

# 時間集積の経済を考慮した都市システムモデル

## 1. 研究背景

都市内部で行われているほとんどの経済活動は、特定の時間帯に行われています。企業の生産効率を上げ、経済活動の効率化を行うためには経済主体となる人や企業が特定の時間帯に集中することが必要になります。この時間集積の経済によって得られるメリット（生産効率の向上など）がある一方、デメリット（交通混雑の悪化など）があります。このメリット・デメリットを考えるための既存研究では、労働者が自分で始業時刻・居住地を選択し企業に出勤するモデルを構築し、交通需要マネジメント（TDM）方策（例：混雑料金、時差出勤、フレックスタイムの導入など）を取り入れることが考えられてきました。ですが、既存研究では都市空間構造が固定的（都市の数を1つとして考えている）なので、他都市や農村がある場合に起こり得る人口移動が考えられていませんでした。

そこで、複数都市・農村が存在するモデルを開発することで、都市・農村間で人口移動がある場合を考えていきます。さらに、複数都市・農村モデルに交通混雑対策をとることで都市内人口・都市人口分布に与える影響を調べていきます。



交通渋滞



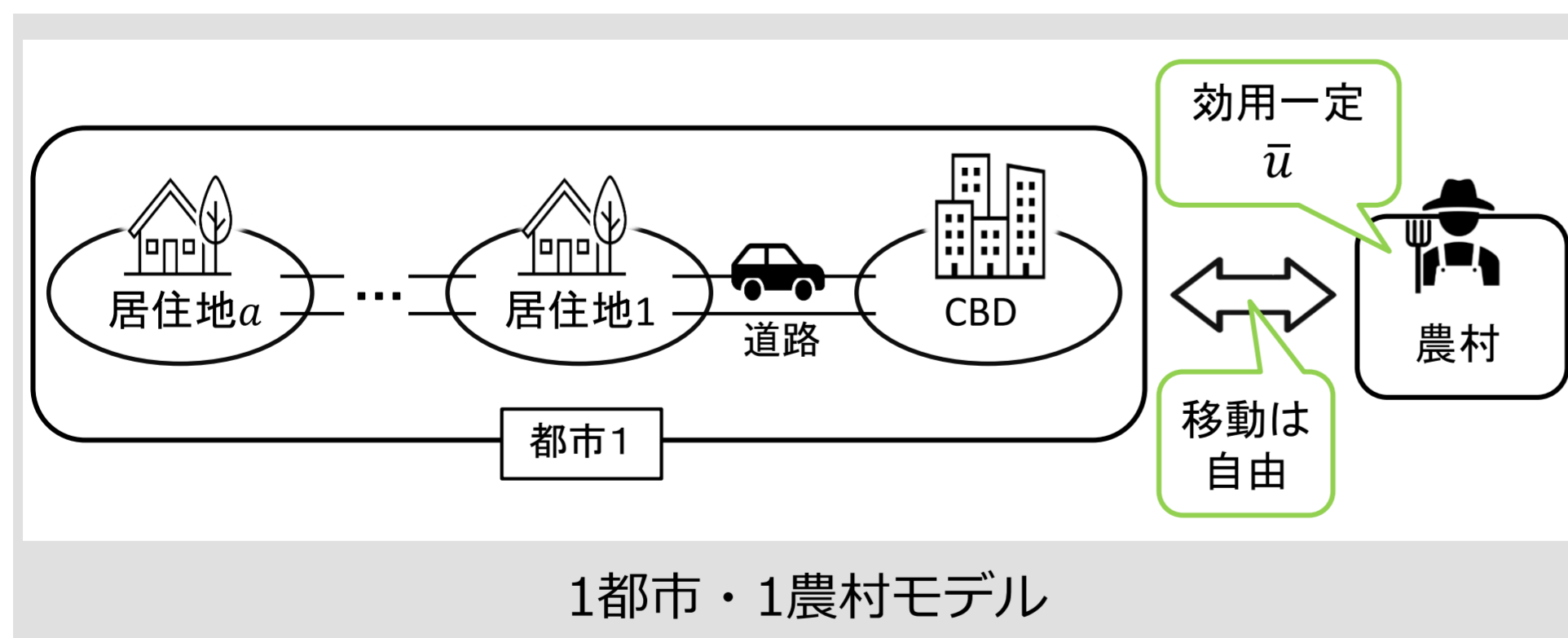
TDMの例（課金をすることで渋滞を緩和させる）

## 2. 研究目的と1都市・1農村モデル

複数都市・農村モデルを開発するにあたり、その前段階として1都市・1農村モデルの開発を行いました。

都市では、すべての企業がCBD（中心業務地区）で生産活動を行っており、労働者は居住地に居住しています。さらに、労働者はCBDへ車で道路を利用して出勤するものとしています。（CBD・居住地は図のように道路でつながっています）

