

道路の旅行時間信頼性の評価と運用に係る研究開発

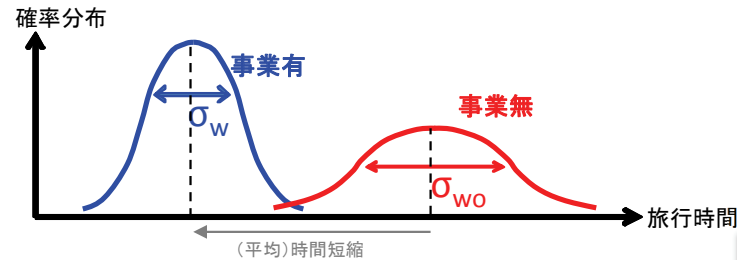
— 経済便益計測手法の提案と経路誘導システムの構築 —

福田 大輔 [代表・全体統括] (東京工業大学・准教授)

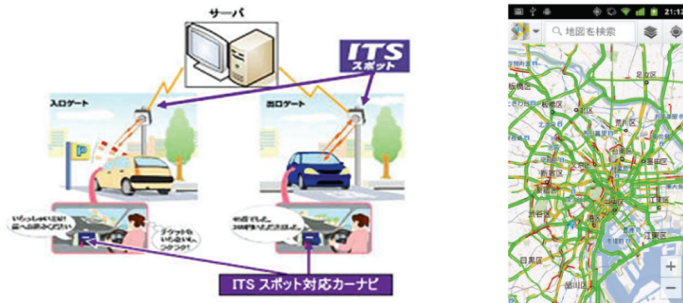
1. 研究概要と体制

- 道路の**旅行時間の変動**は、利用者や社会にとって大きな**コスト**

“旅行時間信頼性”の向上(標準偏差の減少 $\sigma_{wo} \rightarrow \sigma_w$)



- データベースの充実**による旅行時間変動の観測体制の確立



旅行時間信頼性の「**評価**」に係る研究開発

- 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

福田, 兵藤 哲朗(東京海洋大・教授),
文 世一(京大・教授), 土谷 和之(三菱総研・主任研究員)

旅行時間信頼性の「**運用**」に係る研究開発

- ②-1 遅刻リスク回避型動的経路誘導アルゴリズムの開発とシステム構築*
- ②-2 インテリジェントな経路誘導方式に従う自動車の普及がネットワーク交通流全体に及ぼす影響の分析と評価*

福田, 兵藤, 馬 江山(東工大・研究員),
シューマッカー・ヤンディアク(京大・准教授),
キャパリアス・ヤニス(シティユニバーシティロンドン・講師),
牧村 和彦(計量計画研究所・企画部次長)

* 当初計画では3つの研究テーマを掲げていたが、新道路技術会議からのコメント並びにFS研究の成果を踏まえ、経路誘導システムの開発と普及が道路行政(特に、混雑緩和等、全体の利便性の改善)に資することを重点的に検証するために、「運用」に係る2つのサブテーマ(②-1, ②-2)という形で研究の枠組みを再構成した。

2. FS研究の成果[1]: 旅行時間信頼性の「経済評価」

平均分散・スケジューリング統合アプローチによる旅行時間信頼性の経済便益計測

- ① 統合アプローチ(旅行時間が確率変動する状況におけるドライバーの出発時刻選択行動モデル)の優位性・妥当性
 - a) ミクロ経済理論との整合性を保持しつつ(スケジューリングモデル), 操作性・実用性も高い(平均・分散モデル)
 - b) 任意の旅行時間分布形状に対する適用可能性(∵実際の旅行時間分布は右裾が長い→正規分布等は不適切)
 - c) 経路レベル/起終点レベル/ネットワークレベルでの旅行時間信頼性評価への拡張可能性
- ② 選好意識(Stated Preference)調査に基づく, 信頼性比(節約時間価値に対する信頼性価値の比率)の推定～平均で2.40程度
- ③ 高速道路単路区間における, 旅行時間変動に起因するドライバーコストの試算～欧米の試算結果と同程度のオーダー
- ④ 入手しやすい情報(将来の平均旅行時間, 道路特性, 環境条件等)に基づいて, 将来の旅行時間変動を予測する統計モデルを構築

