

利便性と経路記憶能力低下を防止する効果を持たせたナビゲーションシステムの検討

武富 貴史^{1,a)} 木村 歩賛名¹ 山本 豪志朗^{1,b)} サンドア クリスチャン^{1,c)} 加藤 博一^{1,d)}

概要：便利さは時にユーザのシステムへの依存とユーザの能力低下を招きかねない。本来、ユーザ自身で解決できたタスクでも、システムを使用したことで能力の低下が発生し、自力での解決が困難となる危険性がある。本研究では、この問題に対して、ナビゲーションシステムを具体例とし、現状のシステムが持つ利便性を維持しつつも、使用する過程で発生するユーザの能力低下を防ぐシステム設計を提案する。本研究では交差点比較により間違えやすい交差点や交差点の特徴を抽出し、ユーザが間違えうる危険地点をあらかじめ提示する手法を考案した。有効性を検証するために、従来のナビと利便性の代わりに学習機能を備えたナビとの比較検証を行った。その結果、ナビの利便性をもたらす経路記憶への阻害を確認したほか、インタフェースの改善により利便性と学習効果の共存の可能性が示された。

1. はじめに

現代人の生活は機械やソフトウェアといった多くのシステムによってサポートされている。これらシステムの目的は生活で発生するあらゆるタスクをユーザにとって少ない労力で達成させることであり、今やその存在は欠かせないものとなっている。現在もシステムは、タスクの解決に要するユーザの負担を軽減させる方向で発展を続けており、一般的にこの軽減の大きさはシステムの持つ利便性と捉えられる [8]。利便性はシステムの持つ魅力の一つであり、この進化の方向はユーザのニーズとも合致するものであると言える。しかし、当然ながら利便性が追求されたシステムは、ユーザ自身がそのタスクに関する解決能力を獲得できるように設計されている物ではない。そのためシステムはユーザにとって、タスク解決のための一つ的手段ではなく不可欠なものになりうる [10]。これはユーザとシステムとの依存関係の構築を意味する。システムへの依存は、タスク解決へ努力する意思の喪失を招き、ユーザ自身が本来システム無しでも解決できたはずの課題をシステム無しでは解決できない状態に陥らせる可能性がある。そこで本研究では、ユーザがシステムの利便性を享受しつつも解決する課題に関する学習効果を獲得可能な設計方法を確立すること

を目指す。その最終目標への初期段階としてシステムが与える利便性と学習効果との関係性について検証する。気付きを得られる設計方針について考えた研究として、川上らが提案する不利益と呼ばれる概念がある [6]。不利益とは、システムにあえて不便さを取り込むことでユーザは気付きを得られるという考えに基づいた設計方針である。川上らは、不便から得られる気付きについて多くの事例から示した上で、不便でも使いたいと感じさせるシステム設計方法を提案した。しかし、ユーザがシステムを利用する主目的はタスクの解決である。その第一目的のための省労力を欠いたシステムを使用し続けることは、既に利便性を体験しているユーザにとって難しい。つまりシステムへの依存から発生するユーザの能力低下問題をシステムの設計方法によって解決するためにはシステムの利便性を維持することも重要な課題であると考えられる。そのため本研究では、利便性と学習効果の両立を目指すインタフェースを提案し、プロトタイプシステムを開発、これを用いたユーザテストにより両者の関係や両立可能性について検討する。

本研究では、近年広く一般に普及している歩行者用のナビゲーションシステム (以下、ナビとする) を具体的な事例として採り上げる。ナビは目的地への移動という課題 (以下、移動課題とする) に必要な現在地やルートの把握といった下位課題をユーザに代わって行うシステムであり、元々移動課題を苦手とするユーザにとっても大きな助けとなる。しかし、その利便性から使用時に思考を停止してしまい何度同じ場所に行っても道を覚えられず、ナビを手放せないという状況に陥る。この状況は、人間が本来持つ自分

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
奈良県生駒市高山町 8916-5

a) takafumi-t@is.naist.jp

b) goshiro@is.naist.jp

c) sandor@is.naist.jp

d) kato@is.naist.jp

自身で道を把握して移動する能力を低下させる可能性がある。この問題を解決するため、本研究ではルート学習効果を持つナビゲーション手法を提案する。また、プロトタイプシステムを用いた被験者実験により (1) 利便性の高いナビの使用がユーザのルート記憶に与える悪影響、(2) 利便性と学習効果の関係性、の2点を明らかにする。

2. 認知科学から見た移動課題の知見と分析

移動課題は人間の様々な能力が絡み合う非常に複雑な認知課題である。ルートの記憶という課題の解決のためには、目的地への移動課題そのものの性質を知る必要がある。移動課題に関しては認知科学の分野で様々な研究が行われている。本節では、まず、空間の理解構造と移動課題の遂行能力および移動課題の認知プロセスモデルに関する研究について俯瞰する。次に、これまでに認知科学分野で得られている知見に基づき、移動課題に重要となる要素の分析を行う。

