

# Activity Based Model

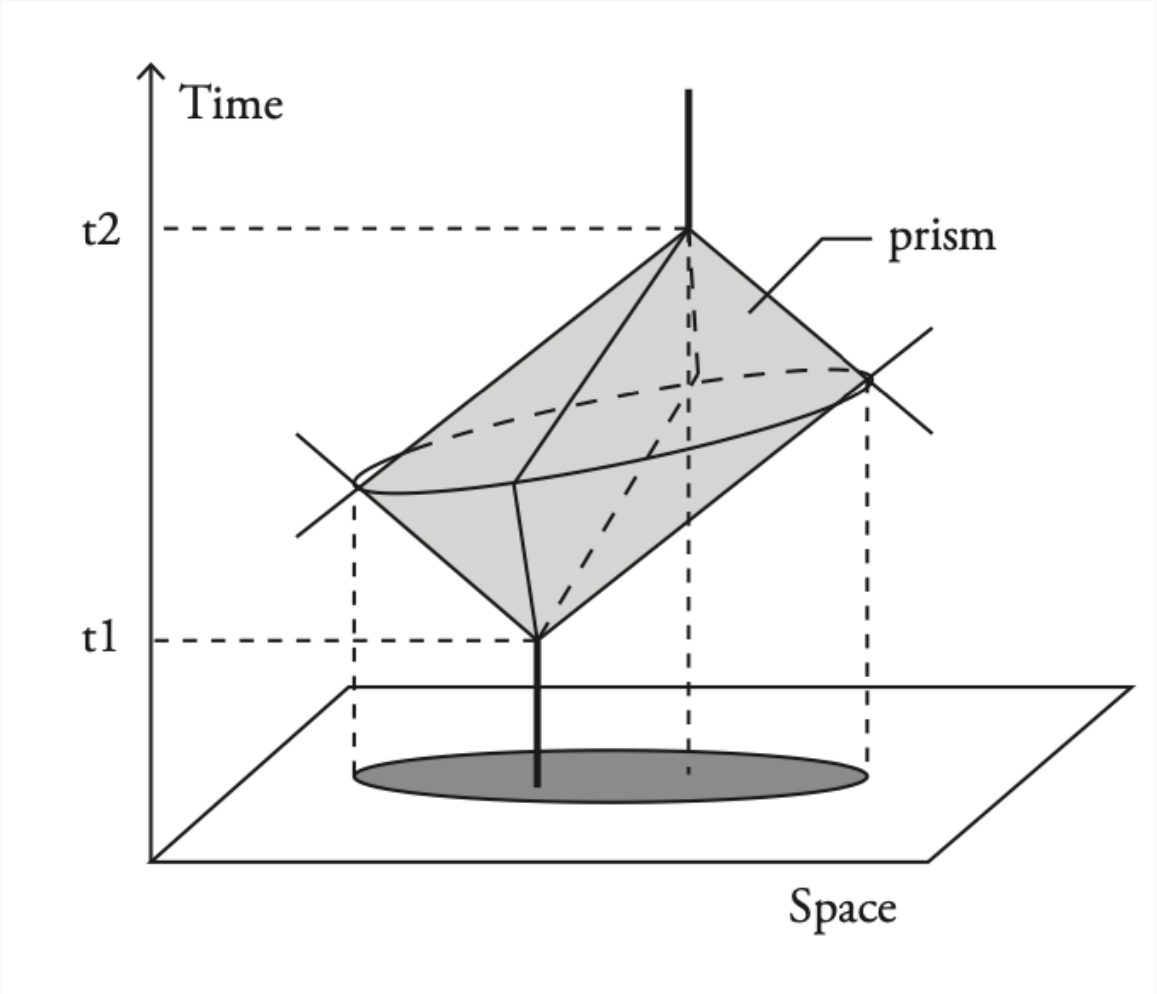
---

白井 帆香

東京大学交通・都市・国土学研究室修士1年

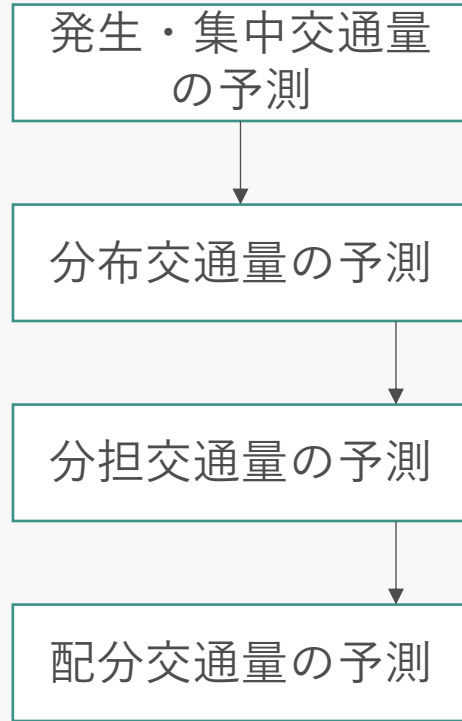
## 前提：「全ての移動は活動の派生需要である」

- アクティビティを解析単位とする交通需要予測手法
- 個人・世帯の活動・移動パターンを再現/予測，“非集計”
  - さまざまな個人属性や制約条件の下，個人が無数の活動可能性の中からどのように活動内容や活動時間を決定し，行動しているかを推定
- 四段階推定法など従来のTrip-basedのアプローチの課題に対応して発展(1970~)
