

理論談話会 # 1 (研究紹介)

東京大学大学院社会基盤学専攻
助教 渡邊萌

自己紹介

- 学振PD研究員 (2022年度) → 助教 (2023年度)

- 学部生~修士の研究

益城町が複数時点で実施した調査から得られた住まい再建意向に関する研究

研究テーマ:

「熊本地震益城町における被災世帯の住まい意向のパネルデータ解析」

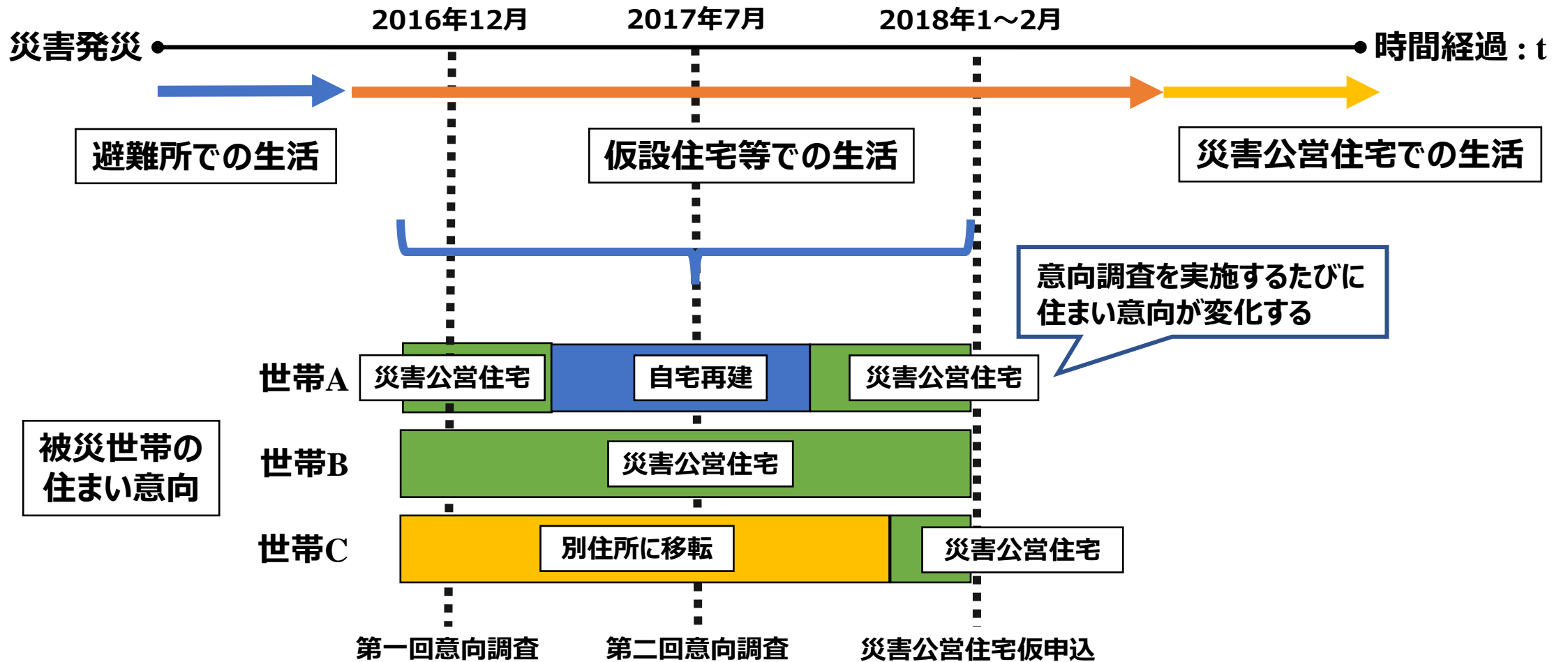


2016年熊本地震における仮設住宅訪問調査の様子

➤ 全世帯を対象に聞き取り調査を実施
(17団地 1196世帯 調査実施率81.4%)

