

都市モデルにできること, できないこと

2008.9.4 計画・交通研究会
(都市モデル研究)

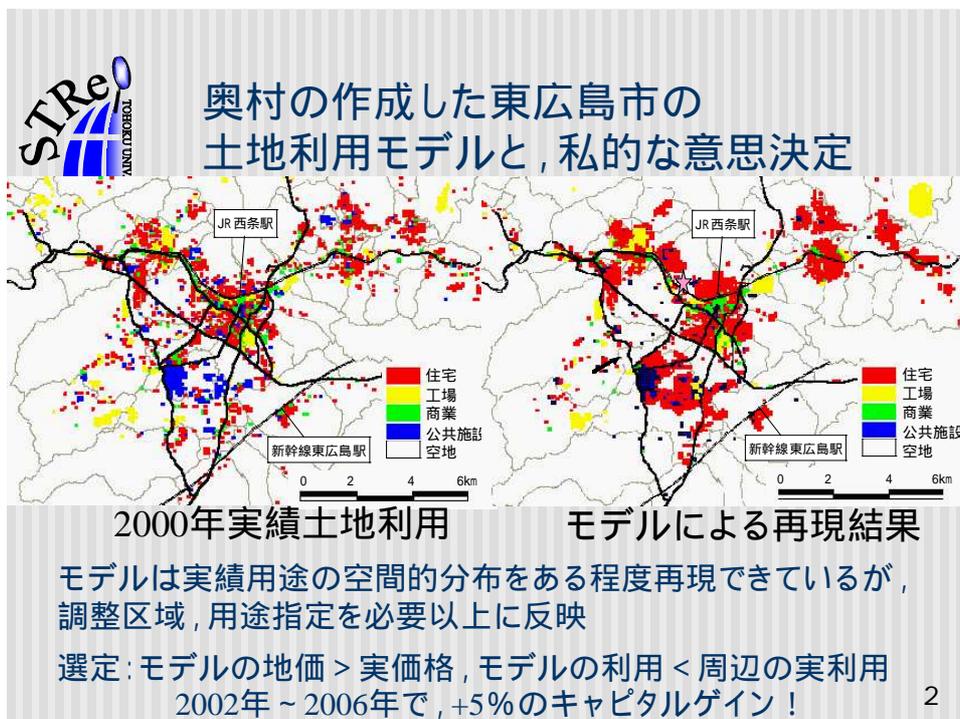
東北大学東北アジア研究センター

奥村 誠

Okumura Makoto (CNEAS:Tohoku Univ.)
Science and Technology for Regional Planning



1



2



土地利用モデル開発の経緯

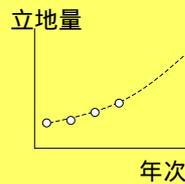
60年代	総合交通計画(4段階推定)の時代 交通計画では活動分布を所与
70年代後半～	土地利用との相互作用のモデル化 「効率的都市開発のための交通整備」
80年代中盤	土地利用交通モデルの頓挫 (データがない, 精度が悪い, ゾーン単位では政策分析ができない)
90年代後半	GIS, RSデータ, 詳細地理情報, PC 土地利用変更を促すTDMの必要性 環境制約の顕在化
2000年	土地利用モデルのリバイバル?

3



土地利用のモデル化方法

ゾーンごとに時系列外挿



ゾーンごとの回帰分析

$$Y_i = aX_i + bZ_i + cW_i + \dots$$

交通条件,
土地利用規制など

要因の影響を考慮

(マクロ・集計モデル)