2.1 空間理解の構造と移動課題の遂行能力

移動課題の遂行能力は個人によって大きく異なることは経験的に知られている。このような理由から、移動課題遂行能力は先天的な能力として語られることがある。これについて大岸は、空間認識課題によってオリエンテーリング部所属学生と一般学生との空間把握能力の比較を行うことで検証を行った [12]。その結果、オリエンテーリング部学生は一般学生に比べて高いスコアを記録し、移動課題の能力には先天的な能力差だけでなく、経験により補える技術も影響を与えることを示した。体得できる移動課題の技術として考えられるものに空間理解の方略がある。空間理解の方略に利用できる情報は方角、距離やランドマークなど環境中に多種存在し、こういった情報を活用できるかが移動課題の能力を決定する可能性がある。本節では、人間の空間理解構造と移動課題に有効な情報活用という二つの観点から関連研究を紹介し、移動課題の成功に重要な要素について考察を行う。

2.1.1 人間の空間理解構造

認知科学では、人間がいかに空間を理解するかについて古くから研究されている。Tolman はラットを用いた実験により移動課題を分析し、空間的な知識は空間中での行動により無意識下に得られることを示した [21]。この知識は認知地図と呼ばれ空間行動に関する実験的研究の先駆けとなり、認知地図の構造や性質に着目した研究はその後も数多くなされた。Shemyakin は認知地図にルートマップ型とサーヴェイマップ型があることを指摘した [16]。ルートマップ型は空間を道の集合として理解する表象であり、サーヴェイマップ型は空間を地図のように俯瞰した形で理解する表象である。サーヴェイマップはルートマップ的な知識を蓄積することで得られるもので、O'Neill は空間を

サーヴェイマップ的に理解することは移動課題の効率を上げることが示した [13]。さらに、Hart らは認知地図生成の際に用いる参照系として以下の3種類を挙げた [4]。

- 自己中心的参照系：自身の体を基準として定位する系
- 固定的参照系：環境内の対象物を基準として定位する系
- 抽象的参照系：方角など自身の体や道とは独立した基準で定位する系

これらは後に挙げたものほど高次の参照系であり、サーヴェイマップが生成されやすいため移動課題を効率的に行える参照系であるとされる。

一方で、認知地図に生じる現実空間との相違の発生要因に関する研究も行われている。認知地図の生成は人間の認知活動であり、必ずしも正確な地図が生成されるわけではない。この現実空間との相違は認知地図の歪みと表現される。Sadalla らは曲がり角や交差点が多いほど認知地図上の距離が長くなることを示した [15]。Byrne は交差点の交差角度は90度に近く評価されることを述べた [2]。このように認知地図はその方略によっては歪みが生じてしまう。そのため移動課題の成功のためには歪みが生じにくいような適切な方略を選択する必要がある。

2.1.2 移動課題に有効な情報

認知地図という概念は移動課題を体系的に考えるための重要な役割を担った。しかし、実際の環境では道の有無など様々な拘束が存在し、認知地図が完全である必要はない。Passini は経路中の重要な点を視覚的に再認することで目的地にたどり着くことが可能であることを示した [14]。また、目的地への到達という目的を果たすには方向や距離といった空間的な情報よりも知覚的な情報が多く利用されるという報告も存在する [22][7][17]。このように、移動課題を成功させるためには、環境中に存在する重要な点を効率的に取得しておくことが重要である。

東らは移動課題が失敗する原因の多くが、交差点の特定誤りであることを実験的に示した [5]。この研究では特定に失敗しやすい交差点には、

- 交差点間の距離が比較的長く、交差点間に分岐点が多い。
- 交差点を特定する情報とその手前の分岐点を特定する情報が類似している。

という共通の特徴がある事を述べた。このように交差点を重要視する考えを支持する研究は他にも多く存在する。新垣らは、移動者が実環境中からの情報の獲得や記憶との照合の流れをインタラクションと呼び、移動課題の成績上位者と下位者とのインタラクションを比較する実験を行った。その結果、下位者は上位者と比べ交差点を特定する情報が少ない事を示唆した [18]。また杉山らは、道路形状によっては本来直進すべき交差点に到達した際にも進路に不安を感じてしまい、道に迷う危険性が増大すると述べてい

る [20] . これらのことから , 交差点が移動課題で重要となる要素であり , その特定が一つの課題であると考えられる .

2.2 移動課題の認知モデル

ここでは問題を整理するために人間がどのように移動課題を遂行するのかについて述べる . 人間は環境中から情報を抽出して移動課題を遂行している . 移動課題の認知プロセスを表す情報処理モデルは多く提唱されている . Garlingらは移動課題における情報処理モデルをプランニングと実行の2段階で考えるモデルを提唱した [3] . プランニングは情報へのアクセス , 目的地と訪れる順序の設定 , 目的地へのルート決定の工程で構成され , 実行段階では場の再認 , 進路の維持と予期を行う . 移動課題のモデルは他にもいくつか提唱されているものの [11][1] , これらのモデルはプランニングと実行を詳細に分割したモデルであり , 移動課題はこれら2つの下位課題で構成されると言える [9][19] . また , 実行はプランニングで得た情報をもとに行われることから , 移動課題を成功させるためには効果的なプランニングを行うことが重要と考えられる .

