



Nijland, L., Arentze, T., Timmermans, H.,
Representing and estimating interactions
between activities in a need-based model
of activity generation,
Transportation, Vol.40, pp.413-430, 2013.

発表の流れ

0.

- Need-based model
- Interactions between activities
- Estimation
- Result
- Conclusion

Need-based model

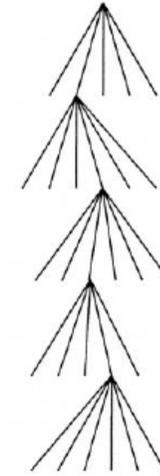
1.

■ Need-basedモデルの意義

従来のアクティビティモデルは活動を**独立**に捉えてきた。

ある活動が他の活動に対する欲求を和らげたり，同じ日に行なうと効用が高まったりといった**活動間の相互作用**がある。

プログラムの配置は都市の空間計画についても本質的。



ツアーの選択，
逐次的な活動
の選択

運動したい欲求

仕事
仕事

カラオケ



Need-based model

2.

■なぜやられてこなかったのか？

▶従来の調査＝断面的

抽出された個人に対して、特定の週の特定の1日の活動データのみが記録されてきた。

▶近年の調査＝連続的

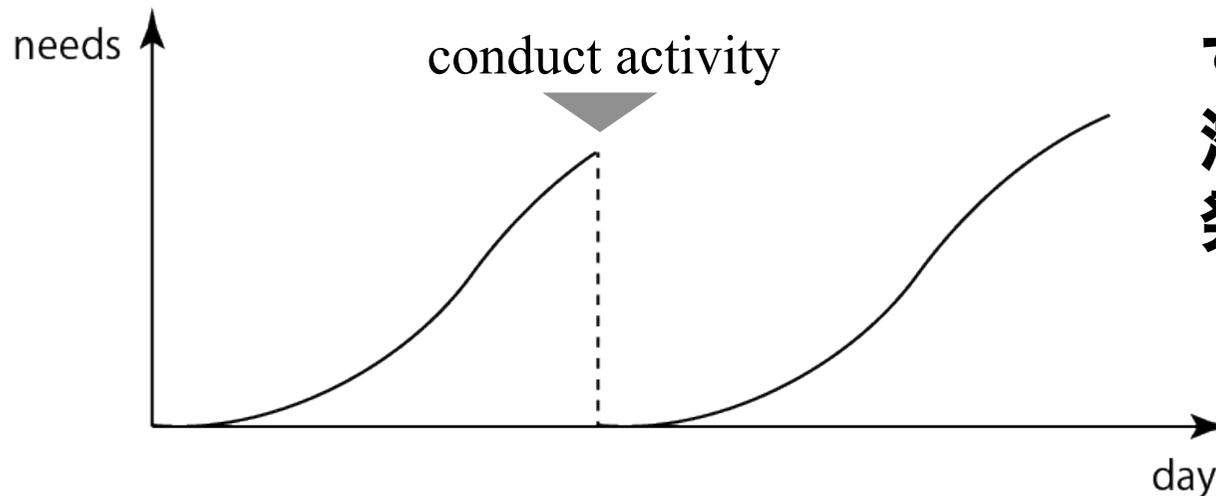
同一個人に対して、複数日に渡る観測が行われるようになってきている。

活動の周期性、多様性についての情報が得られる。

Need-based model

3.

■ どういうものか？



すべての活動は、特定の潜在欲求を満たすために発生する。

$$need = f(t)$$

個人 n が活動 i を d 日目にする効用は、前回行なった日を s 日目として、

$$U_{nid}(s) = \underbrace{V_{1ni,d-s}}_{\text{活動欲求}} + \underbrace{V_{2,nid}}_{i \text{ の効用}} + \varepsilon_{1nis} + \varepsilon_{2nid} \quad (1)$$

$$V_{1ni,d-s} = f(\beta_{ni}, d-s) \quad (\beta_{ni} : \text{欲求の成長率}) \quad (2)$$

Need-based model

4.

■ 基本的なNeed-basedモデル

$$U_{nid}(s) = V_{1ni,d-s} + V_{2,nid} + \varepsilon_{1nis} + \varepsilon_{2nid} \quad (1)$$

$$V_{1ni,d-s} = f(\beta_{ni}, d - s) \quad (2)$$

活動を行なうのは、効用関数が**閾値** u_{nd}^0 を超えたときとする。

$$U_{nid}(s) > u_{nd}^0 \quad (3)$$

つまり、 s 日目以降、 d 日目に初めて活動 i が行われる確率は、

$$P_{ni}(d | s) = \Pr[U_{nid}(s) > u_{nd}^0, U_{ni,s < k < d}(s) \leq u_{nd}^0] \quad (4)$$