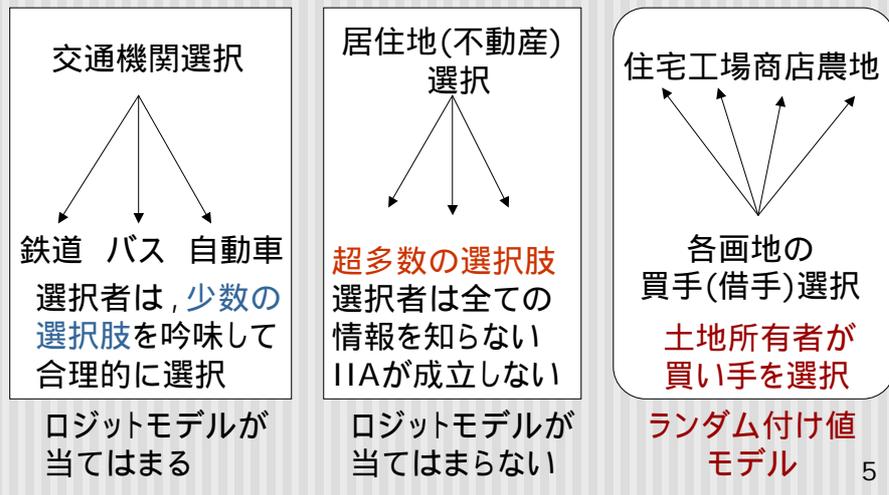
過去の傾向を説明するだけで、新しい政策が採られた時の予測には無力

行動原理に基づくモデル
非集計モデル(ロジットモデル)を
使いたい!

But 通常の選択モデルはうまく適用できない

4

非集計選択行動モデル (ex. Logit Model)の適用



ランダム付け値モデル

- ある画地について、**立地主体が評価値**を「付け値」として表明する



土地所有者は最大付け値の表明者に売る
 付け値のランダム項がガンベル分布
 ロジット型モデル

$$P_{ij} = \frac{e^{x_{ij} \beta}}{\sum_{j=1}^J e^{x_{ij} \beta}}$$



ランダム付け値モデルの注意点

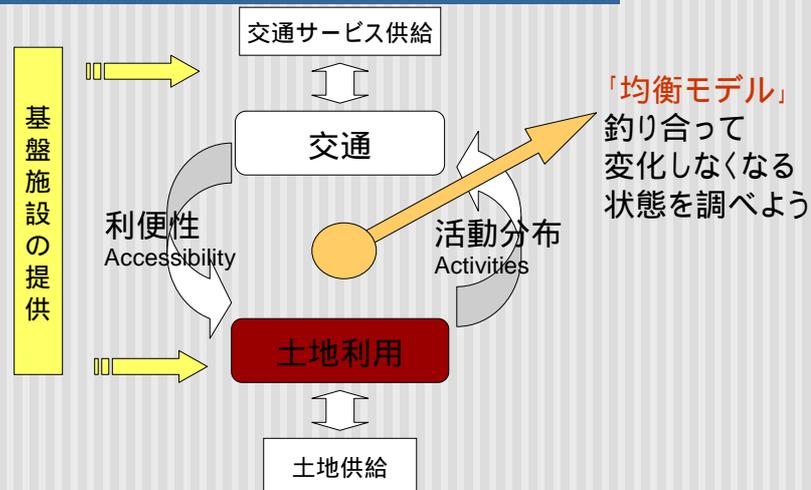
実際にはIIA特性はほとんど成立しない

- 例:いくつかの地域にひとつだけ商店を置く行動
需要側のモデルである
 - 商業・工業はその場所での経済活動の期待利潤
 - 住宅は、利便性や快適性を踏まえた支払意思額
土地供給側に対する政策(保有税制等)の考慮
- 1時点のモデルである
- 一旦全てを更地にして、新たに立地を決め直す
ようなゼロクリア型の問題になっている
過去の土地利用からの改変費用を考える
変化分を説明するモデルを作成する