2.3 分析

従来研究で得られている知見より , 移動課題に重要な点として以下が挙げられる .

- 環境を空間的に理解することで移動課題を効率的に行うことができる .
- 認知地図の歪みの大きさは移動時に使用する方略によって大きく変わり , 適切な方略を選択することが重要となる .
- 経路の記憶には , 距離や方向よりもランドマークなどの知覚的に認知可能な情報が有効に働く .
- 交差点に関する情報は移動課題の成否を決定する上で重要となる .
- 移動課題はプランニングが重要であり , 経路の記憶時に知覚的に認知可能な情報を把握することで有効なプランニングを行える .

ナビに依存してその利用が前提となっているユーザにとって , ナビが持つ信頼性は高く自身で情報抽出を行う必要性はない . そのためナビに依存したユーザは環境からの情報抽出を怠り , これが移動課題の能力減少につながっていく可能性がある . そこで本研究では , ユーザの移動課題能力向上という目的へのアプローチとして , ナビを使用する過程でユーザに環境中からの有効な情報抽出を促すインタフェースを検討する . これにより , ユーザはナビを使用中に環境中からの積極的な情報抽出を行い , ナビが利用できない状況においてもナビを使用して獲得した知識を活かして有効なプランニングを行えるようになると考えられる .



図1 システムの外観

3. 移動経路の記憶を促すナビゲーションシステムの設計

本研究では , 利便性がユーザに与える影響や利便性と学習効果の関係性について検証するため , 経路の記憶を促すナビのプロトタイプを開発した . 本節では開発したシステムの概要とその機能に関する詳細を説明する .

3.1 システム概要

2節で概観したように , 都市環境における移動課題では交差点の特定が重要な課題であり , 交差点の特定にはランドマークなど実環境中に存在する知覚的に認知可能な情報が有効となる . そのため道を覚えるためには , 移動時に環境から情報を取り出すことを常に心掛ける必要がある . これらを踏まえて , 本研究では次の2つを設計指針としてナビゲーションインタフェースを考案する .

- ユーザが交差点を特定しやすくさせる .
- 移動時に , 環境からの情報抽出をユーザに促す .

これらを実現するための具体的なアプローチとして , 本研究では , ルート上およびルート周辺に存在する交差点を比較することで間違いやすい交差点の検出 , および , 交差点特徴の抽出を行うシステムを提案する .

3.2 プロトタイプシステム

先述したアイデアを基にプロトタイプシステムを開発した . 図1にシステムの外観を示す . 画面は大きく , マップとリストに分かれる . マップにはユーザを案内するための情報が提示され , リストにはルート上の交差点に関する情報が提示されている . ここでは開発したシステムが実現する機能 , 各情報の提示方法やシステム構成に関して詳述する .

3.2.1 交差点の比較機能

本システムは間違いやすい交差点を , 複数の交差点を比較することで検出する . またその過程で両者の交差点の違いを検出し , その違いを交差点が持つ特有の特徴とする . ここでは交差点の比較機能について解説する .

比較対象となる交差点の抽出: 交差点の比較は , スター

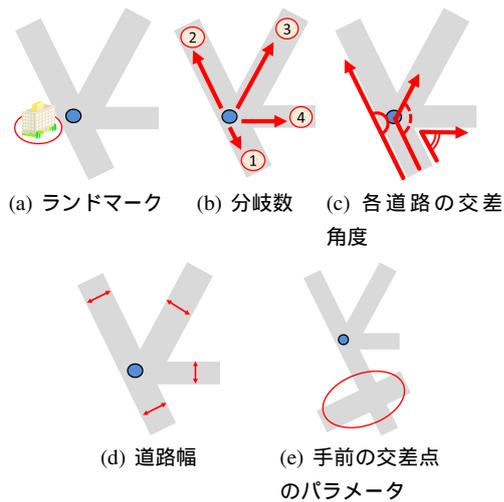


図2 交差点のパラメータ

ト地点 C_0 からゴール地点 C_g までのルート全体を曲がるべき交差点毎に区間に分割し、各区間に存在する交差点と曲がるべき交差点に対して行う。具体的には、曲がるべき交差点 $C_i (1 \leq i \leq g-1)$ と区間 D_i に存在する全ての交差点集合 Ω_i となる。

交差点特徴の抽出: 本システムでは図2に示すように、交差点を (a) ランドマーク, (b) 分岐数, (c) 各道路の交差角度, (d) 道路幅, (e) 手前の交差点のパラメータ, の5つのパラメータで表現する。次に各パラメータの比較基準について述べる。

- (a) ランドマーク: 両交差点の半径 r メートル以内のランドマークの有無, あるいは種類を比較する。
- (b) 分岐数: 両交差点の分岐数を比較する。
- (c) 各道路の交差角度: 交差点に接続された各道路がなす角度を比較する。
- (d) 道路幅: 表1に示す国土地理院刊行の空間データ基盤の道路幅員区分に基づいて各道路幅を分類し、曲がるべき交差点の進行方向の道路と、間違えやすい交差点の各道路との分類結果を比較する。
- (e) 手前の交差点のパラメータ: 両交差点における手前の交差点の (a),(b),(d) のパラメータを比較する。

