

A model of complex travel behavior Part 1: theoretical development

Recker, W.W., McNally, M.G., Root, G.S.

Transportation Research Part A, Vol.20, No.4, pp.307-318, 1986.

A model of complex travel behavior Part 2: an operational model

Recker, W.W., McNally, M.G., Root, G.S.

Transportation Research Part A, Vol.20, No.4, pp.319-330, 1986.

2009/07/15(水)

論文ゼミ#12

M2 藤井敬士

# 概要

- Part1
  - 複雑な交通行動の理論的モデルを提案
- Part2
  - Part1で提案した理論的モデルを実用可能にした STARCHILDモデルを紹介

# Part1

1. はじめに
2. 従来アプローチのレビュー
  1. 批判と展望
  2. 行動ベースのアプローチ
  3. モデリングアプローチ
3. 理論的發展
  1. 移動とアクティビティスケジューリングの関係
  2. アクティビティプログラムの記法
  3. アクティビティパターンの効用
  4. アクティビティスケジュール
4. 効用の要素の定量化
  1. planned activityへの参加, そのためのトリップ
  2. unplanned activityへの潜在的な参加, そのためのトリップ
  3. 自由な家庭のアクティビティ
5. 理論モデルの要約

# はじめに

- 単一のトリップだけを見るのではなく、全体の予定の文脈によってのみ特定の移動の効用は決まる.
- 交通政策(サービスの低下, ガソリンの制限)に対する個人の反応は, トリップの統合(トリップチェーン), 再スケジュール, 目的地の変更など多様.

→アクティビティベースのモデルを提案する.

