

都市の持続可能性に関するダイナミック評価モデルの開発*

Development of Dynamic Model for Evaluating Urban Sustainability*

藤原章正**・張峻屹***・M.R.M. Da Cruz****

By Akimasa FUJIWARA**・Junyi ZHANG***・M.R.M. Da Cruz****

1. はじめに

持続可能性 (Sustainability) は、環境負荷の低減を前提に経済の発展と生活の質の向上を両立する新たなコンセプト (図1) として、1980年代に国連によって提案された (UN World Commission on Environment and Development, 1987)。当時、グローバルな視点から持続可能性をどのように捉えて行くかは議論の中心であった。今日になって、グローバルな視点はさることながら、都市の視点から持続可能性を議論する必要性は、環境保護者だけではなく、政府や企業などにも幅広く認識されるようになってきている (Newman, 1999)。



図1 持続可能性の3次元性

都市の持続可能性に影響する要因として、土地利用や交通行動パターン、エネルギー消費パターン、技術の進歩、教育水準や市民環境意識などが挙げられる。これらの要因の影響は都市発展ステージの違いにより変化するものと考えられる。持続可能な都市づくり政策を講じる際に、これらの要素の影響を網羅的に考慮した評価ツールの開発が重要である。

一方、途上国では物的な豊かさを求め、先進国

の発展プロセスを追従して、都市開発を急ピッチで進めている。しかし、途上国では評価ツールの開発に必要な多くのデータを、収集することが困難である。したがって、このようなデータ利用可能性を考慮した、途上国都市の持続可能性を評価できる簡便なツールの開発が求められている。

そこで、本研究では、途上国におけるデータの利用可能性を考慮した、都市の持続可能性に関する実用性の高い評価モデルの開発を試みる。よって、本論文は以下のように構成される。第2章では世界主要都市の経済成長・交通・環境の現状を分析する。第3章では、途上国におけるデータ利用可能性を考慮した、都市の持続可能性に関する新たな評価モデルの基本構造を概説する。第4章では提案モデルのプロトタイプを推定し、考察を行う。第5章では本研究の結論と今後の課題をまとめる。

2. 世界主要都市の経済成長・交通・環境の現状

本研究では、Newman and Kenworthyによって収集された、先進国と途上国を含む世界46都市における社会経済、交通、大気環境やエネルギー消費などに関する4時点 (1960, 1970, 1980と1990) のデータを利用する。対象都市を表1に示す。

表1 対象都市

| US cities | Australia cities | Canadian cities | European cities | Wealthy Asian cities | Developing Asian cities |
|---------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| Houston | Perth | Toronto | Hamburg | Tokyo | Bangkok |
| Phoenix | Brisbane | Vancouver | Frankfurt | Singapore | Jakarta |
| Detroit | Melbourne | Calgary | Zurich | Hong Kong | Kuala Lumpur |
| Denver | Adelaide | Edmonton | Stockholm | | Manila |
| Los Angeles | Sydney | Montreal | Brussels | | Surabaya |
| San Francisco | Canberra | Winnipeg | Paris | | Seoul |
| Boston | | Ottawa | London | | |
| Washington | | | Munich | | |
| Chicago | | | Copenhagen | | |
| New York | | | Vienna | | |
| Portland | | | Amsterdam | | |
| Sacramento | | | | | |
| San Diego | | | | | |

図2と図3に、自動車及び公共交通機関の利用状況 (1人あたり年間走行台キロ) の経年的な変化を示している。図2と図3から以下のことが分かる。

- 1) 全体的に、自動車利用は増えつつあるが、特にアメリカとカナダの各都市において、自動車利用の増加は顕著である。途上国では利用

*キーワード：都市の持続可能性、評価、途上国
 ***正員，工博，広島大学大学院国際協力研究科
 (東広島市鏡山1-5-1, TEL: 0824-24-6921
 E-mail:afujiw@hiroshima-u.ac.jp)

***正員，工博，広島大学大学院国際協力研究科
 (東広島市鏡山1-5-1, TEL: 0824-24-6921
 E-mail:zjy@hiroshima-u.ac.jp)

****非会員，学士，広島大学大学院国際協力研究科
 (東広島市鏡山1-5-1, TEL: 082-424-6922
 E-mail:renato@pref.hiroshima.jp)

総量が小さいが、総人口の多さと今後の増加傾向を考えると、今後さらに環境面において深刻さが増すと考えられる。

- 2) 公共交通機関の利用量については、途上国の各都市は圧倒的に高い。特に、マニラ都市圏での利用は目立つ。
- 3) ヨーロッパの各都市において、1980年代に公共交通機関の大きな利用増加が見られたが、近年減少傾向を示している。