間違えやすい交差点検出は、これらの中でも視覚的に認知しやすい (a), (b), (c) の3要素を用いて比較する。曲がるべき交差点 C_i について、交差点 $C_j \in \Omega_i$ が間違えやすい交差点であると判定された場合、システムは交差点 C_j の類似しているパラメータ以外のパラメータを比較する。これに

表1 道路幅の分類基準

空間データ基盤中の道路幅員区分	幅員値
1.5m 未満	1.5m
1.5m 以上 3.0m 未満	3.0m
3.0m 以上 5.5m 未満	5.5m
5.5m 以上 13.0m 未満	13.0m
13.0m 以上	25.0m

よりそれぞれの交差点の差異を検出し、この差異を交差点の持つ特徴とする。また、間違えやすい交差点が経路上に存在しなかった場合には、比較基準として用いた (a),(b),(c) を交差点特徴とする。

類似交差点の検出: 本システムでは、間違えやすい交差点を交差点周辺のランドマークおよび交差点形状に基づき検出する。具体的には、曲がるべき交差点 C_i と比較対象となる交差点 $C_j \in \Omega_i$ の二つの交差点が次の条件のどちらかを満たす場合、その交差点 C_j を間違えやすい交差点と判定する。

- (i) 交差点形状の類似: 交差点 $C_j \in \Omega_i$ と交差点 C_i との間で以下の2つの条件が成り立つ場合、交差点 C_j を間違えやすい交差点と判定する。次の二つの式は、交差点 C_i と交差点 C_j に接続されたそれぞれの道路角度の類似を判定する。

$$N_{C_i} = N_{C_j} \quad (1)$$

$$|\beta_{C_i} - \beta_{C_j}| \leq threshold \quad (2)$$

ここで、 N_{C_i} 、 N_{C_j} は交差点 C_i 、 C_j の分岐数、 β_{C_i} は交差点 C_i における各道路の交差角度、 β_{C_j} は交差点 C_j における各道路の交差角度を表す。

- (ii) ランドマークの類似性の検出: 各交差点 $C_j \in \Omega_i$ から半径 r メートルに存在するランドマークが交差点 C_i にも存在しており、かつ次の式を満たす場合、交差点 C_j を間違えやすい交差点と判定する。次式は、交差点 C_j に接続された道路群から、交差点 C_i での進行方向と類似した角度で接続された道路の有無を判定する。

$$|\alpha_{C_i} - \beta_{C_j}| \leq threshold \quad (3)$$

ただし、 α_{C_i} は交差点 C_i における進行方向、 $\beta_{C_{j_k}}$ は交差点 C_j における道路の交差角度 ($1 \leq k \leq N_{C_j}$) を表す。

3.2.2 システム構成

本システムは地図情報データベースと端末に分かれる。データベースにはあらかじめ移動する地域の交差点、道路やランドマークの情報を格納しておく。なお、ランドマークの抽出には、WebAPIとして一般に公開されているYahoo!APIを利用した。端末は、データベースから取得した地図情報から間違えやすい交差点や交差点特徴を抽出するほか、ナビとして現在地の同期を行う。

3.2.3 提示手法

検出された間違えやすい交差点や交差点の特徴に関する情報はリストやマップを通してユーザに提示される。

リスト: リストには、曲がるべき交差点の情報が青いテンプレートに、間違えやすい交差点の情報が赤いテンプレートにそれぞれ提示される。図3にその表示例を示す。青いテンプレートには、交差点の形状、進行方向に関する情報、間違えやすい交差点の数、そして交差点を特定するためのヒントが表示される。また、赤いテンプレートには交差点

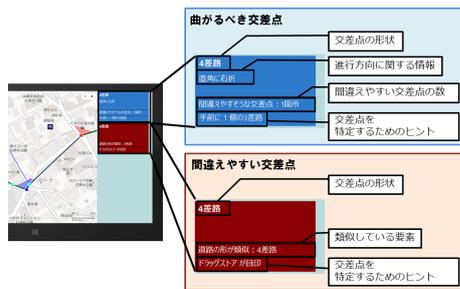


図3 リストに表示される情報

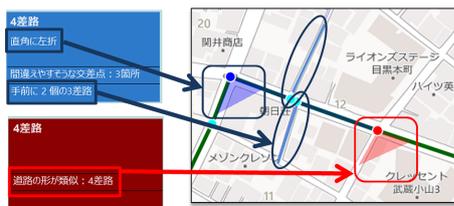


図4 マップ上の交差点情報の表示例

の形状,類似している要素,交差点を特定するためのヒントが表示される.このようにリスト上には地図などから得た交差点に関する情報や交差点間の比較により抽出した情報が文字情報として表示される.ただし,比較する交差点間の各種パラメータに違いが無かった場合は,交差点を特定するためのヒント部分は空白となる.

マップ: 図4に示すようにマップには,リスト上の各情報がポリゴンやラインで表されており,点滅を繰り返すことで強調表示されている.これによりユーザはマップを参照しながら各種情報に注意を向け,リストを参照しながら移動を行うことができると考えられる.これにより,ユーザに交差点情報への注意を促しリストの詳細な情報の参照を自発的に行わせることができ,利便性と学習効果を両立できると考えた.

