

# 世帯構成員の活動選択を考慮した ネットワーク均衡モデル

熊本大学 円山琢也

Vo, Lam, Chen, & Shao (2020) A household optimum utility approach for modeling joint activity-travel choices in congested road networks, *Transportation Research Part B*, 134

Vo, Lam, & Li (2021) A mixed-equilibrium model of individual and household activity travel choices in multimodal transportation networks, *Transportation Research Part C*, 131

# はじめに

- 世帯内構成員の相互作用の考慮は重要
- アクティビティモデルと動的配分を統合した研究例 (Lam and Yin 2001など)はあるが、世帯内相互作用は導入されていない
- 複数交通手段の考慮や、確率均衡の例もない
- 目的      これらを考慮したモデル構築

# 既存研究

- 世帯構成員の相互作用: 時間配分, 活動パターン, 発着時刻の調整, グループ意思決定
- Recker (1995) 世帯の活動パターン決定問題を集荷配送問題として定式化
- 混雑の内生化がまだ
- 交通配分との接続がad hocな場合が多い

Vo et al. (2021) Table 1

# 既存研究との比較

Vo et al. (2021) Table 2

- 個人と世帯の混合クラス．複数交通手段，手段間相互作用，認知誤差を考慮している点で一般化

# 選択行動

活動交通パスの選択

joint activity travel path (JATP)

世帯タイプ別に

統合活動・交通パス  
を選択

統合活動・交通が単  
独か，同行ありか

Vo et al.(2021)  
Fig.1

同行ありなら，誰と

いつ?

どの活動を どこで

どのODペア間で?

どの交通手段の経路で

# 仮定 (Vo et al.,2021)

A1: 時間は離散化

A2: 時間によって活動効用は異なる

A3: 個人/世帯の効用最大化行動

A4: 自動車/公共交通 バスの時間は車依存

A5: 活動地点での正/負の混雑を考慮

他人との近接による不快さ/多数が集まる効用

A6: 公共交通車内の混雑不効用を考慮

A7: 自動車リンクは分離型増加型コスト関数

A8: 一人乗り(SD), ライドシェア運転手(RD),  
ライドシェア乗客 (RP), or 公共交通乗客(TP)

A9: RDはRPを事前に決めた地点で乗降車

# 活動交通パスの例

Vo et al.(2021)  
Fig.2

朝，夫婦で同乗して，朝食を食堂で同伴活動

妻は地下鉄で勤務先へ

夫は自動車で勤務先へ

妻はバスで帰宅

夫は自動車で帰宅

# 世帯の活動・交通の効用関数

$$u_q^h = \sum_{m=1}^{M^h} \sum_{g=1}^{G^h} \sum_{k=1}^K \left( \underbrace{\sum_{i \in I} \sum_{s \in S} u_{is}^{hmg}(k) \delta_{qis}^{hmg}(k)}_{\text{activity utility}} - \underbrace{\sum_{w \in W} \sum_{p \in P^w} c_{pw}^{hmg}(k) \xi_{qpw}^{hmg}(k)}_{\text{travel disutility by private car}} - \underbrace{\sum_{w \in W} \sum_{p \in \hat{P}^w} \hat{c}_{pw}^{hmg}(k) \hat{\xi}_{qpw}^{hmg}(k)}_{\text{travel disutility by public transit}} \right),$$

統合活動交通効用

活動効用

自動車移動の不効用

公共交通移動の不効用

$$u_{is}^{hm} \left( k \right) = U_{is}^{hm(0)} + \int_{kt_\sigma}^{(k+1)t_\sigma} \frac{\kappa_i^{hm} v_i^{hm} U_{is}^{hm}}{\exp(\kappa_i^{hm}(t - \tilde{t}_i^{hm})) [1 + \exp(-\kappa_i^{hm}(t - \tilde{t}_i^{hm}))]} v_i^{hm+1} dt,$$

活動効用

活動の限界効用

Vo et al. (2020) Fig. 4

鐘形の形状



Vo et al.(2021)  
Fig.3

Vo et al. (2021) Fig.4

Vo et al.(2021) は  
統合活動交通パスの  
ロジット型確率均衡

Vo et al. (2020)は  
確定均衡 (他にも微差あり)

