

AI技術に基づく短期交通予測手法と 総合的な交通需要マネジメントの研究開発

研究担当者（6名）

カ石 真（広島大学・准教授）
 浦田淳司（東京大学・助教）
 美添一樹（理化学研究所・エリートリガー）
 円山琢也（熊本大学・准教授）
 塩見康博（立命館大学・准教授）
 Varun Varghese（広島大学・研究員）

研究協力者（7名）

羽藤英二（東京大学・教授）
 井料隆雅（神戸大学・教授）
 早川敬一郎（豊田中央研究所）
 吉野大介・佐藤啓輔・山下大輔・
 平井健二・安達誠（復建調査設計）

学生研究協力者（3名）

渡邊萌（熊本大学・博士課程前期生）
 渡部竜輝（広島大学・学部生）
 Maya Safira（広島大学・博士課程後期生）

2018年度（1年目）の活動概要

（1）機械学習を用いた交通短期予測に関する既往研究の包括的レビュー（Varghese, カ石, 浦田）

交通状態推定（交通量，速度，占有率）を対象に**深層学習を適用した論文**を体系的に整理。黎明期はRNN（特にLSTM及びGRU）を用いた研究が多いものの，近年，**CNN系のモデルベースに道路ネットワークのグラフ構造を考慮する等の工夫を行うことにより予測精度の改善に成功した研究成果**が出つつあることを確認。交通分野における機械学習手法の適用事例を整理・データベース化し，**機械学習手法の短期交通予測精度に関するメタ解析**を実施。

（2）短期需要予測のための学習アルゴリズム（プロトタイプ）開発（塩見, 美添, 浦田, Varghese, カ石）

- 1)リンク交通量，旅行速度の短期予測のための学習アルゴリズム開発**：平成30年7月豪雨災害の交通マネジメントを事例に，交通状態の短期予測に深層学習を適用CNN+GRU等のモデルと比べて，**GRU+dropoutで構成されるネットワーク構造を採用した場合に推定精度が高い**ことを確認（3D-resnet等，その他の手法とも比較予定）。
- 2)OD交通量の短期予測のための学習アルゴリズム開発**：広島都市圏におけるOD交通量短期予測を念頭に，**全結合型ニューラルネット**を用いた目的地選択モデルを構築，MNLと比べて精度の大幅な改善を確認。

（3）総合的な交通需要マネジメントに向けた包括的レビューと基礎技術検討（カ石, 円山, Varghese）

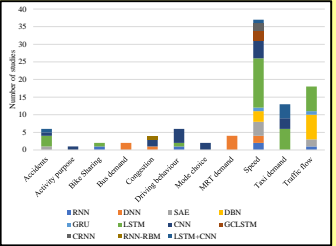
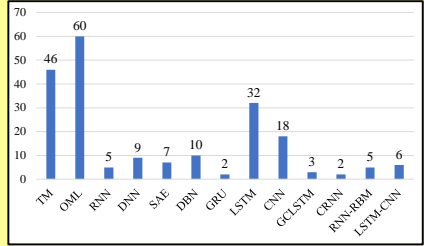
- 既存ICT関連論文の整理に基づく，新たな需要マネジメントシステム構築に向けた**ICTアーキテクチャ**の再検討。
- 選好誘出システム**としての，プローブパーソン調査と選好意識調査を統合した**PP-SP調査**を実施。
- 新たな交通サービスに対する需要の反応を観測するための**推定誤差を最小にする介入調査デザイン手法**の開発。

（4）情報収集：各種学会（IATBR, HKSTS, TRB, 情報論的学習理論と機械学習研究会, 土木計画学研究発表会等）にて最新の研究動向を確認。オンライン配車サービスを提供するGO-JEK社研究部門を訪問し関連情報を収集。