7



土地利用・交通における 循環関係をどう取り扱うか？



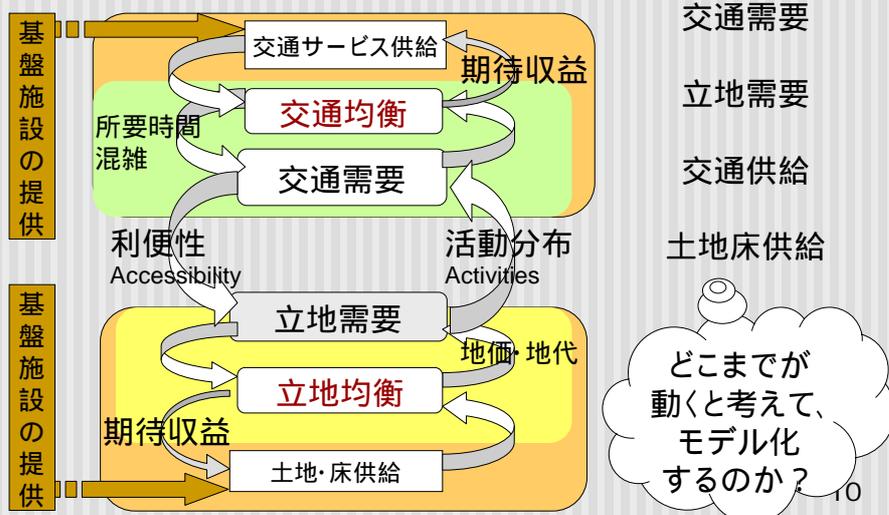
8

(はやり: その1) 均衡モデル

- 均衡モデルの利点
 - 経済理論(一般均衡理論)と整合的
 - 便益評価において二重計測などの問題がない
 - ・ これらは、発展局面の途上国などでは有効
- 均衡モデルの限界
 - 土地利用・交通の調整速度の差異
 - どこまでが「均衡している」とみなすかが恣意的
 - 調整が遅い**ミスマッチ**の問題を扱えない
 - ・ 特に**衰退局面**では、ミスマッチが起こりやすい
 - **情報不完全性**や意思決定主体の**不完全合理性**

9

土地利用・交通の均衡速度の違い





GISの発展と長期予測の可能性

- モデルを作成するためのデータの準備
 - 集計単位やトポロジーの異なるデータの準備
 - 利便性や快適性への周囲の土地利用の影響
バッファリング、ネットワーク解析
- モデルによる長期予測の(準動学的)プロセス
 - モデルで出力される実現確率より
(確率的・確定的に) $t+1$ 時点の土地利用を推定
 - 周囲の土地利用を表現する変数を更新
 - $t+2$ 時点の土地利用の推定、周辺状況の更新
必要な年次まで繰り返す

11



観測した変化の数値的法則を最大限利用 CA(セルラー・オートマタ)シミュレーション

- 土地空間を小区画(Cell)の集合体とみなす
 - 各Cellは有限個の土地利用のうち一つの状態を取る
 - 状態の変化は、そのCellと周囲のCellの現在の状態の影響を受けて確率的に起こる
 - 乱数を発生させ、各Cellの状態の変化を調べる
- CAモデルの利点
 - 異なる土地利用が別の地点に集まる現象を表現
- CAモデルの欠点
 - 計算ごとに異なる結果になり、**再現性判断が困難**
 - ミクロ基礎がないため、**評価に使えない**

12



(はやり:その2) 行動モデル + CA = マルチエージェント・モデル = マイクロ・シミュレーション・モデル

- 計算機上に仮想的な家計や企業を多数作る
 - それらに、各々の基準で意思決定をさせる
 - 行動結果を集計し価格・サービス水準を更新
- マイクロシミュレーションの利点
 - 家計のタイプごとにサービス水準が評価できる
 - 選択肢への情報が不完全なケースも考慮できる
 - 家計タイプごとに集住するような構造が出現
- マイクロシミュレーションの欠点
 - 結果が現実合っているのか? の判断が難しい
 - 新しい主体の独立や登場のモデル化が恣意的
 - タイプを細分 基本状態データ、計算の負荷が増大

13



都市モデルにできないこと 「難しい」ことは、やはり難しい

- 特定の場所の遠い将来の状況を知るのは
 - 因果連鎖の中に正のフィードバックが存在
 - 複数均衡が存在する
- 完全情報下での選択が仮定できない世界
 - 選択肢が限られている世界
 - 少数の立地点の周りにシャドウゾーンが出現
- 主体の数や行動タイプの変化の内生化は困難
 - 計算はできるかもしれない
 - しかし、現時点の観測から妥当性が判断できない

14



土地利用モデルにできること

- 異なるタイプの主体の相互作用が正のフィードバックを持つような**現象の理解と表現**
 - ・ ただし、**複数均衡**の存在は当たり前
 - ・ 新経済地理学のような理論的解析との比較が重要か？
- マスタープランの**定性的な実現性**のチェック
 - 都市構造の絵が、均衡条件等から見て無理がないか？
- 内生的に出現する**センターの個数**や、背後圏の空間的な大きさなどの予測
 - 拠点形成の可能性の判断
 - 郊外の土地利用規制と都心の活動量との関係
 - 特定のタイプに特化したサービスの検討
 - ・ **具体的な立地点**を予測するのは困難