統合アプローチ (Fosgerau & Fukuda, 2012):

旅行時間変動のもとでの出発時刻選択問題(スケジューリングモデル)

$$U(D, T) = \eta D + \omega T + \lambda (T - D)^+$$

早発不効用 旅行時間の不効用 遅着不効用

where $T = \mu + \sigma X$, $X \sim \Phi(X)$
 標準化旅行時間

最大化された期待効用(平均・分散モデル)

$$EU^* = (\eta + \omega) \mu + \lambda H(\Phi, \eta/\lambda) \sigma = \theta \mu + \kappa \sigma$$

既往研究との比較:

文献	山下・黒田(1996)	森地他(1995)	坪田他(2009)	本研究
適用対象	空港アクセス手段	一般道	高速道路(首都高)	特に限定されない
モデルタイプ	スケジューリング(平均・分散との比較も実施)	スケジューリング	スケジューリング	統合アプローチ(=スケジューリング+平均・分散)
選択行動	手段選択	出発時刻選択	出発時刻選択	出発時刻選択, 経路選択, 手段選択いずれも可能
旅行時間分布	正規分布に限定	正規分布に限定	記述なし	任意の確率分布
パラメータ推定	最尤推定(非集計)	最尤推定(非集計)	記述なし	最尤推定(非集計)+旅行時間分布情報
旅行時間分布の出発時刻依存性	独立性を仮定	独立性を仮定	独立性を仮定	考慮可能
信頼性価値	記述なし	記述なし	事前設定, なお, 早着価値は節約時間価値に同じと仮定	明示的に導出
便益定義	記述なし	記述なし	安全余裕時間減少分+期待早着・遅着損失減少分	標準偏差減少分

旅行時間変動の将来予測モデル(統計モデル):

・都市間高速道路の場合(ETCデータ使用)

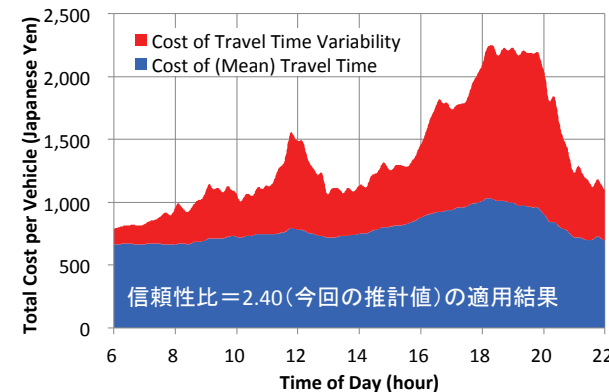
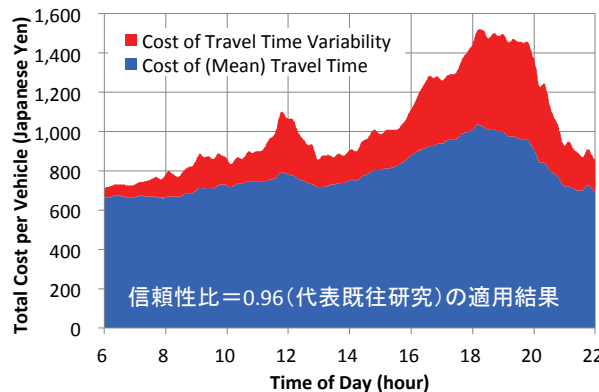
$$CV_t = \alpha N + \beta V + \gamma E + \delta P \quad (\text{決定係数: } 0.94)$$

変動係数 SA/PA 設置数 交通量 交通規制数 平均遅れ*

(* 平均遅れ = 1 - 自由旅行時間 / 平均旅行時間)

・プローブデータを用いて, 一般道を対象に同様のモデルも構築済み

ドライバー移動コスト(平均時間コスト+時間変動コスト)の試算(都市間高速道路の例):



3. FS研究の成果[2]: 旅行時間信頼性の「運用(経路誘導)」

(遅刻)リスク回避型経路誘導方式: “Hyperpath-Based (Dynamic) Route Guidance”

