

Parking in the city

Simon P. Anderson, Andre de Palma
Papers in Regional Science, Vol. 86, No. 4, 2007.

2023年5月24日

奥田勇

研究のサマリー

CBD

駐車場

住宅地（歩き）

住宅地（車）

- ・ 基本的な単一中心都市モデルに、簡単な方法で駐車場を統合した。

→ 「交通-駐車-土地利用」の相互作用を考慮

- ・ 駐車場が共有財産の場合：社会的最適配置は、駐車場が独占的競争価格である場合の均衡
- ・ 個人所有駐車場の場合：均衡で最適が達成され、帰属していない駐車場よりも高い厚生

よかった点

- ・ 理論的にきっちり示している。それをシンプルな数式で説明できているのも良い
- ・ 競争を表現して、駐車場の選択と、土地利用を統合したフレームワークで示している。

課題点

- ・ 線形都市になっていること、帯状になっていることが、大きな仮定で、実証に適用するには大きな障壁かも？
- ・ 今回の結論のロバスト性、適用範囲への言及があるとなよかった。（「道路混雑」の外部性が入ると均衡は最適にならないなど）

理論のみで考えている感はあるが、じゃあ現実でなぜうまくいかない？ってのが、どこで生じるのかを知るベンチマークにはなりそう

新規性/有用性/信頼度

<新規性> (参考: Inci(2014))

- これまで固定費として扱われていた駐車場の費用を明示的に扱い、土地利用や自動車利用に与える歪みを明らかに。
- 交通、土地利用の相互作用、駐車場混雑が入っている点は新しい
- 市場の均衡を考慮した経済モデルで、最適と均衡の両方に着目。はっきり一致を証明してるのも新しい。

<有用性>

- 考え方自体は汎用性があり、応用が効く。ただし、「理論研究」の範疇を越えるのは難しそう。特に非集計にしたい時？
- 「独占競争状態」が重要であるということは、市場メカニズムのデザインに一定の示唆を与えそう。一方で、仮定の取り方を変えたらこの結果がロバストではなくなる可能性もありそう。
- 混雑とか、機会損失みたいなものを入れた発展が実用には必要そう。でもそれを入れると解のシンプルさが失われそう。

<信頼度>

- 式自体は明快
- 一般的な経済理論との整合も示している点では信頼性は高い。(そこまで複雑な式や現象を扱っているわけではないとはいえ)
- 誤植あり、、

Index

1. Introduction

2. The model of parking and land use

3. The optimum

4. Equilibrium cities with private parking lot operators

5. Proprietary parking places

6. Conclusions

モデルの概要

駐車場は
共有財産

最適配置
市場均衡

(コインパーキング)

駐車場は
個人所有

最適配置
市場均衡

(月極駐車場)

1. Introduction

2004年の論文で、シンプルな駐車場の混雑モデルを説明して、市場均衡と駐車場の最適配置を比較。

中心的な結果：「駐車場の操業価格が独占競争のような時に最適になる」

<課題>

- ① 駐車場として割り当てられる量は外生的（駐車場の需要量まで求めている）
- ② 代替的な土地利用の選択肢（駐車場にするか、家にするか、など）を考慮していない
- ③ 「車で移動して、どこかに停める」場合のみを考えていて、「CBDまで歩く」という選択肢がない

○ 本論文ではこれまで使われてきた駐車場モデルを、標準的な単一中心の都市モデルに組み込む。

- ① 土地は住宅にも駐車場にも使えるという内生的な土地利用を許容
- ② 地代はモデル内で決定

→ 以前の均衡都市の発見「駐車場の操業価格が独占競争のような時に最適になる」のロバスト性を示す。

Introduction

さまざまな著者が駐車場の経済について検討している。

(Arnottら (1991) 、 Arnott and Rowse (1999) 、 Calthropら (2000) 、 Calthrop and Proost (2005) 、 Glazer and Niskanen (1992) 、 Verhoefら (1995) 、 Voith (1998))

しかし、Voith (1998)を除いて、これらの著者は、本稿で取り上げる交通、駐車、土地利用の間の相互作用を考慮していない。

本論文のアプローチは、Voith (1998)が均衡モデルを見ているのに対し、本論文は市場パフォーマンスと最適の関係を考えているという点で、Voith (1998)のモデルと相補的。(結論では、この2つのモデルのさらなる違いについて議論する。)

Index

1. Introduction

2. The model of parking and land use

3. The optimum

4. Equilibrium cities with private parking lot operators

5. Proprietary parking places

6. Conclusions

モデルの概要

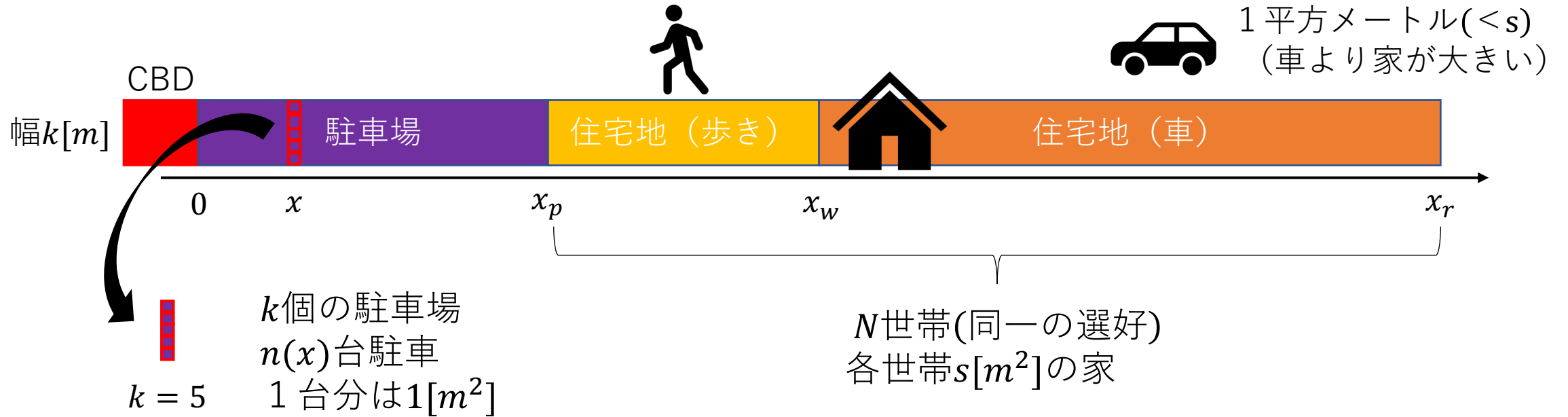
駐車場は
共有財産

最適配置
市場均衡

駐車場は
個人所有

最適配置
市場均衡

2. The model of parking and land use



スポットが空いている確率は $q(x) = [k - n(x)]/k$
 →探索されるスポットの期待数は $1/q(x) = k/[k - n(x)]$
 駐車場探索コスト: $\gamma k/[k - n(x)]$
 γ : 特定の駐車場が空いているかどうかを検索するコスト

t_w : 1メートルあたりの歩行コスト
 t_d : 1メートルあたりの運転コスト
 → $t = t_w - t_d$ で車の代わりに歩いた場合の正味のコスト

※一部の住民（少なくとも最も遠い住民）が最適な状態で運転することを保証するために、 $\gamma < tNs/k$ と仮定する（付録）。

Index

1. Introduction

2. The model of parking and land use

モデルの概要

3. The optimum

4. Equilibrium cities with private parking lot operators

駐車場は
共有財産

最適配置
市場均衡

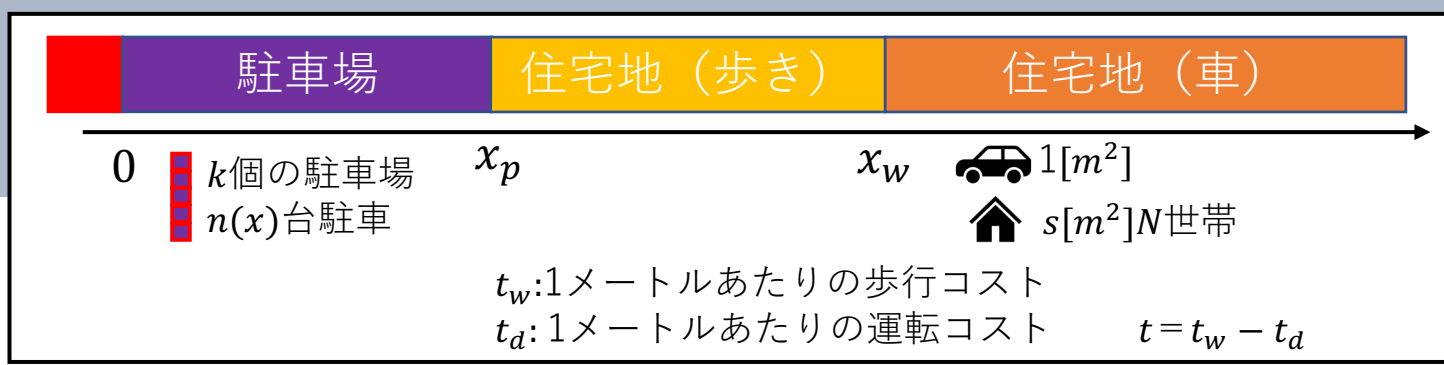
5. Proprietary parking places

駐車場は
個人所有

最適配置
市場均衡

6. Conclusions

3. The optimum



- まず、社会的最適配分を決定する。
- 社会的コスト SC

$$SC = \underbrace{\frac{k}{s} \int_{x_p}^{x_w} t_w x dx}_{\text{歩きで向かう人の総移動コスト}} + \underbrace{\frac{k}{s} \int_{x_w}^{x_r} t_d x dx}_{\text{車で向かう人の総移動コスト (CBDまで)}} + \int_0^{x_p} \left(\frac{\gamma k}{[k - n(x)]} + tx \right) n(x) dx$$

