

平成 30 年 6 月 23 日現在

機関番号：13904

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12274

研究課題名(和文) インドネシア中小都市の環境防災総合的モデル分析

研究課題名(英文) Environmental and Natural Disaster Modelling Analysis of Medium Size City in Indonesia

研究代表者

宮田 讓 (Miyata, Yuzuru)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：20190796

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では環境防災経済学における新たなモデル分析手法を開発し、パランカラヤ市を対象として、健全な氾濫想定地域の土地利用、不法住民の居住移動、対象地域の環境保全と健全な経済成長の在り方を探った。モデルを動学化し、比較静学分析を行った。主要な成果は以下のようである。(1)氾濫地域は低所得者が居住する。(2)適切な所得政策を行えば氾濫地域での不法居住を減らすことができる。(3)農村部での住宅地開発は氾濫地域での不法居住を減らすことができる。(4)農村地域での森林育成は氾濫地域でのリスクを減らすことができるが、逆に人口も増加させてしまう。(5)都市内交通改善は氾濫地域での不法居住を増加させてしまう。

研究成果の概要(英文)：This study aims at constructing a urban economic model of Palnkaraya city area in Indonesia to examine environmental condition and natural disaster damage. To use the constructed model we obtain the following results.

研究分野：都市経済学

キーワード：インドネシア 環境防災モデル 豪雨災害 パランカラヤ市 新都市経済モデル 動学都市経済モデル  
森林伐採 2次元都市経済モデル

## 1. 研究開始当初の背景

インドネシア中央カリマンタン州パラカラヤ市は人口 19 万人の中都市であるが、カハラヤン河に接しており、日常的に洪水氾濫が起きている。この氾濫地域には不法移民が多く居住し、危険に曝されている上に、自然環境、生活環境の破壊を引き起こしている。この原因はパラカラヤ市を囲む農村地域での森林伐採に起因し、洪水氾濫、環境破壊の両側面を持つ環境防災経済学の興味深い対象となりうる。本研究では環境防災経済学における新たなモデル分析手法を開発し、パラカラヤ市とその周辺地域を対象として、健全な氾濫想定地域の土地利用、不法住民の居住移動、対象地域の環境保全と健全な経済成長の在り方を探る。本研究ではインドネシアの 1 地域を対象とするものの、このような地域はインドネシアや東南アジアに多数存在し、本研究成果は十分な汎用性を持つと期待した。

## 2. 研究の目的

### (1)平成初年度の研究目的

本研究は 3 年間行われたが、初年度においてはパラカラヤ市およびその周辺地域のデータ収集を行った。その上で新都市経済学に基づく家計の付け値地代関数を推計し、なぜ危険な氾濫想定地域に多くの住民が居住しているのかを理論面・実証面から明らかにした。ここでは家計効用に家計資産に対する期待被害の概念を導入し、従来の新都市経済学の命題とは正反対の結論を出すことを目的とした。これは家計を差別化した平面上の都市経済一般均衡モデルによって行われた。

### (2)2年度目の研究目的

2 年度目の前半には初年度に完成する 2 次元理論モデルの実証シミュレーションを目的とした。これにより所得再配分政策や都市郊外農村部での生活改善が、どの程度不法住民を減らせるのかを目的とした。2 年度目の後半はパラカラヤ市及びその周辺地域を対象とした都市 - 農村 - 環境 - 防災の一般均衡モデルの理論構築を行い、実証シミュレーションに向けたデータ収集、計算プログラム作成を目的とした。

### (3)3年度目の研究目的

3 年度目は前年度にプログラミングが終了している都市 - 農村 - 環境 - 防災一般均衡モデルの実証シミュレーションを行うことを目的とした。ここでは市場均衡解と社会的最適解の両方を計算し、市場均衡解が社会的に最適となるような森林伐採等の自然資源の利用の在り方を目的とした。このことがパラカラヤ市での洪水氾濫を減少させ、氾濫想定地域の減少・健全な土地利用、不法住民の減少等に寄与することとなる。