図4と図5は、経済成長（GRP：Gross Regional Product per capita）と自動車関係環境排出指標

（CO₂とNO_x）との関係（環境クズネツ曲線）を示している。図4と図5から、経済成長に伴って、環境排出が増加するが、一定の経済水準に達せば、環境排出は減少する傾向があることが分かる。これは、途上国が先進国における交通政策の経験を生かす必要があることを示唆している。

3. 途上国におけるデータの利用可能性を考慮したダイナミック評価モデルの提案

都市の持続可能性に影響する要因は多く存在すると考えられる。それに関わる政策は、政府、企

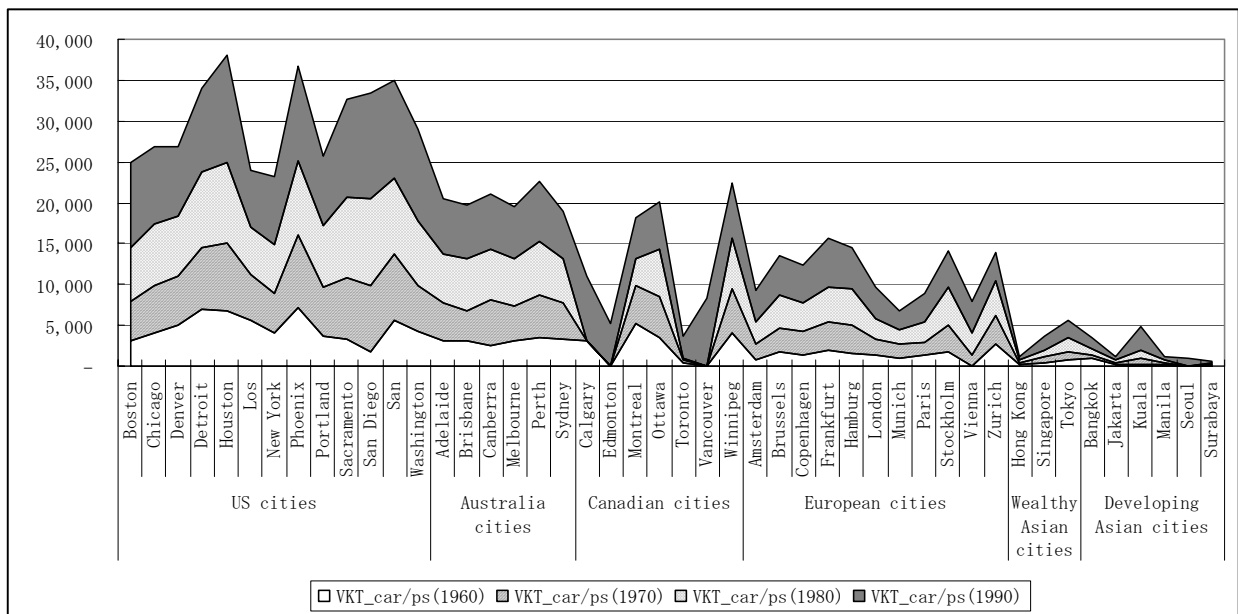


図2 自動車利用の経年的変化

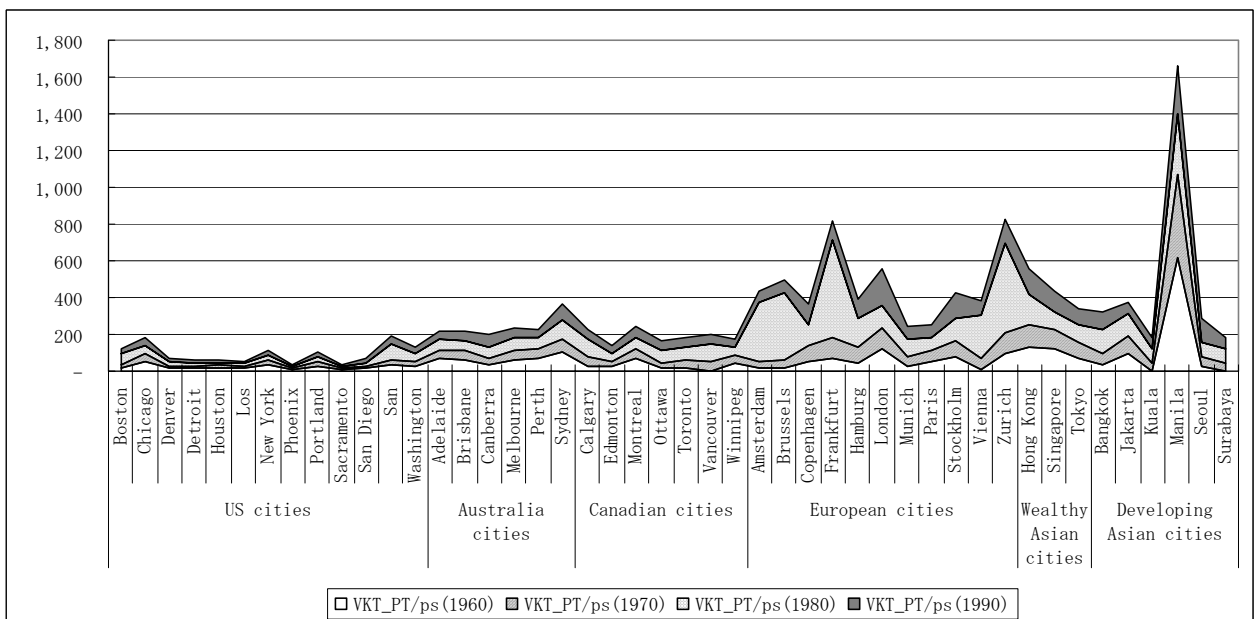


図3 公共交通機関利用の経年的変化

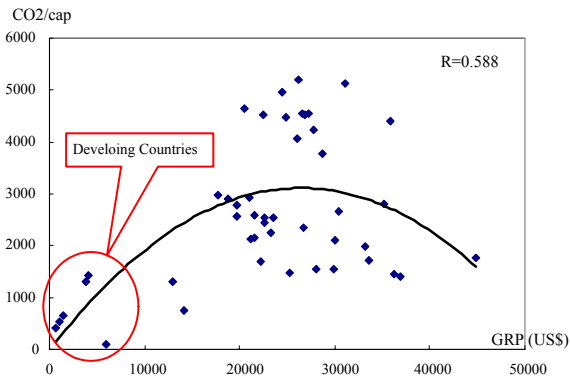


図4 GRPとCO₂との関係