$\frac{k}{s}$: 単位長さ(1m)あたり何世帯あるか

駐車場探索コスト 駐車後歩いている分コスト追加

- 制約条件

$$\begin{cases} \frac{k}{s}(x_r - x_p) = N \\ \int_0^{x_p} n(x) dx = \frac{k}{s} \int_{x_w}^{x_r} dx = \frac{k}{s}(x_r - x_w). \end{cases}$$

住宅地帯の総和はN世帯にならねばいかん

駐車台数は、「車で通う世帯数」に一致せねば

3. The optimum

ラグランジアン $L = SC - \lambda \left(\int_0^{x_p} n(x) dx - \frac{k}{s} (x_r - x_w) \right) - \mu \left(\frac{k}{s} (x_r - x_p) - N \right).$

一次条件

$$n(x): \gamma \frac{k^2}{[k - n(x)]^2} + tx - \lambda = 0 \quad (1)$$

$$x_p: -\frac{k}{s} t_w x_p + \left(\frac{\gamma k}{[k - n(x_p)]} + tx_p \right) n(x_p) - \lambda n(x_p) + \mu \frac{k}{s} = 0 \quad (2)$$

$$x_r: t_d x_r + \lambda - \mu = 0 \quad (3)$$

$$x_w: tx_w - \lambda = 0. \quad (4)$$

3. The optimum

ラグランジアン $L = SC - \lambda \left(\int_0^{x_p} n(x) dx - \frac{k}{s} (x_r - x_w) \right) - \mu \left(\frac{k}{s} (x_r - x_p) - N \right).$

一次条件

$$n(x): \gamma \frac{k^2}{[k - n(x)]^2} + tx - \lambda = 0 \quad (1)$$

$$x_p: -\frac{k}{s} t_w x_p + \left(\frac{\gamma k}{[k - n(x_p)]} + tx_p \right) n(x_p) - \lambda n(x_p) + \mu \frac{k}{s} = 0 \quad (2)$$

$$x_r: t_d x_r + \lambda - \mu = 0 \quad (3)$$

$$x_w: tx_w - \lambda = 0. \quad (4)$$

$$\gamma \frac{k^2}{[k - n(x)]^2} + tx = \lambda$$

(最適状態の時)
 駐車車両を追加することによる
 限界社会コストが
 (これはSCのn(x)による微分)

CBDからx_pまでの
 駐車場内のすべての
 場所で同じ(λ)

○どの場所でも駐車された車の数はCBDからの距離
 とともに減少する。
 (x増えると第2項が増えて第1項が減る、つまり、
 分母が増えるのでn(x)は減る)

3. The optimum

ラグランジアン $L = SC - \lambda \left(\int_0^{x_p} n(x) dx - \frac{k}{s} (x_r - x_w) \right) - \mu \left(\frac{k}{s} (x_r - x_p) - N \right).$

一次条件

$$n(x): \gamma \frac{k^2}{[k - n(x)]^2} + tx - \lambda = 0 \quad (1)$$

$$x_p: -\frac{k}{s} t_w x_p + \left(\frac{\gamma k}{[k - n(x_p)]} + tx_p \right) n(x_p) - \lambda n(x_p) + \mu \frac{k}{s} = 0 \quad (2)$$

$$x_r: t_d x_r + \lambda - \mu = 0 \quad (3)$$

$$x_w: tx_w - \lambda = 0.$$

$$tx_w = \lambda$$

x_w に住む個人の 駐車車両を追加すること
差分通勤コスト による限界社会コスト

最適時には、 x_w に住む個人が

- ・ **直接歩いて通勤するか** (社会的コスト $t_w x_w$)
- ・ **車で通勤するか** (社会的コスト $t_d x_w + \lambda$)

は、社会的無関心の問題である。
(社会的コストは同じになる)

3. The optimum

ラグランジアン $L = SC - \lambda \left(\int_0^{x_p} n(x) dx - \frac{k}{s} (x_r - x_w) \right) - \mu \left(\frac{k}{s} (x_r - x_p) - N \right).$

一次条件

$$n(x): \gamma \frac{k^2}{[k - n(x)]^2} + tx - \lambda = 0 \quad (1)$$

$$x_p: -\frac{k}{s} t_w x_p + \left(\frac{\gamma k}{[k - n(x_p)]} + tx_p \right) n(x_p) - \lambda n(x_p) + \mu \frac{k}{s} = 0 \quad (2)$$

$$x_r: t_d x_r + \lambda - \mu = 0 \quad (3)$$

$$x_w: tx_w - \lambda = 0.$$

$$t_d x_r + \lambda = \mu$$

人口 N は x_p と x_r の間に収容されなければならないという制約がある。

↓
誰かひとり街に追加したい場合、この個人は都市の境界 x_r に収容することができる。

↓
そこからCBDまでコスト $t_d x_r$ で移動しなければならず、1台駐車車を追加することによる社会的コストの増分は λ (前ページより)

↓
よって、 μ は都市に個人を追加する際の社会的通勤コストとなる。

3. The optimum

ラグランジアン $L = SC - \lambda \left(\int_0^{x_p} n(x) dx - \frac{k}{s} (x_r - x_w) \right) - \mu \left(\frac{k}{s} (x_r - x_p) - N \right).$

一次条件

$$n(x): \gamma \frac{k^2}{[k - n(x)]^2} + tx - \lambda = 0 \quad (1)$$

$$x_p: -\frac{k}{s} t_w x_p + \left(\frac{\gamma k}{[k - n(x_p)]} + tx_p \right) n(x_p) - \lambda n(x_p) + \mu \frac{k}{s} = 0 \quad (2)$$

$$x_r: t_d x_r + \lambda - \mu = 0 \quad (3)$$

$$x_w: tx_w - \lambda = 0. \quad (4)$$

(3)と(4)を組み合わせる(足す)と、住民を1人増やすコストを表す別の式

都市に個人を追加する際の社会的通勤コスト

$$t_d (x_r - x_w) + t_w x_w = \mu. \quad (5)$$

x_r の住民が x_w まで 車で移動するコスト
 x_w からCBDまで徒歩で移動するコスト

**x_w の住民を車ではなく徒歩で移動させる
(駐車場を移住者が使う)
のが最適 (と同じ社会的コストになる)**

3. The optimum

$$SC = \frac{k}{s} \int_{x_p}^{x_w} t_w x dx + \frac{k}{s} \int_{x_w}^{x_r} t_d x dx + \int_0^{x_p} \left(\frac{\gamma k}{[k - n(x)]} + tx \right) n(x) dx$$

- 駐車場1台分の社会的便益をxで描き出すことが有益

(> 駐車車1台分の社会的コスト (∵ 車とスペースのマッチングが不完全であるため))

- 駐車場をxに1つ追加することによる追加社会的コスト (便益) は をkで微分。

$$B(x) = \gamma \left(\frac{n(x)}{k - n(x)} \right)^2.$$

駐車場のshadow rent

→ 以下、駐車場の市場賃料と比較

(6)

- このshadow rentを(1)を用いて次のように書き直すことができる。

$$B(x) = \left[\frac{n(x)}{k} \right]^2 [\lambda - tx].$$

$B(x)$ の両成分は距離xについて減少

- 前者はより遠くにいる駐車車の数が少ない($n(x)$ は減少関数って前に導いてた)ことを反映
- 後者は直接的な距離効果

(補足) shadow price

- 経済や投資の用語で、「ほかの選択肢を選んだら得たであろう利益が、市場価格に正しく反映されていない商品」について、本当の便益や費用をはじき出すときに使う価格
- 「表に現れない価格」という意味でシャドープライスと呼ばれる。競争市場によってなされる最適な資源配分と同じ資源配分を、計画経済などで競争の影響を与えずに達成させるための計算上の価格とも言え、均衡価格と同じ性質を持つ。

