

An integrated behavioral model of the land-  
use and transport systems with network  
congestion and location externalities  
(Bravo et al., 2010)

理論談話会

交通研究室 学部四年

日下部 達哉

# Contents

1. 目的／ポイント
2. 先行研究
3. モデリング
4. シミュレーション
5. まとめ

# 1. 目的／ポイント

## ➤ この論文の目的

... 立地選択とトリップ数／経路選択には大きな関連があるので、  
両者を統合的に考えて、均衡状態を導くモデルを作る

## ➤ この論文のポイント(全般) ... 「外部性」を考慮する

- ① 立地の外部性 ... 自分の立地は他人の立地に左右される  
(ex. 商店街／工業地帯／スラム街／高級住宅街...)
- ② 経路の外部性 ... 自分の経路は他人の経路に左右される  
(∵ 経路の所要時間は経路の交通量の関数)

# 1. 目的／ポイント

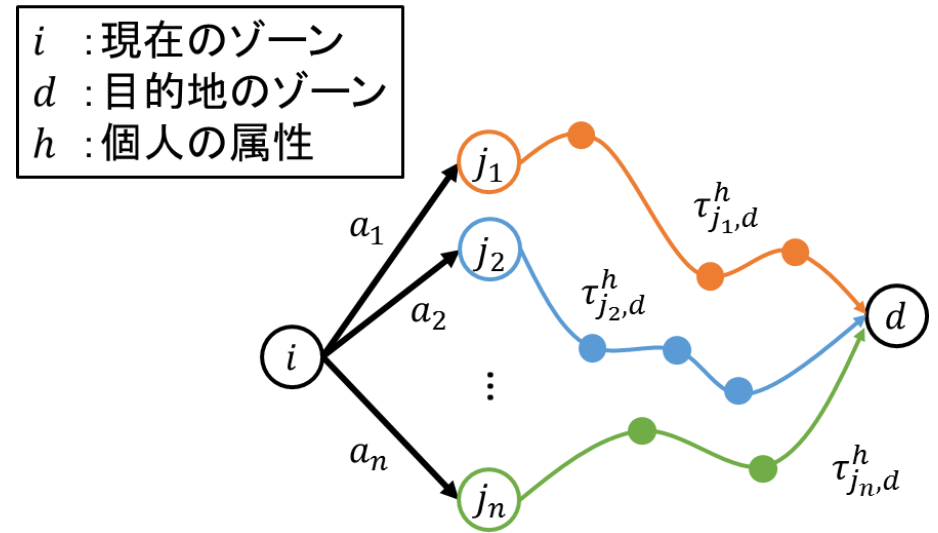
## ➤ この論文のポイント(経路選択)

...リンクベース／マルコフ連鎖の所要時間  
(従来は経路ベースのUE/SUE/SOを使用)

$$\tau_{i,d}^h = E(\min\{t_{a_1} + \tau_{j_1,d}^h + \epsilon_1, \dots, t_{a_n} + \tau_{j_n,d}^h + \epsilon_n\})$$

## ➤ この論文のポイント(立地選択)

... 最高の支払意思額を提示した人が不動産を競り落とす “Best bid auction”  
(仮定:  $\sum_h H_i^h = S_i$  ...ゾーン*i*にいる人数=ゾーン*i*にある不動産数)



## 2. 先行研究

➤ 交通と土地利用を個別に解く

(Bi-level model, Chang and Mackett (2005), Boyce and Mattsson (1999))

... 上位問題を立地選択、下位問題を経路選択とする二段階最適化問題

× 収束する条件が限定的(一種類の個人／固定数のトリップ  
／確定的で経路ベースの経路選択／立地の外部性が密度のみ)

## 2. 先行研究

- 交通と土地利用を一緒に解く (Land-use and transport system, Briceño et al. (2008))  
... 経路選択だけでなく、立地選択もネットワーク図にする