農村では、居住地と生産活動をする場を労働者が自由に選ぶことができ、効用（農村に居住する労働者の満足度）が一定で $\bar{u}$ としています。



1都市・1農村モデル

労働者は都市と農村間で自由に移動することができるため、都市の効用（ $v$ ）が農村の効用（ $\bar{u}$ ）よりも高くなると農村から都市へ労働者が移住するようになります。

本研究では、交通混雑を緩和させる政策を導入することで、都市と農村の効用が均衡状態（労働者が居住地や始業時刻を変更する動機を持たない状態）になったときに、労働者は都市か農村どちらに居住し、都市内ではどの居住地・始業時刻を選択するのかを明らかにすることを目的としています。

## 3. 労働者の効用

都市に居住している労働者の効用水準を考えます。労働者の効用水準 $v_{a,i}(\mathbf{n})$ は「企業の生産高」（企業の生産高が労働者の賃金につながる）と「交通混雑によるコスト」（自動車の交通渋滞によっておこる時間の損失）、「地代による影響」（地代の増加）によって表せます。

労働者の効用水準

$$v_{a,i}(\mathbf{n}) = G_i(\mathbf{M}) - \sum_{b=1}^a c(x_{b,i}) + h(N_a)$$

$v_{a,i}(\mathbf{n})$ : 労働者の効用水準  $G_i(\mathbf{M})$ : 生産高  
 $\sum_{b=1}^a c(x_{b,i})$ : 交通混雑によるコスト  $h(N_a)$ : 地代による影響

労働者の効用水準

交通混雑によるコスト

$$c(x) = t(1 + x^\beta)$$

$c(x)$ : 交通費用  $x$ : 交通量  $\beta$ : 交通混雑の度合い

交通混雑によるコスト

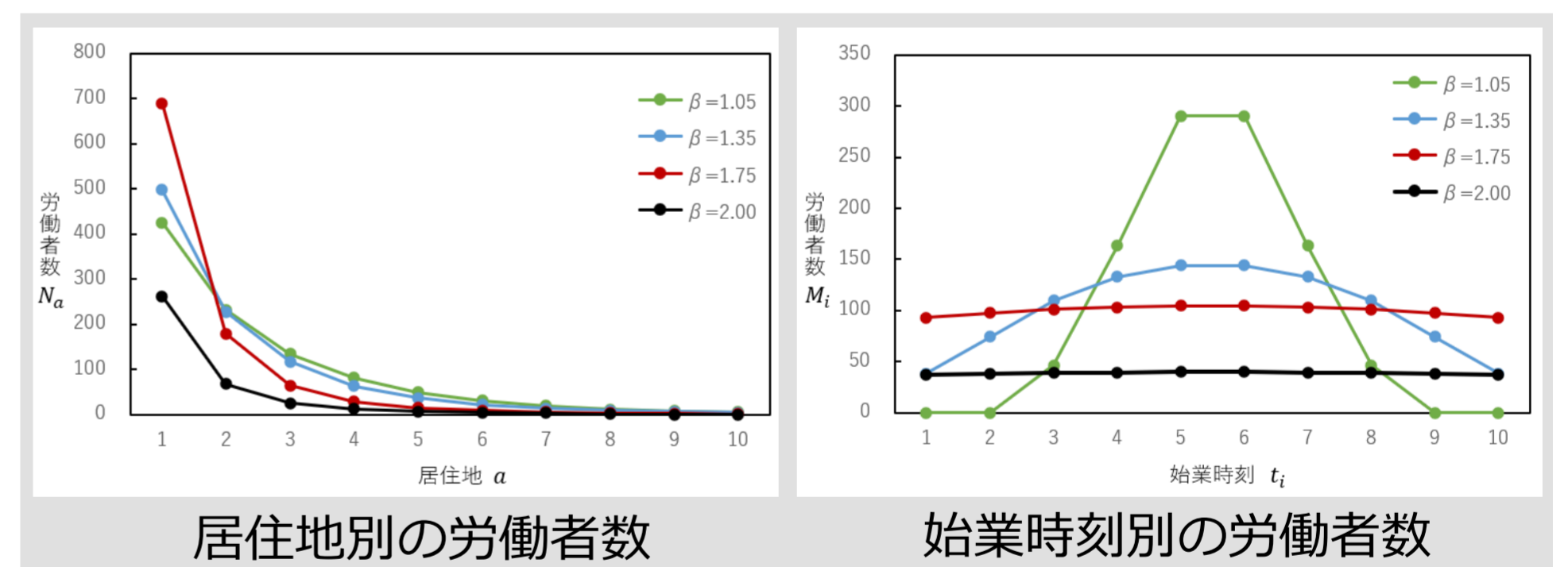
交通混雑によるコストの式にある混雑の度合い（ $\beta$ ）を変化させることで混雑コストが変化し、都市内の労働者の効用も変化します。それによって都市に居住する労働者の数や居住地・始業時刻の選択が変化します。

