

非常時におけるナビ利用者の経路選択意図に関する実験的考察

濱田 恵輔[†] 浅川 拓^{††} 中島 伸介^{††} 北山 大輔^{†††} 角谷 和俊^{†††}

[†] 京都産業大学大学院 先端情報学研究科 〒603-8555 京都府京都市北区上賀茂本山

^{††} 京都産業大学 コンピュータ理工学部 〒603-8555 京都府京都市北区上賀茂本山

^{†††} 工学院大学 情報学部 〒163-8677 東京都新宿区西新宿 1 丁目 24-2

^{††††} 兵庫県立大学 環境人間学部 〒670-0092 兵庫県姫路市新在家本町 1 丁目 1-12

E-mail: ^{††}ti1458067@cse.kyoto-sukac.jp, ^{†††}{g1144029,nakajima}@cc.kyoto-su.ac.jp,

^{††††}kitayama@cc.kogakuin.ac.jp, ^{†††††}sumiya@shse.u-hyogo.ac.jp

あらまし 事故、渋滞、災害等の突発的な理由により、一部交通機関がマヒすることで目的地までの移動手段の選択に迷うことがある。その時の状況に応じて、ベストの選択を行うことは容易ではないが、実際のナビ利用履歴を分析すれば、比較的良好な経路を選択できたケースやそうでないケースを検出することが可能となる。我々はこれまでに、経路選択としての成功例に着目することで、経路選択における集合知獲得が可能になると考え、ユーザの最終目的地までの過程において、ナビシステムにて推薦されたが選択しなかった経路と実際に選択した経路の特徴的な差異から、ユーザの経路決定に対する意図を抽出する技術について検討した。本稿では、事故で主要経路が通行不能になった際に代替経路としてどのような経路を選択するかという実験を行い経路選択の結果と選択理由から経路選択のノウハウの抽出、また異なるユーザクラス間での経路選択の傾向の差異に関する分析を行った。

キーワード ナビゲーション利用履歴、集合知、非常時行動分析

1. はじめに

近年、経路探索サービスの発展はめざましいものがある。自動車に搭載されるカーナビゲーションシステムの他にも、タブレット端末やスマートフォンを利用するナビゲーションシステムによる車の乗り換え案内や歩行ルート案内等のサービスも行われている。例えば、NAVITIME^(注1)では、有料サービスではあるが電車やバス、自動車、飛行機、徒歩等の移動手段を組み合わせたユーザにとって最適な経路を推薦するトータルナビゲーションサービスを行っている。

カーナビに関する研究としては、特に経路探索手法について数多く行われており [1]、ダイクストラ法 [2] や A* アルゴリズム [3] といった最短経路探索のみならず、わかりやすく説明が容易な経路を探索するアルゴリズム [4] のような、様々なアルゴリズムを用いた手法が提案されている。また、ユーザの嗜好を反映した経路推薦に関する研究も多く行われている。

しかしながら、突発的な事故や渋滞、災害等により交通機関が一部マヒし、推薦された経路でユーザが目的地に到着できない場合がある。この場合、ユーザは、代替の経路の選択肢が増えるほど、経路の選択に迷うことがある。結果、ユーザは自身の経路選択基準（例えば、「費用が安い」等）に基づき経路を選択するが、その状況下におけるベストな経路を選択することは容易ではない。そのような様々な状況において実際のユーザの経路選択データを分析することで、比較的良好な経路を選択できたケースや、反対に身動きが取れなくなるような経路を選択

してしまったケースを検出することが可能となる。そこで、比較的良好な経路を選択できたケースに着目し、これを分析することで経路選択に関する知識の獲得が可能ではないかと考えた。このような状況下で良好な選択をできたケースに基づき、その経路が選択された理由を抽出して、これを集合知とすることで、新規ユーザへの経路推薦に利用することを考える。

以上をふまえ、ナビを利用するユーザから経路選択のノウハウを収集し、他のユーザへの経路推薦に利用可能なデータ（集合知）を作成することを本研究の目的とする。高品質、高信頼な知識（集合知）は、実質的な社会活動の場であるリアル空間にこそ数多く存在するものと考え、実際の人々の経路選択の結果から集合知の作成を目指す。

