

論文審査の結果の要旨

氏名： 藤 琳

専攻分野の名称： 博士（工学）

論文題名： ファジィ AHP を用いたドライバ最適経路探索に関する研究

審査委員： （主査） 教授 泉 隆

（副査） 教授 中村 英夫

元教授 涌井 文雄

1990年以降のGPS（Global Positioning System, 全地球測位システム）を利用したカーナビゲーションシステム（以下、カーナビ）の出現により、我が国においてカーナビの普及は目覚ましく、2012年末までのカーナビユニットの累計出荷台数は5,428万台を超え、現在多くの車に搭載されている。カーナビは、地図データベース、GPS受信機などを搭載した小型コンピュータシステムであり、電子情報通信技術の進歩と相まって、大容量化、高速化、小型化へと現在もなお進化している。

カーナビは、目的地を入力すると地図データベースにより経路探索を行い、利用者（以下、ドライバ）が希望経路を選択すると、測位（位置計測）しながらその経路に沿って案内誘導する機能を有している。すなわち、経路探索機能、測位機能、案内機能が主要な機能となる。

本研究は、そのうちの経路探索機能に関するものである。経路探索はグラフ理論を適用して行われる。すなわち、交差点を節点、交差点間のリンクを枝として、グラフ理論が適用できるように構成した道路ネットワークをもとに、始点から終点までの経路を探索する。一般に経路探索は枝重みをもとに行われ、最小重み経路（最短経路）を求めることが多い。すなわち、枝に距離を重みとして与えれば距離最短経路が求まり、所要時間を重みとすれば時間最短経路が求まることになる。市販カーナビの経路探索（ルート探索と呼ぶことが多い）には、距離優先や時間優先のほか、有料道路優先や一般道路優先などがある。ところが、カーナビから提供される経路の中にはまれに、要望する経路がないと感じた体験を持つドライバも多いと思う。これは経路探索にドライバの考えや好みが反映されていないためである。

そこで、申請者は個々のドライバの好みを反映した経路を「ドライバ最適経路」と呼び、ドライバ最適経路探索手法について検討した。まずアンケート調査によりドライバの考えや好みを分析し、そのもとになる項目を好み要素として分類した。そしてドライバの好みは、必ずしも単一好み要素のみで構成されるものではなく、多くの場合複数の好み要素からなることを明らかにしている。最適経路を探索するには、好みの総合評価値を道路ネットワークの枝重みにして経路探索アルゴリズムを適用すればよい。特に複数の好み要素を考慮する場合、好み要素間に相互作用があること、ドライバの主観によるあいまい性があることなどにより、単純には好みの総合評価値を求めることはできないとしている。そこで、好み要素の重要度を評価するためにAHP（Analytic Hierarchy Process, 階層分析法）の導入を検討したうえで、ドライバの主観によるあいまいさや好み要素間の相互作用を考慮する必要があることからファジィ AHP を導入した。これにより、ドライバ最適経路探索アルゴリズムを構成し、実験を踏まえて、本手法の有効性並びに改善について検討している。

以下、論文の章建てに沿って審査内容を報告する。論文は、第1章の序論から第6章結論に至る全6章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景及び目的、本論文の構成について述べている。カーナビ等から提供される経路の課題を明らかにし、関連研究を踏まえつつ本研究ではファジィ AHP を用いた「ドライバの好みを考慮した最適経路探索」を提案すること、並びに本論文の構成について、一般読者にもわかるように平易に述べている。

第2章では、カーナビの経路探索機能の現状調査、並びに本論文で対象とするドライバ最適経路の定義と提案手法の概要について述べている。

まず、カーナビの経路探索機能の調査では、時間優先、距離優先、有料道路優先や推奨経路などの経路探索が行われてドライバに提供され、ドライバは提供される複数の経路の中から好みの経路を選択利用す

ることになる。

これに対して、申請者はよりきめ細かなドライバ個々の好みを反映した経路を「ドライバ最適経路」と定義し、複数の経路を提示するのではなく好みを反映した経路をダイレクトに探索する手法を提案検討することを明らかにした。すなわち、本論文で提案する手法は個々のドライバの好みを満足すると同時に、経路選択の手間を省略できるものであり、運転中のドライバにとっては大きなメリットがあると評価できる。

基本的な経路探索アルゴリズムには最短経路探索において効率が良いとされるダイクストラ法を採用することとし、その中で個々のドライバの複数好み要素を経路探索に反映するために、好み要素の統合にファジィ AHP を用い、ドライバ最適経路探索アルゴリズムを構築することとしている。すなわち、ダイクストラ法の経路探索過程において、注目ノードごとにファジィ AHP による複数好み要素の統合処理を行うこととしている。これにより、好みを反映した経路をダイレクトに探索することができ、処理時間等にもメリットが出てくる可能性がある。