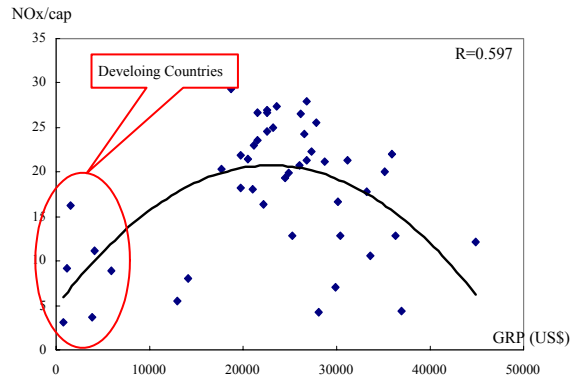


図5 GRPとNOxとの関係

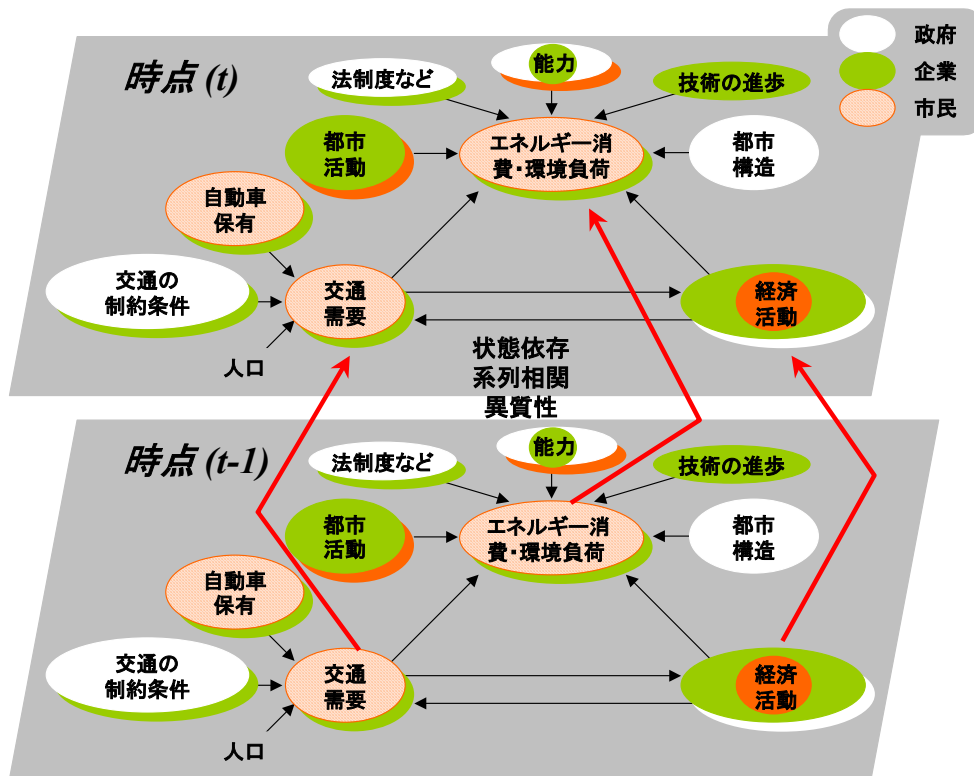


図6 都市の持続可能性を考慮したダイナミックモデルの概念的な構造

業や市民などのアクターの違いや、都市の発展段階に応じて講じる必要がある。こういう視点から、本研究では、図6に示すようなダイナミック評価モデルの構築を試みる。提案モデルの特徴を以下のように挙げる事ができる。

まず、都市の持続可能性に寄与する政策における政府、企業や市民などの異なるアクターのそれぞれの役割をモデルの中で明確に表現する。

次に、モデルは交通、土地利用と環境との因果関係を表現しているが、その影響要因として、自動車保有状況、交通ネットワークと都市構造だけではなく、技術の進歩、制度や異なるアクターの環境適応能力のような要因も考慮に入れる。

また、土地利用と環境との因果関係については、時間的に変化すると考えられる。これを表現するために、モデルの中で、「状態依存」、「系列相関」及び「異質性」という概念を導入する。「状態依存」は観測された過去の現象が現在に与える影響を、「系列相関」はモデルの各要素に関わる誤差項の間の時系列相関を、「異質性」は途上国と先進国の各都市が示すであろう、異なる因果構造をそれぞれ表現する。

図6に示すモデルの構造を具体化するために、土地利用、交通と環境との相互作用を考慮した統合モデルの開発が望ましい。しかし、このような統合モデルの開発に必要なデータは、途上国におい

て、収集することが困難だけではなく、信頼性の問題もある。このようなことを考えて、途上国の今後の持続可能な都市開発を促す政策立案を支援するために、既存の利用可能なデータを用いて、前述の要素間の相互作用を考慮した簡略な評価モ

デルの構築が現実的である。このような視点から、ここでは、第2章のデータを用いて、共分散構造分析手法を用いて、図7に示すダイナミック評価モデルのプロトタイプを構築してみた。モデルの推定結果を以下のように考察する。