15



土地利用モデルでなくても できること…かもしれない。

- 比較的短期での空間的な構造が見たいなら
 - ポテンシャル最大位置から誤差関数でバラまけば
- 需要に対応しない供給側の固定性が問題なら
 - ポテンシャル関数をGIS上で重ねて地域を抽出
 - 場所ごとに、固定性を緩めるような政策を検討
- 効用水準や費用便益分析なら空間は不要
 - 均衡下では空間的差異は消えるのでマクロなバランスで効用水準や便益は計算できる
- 具体的な場所が必要でないのなら
 - 解の分岐構造、多値性をより厳密に検討できる、新都市経済学のような理論モデルの方が安心？

16



当たり前のことだが、適材適所で

- モデルでの解決を必要とするような真に**難しい問題**には、**万能なモデルは存在しない**
 - Academicとして、問題の整理と論点に応じた新しい(非標準的な)モデルの開発が必要
- **簡単な問題**に、誰がしても大きな差異が出ないように、**標準化・パッケージ化**が必要
 - GISなどの周辺技術との親和性を高める
 - モデルの特徴と限界の説明書を作る
 - モデル技術の「社会科化」(国久)

17



都市計画の中で必要なツールは？

- 特定の課題を詳細に検討できる部分モデル
 - 例: 災害リスク管理, インフラ・アセット管理
- 都市構造を戦略的に検討するための「都市構造CAD」のようなツール
 - 都市構造イメージに対して, 各種の市場バランスを裏側でチェックし, アラームを出す機能
 - 最適施設配置問題を解き, 必要な施設の配置を提案する機能
 - 部分的な立地予測を内部機能として備える？

18

前時点の用途を考慮した 土地利用モデルにおける 水害危険性の影響

*Flood Risk Effect with an Land-use Model
Considering the Previous Land-use*

広島大学大学院工学研究科 学生員 ○岩橋 佑
広島大学大学院工学研究科 正会員 奥村 誠
立命館大学理工学部 正会員 塚井誠人
広島大学大学院工学研究科 学生員 平松敏史



19



本研究の着眼点

春大会

水害リスクが平常時に及ぼす影響に着目

水害リスクが地価・土地利用に及ぼす影響を分析

甚大な間接被害が想定されるような経済活動は、水害被害の起こる可能性の高い地点には立地しない



本来付けられるべき地価も実現せず、
土地がより低い値で取引される

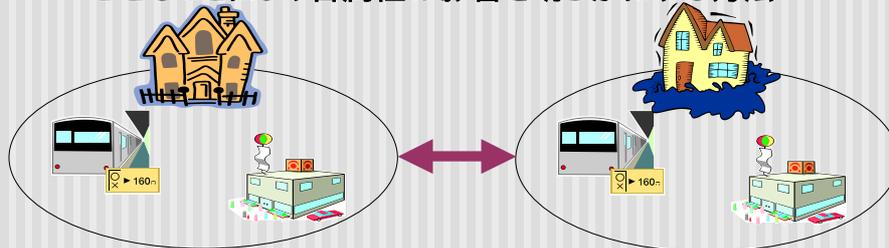


20

本研究のアプローチ

水害リスクが平常時に及ぼす影響を**地価**に着目し
ヘドニック・アプローチを用いて評価する

ある土地の資産価値を、その土地の様々な属性に回帰
させることにより各属性の影響を明らかにする方法

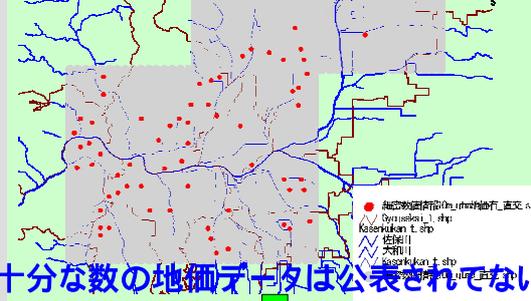


他の条件がほぼ同じで治水安全度のみ
が異なるような地点の地価を比較したい

21

本研究のアプローチ

ヘドニック・アプローチでは、他の条件がほぼ同じで
治水安全度のみが異なるような地点の地価を比較したい



十分な数の地価データは公表されていない

土地利用データが多くの地点で利用できる事に着目

地価と土地利用のデータを同時に用いる

22



地価土地利用同時推定モデル

実測用途を再現すると同時に、地価観測メッシュでは最大
付け値と地価が等しくなるようにパラメータの推定を行う

土地利用変更のコストを考慮する

土地利用データ (S57, H8)