本稿では、他のユーザへの経路推薦に利用可能なデータ（集合知）を作成する前段階として、被験者実験を行い、経路選択結果に集合知候補となりうるような有意な偏りがみられるか、また、立場により経路選択結果に異なりが見られるか分析する。

2. 関連研究

歩行者の嗜好に合わせた経路を提示するために、松田ら [6] は 100~200 人規模のアンケート調査を 2 回行い、結果の分析を行った。この研究は、アンケート調査を個人単位で行うことで嗜好を表現することが可能となっている。具体的には、歩行者は距離以外に経路上の階段の有無などの快適性や、ガードレールや横断歩道有無などの安全性を重視し、年齢や性別に応じて重視する条件が異なるという知見を得ている。しかし、これらの条件内の各要因はアンケート内容に制限されるが、差異増幅アルゴリズムでは制限される要因はなく、様々な条件下での経

(注1) : <http://www.navitime.co.jp>

路選択履歴からユーザの意向を反映できるものである。また、災害や事故等の突発的な事象により、推薦された経路が歩行できないといった場合には適用が難しい。

狩野ら [7] は、動的にコストを変動させるアルゴリズムを用いて、数分毎に道路のコストデータを更新し、渋滞回避を可能にする手法の研究を行っている。しかし、このシミュレータでは渋滞や事故、工事等の情報のみ考慮しているため、運転者が経路を変更した場合、その理由は渋滞や事故、工事等に限られる。また、明示された交通情報のみ適応可能であるため、突発的な渋滞や事故に対応出来ない。

根笹ら [8] は、運転者の提示する条件に合わせて経路推薦を行うアルゴリズムの研究を行っている。しかしながら運転者が提示する条件は、立寄地や道路の種類・大きさなどに限られている。

3. 被験者実験



図1 アンケート回答例

事故で主要経路が通行不能になった際に代替経路としてどのような経路を選択するか調べるために被験者にアンケートを行った。

アンケート内容について説明する。図1はアンケート内容の一例と回答例である。出発地と目的地を設定し、平常時に歩行者が選択する経路を黒色で示している。平常時の経路のある地点が何らかの理由で不通になったと仮定する(図1の場合は、烏丸線が不通)。目的地にいたる平常時以外の経路を選択肢として示している(図1の場合は、5パターン。「その他」はタクシーなどの自由記述形式)。また、経路の所要時間として示しているものは平常時にその経路を通行した場合の時間である。事故や渋滞等によってある経路が不通となった時の傾向を調べるため、京都市内において19ケースの状況を作成し、被験者にどういった経路を選択するか、また経路を選択した理由について記述式で回答を行った。

アンケートのタスクは以下の通りである。

- (1) 学生あるいは社会人それぞれの立場で、不通による代替経路の影響を加味して、経路を選択する。
- (2) 代替経路を1つ選択する。
- (3) 選択した理由を自由記述形式で書く。
- (4) (1)～(3)を19ケース分繰り返す。

20代の学生12名を対象にアンケートをとった。被験者の職業の立場による経路選択意図の違いを調べるため、学生の立場でのアンケート、12名の内11名には社会人となった場合を想定してのアンケートをそれぞれ実施した。

本実験の目的は非常時におけるユーザの経路選択からのノウハウの取得が可能かの調査、また傾向が見られた場合にそれを抽出、分析する事で経路推薦に利用出来る集合知の作成を目指す。さらにユーザのクラスタによる経路選択の傾向の違いも調査し、ユーザのクラスタに合わせた集合知の作成を目指す。