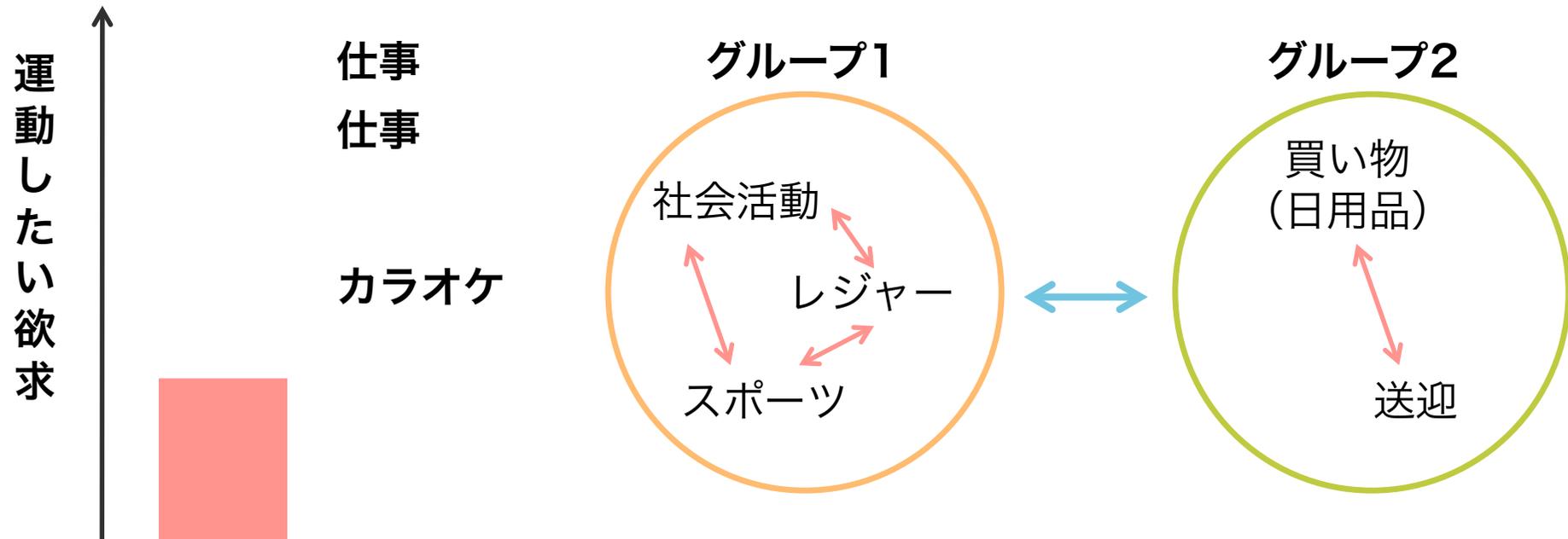
活動の周期性を含んだ定式化がなされている。

→ **活動間の相互依存性**を含むものへ拡張を行なう。

Interaction between activities

5.

■活動の相互依存性を考慮



↔ : 欲求を満たし合う/同じ日に行なうと効用が高い

↔ : 他方の欲求を高める (/同じ日に行なうと効用が低い?)

活動間に存在する相互関係をモデル式に組み入れる。

Interaction between activities

6.

■活動の相互依存性を考慮した定式化

$$V_{1nid} = \sum_{t=s+1}^d (\beta_{ni} + \sum_j \delta_{ij} I_{ntj}) - \sum_j \delta_{ji} \quad (5)$$

他の活動の欲求を高めた分効用が下がる

$$V_{2nid} = \alpha_{nid} + \sum_j \varphi_{ij} I_{ndj} \quad (6)$$

I_{dj} : d 日目に活動 j を行えば1, それ以外は0

α_{jd} : d 日目の活動 j の基本的な効用

δ_{ij} : 活動 j を行なったときの活動 i の欲求の増分

φ_{ij} : 同日に活動 j を行なったときの活動 i の効用の増分

Interaction between activities

7.

■活動の相互依存性を考慮した定式化

$$V_{1nid} = \sum_{t=s+1}^d (\beta_{ni} + \sum_j \delta_{ij} I_{ntj}) - \sum_j \delta_{ji} \quad V_{2nid} = \alpha_{nid} + \sum_j \varphi_{ij} I_{ndj} \quad (5) (6)$$

▶成長率, 閾値の関数 (X : 説明変数)

$$\beta_{ni} = \beta_i^0 + \sum_k \beta_{ik} \underline{X}_{1nik} \quad (7)$$

個人, 世帯属性

$$u_{nd}^0 = \mu_d^0 + \sum_m \mu_m \underline{X}_{2dm} \quad (8)$$

勤務時間等

$\alpha, \beta, \mu, \delta, \varphi$ の値を推定によって求める.

