

**「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」（平成 26 年度採択）
研究概要**

番号	研究課題名	研究代表者
No.24-3	道路の旅行時間信頼性の評価と運用に係る研究開発 -経済便益計測手法の提案と経路誘導システムの構築-	東京工業大学大学院 准教授 福田 大輔

道路の旅行時間信頼性（移動の定時性）が向上したことによる経済便益の計測・評価手法を提案・検証すると共に、旅行時間の不確実性を前提とした経路誘導アルゴリズムの開発及びそのシステム構築を行った。具体的には、(1) 旅行時間信頼性向上の経済便益の計測・評価手法の提案と検証、(2)-1 旅行時間の不確実性を考慮した経路誘導アルゴリズムの開発とシステム構築、(2)-2 そのようなインテリジェントな経路誘導システムの社会的普及がネットワーク交通流全体に及ぼす影響の分析という、旅行時間信頼性の (1)「評価」および (2)「運用」という二つの観点から研究開発を行った。

1. 背景と目的

道路整備は、平均旅行時間で測られる速達性の向上のみならず、旅行時間信頼性の向上にも大きく貢献するため、その経済便益を適切に計測して事業評価において考慮可能かどうかを検討することが求められている。また個々の道路利用者にとっても、定時性の高い経路を利用したいというニーズや、そのような経路推奨機能を持つカーナビへの期待は大きい。このような「旅行時間信頼性」という移動の質の高さを規定する重要な特性を対象に、(1) 旅行時間信頼性向上の経済便益の計測・評価手法の提案と検証、(2)-1 旅行時間の不確実性を考慮した経路誘導アルゴリズムの開発とシステム構築、(2)-2 そのようなインテリジェントな経路誘導システムの社会的普及がネットワーク交通流全体に及ぼす影響の分析に関する研究開発を行う。

2. 研究内容

【平成 24 年度】

(a=評価, b=運用に関する研究開発をそれぞれ指す)

- a-1. 旅行時間信頼性の経済評価に関する国内外の研究及び実務の最新動向についての包括的レビュー
- a-2. 旅行時間信頼性の貨幣価値原単位を推定するための統合アプローチの開発
- a-3. 旅行時間信頼性指標の将来予測モデルのプロトタイプの開発
- b-1. **Reliable Routing** に関する国内外の研究及び技術開発の最新動向のレビュー
- b-2. 旅行時間変動のもとでの遅刻リスク回避型経路誘導アルゴリズム (**Hyperpath**) の開発と、シミュレーションによる提案手法の妥当性・優位性の確認

【平成 25 年度】

- a-4. 都市高速道路を対象とした旅行時間信頼性向上の経済便益や時間変動コストの試算
- a-5. ネットワークレベルで旅行時間信頼性を効率的に把握・評価するための数理統計学的方法論の開発
- b-3. **Hyperpath** アルゴリズムのクラウドサーバー上での **Web Routing** システムとしての実装
- b-4. **Agent** ベースの交通流シミュレータープロトタイプの開発と、**Hyperpath** による経路誘導に従うドライバー普及効果の基礎分析

【平成 26 年度】

- a-6. 便益評価手法に関するケーススタディの深度化と実務への適用に向けた簡略化の可能性の検討
- a-7. 旅行時間変動の社会的限界費用についての基礎理論検討
- b-5. 動的経路誘導アプリケーション “**HyperNav**”の開発と実走実験による時間信頼性向上効果の確認
- b-6. **Agent** ベースシミュレーターの精緻化と実道路ネットワークにおける **Hyperpath** 普及の効果分析

3. 研究成果

- (1) 旅行時間変動の貨幣価値を推定するための統合アプローチを開発した。本手法はマイクロ経済学理論に整合した上で、経済便益は標準偏差の減少分によって計測すれば良いため、実用上の容易性も兼ね備えている。都市内高速道路を対象としたケーススタディより、旅行時間変動に起因するコストがドライバーの総コストに比して無視できない大きさ（約二割程度）を占める可能性があることが明らかになった。
- (2) 定時性確保の観点から最適な経路を推奨する遅刻リスク回避型経路誘導アルゴリズムを開発した。経路探索スピードの高速化を計った上で、実道路ネットワーク上での利用を念頭に置いて、HP に基づく遅刻リスク回避型経路誘導システムの構築と **Android** アプリケーションの開発を行った。公道上での実走実験を通じて、従来のものに比べて、新たな経路誘導は旅行時間のばらつきを抑制させる効果、特に大きな遅れ時間の生起確率を有意に低下させる効果があることが明らかにされた。