(4)本研究の学術的な特色及び研究結果の意

## 義

本研究で開発するモデルは環境・防災・都市経済学・地域経済学を統合したものであり、世界でも類を見ない独創的なものである。特に 2 次元都市経済モデルは Beckman and Puu (1978) がその緒を開いて以来、申請者以外に研究を行っている者はいない。本研究は理論にかなりの重きを置くが、それは発展途上国の不整合な政策体系を客観的かつ整合的なものにする重要な実務的役割を果たす。さらに日本における昨今の豪雨被害対策にも適用可能である。

## 3. 研究の方法

### (1)平成 27 年度の研究手法

平成 27 年度はパラカラヤ市を平面上の都市と見なし、企業における土地投入を考慮したモデルを考察した。これにより企業および中高所得者層と低所得者層という 2 タイプの家計の付け値地代を考察することができ、より現実的な分析が可能となる。その一方で業務用地が面積を持つことから、生産された財の移動をどのように取り扱うのかという困難な問題に直面する。研究代表者はこの問題に対して既に連続平面上の都市経済モデルの理論的考察を発表しており、パラカラヤ市での実証分析についても直に研究を進められる状況にあった。財の移動や通勤を明示する場合にはベクトル解析で用いられる divergence (発散, div) の概念が必要となる。平面上の都市経済学で中心となるのは以下の 2 つの式である。

$div(\text{地点 } x \text{ での物流量})$  地点  $x$  での物流の変化 = 地点  $x$  での財の生産 - 地点  $x$  での財の消費 - 地点  $x$  での交通費用

$div(\text{地点 } x \text{ での通勤量})$  地点  $x$  での通勤量の変化 = 地点  $x$  での家計の労働力供給 - 地点  $x$  での企業による労働需要 - 地点  $x$  での通勤費用

これらは偏微分方程式となるが、これらを変形し財価格、賃金率、物流量、通勤量を一般均衡的に求めることが可能となる。理論の詳細は省略するが研究代表者の既存発表論文に記述されている。

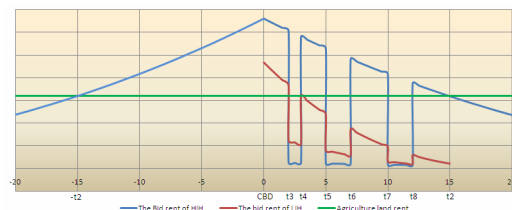


図 1 パラカラヤ市の付け値地代

この平成27年度についてはパラカラヤ市での実証シミュレーションに備え、理論モデルの完成を目指した。現地のデータについては、宮田研究室を修了したパラカラヤ大学准教授のIndrawan Permana氏を通じて入手した。そして計算プログラムもほぼ完成させ、次年度での実証シミュレーション分析に備えた。

なお図1はパラカラヤ市を1次元と見なし、通常の土地と想定氾濫地域での付け値地代を計算したものである。氾濫想定地域では不法住民の付け値地代の方が中高所得者より高くなるという興味深い結果が得られている。平成27年度においてはこの結果が平面上の都市として拡張されよう工夫した。

## 2. 平成28年度の研究方法

平成28年度の前半は前年度に完成しているパラカラヤ市の平面都市モデルの実証シミュレーションを試みた。このシミュレーションによりパラカラヤ市の業務地区、普通居住地区、氾濫想定地区の付け値地代が求まる。ここで線形都市モデルとの決定的な違いは点在する氾濫想定地区の特徴を明らかにできることである。線形都市モデルでの土地利用はいわば円環状を想定するわけであるが、平面都市モデルではより現実的な飛び飛びの土地利用を再現でき、本研究の最大のオリジナリティの1つである。

平成28年度の後半はパラカラヤ市に加え周辺農村地区をも含む形で対象地域を設定した。パラカラヤ市に対しては平面都市を想定するが、周辺地区は面的広がりを考慮しない。これは周辺地区の面積が広大であるため、平面モデルになじまないためである。ここで考察するモデルは以下のようなものである。