4. 実験

本研究では,ナビの利便性が与える悪影響,そして利便性と学習効果の関係性を明らかにするため被験者実験を行った.実験は2段階で構成される.まず,利便性と学習効果の関係性を明らかにするために,提案する交差点特徴の抽出機能の妥当性について検証を行い,ここで得られた知見をもとに特徴抽出機能の改善を行う.その後,本研究の主な目的であるナビの利便性と学習効果に関して検証する.

4.1 実験1: 交差点特徴抽出結果の妥当性についての主観評価による検証

学習効果についての検証を行う前に,まず,本システムが目指す間違えやすい交差点の検出や交差点特徴の抽出および提示方法の妥当性について検証を行った.

4.1.1 実験方法

本実験はコンピュータを用いた仮想的な移動課題により

行い,アンケートを用いた主観評価を行う.仮想的な移動環境としてブラウザ上での Google Street View を採用し,ナビとして提案システムを使用させた.ただし,本実験では,提案ナビから現在地情報の表示機能を取り除いたものを使用する.これは,ユーザが現在地情報のみを見て交差点情報を参照せず移動してしまい,交差点情報の妥当性を評価できない結果となる事を避けるためである.また,仮想的な移動やナビの操作はマウスにより行う.以下に実験手順を示す.

手順1:異なる3カ所のルートを提案ナビを使用して移動させる.以下に各ルートの大まかな情報を記載する.

ルート1:移動距離 720m,曲がる交差点数 4

ルート2:移動距離 740m,曲がる交差点数 4

ルート3:移動距離 930m,曲がる交差点数 2

手順2:5段階評価のアンケートに回答させる.アンケートは以下の設問で構成される.

- 1) このナビは間違えやすい交差点を検出できていた.
- 2) 交差点の特徴として提示された情報は交差点の特定に役立った.
- 3) 間違えやすい道に関する情報は正しい道を選択するのに役立った.

4.1.2 実験結果

本実験は5人の被験者に対して行った.図5にアンケートの集計結果を,表2に被験者毎のアンケート結果をそれぞれ示す.ただし,図表中では設問1-3)をそれぞれ,間違い検出,特徴抽出,間違い有用性と表す.設問1)の間違いやすい交差点検出機能について,5名中4名の被験者からポジティブな回答を得ることができ,うち2名から最高評価を得た.また設問2)の交差点特徴抽出機能の有用性については,5名中4名がポジティブな評価を下した.しかし,設問3)の間違えやすい交差点情報の有用性については評価がわかれ,その効果を結論付けることはできなかった.

また,インタフェースについては「文字が多く読むのが煩わしい」「道路幅の大きさが実感しにくい」といった意見があり改善の余地も見られた.

4.1.3 考察

以上の結果から,提案ナビの間違えやすい交差点の検出機能や,交差点特徴の抽出機能に関してある程度高い評価が得られ,十分な妥当性を確認することができたと考えられる.実験終了後の被験者に対するインタビューでは,ポジティブな意見として「間違えやすい道を提示してくれる機能は良かった」「慣れるまで時間がかかりそうだが慣れば力になりそうだと感じた」というものがあり,本提案の有用性に関する可能性が示唆された.一方,アンケートでも低い評価を下した被験者Aからは「自分は景色を楽しみながら歩くことが好きであるため,ナビが提示する情報はあまり参考にしなかった」という意見が得られた.これは被験者Aの元々の移動課題能力が十分に高かったこと

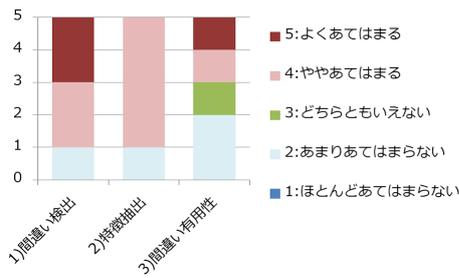


図5 実験1. アンケート集計結果



図6 変更前後の交差点特徴表示例の比較

が一つの要因であると考えられる。提案ナビの設計指針の一つは、移動時の環境からの情報抽出を促すことである。ユーザが普段からこれを行っている場合、提案ナビによる更なる能力向上は見込めない可能性が強いと考えられる。

被験者実験の結果を考慮しインタフェースの改善として、交差点間の差異に優先順位を設け最も優先順位の高い種類の差異のみを交差点特徴として提示することで表示を単純化した。優先順位は、ランドマーク、分岐数、道路幅、手前の交差点の順に設定した。変更後のインタフェースを図6に示す。

4.2 実験2: 複数のナビを用いた利便性と学習効果の関係性の検証

本実験では次の2点を被験者実験により明らかにする。

- 利便性の高いナビの使用がユーザの経路記憶に与える影響
- 利便性と学習効果の両立可能性

4.2.1 実験方法

本実験では仮想的な移動過程での経路記憶課題を行い、課題の結果とアンケートから評価を行う。仮想的な移動環境は実験1と同様にブラウザ上でのGoogle Street Viewを用いた。また、ナビにはタブレットPCを使用した。タブ