1. 家庭に必要なアクティビティの列挙とメンバーへの割り当て
2. スケジュールの選択肢の列挙と取捨
3. 実際の選択

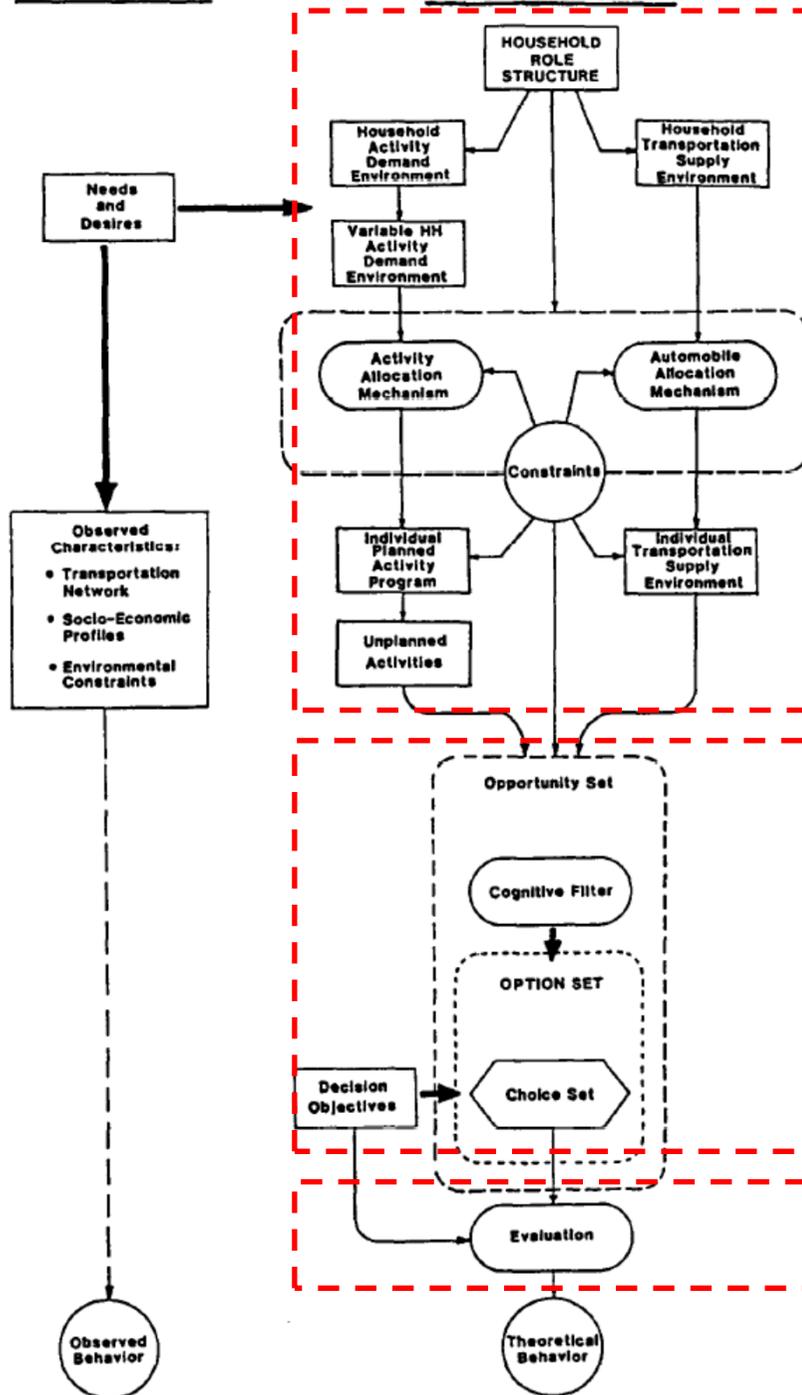
# 従来のアプローチ

- 批判

1. 移動がアクティビティの派生需要であることの無視
2. 行動の誤表現(真の選択プロセスでなく, 複雑な制約によって狭められたり, 定義される選択)
3. 移動, アクティビティへの参加とスケジューリングの相互関係に関する不十分な定式化
4. 効用最大化に厳密に基づいたモデル構造
5. 個人の選択肢集合の誤った定式化