3. The optimum

(1)に x_p を代入し

$$\gamma \frac{k^2}{[k - n(x_p)]^2} + tx_p = \lambda$$

(2)に λ を代入し

$$\mu = t_w x_p + \gamma s \left(\frac{n(x_p)}{k - n(x_p)} \right)^2$$

都市に1人を追加する際の社会的コスト
(以前示した)

x_p からCBDまで歩いて行くコスト

$sB(x)$

s 平方メートルの駐車スペースがもたらす社会的便益

(今回の場合駐車スペースがなくなることによる損失)

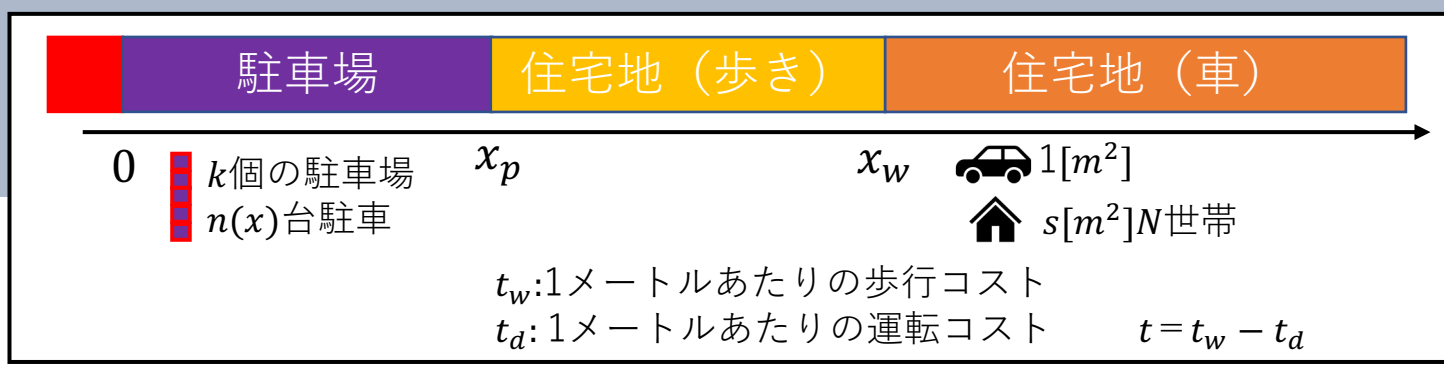
$$n(x): \gamma \frac{k^2}{[k - n(x)]^2} + tx - \lambda = 0 \quad (1)$$

$$x_p: -\frac{k}{s} t_w x_p + \left(\frac{\gamma k}{[k - n(x_p)]} + tx_p \right) n(x_p) - \lambda n(x_p) + \mu \frac{k}{s} = 0 \quad (2)$$

$$B(x) = \gamma \left(\frac{n(x)}{k - n(x)} \right)^2 \quad (6)$$

追加居住者に駐車場の境界 x_p に駐車場の土地 s を奪って土地を割り当てた場合に成り立つ式になっている

3. The optimum



(5)、(7)より

$$t_d(x_r - x_w) + t_w(x_w - x_p) = \gamma s \left(\frac{n(x_p)}{k - n(x_p)} \right)^2. \quad (8)$$

$$t_d(x_r - x_w) + t_w x_w = \mu. \quad (5)$$

$$\mu = t_w x_p + \gamma s \left(\frac{n(x_p)}{k - n(x_p)} \right)^2. \quad (7)$$

$$t_d(x_r - x_w) + t_w x_w = t_w x_p + \gamma s \left(\frac{n(x_p)}{k - n(x_p)} \right)^2$$

x_r から x_w まで x_p からCBDまで
 車で行く移動コスト 徒歩で行く移動コスト $sB(x)$

x_w からCBDまで s 平方メートルの駐車スペース
 徒歩で行く移動コスト がもたらす社会的便益
 (今回の場合駐車スペースが
 なくなることによる損失)

市民を市街地限界 x_r から
 駐車場限界 x_p に移動させ
 た場合の関係式になって
 いる。

3. The optimum

- 求解する ($n(x), x_p, x_r, x_w$ を求める)

- (1)と(4)を組み合わせて
$$\gamma \frac{k^2}{[k - n(x_p)]^2} = t(x_w - x_p).$$

- これを変形して
$$\frac{1}{1 - n(x_p)/k} = \sqrt{\frac{t(x_w - x_p)}{\gamma}} \quad \therefore \frac{n(x_p)}{k} = 1 - \sqrt{\frac{\gamma}{t(x_w - x_p)}}$$

- (8)の右辺に代入して
$$t_d(x_r - x_w) + t_w(x_w - x_p) = s\left(\sqrt{t(x_w - x_p)} - \sqrt{\gamma}\right)^2,$$

- $x_r - x_p = \frac{Ns}{k}$ であることに注目して
$$t_d \frac{Ns}{k} + t(x_w - x_p) = s\left(\sqrt{t(x_w - x_p)} - \sqrt{\gamma}\right)^2. \quad (9)$$

$$n(x): \gamma \frac{k^2}{[k - n(x)]^2} + tx - \lambda = 0 \quad (1)$$

$$x_w: tx_w - \lambda = 0. \quad (4)$$

$$t_d(x_r - x_w) + t_w(x_w - x_p) = \gamma s \left(\frac{n(x_p)}{k - n(x_p)} \right)^2. \quad (8)$$

3. The optimum

$$n(x): \gamma \frac{k^2}{[k - n(x)]^2} + tx - \lambda = 0 \quad (1)$$

$$x_w: tx_w - \lambda = 0. \quad (4)$$

$$t_d \frac{Ns}{k} + t(x_w - x_p) = s(\sqrt{t(x_w - x_p)} - \sqrt{\gamma})^2. \quad (9)$$

最適なnは、(1)と(4)を用いると、

$$n^o(x) = k \left(1 - \frac{\sqrt{\gamma}}{\sqrt{t(x_w - x)}} \right) < k, x \in [0, x_p]. \quad (10)$$

駐車する車の数の制約

$$\int_0^{x_p} \left(1 - \frac{\sqrt{\gamma}}{\sqrt{t(x_w - x)}} \right) dx = \frac{1}{s}(x_r - x_w).$$

よって
(積分してみた&
($x_r - x_p$) = Ns/k をまた使ってみた)

$$x_p + 2\sqrt{\frac{\gamma}{t}} (\sqrt{x_w - x_p} - \sqrt{x_w}) = \frac{x_r - x_w}{s} = \frac{N}{k} - \frac{x_w - x_p}{s} \quad (11)$$

(9)と(11)を引く
(未知数が x_w と x_p の2つ)

$$x_w = \frac{1}{t} \left(\sqrt{\frac{N}{k} t_w} - \sqrt{\gamma} \right)^2 \quad \rightarrow n^o(x) \text{も求まる}$$

3. The optimum

$$t_d \frac{Ns}{k} + t(x_w - x_p) = s(\sqrt{t(x_w - x_p)} - \sqrt{\gamma})^2. \quad (9)$$

$$x_w = \frac{1}{t} \left(\sqrt{\frac{N}{k} t_w} - \sqrt{\gamma} \right)^2.$$

もう一つの内生変数 x_p は、式(9)の x_w を代入して、得られる：

$$x_p = x_w - \frac{Z^2}{t},$$

Zは右式の唯一の正の解 ($s > 1$ を思い出そう) $\left(1 - \frac{1}{s}\right)Z^2 - 2\sqrt{\gamma}Z - \left(t_d \frac{N}{k} - \gamma\right) = 0.$

これは、最適な駐車場を持つ都市の構造を十分に特徴づけている。
なお、この導き出された解は、一意に決まる。

(x_r も、 $x_r - x_p = \frac{Ns}{k}$ を使えば求まる。)