水害リスクをS57・H7の水害経験回数とする

付け値関数

$$V_{in} = \beta_i^1 X_{in}^1 + \beta_i^2 X_{in}^2 + \beta_i^3 X_{in}^3 + \beta_i^4 X_{in}^4 + \varepsilon_i$$

ロジットモデル

$$P_{in} = \exp(v_i) / \sum_{j \in J_n} \exp(v_j)$$

対数尤度関数

$$L = \prod_i \prod_n \ln P_{in} + d_n \cdot k \cdot \ln \Phi \left[OPR_n - \left(\max_n (v_{in}) + \sum_{a=1}^2 \theta^a \delta_n^a \right) \right]$$

V_{in} : メッシュnにおける用途iの付け値関数

X_{in}^i : 付け値関数の説明変数

β_i : パラメーターベクトル

ε_i : 誤差項

OPR_n : 地点nの地価の観測値

$\Phi[x]$: 標準正規確率分布関数

$d_n = 1$: 地価が観測されているメッシュ

$d_n = 0$: 地価が観測されていないメッシュ

前時点の影響の考慮

$$p_{in} = \text{prob}(v_k + (1 - \delta_{ki})(d + c)) > \text{prob}(v_j + (1 - \delta_{jk})(d + c))$$

k : 正規分布項の影響力を補正する係数

d : 除去コスト c : 建設コスト

23

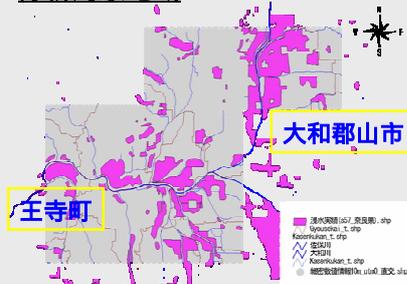


奈良県大和川流域

水害被害写真



分析対象地域



内水氾濫などの水害頻発地域

昭和57年、平成7年・11年は大きな水害が発生

昭和57年の水害

水害区域面積 3,127.8ha

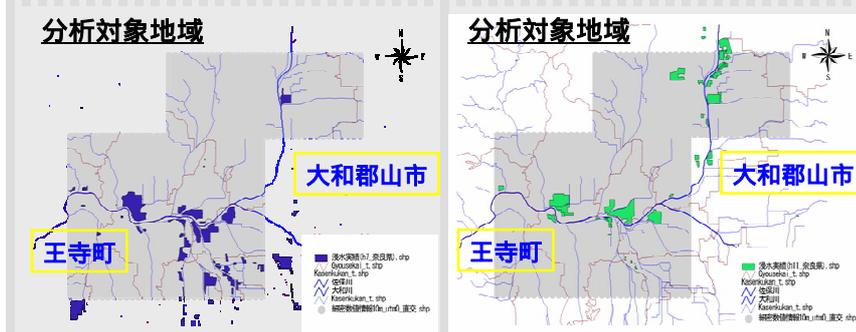
被災家屋数 21,696棟

王寺町の中心部では、**1m以上**の浸水被害を受けた

24

奈良県大和川流域

昭和57年、平成7年・11年
は大きな水害が発生



25

使用データ

公示地価データ・奈良県地価調査データ(H8)
 近畿圏細密数値情報 土地利用データ(S60,H8)
 大和川河川事務所・奈良県土木部都市計画局
 ・都市計画図
 ・水害実績 S57, H7, H11
 ・想定浸水位
 数値地図 地点情報
 数値情報 空間データ基盤

