

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：12601
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23760472
 研究課題名（和文） 都市高速道路ネットワークにおける動的可変チャネルリゼーションの実用化に関する研究
 研究課題名（英文） Study on the Implementation of Dynamic Lane Operation for Merging Sections of Urban Expressway Network
 研究代表者
 洪 性俊（HONG SUNGJOON）
 東京大学・生産技術研究所・助教
 研究者番号：70512010

研究成果の概要（和文）：本研究では、慢性化している都市高速道路渋滞の緩和対策として、交通状況に応じてJCT合流部の車線数を動的に変更する動的可変チャネルリゼーションを提案し、交通シミュレーションを利用したその効果の評価手法の提案、首都高速道路ネットワークを対象としたケーススタディ、ドライビングシミュレータを利用した実験によるその安全性の評価、動的可変チャネルリゼーションの実用化に向けた課題の整理を行った。

研究成果の概要（英文）：In this study, dynamic lane operation, which dynamically changes the number of lanes of JCT merging sections of urban expressway depending on the traffic condition, was proposed to mitigate the traffic congestion of urban expressways. As a feasibility study, the following works were carried out: proposal of a performance evaluation method using traffic simulation, case study for Tokyo Metropolitan Expressway, evaluation of the safety by driving simulation experiment, and summarization of the further study for the implementation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：交通工学

科研費の分科・細目：土木工学，土木計画学・交通工学

キーワード：動的交通運用，都市高速道路，合流部，渋滞，ITS

1. 研究開始当初の背景

都市高速道路ネットワークにおける主なボトルネックの1つとして合流部が挙げられる。JCT合流部は交通需要の変動によって道路空間が有効に活用されない代表的な区間であるため、動的交通運用による渋滞緩和効果は大きいものと期待される。このように、本線側と合流側の交通状態に応じてJCT合流部の車線数を動的に変更する運用手法を本研究では動的可変チャネルリゼーション（DCH）と呼ぶことにする。

既存研究により、DCHによるJCT合流部交通容量および安全性の向上の効果は報告されている。しかし、その検討対象であった首都高速道路のように環状線を持つ複雑な

都市高速道路ネットワークでは、個別合流部において最適な動的可変チャネルリゼーション手法が、必ずしも道路ネットワーク全体の通行性能最適化であるとは限らない。また、合流車両の安全性は向上する一方で、DCHによって動的に閉鎖された車線での誤った走行、あるいは無理な車線変更等による事故リスクは増加すると考えられる。以上は、DCHの導入において不可欠な事前検討事項である。

2. 研究の目的

本研究ではDCHの実用化において必要な次の4項目の検討を目的とした。

(1) DCH の効果評価手法の提案

交通シミュレーション (TS) を利用し, DCH による道路ネットワーク全体の通行性能を考慮した効果評価手法を提案

(2) DCH 運用手法の検討

DCH の局所的な効果は報告されているが, 道路ネットワーク全体の通行性能を考慮した最適運用手法を検討

(3) ケーススタディ

首都高速道路を対象とし, DCH の導入効果を評価

(4) 安全性の評価

合流部手前で閉鎖された車線を走行中のドライバーの運転挙動を分析し, DCH 導入において必要な検討課題を整理

3. 研究の方法

(1) DCH の効果評価手法の提案

本研究では, 2 つの異なるスケールの交通シミュレーションモデルを利用する手法を提案した. すなわち, DCH の導入による合流部交通容量の向上効果はマイクロ交通シミュレーション (マイクロ TS) で分析し (局所分析), その結果を反映したメソ交通シミュレーション (メソ TS) で道路ネットワーク全体への影響を分析した (広域分析). この手法の特徴は, DCH の効果が体系的に分析でき, かつどのような動的交通施策に対する効果評価手法にも利用可能であることである. 以上を図式化したのが図 1 である. ただし, メソ交通シミュレーションモデルは DCH アルゴリズムにしたがって合流シナリオを自動的に変更できるようにする必要がある.

(2) DCH 運用手法の検討

本研究では環状線のある都市高速道路ネットワークへの DCH 導入を想定し, 環状線を本線側, 放射道路を合流側とする JCT 合流部の DCH シナリオを図 2 のように設定した.