4. Equilibrium cities with private parking lot operators

均衡都市構造について考える。

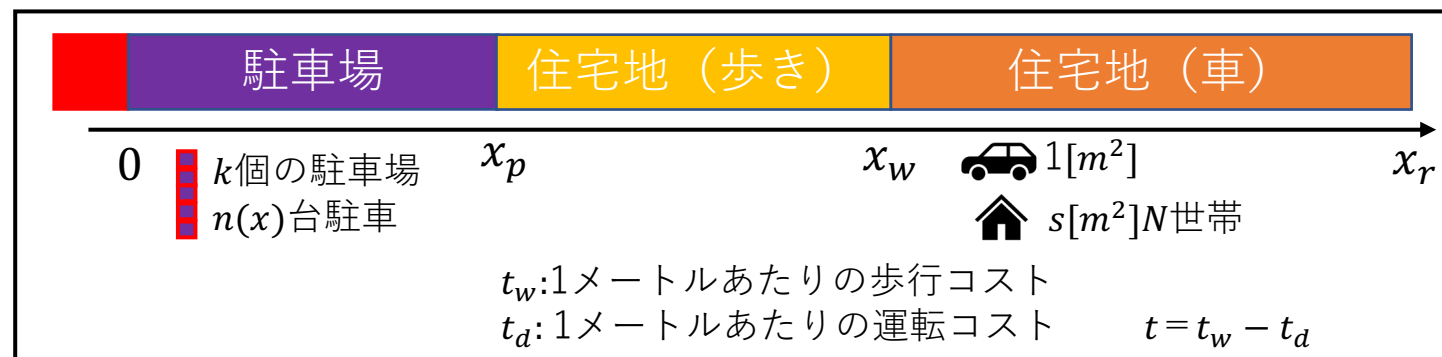
右図の設定は同様。

<均衡条件>

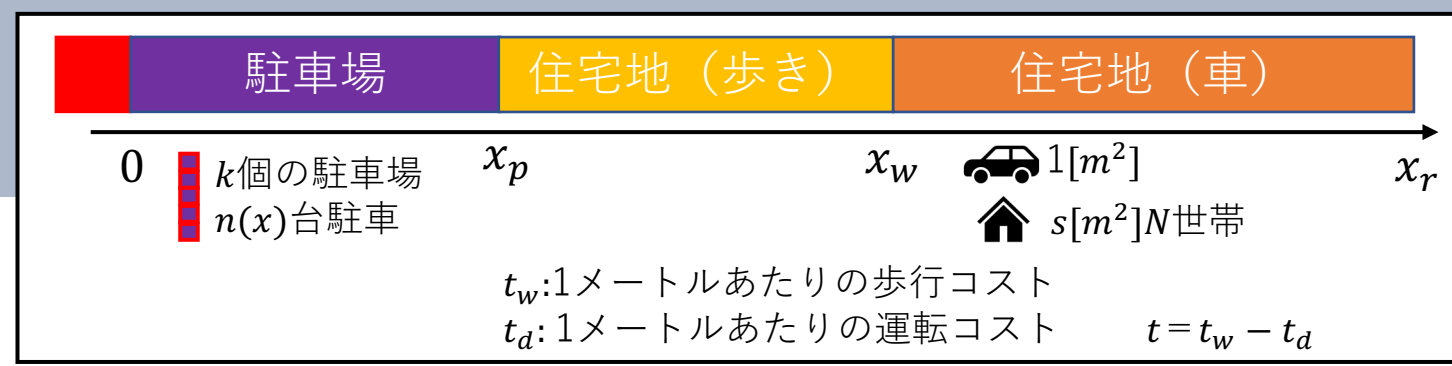
- ① 全世帯が同一の選好を持つので、均衡では全世帯が同じ効用水準（地代で調整）
- ② 距離 x にある駐車場（または駐車スペース）の”the full price of parking（その駐車場を選択した場合の「料金+目的地までの徒歩分の移動コスト増分+駐車場探索コスト」）”は、均衡時のすべての駐車帯で同じ
- ③ 駐車場運営事業への参入の利益ゼロ→最大化した駐車場経営の総収入=地代

<境界条件>

- ① x_w に位置する世帯は、CBDまで歩くか、車で移動して駐車するかで、コストが同じ。
- ② x_p において、「駐車場地代=住宅地代」
- ③ x_r にいる世帯は「地代=0」（農地代がゼロ）



均衡の導出



① 「 x_w に位置する世帯は、CBDまで歩くか、車で移動して駐車するかで、コストが同じ。」

$$t_w x_w = \tilde{\lambda} + t_d x_w \quad \tilde{\lambda} : \text{the full price of parking (at any } x)$$

$$\therefore t x_w = \tilde{\lambda} \quad (12) \quad (\text{「払っていいと思える最大額」のイメージ})$$

② 「距離 x にある駐車場（または駐車スペース）の”the full price of parking（その駐車場を選択した場合の「料金+目的地までの徒歩分の移動コスト増分+駐車場探索コスト）」は、均衡時のすべての駐車帯で同じ」

→駐車場の価格 $p(x)$ の操作により実現

$$p(x) + tx + \frac{\gamma k}{k - n(x)} = \tilde{\lambda}, \quad x \in [0, \tilde{x}_p]. \quad (13)$$

駐車料金

駐車場探索コスト

目的地までの徒歩分の移動コスト増分

均衡の導出～独占的競争～

- ・ CBDから距離 x のところにある駐車場は、駐車場経営者によって所有されている。
- ・ 駐車場経営者は、連続的に存在し、各自が期待利益を最大にするために、完全価格制約(13)を考慮して価格を選択する。
- ・ 各オペレーターは価格設定者であるが、消費者の効用制約を受ける。価格設定が高ければ高いほど、このスロットを希望する駐車者は少なくなり、空きスロットを見つけるまでの期待時間が短縮される。
- ・ このように、連続した（品質的に差別化された）代替品の価格設定と、参入によって利益がゼロになることから、この市場構造を**独占的競争**（**monopolistic competition**）と呼ぶことにする。

$P(x)$ を変えると、 $n(x)$ が変わる。制約条件があった！

→ 「**混み具合の異なるいろんな（駐車場という）財**」が提供されてるってこと！

（普通は「デザイン」とかで差別化されるけど、今回は「混み具合」が違うって意味で、差別化された製品が提供されている！値段変えると混み具合、品質が変わるってのが面白いね！）

均衡の導出

x の駐車場運営会社の所有する駐車場1平方メートルあたりの総収入（運営費はゼロとする）

$$R(x) = \frac{p(x)n(x)}{k} = \left(\tilde{\lambda} - tx - \frac{\gamma k}{k - n(x)} \right) \frac{n(x)}{k}, \quad x \in [0, \tilde{x}_p].$$

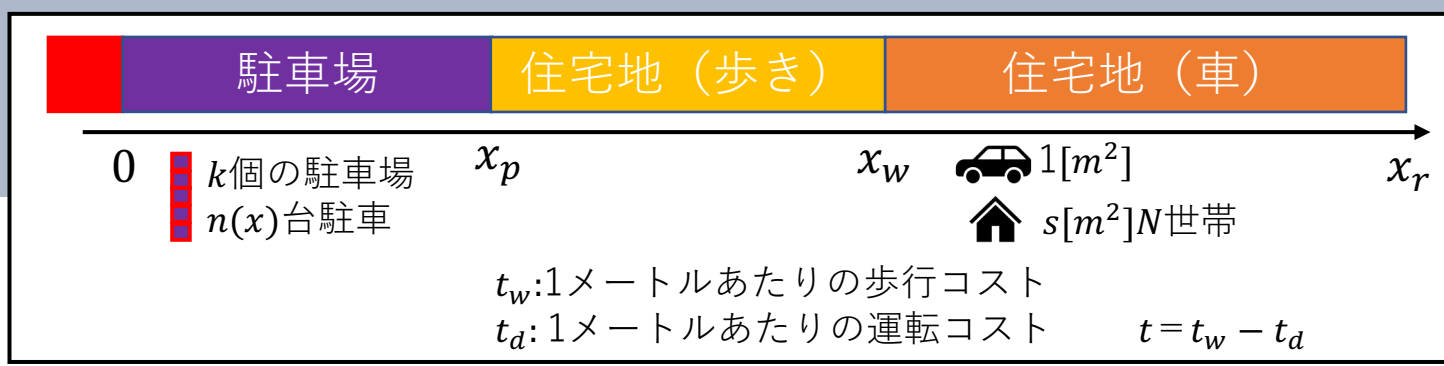
$n(x)$ （または同等に $p(x)$ ）の選択による収益最大化（ $n(x)$ で微分、ただし x は固定）

$$tx + \frac{\gamma k^2}{[k - n(x)]^2} = \tilde{\lambda}, \quad x \in [0, \tilde{x}_p]. \quad (14)$$