- 展望

従来行動理解に用いられてきたアクティビティベースのアプローチを行動予測に適用したい

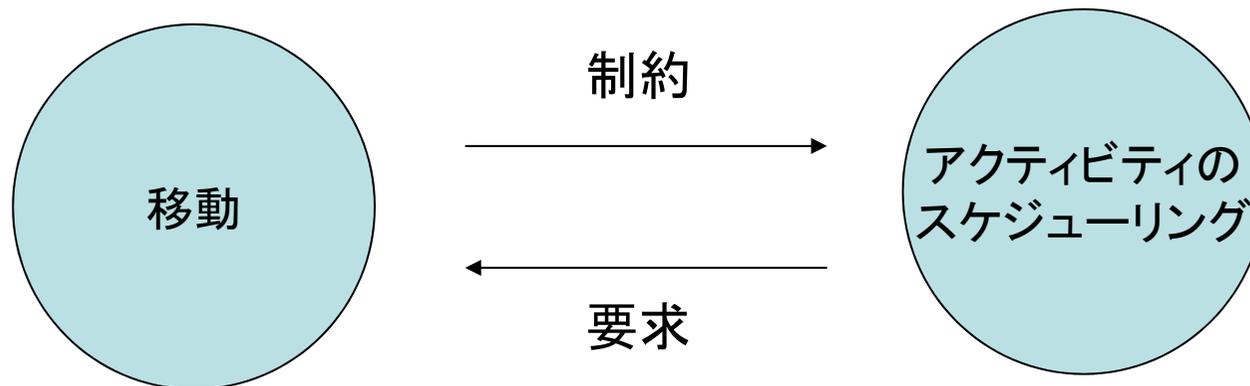


## 理論的な枠組み

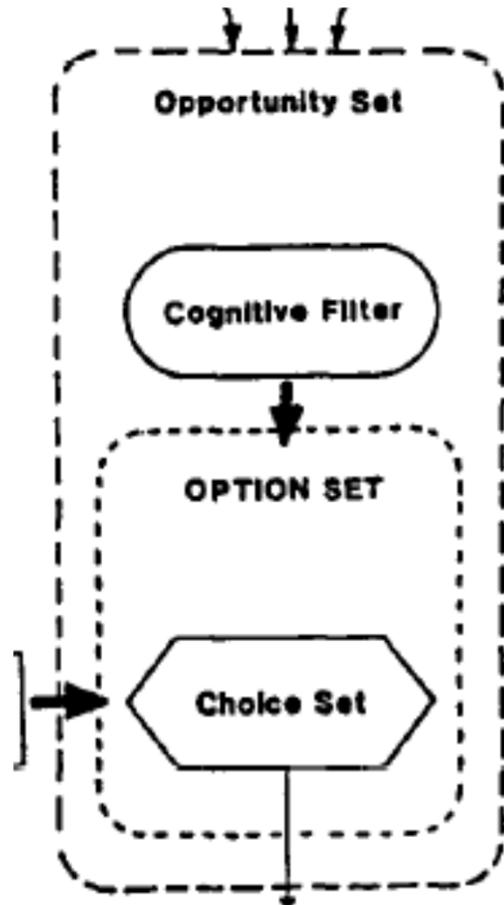
1. 家庭に必要なアクティビティの列挙とメンバーへの割り当て
2. スケジュールの選択肢の列挙と取捨
3. 実際の選択

# 移動とアクティビティスケジューリングの関係

- 移動
  - アクティビティへの参加に従属
  - 特定の規則に基づいてスケジューリングするためのメカニズム



# 選択肢の絞込み



- opportunity set
  - 家庭の相互作用と交通手段による制約を侵さない
  - 数が多いので, 計算上の問題
  - 個人の認知の限界を超えている可能性
- option set
  - 個人が認知している選択肢
    1. 利用可能な選択肢数よりも少ない
    2. 判別可能な選択肢で構成
    3. 環境と家庭の制約を反映
    4. 個人間, 時間軸で異なる

# アクティビティプログラムの記法

- アクティビティプログラム
  - 活動場所
  - トリップ出発時刻
  - トリップ到着時刻
  - 活動開始時刻
  - 活動終了時刻

によって定義される.

**制約の強さを表現**

# アクティビティパターンの効用

- planned vs unplanned
  - planned activity  $i$ の参加への期待効用= $(i$ から得られる効用) $\times$ (実行するのに十分な時間がある確率)
  - 場所 $j$ でunplanned activity  $k$ を行う潜在的な効用= $(k$ から得られる効用) $\times$ ( $j$ が行われるという条件の下で場所 $k$ が選ばれる確率) $\times$ ( $j$ が行われる確率)
  - すべての $j,k$ について足し合わせることで、その時間におけるunplanned activityのポテンシャルを計算できる
- 家庭内(H) vs 家庭外(O)
  - 家庭外のアクティビティでは、待ち時間は負効用しか生まない
  - 家庭内のアクティビティでは、待ち時間は家庭でのunplanned activityとみなされる

# 効用の要素の定量化

## 1. planned activityへの参加, そのためのトリップ

- 十分な時間さえあれば, 効用はアクティビティの重要度により依存

→十分な時間がある確率を定式化

$$P_j = \min \left[ \alpha \left( \frac{\omega}{\delta_j} \right), 1 \right]$$

$$\omega = e_j - [d_{j-1} + E\{T_{j,j-1}\} + D_j]$$

$\omega$ : slack time

$e_j$ : 可能な一番遅い開始時間

$d_{j-1}$ : 前のアクティビティの場所からの出発時刻

$T_{j,j-1}$ : 予測される旅行時間

$D_j$ : 予測されるアクティビティの継続時間

# 効用の要素の定量化

## 2. unplanned activityへの潜在的な参加, そのためのトリップ

$$U(V^*) = \sum_j \sum_{k \in \Omega^*} \mu_j \cdot P_i\{k|j\} \cdot \frac{1}{\gamma_j}$$