## 4. 数値解析とその結果

プログラミングを使うことで、交通混雑の度合い（ $\beta$ ）を変化させた時の都市内の人口分布や始業時刻分布がどのようになるのを見ていきます。

まず、居住地別にみると、都心に近い居住地のほうが居住する労働者数が多く、交通混雑が緩和する（ $\beta$ の値が小さくなる）と労働者は都心から離れた場所に居住するようになります。

次に、始業時刻別では、交通混雑が緩和されることによって始業時刻がある時間帯に集中していくことがわかりました。

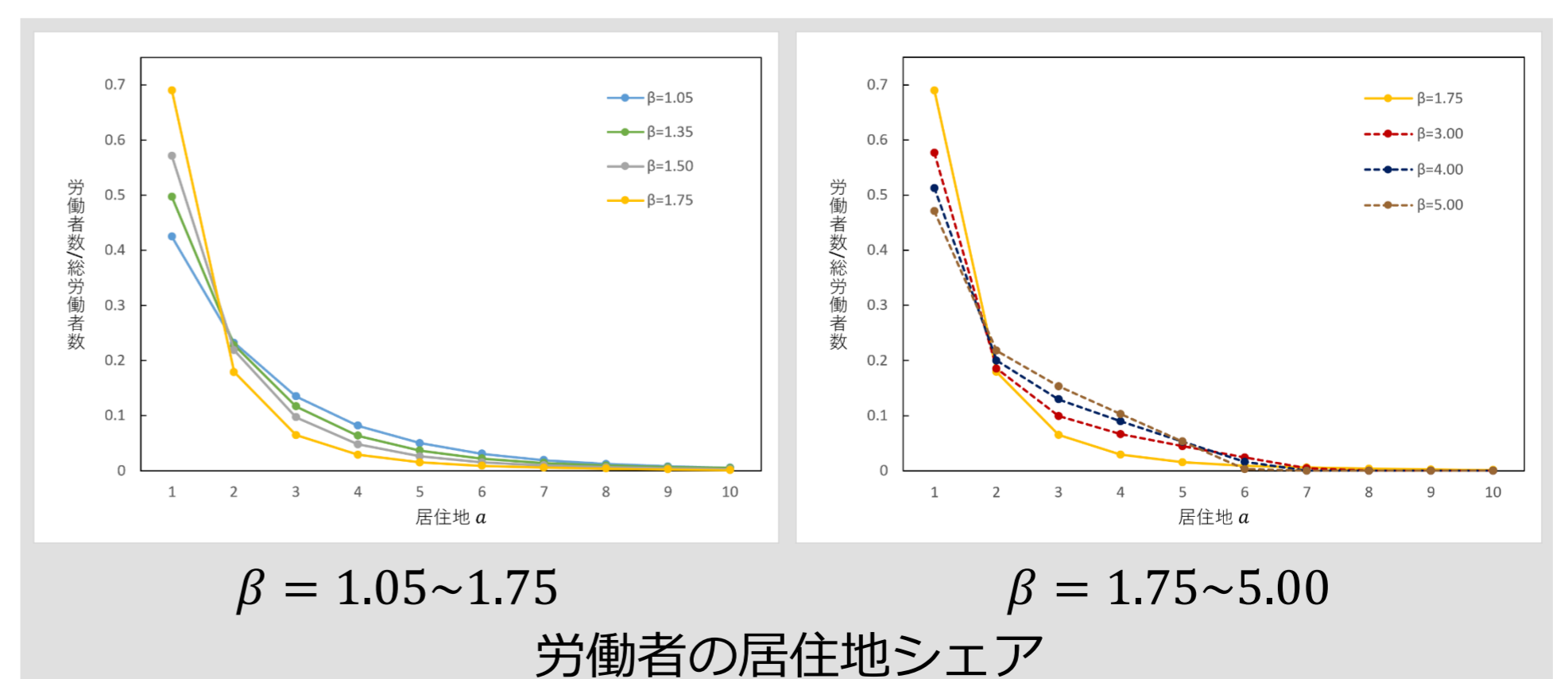


居住地別の労働者数

始業時刻別の労働者数

都市の交通混雑の度合いが変化することによって農村から都市へ労働者が流入していき、 $\beta = 1.80$ になったところで都市内に全労働者が居住する（農村に労働者がいない状態）ことがわかりました。

次に、居住地別の居住する労働者の割合では、都市に農村から労働者が流入してくる状態（ $\beta = 1.75 \sim 5.00$ ）では、都心（居住地1）に労働者が集中していき、全労働者が都市に居住した後（ $\beta = 1.05 \sim 1.75$ ）では、都市の境界（都心に出勤する労働者が居住する最も遠い居住地）が広がっていくこともわかりました。



$\beta = 1.05 \sim 1.75$

$\beta = 1.75 \sim 5.00$

労働者の居住地シェア