③均衡では、 $x \in [0, \tilde{x}_p]$ における地代 $r(x)$ は、事業者の利益がゼロになるように動く。そして x における1平方メートルあたりの地代 $r(x)$ が最適化された $R(x)$ の値と等しくなる。

$$r(x) = R(x) \quad (15)$$

均衡の導出



- ② x_p において、「駐車場地代 = 住宅地代」
- ③ x_r にいる世帯は「地代 = 0」（農地代が0）
- ① 全世帯が同一の選好を持つので、均衡では全世帯が同じ効用水準（地代で調整）

$$sr(x_p) + t_w x_p = t_d x_r + \tilde{\lambda}$$

住宅地代 徒歩での 車での 駐車コスト
 移動コスト 移動コスト

x_p での効用 x_r での効用



$$r(x_p) = \frac{t_d x_r - t_w x_p + \tilde{\lambda}}{s} \quad (16)$$

$$R(x) = \frac{p(x)n(x)}{k} = \left(\tilde{\lambda} - tx - \frac{\gamma k}{k - n(x)} \right) \frac{n(x)}{k}, \quad x \in [0, \tilde{x}_p]. \quad \text{と合わせて}$$

$$\tilde{\lambda} n(x_p) = \frac{k(t_d x_r - t_w x_p + \tilde{\lambda})}{s} + \left(tx_p + \frac{\gamma k}{k - n(x_p)} \right) n(x_p).$$

均衡と最適の比較

式 (15) は、 λ の代わりに $\tilde{\lambda}$ を用いた式 (1) と同じ。

式 (12) は、 λ の代わりに $\tilde{\lambda}$ を用いた式 (4) と同じ。

(2) と (3) を組み合わせると、 $\tilde{\lambda}$ の代わりに λ を用いた式 (17) と同じ。

したがって、均衡は最適と同じ方程式を満足する。

<最適>

$$n(x): \gamma \frac{k^2}{[k-n(x)]^2} + tx - \lambda = 0 \quad (1)$$

$$x_p: -\frac{k}{s} t_w x_p + \left(\frac{\gamma k}{[k-n(x_p)]} + tx_p \right) n(x_p) - \lambda n(x_p) + \mu \frac{k}{s} = 0 \quad (2)$$

$$x_r: t_d x_r + \lambda - \mu = 0 \quad (3)$$

$$x_w: tx_w - \lambda = 0. \quad (4)$$

<均衡>

$$tx + \frac{\gamma k^2}{[k-n(x)]^2} = \tilde{\lambda}, \quad x \in [0, \tilde{x}_p]. \quad (15)$$

$$\tilde{\lambda} n(x_p) = \frac{k(t_d x_r - t_w x_p + \tilde{\lambda})}{s} + \left(tx_p + \frac{\gamma k}{k-n(x_p)} \right) n(x_p). \quad (17)$$

$$tx_w = \tilde{\lambda} \quad (12)$$

Proposition

以上、最適問題には一意解が存在することを示したので、次の結果が得られる：

< 命題 >

「駐車場に関する線形都市の独占的競争均衡は、最適と同じ配分を持つ。」

直感的には、均衡状態では駐車場混雑の外部性で、他の世帯に過剰な探索コストを引き起こしそう！
でも、ちゃんと最適になっている！驚くべき！！！！

(財政学的な解釈)

各駐車場経営者は「**混雑可能なクラブ**」を運営していると思なすことができる！

Scotchmer (1985)：「クラブが同一である場合、クラブの数が無限大になる極限でのクラブ・プライシングは効率的」「各クラブは混雑外部性コストに等しい利用者当たり価格を設定」→アクセスによる垂直的差別化によってクラブが異なる、つまり、各駐車者はよりアクセスしやすい場所にプレミアムを付ける、という結果の変形とみなすことができる！

※直感的には、 x での探索時間が x での占有率 $n(x)$ の増加関数であれば、他の渋滞関数でも命題が成り立つことは容易に検証可
→各駐車場運営者は小規模であるため、「貨幣価格 + 渋滞コスト」がすべての場所で一定となるような価格を設定する。明らかに、事業者が x で設定する価格は、 $p(x) = MSC(x) - PC(x)$ ：「 x における限界社会コストと x における私的コストの差」
→この価格は、各個人に、この人が生み出す外部性に対して正確に支払うよう誘導するので最適。

Index

1. Introduction

2. The model of parking and land use

モデルの概要

3. The optimum

4. Equilibrium cities with private parking lot operators

駐車場は
共有財産

最適配置
市場均衡

5. Proprietary parking places

駐車場は
個人所有

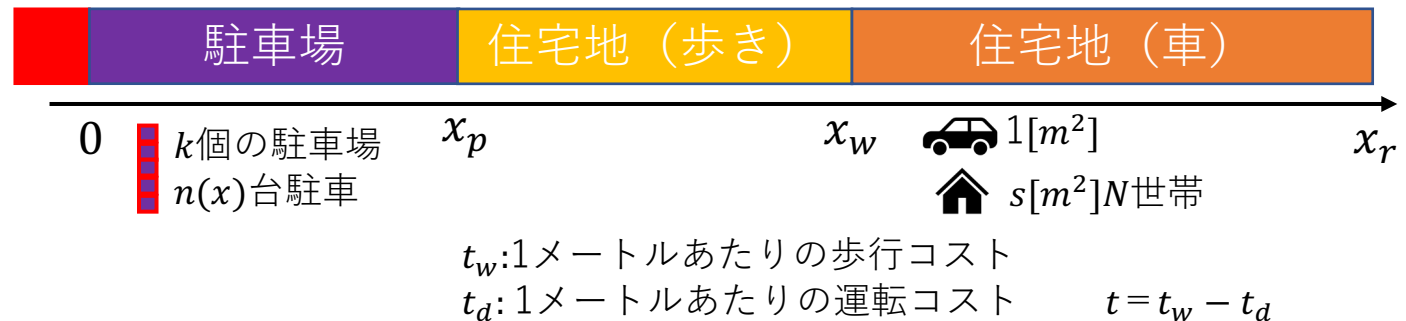
最適配置
市場均衡

6. Conclusions

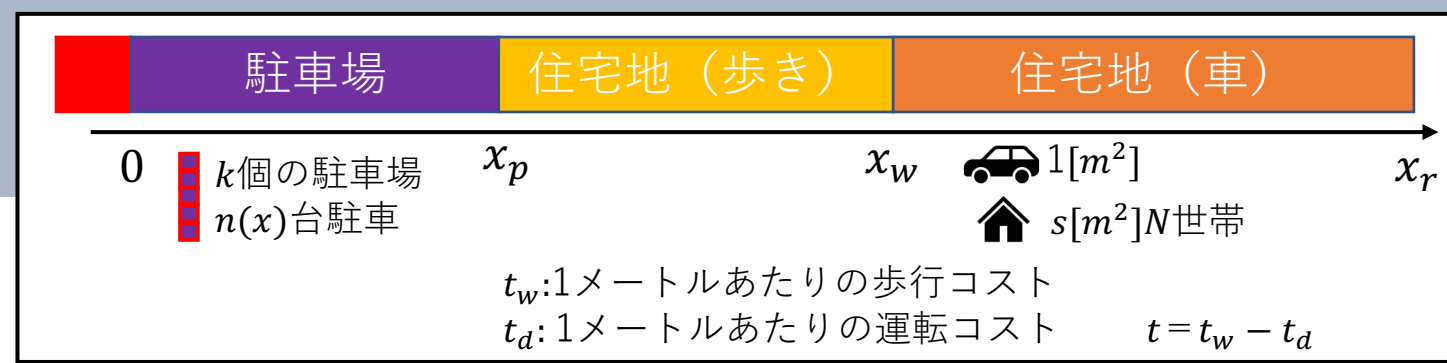
5. Proprietary parking places (専有駐車場)

- ここまで検討したモデルは、駐車場探索に混雑（と共有財産へのアクセス問題）があることを想定。
- もし、すべての移動が完全に予測可能で、市場取引が完全にコストレスであれば、個人が特定の場所で（例えばインターネットを通じて）駐車スペースを予約することができ、駐車場探しに時間を取られることがなくなる！
- Ex)通勤用駐車場市場：駐車スペースに関する長期的な契約を結ぶ。

- 表記を簡単にするために、 $k = 1$ とする。
- 駐車する人はそれぞれ自分の予約した場所を持つので、駐車場探しの混雑（サーチコスト）は発生しない。
- 駐車場の数は「住宅地(車)」の世帯数と同じ



5. 専有駐車場～均衡～



＜まずは均衡を求める＞

- ① 均衡には、通勤の選択肢の中で効用が等しくなるような賃料が必要である。
- ② すべての駐車場は等しく価値があり、個人がどこに駐車するかは無関心 ($r(0) + t_d x = r(x) + t_w x$)

① → x_r にいる郊外の個人は、そこに住むか、それ以外の場所に住むか、特に、住宅と駐車場の境界 x_p に住むかに無関心。

③ x_r の家賃はゼロ

② → すべての駐車場は等しく価値があるので、 x_p にいる者は、CBDの賃料から移動コストの車と徒歩での差を差し引いた額で借りることになる。

$$r(0) + t_d x_r = sr(x_p) + t_w x_p, \quad (19)$$

$x = 0$ の $x_r \rightarrow 0$ $x = x_p$ $x_p \rightarrow 0$
 駐車場賃料 車移動 の家賃 歩行コスト
 コスト