(3) リスク回避型経路誘導に従うドライバーが徐々に増加した際の社会的影響を評価できる、エージェントベースの動的交通流シミュレーションを開発した。Day-to-Day シミュレーションより、リスク回避型経路誘導に従う車両のシェアが高普及の場合において、全車両の平均旅行時間の平均値と平均旅行時間の標準偏差が共に有意に減少することが確認され、本経路誘導の市場浸透に伴ってネットワーク全体の旅行時間信頼性の向上のみならず、条件次第で速達性向上も期待できることが明らかになった。対象を首都圏一般道ネットワーク全体に拡大してシミュレーションを行った場合でも同様の結果が得られることも確認された。

4. 主な発表論文

- [1] **Fukuda, D.**, **Ma, J.**, Yamada, K. and Shinkai, N. (forthcoming) Tokyo: Simulating hyperpath-based vehicle navigations and its impact on travel time reliability. In: Horni, A., Nagel, K. and Axhausen, K. (Eds.) *The Multi-Agent Transport Simulation MATSim*, Chapter 78.
- [2] **Ma, J.** and **Fukuda, D.** (forthcoming) A hyperpath-based network generalized extreme-value model for route choice under uncertainties. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*.
- [3] Xiao, Y. and **Fukuda, D.** (2015) On the cost of misperceived travel time variability. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol.75, pp.96-112.
- [4] **Ma, J.**, **Schmöcker, J.-D.** and **Fukuda, D.** (2013) Faster hyperpath generating algorithm for vehicle navigation. *Transportmetrica*. Vol.9, pp.925-948.
- [5] Fosgerau, M. and **Fukuda, D.** (2012) Valuing travel time variability: Characteristics of the travel time distribution on an urban road. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol.24, pp.83-101.

5. 今後の展望

旅行時間信頼性向上の経済便益計測手法に関しては、(1) より高い信頼度で貨幣価値原単位を推計するための調査方法の開発、(2) ネットワーク全体の便益計算手法の実用化、(3) 旅行時間信頼性予測モデルの精度向上、(4) 交通量配分モデルとの統合的な統合などといった諸検討が更に必要と考えられる。

旅行時間の不確実性を考慮した経路誘導システムに関しては、(1) 開発した経路誘導アルゴリズムのさらなる高速化を図ること、(2) スマホアプリのユーザーインターフェースを向上させること、(3) フィールド実験のさらなる蓄積を通じて本経路誘導方式が優位性を発揮する場面をより明確にすること、(4) 普及評価のための交通シミュレーターに関して、構築した首都圏規模のシステムを活用して、より望ましい交通管理・運用政策について政策シミュレーションを実施すること、などが残された課題として挙げられる。

6. 道路政策の質の向上への寄与

サブテーマ(1)の成果は、道路事業の評価手法の高度化・精緻化に直接的に貢献するものであると考えている。旅行時間信頼性の経済便益は利用者便益全体の二割強を占めるという海外での試算も存在あり、本研究でも同程度の試算結果が得られている。時間に厳格な日本人の国民性を鑑みると、そのシェアはさらに大きくなる可能性もある。さらには、対象を旅客交通のみならず物流交通へと拡張することで、定時性確保に対する全体ニーズは更に大きくなると考えられる。このような中で、本研究開発を通じて考案・検証された統合アプローチに基づく経済便益評価は、旅行時間信頼性の経済便益を適切に計測できる方法論の一つとして、今後便益評価マニュアル等を検討するにあたっての有用な知見の一つとなると考えている。

サブテーマ(2)-1 の成果は、旅行時間が不確実な状況におけるドライバーの最適な経路誘導につながる新たな技術開発がなされる可能性を示唆している。自動車での移動における不満項目として“定時性の低さ”が挙げられることは多く、本研究で開発したHPに基づく経路誘導は、計算負荷が低くドライバーの解釈も容易であるため、適切なクライアントアプリケーションやユーザーインターフェースの開発が進めば実用化の可能性は十分にあるものと考えられる。また、サブテーマ(2)-2 の成果は、HPのようなインテリジェントな経路誘導方式が広く社会に普及することによって社会全体の便益も向上することを確認するものである。今回得られた知見を踏まえてシステムを拡張し、より高精度の需要データや旅行時間データを適用することにより、本研究開発成果が「経路誘導システムをどのような方針で普及させれば道路ネットワーク全体の効率性が向上するのか」を具体的に検討する上での評価ツールとして昇華することが期待される。

7. ホームページ

<http://fukudalab.hypernav.mobi/>