$$P_i\{k|j\} = M_{kj} / M_k$$

$M_{kj}$ : アクティビティ $j$ を行うための場所 $k$ へのトリップ数

$M_j$ : アクティビティ $j$ を行うためのトリップ数

$\gamma_j$ : アクティビティ $j$ の周期

$\mu_j$ : アクティビティ $j$ に参加することで得られる効用

$\Omega^*$ : アクティビティ $j$ が実行可能な場所の集合

## 3. 家庭でのアクティビティ

- アクティビティを行う時間の長さ<sup>1</sup>と時間を共にするメンバーの数の関数であると仮定

— 後者は時間と共に変動

1. 誰もいない
2. 少なくとも一人(かつ全員ではない)
3. 全員いる

の3通りにカテゴリー分けする

# Part2

1. はじめに
2. STARCHILDモデル
  1. モジュール1ー家庭内相互作用の分析と個人のアクティビティプログラムの定式化
  2. モジュール2ー実行可能なアクティビティプログラムを生成するための制約と順序を考慮したスケジューリングアルゴリズム
  3. モジュール3ー異なる選択肢集合への縮小
  4. モジュール4ー選択肢集合生成モデルの定式化
  5. モジュール5ーアクティビティパターン選択モデル
3. 原型モデルシステムの適用
  1. データとアクティビティプログラムの定式化
  2. アクティビティ/移動パターンの生成
  3. パターンの選択肢集合の特定化
  4. パターン選択モデルの推定
4. 要約と結論
  1. 成果
  2. 課題

