

論文の内容の要旨

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

最先端の情報通信技術を用いて、交通事故、渋滞など道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システム ITS (Intelligent Transport Systems) の研究開発が進められている。ITS 開発分野の一つに「ナビゲーションシステムの高度化」があり、その実用例にはカーナビゲーションシステム（以下、カーナビ）がある。このカーナビの基本的な機能の一つに経路探索機能がある。経路探索機能はドライバを出発地から目的地まで誘導するための経路を計算するものであり、カーナビで計算される経路は一般に所要時間や走行距離が最短の経路が中心となっている。

一方、ドライバの好みは多種多様である。例えば、「幅員が広くて、信号の少ない道が良い」、「ほぼ直進で、走りやすい道が良い」、「距離が短く、信号もない道が良い」などがあり、カーナビが提供する経路は必ずしもドライバの好みを満足させるものとは限らない。すなわち、ドライバの好みは人間の主観によるものであり、曖昧性がある。さらに、複数の好み要素を総合的に考慮する場合、各好み要素に対する重視度が異なり、好み要素間の相互作用もあるため、一意に統合することは困難である。関連研究では、複数好み要素を単純な加重和により統合しているものがあるが、好みの曖昧さ及び好み要素間の相互作用の検討がなされていない。

そこで筆者は、ドライバの好みを満足する経路探索問題に着目し、曖昧さの伴う複数好み要素を統合して経路探索に反映する手法を検討した。ドライバの好みの曖昧さを考慮するため、人間の主観的判断とシステムアプローチとの両面からの意思決定手法である階層分析法 (AHP: Analytic Hierarchy Process) の応用を考えた。AHP では、一対比較により人間の主観的要素を評価して各好み要素に対する重視度を数値化、さらに複数好み要素を同時に考慮することができる。しかし、AHP の好み統合計算には単純な加重和計算が用いられ、これでは人間の主観による曖昧さを表現しきれていない。そこで本論文では、ファジィ AHP を用いたドライバ最適経路探索手法を提案した。

本論文における経路探索には最短経路問題に用いられるダイクストラ法を用いる。ダイクストラ法の経路探索過程における注目ノードごとに、ファジィ AHP を適用して複数好み要素を総合評価し、その総合評価値を探索コストにすることにより好みを経路探索に反映する。ダイクストラ法の処理過程にファジィ AHP の総合評価処理を追加することにより、本論文で対象とする経路探索アルゴリズムを構築した。

複数好み要素を統合するため、提案するファジィ AHP を用いた経路探索では、それぞれの好み要素を数値化し、かつ同じスケールで統一する必要がある。この場合、ダイクストラ法の注目ノードごとに好みコストの正規化処理を行うが、リンク分岐が少ないと探索コストが過小評価され、遠回りの経路が求められる可能性が高い。この問題に対し、ファジィ AHP による総合評価に意味論評価水準の考えを導入して、過小評価問題の解消について検討した。さらに、AHP の一対比較により求めた好み重視度が過小評価され、経路探索では過小評価された好み要素があまり反映されないことがある。この問題に対しては、より人間の判断意識に近づく近似尺度の導入を検討した。

最後に、模擬道路ネットワークを用いた実験により、提案手法の有効性を確認した。さらに実道路ネットワーク及び好み要素例を用いた実験を行い、提案手法の有効性について考察した。

本論文は 6 章で構成される。以下にその概略を述べる。

第 1 章 序論では、本研究の背景、及び本研究の目的であるファジィ AHP を用いたドライバ最適経路探索について述べている。

第 2 章 ドライバ最適経路では、本論文で対象とするドライバ最適経路の定義及びその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について調査した。調査結果から、ドライバの好みに関わらず、同じ始終点では同じ経路を提供することが多い。また、推奨経路も含めてカーナビはあらかじめ決められたいくつかの条件による経路探索を行うので、ドライバはそれらの経路の中から好みとする経路を自分で選ぶ必要がある。そこで、本論文は個々のドライバの好みを満足させる経路をドライバ最適経