4. 被験者実験の分析結果

本節では、前節で行った被験者実験の結果について分析を行った結果を記す。

4.1 経路選択結果の分析:学生クラスタ

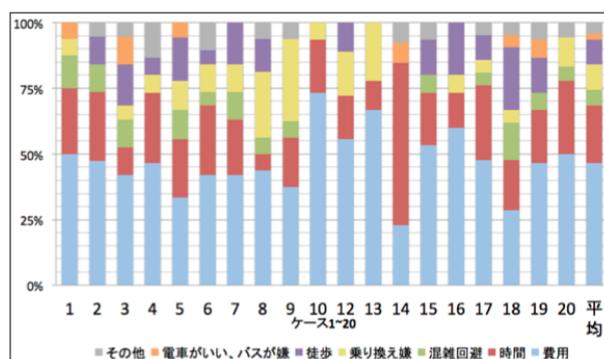


図2 経路選択の理由集計:学生クラスタ

図2は学生クラスタにおける経路選択結果の理由をグラフに表したものである。19ケース全体の傾向としてかかる費用の安さを重視するというのが最も多く選択の理由として挙がっている。その他に平常時の所要時間や徒歩の時間の短さ、乗り換え回数等の経路の簡単さも経路選択理由として挙げられている。これは学生はアルバイトや奨学金を主な収入源としており、出費については出来るだけ抑さえたいが、面倒な経路も避けたいという傾向が現れていると考えられる。そこで、幾つかのケースに見られた徒歩の時間と費用の関連性について分析を行った。

図3は傾向が顕著に見られた清水寺から銀閣寺への移動の概要図である。選択した人数は経路①、③経路がそれぞれ6人ずつと真つ二つに分かれている。

各経路の特徴は以下のようになっている。

①清水寺—清水五条駅—出町柳—銀閣寺道—銀閣寺 乗り換え2回 360円 徒歩27分 平常時49分

③清水寺—清水道—四条河原町—銀閣寺道—銀閣寺 乗り換え1回 460円 徒歩16分 平常時46分



図 3 清水寺から銀閣寺への移動 概要図

経路選択の理由を見ると、経路①を選択した理由は費用が安いというものが最も多く、対して経路③を選択した理由については、徒歩の時間が短いというものが最も多かった。2つの経路の特徴を比較すると、費用が100円の差、徒歩時間が11分の差となっている。また、清水寺―二条城、京都駅―京都府立医科大学、京都駅―祇園四条の3つのケースについても類似した結果が見られたため、これら4つのケースの費用と徒歩時間の差について表にまとめた。最安経路というものは代替経路の内で最も費用の安かった経路であり、比較経路は費用が最安ではないが選択される数の多かった経路である。

表 1 徒歩時間と費用の差の傾向

出発地-目的地	最安経路と比較経路の徒歩時間の差	最安経路と比較経路の費用の差
清水寺―二条城	11	100
清水寺―銀閣寺	11	100
京都駅―京都府立医大	9	150
京都駅―祇園四条	13	120

これらの実験結果より、学生経路を選択する際の徒歩と費用の間には10分/100円程度の相関性が見られる事が分かった。

4.2 経路選択結果の分析: 社会人クラス

図4は社会人クラスにおける経路選択結果の理由をグラフに表した物である。

全体の傾向としては平常時の所要時間を最も優先しており、その他に混雑の回避や電車とバスを比較した際にダイヤの乱れにくいと考えられる電車を選択したというものが被験者の選択理由として挙がっている。これらのいずれも目的地までの到着時間に関わる理由であり、社会人クラスのユーザは時間に関わるコストに対する重みが多くを占めていると考えられる。

4.2.1 交通機関による重みの違い

図5は選択理由に電車を優先したというものが多かった烏丸御池から渡月橋への移動の概要図である。

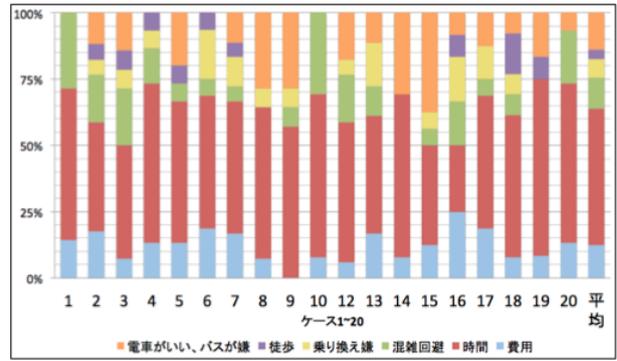


図 4 収集した経路選択データの分析



図 5 烏丸御池から渡月橋への移動

このケースにおいて、経路①と経路②の特徴は費用、平常時の所要時間、おおよその移動経路、乗り換え回数についてほぼ同様となっており、異なる点は経路①は電車26分、経路②は電車12分にバス14分と交通機関の違いのみである。しかし選択結果を見ると被験者全員が経路①を選択しており、経路選択の際には交通機関の違いも考慮する事が必要であると判る。