  - Chapin(1974)の行動分析 “全ての活動は個人の基本的欲求から生じる”→活動欲求モデル
  - Hagerstrand(1970)の時間地理学研究 “時空間プリズム”→スケジューリングモデル



# Trip-basedのアプローチの課題

## 代表例：四段階推定法



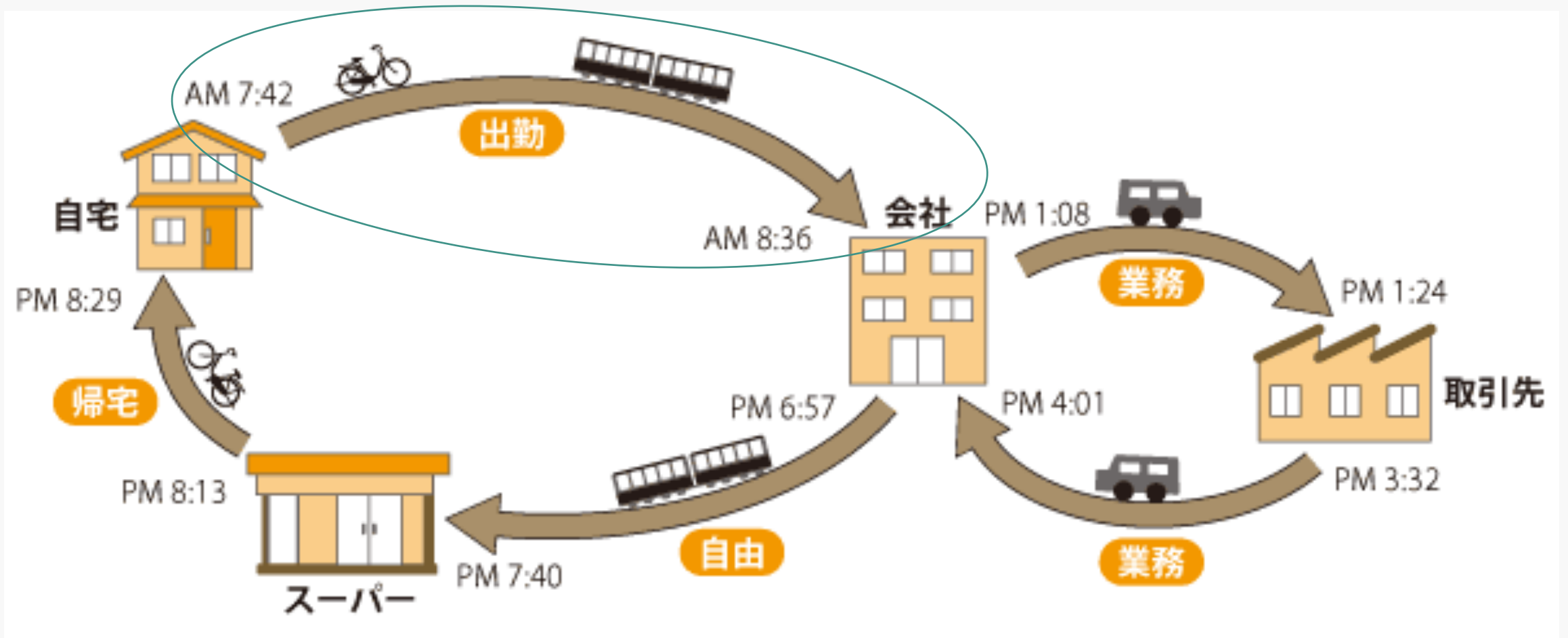
- **整合性の欠如**
  - 各段階のモデルが独立
- **独立性の仮定の単純さ**
  - 誘発需要を考慮できない
  - 異なるトリップ間や世帯間の依存関係に対応できない
- **行動論的根拠の欠如**
- **空間的/時間的な集計性**
  - 空間：ゾーン単位
  - 時間：ピーク/オフピークのみ