表2 実験1. 被験者別アンケート結果

設問		被験者					平均
		A	B	C	D	E	
設問	1) 間違い検出	2	4	5	5	4	4.0
	2) 特徴抽出	2	4	4	4	4	3.6
	3) 間違い有用性	2	2	5	3	4	3.2

レットPC上のナビはブラウザとの通信を行うことで仮想的な移動環境との同期が可能である。

本実験では、利便性と学習効果の関係性を調べるため、異なる機能を持つナビの比較を行う。使用するナビはそれぞれ以下の特徴を持つ。

- 高い利便性が期待され、学習機能は期待されないナビ(一般ナビ)
- 利便性は期待できず、学習機能が期待されるナビ(不利益ナビ)
- 高い利便性と、学習機能が期待されるナビ(提案ナビ)

ここでの利便性はユーザの現在地と向いている方角の表示機能を表し、学習機能は本研究で提案する交差点情報の提示機能を指す。また、すべてのナビには地図とルートを表示機能を備える。実験は以下のような手順で行った。

手順1: 3つの決められたルートを前述の3種類のナビを使用して移動させる。3つのルートではそれぞれ異なる種類のナビを使用させ、ルートとナビの組み合わせは被験者によって異なる。以下に各ルートの大まかな情報を記載する。

ルート1: 移動距離 1540m, 曲がる交差点数 4

ルート2: 移動距離 1510m, 曲がる交差点数 3

ルート3: 移動距離 1240m, 曲がる交差点数 5

手順2: 3つのルートでの移動が終了後、同じルートをナビや地図を使用せず記憶を頼りとして移動させる。道がわからなくなった場合は途中で終了することも可能とした。

手順3: 使用したそれぞれのナビに関する5段階評価のアンケートに回答させる。質問項目を次に示す。

- (1) ナビAを使用しての移動時、正しい道を歩いているか不安を感じた。
- (2) ナビAを使用して移動したルートを、ナビ無しで移動したとき、正しい道を歩いているか不安を感じた。
- (3) ナビBを使用しての移動時、正しい道を歩いているか不安を感じた。
- (4) ナビBを使用して移動したルートを、ナビ無しで移動したとき、正しい道を歩いているか不安を感じた。
- (5) ナビBを使用した移動課題の際、ナビBに表示された曲がるべき交差点に関する情報を参考にした。
- (6) ナビBを使用した移動課題の際、ナビBに表示された間違いやすい交差点に関する情報を参考にした。
- (7) ナビBに表示された各交差点に関する情報は、ナビを使用しない移動課題の際にも活用した。
- (8) ナビCを使用しての移動時、正しい道を歩いているか不安を感じた。
- (9) ナビCを使用して移動したルートを、ナビ無しで移動したとき、正しい道を歩いているか不安を感じた。
- (10) ナビCを使用した移動課題の際、ナビCに表示された曲がるべき交差点に関する情報を参考にした。

(11)ナビ C を使用した移動課題の際、ナビ C に表示された間違えやすい交差点に関する情報を参考にした。

(12)ナビ C に表示された各交差点に関する情報は、ナビを使用しない移動課題の際にも活用した。

本実験は、全ての手順を被験者に説明した後に行った。実験には距離感のずれが発生しにくいよう、移動間隔がほぼ一定になるような地域を移動ルートとして設定した。

実験結果は、利便性の高さや学習効果の 2 つの尺度で評価した。利便性の高さは、手順 1 における被験者が感じた不安の大きさを問う設問 1) の結果から評価する。これは、ナビの利便性とは、移動時にユーザに発生する記憶や思考への負荷軽減の大きさであり、その結果はユーザの安心という形で現れると考えられるためである。また、学習効果は手順 2 の課題の結果をルートごとに分析することで行う。ただし移動課題の評価は解釈によって大きく違いが生まれるため本実験では 2 種類の方法で分析を行う。一つが移動課題の成否による評価、二つ目が総移動時間に占める正しいルートを移動した時間の割合を用いた評価であり (4) 式で算出される。この式では、移動課題に失敗した際にはスコアは 0 点となり、成功時には誤ったルートを移動した時間が少ないほど高得点となる。これは、移動課題を苦手とする人は道の間違いに気付きにくかったり、あるいは気付いてもすぐには復帰できないことが推測されるためである。また、アンケートの設問 2-5) の結果を用いて、移動課題への提案機能の寄与を確認する。

$$S = K \frac{T - F}{T} \quad K = \begin{cases} 1 & \text{success} \\ 0 & \text{failed} \end{cases} \quad (4)$$