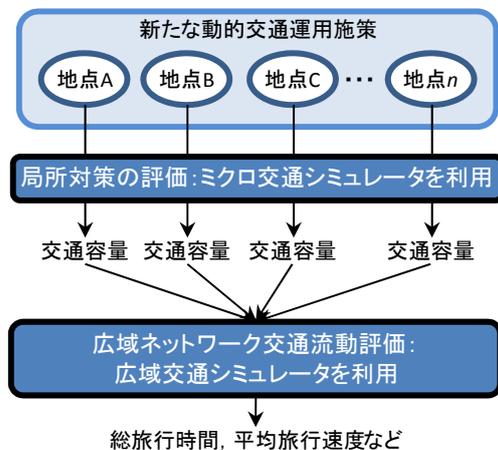


図 1 DCH の効果評価手法

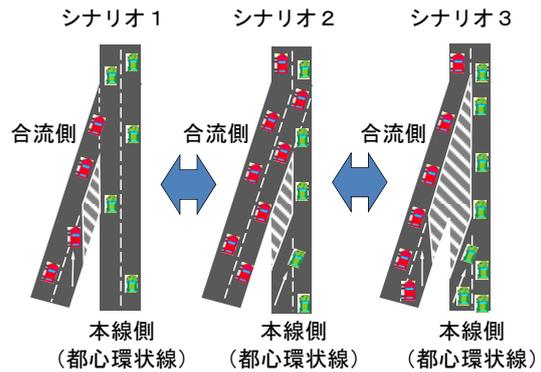


図 2 動的変換チャンネルリゼーション

シナリオ 1 は本線側優先, シナリオ 2 は合流側優先, シナリオ 3 は対等合流である.

道路ネットワーク全体の通行性能を考慮した DCH 運用手法のためには, エリア流入制御手法の概念を用いた. エリア流入制御とは, Macroscopic Fundamental Diagram (MFD) に基づき, 制御すべきエリアへの流入を制限することでエリア内の交通状態を一定レベル以下にする交通対策である. 環状線を中心とする道路ネットワークでは環状線の交通状況が放射道路まで影響を及ぼすので, 本研究では環状線を制御エリアとし, そのエリアの交通状況を一定レベル (制御エリアの集計交通密度, K_f) 以下にすることで道路ネットワーク全体の通行性能を最適化する手法を提案した.

(3) ケーススタディ

本研究では首都高速道路全線を対象とし, 都心環状線における放射道路と JCT 合流部への DCH 導入を想定したケーススタディを実施した. 対象となる JCT は 6 箇所, 合流部は 12 箇所 (外回り, 内回り) である. 現行の合流パターンは, 浜崎橋 JCT と江戸橋 JCT を除き, 本線側 2 車線, 合流側 1 車線であり, DCH



図 3 首都高都心環状線と放射道路との JCT



* France, CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement) de l'Ouest 提供

図4 フランスにおける可変車線運用 (Biseaux de Rabattement Automatiques, BRA)

シナリオ1に相当する。制御エリアは都心環状線とし、trial-and-error 手法により、首都高速道路全体の渋滞が最小とする制御エリアの K_f を推定すると同時に、その際の DCH の効果を DCH 導入前と比較検討した。

(4) 安全性の評価

DCH では動的に車線数を変更するので、上流側では2車線でも合流部では1車線に絞られる場合が必ず存在する。車線閉鎖手法としては可変路面マーキング等のように物理的には走行可能にする手法と、可変バリアーのように物理的に車線を閉鎖する手法がある。物理的に閉鎖すると可変バリアーへの衝突事故のリスクは高まる。ところが、物理的に閉鎖しない場合は、誤って閉鎖された車線を走行し、合流部において致命的な事故を引き起こす可能性もある。したがって、本研究では図4に示すような物理的なバリアーの導入を想定し、安全性の評価を行った。

図4で示すようなものは、フランスでは既に社会実験中であり、車両とバリアーとの衝突事故も報告されている。したがって、DCH の導入では上流側に設置した可変情報版による車線閉鎖情報の事前提供を前提とし、ドライビングシミュレータ (DS) を用いて DCH の安全性の評価を行った。図5および図6はそれぞれ DS で再現した可変情報板と可変バリアーである。

4. 研究成果

(1) DCH の効果評価ツールの開発

DCH の効果の局所分析と広域分析に用いたマイクロ TS とメソ TS は、それぞれ東京大学生産技術研究所先進モビリティ研究センターが開発した KAKUMO と SOUND である。SOUND では、本研究で提案した DCH アルゴリズムを実装し、対象合流部の合流シナリオが都心環状線の交通状況に応じて自動的に変更できるようにした。

(2) ケーススタディの準備

首都高速道路株式会社ご提供の ETC データおよび車両感知器データを利用し、広域分析 (メソ TS) に必要な OD 交通量を推定した。



図5 可変情報板の設定 (左車線閉鎖時の例)



図6 可変バリアーの設定 (左車線閉鎖時の例)

首都高速道路の ETC 利用率は約9割と非常に高く、精度高い OD 交通量の推定ができたと考えられるが、ETC 非対応車両については、入口交通量に合わせて ETC データを拡大することで対応した。

(3) ケーススタディの結果

三つの DCH シナリオを利用するアルゴリズムで DCH の導入効果を評価したが、たとえ本線側 (都心環状線) より合流側 (放射道路) の交通需要が多い場合でもシナリオ2は首都高速道路全体の通行性能を低下させる結果が得られた。その理由は、ある1か所でもシナリオ2を適用すると都心環状線の交通の流れが急に悪くなり、他の放射道路からの合流を悪化させるからである。