(1)パラカラヤ市では一般財企業、中高所得家計、不法住民(低所得家計)、都市政府、不在地主を経済主体とする。企業の生産関数には都市自然環境、農村部森林を正の外部性として取り入れる。また中間投入として都市財、農産物、木材、農村財を考える。このような財区分はパラカラヤ市が木材産業に大きく依存していることを考慮したものである。家計の効用関数は上記4財に加え将来財(貯蓄)も考慮し、貯蓄から投資が決まる動学モデルに拡張する。この定式化は近視眼的期待形成のもとで整合的である。家計効用についても都市自然環境、農村部森林を正の外部性として取り入れる。都市自然環境はフローの環境(大気質、水質等)とし、生産活動、消費活動が汚染源となる。環境質は自然界から供給される質に対し、環境汚染の自然浄化作用を考慮して決定される。中高所得家計に対しパラカラヤ市は閉鎖都市とするが不法住民については開放都市とする。開放都市では不法住民に対する外生的効用値が必要

とされるが、それは以下で述べる。

(2)パラカラヤ市周辺農村部では農業、林業、農村一般産業を考える。企業は集計したものを考え、産業レベルで定式化する。それぞれの産業は都市財、農産物、木材、農村財を中間投入する。また周辺地区労働者、資本、土地を生産要素として投入する。産業生産関数についても農村部自然環境、森林量を正の外部性として取り入れる。

農村部家計は都市財、農産物、林産物、農村財消費から効用を得る。家計効用関数にも農村部自然環境、森林量を正の外部性として取り入れる。農村部家計は割引された効用積分を最大化するように消費の選択を行う。これより家計による資本蓄積が内生化する。動学モデルとして定式化される。ここで効用積分最大化は最大値原理を用いるが、そこに経常値ハミルトニアンが導入される。効用積分最大化の必要十分条件の1つとして、毎期の経常値ハミルトニアンを最大化するような財消費を求める必要があるが、最大化された経常値ハミルトニアンの時間積分は最大化された効用積分値と一致することが知られており、静的等価と呼ばれる。これより最大化経常値ハミルトニアンを農村部における毎期の家計間接効用と見なすことが可能であり、パラカラヤ市での不法住民に対する開放性を担保する農村部家計効用までもが内生化されることになる。このようなアプローチは既存研究では全くなされておらず、本研究のオリジナリティの1つである。

以上のモデルからパラカラヤ市の特性は全て内生化されることとなり、理論研究でも外生的に与えられる農業地代や農村部家計効用も内生化する。加えて農村森林量はパラカラヤ市の洪水氾濫の決定要因であり、ここに総合的な環境防災モデルが完成する。この年度についてはパラカラヤ地域のデータ収集、計算プログラムの作成も行う。

## 2. 平成28年度の研究計画・方法

平成28年度の前半は前年度に完成しているパラカラヤ市の平面都市モデルの実証シミュレーションを行う。このシミュレーションによりパラカラヤ市の業務地区、普通居住地区、氾濫想定地区の付け値地代が求まる。ここで線形都市モデルとの決定的な違いは点在する氾濫想定地区の特徴を明らかにできることである。線形都市モデルでの土地利用はいわば円環状を想定するわけであるが、平面都市モデルではより現実的な飛び飛びの土地利用を再現でき、本研究の最大のオリジナリティの1つである。

平成28年度の後半はパラカラヤ市に加え周辺農村地区をも含む形で対象地域を設定する。パラカラヤ市に対しては平面都

市を想定するが、周辺地区は面的広がりを考慮しない。これは周辺地区の面積が広大であるため、平面モデルになじまないためである。ここで考察するモデルは以下のものである。

(1) パランカラヤ市では一般財企業、中高所得家計、不法住民(低所得家計)、都市政府、不在地主を経済主体とする。企業の生産関数には都市自然環境、農村部森林を正の外部性として取り入れる。また中間投入として都市財、農産物、木材、農村財を考える。このような財区分はパランカラヤ市が木材産業に大きく依存していることを考慮したものである。家計の効用関数は上記4財に加え将来財(貯蓄)も考慮し、貯蓄から投資が決まる動学モデルに拡張する。この定式化は近視眼的期待形成のもとで整合的である。家計効用についても都市自然環境、農村部森林を正の外部性として取り入れる。都市自然環境はフローの環境(大気質、水質等)とし、生産活動、消費活動が汚染源となる。環境質は自然界から供給される質に対し、環境汚染の自然浄化作用を考慮して決定される。中高所得家計に対しパランカラヤ市は閉鎖都市とするが不法住民については開放都市とする。開放都市では不法住民に対する外生的効用値が必要とされるが、それは以下で述べる。