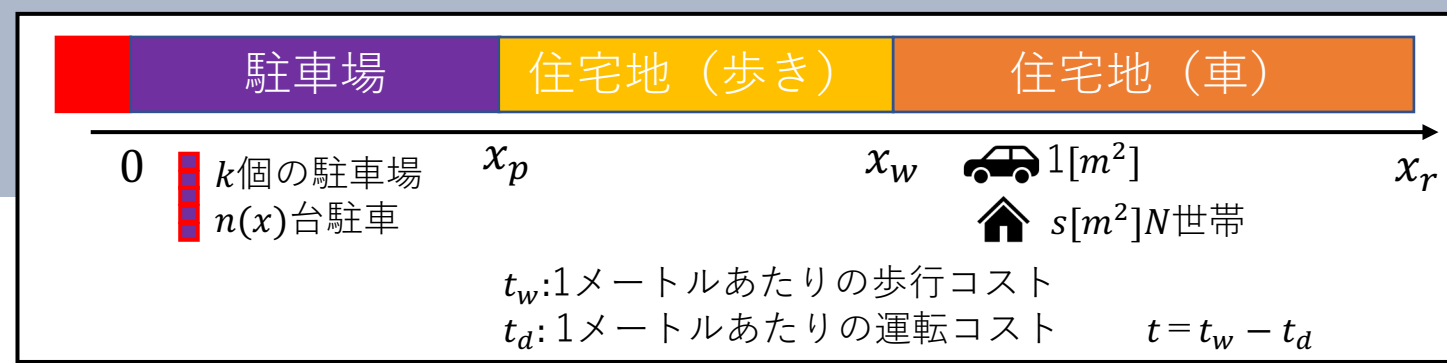
$$r(x_p) = r(0) - [t_w - t_d]x_p \quad (20)$$

※誤植注意

上式を下式に代入

$$t_w x_p + [s - 1]r(0) = t_d x_r + s[t_w - t_d]x_p. \quad (21)$$

5. 専有駐車場～均衡～



① x_w に位置する世帯は、CBDまで歩くか、車で移動して駐車するかで、コストが同じ。

$$t_d x_w + r(0) = t_w x_w.$$

(21)に代入して $r(0)$ を消去

$$[s - 1][t_w - t_d][x_w - x_p] = t_d [x_r - x_p]$$

各ゾーンの境界 (x_p, x_w, x_r) の均衡時の関係式

ちなみに、

$$Ns = (x_r - x_p)k$$

$$x_p k = \frac{(x_r - x_w)k}{s}$$

の2つの制約条件を用いることで、
 (x_p, x_w, x_r) は解ける

5. 専有駐車場～最適～

境界の最適な関係は、個々の世帯を駐車／歩行境界 $x_w x_p$ から都市の縁辺に移動させ、この土地をs個の駐車スペースに変えるという思考実験によって決定



s台止められる
駐車場ができた！！

このs-1台と
(一番遠い人が車乗って一番得する)

この1台

1世帯あたり
通勤コストの節約 ($[x_r - x_p]$ だけ移動距離のびるので)
通勤コストが
 $td [x_r - x_p]$ 増加

最適条件

$$(s - 1)[t_w - t_d][x_w - x_p] = td [x_r - x_p]$$

「均衡時の関係式」
と一致！！！！

5. 専有駐車場～まとめ～

○駐車場が帰属する場合、2つの点で厚生水準が高くなる。

(1)共通のアクセス問題がある場合、住宅地がより遠くへ押しやられる。

(2)駐車場が割り当てられ、その場所を正確に把握していれば、駐車場を探すために必要な時間の浪費がなくなる。

※実際には、駐車場は帰属型と無所属型が混在している。

通勤・通学客：毎日の移動が予測できるため、長期契約で割り当てられた駐車場を利用する。

買い物客：それほど定期的ではなく、変動的なニーズがある。

<仮に買い物客の駐車場も事前に準備しようとするとして・・・>

- ・事前に駐車場を確保するための組織的コストは法外（ずっと確保しなければいけない的？）
 - ・瞬時に最も高い入札者に駐車場を競売する帰属システムは、取引時間においてコストがかかりすぎる
- 故に、ある駐車場は帰属され、ある駐車場は帰属されないというように、混在している。
- 事前に計画を立てない人が、駐車場を探す人の混雑を増やし、駐車場に必要な土地の量を増やす限り、他の個人に対する負の外部性がある。（混雑増える→帰属しない駐車場増える→(1)(2)の負の外部性が生じる的）

Index

1. Introduction

2. The model of parking and land use

モデルの概要

3. The optimum

4. Equilibrium cities with private parking lot operators

駐車場は
共有財産

最適配置
市場均衡

5. Proprietary parking places

駐車場は
個人所有

最適配置
市場均衡

6. Conclusions

6. Conclusion～本研究のまとめ～

- このモデルでは、エージェントは2つの相互依存的な次元（ドライバーは駐車スペースを、駐車場経営者と住民は土地をめぐる競争）で競争する。
 - 駐車場が値付けされていない場合、共有財産資源問題に悩まされる（Anderson and De Palma, 2004参照） 駐車場所所有者の場合、この資源は値付けされ、我々はそれが最適に値付けされることを示した。独占競争的な産業構造の仮定が市場結果の最適性にとって重要
 - ex)駐車場の独占所有・寡占所有→市場権力に歪みが生じる
 - メインモデルにおいて、駐車場探しで混雑が発生することを想定しています。また、繁華街への移動がすべて完全に予測可能である場合についても検討した。
- 駐車場に必要な土地は通勤者の車を停めるために圧縮され、その配分は最適となる。

6. Conclusion～Voith(1998)との比較～

Voith (1998)は、同様のモデルの一般均衡分析を、いくつかの追加的な詳細とともに提供。

- 住民の数が他の場所で利用可能な効用によって決定されるオープンシティの設定（ただし、住宅や駐車場として利用できるスペースを明示的に表現することはしていない）
- 企業間の凝集的な外部性（集約効果）を許容
- 代替交通手段である大量輸送機関を含み、コストに補助金を加えた価格で販売
- 通勤者は大量輸送機関or車で移動するかであり、車での移動は道路利用者の数に応じて渋滞