■MXLモデルによる推定

ε_{1nis} : i.i.d. ガンベル分布 ε_{2nid} : 平均0, 分散 σ の正規分布

$$Z_{nid}(s) \equiv V_{1ni,d-s} + V_{2,nid} + \varepsilon_{2nid} - u_{nd}^0 \quad (8)$$

▶**選択確率** (s 日目以降, d 日目に初めて活動 i が行われる確率)

$$P_{ni}(d | s) = \frac{\exp[Z_{nid}(s)]}{1 + \exp[Z_{nid}(s)]} - \frac{\exp[\max_{k=s+1}^{d-1} Z_{nik}(s)]}{1 + \exp[\max_{k=s+1}^{d-1} Z_{nik}(s)]} \quad (9)$$

$s+1$ 日目 ~ $d-1$ 日目までの間に活動 i が行われない確率は

$$Q_{ni}(d | s) = 1 - \frac{\exp[\max_{k=s+1}^{d-1} Z_{nik}(s)]}{1 + \exp[\max_{k=s+1}^{d-1} Z_{nik}(s)]} \quad (10)$$

■MXLモデルを用いた推定：尤度関数

$$L_{ni}(1 | d, s) = \frac{P_{ni}(d | s)}{Q_{ni}(d | s)} \quad (L_{ni}(1 | d, s) + L_{ni}(0 | d, s) = 1) \quad (11)$$

このとき、観測された全サンプル Y に対する尤度は、

$$L(Y | \theta) = \prod_n \prod_i L(y_{ni} | \theta) \quad (12)$$

y_{ni} : 1 or 0 θ : モデルに含まれるすべてのパラメータ

MXLモデルではシミュレーションによって尤度（選択確率）の近似値を求める。

$$L(y_{ni} | \theta, \sigma_i) \equiv (1/K) \sum_k L(y_{ni} | \theta, \sigma_i, E_{2nik}) \quad (13)$$

K : 乱数の発生回数 E_{2nik} : k 回目の乱数による ε_{2nikd} のベクトル

■ ベイズ推定

- 尤度関数がなめらかでない（微分できない）。
- 活動の選択確率が複数日に渡って依存関係を持つ（入れ子になっている）。

最適化計算に時間がかかりすぎる → ベイズ推定を用いる。

$$K(\theta_i | \theta_{i-}^n, \theta_{i+}^{n-1}, Y_n) = \frac{L(y_n | \theta_{i-}^n, \theta_i, \theta_{i+}^{n-1}) K(\theta_i | \theta_{i-}^n, \theta_{i+}^{n-1}, Y_n)}{\sum_{\theta} L(y_n | \theta_{i-}^n, \theta, \theta_{i+}^{n-1}) K(\theta | \theta_{i-}^n, \theta_{i+}^{n-1}, Y_n)}$$

$K(\theta_i)$: 事前/事後確率分布

θ_i : m個中, i番目のパラメータ

$\theta_{i-}^n, \theta_{i+}^n$: 1~(i-1), (i+1)~m番目のパラメータベクトル

Y_n : n回目までの観測結果 ($y_1 \dots y_n$)

Design of the Survey

11.

■調査で何を聞くか。

1) 個人，世帯属性：Socio-economic and demographic variables

性別，年齢，家族構成，年収，住居タイプ，教育レベル，子供（数，末っ子の年齢），居住エリア，車の利用可能性，免許の有無

2) 活動情報：The activity pattern of the day before

活動時間，移動時間，予定（計画していた時間），同行者

3) 活動履歴：History

前に活動を行なった日（カレンダーで示す or 何日前か尋ねる）

4) 勤務時間：Time budgets

典型的な週の1日の勤務/就学時間と旅行時間，毎週行なう活動。

Result

12.