第 3 章では、ドライバの好みアンケート調査及び走行履歴の調査分析について述べている。

経路探索に関わる主な好み要素についてのアンケート調査では、ドライバが経路選択時に重視する好み要素として距離や時間、道路幅員、信号の有無、直進の多い経路などがあり、しかも一つの好み要素ではなく複数好み要素を考慮しているとある。これは本研究における複数好み要素統合の必要性の裏付けとなっている。

また、走り慣れた経路を多く利用するとの回答が多く、このことはドライバの熟知している地域で良く使用する経路には個人の好みが反映されていると考え、ドライバの走行履歴調査分析を行い第 5 章の経路探索実験の経路評価に用いることとした。なお、地図から読み取れるものと現地の状況によるものとの影響があることも明らかにしている。

第 4 章では、ファジィ AHP を用いた最適経路探索手法の提案、及び提案手法における問題に対する改善について述べている。

ドライバの好みを経路探索に反映するために、まず AHP を用いた複数好み要素の統合について検討している。AHP では、一対比較により各好み要素の重視度が求められるが、複数好み要素の統合計算に単純な加重和を用いるため好みのあいまいさ及び好み要素間の相互作用を考慮できない問題があることを明らかにしている。そこで、ファジィ AHP を用いた方法を提案している。ファジィ AHP は、AHP の加重和計算をファジィ測度によるファジィ積分に置き換えたもので、人間の主観的あいまいさや好み要素間の相互作用を考慮することができる手法である。このファジィ測度を使用する λ -ファジィ測度のパラメータ λ の調整により、人間の個性に対応できる可能性があることも示している。

そして、提案するファジィ AHP を用いたドライバ最適経路探索アルゴリズムの構成を示している。

最後に、提案手法の改善について検討している。一つ目は、経路探索時の注目ノードにおける分岐リンクが少ないとファジィ AHP の総合評価（経路探索コスト）が過小評価される場合があり、言語表現を数値化する意味論評価水準の導入を検討している。二つ目は、AHP の一対比較における好みウェイトが過小評価される場合があり、重要性尺度としてより人間の判断意識に近づく近似尺度の導入を検討している。パラメータ等検討の余地はあるものの、いずれも人間の感覚にマッチする評価手法であると評価できる。

第 5 章では、提案手法に関連する実験及び評価について述べている。

まず、第 3 章で調査した被験者の経路について、距離、道路幅員、信号の有無、直進の多い道の 4 つについて、好み要素同士の相関を調べている。この結果から、直進との相関は小さいものの、その他については強い相関があることが分かり、好み要素間の相互作用があることが裏付けられる。

次に、提案手法の有効性を確認するための模擬道路ネットワークを用いた実験、並びに実道路ネットワーク（第 3 章で調査した走行履歴データ）を用いた実験を行っている。実験には上記の 4 つの好み要素例が用いられた。

ファジィ AHP を用いた提案手法について、模擬道路ネットワークを用いた実験結果では、単一好み及び 2 つ好みを設定した場合に、それぞれの設定に対応した経路が得られ、提案手法が有効に機能することが確認された。また、 λ -ファジィ測度の λ 値を適当に調整することによって、個々のドライバの個性への対応可能性も示され、ファジィ AHP を用いた手法は有効であると評価できる。

実道路ネットワークを用いた実験では、被験者の走行履歴データに対応する経路を探索している。提案手法により求められた経路は、同じ被験者によるアンケート調査から距離最短経路よりも高い満足度が得られ、本手法の有効性が示されている。

さらに、ファジィ AHP の好み要素統合の問題点に対し、好み要素統合の総合評価への意味論評価水準の導入、及び一対比較における重要性尺度への近似尺度の導入について、実験からそれぞれの改善手法は有効であると評価できる。

第 6 章では、本論文の成果と今後の課題についてまとめ、結論としている。

本論文は、個々のドライバの好みを反映した経路探索手法を提案するもので、提案するファジィ AHP を用いた経路探索手法が有効であることを示している。これらの成果は、将来のモビリティ社会において、利用者個々の個性にあった経路情報を提供する上での基礎となり得るものとして評価でき、カーナビ等経路情報提供システムの発展に寄与するものと期待できる。

このことは、本論文の提出者が自立して研究活動を行い、またはその他の高度な専門的業務に従事するに必要な能力及びその基礎となる豊かな学識を有していることを示すものである。

よって本論文は、博士（工学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成 2 5 年 9 月 1 2 日