## Activity-based

活動発生・手段選択・目的地選択が統合  
意思決定間の相互作用を考慮可能

個人/世帯の制約条件・活動欲求の表現

非集計での分析  
→ 詳細な制約条件や相互作用/依存関係が考慮可能



# 個人の選択を重視するか，行動制約を重視するか

## Constraints-based model

制約に基づき実行可能な活動  
計画を記述

## 離散選択モデル

ランダム効用最大化理論に従って個  
人の効用に誤差項を仮定，確率的に  
選択

○pre-trip型

Bowman, Ben-Akiva(2000)

Bhat(2005)

○逐次選択型

Zimmerman et al.(2013)

## Computational process model

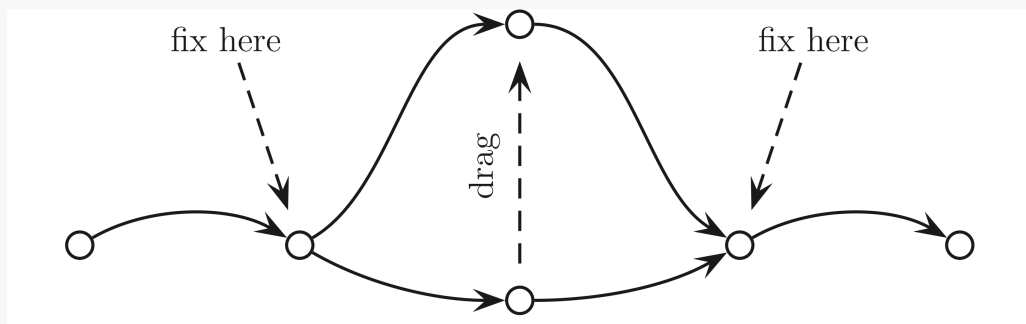
決められたルールのもとで，  
活動列を作成していくモデル

詳しくは，「ネットワーク行動学」[4.2.活動選択のモデリング](#)を参照

## 意思決定の段階/次元の多さ

- 活動選択(生成),活動時間選択,目的地選択,経路選択,交通手段選択
- 膨大な選択肢集合
  - MCMCによるサンプリング手法 [Danalet,Bierlaire(2015)]
  - 経路最適化問題として記述し, 制約条件の定義による限定
- 意思決定側面の限定
  - 全てをモデル化の対象にすることは不可能
  - 活動欲求モデル
  - 階層の仮定(Nested)によるモデル化[Bowman, Ben-Akiva (2000)]
  - 離散連続モデルによる同時選択[Bhat(2005)]
- 関連の考慮
  - Recursive Logitによる多次元同時選択において選択肢間の相関を考慮[Fosgerau et al.(2013)]