- 均衡状態に収束する
- × 立地の外部性が考慮できない

- このモデルに「立地の外部性」を組み入れたのが、今回の論文

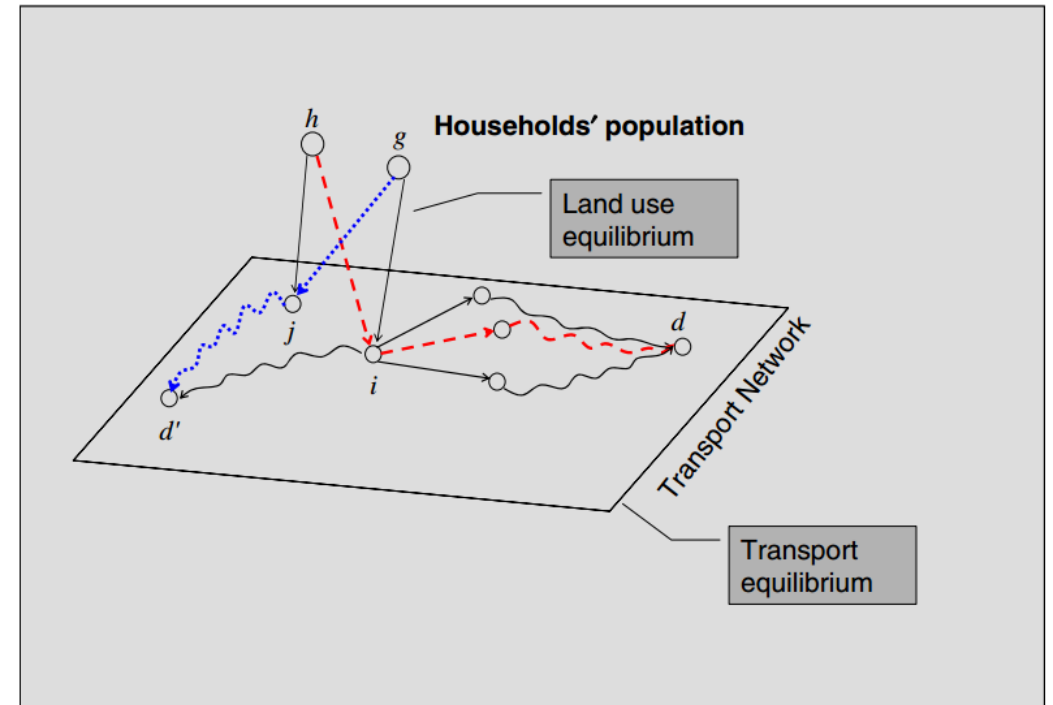
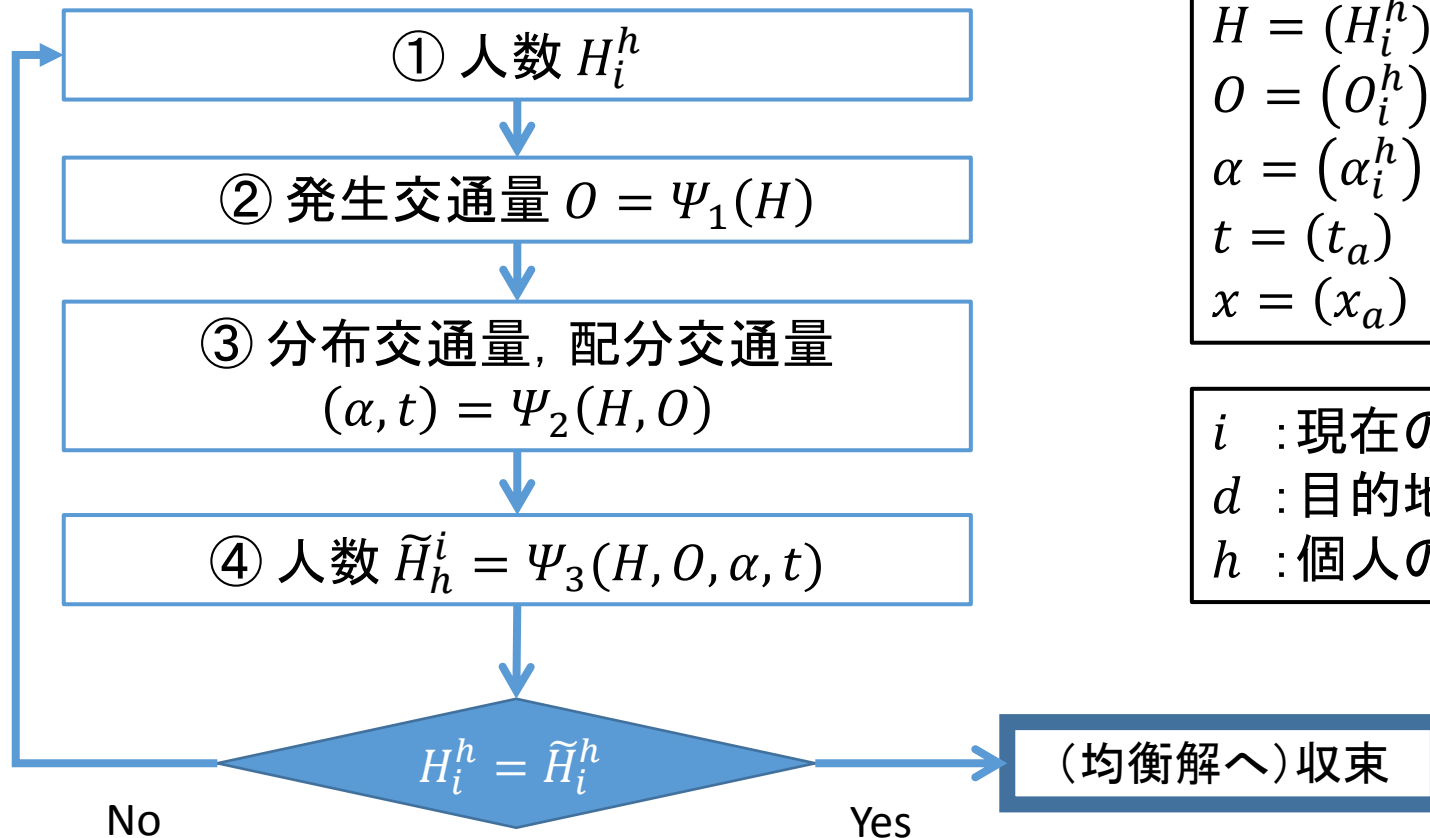