- ① 「最大遅れ時間を最小化する」というMin.Max.ルールに基づく潜在的最適経路“群”探索アルゴリズムの開発
 - a) 経路群の中から、その時の交通状況に応じて、最適“単一”経路を選定してドライバーに推奨
 - b) 既存のReliable Routingに比べて圧倒的に計算コストが低い
 - c) 経路探索を更に高速化するアルゴリズムも新たに開発 (Ma et al., in press) ⇒ 特許の申請を計画中
 - d) Dynamicな状況への拡張も容易に可能
- ② 従来からの典型的な経路誘導アルゴリズム(逐次Dijkstra方式等)に対する優位性を確認
- ③ この経路誘導に従う自動車が普及するにしたがって、ネットワーク全体の速達性・定時性が向上する可能性を確認
- ④ 経路誘導システムのプロトタイプの開発(ローカルPC上のGISシステム, WEBクラウド[Amazon EC2]上のシステム)

数理計画問題: 「リンク a の旅行時間が $[c_a, c_a + d_a]$ の範囲で変動する」というシンプルな想定のみで計算可能

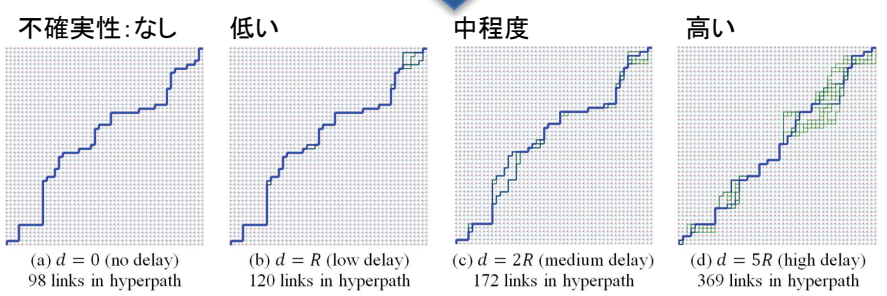
$$\min_{p,w} \sum_{a \in A} c_a p_a + \sum_{i \in I} w_i$$

$$\text{Subject to } \sum_{a \in A_i^+} p_a - \sum_{a \in A_i^-} p_a = g_i \quad i \in I$$

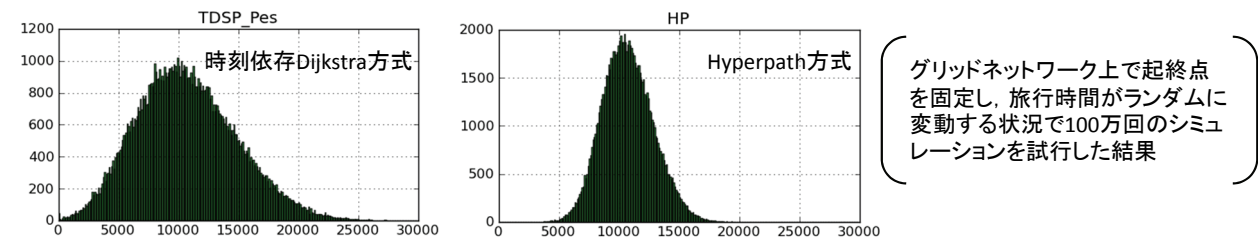
$$p_a d_a \leq w_i \quad a \in A_i^+, i \in I$$

