション時間が短いことが示される。しかしながら、その差は統計的に有意ではなく、ウエイファインディングのパフォーマンスは、直前にビデオ情報を見ても、地図情報を見てもほとんど同じであると考えられる。

目印情報のない人工現実感環境において、出発点からゴールまでのナビゲーションに要した時間を、直前の情報ごとにすべての被験者について平均した。Fig.8に、これらの値を標準偏差とともに示す。

Fig.8より、予測したとおり、ウエイファインディング前に地図情報を見たときの方が、ビデオ情報を見たときよりもナビゲーション時間が短いことが示される。しかしながら、その差は統計的に有意ではなく、目印がない人工現実感環境のウエイファインディングのパフォーマンスも、直前にビデオ情報を見ても、地図情報を見てもほとんど同じであると考えられる。

実験4の結果は、ウエイファインディングのパフォーマンスが、ウエイファインディング前にあたえられた情報が自己中心的であるか環境中心的であるかに依存しないことを示す。また、ウエイファインディング中には、単にビューの中の目印を記憶しているものと照合しているわけではないことが示唆される。

## 6 . 考察

実験1の結果は、地図情報を付加することにより、人工現実感環境における目印のない迷路のウエイファインディングのパフォーマンスが顕著に向上することを示す。被験者が迷路をナビゲートした軌跡の記録を見ると、地図情報があたえられた場合には、被験者は行き止まりに何回か入るけれども、地図を参照することによって困難なくウエイファインディングすることができた。これに対して地図情報があたえられていない場合には、被験者は出口がないことに気付かないで同じ行き止まりに何回も入り、どの迷路のどの部分にいるのかを知るのが困難なようにみえた。

一方、地図に被験者の位置を重ねて示しても、ウ

エイファインディングのパフォーマンスは顕著に向上しなかった。したがって、通常の道路地図のような環境中心情報によってわれわれはウエイファインディングのために必要な自分の位置を十分に知ることができ、カーナビゲーションシステムはむしろ環境内のランドマークと自分の位置との関係を見つけるのに役立つものであると考えられる。今日、カーナビゲーションシステムが非常に一般的になっているが、本実験の結果からは、そのウエイファインディングにおける有効性は疑わしいと言わざるをえない。

偽の地図情報が呈示された場合に、ウエイファインディングのパフォーマンスが著しく損なわれた。被験者は、偽の地図であることに気づいた後でもその地図を見たときの最初の印象を無視できなかったと報告しており、これはわれわれが道に迷ったときの状況や誤った交通情報を受け取った後のドライバーのパフォーマンスの劣化を思い起こさせる<sup>11)</sup>。大規模な人工現実感環境は、消防士などに救出活動をおこなう前に建物の内部を理解させるための訓練システムとして利用できると期待されている。人工現実感環境において学習した環境についての知識を実世界へ転移することは可能であるが、必ずしもスムーズではないことも報告されている<sup>12,13)</sup>。人工現実感環境訓練のもつ問題のひとつは、被験者にあたえられる情報が決して完全ではないために、被験者が訓練中に道に迷ってしまうことである。ウエイファインディング中にどのようにして道に迷うかについてのメカニズムは、実世界環境のみならず人工現実感環境においても研究されなくてはならない。

実験2の結果は、目印情報が付加された場合の方が、人工現実感迷路におけるウエイファインディングの経路学習がはやくおこることを示す。経路を学習するためには、時々刻々と変化する自己中心的ビューが統合されなくてはならない。自己中心的ビューの中の目印は、ウエイファインディングの途中に、われわれの運動に応じて現れたり消えたりする。そのため目印情報はそれぞれの自己中心的ビューのあいだの関係を決定するのに役立ち、目印情報によって自己中心的ビューの統合が容易になり、その結果経路学習がはやくおこったものと考えられる。

実験3の結果は、環境の探索中に自分の進行方向についての情報を付加すると認知地図の学習が促進されることを示す。認知地図の形成においては、自己中心座標系情報である自己中心的ビューから、環境中心座標系情報である環境の鳥瞰図の表現への変

換がおこななくてはならない。この情報の座標系変換のために、進行方向についての情報が必要であると考えられる。方向情報のみを付加した場合には、獲得された認知地図の質が向上した。これに対して、方向情報と距離情報の2次元的情報を付加した場合には、認知地図の質が向上したばかりでなく、認知地図の学習が促進された。自分の進行についての方向情報と距離情報は、環境の環境中心的表現の形成においてそれぞれ異なった役割をもっているようにみえる。

目印情報と自分の進行方向について情報は、ともに被験者の空間定位に役立つ。したがって本研究の結果は、時々刻々と変化する自己中心情報から環境の環境中心的表現が形成される過程では、空間定位についての情報を必要とすることを意味する。これは、自己運動の感覚が認知地図の発達に重要な役割をはたすという報告と一致する<sup>14)</sup>。