Fig. 1 Urban system: hyper-network representation

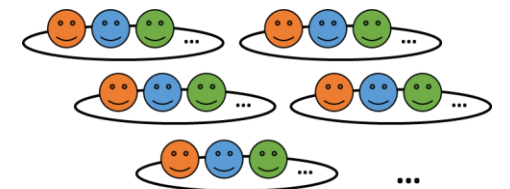
# 3. モデルの形成

## ➤ モデルのプロセス



$H = (H_i^h)$  : 人数  
 $O = (O_i^h)$  : 発生交通量  
 $\alpha = (\alpha_i^h)$  : 他ゾーンへのアクセス性  
 $t = (t_a)$  : リンクの所要時間  
 $x = (x_a)$  : リンクの交通量

$i$  : 現在のゾーン  
 $d$  : 目的地のゾーン  
 $h$  : 個人の属性



# 3. モデルの形成

## ➤ 最大エントロピーモデル

$$\boxed{\text{事象}a\text{が起きることによる情報量}} \quad I(a) = \log_2 \frac{1}{\underbrace{p(a)}} \quad \boxed{\text{事象}a\text{が起きる確率}}$$

ある事象が起きる確率が低いほど、その事象が起きることによる情報量は多い  
(例: 自動車が衝突事故を起こす vs 鉄道が脱線事故を起こす)

$$\boxed{\text{情報量の期待値}} \quad \underline{H} = \sum_a p(a) \log_2 \frac{1}{p(a)}$$

起きる確率が一樣なほど、情報量の期待値は大きくなる

⇒ 起こる確率を予測しにくい時は、情報量を最大にしてみれば??