$$p_a \geq 0 \quad a \in A$$

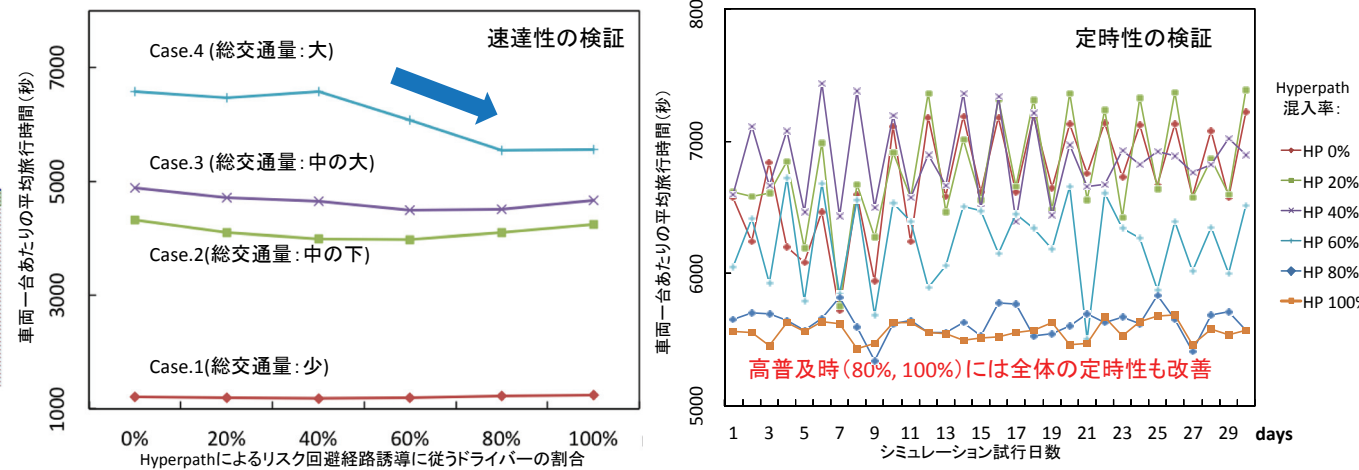
旅行時間の不確実性の度合いに ↓ 応じたHyperpathの生成



経路誘導方式が旅行時間の定時性に及ぼす影響(モンテカルロシミュレーション結果):



Hyperpath型経路誘導普及の社会的効果(動的Day-to-Day交通シミュレーターによる検証):



4. 「本格研究」の計画と見通し

- 「経済便益評価手法」, 「経路誘導システム・アルゴリズム」のいずれについても, 平成24年度FS研究を通じて, その妥当性・適用性・有用性・新規性等が確認された. しかし, 検討内容の一部は初期の段階であり, さらなる拡張や事例蓄積が必要である.
- したがって, FS研究として実施した平成24年度の成果を踏まえ, 2年間(平成25・26年度)の本格研究を引き続き計画する.