→この文脈で、Voithは、賃金や家賃といった関心のある変数について比較静的結果を導出。特に駐車料金の引き上げや交通補助金によって引き起こされる変化を検討。

※通勤者が駐車場を実質的に所有していると仮定：駐車場における共有財産問題を未考慮

→2つのモデル化アプローチを統合し、より広いモデルで厚生分析を再構成することは有用であろう！

自身の研究に結びつけて考えたい

あまりうまくできませんでした。

奥田論文の推定結果を使って数値シミュレーション

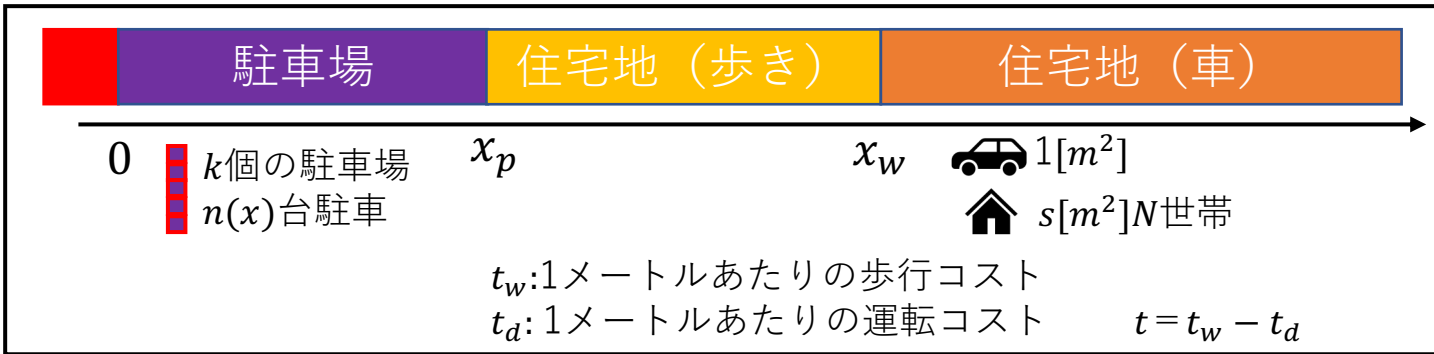
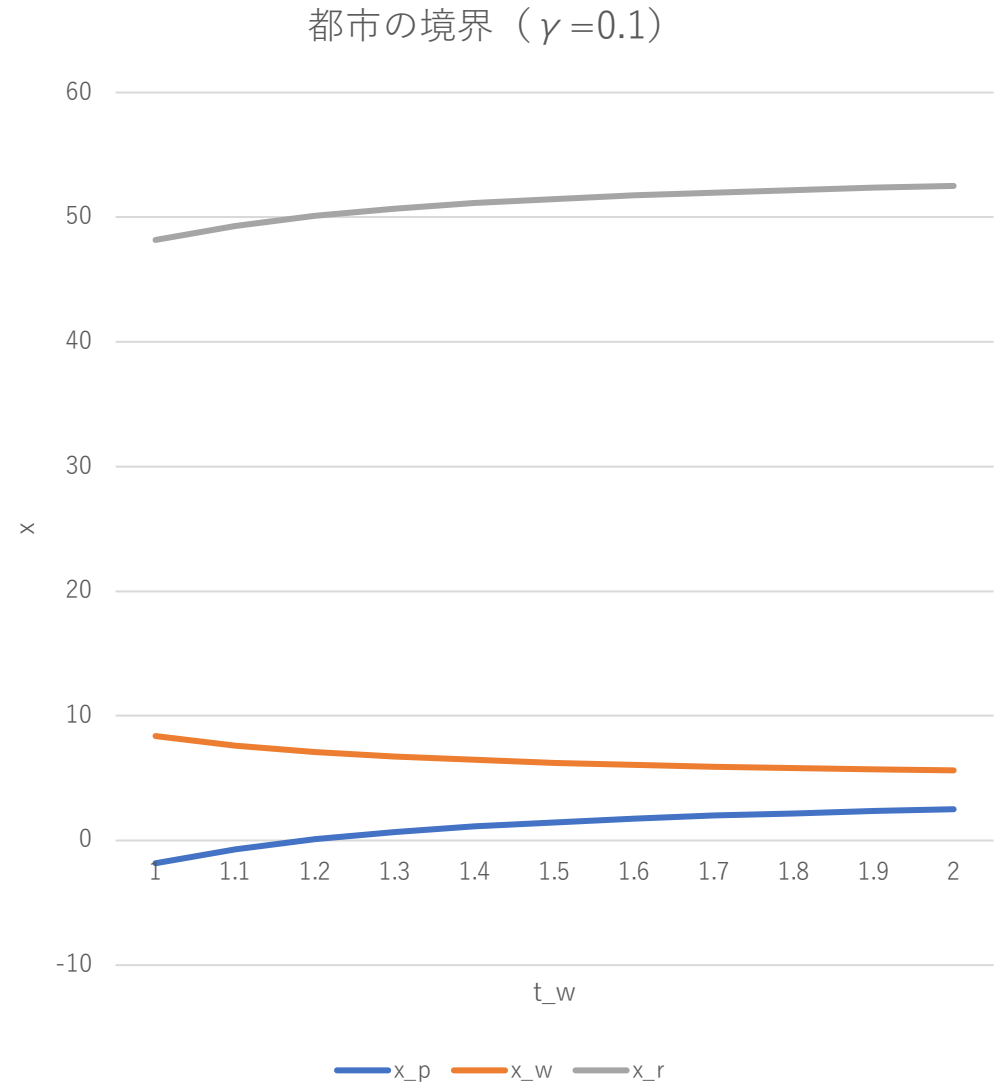


表2 モデル推定結果

	Attribute	Est.	t-value
自動車リンク	リンク長	t_d -0.56	-6.54**
駐車リンク	(駐車場容量)-(駐車台数)	(γ) 0.72	4.01**
歩行者リンク	リンク長	t_w -1.98	-11.11**
	歩行者専用道路ダミー	0.81	3.02**
	右左折ダミー	-1.92	-17.42**
	$L(0)$	-1088.72	
	LL	-379.35	
	ρ^2	0.652	
	サンプル数	666	