# 3. モデルの形成

- 最大エントロピーモデルを ③ で、ロジットモデルを ④ で使用
- 最大エントロピーモデルとロジットモデルは兄弟らしい??
- ② 発生交通量を求める

... ゾーン  $i$  にいる、属性  $h$  の人々による発生交通量は、  
ゾーン  $i$  にいる、属性  $h$  の人数に比例する

$$\overbrace{O_i^h}^{\text{発生交通量}} = N_i^h \overbrace{H_i^h}^{\text{人数}} + \delta_i^h$$

$i$  : 現在のゾーン  
 $d$  : 目的地のゾーン  
 $h$  : 個人の属性

# 3. モデルの形成

$i$  : 現在のゾーン  
 $d$  : 目的地のゾーン  
 $h$  : 個人の属性

## ➤ ③ 分布交通量と配分交通量を同時に求める

### ➤ 分布交通量を求める

$$\min_g \left\{ \sum_{i,d,h} \underbrace{c_{i,d}^h}_{\text{コスト}} \underbrace{g_{i,d}^h}_{\text{配分交通量}} + \sum_h \frac{1}{\mu_h} \sum_{j,d} \underbrace{g_{j,d}^h}_{\text{情報量の期待値} \times (-1)} \left( -\ln \frac{1}{g_{j,d}^h} - 1 \right) \right\} \quad \text{s.t.} \quad \sum_d g_{i,d}^h = O_i^h$$

コスト

配分交通量

情報量の期待値  $\times (-1)$

### ➤ ラグランジュ定数を $\alpha_i^h$ とした双対問題 $\Rightarrow$ 配分も同時に求めるよう改良

$$\min_{\alpha,t} \left\{ \sum_a \int_{t_a^0}^{t_a} f_a^{-1}(z) dz + \sum_{i,h} O_i^h \alpha_i^h + \sum_h \frac{1}{\mu_h} \sum_{i,d} \exp[-\mu_h (c_{i,d}^h(t,H) + \alpha_i^h)] \right\}$$

# 3. モデルの形成

$i$  : 現在のゾーン  
 $d$  : 目的地のゾーン  
 $h$  : 個人の属性

➤ ③ 分布交通量と配分交通量を同時に求める

$$\text{配分: } \underline{x_a} = \underline{f_a^{-1}(t_a^*)}$$

リンク交通量

リンク所要時間の最適値

$$\text{分布: } \underline{g_{i,d}^h} = \underline{O_i^h} * \frac{\exp(-\mu_h c_{i,d}^h(t,H))}{\sum_k \exp(-\mu_h c_{k,d}^h(t,H))}$$

分布交通量

発生交通量

目的地  $d$  を選ぶ確率 (ロジット)

$$\text{where } \underline{c_{i,d}^h(t,H)} = \underline{\tau_{i,d}^h(t)} - \underline{\gamma_d(H)}$$

コスト

予想所要時間

ゾーン  $d$  に行く  
ことで得る便益

# 3. モデルの形成

$i$  : 現在のゾーン  
 $d$  : 目的地のゾーン  
 $h$  : 個人の属性

➤ ④ 人数  $\tilde{H}_{hi}$  を再定義

$$\tilde{H}_i^h = S_i * \frac{\exp(\theta_i b_i^h)}{\sum_g \exp(\theta_i b_i^g)}$$

人数      不動産数      属性  $h$  が競り落とす確率(ロジット)