住まい再建意向の変化

◆ 災害公営住宅に入居予定の仮設住宅入居世帯(A, B, C)を例に



三時点における 住まい意向の沖積図

第二回意向調査で災害公営住宅を希望した世帯(N=878)のうち

■ : 仮申込を行った604世帯

■ : 仮申込を行わなかった274世帯

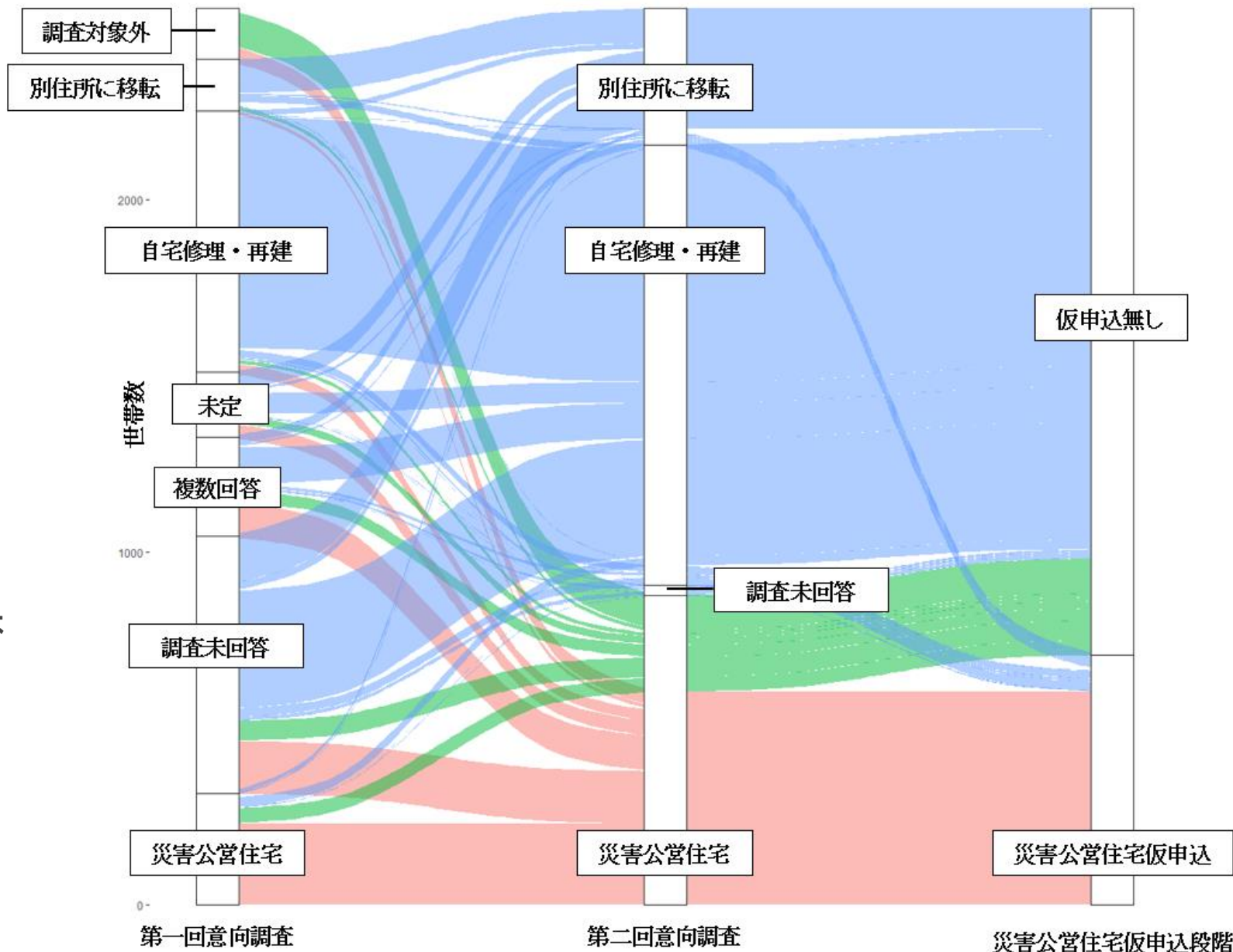
■ : その他

➤ 発災直後では、情報不足により「災害公営住宅」は住まい再建の選択肢に含まれていなかった可能性

➤ 災害公営住宅の住居タイプや家賃が固まった後、災害公営住宅への入居を取りやめ

○ 観測が難しい住まいに対する主観的な選好

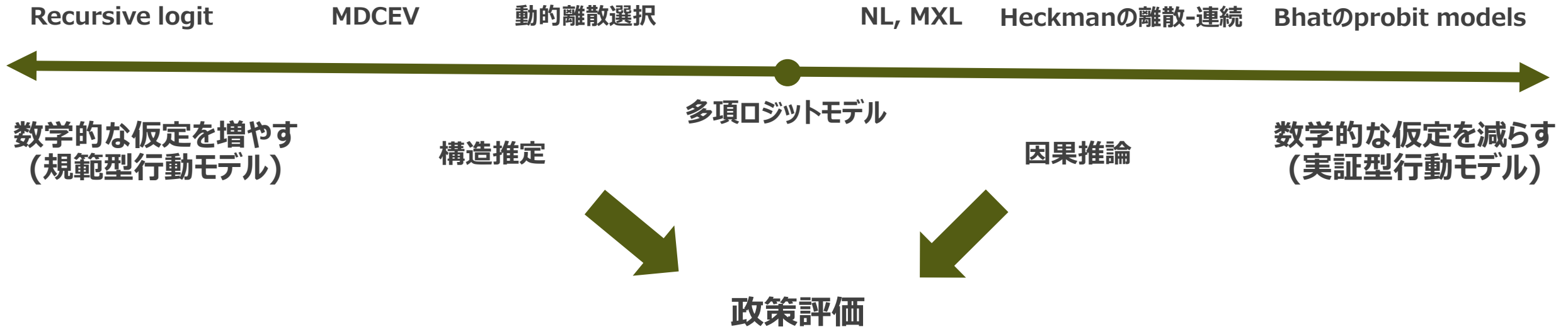
○ 住まい再建における選択肢集合の変化



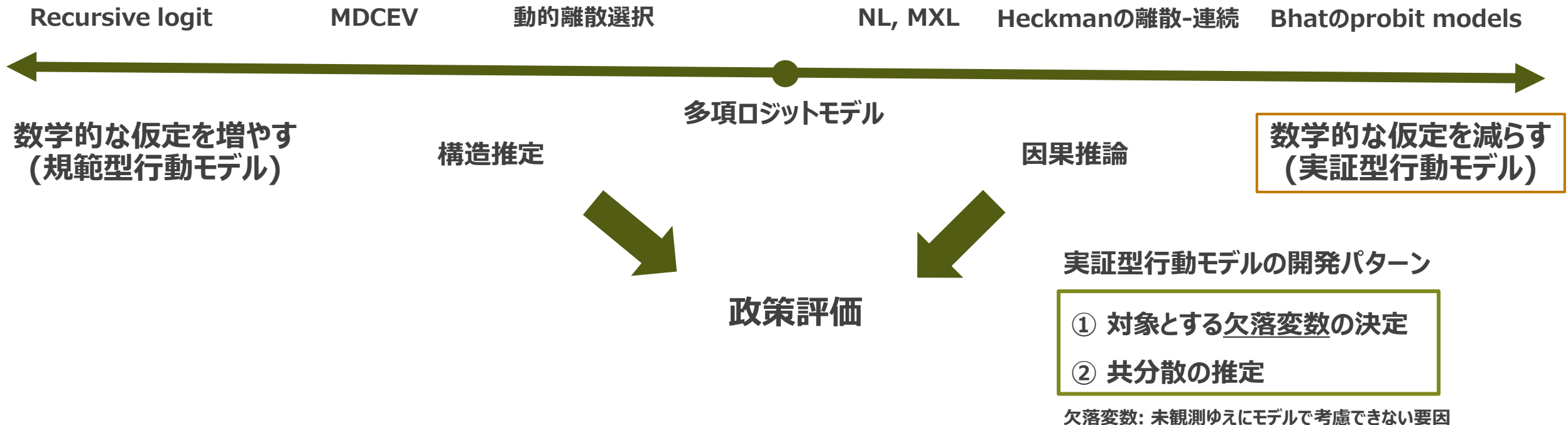
災害公営住宅仮申込段階

博士以降の研究: 行動モデルの開発

行動モデル開発の方向性



行動モデル開発の方向性



実証モデル開発に向けて①：欠落変数の影響

例：自転車による走行距離を線形回帰モデルにより分析



$$y_i = \beta_0 + x_{i1}\beta_1 + x_{i2}\beta_2 + \varepsilon_i,$$

自転車走行距離

説明変数と対応するパラメータ

誤差項



未観測の変数による影響を含む

例：説明変数が相関している場合

$$y_i = \beta_0 + x_{i1}\beta_1 + x_{i2}\beta_2 + \varepsilon_i,$$

自転車の性能

自転車は高性能？



自転車移動に
対する選好

自転車で走るのが好き？

例えば,

自転車で走るのが好きな人は高性能な自転車に乗る傾向がある

実証モデル開発に向けて①: 欠落変数の影響

例: 自転車による走行距離を線形回帰モデルにより分析



$$y_i = \beta_0 + x_{i1}\beta_1 + x_{i2}\beta_2 + \varepsilon_i,$$

自転車走行距離

説明変数と対応するパラメータ

誤差項

未観測の変数による影響を含む

A: x_{i2} をモデルで考慮した場合

$$y_i = \beta_0 + \underline{x_{i1}\beta_1^A} + \underline{x_{i2}\beta_2} + \varepsilon_i,$$

自転車の性能

自転車は高性能?

自転車移動に
対する選好

自転車で走るのが好き?

B: x_{i2} をモデルから欠落させた場合

$$y_i = \beta_0 + \underline{x_{i1}\beta_1^B} + x_{i2}\beta_2 + \varepsilon_i,$$

自転車の性能

自転車は高性能?

実証モデル開発に向けて①：欠落変数の影響

説明変数と誤差項が相関 → 推定的前提条件 (モデルの仮定) と矛盾



自転車走行距離

$$y_i = \beta_0 + x_{i1}\beta_1 + x_{i2}\beta_2 + \varepsilon_i,$$

説明変数と対応するパラメータ

誤差項

未観測の変数による影響を含む

x_{i2}

$$\beta_1^A \neq \beta_1^B$$

A: x_{i2} をモデルで考慮した場合

$$y_i = \beta_0 + x_{i1}\beta_1^A + x_{i2}\beta_2 + \varepsilon_i,$$

自転車の性能

自転車移動に
対する選好

B: x_{i2} をモデルから欠落させた場合

$$y_i = \beta_0 + x_{i1}\beta_1^B + x_{i2}\beta_2 + \varepsilon_i,$$

自転車の性能

自転車は高性能?

β_1^B の推定値に生じるバイアス: 欠落変数によるバイアス (内生性バイアス)

実証モデル開発に向けて②：共分散の推定

説明変数と誤差項が相関 → 推定的前提条件 (モデルの仮定) と矛盾



自転車走行距離

$$y_i = \beta_0 + x_{i1}\beta_1 + x_{i2}\beta_2 + \varepsilon_i,$$

説明変数と対応するパラメータ

誤差項

未観測の変数による影響を含む

x_{i2}

$$y_i = \beta_0 + x_{i1}\beta_1 + x_{i2}\beta_2 + \varepsilon_i,$$

自転車移動に対する選好

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_i \\ \xi_i \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_Y & 0 \\ 0 & \sigma_{x_1} \end{pmatrix} \right]$$

仮定：説明変数と誤差項は無相関

① 対象とする欠落変数の決定

② 共分散の推定

$$x_{i1} = \delta_0 + z_{i1}\delta_1 + \xi_i,$$

操作変数

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_i \\ \xi_i \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_Y & \sigma_{X_1Y} \\ \sigma_{X_1Y} & \sigma_{x_1} \end{pmatrix} \right]$$

共分散 σ_{X_1Y} を推定することにより上の仮定を緩和

→ 数学的な仮定を減らす (実証型行動モデル)

実証モデル開発に向けて③：選択肢相関の推定

例：交通手段選択モデルに生じる選択肢相関

電車 $y_{i1}^* = \beta_{10} + x_{i1}\beta_{11} + \underline{x_{iA}\beta_{12}} + \varepsilon_{i1},$

公共交通利用に対する選好

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_{i1} \\ \varepsilon_{i2} \\ \varepsilon_{i3} \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \right]$$

バス $y_{i2}^* = \beta_{20} + x_{i2}\beta_{21} + \underline{x_{iA}\beta_{22}} + \varepsilon_{i2},$

公共交通利用に対する選好

自動車 $y_{i3}^* = \beta_{30} + x_{i3}\beta_{31} + x_{iB}\beta_{32} + \varepsilon_{i3},$

実証モデル開発に向けて③：選択肢相関の推定

例：交通手段選択モデルに生じる選択肢相関

電車 $y_{i1}^* = \beta_{10} + x_{i1}\beta_{11} + \underline{x_{iA}\beta_{12}} + \varepsilon_{i1},$

① 対象とする欠落変数の決定

公共交通利用に対する選好

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_{i1} \\ \varepsilon_{i2} \\ \varepsilon_{i3} \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \right]$$

バス $y_{i2}^* = \beta_{20} + x_{i2}\beta_{21} + \underline{x_{iA}\beta_{22}} + \varepsilon_{i2},$

公共交通利用に対する選好

② 共分散の推定

→ 数学的な仮定を減らす (実証型行動モデル)

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_{i1} \\ \varepsilon_{i2} \\ \varepsilon_{i3} \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & \gamma_{12} & 0 \\ \gamma_{12} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \right]$$

自動車 $y_{i3}^* = \beta_{30} + x_{i3}\beta_{31} + x_{iB}\beta_{32} + \varepsilon_{i3},$

実証モデル開発に向けて④：内生性バイアスと選択肢相関

電車 $y_{i1}^* = \beta_{10} + x_{i1}\beta_{11} + \underline{x_{iA}\beta_{12}} + \varepsilon_{i1},$

公共交通利用に対する選好

バス $y_{i2}^* = \beta_{20} + x_{i2}\beta_{21} + \underline{x_{iA}\beta_{22}} + \varepsilon_{i2},$

公共交通利用に対する選好

自動車 $y_{i3}^* = \beta_{30} + \underline{x_{i3}\beta_{31}} + \underline{x_{iB}\beta_{32}} + \varepsilon_{i3},$

公共交通へのアクセス

居住地に対する選好



例：自家用車があるから公共交通へのアクセスは重視しない

実証モデル開発に向けて④：内生性バイアスと選択肢相関

電車 $y_{i1}^* = \beta_{10} + x_{i1}\beta_{11} + \underline{x_{iA}\beta_{12}} + \varepsilon_{i1},$

公共交通利用に対する選好

バス $y_{i2}^* = \beta_{20} + x_{i2}\beta_{21} + \underline{x_{iA}\beta_{22}} + \varepsilon_{i2},$

公共交通利用に対する選好

自動車 $y_{i3}^* = \beta_{30} + \underline{x_{i3}\beta_{31}} + x_{iB}\beta_{32} + \varepsilon_{i3},$

居住地に対する選好

説明変数と誤差項が相関

公共交通へのアクセス

$$x_{i3} = \delta_0 + z_{i1}\delta_1 + \xi_i,$$

操作変数

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_{i1} \\ \varepsilon_{i2} \\ \varepsilon_{i3} \\ \xi_i \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & \gamma_{12} & 0 & 0 \\ \gamma_{12} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \sigma_{X_3Y_3} \\ 0 & 0 & \sigma_{X_3Y_3} & \sigma_{x_3} \end{pmatrix} \right]$$

✓ 内生性バイアスを補正しながら選択肢相関を記述

実証型行動モデル

- ① 対象とする欠落変数の決定
 - ② 共分散の推定
- により、
主観的な要因が観測できない場合でも正確な推定に近づける

まとめ

- **実証型行動モデル: 数学的な仮定を減らすことにより現象をありのままに記述するモデル**
→ NLやMXLから始まり, これまで多くのモデルが提案

モデリングの手順は

- ① 対象とする欠落変数の決定
- ② 共分散の推定

で説明できる

- **観測が困難な主観的な要因 (態度変数) が未観測な場合でも, 正確な推定に近づける**

付録: 離散選択とその選択肢集合形成に生じる内生性バイアスの補正モデル

離散選択とその選択肢集合形成

選択肢集合形成モデル

$z_{i1}^* > 0$ の場合に電車が選択肢集合に含まれる

電車
$$z_{i1}^* = \alpha_{10} + w_{i1}\alpha_{11} + w_{iA}\alpha_{12} + v_{i1},$$

$z_{i2}^* > 0$ の場合にバスが選択肢集合に含まれる

バス
$$z_{i2}^* = \alpha_{20} + w_{i2}\alpha_{21} + w_{iA}\alpha_{22} + v_{i2},$$

$z_{i3}^* > 0$ の場合に自動車が選択肢集合に含まれる

自動車
$$z_{i3}^* = \alpha_{30} + w_{i3}\alpha_{31} + x_{iB}\alpha_{32} + v_{i3},$$

離散選択モデル

$y_{i1}^* > y_{i2}^*, y_{i1}^* > y_{i3}^*$ の場合に電車を選択

$$y_{i1}^* = \beta_{10} + x_{i1}\beta_{11} + x_{iA}\beta_{12} + \varepsilon_{i1},$$

$y_{i2}^* > y_{i1}^*, y_{i2}^* > y_{i3}^*$ の場合にバスを選択

$$y_{i2}^* = \beta_{20} + x_{i2}\beta_{21} + x_{iA}\beta_{22} + \varepsilon_{i2},$$

$y_{i3}^* > y_{i1}^*, y_{i3}^* > y_{i2}^*$ の場合に自動車を選択

$$y_{i3}^* = \beta_{30} + x_{i3}\beta_{31} + x_{iB}\beta_{32} + \varepsilon_{i3},$$

$$x_{i3} = \delta_0 + z_{i1}\delta_1 + \xi_i,$$

① 対象とする欠落変数の決定

選択肢集合形成モデル

$z_{i1}^* > 0$ の場合に電車が選択肢集合に含まれる

電車
$$z_{i1}^* = \alpha_{10} + w_{i1}\alpha_{11} + w_{iA}\alpha_{12} + v_{i1},$$

公共交通利用に対する選好

$z_{i2}^* > 0$ の場合にバスが選択肢集合に含まれる

バス
$$z_{i2}^* = \alpha_{20} + w_{i2}\alpha_{21} + w_{iA}\alpha_{22} + v_{i2},$$

$z_{i3}^* > 0$ の場合に自動車が選択肢集合に含まれる

自動車
$$z_{i3}^* = \alpha_{30} + w_{i3}\alpha_{31} + x_{iB}\alpha_{32} + v_{i3},$$

自動車利用に対する選好

離散選択モデル

$y_{i1}^* > y_{i2}^*, y_{i1}^* > y_{i3}^*$ の場合に電車を選択

$$y_{i1}^* = \beta_{10} + x_{i1}\beta_{11} + x_{iA}\beta_{12} + \varepsilon_{i1},$$

公共交通利用に対する選好

$y_{i2}^* > y_{i1}^*, y_{i2}^* > y_{i3}^*$ の場合にバスを選択

$$y_{i2}^* = \beta_{20} + x_{i2}\beta_{21} + x_{iA}\beta_{22} + \varepsilon_{i2},$$

$y_{i3}^* > y_{i1}^*, y_{i3}^* > y_{i2}^*$ の場合に自動車を選択

$$y_{i3}^* = \beta_{30} + x_{i3}\beta_{31} + x_{iB}\beta_{32} + \varepsilon_{i3},$$

自動車利用に対する選好

$$x_{i3} = \delta_0 + z_{i1}\delta_1 + \xi_i,$$

② 共分散の推定

$$\begin{pmatrix} z_{i1}^* \\ z_{i2}^* \\ z_{i3}^* \\ y_{i1}^* \\ y_{i2}^* \\ y_{i3}^* \\ x_{i3} \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} \alpha_{10} + w_{i1}\alpha_{11} \\ \alpha_{20} + w_{i2}\alpha_{21} \\ \alpha_{30} + w_{i3}\alpha_{31} \\ \beta_{10} + x_{i1}\beta_{11} \\ \beta_{20} + x_{i2}\beta_{21} \\ \beta_{30} + x_{i3}\beta_{31} \\ \delta_0 + z_{i1}\delta_1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & \rho_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \rho_{12} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \sigma_{Y_3Z_3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \gamma_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma_{12} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{Y_3Z_3} & 0 & 0 & 1 & \sigma_{X_3Y_3} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{X_3Y_3} & \sigma_{x_3} \end{pmatrix} \right]$$