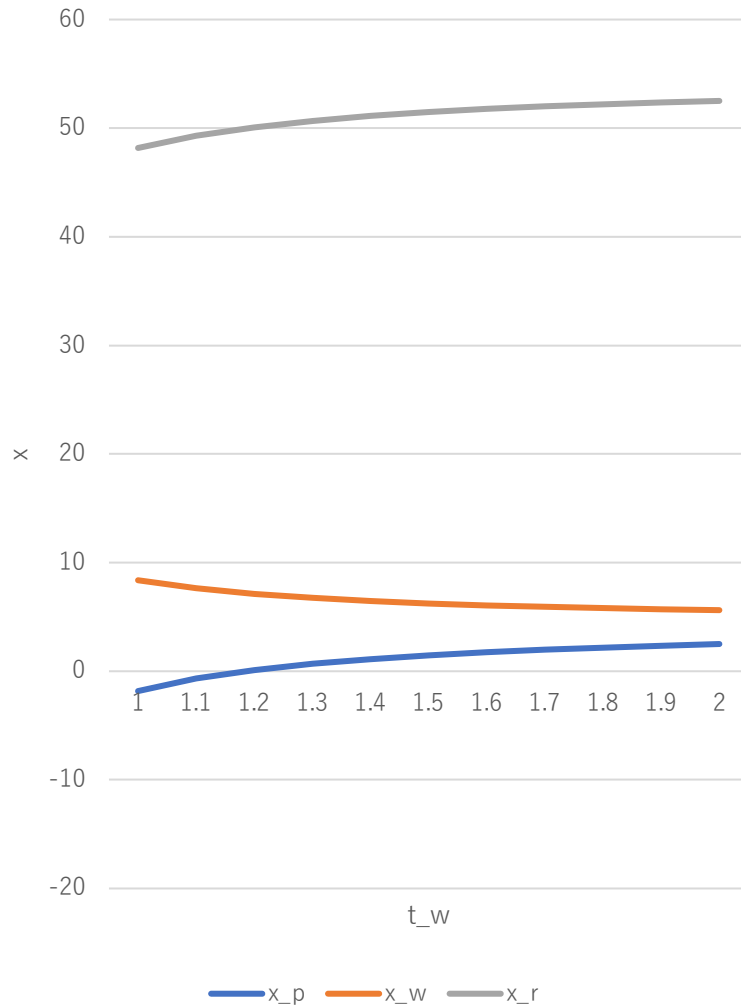
*10%有意 **5%有意



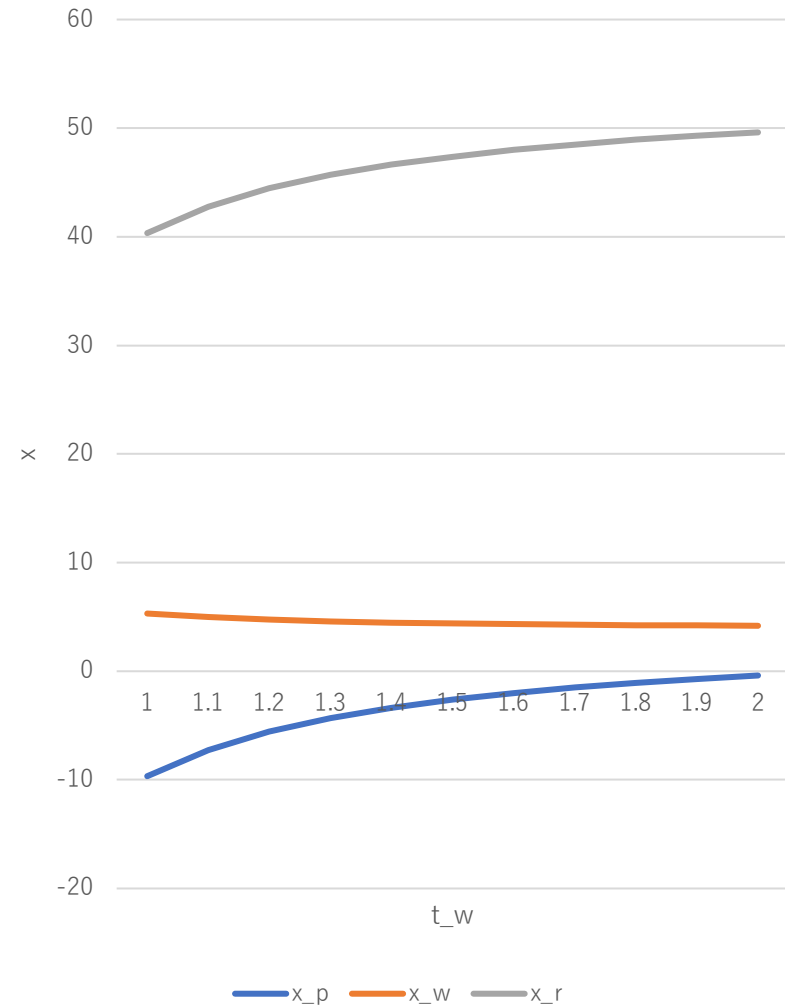
Γを変化

x_p が負になっているところがあり不自然。
必死に計算ミスを探すも、どうやらミスはなさそう、、、
なぜこうなるのか不明、、、

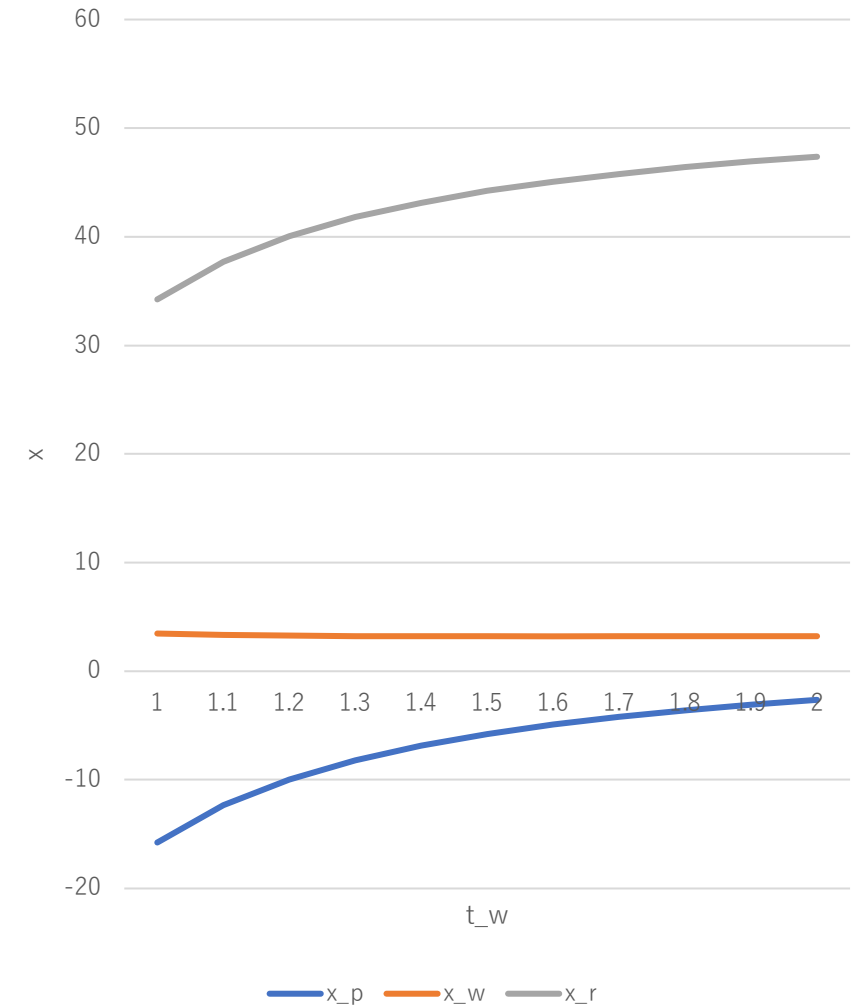
都市の境界 ($\gamma=0.1$)



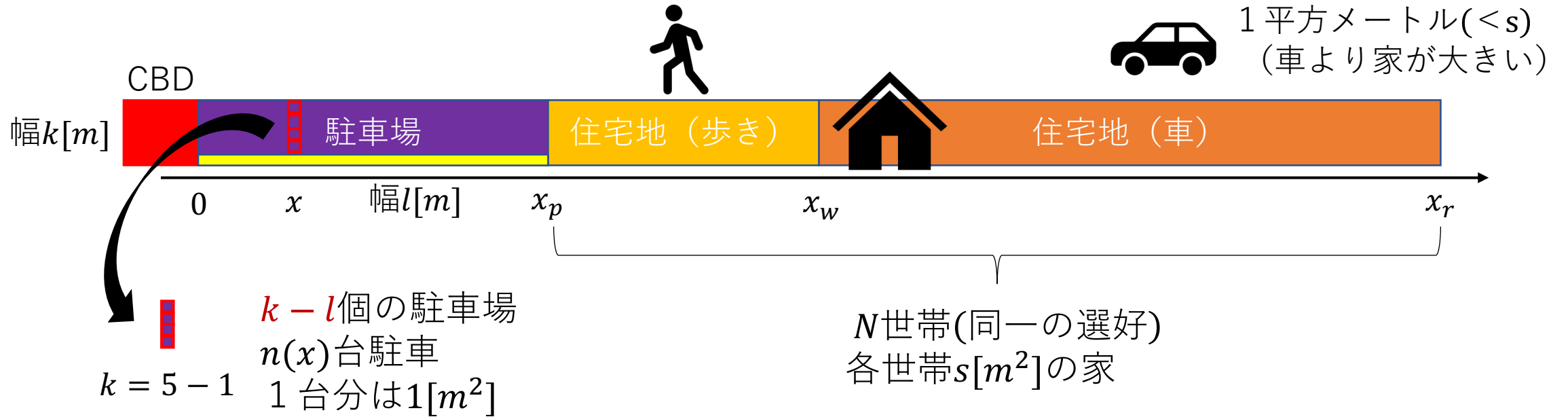
都市の境界 ($\gamma=0.5$)



都市の境界 ($\gamma=1$)



駐車場を歩行者空間にしてみる？



スポットが空いている確率は $q(x) = \frac{[k-l-n(x)]}{k-l}$
 →探索されるスポットの期待数は $\frac{1}{q(x)} = \frac{k-l}{[k-l-n(x)]}$

駐車場探索コスト： $\gamma \frac{k-l}{[k-l-n(x)]}$

γ :特定の駐車場が空いているかどうかを検索するコスト

$t_w - t_l(l)$:1メートルあたりの歩行コスト
 t_d :1メートルあたりの運転コスト

→ $t' = t_w - t_l(l) - t_d$ で車の代わりに歩いた場合の正味のコスト

やろうとして気づいたこと

- 最適からずれる、（不思議、均衡の方に密度を扱う式がないから？→いや、歩道拡幅が新たな外部性になるからかもしれない。駐車場の範囲を増やすことで、歩道がより整備されて、歩行しやすくなるみたいな外部性。）
- 計算が一気に複雑になる
- 「均衡式」が歩行者効用増加の度合いに依存しない

所感

- 単一中心モデルって、理論としては意味があるが、「実証」とか「応用」は難しい
- 理論としては予約できたほうがいいというのは納得。現在だとネットで駐車場予約できるサービスもあるし、同じような話で厚生が上昇すると言えそう。
- 式の分析をととても丁寧にしてしたが、いるのだろうか？と思った。とはいえ、当たり前のようなことも、数式としてちゃんと出てきていることには意義があるのかも？
- 理論ではうまくいくし、計算もできるけど、少し仮定を緩和するだけでかなり計算が煩雑になるから、理論としてやるのであれば、その塩梅は難しいと思った。
- 応用したかったが、うまくいかず悔しい。皆さんの積極的な議論に期待しております。

Appendix

車通勤者が存在する条件

- なお、駐車場探し1回あたりのコスト r は、 $r < t(x_w - x_p)$ と十分に小さいことが必要である。この条件が成立しない場合、 x_w にいる人は決して車を運転しないであろう。 r が大きすぎると、全世帯が歩くことが最適となる。このとき、都市の長さは Ns/k となる。都市の限界から1世帯が車を運転することで、輸送コストは tNs/k だけ減少する。もしこれが r より小さければ、運転や駐車をさせる価値はない。駐車場がない場合は $x_p = 0$ 、 $x_w = x_r = Ns/k$ であるから、上の条件は等価である。

「交通-駐車-土地利用」の相互作用

(地主たち)
一応存在するが、今回は考えなくて良さげ

プレイヤー

土地の運営者たち
→土地利用を決定する

住民たち

個々のプレイヤー
が選択するもの
(ミクロな選択)

(実質、住宅地の量は決まっているので)
駐車場の位置
料金
を選択

通勤時の交通手段 (徒歩or車) を選択
車の場合、駐車場所も選択

個々のプレイヤー
の選択が集まって
形成される量

どこまで駐車場か

どこまで車通勤の家か

相互に作用

駐車場の料金 $p(x)$

駐車場の需要量 $n(x)$

眩き

- 相互作用があって、均衡するってのは、NPLもそんな感じだ、考え方近い。そっか、相互作用あるからこそ均衡を考えるのが自然な感じよね。
- 住宅の経営者は儲からなくなる。いや逆に儲かる説。あーね、地主は儲かるけど、経営者は利益ゼロかー。参入自由の仮定がここでもできる感じね。地代の均衡ってこういう感じね。
- 小林さんみたいに、「土地の利用者と回遊者が別」じゃなくて、今回は同じになってる。
- 駐車場の値段は住民の数とかに依存してくるから、独立じゃなくて、付け値ちだいみたいにならないね。従属な感じが不思議！！
- 需要と供給みたいな話して結局相互作用だよ。市場モデルってそういうことか。