where  $b_i^h = b_i^{h,e}(H, O, \alpha, t) - b^{h,u}$

支払意思額      土地の外部性を表す項      本人の効用を表す項

➤  $H_{hi} = \tilde{H}_{hi}$  となれば、均衡状態が実現される

# 4. シミュレーション

A: Jobs center

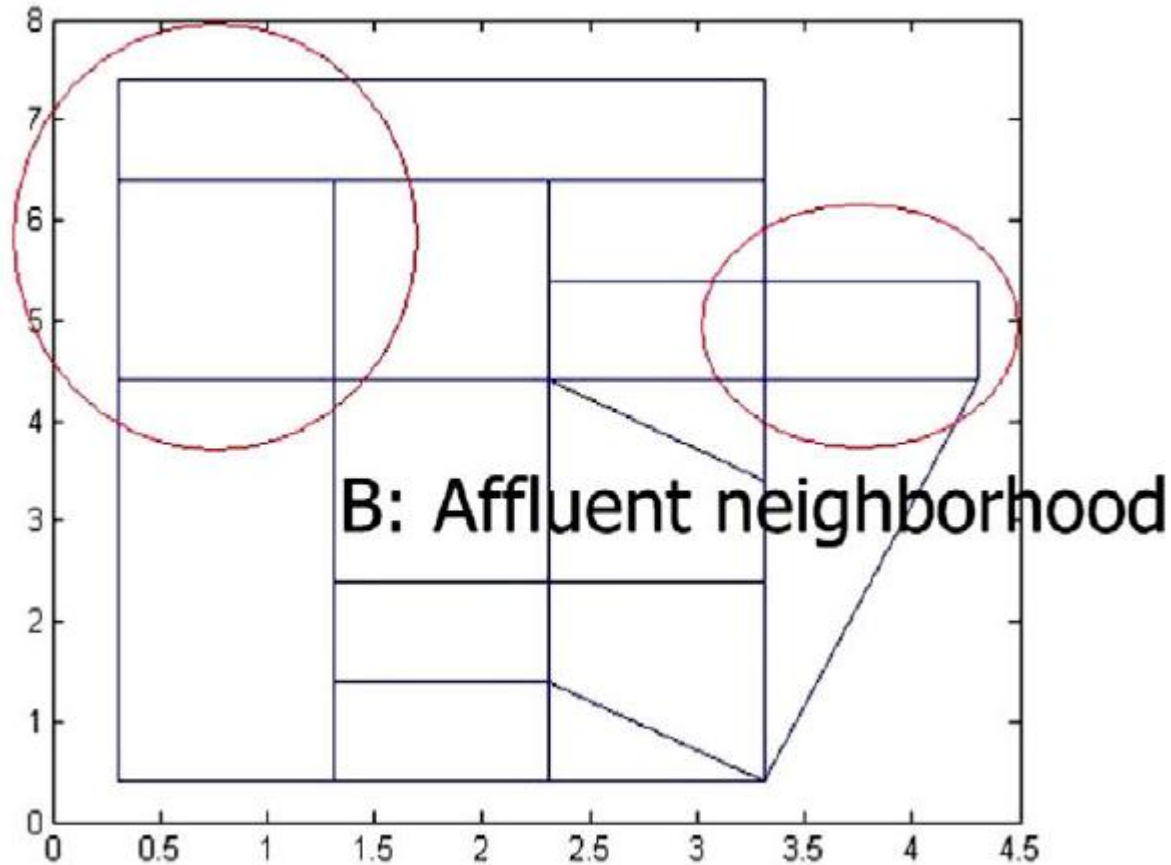


Fig. 2. Sioux Falls network and neighborhoods.

仮定:

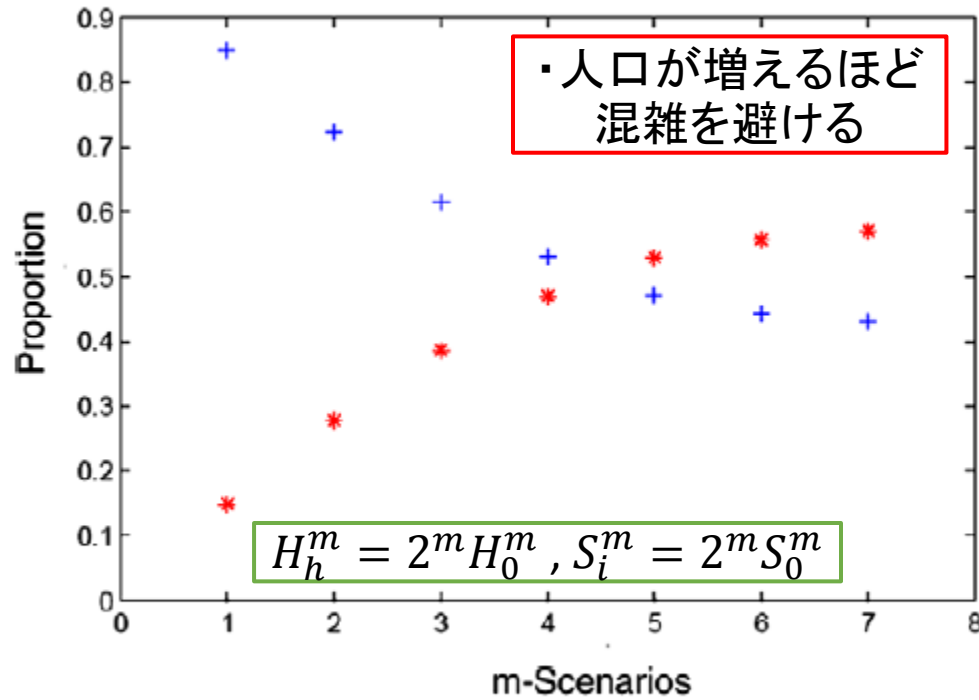
1. 大半のトリップがゾーンAに集中
2. 貧困層はゾーンAを好み、  
富裕層はゾーンBを好む

