自動車二酸化炭素排出量削減のための大規模モビリティ社会シミュレータの研究開発(095103013, 平成21-23)

IBM東京基礎研究所 数理科学担当
井手 剛

© 2012 IBM Corporation

本研究開発の目的

本プロジェクトの目的

モビリティ社会における交通流を高精度にシミュレートする技術を開発し、都市の自動車二酸化炭素排出量の実態把握、交通施策評価のための基盤を構築する

ゴールと達成度

ゴール1: 高精度な運転者モデルの構築

✔ プローブカーデータから運転者の経路選択に関する個性を抽出する世界初の技術を開発

ゴール2: 大規模シミュレーションの実現

✔ TSUBAME2.0において1200コアを利用した大規模交通流シミュレーションを実現

ゴール3: 地方自治体との協業による検証

✔ 広島市道路網を利用し，交通流シミュレーションの予測精度を検証

© 2012 IBM Corporation

最新の数理解析技術、ハイパフォーマンスコンピューティング、時空間データ処理技術を駆使し、大規模に交通流を再現可能なシステムMegafficを開発した

© 2012 IBM Corporation

本研究開発の目的

ゴール1: 高精度な運転者モデルの構築

プローブカーデータから運転者の経路選択に関する個性を抽出する世界初の技術を開発

ゴール2: 大規模シミュレーションの実現

TSUBAME2.0において1200コアを利用した大規模交通流シミュレーションを実現

ゴール3: 地方自治体との協業による検証

広島市道路網を利用し，交通流シミュレーションの予測精度を検証

© 2012 IBM Corporation

[1. 高精度な運転者モデルの構築] プローブカーデータからリスクを考慮した運転者の経路選択に関する個性を抽出する世界初の技術開発に成功した

プローブカーデータ

観測データ数が少ない道路における旅行時間分布のノンパラメトリック推定手法

複数のガンマ分布の混合により、各道路における旅行時間分布をフィッティング

経路選択に関わる運転者の個性の推定手法

各運転者が経路を選択する際の、右左折回数（赤）、法廷速度に基づく所要時間（緑）、走行距離（青）、渋滞リスク（黄）の重視度合い

リスクを考慮したマルコフ決定過程（MDP）による経路選択のモデリング手法

渋滞発生確率、渋滞時・通常時の旅行時間分布から各経路の渋滞リスクを評価し、運転者のリスク嗜好に応じて最も好ましい経路を選択

リスクを考慮したマルコフ決定過程の解法技術

各運転者の個性に応じて、最も好ましい経路を動的計画法により効率的に探索

交通流シミュレーション

© 2012 IBM Corporation

（参考）Megafficと既存ソフトウェアとの比較

□マルチノード環境での並列分散計算に対応
□プローブカーデータを入力とし、運転の行動モデルの自動生成に対応

	パラメータ	大規模計算
既存ソフトウェア (VISSIM、AIMSUNなど)	大量のパラメータがあり、手動で設定するかデフォルト値を利用	マルチノードは未対応
Megaffic	プローブカーデータから自動生成 - 運転行動モデル - リンクコスト予測	X10言語に基づくマルチノード計算に対応

© 2012 IBM Corporation

観測データ数が少ない道路における旅行時間分布のノンパラメトリック推定手法

- □ドライバーはリンクのコストの平均値だけでなく分散も考慮するモデルを採用
  - VISSIMやAIMSUNよりも柔軟なモデル
- □パラメータはプローブカーデータから自動生成
  - プローブカーデータがない道路に対しても適切なリンクコストの分布が計算できる先進の補間手法を開発

黄色: プローブカーデータのある道路
黒色: プローブカーデータのない道路

あるリンク上のコストの分布

© 2012 IBM Corporation

経路選択に関わる運転者の個性の推定手法

- □プローブカーデータからドライバーの好みを自動生成
  - –ドライバーによって好みの経路の種類が異なるモデルを採用
- □VISSIMやAIMSUNのモデルは経路選択の際に異なるコストの重みを考慮するが、重みは手動で設定

© 2012 IBM Corporation

本研究開発の目的

ゴール1: 高精度な運転者モデルの構築

プローブカーデータから運転者の経路選択に関する個性を抽出する世界初の技術を開発

ゴール2: 大規模シミュレーションの実現

TSUBAME2.0において1200コアを利用した大規模交通流シミュレーションを実現

ゴール3: 地方自治体との協業による検証

広島市道路網を利用し，交通流シミュレーションの予測精度を検証

© 2012 IBM Corporation

[2. 大規模シミュレーションの実現] X10言語ベースの大規模マルチエージェントシミュレーション基盤XAXIS（ザクシス）を開発し、2ペタフロップマシン上で日本全国の道路網での交通流シミュレーションを実現した