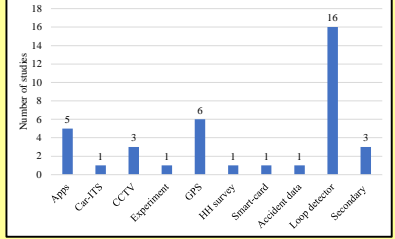
(1) 機械学習を用いた交通短期予測に関する既往研究のレビュー

機械学習手法の交通分野への適用事例

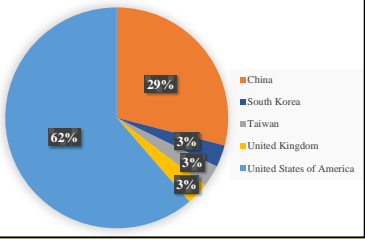
50編以上の機械学習を用いた交通短期予測に関する論文レビューに基づき、最新の研究動向を整理。メタ解析(表1)の結果、方法論はCNN, 分析対象は速度, データソースはLoop detector, 対象エリアは都市部以外の場合に予測精度が高くなる傾向にあることを確認。



交通問題に適用された手法



分析対象



データソース

実証分析対象国

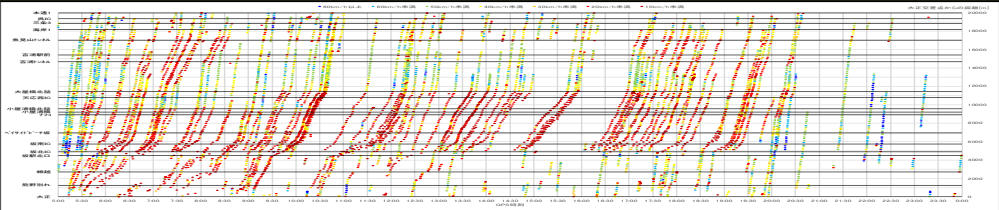
メタ回帰分析結果 (目的変数: 予測精度)

	推定値	t値
Intercept	78.52	46.49
Method: CNN	5.576	2.297
Area of study: Speed	5.471	3.206
Data source: Loop detectors	7.139	4.102
Region of study: Urban	-3.900	-2.152
R-squared	0.2432	
Adjusted R-squared	0.2273	

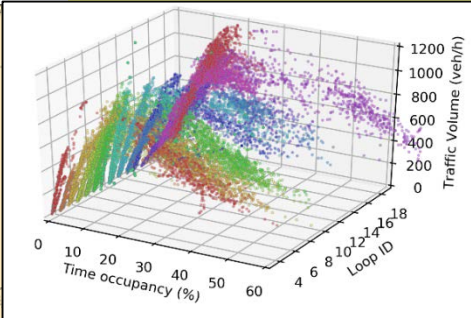
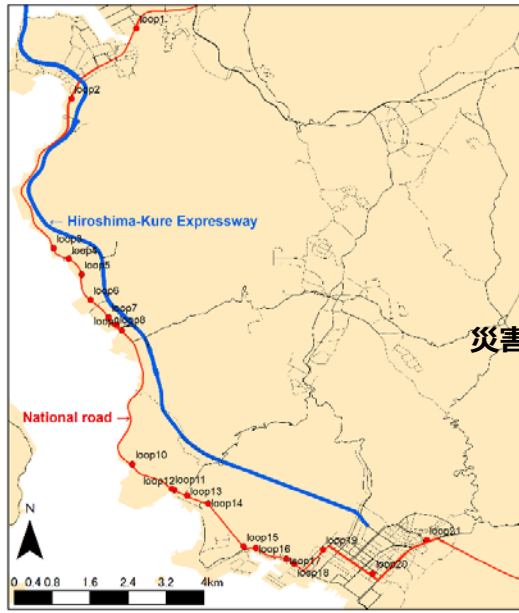
(2) 短期需要予測のための学習アルゴリズム (プロトタイプ) 開発

平成30年7月豪雨災害における短期交通予測

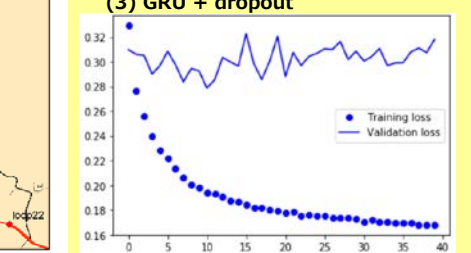
(適用対象: 集計QKを利用した災害時交通流入制御の可能性検討 + ODパターン短期予測に基づく臨時交通サービス設計の可能性検討)