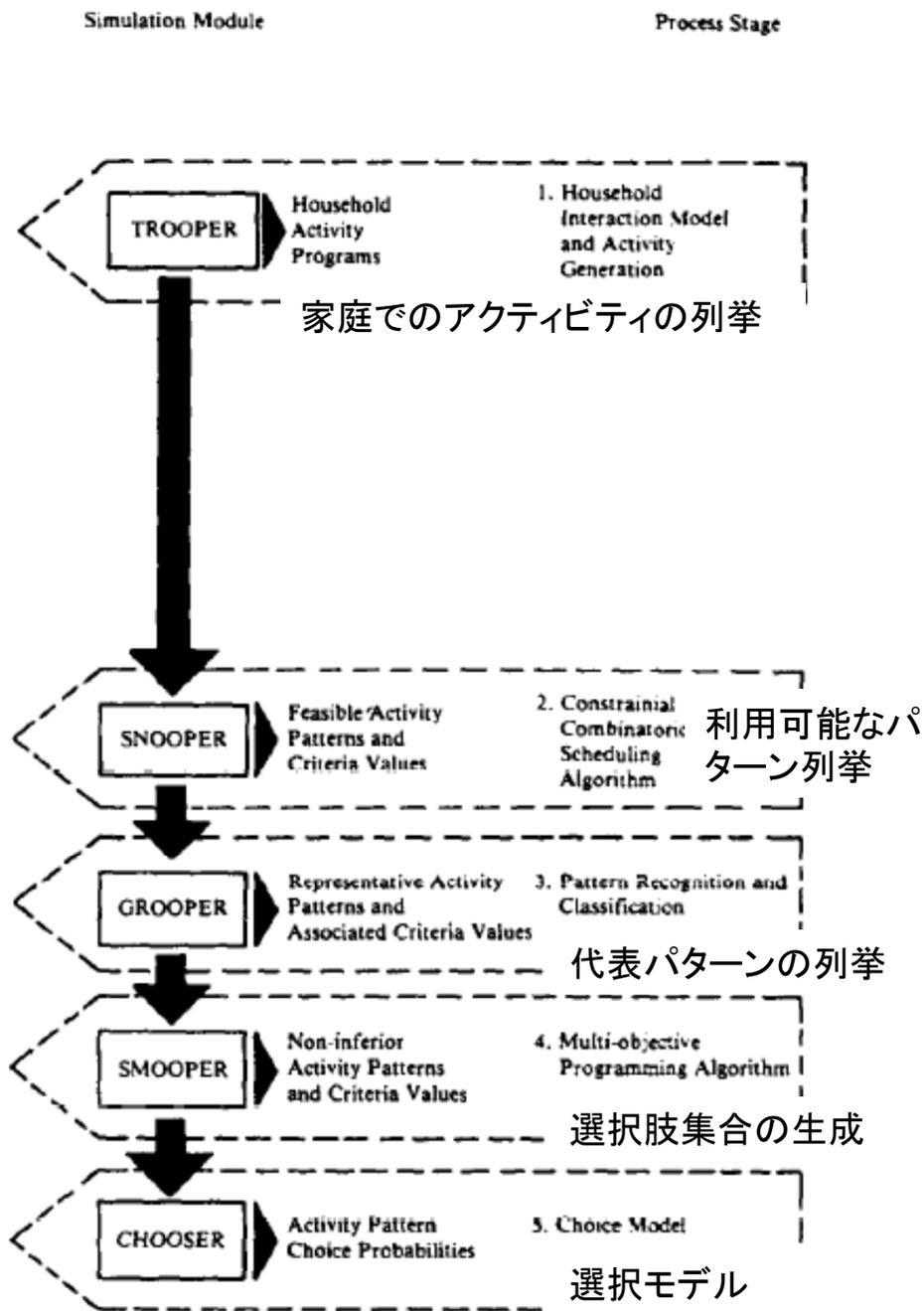
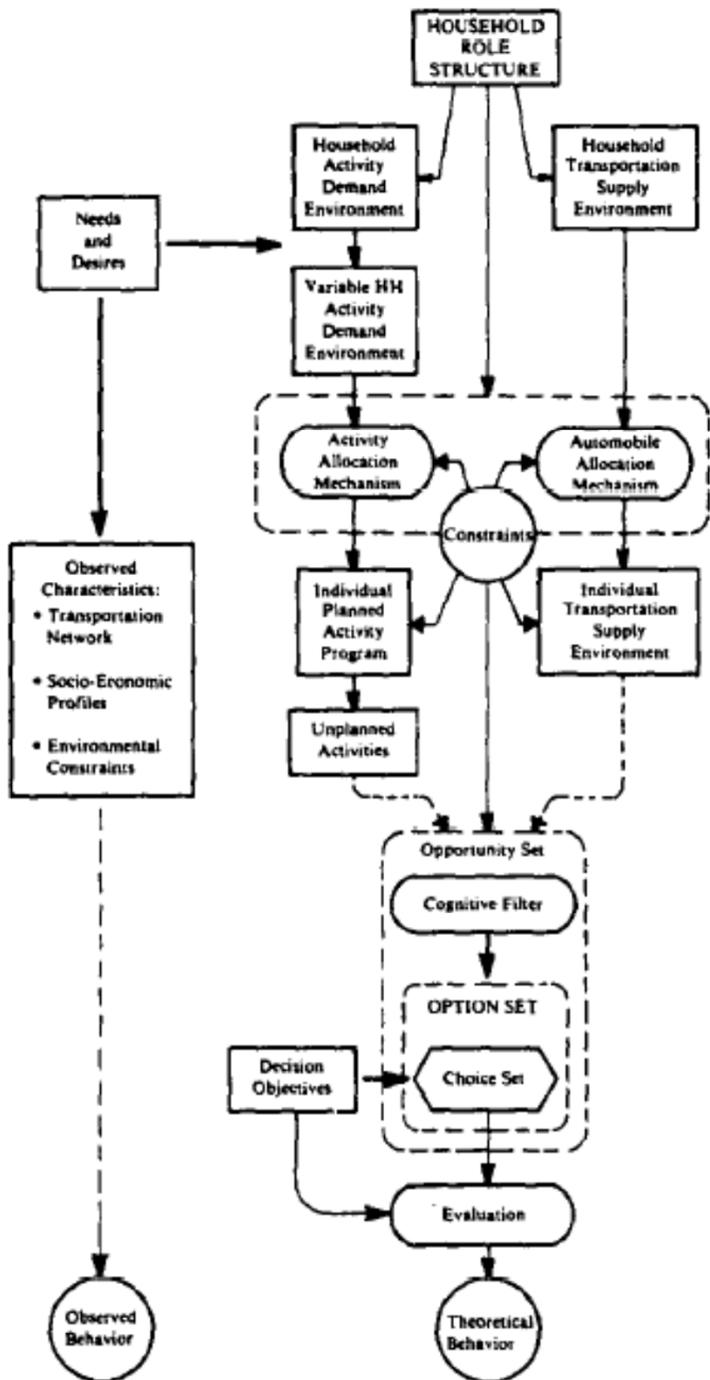
# はじめに