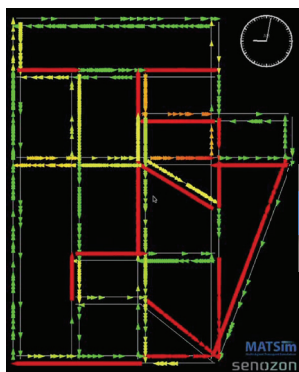
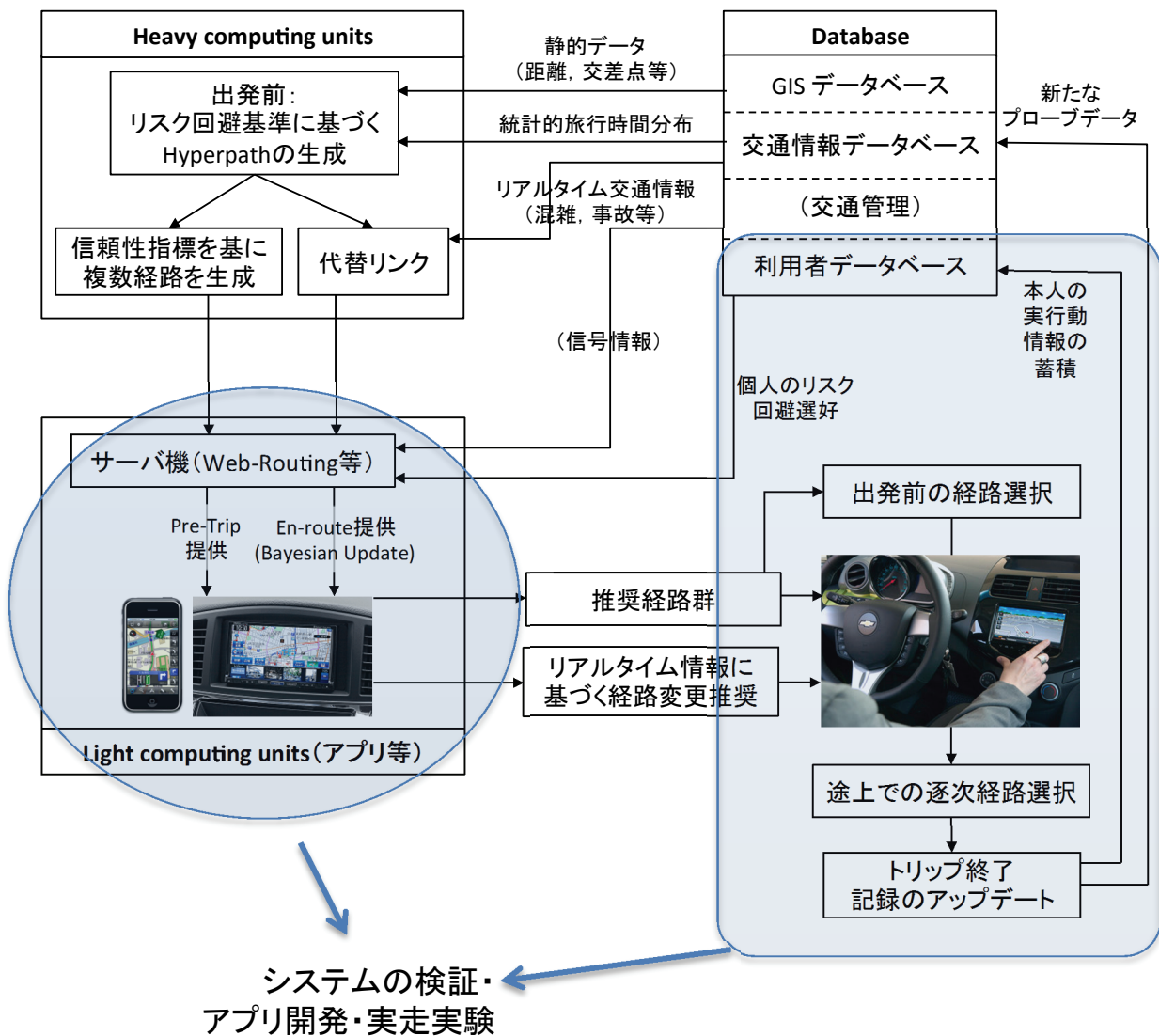
① 経済便益の計測・評価手法:

- 便益評価手法の高度化
 - 実際の交通行動や交通流特性を考慮した貨幣価値原単位の調査・推定方法の開発
 - ネットワークレベルでの旅行時間信頼性評価方法の開発
- 実際の事業におけるケーススタディの実施
 - 高速道路会社と連携して実施予定(調整中)
- サプライチェーン評価への適用可能性の検討

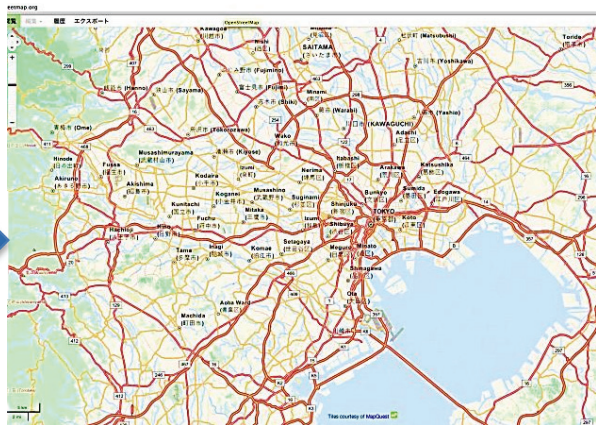
②-2 交通シミュレーション分析:

- 現実の道路ネットワークへの拡張的適用
- 多様な経路誘導アルゴリズムの考慮
- ネットワーク全体の利便性・定時性の定量的評価

②-1 経路誘導システム:



FS研究(小規模)



本格研究(大規模・東京圏)