TOP500 SUPERCOMPUTER SITES

Rank	Site	Computer/Year Vendor
1	DOE/NNSA/LLNL United States	Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom / 2011 IBM
2	RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan	K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect / 2011 Fujitsu
14	GSIC Center, Tokyo Institute of Technology Japan	TSUBAME 2.0 - HP ProLiant SL390s G7 Xeon 6C X5670, Nvidia GPU, Linux/Windows / 2010 NEC/HP

トリップ数 : 100000, ステップ数: 1000,
ノード辺りのスレッド数: 12, ヒープメモリーサイズ:32GB
各起点と終点は異なるノードに配置. .

© 2012 IBM Corporation

（参考）シングルノード・マルチコア環境でのMegafficのパフォーマンスとその比較

□ 実験環境と結果
- PC: Xeon 2.5 GHz, 8コア； メモリ 20GB (シングルノード)
- 地図データ: 広島市
  - 交差点数：2万、道路数：5万、経路数：110万
- シミュレーション上の時間: 64800ステップ
  - 1ステップは実際の1秒に相当
  - 全体で実際の18時間に相当
- 計算時間: 1.2時間
  - 実時間の10倍速以上の計算に成功

□ 参考: 既存ソフトウェアとの比較
- AIMSUNは10580交差点のシンガポールのモデルで実時間の2～3倍速でシミュレーション
- VISSIM は狭い地域のシミュレーションを対象

© 2012 IBM Corporation

本研究開発の目的

ゴール1: 高精度な運転者モデルの構築

プローブカーデータから運転者の経路選択に関する個性を抽出する世界初の技術を開発

ゴール2: 大規模シミュレーションの実現

TSUBAME2.0において1200コアを利用した大規模交通流シミュレーションを実現

ゴール3: 地方自治体との協業による検証

広島市道路網を利用し，交通流シミュレーションの予測精度を検証

© 2012 IBM Corporation

[3. 地方自治体との協業による検証] 広島市と協業し，交通流シミュレーションの予測精度を検証した結果，代表的な広域交通シミュレータを上回る予測精度を持つことを実証した

交通流シミュレータの検証方法

中国地方の道路網(ノード数20187，リンク数57,145)での交通流シミュレーションを実施し，広島市道路交通局が観測した交通量データとシミュレーション結果による交通量を比較することで予測精度を検証する.

予測能力を評価するために他の交通流シミュレータと予測精度を比較する.

交通流シミュレーションに利用した道路網

観測結果(横軸)とMegafficシミュレーション結果(縦軸)

代表的な広域交通シミュレータによる結果

© 2012 IBM Corporation

Megafficのユースケース

入力

初期状態

地図データ

プローブカーデータ

シミュレーション

可視化

- CO2排出量
- 移動時間
- 速度
- 車両台数

© 2012 IBM Corporation

MegafficによるWhat-if分析例

- 広島市における、新規高速道路の建設前後の渋滞状況をシミュレーション

- 作業の流れ
  1. 新規高速道路をマップに追加
  2. シミュレーションを高速道路の建設前後の両方の地図に対して実行
  3. 結果の可視化

- 結果
  - 新規高速道路の建設によって渋滞が減ることを確認
  - 実時間の10倍以上の速度でシミュレーションが実行可能

© 2012 IBM Corporation

スクリーンショット： 地図データへの高速道路の追加

道路・交差点のパラメータの設定

© 2012 IBM Corporation

交通量のヒートマップの比較

□ 高速道路建築後の交通量が減っていることを確認

高速道路建築前 (2005)

高速道路建築後 (2010)

© 2012 IBM Corporation

Megaffic 開発チーム

Sei Kato
加藤整

Takashi Imamichi
今道貴司

Hideyuki Mizuta
水田秀行

Rikiya Takahashi
高橋力矢

Tsuyoshi Ide
井手剛
(Manager)

Takayuki Osogami
恐神貴行

Tetsuro Morimura
森村哲郎

Toyotaro Suzumura
鈴村豊太郎

Rudy Raymond
レイモンド ルディー

Shoko Suzuki
鈴木祥子

© 2012 IBM Corporation