- 理論的モデルに基づいたSTARCHILD (Simulation of Travel/Activity Responses to Complex Household Interactive Logistic Decisions)モデルを提示
- パターン認識, 多体最適化問題, 離散選択モデルの技術を組み合わせたモデル

OBSERVED BEHAVIOR

THEORETICAL FORMULATION

OPERATIONAL MODEL



# モジュール1－家庭内相互作用の分析と 個人のアクティビティプログラムの特定

## 家庭のアクティビティ

- subsistence: 仕事や学校
- maintenance: 買物や個人的な仕事
- leisure: 一般的な社会活動/娯楽
- 特定のメンバーがやらなければならないものと誰でも出来るものがある

このモジュールでは家庭内の相互作用・制約を扱う

# アクティビティプログラムの構成要素

1. プログラムパラメータデータ(PPD)  
個人とその家庭, planned activityの数, 家庭の場所, 1日のトリップの  
終点を特定化する
2. アクティビティプログラムデータ(APD)  
個人のplanned activityの集合と, それぞれのアクティビティの時空間的  
な制約
3. 自動車利用可能性データ(MAD)  
ある個人が時間軸の中で自動車を利用できるかどうか. 定数か, 他のメ  
ンバーが使うたびに更新
4. 制約組み合わせデータ(CCD)  
あるアクティビティを特定のアクティビティの前あるいは後に行わなけれ  
ばならないような制約
5. アクティビティ距離データ(ADD)  
それぞれのplanned activityの場所間の距離

# モジュール2ー実行可能なアクティビティプログラムを生成するための制約と順序を考慮したスケジューリングアルゴリズム

## 実行可能なアクティビティパターンを生成する

1. 家庭の要求の考慮  
例:ある時間に家にいないといけない場合
2. アクティビティの順序制約の考慮  
例:友達の家に行く前にお菓子を買ってから行く場合
3. 交通手段の組み合わせ  
例:公共交通の乗り換え可能性
4. スケジューリングの利用可能性  
例:8:00~21:00の間に30分かかる買物をするとき, 仕事が9:00~17:00の場合
5. アクティビティのスケジューリング  
家庭でのアクティビティを挿入できる場所を計算
6. アクティビティパターンの特定化  
すべてのアクティビティについて, 開始/終了時刻, 移動の出発/到着時刻, 待ち時間を計算

※この時点ではどんな決定規則や行動仮説も仮定していない

## モジュール3ー異なる選択肢集合への縮小

モジュール2で作られた選択肢集合は一般に膨大

→代表アクティビティパターン(RAP)を用いてパターンをクラス分け

1. 採点関数を定義
2. 実行可能なパターンからランダムに代表パターンを数パターン選んで代入
3. すべてのパターンを採点関数に代入し, スコアの近い代表パターンと同じクラスに属するとする
4. 1~3を繰り返す, F値を基に最も良いRAPを定義する

## モジュール4ー選択枝集合生成モデルの定式化

モジュール3の結果得られた選択枝集合もまだ膨大な可能性がある(一般に、制約が少ないと選択枝数は多くなる)

→個人は選択枝数が多くなると、非補償型の決定規則を使うことが分かっている

→劣性/非劣性の概念を用いて選択枝数を減らす

「他の目的を侵食することなしにある目的を改善する、他の実行可能な解がなければ、その解は非劣性である」

1. 実行可能なパターンの一つを非劣性なもののみなし、選択枝集合に加える
2. 選択枝集合に別の実行可能なパターンを加える
3. 2によって劣性であると分かったパターンは選択枝集合から削除する
4. 1~3をすべての実行可能なパターンについて繰り返す