災害直後(2018年7月18日)の国道31号線タイムスペース図(ETC2.0)



災害直後(2018年7月18日)のQKプロット (3) GRU + dropout



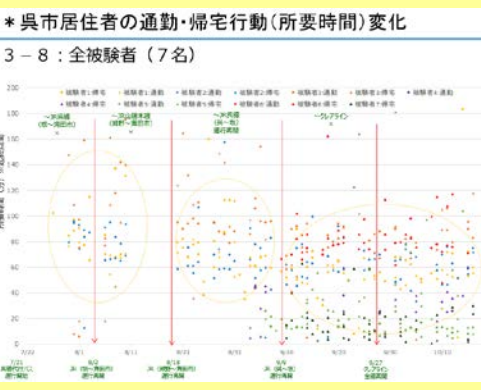
広島-呉間の国道トラカンデータ観測地点

短期交通量予測の損失値

広島市を対象としたDNN目的地選択モデルの構築	隠れ層	1	2	1	2	3	5
	ユニット数	214	214	321	321	321	321
	最終尤度	-2016.6	-2053.9	-1998.6	-2044.6	-2039.8	-2627.4
隠れ層	1	2	1	2	1	1	
	ユニット数	428	428	535	535	642	749
	最終尤度	-1989.7	-2031.2	-1974.1	-2041.8	-1975.6	-1986.5

(3)総合的な交通需要マネジメントに向けた包括的レビューと基礎技術検討

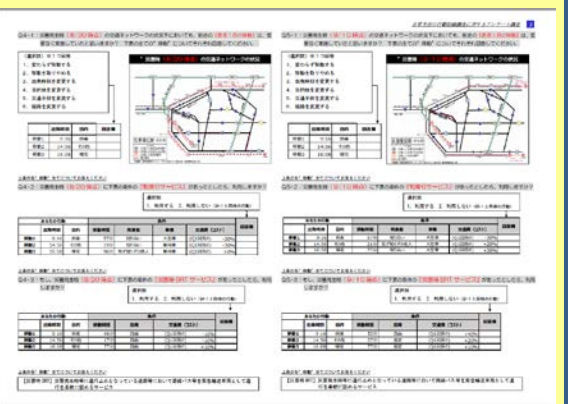
選好誘出型 プローブパー ソン(PP)調 査の設計・実 施



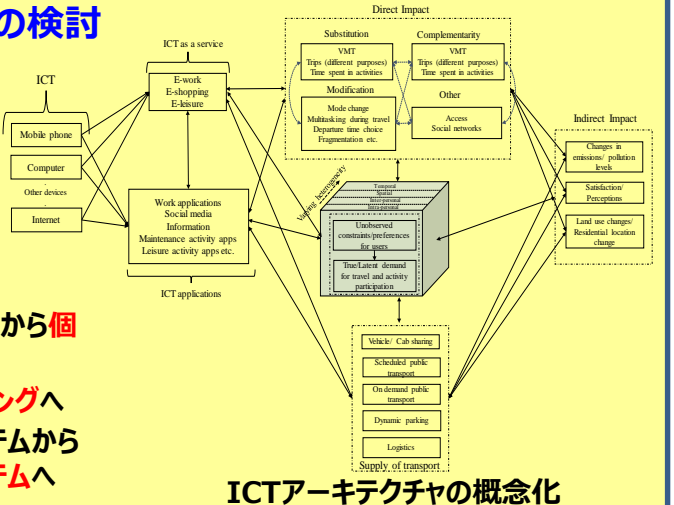
平成30年7月豪雨直後の呉市居住者の通勤時間の変化 (PP調査データより)



プローブパーソン調査結果に基づくSP調査の実施 (被験者数約200名)