# MCMCによるサンプリング手法[Danalet, Bierlaire(2015)]

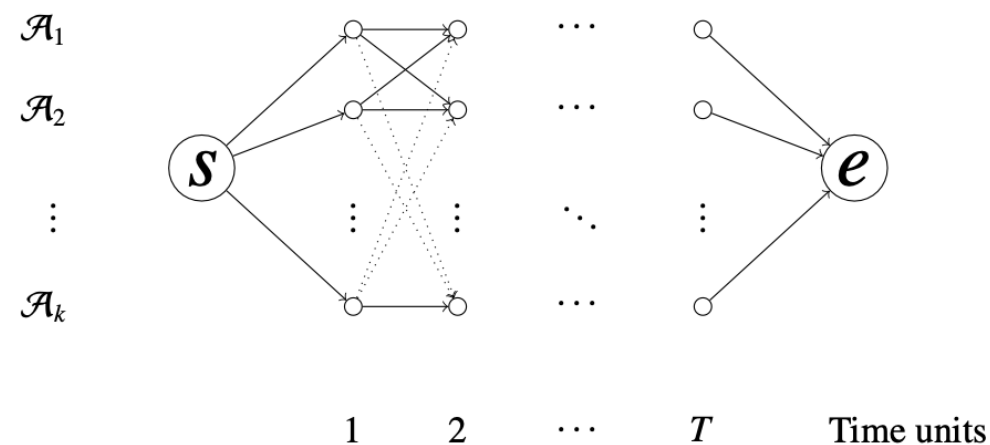


- マルコフ連鎖モンテカルロ(MCMC)法による重要度サンプリング
- 経路の一部置換による代替選択肢の生成  
(Metropolis Hastings Algorithm)

- スケジュール=活動ネットワーク上の経路
- 観測データにもとづく経路(活動の種類, 時間帯, 継続時間)の選択

Activity types

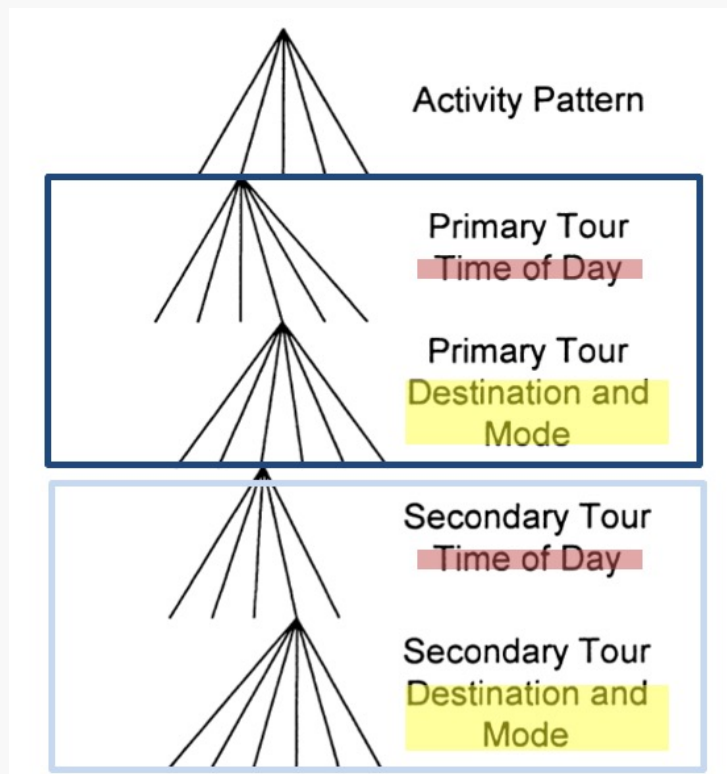
Activity network





# Daily activity schedule model [Bowman, Ben-Akiva (2000)]

- Diary(1日のスケジュール)をモデル化
- Tour (自宅を始終点とする連続するtripのまとめ) を集計・分析の単位とする



- 5層の5層のネストをもつNLモデル
- ネスト最上位はActivity Pattern選択

=Primary tour と Secondary tourの組み合わせ

“Primary tour”

1日で最も重要な活動を含むツアー

”Secondary tour”

Primary tour以外の全てのツアー

# Multiple Discrete-Continuous Extreme Value(MDCEV) Model [Bhat(2005)]

## ● 離散連続モデル

- 離散量と連続量を同時に選択し，配分するモデル



予算制約

$$\sum_k x_k = E$$

の中で効用を最大化する

ように配分

# Multiple Discrete-Continuous Extreme Value(MECEV) Model [Bhat(2005)]

- 活動選択と時間配分の意思決定における同時性に着目
- 時間帯の影響や、活動間の遷移を考慮することが難しい
- 時間を連続量のまま扱うことができるため、時間帯の離散化の過程で消えてしまうような滞在時間の短い行動の捕捉が可能である

選択した各カテゴリ( $k$ )に予算( $x_k$ )を配分する。効用関数は以下の通り。

$$U(\mathbf{x}) = \sum_k \frac{\gamma_k}{\alpha_k} \exp(\beta z_k + \epsilon_k) \left( \left( \frac{x_k}{\gamma_k} + 1 \right)^{\alpha_k} - 1 \right) \quad (1)$$