ただし、 S はスコア ($0 \leq S \leq 1$)、 K は移動課題の成否、 T は総移動時間、 F は誤ったルートを移動していた時間を表す。

4.2.2 実験結果

本実験は 12 名の学生に対して行った。被験者は I, II, III の 3 グループに均等に分け、使用するナビの組み合わせを表 3 のように決定した。以下に、手順 2 における移動課題の結果を示す。図 7(a) はナビ別に見た移動課題の成功率を示し、図 7(b) にナビ別に見た式 4 で求めたスコアの平均値を示す。両結果共に不便益ナビ条件のスコアが高く、次いで提案ナビ条件となった。また、一般ナビ条件については最も低い評価となり、多重比較法として Bonferroni 法を用いた分散分析により不便益ナビ条件との有意差が見られた。また、この結果をルート毎にまとめたものを図 8-10 に示す。ここから、図 8(b) において不便益ナビ条件のスコアを提案ナビがわずかに上回っている事例を除いて、評価はいずれも全体平均と同様に不便益ナビ条件が最も高く、次いで提案ナビ条件となった。

アンケートの結果、不便益ナビ条件についてはその使用時でも被験者の不安を取り除くことができず設計通りの結果となった。また、一般ナビ条件と提案ナビ条件は被験者

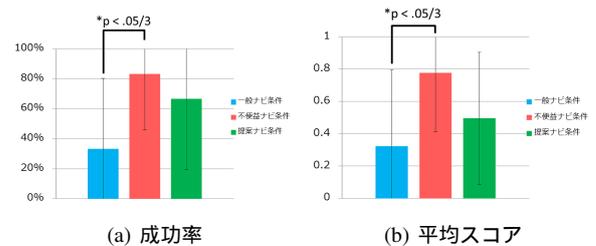


図 7 実験 2 . ナビ別に見た移動課題結果 (N=12)

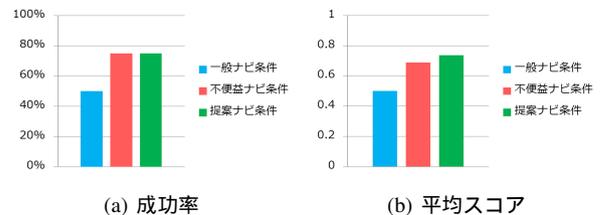


図 8 実験 2 . ルート 1 におけるナビ別の移動課題結果 (N=4)

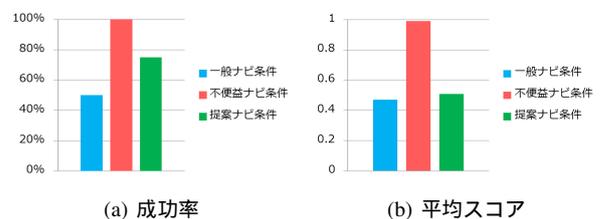


図 9 実験 2 . ルート 2 におけるナビ別の移動課題結果 (N=4)

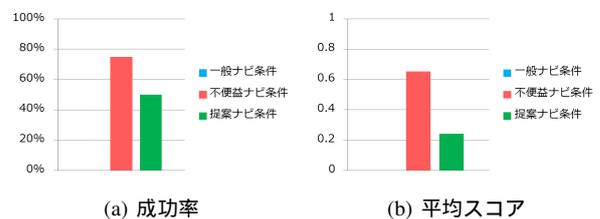


図 10 実験 2 . ルート 3 におけるナビ別の移動課題結果 (N=4)

の不安を大きく取り除いており、現在地や向いている方向の表示がナビの利便性に大きく貢献していることがわかる。一方、一般ナビ条件や提案ナビ条件で移動したルートをナビ無しで移動すると不安を感じる被験者は多く見られた。しかし不便益ナビ条件を使用した場合には逆に多少の不安の軽減が見られるという結果となった。また、交差点情報の表示機能の参考度や活用度は、現在地や向いている方向といった情報の有無によって変化することが見て取れる。

4.2.3 考察

ここでは、ナビの利便性が経路記憶に与える影響、そして利便性と経路記憶効果の共存可能性の二つの観点から考

表 3 実験 2 . 使用するナビの組み合わせ

	A. 一般ナビ	B. 不便益ナビ	C. 提案ナビ
I	ルート A	ルート B	ルート C
II	ルート C	ルート A	ルート B
III	ルート B	ルート C	ルート A

察を行う。

ナビの利便性が経路記憶に与える影響: 本実験は, 移動課題を通じた経路記憶課題において, ナビが持つ利便性は大きな障害となるということを強く示している。これはナビが与える利便性が目的地への到達というメインのタスクを容易にすることで, 被験者のタスクへの意識を低下させた結果であると考えられる。実験後の被験者からのインタビューでは, 被験者自身もナビの利便性がルートの把握に悪影響を与えていることを自覚していることが分かった。ナビの利便性と経路記憶効果の共存について: 移動課題の結果からは一般ナビ条件と不便ナビ条件との有意差は観測できたものの, 一般ナビ条件と提案ナビ条件との有意差は確認できず, 現状, 利便性と学習効果の共存は実現できていないと言える。しかし, 今回行った3種類のルートのいずれにおいても提案ナビ条件の成功確率やスコア平均は一般ナビを上回っていることから, 提案機能には若干の能力向上効果が見られるものと考えられる。

実験により得られた結果や被験者からの意見から, 提案ナビについて以下の事項が確認された。

- 各交差点情報の提示機能には多少の能力向上効果が期待できる。
- 現在地表示機能などの利便性を高める機能が, ユーザの交差点情報への意識を低下させる。
- 文字情報は, ユーザの意識を実環境に向けさせる目的には不適切である。