118編の既存ICT関連論文の整理に基づく新たなICTアーキテクチャの検討



- キーコンセプト:**
- 同質なサービスから個別化サービスへ
 - 均衡からマッチングへ
 - 情報提供システムから選好誘出システムへ

ICTアーキテクチャの概念化

推定誤差を最小にする介入調査デザイン手法の開発と適用

提案する最適化問題

$$\min \text{var}(\delta) \quad (\text{推定誤差})$$

$$\text{s.t. } B \geq C, D_I > 0, D_C > 0, N_I > 0, N_C > 0$$

$$C = C_0 + (N_I + N_C)C_N + (N_I D_I + N_C D_C)C_{ND} + N_I C_I$$

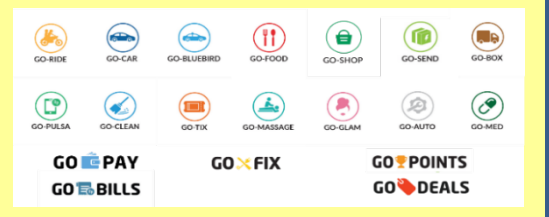
数値計算例 超小型バッテリー貸出社会実験に対する実証結果

- 数値計算例**
- 設定**
 - 総予算: 300万円
 - 調査初期固定費用: 50万円
 - 被験者数増加に係る費用: 1000円/人
 - 観測日数増加に係る費用: 100円/日
 - 介入費用: 20万円 (e.g., 小型バッテリー車両の貸出し)
 - 個人間変動 (分散): 0.5
 - 個人内変動 (分散): 1.0
 - 結果**
 - 介入グループの標本数: **11.0**
 - 観測日数: 63日/人
 - 非介入グループの標本数: **155.6**
 - 観測日数: 4.5日/人