5. ナビ利用を伴う群集移動の分析に基づいた経路選択における集合知獲得手法

本節では、ナビ利用を伴う群集移動の分析に基づいた経路選択における集合知獲得手法について説明を行う。経路選択データからユーザの意向を抽出するには、大きく分けて2つの方法が必要となる。1つ目はユーザの経路選択データの収集方法、2つ目はユーザの経路選択データを分析し、経路選択の意向を抽出する方法である。そこで、5.1節で“ユーザの経路選択データの収集方法”、5.2節で“ユーザの経路選択に基づく集合知獲得方法”について説明を行う。

5.1 ユーザの経路選択データの収集方法

本節では、集合知を用いた非常時の経路推薦手法について提案する。ユーザがナビに従って出発地から目的地に向かっていく時、ナビの示す経路が事故・災害等によって通行不能となったケースを想定する。この時、ユーザが代替経路として選択出来る経路は複数存在し、ユーザ自身の判断によって目的地までの経路を選択する。この時の経路選択における正解（最短で到着できる経路）は、平常時の予想到達経路を比較しても意味がない。例えば、元の推薦経路が不通になった原因が他の経路にも影響がでるケースや、直接的には影響がなくても他の経路からユーザが流入してくることによる渋滞などにより間接的な影響がでるケースが考えられる。この時のユーザの判断基準を取

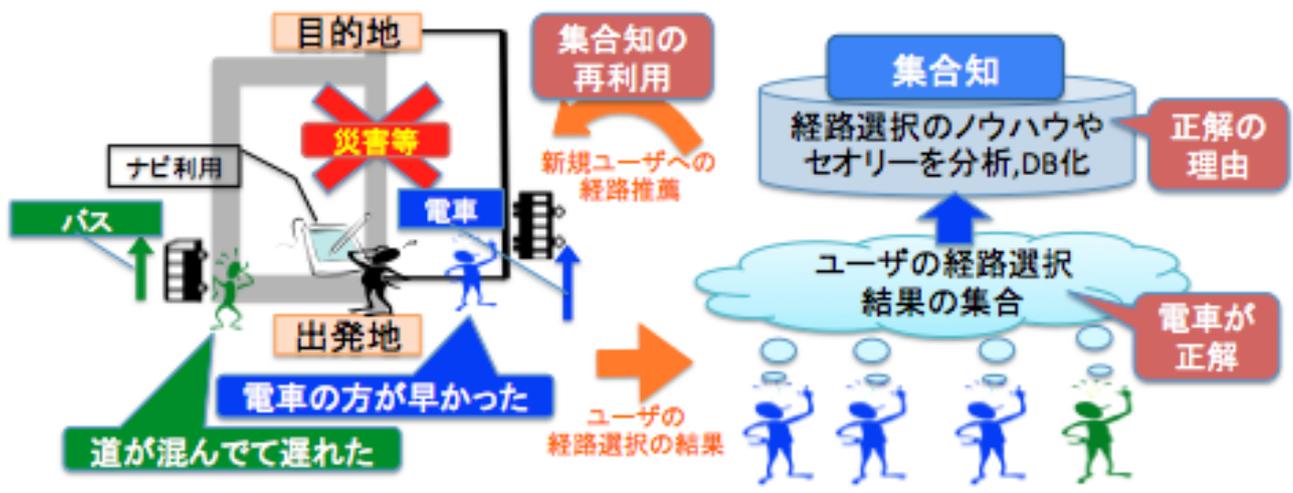


図 6 提案手法の概要

集・分析するためには、このような状況を表現することが可能なコンテキストデータの収集が必要である。

そこで収集するデータ項目としては、以下のような項目を検討している。

- ・ 出発地情報 (緯度・経度)
- ・ 目的地情報 (緯度・経度)
- ・ 出発日時
- ・ 不通状態発生日時
- ・ 不通原因種別 (地震, 停電, 自然渋滞, 交通事故, ...)
- ・ 不通状態発生後のその他選択可能経路
- ・ その他選択経路への影響の有無
- ・ ユーザーが選択した経路
- ・ 目的地到達日時