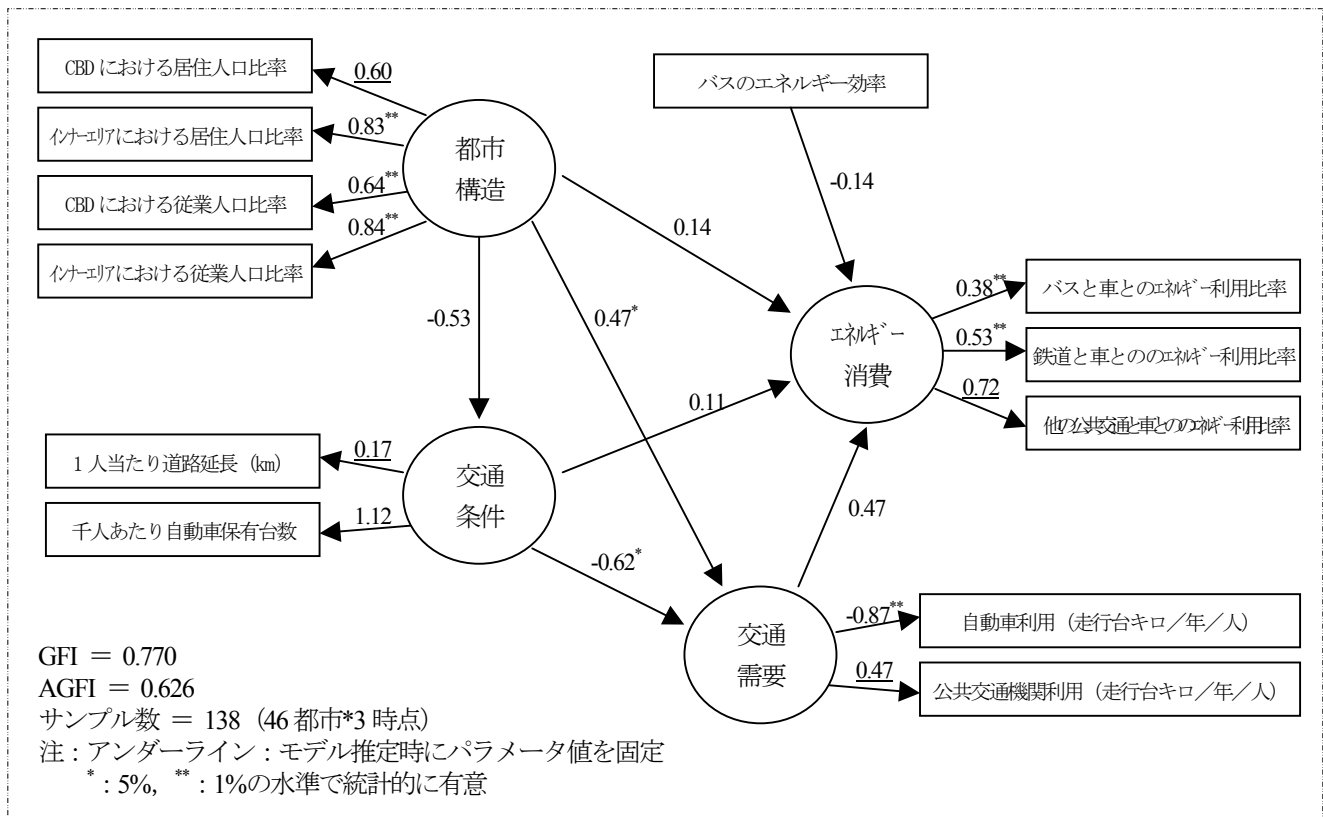


図7 プールデータを用いた評価モデルのプロトタイプに関する推定結果

ここでは、提案モデルの構造の妥当性を検証するために、1970、1980と1990年のデータをプールしたデータを用いて、提案モデルのプロトタイプを推定した。なお、1960年のデータについては、欠損データが多く存在するため、今回の推定では利用しなかった。

モデルの精度を表すGFI指標、AGFI指標をみると、良好な推定精度を得ていることが分かる。「交通条件」以外の潜在変数が影響する各外生観測変数のパラメータのほとんどは統計的に有意な値を得た。潜在変数間の因果関係については、「都市構造」と「交通条件」が「交通需要」に与える影響は統計的に有意となった。ほとんどのパラメータは論理的に妥当な符号を得ている。これらのことから、モデル全体の因果構造の妥当性を確認することができる。

しかし、特に「エネルギー消費」に関わる因果関係のパラメータの推定値は有意ではなかった。

今後、図4と図5に示すような非線形関係を考慮したモデル構造の改良が求められる。

5. 結論と今後の研究課題

本研究では、途上国でのデータの利用可能性を考慮した、都市の持続可能性に関する評価モデルの基本的な構造を提案した。実証データにより、モデル構造の妥当性を確認したものの、潜在変数間の非線形関係、欠損データの補完やダイナミックモデルの推定などの研究課題が残されている。

参考文献

- 1) Newman, P.W.G. (1999) Sustainability and cities: Extending the metabolism model, *Landscape and Urban Planning*, 44, 219-226.
- 2) UN World Commission on Environment and Development (1987) *Our Common Future*, Oxford University Press, London.