**独立な非劣性のパターンの集合が生成される**

## モジュール5ーアクティビティパターン選択モデル

- モジュール4までで生成された選択肢集合を用いて, なんらかの選択モデル(ランダム効用モデルや非補償型のモデル)によって選択行動を表現
- 今回は多項ロジットモデルを使用
- 以下で実際のデータに適用する

# 原型モデルシステムの適用

- データ概要
  - 1979年のWindham Regional Travel Survey
  - 家庭の活動に関するデータは不足
  - このデータを基に第一のモジュール(TROOPER)でインプットを生成

	Full Sample	No. of Planned Activities				Work Status		Travel Complexity*	
		2	3	4	5	Worker	Non-worker	Complex	Simple
Sample Size	77	10	42	17	8	56	21	71	6
Mean Activity Characteristics									
Planned Activities	3.3 (0.8)**	2.0	3.0	4.0	5.0	3.4 (0.9)	3.1 (0.7)	3.4 (0.8)	2.3 (0.5)
Sojourns per tour	2.4	1.4	2.4	2.6	3.3	2.4	2.5	2.6	1.0
Total non-home activity budget (hours)	7.5 (3.6)	9.6 (4.3)	6.7 (3.9)	7.7 (2.2)	8.4 (2.5)	9.3 (2.2)	2.7 (1.7)	7.4 (3.6)	9.3 (3.7)
—work activities (hours)	5.7 (3.8)	6.8 (4.3)	5.2 (4.0)	5.7 (3.3)	6.7 (3.0)	7.8 (1.7)	0.0	5.6 (3.8)	6.3 (3.7)
—non-work activities (hours)	1.8 (1.7)	2.8 (1.8)	1.5 (1.6)	2.0 (2.0)	1.7 (1.3)	1.5 (1.6)	2.7 (1.7)	1.7 (1.7)	3.0 (1.9)
Mean Travel Characteristics									
Trips	3.9 (1.1)	3.4 (0.5)	3.5 (0.8)	4.5 (0.7)	5.8 (0.9)	4.0 (1.1)	3.6 (1.2)	3.8 (1.2)	4.7 (1.0)
Tours	1.4 (0.6)	1.4 (0.5)	1.3 (0.5)	1.5 (0.6)	1.5 (0.5)	1.4 (0.6)	1.2 (0.4)	1.3 (0.5)	2.3 (0.5)
Trips per tour	2.9	2.4	2.7	2.9	3.8	2.9	2.9	3.0	2.0
Mean Trip travel time (hours)	0.31	0.32	0.35	0.24	0.28	0.30	0.32	0.31	0.29
Travel Budget (hours)	1.21 (0.64)	1.09 (0.43)	1.21 (0.67)	1.07 (0.63)	1.60 (0.68)	1.23 (.58)	1.14 (.81)	1.19 (.66)	1.36 (.38)

\*Travel complexity indicates whether an individual performed any complex tour (i.e. more than 1 sojourn)

\*\*Figures in parenthesis indicate standard deviation.

# アクティビティ/移動パターンの生成

- 第二のモジュール(SNOOPER)を用いて個人の実行可能なアクティビティパターンを列挙
  - サンプルの22%だけが限られた選択肢集合(10個以下の実行可能なアクティビティパターン)を持つ
  - 選択肢集合の数は制約の関数となっている

Number of Planned Activities	Number of Individuals	(%)	Number of Generated Patterns		
			Mean	Std. Dev.	(MIN, MAX)
2	10	(13.0)	10	11.2	(3, 40)
3	42	(54.5)	53	59.5	(3, 168)
4	17	(22.1)	112	87.5	(4, 262)
5	8	(10.4)	129	97.1	(9, 282)
Total	77	(100)	68	76.1	(3, 282)