- $z_k$  選択肢固有属性や個人属性などの説明変数 (Explanatory variables such as choice-specific attributes and personal attributes)
- $\beta$  パラメータ(parameters)
- $\epsilon_k$  ガンベル分布に従う確率項(Probability term following a Gumbel distribution)
- $\alpha_k$   $\gamma_k$  消費の増大に伴う効用の逡減度合いを表すパラメータ(Parameter representing diminishing utility with increasing consumption)

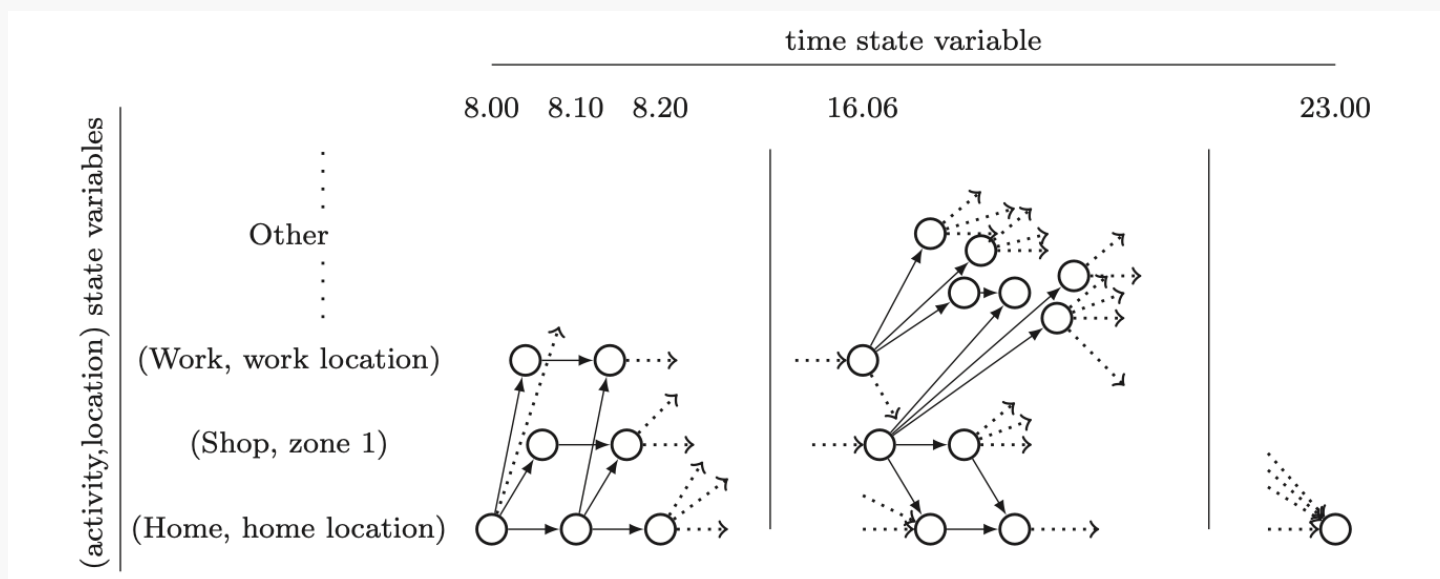
$\alpha_k$   $\gamma_k$ を同時に推定することは難しいため、 $\alpha_k \rightarrow 0$ と固定し、 $\gamma_k$ のみを推定。このとき(1)は

$$U(\mathbf{x}) = \sum_k \gamma_k \exp(\beta z_k + \epsilon_k) \ln \left( \frac{x_k}{\gamma_k} + 1 \right) \quad (2)$$

# Recursive Logitによるアクティビティモデル

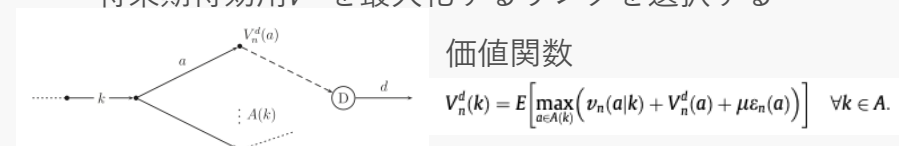
[Zimmerman et al.(2018)]