次にシナリオ2を除いた場合を検討した。都心環状線の K (集計交通密度) が K_f (集計交通密度の DCH シナリオ切り替え基準) を下回る場合はシナリオ3を適用して、合流部における安全性の向上を図った。一方、上回る場合はシナリオ1に切り替え、本線を優先することで首都高速道路全線の通行性能を最適化するアルゴリズムを適用した。12か所の対象合流部の一部 (例えば3か所) に DCH を適用した場合は一定の効果は見られたものの、既存の合流パターンに比べて著しい効果が得られたとはいえない結果が得られた (図7)。これは、都心環状線の交通量が多くなりシナリオ1が適用されると、すべての合流部の合流パターンが現状と同様になるからである。12か所に適用した場合は、むしろ現状よりも首都高速道路全体の通行性能を若干低下させる結果が得られた。これは、都心環状線の状態を集計交通密度といった1つ

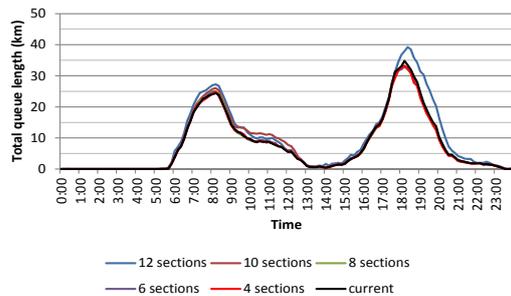


図7 DCH 導入箇所数別の首都高全線の
渋滞長総和の時間変動

の指標にまとめて考慮することで、都心環状線の区間による交通状態の違いが近接する合流部の DCH 運用に反映されず、不適切な DCH シナリオが適用されたからである。

(4) 車線変更時における安全性の評価

安全性の評価には、東京大学生産技術研究所先進モビリティ研究センター保有のドライビングシミュレータを利用した(図8)。実験前に推測されていた、可変バリアーの突発的出現による、被験者の慌てた車線変更の傾向が確認できた。交通量が少ない状態では特に問題なかったが、交通量が多い状態では慌てて車線変更を行い、事故リスクの高まる結果が得られた。図5の可変情報板を利用し車線閉鎖の情報を提供したにもかかわらず、事前に車線変更を行った被験者は少なかった。これは、情報板の曖昧な内容により、空いている車線を少しでも長く走行しようとする運転行動が原因と考えられる。

(5) DCH の実用化のための課題

本研究では都市高速道路ネットワーク全体の通行性能に対する環状道路の影響に着目し、エリア流入制御手法概念を利用した DCH 運用手法を提案した。しかし環状道路内区間における交通状況の違いなどにより、大きな効果は確認できなかった。実用化のためには現場の特性を反映した DCH 運用手法が必要と考えられる。

車線閉鎖時の安全性については、より明確



図8 東京大学生産技術研究所先進モビリティ
研究センター保有のドライビングシミュレータ
を用いた実験の様子

な情報板の内容の検討が不可欠であり、かつイギリスの Controlled motorway の導入時と同様に動的交通運用に関する関連法の改定、取り締まりの強化、ドライバーへの広報等が必要と考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

① 洪性俊, 山邊茂之, 李曙光, 大口敬: ドライビングシミュレータを利用した車線閉鎖時における車線変更挙動の分析. 生産研究(査読なし), Vol. 65, No. 2, pp. 165-169, 2013.3. <https://www.jstage.jst.go.jp/>

〔学会発表〕(計5件)

① Sungjoon HONG, Shigeyuki YAMABE, Takashi OGUCHI, Yoshihiro SUDA: Analysis of the Lane-Change Behavior at a Lane-Closure Event by Driving Simulation Experiment. 20th World Congress on Intelligent Transport Systems (東京), 2013.10. (発表確定)

② Sungjoon HONG, Shinji TANAKA, Takashi OGUCHI, Hiroshi WARITA, and Yuji TAMURA: Dynamic Lane Operation for Merging Sections of Urban Expressway Using Area Traffic Flow Control. The 13th World Conference on Transport Research (Rio de Janeiro, Brazil), 2013.7.17 (発表確定)

③ 洪性俊, 山邊茂之, 李曙光, 大口敬: ドライビングシミュレータを利用した車線閉鎖時における車線変更挙動の分析. 第11回 ITS シンポジウム 2012 (愛知県立大学), 2012.12.14

④ Sungjoon HONG, Shinji TANAKA, and Takashi OGUCHI: Dynamic Lane Operation for Merging Sections of the Tokyo Metropolitan Expressway Network. 19th World Congress on Intelligent Transport Systems (Vienna, Austria), 2012.10.24.

⑤ Sungjoon HONG and Shinji TANAKA: Performance Evaluation of a Dynamic Lane Operation for Merging Sections of Tokyo Metropolitan Expressway. Transportation Research Board 91st Annual Meeting (Washington, DC, USA), 2012.1.23

6. 研究組織

(1) 研究代表者

洪性俊 (HONG SUNGJOON)
東京大学・生産技術研究所・助教
研究者番号: 70512010

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし