

17th Apr. 2023

理論談話会

土地所有行動のモデリング

小林 里瑛

発表のアウトライン

1

イントロダクション

2

土地所有資料のデジタイズ

3

史料を使った行動モデルの推定

4

土地売買マッチングと-交通行動のモデリング

5

今取り組んでいること

自己紹介

- 学部：東京大学工学部都市工学科
 - 卒業設計で学位を取得
- 修士：都市工学専攻→社会基盤学専攻
 - 都市工：復興支援と街並み調査@Kathmandu
 - 社基：道後の都市形成史
- 博士：社会基盤学専攻
 - 土地所有の行動モデリング
- 助教（現在）
 - 土地売買の行動モデリング

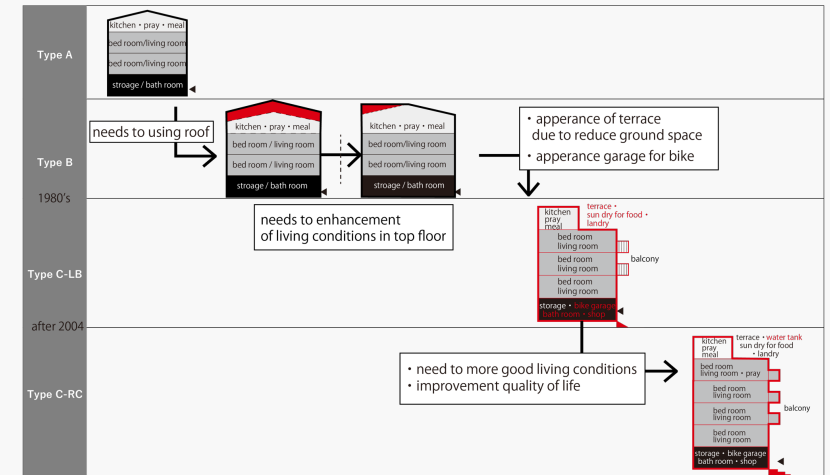


Fig: Khokana集落における住宅の発展段階



Fig: 昭和初期の道後温泉街（空撮）

研究領域

- 経済理論

- 離散選択モデル・動的離散選択モデル・マッチングアルゴリズム

- 学習理論

- 経済モデルの推定も「学習」の一つ + 深層学習による画像認識

- 歴史情報学

- 特に近現代の「解析系*」を扱う

- “解析系は、テキストや絵画などをデータ化し、それらのデータについて、コンピュータプログラムを用いて分析し、人間の手法と異なるアプローチを行う系統です。”
- 発見系・解析系・可視化系 の3つのパターン

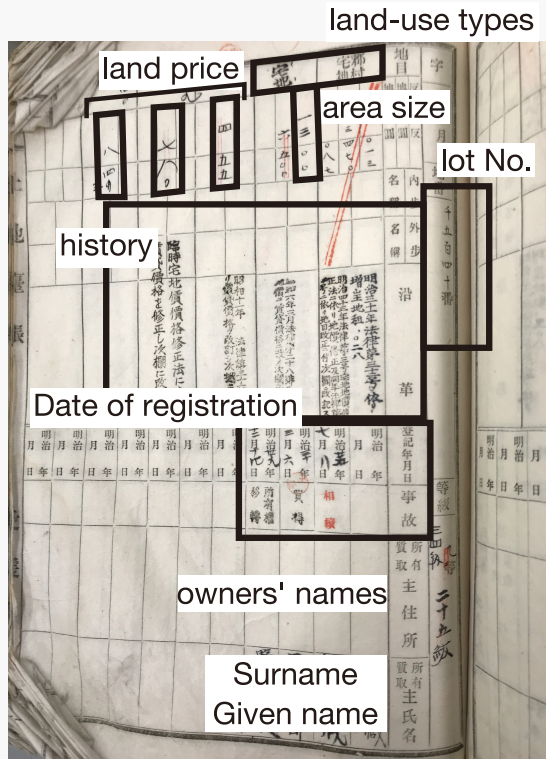
*後藤 真, 橋本 雄太 (編) 『歴史情報学の教科書 歴史のデータが世界をひらく』 2019, 文学通信.

土地所有資料のデジタルイズ

使用データの概要

- 土地台帳

- 使用年代：1889 - 1960年



- 不動産登記全部事項

- 使用年代：1960年 - 現在
- 2004年にコンピュータ化

2021/01/19 14:46 現在の情報です。



表 題 部 (土地の表示)	調製	平成6年5月26日	不動産番号	5000000143690
地図番号 1374 S4・21-2	筆界特定	[余白]		
所 在 松山市道後湯之町			[余白]	
① 地 番	② 地 目	③ 地 積 m ²	原因及びその日付〔登記の日付〕	
甲 [余白]	宅地	99:17	[余白]	
[余白]	[余白]	[余白]	昭和63年法務省令第37号附則第2条第2項の規定により移記 平成6年5月26日	
[余白]	[余白]	107:39	③ 錯誤 地図作成 〔平成18年3月14日〕	

権 利 部 (甲 区) (所 有 権 に 関 す る 事 項)			
順位番号	登 記 の 目 的	受付年月日・受付番号	権 利 者 そ の 他 の 事 項
1	所有権移転	昭和23年5月10日 第4959号	原因 昭和23年3月19日売買 所有者 [余白] 順位1番の登記を移記
	[余白]	[余白]	昭和63年法務省令第37号附則第2条第2項の規定により移記 平成6年5月26日
2	所有権移転	平成11年2月5日 第4711号	原因 平成10年4月5日相破 所有者 松山市 [余白]
3	所有権移転	平成24年12月5日 第38990号	原因 平成18年7月30日相続 所有者 松山市 [余白]
4	所有権移転	平成27年12月17日 第36914号	原因 平成27年8月6日買取 所有者 松 山 市

土地台帳のデジタイズ

Fig. 土地台帳の一部

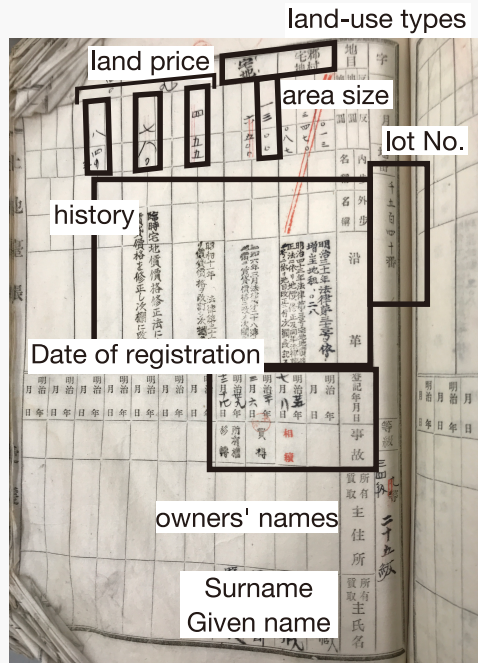


Table: 土地所有者と土地の属性のクロスセクショナルデータテーブル

LotNo.	Year	Owners' names	Size	Land-use type	Tax
1540	1889	i	13	Residential	0.087
1540	1890	i	13	Residential	0.087
1540	1891	j	13	Residential	0.087
...
1540	1906	j	13	Residential	0.087
...
1544	1889	i	63	Farm	0.109
...
1600	1889	j	80	Residential	0.221

家毎の土地所有履歴

地番 1540 が 1890 年に i と j の間で取引される。

地主 $i = [\{1540, 1544\}_{1889}, \{1540, 1544\}_{1890}, \{1544\}_{1891} \dots, \{1544\}_{1960}]$

地主 $j = [\{1600\}_{1889}, \{1600\}_{1890}, \{1540, 1600\}_{1891} \dots, \{1540\}_{1960}]$

台帳データ生成を自動化できないか？：文字認識

- CNN based なfeature-extraction による転移学習

くずし字の学習データは豊富になりつつあるが、文字出現回数の偏り / スクレイピング環境に頑健な手法が望ましい→転移学習による認識精度の向上を試みる

実験 KMNISTデータセット, 「〇」のみ土地台帳よりスクレイピングして訓練

データ

訓練データの一例



検証データの一例

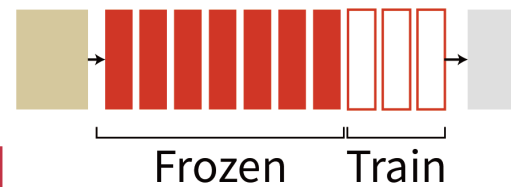


学習方法

1. 転移学習を行わないCNN



2. pre-trained Feature Extraction



3. pre-trained Fine tuning



事前に学習させたCNNを特徴抽出器とする手法

不動産登記全部事項のデジタイズ

➤ 土地所有者と土地の属性のクロスセクショナルデータと売買ネットワークデータ

- 非集計モデルのための土地所有者と土地の属性のクロスセクショナルデータ
- 取引関係を明確化するための売買ネットワークデータ

2021/01/19 14:46 現在の情報です。



表 題 部 (土地の表示)		調製	平成6年5月26日	不動産番号	5000000143690
地図番号	1374 S4・21-2	筆界特定	[余白]		
所 在	松山市道後湯之町 [余白]				
① 地 番	② 地 目	③ 地 積	㎡	原因及びその日付〔登記の日付〕	
甲 [余白]	宅地	99	17	[余白]	
[余白]	[余白]	[余白]	[余白]	昭和63年法務省令第37号附則第2条第2項の規定により移記 平成6年5月26日	
[余白]	[余白]	107	39	③ 錯誤 地図作成 〔平成18年3月14日〕	
“売買”					
権 利 部 (甲 区) (所有権に関する事項)					
順位番号	登 記 の 目 的	受付年月日・受付番号	権 利 者 そ の 他 の 事 項		
1	所有権移転	昭和23年5月10日 第4959号	原因 昭和23年3月19日売買 所有者 松山市 順位1番の登記を移記		
	[余白]	[余白]	昭和63年法務省令第37号附則第2条第2項の規定により移記 平成6年5月26日		
2	所有権移転	平成11年2月5日 第4711号	原因 平成10年4月5日相続 所有者 松山市		
3	所有権移転	平成24年12月5日 第38990号	原因 平成18年7月30日相続 所有者 松山市		
4	所有権移転	平成27年12月17日 第36914号	原因 平成27年8月6日買取 所有者 松山市		

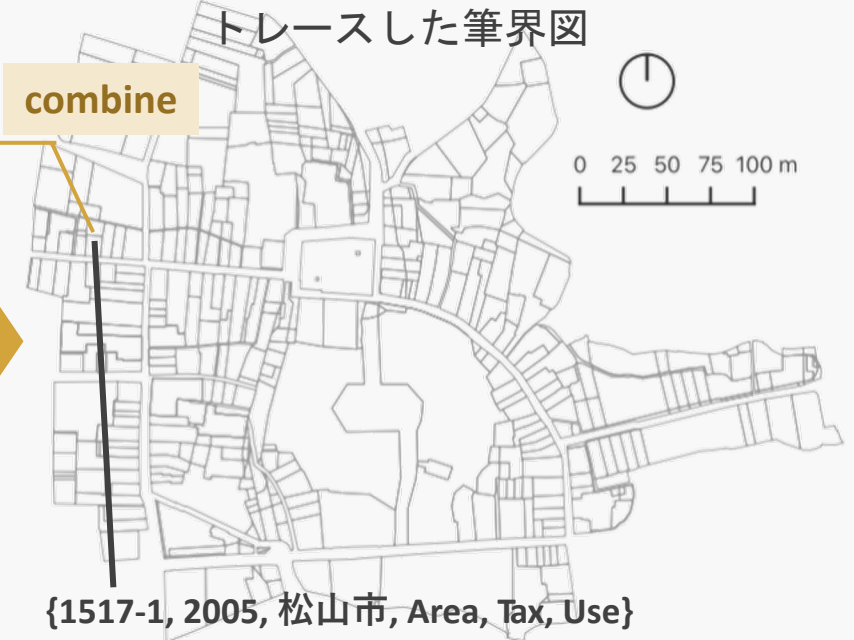
Fig. 不動産登記全部事項

土地所有者と土地の属性

Lot. No	Year	Name
1517-1	2004	Xxx, xxx
1517-1	2005	松山市
1517-1	2006	松山市
...
1517-2	2005	松山市

売買ネットワーク

Year	Seller	Buyer
2004	Xxx, xxx	松山市
...



敷地の選び方

- 土地取引が活発／交通行動の影響あり／区画の再編がほぼなし
 - 18世紀以来の温泉観光地であり戦争や災害による被害がほとんどない

▶モデルケーススタディに最適

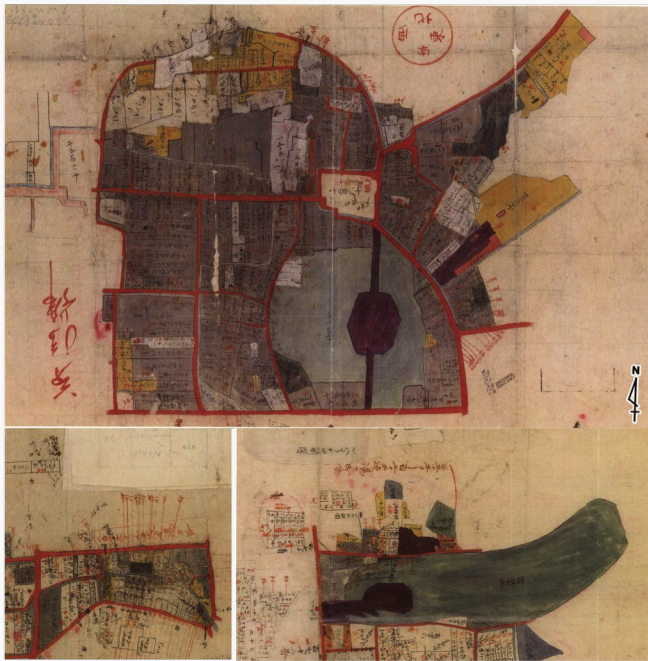


Fig: 筆界図 (1873)



Fig: 筆界図(1873) をトレースした地図



測量図面をトレースした地図

土地所有形態選択モデルの提案と超長期に渡る推定

EM-CNLモデルによる土地所有形態選択問題の定式化

EM-CNLモデルによる土地所有形態選択問題

➤ 主体＝土地所有者は土地所有形態（パターン）を選択

目的

- 効用を最大化するためにどのような土地所有形態を選択するかを解明

選択肢集合

- 他者の土地所有形態
- 前年の土地所有形態

貢献

- 70年にわたる土地所有行動の変化の解明
- 土地所有行動の異質性と選択肢の重複の考慮

Example,

選択肢集合 {Pattern1, Pattern23, Pattern24}, から 土地所有者B は Plot 2 と Plot 4 から成る Pattern24 を 選択する

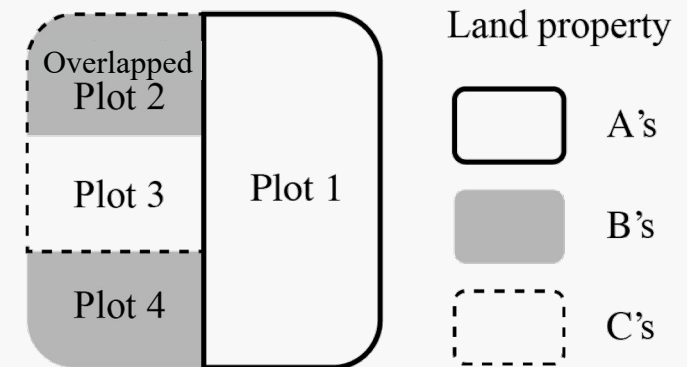


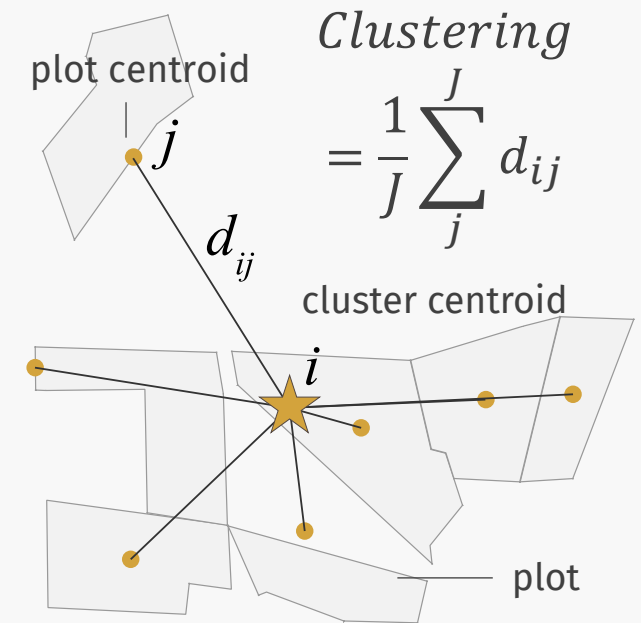
Fig. : 選択肢のイメージ

効用関数の定義：限られた史料から何を変数にできるか？

➤ 面積，距離，宅地率，クラスター平均距離の4つの属性を設定

$$V_i = \theta_A Area + \theta_D Distance + \theta_H Housingratio + \theta_c Clustering$$

- *Area*: 所有土地の総面積
- *Distance*: 道後温泉本館からの距離 地価の代替変数
高いほど距離が離れていることを表す
- *Housingratio*: 所有土地の宅地率（面積ベース）
- *Clustering*: 筆クラスター重心からの平均距離
小さいほど集積的な土地所有形態を選択している
土地の集約化（land assembly）の指標



CNL モデルの多時点推定の結果

- 減少する総面積や増大する距離など、選好の経年変化を解明
- *Clustering* はすべての年で負の値 → 土地の集約化選好は安定的

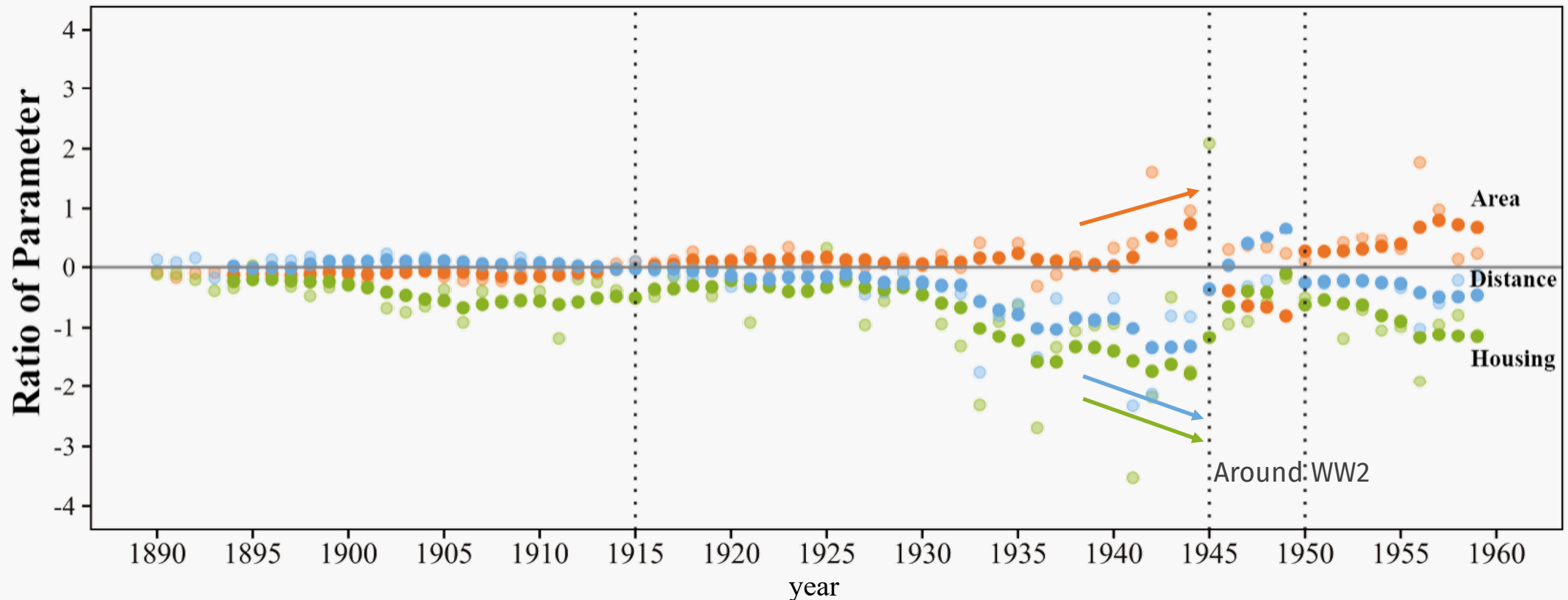


Fig. Parameter Ratios Estimated by the CNL Model and Their Moving Averages, 1890-1960

時間的転移性の検証

➤ 時間的転移性は年によって異なるものの、1914年は20年ほど転移性がある

$$\text{指標} : \rho_{transfer}^2 = 1 - LL_v(\widehat{\theta}^e) / LL_v(\widehat{\theta}^v)$$

1890年は15年程度の予測に有効

1896年はユニークな傾向

1910-1930年は時間的転移性高

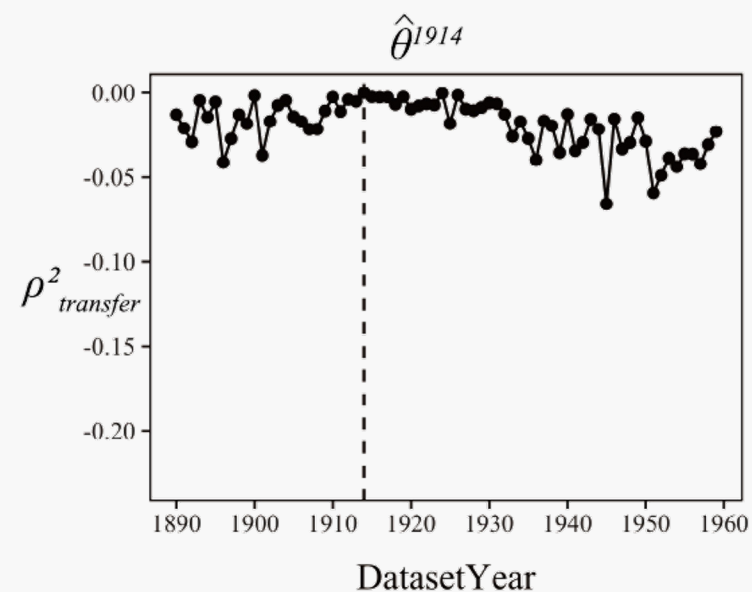
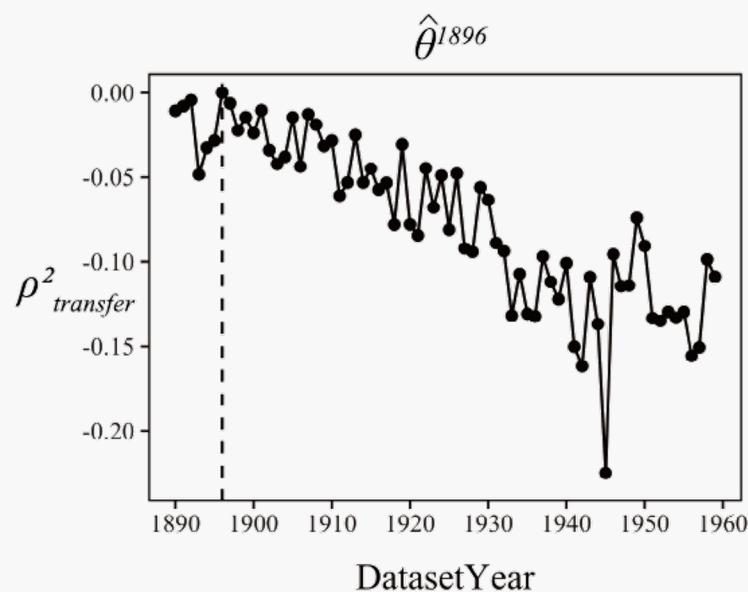
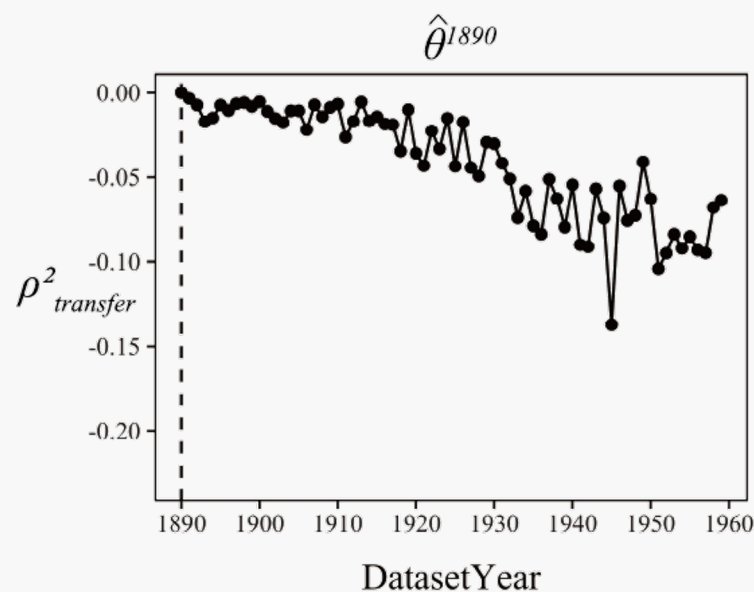


Fig. Temporal transfer performance measure of estimated parameter in 1890, 1896 and 1914

ミクロな土地売買-交通行動のモデリング

再帰的なトリップチェーン選択モデルと土地取引マッチングの融合

既往研究の整理: 土地取引の経済モデル

サーチ理論

Stigler のサーチ
Stigler (1961,1962)



逐次サーチ
McCall (1970)



両方向サーチ
Wheaton (1990)
=住宅市場サーチ

マッチング問題

TTC アルゴリズム
Atila & Sönmez (1999)

住宅割り当て問題
例: Atila & Sönmez (2005)
Sönmez & Ünver (2010)

DA アルゴリズム
Gale & Shapley (1960)

ゲーム理論

売り手と買い手の二者
非協力ゲーム (Eckart 1985)
協力ゲーム (Asami 1988)
情報の非対称性 (Strange 1995)

三者以上のゲーム
Samsura et al. (2010)
Lin et al. (2014)
Jana et al. (2020)

ゲームによる
均衡価格の算出

土地利用 - 交通モデル

CALTAS Anas (1982,1984)

MUSSA Martinez (1996)

CUE 堤 et al. (2013) など

需給量一致による市場精算



擬似均衡による市場精算

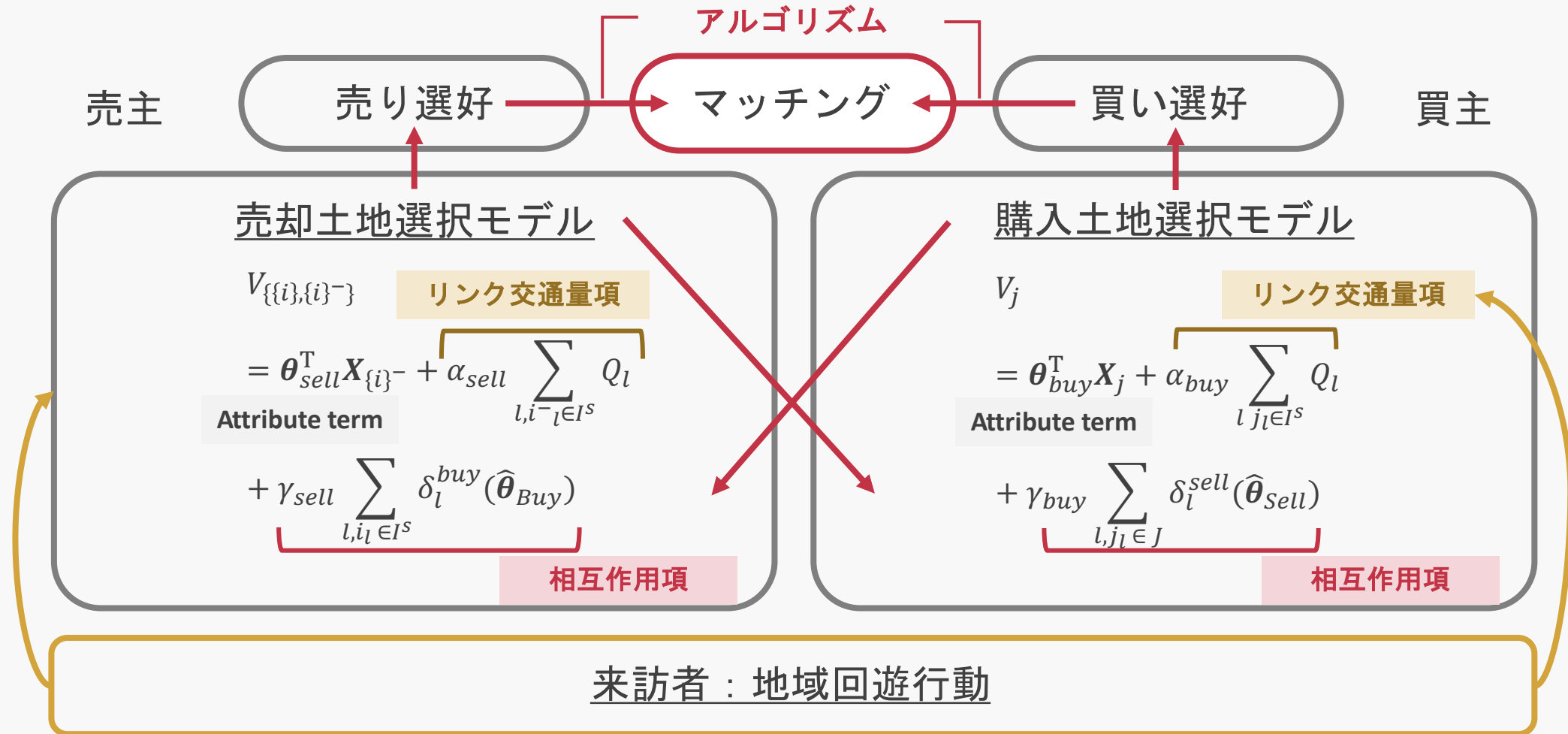
Hurtubia et al. (2019)

本研究の対象

マッチングによる需給調整

モデル構造

土地売買の相互作用を考慮したモデルとマッチングアルゴリズムの融合



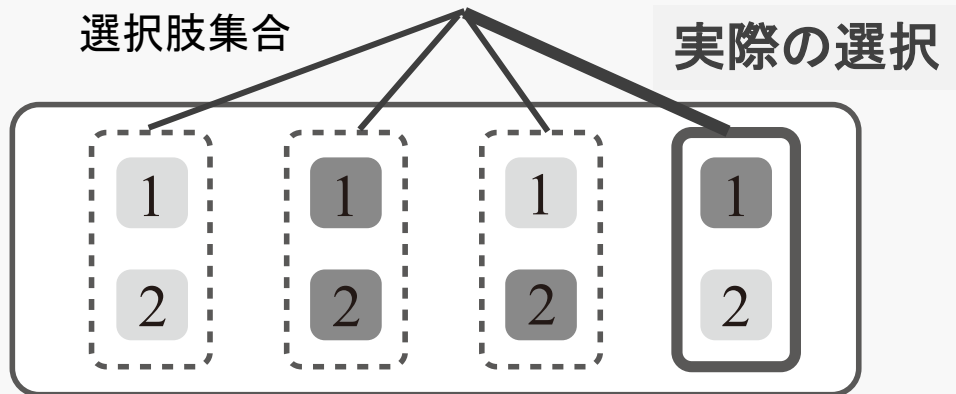
売却土地選択モデル

● 選択行動

売主は売却する土地 $\{i\}$ と所有を維持する土地 $\{i\}^-$ の **組合せ** を選択

● 選択肢集合

所有している土地の組み合わせ $i = \{\{i\}, \{i\}^-\}$



● 効用の確定項

$$V_{\{\{i\}, \{i\}^-\}}$$

土地属性項

$$= \theta_{sell}^T X_{\{i\}^-} + \alpha_{sell} \sum_{l, i_l^- \in I^S} Q_l$$

リンク交通量項

相互作用項

$$+ \gamma_{sell} \sum_{l, i_l \in I^S} \delta_l^{buy} (\hat{\theta}_{Buy})$$

- l : リンク
- $\hat{\theta}_{Buy}$: 購入土地選択モデルの推定パラメータ
- 推定するパラメータ : $\theta_{sell} = (\theta_{sell}^T, \alpha_{sell}, \gamma_{sell})$

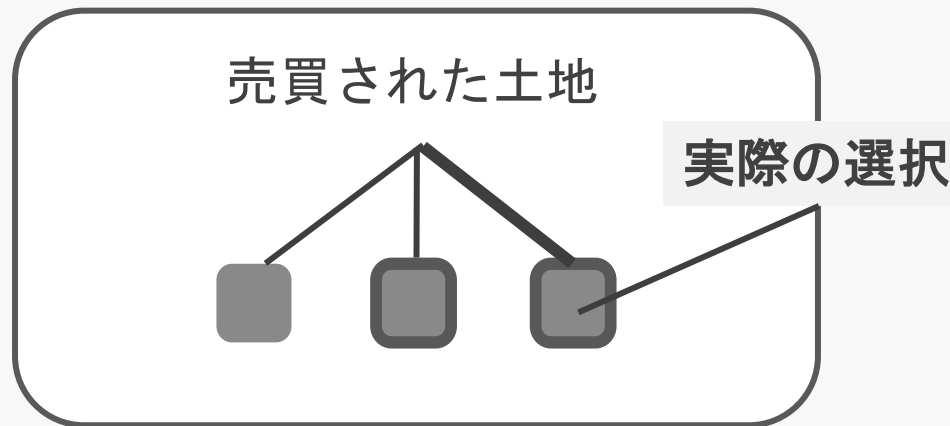
購入土地選択モデル

● 選択行動

買主は購入する土地 j を選択する

● 選択肢集合

売買された土地からランダムサンプリング



● 効用の確定項

$$V_j$$

土地属性項

リンク交通量項

$$= \theta_{buy}^T X_j + \alpha_{buy} \sum_{l, j_l \in I^s} Q_l$$

相互作用項

$$+ \gamma_{buy} \sum_{l, j_l \in J} \delta_l^{sell}(\hat{\theta}_{sell})$$

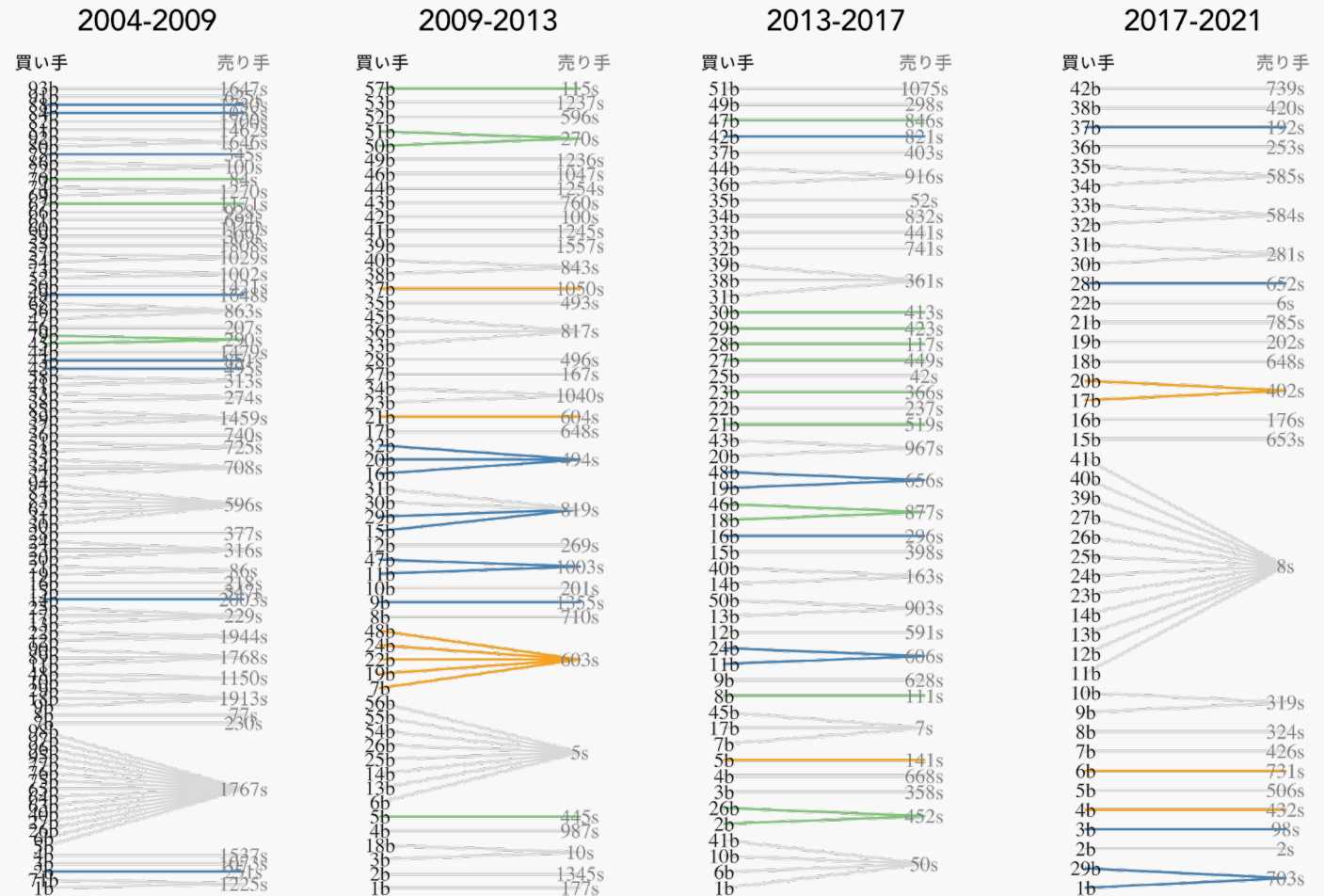
- l : リンク
- $\hat{\theta}_{sell}$: 売却土地選択モデルの推定パラメータ
- 推定するパラメータ: $\theta_{Buy} = (\theta_{buy}, \alpha_{buy}, \gamma_{buy})$

マッチングアルゴリズム：概要

- 土地売買モデルの推定結果を用いて、売りと買いのマッチングを定式化
- 推計結果から売り手と買い手という2つの経済主体の選好順位を決定可能
- Gale-ShapleyのDAアルゴリズムの適用で「安定マッチング」を目指す
- 売り手と買い手が「ともにマッチングしていない状態」もしくは「マッチングが暫定的に成立している状態（仮マッチング）」であると仮定する

マッチングのシミュレーション

- マッチング件数低下
- 開発が完了してすぐに土地売買のマッチングが成立するとは限らない
- 上人坂のような低未利用地のマッチングに時期的偏りがある



売買土地のエリア

上人坂

商店街

飛鳥乃湯泉

最後に：今取り組んでいること

課題1：不動産登記全部事項のレイアウト検出と時系列化

- 不動産登記全部事項の文字領域バウンディングボックスを生成
- バウンディングボックスの位置から分類器を学習

バウンディングボックスの検出



2021/01/19 14:57 現在の情報です。

表 題 部 (土地の表示)		調製	平成6年5月26日	不動産番号	5000000143759
地図番号	1374 S4・22-1	筆界特定	余白		
所 在		松山市道後湯之町		余白	
① 地 番	②地 目	③ 地 積	㎡	原因及びその日付 [登記の日付]	
甲1560番1	宅地	1012:09	余白		
余白	余白	余白	:	昭和63年法務省令第37号附則第2条第2項の規定により移記	
余白	余白	余白	:	平成6年5月26日	
余白	余白	1268:20	:	③錯誤 地区作成	
余白	余白	余白	:	平成18年3月14日	
権 利 部 (甲 区) (所有権に関する事項)					
順位番号	登 記 の 目 的	受付年月日・受付番号	権 利 者 そ の 他 の 事 項		
1	所有権移転	昭和41年7月30日 第23728号	原因 昭和41年4月2日権利承継 所有者 松山市 順位3番の登記を移記		
	余白	余白	昭和63年法務省令第37号附則第2条第2項の規定により移記 平成6年5月26日		

* 下線のあるものは抹消事項であることを示す。

分類器の学習



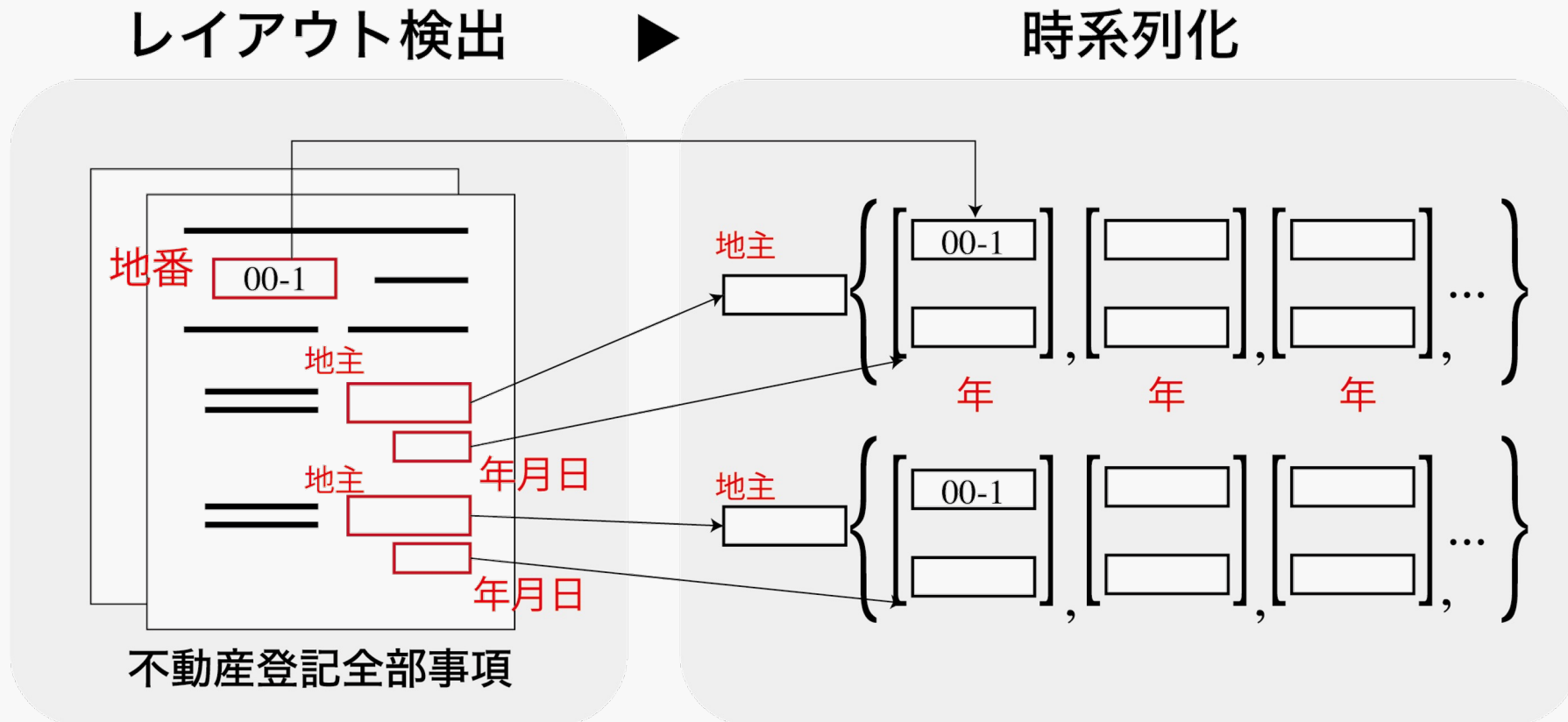
2021/01/19 14:57 現在の情報です。

表 題 部 (土地の表示)		調製	平成6年5月26日	不動産番号	5000000143759
地図番号	1374 S4・22-1	筆界特定	余白		
所 在		松山市道後湯之町		余白	
① 地 番	②地 目	③ 地 積	㎡	原因及びその日付 [登記の日付]	
甲1560番1	宅地	1012:09	余白		
余白	地番	余白	:	昭和63年法務省令第37号附則第2条第2項の規定により移記	
余白	余白	余白	:	平成6年5月26日 年月日	
余白	余白	1268:20	:	③錯誤 地区作成	
余白	余白	余白	:	平成18年3月14日 年月日	
権 利 部 (甲 区) (所有権に関する事項)					
順位番号	登 記 の 目 的	受付年月日・受付番号	権 利 者 そ の 他 の 事 項		
1	所有権移転	昭和41年7月30日 第23728号	原因 昭和41年4月2日権利承継 所有者 松山市 順位3番の登記を移記		
	余白	余白	昭和63年法務省令第37号附則第2条第2項の規定により移記 平成6年5月26日		

* 下線のあるものは抹消事項であることを示す。

課題1：不動産登記全部事項のレイアウト検出と時系列化

- 時系列に関わる年月日画像データの文字認識→文字によるラベリング
- 検出した画像に年月日をラベリングし，データを格納し時系列化

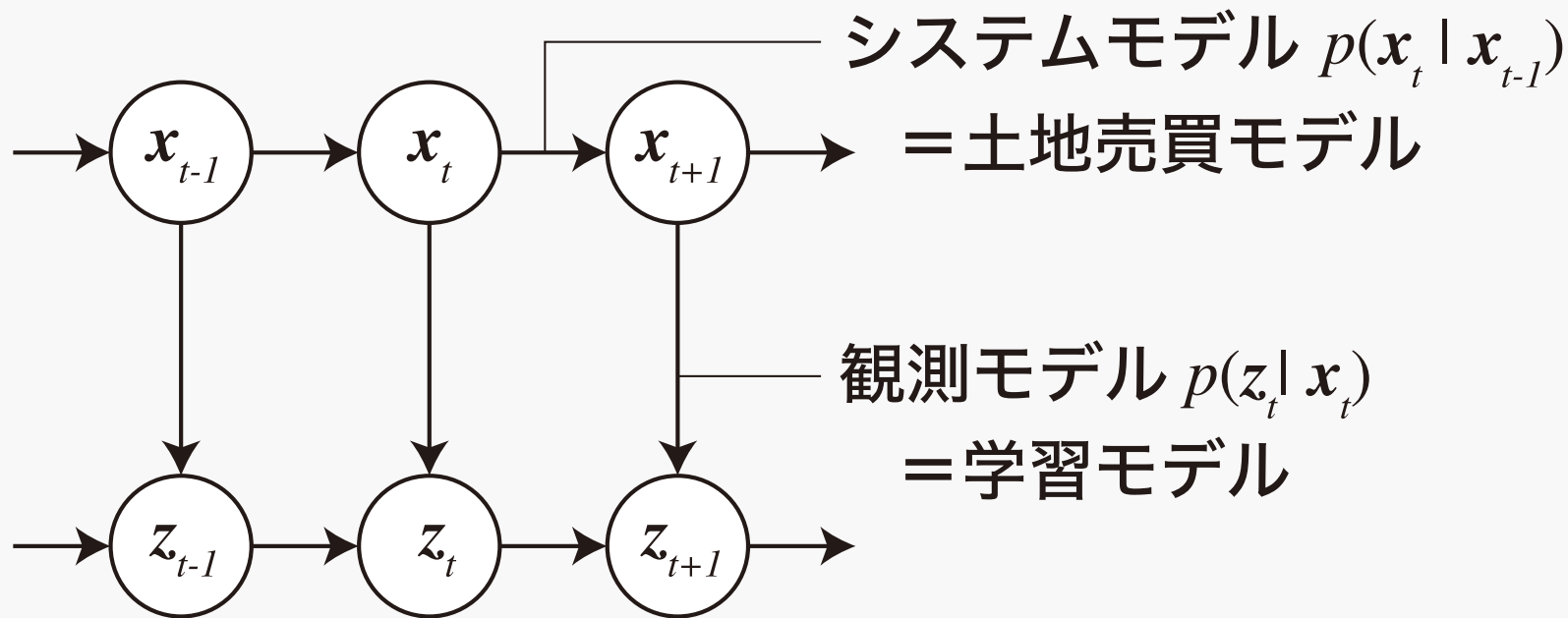


課題2：一般状態空間モデルを用いた画像認識と行動モデルの融合

- 観測側の問題：学習結果に観測誤差が含まれている可能性
- 行動側の問題：地主の行動は動学的，相互的かつ時間依存的

➤ 一般状態空間モデルによるモデリングを採用

行動モデル+観測誤差を確率的に記述可能



まとめ

- 史料を使った行動モデルの推定でできること
 - ✓ 史料が豊富に残されていない無名の人々の行動を推論
- 土地売買マッチングモデルでできること
 - ✓ マッチングによる理想的な市場の再現と実装可能性の提示
 - ✓ 公共性の高い土地利用への税制上の誘導などのメカニズムデザインへ

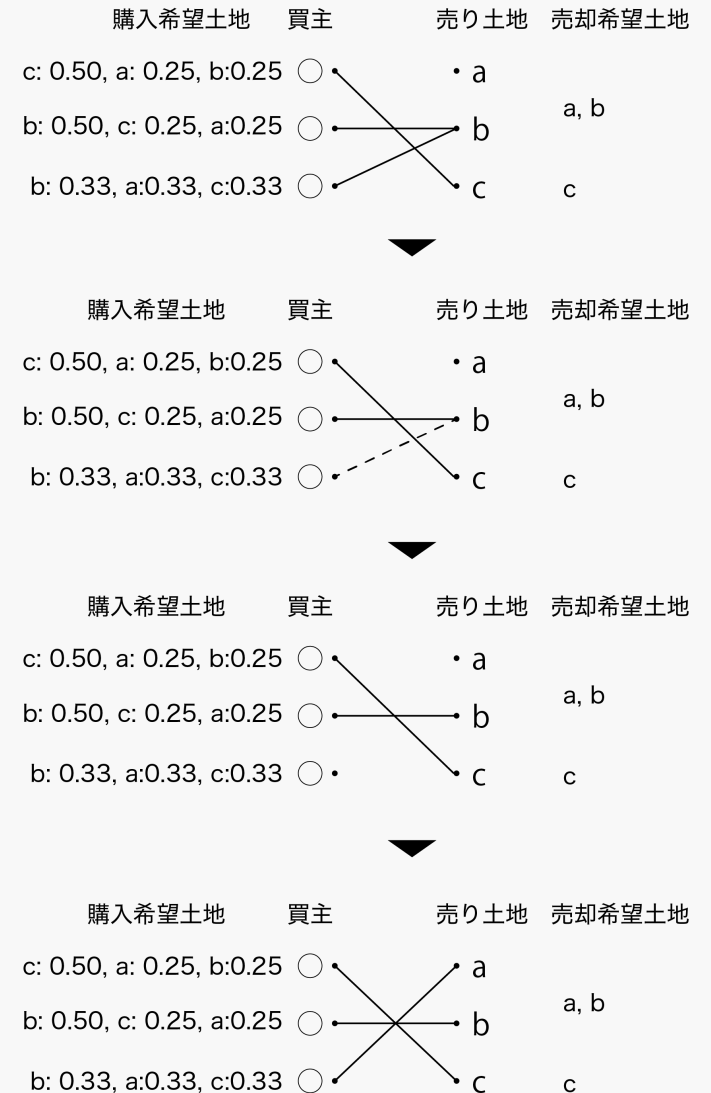
論点と課題

- モデルの汎用性について：「使える土地モデル」とは何か？
- 時間のスケールについて：土地に対する行動と交通行動の時間スケールの違い

Appendix

マッチングアルゴリズム：詳細

1. マッチングしていない買い手は選択肢の中で最も選択確率の高い売り土地にオファーを出す
2. 次に、その土地を所有する売主がフリーであればそのオファーを受け入れ、仮マッチングが成立
3. その土地を所有する地主が仮マッチング状態ならば、仮マッチングした買主と新しくオファーしてきた買主の選択確率を比較し、より選択確率の高い買主と仮マッチングする
4. もし、売主との仮マッチングが解消された場合、買主は解消された売主の土地を選考リストから外し、フリーとなる
5. 以上の手順を、仮マッチングしていない買主がいなくなるまで繰り返す



買主側提案型マッチング結果：市場をある程度再現

- 低位価格マッチリンクでは高度でない土地利用
- 高位価格リンクでは高度な土地利用

低位価格マッチ: マッチング量（理想）に対して実際の取引が多い＝低い価格での取引が起きている

低位価格マッチリンク＝上人坂リンク＝駐車場利用 高位価格マッチ＝商店街リンク＝商店街

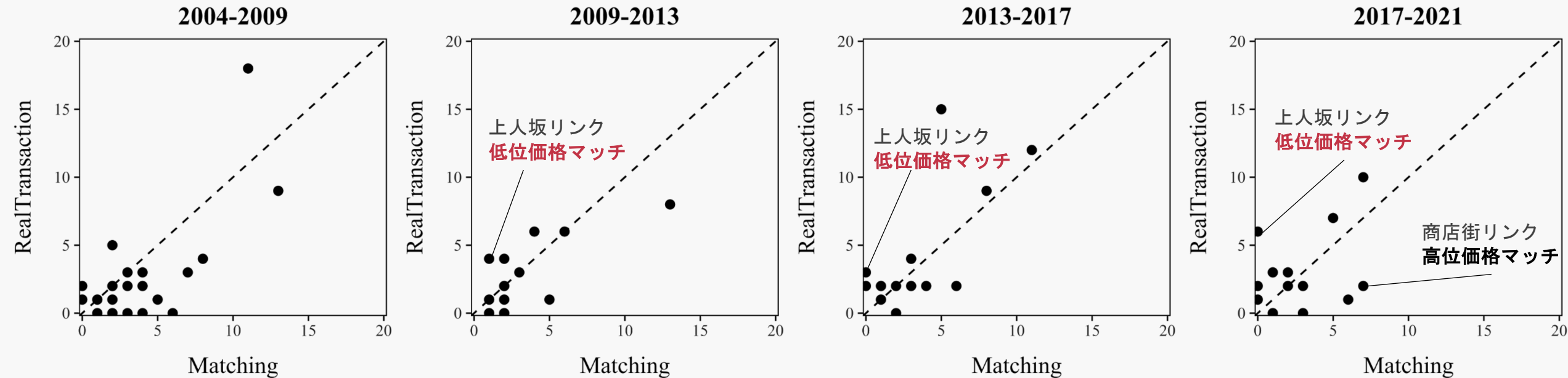


図. 実際の取引量（y軸）とマッチング量（x軸）