26



推定結果

地価土地利用同時推定
モデルの推定結果

用途	説明変数	S57,H7		用途	説明変数	S57,H7	
		推定値	t値			推定値	t値
工業	水害経験回数	-0.68	-8.60 **	農地	水害経験回数	-0.66	-16.61 **
	市街化区域	0.50	6.49 **		市街化区域	-0.02	-27.17 **
	用途地域(工業)	2.31	21.65 **		定数項	3.21	50.51 **
	定数項	2.11	22.43 **		山林	水害経験回数	-0.30
商業	水害経験回数	-0.87	-8.08 **	分散		1.01	262.62 **
	市街化区域	0.23	2.89 **	地価関数 大和川北側		7.44	156.59 **
	用途地域(商業)	1.33	2.59 **	大和川南側		7.67	184.07 **
	定数項	0.06	0.68	建設コスト	-0.71	-16.73 **	
住宅	水害経験回数	-0.61	-32.18 **	除去コスト	1.51	48.60 **	
	市街化区域	1.75	40.18 **	初期尤度	26322		
	用途地域(住宅)	1.73	40.37 **	最終尤度	19390		
	定数項	67.80	115.88 **	尤度比	0.26		

尤度比 0.26



モデルの説明力は良好 27



推定結果

水害リスクをS57,H7の水害経験回数とする



用途	説明変数	S57,H7		用途	説明変数	S57,H7	
		推定値	t値			推定値	t値
工業	水害経験回数	-0.68	-8.60 **	農地	水害経験回数	-0.66	-16.61 **
	用途地域(工業)	2.31	21.65 **		山林	水害経験回数	-0.30
商業	水害経験回数	-0.87	-8.08 **		建設コスト	-0.71	-16.73 **
	用途地域(商業)	1.33	2.59 **		除去コスト	1.51	48.60 **
住宅	水害経験回数	-0.61	-32.18 **	尤度比	0.26		
	用途地域(住宅)	1.73	40.37 **	サンプル数	15146		

** 1%有意

水害の経験回数のパラメータは全ての用途に対して負



水害リスクにより
付け値が低くなった

用途地域のパラメータは正で、t値が大きい



用途規制が立地に
与える影響は大きい

28



推定結果

仮定 { 新用途が山林・農地であれば建設コスト不要
前用途が山林・農地であれば除去コスト不要

用途	説明変数	S57,H7		用途	説明変数	S57,H7	
		推定値	t値			推定値	t値
工業	水害経験回数	-0.68	-8.60 **	農地	水害経験回数	-0.66	-16.61 **
	用途地域(工業)	2.31	21.65 **	山林	水害経験回数	-0.30	-9.79 **
商業	水害経験回数	-0.87	-8.08 **		建設コスト	-0.71	-16.73 **
	用途地域(商業)	1.33	2.59 **		除去コスト	1.51	48.60 **
住宅	水害経験回数	-0.61	-32.18 **		尤度比	0.26	
	用途地域(住宅)	1.73	40.37 **		サンプル数	15146	

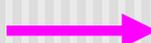
** 1%有意

建設コストの
パラメータは負



新規に建物を必要とする用途の変更には建設コストが必要

除去コストの
パラメータは正



建物が建っている土地は山林などから開発して使うよりもコスト節約となる

29



水害リスクの表現の違いがもたらす影響

	説明変数	S57		S57,H7		S57,H7,H11	
		推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
工業	水害経験回数	-0.46	-4.43 **	-0.68	-8.60 **	-0.69	-8.68 **
商業	水害経験回数	-0.77	-5.70 **	-0.87	-8.08 **	-0.89	-8.37 **
住宅	水害経験回数	-0.45	-21.40 **	-0.61	-32.18 **	-0.61	-32.20 **
農地	水害経験回数	-0.72	-16.54 **	-0.66	-16.61 **	-0.67	-16.73 **
山林	水害経験回数	-0.16	-5.02 **	-0.30	-9.79 **	-0.30	-9.79 **
	尤度比	0.26		0.26		0.07	
	サンプル数	15146					

** 1%有意

水害経験回数のパラメータの絶対値は多くの用途で、考慮する水害の経験回数が増えるほど大きくなる



立地主体が過去の特定の水害実績よりも、水害リスクを一般的に捉えていることを示唆している

30



本研究の成果

尤度比は**0.26**となり、モデルの説明力は良好である
水害リスクにより全ての用途で**付け値が低くなる**

水害リスクの表現の違いによる影響を調べた結果、
水害経験回数のパラメータの絶対値は多くの用途で、
考慮する水害の経験回数が増えるほど大きくなる

今後の課題

被災地における、**10cm単位の詳細な標高データ**
及び**浸水位データ**を作成



浸水深等被災の程度を表現する
変数を取り入れ分析する

51