

## ベトナム中部を対象とした土地利用変化のモデル分析 Model Analysis of Land use Change in Central Vietnam

○松本雄樹\*\* 守田秀則\*

○Yuki MATSUMOTO\*\* and Hidenori MORITA\*

### 1. はじめに

現在、環境の変化に起因する様々な諸問題が発生している。大きな環境変化の一つに土地利用の変化がある。そこで変化を望ましい方向にコントロールする必要がある。そのためには、土地利用変化のメカニズムの解明や、対策の有無によってその土地が将来どう変化するのかシミュレーションする必要がある。これらの問題解決の一步として数学的にモデル化することが有効である。土地利用変化のモデル化に関する研究は多くある。しかし、土地利用の変化は政策、土地法律、社会条件や自然条件、さらに国や地域によって異なる影響を受ける。そのため研究事例を増やすことには重要な意義がある。そこで本研究ではベトナム中部のフエ省を事例として分析を行った。

### 2. 研究方法

メカニズムの解明とシミュレーションを行えるモデルとしては土地利用種を従属変数、地形情報などを説明変数とする回帰モデルが適している。そこで、本研究では次式の多項ロジットモデルを用いて分析を行った。

$$P_{ik(t+\Delta t)} = \frac{\exp V_{ik}}{1 + \sum_{i=1}^{N-1} \exp V_{ik}} \quad V_{ik} = \sum_j \beta_{ij} * X_{jk(t)} + C_i$$

ここで  $P_{ik(t+\Delta t)}$ :  $t+\Delta t$  時点での地点  $k$  の土地利用種が  $i$  である確率  $\beta_{ij}$ : 説明変数  $j$  番目と土地利用種  $i$

を関係づける回帰係数  $X_{jk(t)}$ :  $t$  時点での地点  $k$  の  $j$  番目の説明変数  $C_i$ : 土地利用種  $i$  の切片  $N$ : 土地利用の 카테고리数とする。この回帰係数  $\beta_{ij}$  を求めることで変化の要因の考察を行う。また、 $P_{ik(t+\Delta t)}$  を求めることで変化のシミュレーションを行うことが出来る。

本研究では、ベトナムのフエ省を三つの地域に分けて分析を行った。一つ目は現地調査を行った Thanh Trung 村とした。また、土地利用の変化が環境に及ぼす影響を把握するには流域単位での分析が重要なため、二つ目の地域は Thanh Trung 村を含む流域とした。最後に、ベトナムでは海面の上昇などにより陸地への海水流入が問題になっているため、フエ省の海岸線から 500m 以内の地域を対象にした。

従属変数に使用する土地利用データは現地で入手した 2005 年と 2010 年の土地利用計画図および Landsat/TM 画像より教師付き分類から得た。説明変数には現地調査により得た、農地等級、農地の区画面積などをはじめ標高や傾斜、道路からの距離、NDVI、土地利用の混在度、海岸線からの距離などを使用した。標高には SRTM を用いたが欠損値、異常値があったためそれらを補正して

\*岡山大学環境理工学部 Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama UNIV

\*\*岡山大学大学院環境生命科学研究所 Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama UNIV

キーワード 土地利用変化 多項ロジットモデル リモートセンシング

使用した。傾斜は標高を基に算出した。道路や海岸線からの距離は地形図を基に算出した。

### 3. 結果と考察

Thanh Trung 村を事例とした回帰結果を表 1 に示す。従属変数には現地でのアンケート調査より得た 2000 年から 2012 年までの土地利用変化の有無を用いた。説明変数には地形情報と併せてアンケートにより得た農地等級、農地の区画面積、自宅から農地までの距離を用いた。適合度指標の Mcfadden R<sup>2</sup> は 0.53 となった。Mcfadden R<sup>2</sup> は 0.2~0.4 程度で良好な適合度とされているため、適合度は優良であると言える。この結果から、標高が高く、道路からの農地までの距離が近い地域などで土地利用が変化しやすいことが示された。この回帰モデルにより、土地利用の変化確率を予測したものが、図 1 である。

次に Thanh Trung 村を含む流域での分析の結果を表 2 に示す。この表は結果の一部を記載してある。流域は ArcGIS を用いて標高から算出した。従属変数には変化後の土地利用

種（類型は表 2 に表示）を使用し、説明変数には地形情報と期首の土地利用を用いて分析を行った。このことから、説明変数が期末の土地利用に対して与える影響を個々に把握することができた。また、このモデルの Mcfadden R<sup>2</sup> は 0.43 となり、良好な適合度を示した。

最後にベトナム中部の沿岸地域の湛水・干陸の変化についての分析を行った。従属変数は、陸地から水域へ変化、水域から陸地へ変化、および変化無し（三類型）とし、説明変数には標高、NDVI、海岸線からの距離、土地利用の混在度を使用した。回帰結果から、標高が低く、海岸線からの距離が近い地域を中心に変化していることが示された（表 3）。Mcfadden R<sup>2</sup> は 0.22 となり、まずまずの精度を示した。

### 4. まとめ

本研究ではベトナム中部の土地利用変化における自然条件による影響を Mcfadden R<sup>2</sup> が 0.2 以上と、良好な精度で推定することが出来た。しかし、自然条件のほんのわずかしが使用していない。加えて、土地法などの社会条件の影響をモデルに組み込めていない。本来、土地利用の変化は社会条件も大きく影響しているため今後は、説明変数に使用するデータを増やし、自然条件と社会条件の双方からの分析を目指す。

表 1 Thanh Trung 村での回帰結果  
Table 1 Regression Result of logit model on Thanh Trung Village

変化の要因	回帰係数	p 値
土地利用の混在度	4.56	0.09
農地等級	1.70	0.16
標高(m)	0.88	0.38
傾斜(°)	2.49	0.57
道路からの距離(m)	-0.40	0.57

Mcfadden R<sup>2</sup>=0.53  
N=37

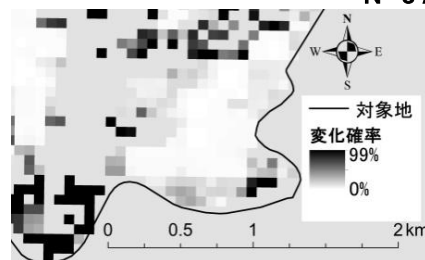


図 1 土地利用の変化確率  
Figure 1 Simulation of land use change

表 2 流域での回帰結果  
Table 2 Regression Result of logit model on river basin of Thanh Trung village

変化の要因	変化後の土地利用	回帰係数	p 値
NDVI 1996年	農地	-2.96	0.00
	森林	5.62	0.00
	宅地	-0.97	0.01
	墓地	-1.93	0.00
標高 (m)	水域	-5.42	0.00
	森林	0.002	0.05
	宅地	-0.005	0.00
	墓地	-0.034	0.00
1996年 に宅地	水域	-0.004	0.00
	森林	14.66	0.00
	墓地	0.76	0.00

Mcfadden R<sup>2</sup>=0.43 N=10000

表 3 沿岸地域での回帰結果  
Table 3 Regression Result of logit model on the coastal areas of Hue

変化の要因	変化後の土地利用	回帰係数	p 値
標高(m)	陸地	-0.02	0.00
	水域	-0.04	0.00
NDVI 1989年	陸地	-4.57	0.00
	水域	-3.75	0.00
土地利用 の混在度	陸地	1.34	0.00
	水域	1.07	0.00
海岸線から の距離(m)	陸地	-0.007	0.00
	水域	-0.010	0.00

Mcfadden R<sup>2</sup>=0.22  
N=95478