(2) パランカラヤ市周辺農村部では農業、林業、農村一般産業を考える。企業は集計したものを考え、産業レベルで定式化する。それぞれの産業は都市財、農産物、木材、農村財を中間投入する。また周辺地区労働者、資本、土地を生産要素として投入する。産業生産関数についても農村部自然環境、森林量を正の外部性として取り入れる。

農村部家計は都市財、農産物、林産物、農村財消費から効用を得る。家計効用関数にも農村部自然環境、森林量を正の外部性として取り入れる。農村部家計は割引された効用積分を最大化するように消費の選択を行う。これより家計による資本蓄積が内生化する、動学モデルとして定式化される。ここで効用積分最大化は最大値原理を用いるが、そこに経常値ハミルトニアンが導入される。効用積分最大化の必要十分条件の1つとして、毎期の経常値ハミルトニアンを最大化するような財消費を求める必要があるが、最大化された経常値ハミルトニアンの時間積分は最大化された効用積分値と一致することが知られており、静的等価と呼ばれる。これより最大化経常値ハミルトニアンを農村部における毎期の家計間接効用と見なすことが可能であり、パランカラヤ市での不法住民に対する開放性を担保する農村部家計効用までもが内生化されることになる。このようなアプローチは既存研究では全くなされておらず、本研究のオリジナリティの1つである。

以上のモデルからパランカラヤ市の特性は全て内生化されることとなり、理論研究でも外生的に与えられる農業地代や農村部家計効用も内生化される。加えて農村森林量はパランカラヤ市の洪水氾濫の決定要因であり、ここに総合的な環境防災モデルが完成する。この年度についてはパランカラヤ地域のデータ収集、計算プログラムの作成も行う。

### 3. 平成29年度の研究方法

平成29年度はパランカラヤ市の総合的環境防災モデルの実証シミュレーションを行う。生産関数、効用関数に外部性が入っていることから、ここでも市場均衡解と社会的最適解は乖離することになる。特に社会的最適解を求めることは、最適な森林伐採、最適な生産、消費の在り方を提言でき、現状の政策体系の矛盾点を指摘することが可能となる。

シミュレーションケースとしては上記の他に、周辺農村部を開発した場合のパランカラヤ市への人口流入減少、パランカラヤ市での不法居住者に対する新たな居住地の開発の影響などが挙げられる。さらに我が国における昨今の豪雨災害対策にも目を向け、本研究の成果が日本の現状にも提言できるように研究を進めた。最終年度については本研究の成果を国際的に発信するため英文著書出版した。

### 4. 研究成果

本研究では動学モデルの定常状態について比較静学分析を行った。主要な成果は以下のものである。(1) 氾濫地域は低所得者が居住する。(2) 適切な所得政策を行えば氾濫地域での不法居住を減らすことができる。(3) 農村部での住宅地開発は氾濫地域での不法居住を減らすことができる。(4) 農村地域での森林育成は氾濫地域でのリスクを減らすことができるが、逆に人口も増加させてしまう。(5) 都市内交通改善は氾濫地域での不法居住を増加させてしまう。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)

Hiroyuki Shibusawa and Yuzuru Miyata, Measuring the Economic Effects of Japan's Mikawa Port: Pre-and Post Disaster Assessments, AIP Conference Proceedings 1892, 2017, 1-6, 査読有

〔学会発表〕(計15件)

宮田 譲・渋澤博幸, A Dynamic Rural-Urban-Natural-Environment Intreractive Spatial Model of a City in Indonesial, 平成27年度土木学会中部支部研

究発表会，豊田工業高等専門学校，CD-ROM  
2016, 1-4査読無

〔図書〕(計1件)

. Yuzuru Miyata, Hiroyuki Shibusawa,  
Indrawan Permana and Wahyuni,  
Environmental and Natural Disaster  
Resilience of Indonesia, 2018, 199, Springer  
Verlag

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

宮田 謙 (Yuzuru Miyata)  
豊橋技術科学大学  
大学院工学研究科・教授  
研究者番号：20190796

##### (2) 研究分担者

洪澤博幸 (Hiroyuki Shibusawa)  
豊橋技術科学大学  
大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：70291416

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

##### (4) 研究協力者

( )