上記のようなデータを収集することで、ユーザーの判断基準の分析が可能になると考えている。

実際のデータ収集方法としては、自動車移動の場合はカーナビゲーションの利用履歴、その他ユーザー移動の場合は歩行者ナビの利用履歴の利用を想定している。しかしながら、これらデータは公開されていないため、最終的にはナビゲーションサービスを行っている企業との連携を模索しなければならないと考えている。したがって、まずは提案手法の有効性を示す必要があるため、当面はユーザーアンケート等に基づいた人工的なナビ利用履歴データを作成し、提案手法の有効性および妥当性の評価を行いたいと考えている。

5.2 ユーザーの経路選択に基づく集合知獲得方法

5.2.1 経路選択意図分析方法の概要

同一もしくは同様の状況 (コンテキスト) にて、経路選択を行ったユーザー群から収集した経路選択データを対象に、差異増幅アルゴリズム等を用いることで、各ユーザーの経路選択意図を分析し、これを統計的に分析することで、経路選択に関する集合知の獲得を目指す。

事故・災害等の非常時において、“このような選択をすれば常に最適ルートを選択できる”という普遍的な解は存在せず、その時その時のシチュエーションによって、最適ルートは変化す

るものである。したがって、ある時偶然に最適な経路選択ができたとしてもそのユーザーの判断基準が常に優れている訳ではない。つまり、その時その時の非常時において群集はどのような判断をし、最終的にどのような経路選択を行っているのか、群集の経路選択パターンの中でどのような経路選択方法が比較的に良好な経路選択が行えているのか、ということ进行分析することで、経路選択に関する集合知の獲得が可能になると考えている。この様にして、経路選択に関する集合知を獲得できれば、経験値の少ないユーザーに対しても、多くの人々に受け入れやすい比較的良好な経路選択を推薦できると信じている。

5.2.2 差異増幅に基づく経路選択に関する集合知の獲得

ユーザーの経路選択の理由を分析する方法として、差異増幅アルゴリズムを用いるが、差異増幅アルゴリズムとは、ユーザーが“選択したもの”と“選択しなかったもの”の特徴的な差異を比較し、これを増幅することで、本来ユーザーが求めていたものを推定しようとする手法である。

ユーザーの嗜好の表れである“選択したもの”のみを分析する方法との違いについて述べる。“選択したもの”は総合的にはポジティブに判断されたということがいえるが、“選択したもの”が有する全ての要素がポジティブということではない。ただし“選択したもの”が有する要素のうち、何がポジティブで何がポジティブでないかを“選択したもの”のみで判断することは不可能である。

そこで、“選択したもの”と“選択しなかったもの”の差異に注目している。“選択したもの”と“選択しなかったもの”を比較すると、それぞれが持つ要素は、

- ・ “選択したもの”のみに現れる要素
- ・ “選択しなかったもの”のみに現れる要素
- ・ 両者に共通して現れる要素

のそれぞれに分類することができる。つまり、“選択したもの”のみに現れる要素には、そのユーザーがポジティブな印象を持った可能性があり、“選択しなかったもの”のみに現れる要素には、ネガティブな印象を持った可能性がある。これにより、単に“選択したもの”のみに注目するよりも、より詳細にユー

ザの判断基準の分析を行えるようになる。

そこで、この差異増幅アルゴリズムを経路選択に適用し、“ユーザが代替経路として選択したルート”と“ユーザが代替経路として選択しなかったルート”