路と定義してその手法について検討することとした。これにより、本論文で定義する最適経路が提供されれば、ドライバは経路選択の手間を省くことができる。

一方、複数の好み要素の統合についての関連研究では、各好み要素に対する重視度の単純加重和が用いられ、好みの主観による曖昧さ及び好み要素間の相互作用については検討がなされていない。そこで、本論文で対象とするドライバ最適経路探索では、複数の好みを探索コストに反映させるため、好みの曖昧さ及び要素間の相互作用を考慮することができるファジィ AHP 手法を用いることとした。そして、ダイクストラ法の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加え、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た。

第3章 ドライバ好みアンケート調査では、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。

まず、経路探索に関わる主な好み要素について好みアンケート調査を行った。調査結果から、ドライバが経路選択時に気になる好み要素及びその優先順位を得た。その中で、道路ネットワークに依存する好み要素を静的な内容、リアルタイムに外部からの情報提供が必要な要素を動的な内容と分類した。さらに、ドライバの良く知っている地域で日常的に使う経路は個人の好みが良いと反映されていると考え、ドライバ個々の走行履歴調査分析を行った。これにより、ドライバ個々の好み傾向も把握できた。なお、調査した走行履歴は経路探索実験の経路評価として用いる。

第4章 ファジィ AHP を用いた最適経路探索の提案では、ファジィ AHP を用いた最適経路探索手法の提案、及び提案手法を用いた実験から見つかった問題点に対する改善について述べている。

まず、複数好みを経路探索に反映するために、AHP を用いた要素の統合について検討した。AHP では、好みの一対比較により、人間の主観判断を好みウェイトに反映することができる。ところが、複数好み要素の統合計算に単純加重和を用いるため、好みの曖昧さ及び要素間の相互作用を反映できない問題がある。

そこで、ファジィ AHP を用いた経路探索手法を提案した。ファジィ AHP は、AHP の加重和計算をファジィ測度によりファジィ積分を用いた総合評価に置き換えた手法である。これにより、加重和の加法的性質を非加法的な性質に変更でき、より人間の主観的評価に近づけることができる。すなわち、好みの曖昧さ及び好み要素間の相互作用に対応することができる。また、ファジィ測度に λ -ファジィ測度を用いることにより、パラメータ λ の調整によって、人間の個性に対応できる可能性があると考えられる。本手法では、複数の好み要素を統合した経路を探索することにより、ドライバの好みに合った経路がダイレクトに探索できるため、複数経路を探索する必要がない。これは、複数経路を探索してその中から最適経路を求める処理に比べて、効率が良いと考えられる。

最後に、提案手法における二つの問題点の改善について検討した。一つ目は道路ネットワークにおける分岐リンクが少ないときに生じるファジィ AHP の総合評価（探索コスト）が過小評価される問題に対し、意味論評価水準の導入した評価について検討した。二つ目は AHP の一対比較による好みウェイトの過小評価問題に対し、AHP における重要性尺度として、より人間の判断意識に近づく近似尺度の導入について検討した。

第5章 提案手法による経路探索実験では、4つの好み例を用いた経路探索実験について述べている。

まず、提案手法の有効性を確認するため模擬道路ネットワークを用いた実験を行った。実験の準備として、各実験に対する経路探索及び経路評価に用いる好みパラメータを定義した。

ファジィ AHP を用いた提案手法による模擬道路ネットワーク実験結果から、提案手法は、設定した好みウェイトに対応する好み特徴を反映した経路を導出できることを確認した。また、 λ の取り得る範囲は広く、多様な評価ができることを確認した。すなわち、 λ 値の調整により単純加重和以外の評価ができ、人間の個性への対応可能性があると考えられる。

次に、実道路ネットワーク（第3章の走行履歴調査に対応する）を用いた実験を行った。実験結果から、ファジィ AHP を用いた提案手法により求められる経路は、最短経路よりもドライバの走行履歴に近づき、個々のドライバの好みを反映することを確認した。

最後に、提案手法における問題点に対し、意味論評価水準の導入により探索コストの過小評価問題を解消、近似尺度の導入によりドライバの好みウェイトの過小評価問題の解消などの改善をはかった。

以上のことより、本論文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。

第6章 結論では、本論文の成果と今後の課題についてまとめている。