- 1日のスケジュールを活動ネットワーク上の経路選択として表現



## Recursive logit model (Fosgerau et al.2013)

動的離散選択問題を経路選択問題に適用  
 逐次的な経路選択において、即時効用 $u(a|k)$ と将来期待効用 $V^d$ を最大化するリンクを選択する



- 活動経路間の相関を考慮することでIIA特性を緩和し、Mixed Logit Modelへと拡張
- 事前の選択肢集合のサンプリング

下敷きとしたモデル：Recursive Logitによるアクティビティモデル[Zimmerman et al.(2018)]

● データ 岐阜県中津川市におけるプローブパーソン調査



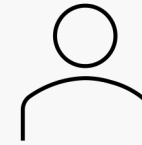
Location data  
時刻・位置情報



Linked trip data  
時刻・移動目的  
出発地・目的地



Unlinked trip data  
時刻・移動手段



Monitor data  
個人属性・家



「ダイアリー」を生成  
さらに、Day-to-dayデータに

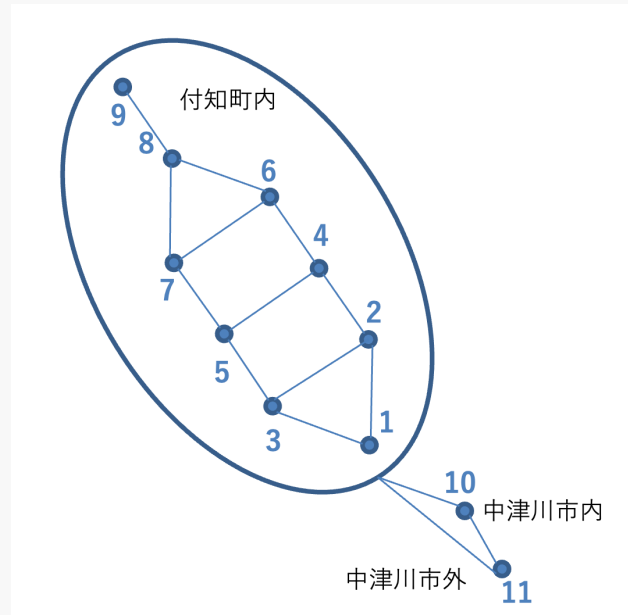
## 推定・シミュレーションのための縮約ネットワーク空間

11ノードに縮約

付知町内9ノード+中津川市内+中津川市外

15リンクで道路を表現

付知町内は「国道」と「旧街道」+「橋」



縮約の目的

- 計算コストの削減
- アクティビティパターンの分析性確保

↑  
アクティビティネットワーク上のノードは  
「活動の種類, 場所, 時間」の複数次元  
→位置情報を縮約し選択肢集合の爆発を防ぐ

縮約の妥当性

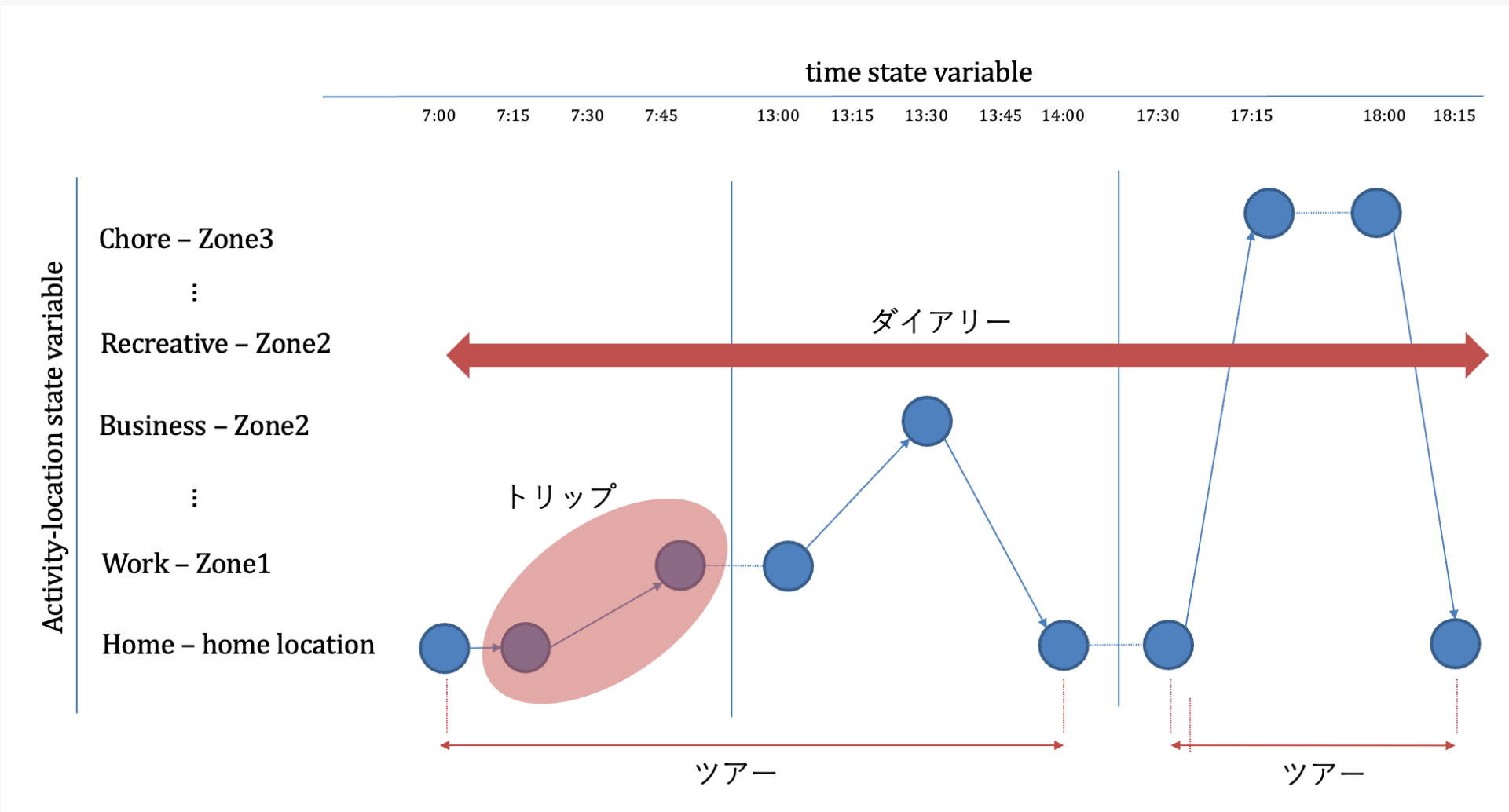
- 付知町内での生活機能の完結
- 「国道」「旧街道」への集中
- 結節点周辺に施設が集積