の特徴の差異に注目し、これを増幅処理することで、ユーザの経路選択時の判断基準を分析する。抽出された経路探索時の判断基準のうち、結果的に良好な判断（比較的短時間で目的に到着）であり、同一条件（もしくは同様の条件）にて多数のユーザに支持された場合には、この状況（コンテキスト）における適切な判断（経路探索における集合知）として採用する。この時の状況（コンテキスト）の表現においては、固有の地名（例えば、京都駅や新宿駅など）として表現するだけでなく、その地域における役割など等を表す抽象度を上げた表現（新幹線の乗り入れがある JR の駅、JR や私鉄等の乗り換え駅、バスターミナル隣接など）として、状況（コンテキスト）を表現することを試みる。これにより、同一地域のみ集合知としてではなく、他の地域やその他の状況への適用も可能になると考えている。

5.2.3 経路選択に関する集合知に基づく経路推薦方式

経路選択に関する集合知に基づく最も手堅い経路推薦方法としては、同一エリアにおける同様の事故・災害等が発生した場合において、適切な経路を選択できないユーザに対して、これまで得られた集合知に基づいて経路を推薦する方法である。前節でも説明したが、経路選択における集合知について、その時の状況を抽象度を上げて表現し、これを特徴ベクトル化することができれば、同一エリアや同一の事故・災害等のトラブルに限らずに、類似した状況における過去の集合知の利用が可能になる。ただし、これを実現するためには、出発地、目的地の特徴の抽象化、選択可能なルートの抽象化および特徴ベクトル化、事故・災害等のトラブルの種別や影響の大きさに関する特徴ベクトル化などについて検討する必要がある。

6. おわりに

本稿では、他のユーザへの経路推薦に利用可能なデータ（集合知）を作成する前段階として、被験者実験を行い、経路選択結果に集合知候補となりうるような有意な偏りがみられるか、また、立場により経路選択結果に異なりが見られるか分析した。今回実験結果から、ユーザの経路選択には一定の傾向が見られること、またユーザクラスによる傾向の違いが見られる事が確認出来た。今後は、より詳細な状況を想定しての実験や、今回見られた傾向についてより詳しく分析を行う追加実験の実施、並びに収集したデータから集合知の作成が可能なシステムの作成に取り組む予定である。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 26280042 による。ここに記して謝意を表す。

文 献

[1] 独立行政法人工業所有権情報・研修館:カーナビ経路探索技術(2005).

- [2] Dijkstra, E.W.: A note on two problems in connexion with graphs, *Numerische Mathematik*, Vol.1, No.1, pp.269–271 (1959).
- [3] Hart, P., Nilsson, N. and Raphael, B.: A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths, *IEEE Trans. Systems Science and Cybernetics*, Vol.4, No.2, pp.100–107 (1968).
- [4] Duckham, M. and Kulik, L.: “Simplest” Paths: Automated Route Selection for Navigation, *Spatial Information Theory. Foundations of Geographic Information Science, Lecture Notes in Computer Science*, Vol.2825, pp.169–185 (2003).
- [5] 中島 伸介, 木下 真一, 田中 克己: 差異増幅型適合フィードバックに基づく画像データベース検索 (画像検索・映像データベース〈特集〉データ工学論文), 電子情報通信学会論文誌 D-I, 情報・システム, Vol.J87-D-I, No.2, pp.164–174 (2004).
- [6] 松田三恵子, 杉山博史, 土井美和子: 歩行者の経路への嗜好を反映した経路生成 (空間情報応用〈特集〉空間情報認知特性の基礎と応用論文), 電子情報通信学会論文誌 A, 基礎・境界, Vol.J87-A, No.1, pp.132–139 (2004).
- [7] 狩野 均, 小塚英城: CA 法による広域道路交通シミュレータを用いた経路案内方式の評価, 情報処理学会研究報告 (ITS 研究会), Vol.2002, No.83, pp.37–43 (2002).
- [8] 根笹 賢一, 宮岡 伸一郎: カーナビ経路探索における運転者希望経路の反映の評価, 情報処理学会研究報告 (MBL), Vol.2007, No.116, pp.1–7 (2007).