モデル:

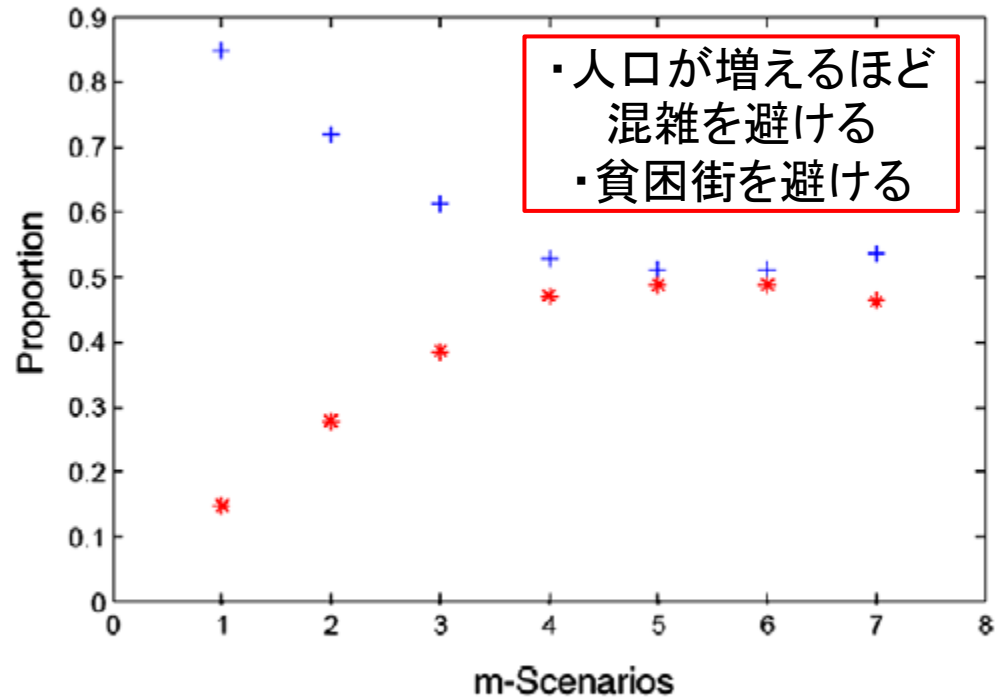
1. 経路の外部性のみ
2. 経路の外部性 + 立地の外部性

# 4. シミュレーション

Poor and Rich populations in neighborhood A ( Rich = \* | Poor = + )



(a) Case without location externalities



(b) Case with location externalities

Fig. 3. Simulated resident's share between poor and rich populations with and without location externalities.

# 5. まとめ

- 立地と経路の両方の外部性を考慮して、両者を統合するモデルを定式化した
- このモデルでは、大域的な最適解に到達することが保証されている
- このモデルでは、私的な交通機関しか考えていないが、ネットワークの層を増やすことにより、公共交通機関も考えられるようになる
- 面白いと思った点 ... 立地の外部性を定式化したこと、確率的な最短経路をノードごとに探索していくこと