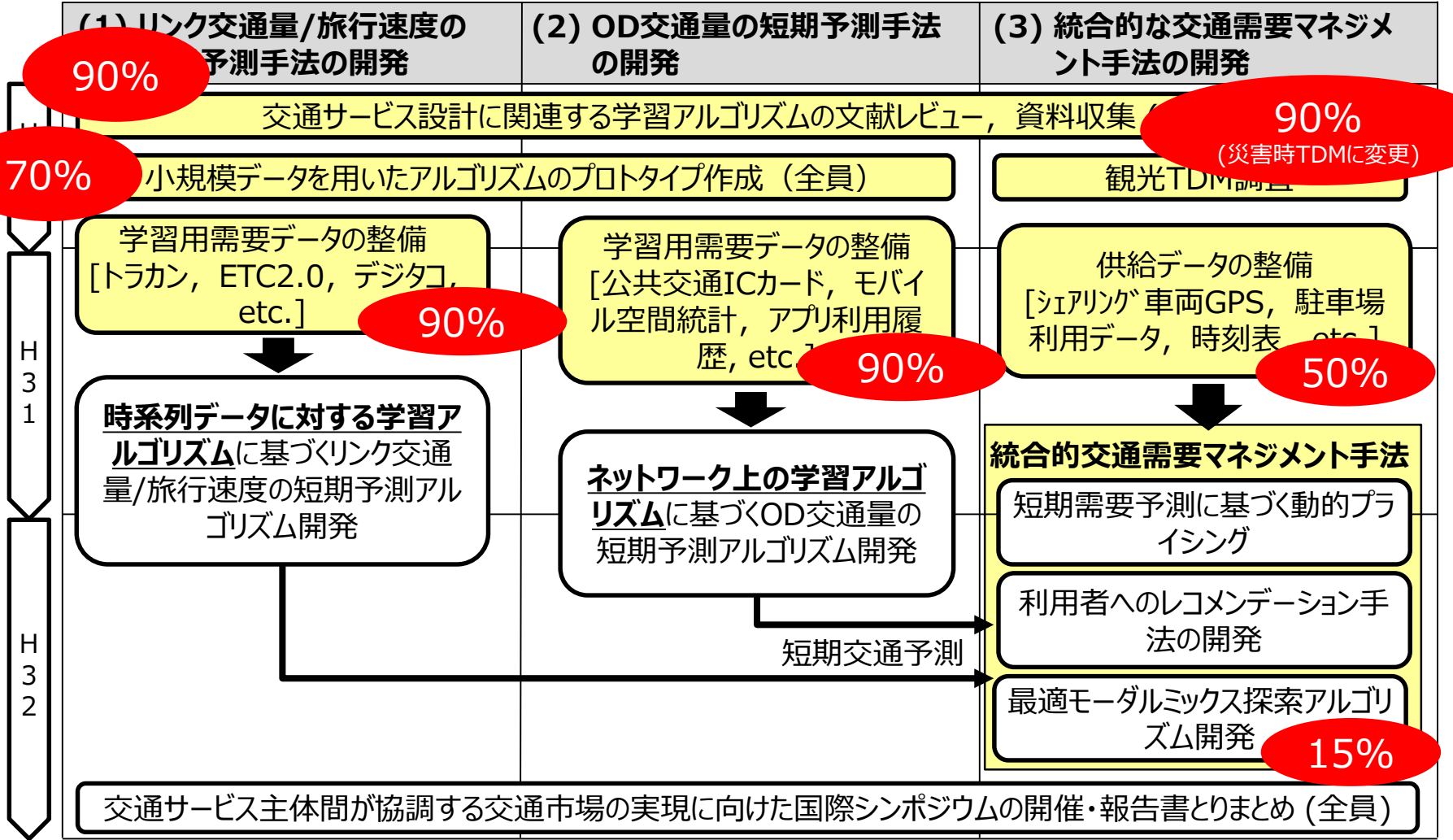
Trip frequency (per person per day)	$w_1 = 1$		$w_1 = w_1^{TR}$		$w_1 = w_1^{AT}$		$w_1 = w_1^{ATC}$	
	estimate	t-value	estimate	t-value	estimate	t-value	estimate	t-value
Trip frequency (per person per day)	0.351	0.99	0.092	0.25	1.202	3.54	-0.208	-0.68
# of trips	0.351	0.99	0.092	0.25	1.202	3.54	-0.208	-0.68
Trip purpose (# of trips per person per day)	0.062	0.80	0.089	1.09	0.185	3.25	0.075	1.26
Pick-up/Drop-off	0.062	0.80	0.089	1.09	0.185	3.25	0.075	1.26
Shopping	-0.299	-1.64	-0.627	-4.22	-0.196	-1.50	-0.812	-6.38
Medical	-0.027	-0.61	-0.070	-1.64	0.061	1.66	-0.108	-3.31
Leisure	-0.025	-0.30	0.201	2.25	0.069	0.87	0.283	3.84
Travel mode (# of trips per person per day)	-0.192	-0.76	-0.913	-3.53	-0.332	-1.24	-1.210	-5.43
Non-motorized	-0.192	-0.76	-0.913	-3.53	-0.332	-1.24	-1.210	-5.43
Public transport	0.033	0.43	0.036	0.33	0.037	0.64	0.023	0.39
Car passenger	-0.230	-1.76	-0.229	-1.76	-0.114	-1.25	-0.252	-2.37
Car driver	-0.088	-0.36	-0.223	-0.88	0.493	1.81	-0.406	-1.81
Destination								
Inside sojourn (%)	0.080	1.73	0.101	2.05	0.218	5.37	0.067	1.83

(4) 情報収集

- 情報論的学習理論と機械学習研究会: 機械学習に関する最新の研究動向の整理.
- GO-JEK研究部門訪問: ライドシェアサービス提供時における短期予測アルゴリズムの需要に関するヒアリングとデータ提供の可能性について打診.
- IATBR/HKSTS/TRB: 海外における機械学習の交通分野への適用事例に関する情報収集.



進捗状況



今後の予定 :

- 【今年度】短期需要予測手法プロトタイプ構築, PP-SP調査データ基礎解析, 3本の論文投稿 (機械学習レビュー論文, ICTと交通レビュー論文, 最適調査デザイン論文)
- 【来年度】PP-SP調査の本格化 (システムの構築と動的プライシングを対象とした調査の実施), 交通状態短期予測手法の確立, 短期予測手法の社会実装に向けたICTアーキテクチャの検討