人工現実感環境でのウエイファインディングにおける、付加情報の役割についての実験1、2、3の結果を総合すると、より多くの情報を付加することが自己中心的ビューの変化にもとづくウエイファインディングにとって有益であることが示された。これはトリビアルなことのよう聞こえるけれども、付加情報の種類によってその役割が異なることは興味ある結果である。環境の環境中心的表現を学習する能力には個人差があることは一般によく知られている事実であり、自己中心的ビューを見せられただけでは認知地図が全く描けない人も多い。実験3に参加した被験者のなかにもこのような人がいたが、自分の進行についての方向情報と距離情報がともにあたえられた場合には、正しい認知地図を学習することができた。このことは、カーナビゲーションシステムのような自分の進行についての情報をあたえるシステムは、自動車の運転中のナビゲーションの補助としてよりはむしろ、環境の認知地図を学習するのを助けるのに最も役に立つことを示唆する。

実験4の結果は、ウエイファインディング前の情報が自己中心的であるか環境中心的であるかが、ウエイファインディングのパフォーマンスに影響しないことを示す。したがって、自己中心情報を見せられるか、環境中心情報を見せられるかにかかわらず、われわれは同じ様な環境表現を形成し、この共通表現をウエイファインディングの作業記憶として使用することが示唆される。

実験4の被験者は、どのような環境表現を形成す

ることを好むかによって、二つのグループに分けられた。約半数の被験者は、ウエイファインディング前の情報を出発点から目的地までの経路とターンの集合である経路表現として記憶した。すなわち、ウエイファインディング前の情報が環境中心的であって鳥瞰図表現を作りだすほうがはるかに易しいようにみえるときですら、経路によって環境を表現して記憶した。残りの被験者は、環境情報を鳥瞰図表現として記憶した。かれらは、ウエイファインディング前の情報が自己中心的であって経路表現を作りだすほうがはるかに易しいと思えるときでも、鳥瞰図によって環境を表現して記憶した。また、被験者の経路表現と鳥瞰図表現の好みは、ウエイファインディングする環境において目印があるか、ないかに依存しなかった。さらに、ウエイファインディングのパフォーマンスは、二つのグループで顕著に違わなかった。このことは、われわれはそれぞれ好みの環境表現の様式をもっており、ウエイファインディングのためにはかならずしも環境の鳥瞰図表現を学習しないことを示唆する。

## 7. 結論

ウエイファインディングと同時またはその前にあたえた付加情報の、人工現実感環境におけるウエイファインディングのパフォーマンスへの役割を検討した結果、以下のことが明らかになった。

(1) 地図情報を同時に付加することによって、ウエイファインディングのパフォーマンスが向上する。しかし、地図情報に被験者の位置を重ねて呈示しても、パフォーマンスは有意に向上しない。偽の地図情報を同時にあたえると、パフォーマンスは地図情報がないときよりも顕著に悪くなる。

(2) 目印情報を同時に付加することによって、ウエイファインディングの経路学習が促進される。

(3) 自分の進行についての情報を同時に付加することによって、認知地図の学習が促進される。

(4) 自己中心座標系情報から環境中心座標系情報への変換には、自己中心的ビューの時々刻々の変化を結合するためのものとして、自己定位についての情報を必要とする。

(5) ウエイファインディングのパフォーマンスは、目印がある環境であっても、ない環境であっても、ウエイファインディング前の情報が自己中心的であるか、環境中心的であるかに依存しない。したがって、ウエイファインディング前の情報から、共通し

た環境の表現がウェイファインディングのための作業記憶として形成されることが示唆される。

#### 参考文献

- 1) Ohmi M. : Egocentric perception through interaction among many sensory systems. *Cognitive Brain Research*, 5, 87-96, 1996
- 2) Gibson J. J. : *The Ecological Approach to Visual Perception*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 1979
- 3) Weisman J. : Evaluating architectural legibility: Way-finding in the built environment. *Environment and Behavior*, 13, 189-204, 1981
- 4) Passini R. and Proulx G. : Wayfinding without vision. *Environment and Behavior*, 20, 227-252, 1988
- 5) Siegel A. W. and White S. H. : The development of spatial representations of large-scale environment. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in Child Development and Behavior*, pp. 9-55, Academic Press, New York, 1975
- 6) Thorndyke P. W. and Hayes-Roth B. : Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. *Cognitive Psychology*, 14, 560-589, 1982
- 7) Evans G. W. : Environmental cognition. *Psychological Bulletin*, 88, 259-287, 1980
- 8) Foley J. E. and Cohen A. J. : Mental mapping of a megastructure. *Canadian Journal of Psychology*, 38, 440-453, 1984
- 9) Taylor H. A. and Tversky B. : Perspective in judged spatial descriptions. *Journal of Memory and Language*, 35, 371-391, 1996
- 10) Colle H. A. and Reid G. B. : The room effect: Metric spatial knowledge of local and separated regions. *Presence*, 7, 116-128, 1998
- 11) Kantowitz B. H., Hanowski R. J. and Kantowitz S. C. : Driver acceptance of unreliable traffic information in familiar and unfamiliar settings. *Human Factors*, 39, 164-176, 1997
- 12) Bliss J. P., Tidwell P. D. and Guest M. A. : The effectiveness of virtual reality for administering spatial navigation training to firefighters. *Presence*, 6, 73-86, 1997
- 13) Waller D., Hunt E. and Knapp D. : The transfer of spatial knowledge in virtual environment training. *Presence*, 7, 129-143, 1998
- 14) 朝倉暢彦、近江政雄、鈴木良次「空間記憶の身体方位依存性に及ぼす自己運動情報の効果」『電子情報通信学会技報』HIP99-27, 1-8, 1999年