# パターンの選択肢集合の特定

- 第三のモジュールを用いて、実行可能な選択肢集合から代表パターンの集合を生成する
  - 代表パターンの数によって2から9にサンプルを分類(サンプルの約80%は8個以下のRAPを持つ)
  - 実行可能なパターンの数と代表パターンの数の相関は総じて弱い( $r=0.175$ )

## パターン分けの概要

Number of Planned Activities	Number of Individuals	(%)	Number of Representative Patterns	
			Mean	Std. Dev.
2	10	(13.0)	4.4	2.3
3	42	(54.5)	6.5	2.4
4	17	(22.1)	5.6	2.5
5	8	(10.4)	4.4	1.9
Total	77	(100.0)	5.8	2.5

## RAP数によるサンプル分類

No. of RAPS	2	3	4	5	6	7	8	9
No. of Individuals	2	21	9	5	6	7	10	17
Percent	2.6	27.3	11.7	6.5	7.8	9.1	13.0	22.1
Cumulative Percentage	2.6	29.9	41.6	48.1	55.8	64.9	77.9	100.0

# パターン選択モデルの推定

- 説明変数

Variable	Definition
1. TRAVEL TIME:RU&U&I	Travel time to activities deemed either unimportant, relatively unimportant, or important to the well-being of the household
2. TRAVEL TIME: VI	Travel time to activities deemed very important to the well-being of the household
3. TRAVEL TIME: HM	Travel time to discretionary in-home activities
4. WAIT TIME	Time spent waiting (at the activity location) for a scheduled activity to commence
5. HOME TIME:S&N	Time spent at home either alone or with some (but not all) other members of the household
6. HOME TIME:ALL	Time spent at home with all other members of the household
7. POTENTIAL:ACT	A measure of the potential to meet unplanned activities should such need arise
8. POTENTIAL:TRAV	A measure of the expected travel time to meet unplanned activity needs
9. RISK:RU&U	A measure of the probability of not being able to participate in a planned activity, that is deemed either unimportant or relatively unimportant to the well-being of the household, due to stochastic variations in travel time and/or activity duration
10. RISK:VI&I	A measure of the probability of not being able to participate in a planned activity, that is deemed either important or very important to the well-being of the household, due to stochastic variations in travel time and/or activity duration

# 推定結果

- 2つの旅行時間のパラメータ値はだいたい等しいが、弾力性はTRAVEL TIME:VIが-0.98, TRAVEL TIME:HMが-0.37と、帰宅の旅行時間は相対的に小さい
- 重要でないアクティビティ="rare"なアクティビティ.
  - 旅行時間最小化の意思があまり働かない
  - 2人以上で行われることが多いため、時間最小化がそもそも難しい
- 他のメンバーが全員いるとき、家庭での滞在を選びやすい(弾力性=4.55)
- 個人は予定していないアクティビティの発生確率を考慮してパターンを選択する
- あらかじめ回答したアクティビティの優先順位が、アクティビティの重要度も表す

Variable	Coefficient	STD. Error	T
1. TRAVEL TIME:VI	-0.23806E+01	0.85895E+00	-2.772
2. TRAVEL TIME:HM	-0.21382E+01	0.83780E+00	-2.552
6. HOME TIME:ALL	0.75132E+00	0.38921E+00	1.930
7. POTENTIAL:ACT	0.21786E+01	0.63477E+00	3.432
9. RISK:VI&I	-0.17727E+01	0.36977E+00	-4.794

Percentage of choices predicted correctly = 82%

Pseudo  $R^2$  = 0.34

Number of observations = 77

Number of alternatives = 429

$L^*(0)$  = -140.31

$L^*(\theta)$  = -92.11

# まとめ

- 成果
  - 様々なスケジューリング規則, 利用可能な資源, 多数の制約を統合するフレームワークを開発
- 課題
  - 費用を説明変数にした選択モデルの構築(データ制約の解決)
  - 選択肢生成と選択そのものを多体問題として扱う
  - アクティビティの継続時間を確率的に扱う(比較的簡単)
  - 目的地選択の導入(比較的困難)
  - 家庭での活動をすべて観測したデータを用いたモデルの verification
  - 政策分析への発展