## 時間

15分ごとのタイムステップに離散化

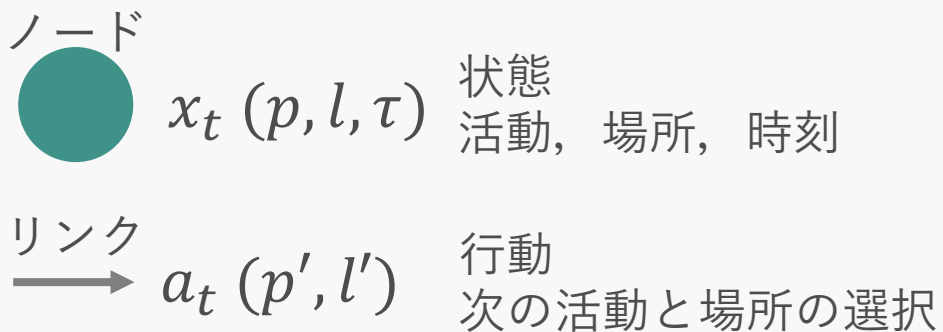
5時~23時以外は除外

→計75タイムステップ



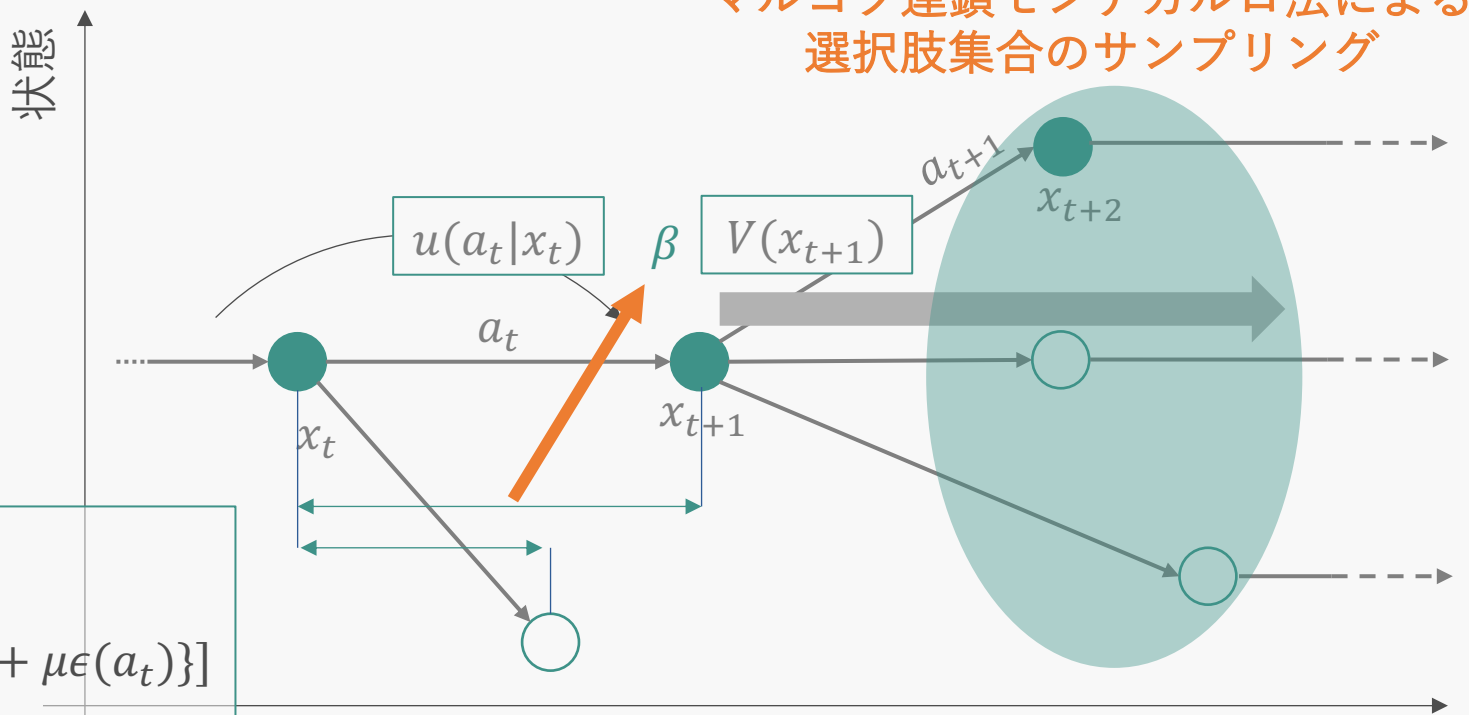
一日のスケジュール(Diary) = アクティビティネットワーク上の経路

→DiaryをRecursive Logitモデルにより定式化



即時効用  $u(a_t|x_t) = v(a_t|x_t) + \mu\epsilon(a_t)$   
確定項(観測) 誤差項(非観測)

将来効用  $V(x_t) = E[\max_{a_t \in A(x_t)} \{v(a_t|x_t) + \beta_t V(x_{t+1}) + \mu\epsilon(a_t)\}]$



マルコフ連鎖モンテカルロ法による  
選択肢集合のサンプリング

意思決定時点

意思決定時点間の時間的隔たりに応じた  
時間割引率の導入  
→将来の不確実性を考慮

和を最大化するように逐次的な多次元選択



1. Soora Rasouli and Harry Timmermans. Activity-based models of travel demand: promises, progress and prospects. *International Journal of Urban Sciences*, Vol. 18, No. 1, pp. 31–60, 2014.
2. Antonin Danalet and Michel Bierlaire. Importance sampling for activity path choice. 15<sup>th</sup> Swiss Transport Research Conference, 2015
3. J. L. Bowman. Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation research. Part A, Policy and practice*, Vol. 35, No. 1, pp. 1–28, 2001.
4. Bhat CR. A multiple discrete–continuous extreme value model: formulation and application to discretionary time-use decisions. *Transportation research. Part B: methodological*. 2005;39(8):679-707.
5. Mä'elle Zimmermann, Oskar Blom V'astberg, Emma Frejinger, and Anders Karlstr'om. Capturing correlation with a mixed recursive logit model for activity-travel scheduling. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 93, pp. 273–291, 2018.
6. [BinN Studies シリーズ ネットワーク行動学-都市と移動-](#)