以上より, 提案ナビの改善点として最も重要となるのはインタフェースの改善である。現状のシステムは移動課題に有益となりうる情報を提示しているにも関わらず, 多くの被験者はこれに着目していない問題がある。そのためナビの利便性と経路記憶効果の共存には, 情報をユーザに着目させる方法について議論する必要があると考えられる。

5. まとめ

本研究では, 便利なシステムが招くユーザの能力低下問題を解決するため, 利便性と学習効果の共存を目的としたシステム設計を目指し, 具体的な事例として本研究ではナビゲーションシステムを扱った。本研究では, 特にユーザの移動課題のサポートと同時に移動時の経路記憶効果を持つ機能について検討し, 移動課題における重要な要素である交差点特徴の抽出・比較・差異の提示を行うシステムを考案した。この機能に関する検証を行った結果, ナビの利便性はユーザの経路記憶への意識を低下させ, 結果, 記憶を阻害する危険性があることが示された。

参考文献

- [1] Board, C.: Map Reading Tasks Appropriate in Experimental Studies in Cartographic Communication, *Journal of Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, Vol. 15, No. 1, pp. 1–12 (1978).
- [2] Byrne, R. W.: Memory for Urban Geography, *Journal of The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 31, No. 1, pp. 147–154 (1979).
- [3] Garling, T., Book, A. and Lindberg, E.: Cognitive Mapping of Large-scale Environments the Interrelationship of Action Plans, Acquisition, and Orientation, *Journal of Environment and Behavior*, Vol. 16, No. 1, pp. 3–34 (1984).
- [4] Hart, R. and Berzok, M.: Children's Strategies for Mapping the Geographic-scale Environment, *Spatial abilities: Development and physiological foundations*, Academic Press New York, pp. 147–169 (1982).
- [5] 東 正造, 藤井憲作, 佐野睦夫: 移動行動におけるナビゲーションプランの役割 (特集論文 人の移動プロセスの認知科学), *NTT R & D*, Vol. 49, No. 5, pp. 263–271 (2000).
- [6] Hiroshi, K. and Toshihiro, H.: Incorporation of Evolutionary Computation for Implementing the Benefit of Inconvenience, *International Journal of Advancements in Computing Technology*, Vol. 4, No. 22, pp. 248–256 (2012).
- [7] Kato, Y. and Takeuchi, Y.: Individual Differences in Wayfinding Strategies, *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 23, No. 2, pp. 171–188 (2003).
- [8] 川上浩司: 不便の益を活用するシステムデザイン, 計測と制御, Vol. 51, No. 8, pp. 699–703 (2012).
- [9] 村越 真: オリエンテーリング競技者を中心とした地図利用熟練者の地勢に関する知識と地図記号理解, 博士論文, 筑波大学 (1995).
- [10] Norman, D. A.: Human-centered Design Considered Harmful, *ACM Interactions*, Vol. 12, No. 4, pp. 14–19 (2005).
- [11] Oatley, K. G.: Inference, Navigation, and Cognitive Maps, *Thinking: Readings in cognitive science*, CUP Archive, pp. 537–547 (1977).
- [12] 大岸通孝: 空間能力と認知地図形成に関する実験研究, 金沢大学教育学部紀要. 人文・社会科学編, Vol. 55, pp. 13–18 (2006).
- [13] O'Neill, M. J.: Evaluation of a conceptual model of architectural legibility, *Journal of Environment and Behavior*, Vol. 23, No. 3, pp. 259–284 (1991).
- [14] Passini, R.: Spatial Representations, a Wayfinding Perspective, *Journal of environmental psychology*, Vol. 4, No. 2, pp. 153–164 (1984).
- [15] Sadalla, E. K. and Magel, S. G.: The Perception of Traversed Distance, *Journal of Environment and Behavior*, Vol. 12, No. 1, pp. 65–79 (1980).
- [16] Shemyakin, F. N.: Orientation in Space, *Psychological Science in the U. S. S. R.*, U. S. Office of Technical Science, pp. 186–255 (1962).
- [17] 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, Vol. 5, No. 4, pp. 108–121 (1998).
- [18] 新垣紀子, 野島久雄: 道に迷うのはなぜか—方向音痴の認知的側面と社会的側面 (特集論文 人の移動プロセスの認知科学), *NTT R & D*, Vol. 49, No. 5, pp. 252–262 (2000).
- [19] Spiers, H. J. and Maguire, E. A.: The Dynamic Nature of Cognition During Wayfinding, *Journal of environmental psychology*, Vol. 28, No. 3, pp. 232–249 (2008).
- [20] 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, Vol. 87, No. 1, pp. 59–67 (2004).
- [21] Tolman, E. C.: Cognitive Maps in Rats and Men, *Journal of Psychological Review*, Vol. 55, No. 4, pp. 189–208 (1948).
- [22] Ward, S. L., Newcombe, N. and Overton, W. F.: Turn Left at the Church, or Three Miles North a Study of Direction Giving and Sex Differences, *Journal of Environment and Behavior*, Vol. 18, No. 2, pp. 192–213 (1986).