Table 4 Estimation results

Variable	Grocery shopping		Non-daily shopping		Social visits		Leisure		Sports	
	Estimate	t value	Estimate	t value	Estimate	t value	Estimate	t value	Estimate	t value
β 0	0.632	22.734	0.138	6.316	0.283	4.597	0.027	0.730	0.061	0.843
β Male	0.015	0.148	-0.013	-0.264	-0.052	-1.108	-0.138	-1.476	-0.048	-0.395
β Age30-	0.049	0.286	0.127	1.792	-0.025	-0.655	-0.112	-2.130	-0.089	-0.731
β Age4050	0.025	0.242	-0.074	-3.512	-0.019	-0.166	-0.156	-2.196	-0.155	-2.044
β Age5060	0.020	0.156	-0.079	-6.021	0.128	2.160	-0.133	-3.585	0.015	0.147
β Age60+	0.079	1.106	-0.005	-0.049	0.220	6.840	0.058	5.075	0.100	1.214
β Hh_sd_child	0.108	0.705	-0.048	-0.727	-0.019	-0.384	-0.013	-0.245	0.022	0.467
β Hh_singl_no	0.070	1.157	-0.032	-4.820	0.037	0.335	-0.053	-0.505	-0.115	-1.409
β DwGarden	-0.093	-2.085	0.053	0.911	-0.046	-1.005	0.155	4.343	-0.214	-3.675
β Inc < av	0.114	1.919	-0.038	-0.440	0.172	1.721	-0.102	-4.346	-0.102	-0.975
β Inc > av	0.066	0.571	-0.088	-1.429	-0.049	-0.575	0.186	4.146	-0.036	-0.972
β Edu_low	0.180	3.826	-0.128	-1.789	-0.151	-1.223	0.007	0.233	0.068	0.958
β Edu_high	0.159	2.367	0.069	0.995	-0.179	-6.163	-0.078	-1.816	-0.240	-5.771
β Ageychild06	-0.004	-0.053	0.197	2.670	-0.120	-0.935	-0.112	-1.318	0.127	0.833
β City	0.148	3.556	0.017	0.171	-0.072	-1.524	-0.210	-14.998	0.168	1.028
α Mon	0.236	0.812	0.090	0.279	-0.143	-0.811	-0.125	-0.631	-0.009	-0.026
α Tue	0.144	1.068	-0.007	-0.024	0.354	1.397	-0.372	-2.054	0.403	3.217
α Thu	-0.089	-0.287	-0.389	-0.927	-0.647	-4.943	-0.140	-0.883	-0.300	-1.088
α Fri	0.311	0.730	0.083	0.389	-0.022	-0.111	0.167	0.468	-0.108	-0.920
α Sat	0.496	3.396	0.201	0.833	0.178	2.317	0.208	1.124	0.089	0.360
α Sun	-0.378	-2.836	-0.048	-0.171	0.406	5.486	-0.459	-4.829	0.087	0.422
DaySTDEV	1.227	2.663	3.274	6.852	3.278	15.539	2.959	9.820	3.627	17.210

- β が大きいほど、欲求の高まりが早い：属性による違いが表れている。
- α は基本的な活動の効用に対するパラメータ：何曜日に行われやすいか。

Result

13.

Table 4 continued

Variable	Grocery shopping		Non-daily shopping		Social visits		Leisure		Sports	
	Estimate	<i>t</i> value	Estimate	<i>t</i> value	Estimate	<i>t</i> value	Estimate	<i>t</i> value	Estimate	<i>t</i> value
δ										
δ Groc Shop	0.006	0.011	0.446	1.865	-0.018	-0.072	0.185	0.880	-0.371	-0.815
δ N-D Shop	0.077	0.302	0.236	0.805	0.245	2.503	0.080	0.313	-0.292	-0.992
δ Social Visits	0.095	1.396	0.539	4.898	0.222	1.163	0.316	1.984	-0.257	-11.820
δ Leisure	0.012	0.198	0.106	0.930	0.063	1.456	0.210	1.256	0.423	5.567
δ Sports	-0.101	-0.513	0.066	0.249	0.026	0.104	0.266	2.661	-0.160	-1.664
φ										
φ Groc Shop	-0.018	-0.033	-0.209	-3.086	-0.136	-0.617	0.190	0.673	0.340	0.745
φ N-D Shop	-0.030	-0.123	-0.301	-0.812	0.390	1.710	0.502	5.761	-0.478	-1.289
φ Social Visits	-0.424	-12.307	0.079	0.218	0.338	0.807	-0.095	-0.299	0.323	0.854
φ Leisure	-0.447	-1.091	-0.051	-0.133	0.346	0.798	-0.496	-2.166	-0.084	-0.205
φ Sports	0.548	1.811	-0.035	-0.094	-0.203	-0.386	-0.424	-1.263	-0.130	-0.341
All activities										
Thr 0	1.592	9.706								
Thr Tswork	0.201	9.320								
Thr CarA	-0.019	-0.198								
Thr CarO	0.027	0.303								

Significant estimates in bold

No. of obs. = 2620; LL = -711.166; LLO = -1,604.770; Rho square = 0.557; Rho sq (adj.) = 0.455

- Social visitがSportsの欲求を減らす：Sportsは人に会う目的も含む？
- Non-daily shoppingとLeisureは同じ日に行なうと効用が高い。

- Need-basedモデルによって経時的な活動発生のメカニズムを表現した。
- 潜在欲求に働く活動間の相互作用を考慮し、活動の代替効果、相乗効果を明らかにした。