変分不等式で  
定式化  
緩和法で解く

# UE vs SO の一般化

Vo et al. (2020) Fig.1

# 展開

- 確定均衡のVo et al. (2020)の変分不等式は最適化問題に変換可能
  - Lam & Huang (1992) のリンクコスト関数正規化
- 下記の改良型 限界費用課金でHO HSOに

$$\tau_a(k)^{\text{hso}} = \underbrace{\bar{\gamma}_a(k)}_{\text{同乗の追加効用を考慮した平均時間価値}} \frac{\partial t_a(k)}{\partial \tilde{v}_a(k)} \underbrace{\varphi_a(k) \tilde{v}_a(k)}_{\text{平均乗車人数}} \quad \forall a, k.$$

同乗の追加効用を考慮した  
平均時間価値

平均乗車人数

$$\bar{\gamma}_a(k) = \gamma \sum_{h=1}^H \sum_{m=1}^{M^h} \sum_{g=1}^{G^h} (1 - \underbrace{\beta_a^{\text{hg}}(k)}_{\text{同行移動の選好パラメータ}}) \frac{v_a^{\text{hmg}}(k)}{v_a(k)} \quad \forall a, k.$$

同行移動の選好パラメータ = 0なら追加効用なし

# 数値計算例1

HSOのほうが同乗促進で，車トリップ削減

Vo et al. (2020)

SOだとHSOよりも過剰な課金をしがち

# 数値計算例1 続き

Vo et al. (2020)

HOTレーンの導入効果を  
活動時間配分の変化便益として導出可能

# 数值計算例 2

Vo et al. (2021)

# COVID-19の評価例

- 仮定

B1: 感染確率の完全情報があり，活動・交通行動が感染確率の関数

B2: 感染リスクは，活動場所，公共交通車内の同時滞在人数，滞在時間に比例

B3: 同行活動・移動にはリスクがあると認識

Vo et al. (2021)Table 15

テレワークの拡大，公共交通の利用低下などを表現



# 結論

- 世帯の活動・交通選択を多手段交通ネットワークで手段間相互作用を考慮して記述する混合均衡モデル
- 効用の認知誤差の異質性も考慮
- 変分不等式を緩和法で解く
- UE-SO関係の一般化

## 今後の課題

- パラメータのキャリブレーション
- 土地利用交通モデルとの統合

# 円山コメント

- 組み合わせ論文では「1+1=3 5」を目指したい

	混雑なし	混雑あり
確定経路 選択	<p>All or Nothing</p> $\min. \sum_a x_a t_a$	<p>UE</p> $\min. \sum_a \int_0^{x_a} t_a(x) dx$
確率経路 選択(logit)	<p>確率配分SA</p> $\min. \sum_a x_a t_a + \frac{1}{\theta} \sum_{r,s,k} f_k^{rs} \log f_k^{rs}$	<p>SUE</p> $\min. \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \frac{1}{\theta} \sum_{r,s,k} f_k^{rs} \log f_k^{rs}$

新しい切り口を開拓したい

# コメント続き

- アクティビティ分析のFact findingの面白さが，パラメータ外生のネットワーク・モデルでは不足気味．仮定に依存した結果が多くなる
- Vo et al. (2021)は82個 (+付録26個)の 数式, 2ページ分の記号定義．肝となる変数を読み取りたい．
- 実務的に利用可能にOperationalにしたい...
- トリップ・チェーン，時空間パス等を利用した均衡配分の定式化は容易．確率選択の場合，選択肢集合の設定，類似性表現が困難（一応C-logitは導入しているが）
- そもそもAgent-based micro-simulationで十分かも．ネットワーク配分との統合時の繰り返し計算の手法の数学的根拠付けとする程度が穏当な方向性の一つか

# 参考文献

- W.H.K. Lam, Y. Yin: An activity-based time-dependent traffic assignment model, *Transp. Res. Part B*, 35 (2001), pp. 549-574
- X. Fu, W.H.K. Lam: A network equilibrium approach for modelling activity-travel pattern scheduling problems in multi-modal transit networks with uncertainty, *Transportation*, 41 (2014), pp. 37-55
- X. Fu, W.H.K. Lam: Modelling joint activity-travel pattern scheduling problem in multi-modal transit networks, *Transportation*, 45 (2018), pp. 23-49
- W.H.K. Lam, H.J. Huang: A combined trip distribution and assignment model for multiple user classes, *Transp. Res. Part B*, 26 (1992), pp. 275-287
- W.W. Recker: The household activity pattern problem: general formulation and solution, *Transp. Res. Part B*, 29 (1995), pp. 61-77