

アジア地域における土地利用変化の時空間構造

Temporal and Spatial Structure of Land Use Change in Asia

一ノ瀬 俊明^{※1}

大坪 国順^{※2}

古屋 昇^{※3}

Toshiaki ICHINOSE^{※4} Kuninori OTSUBO^{※5} Noboru FURUYA^{※6}

ABSTRACT: On Asian countries facing a recent drastic change, the characteristics of land use change since 1970s was discussed on the basis of inter annual survey on land use data. Description of statistical relationships between land use and several kinds of factor in the field of sociology, economy and nature was attempted. In south Asia, the ratio of agricultural land use increased in proportion to a growth of population density, while in Taiwan and Korea, its ratio was decreasing in regions with high population density. There seemed to be a difference of economical developing stage and structure of food supply between these two groups of country.

KEYWORDS: Land Use, Population Density, Asia, System Dynamics

1. はじめに

今日アジア地域は急速な発展を遂げており、農林業や工業の展開、都市化等の人間活動による土地利用の改変も著しいものと思われる。また土地利用の改変は様々な形で地球環境に直接的な影響を及ぼすものである。よって土地利用変化のプロセスを解明し、その将来を予測する上ではアジア地域は適切な研究フィールドと考えられる。本研究では近年変化の著しいアジア諸国について、土地利用等に関する経年的なデータの解析を行い、1970年代から1990年代にかけてのアジア諸国における土地利用変化の特徴について考察した。

今日、土地利用変化のメカニズムについてはその解明は十分ではないが、土地利用と社会・経済・自然等の各種因子との関係を見出し、その変化をドライビングフォースとしての各種因子で説明する手法が有効であると思われる。また将来における土地利用変化を予測する上では、このメカニズムをシステムダイナミクスの形で表現することが望ましい。よって本研究では、土地利用を被説明変数、社会・経済・自然等の各種因子を説明変数にとり、両者の統計学的な関係の記述を試みた。

2. 研究手法

ここでは、アジア地域の20ヶ国（インド、インドネシア、カンボジア、ラオス、マレーシア、ブルネイ、スリランカ、バングラデシュ、ネパール、ブータン、タイ、韓国、台湾、中国、日本、パキスタン、ミャンマー、フィリピン、ベトナム、モンゴル）を対象とする。データはその出典とともに、パシフィックコンサルタンツ株式会社によってデータブックにまとめられている。なお、ここではデータが比較的豊富な地域に限定して解析結果を示した。

解析項目としては、対象20ヶ国における1970年、1980年、1990年の3時点（もしくはそれらの前後）について、

^{※1} 国立環境研究所地球環境研究センター

^{※2} 国立環境研究所水圏環境部

^{※3} 東京理科大学経営学部経営学科

^{※4} Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

^{※5} Water and Soil Environment Division, National Institute for Environmental Studies

^{※6} Science University of Tokyo

説明変数として人口密度を、被説明変数として土地利用比率（対象地域の陸地面積全体に占める当該土地利用種面積の割合）を用いた。土地利用種としては農地（水田、畑地、果樹園の和）、水田、畑地、森林・林地、牧畜地、宅地（住宅地、その他建物用地など）がある。データの空間的な解析単位は、国内における多様性を考慮して州級行政単位とした。説明変数としては様々な社会・経済・自然因子が考えられるが、人口密度のデータのみが対象国に属する多くの州級行政単位において得られていたため、ここでは人口密度のみを説明変数として用いた。

以上により、上記の対象地域について以下の2つの作業を行った。

- 1) 10年毎（1970年、1980年、1990年）に国を単位とし、人口密度と土地利用比率の関係について州級行政単位毎のデータを散布図化し、その関係が時間とともに変化する様子を調べる。本研究に示す散布図では、他の州級行政単位の値から大きく外れる値を示すデータを除外している。
- 2) 人口密度により各州級行政単位をいくつかのグループに分類し、グループ毎に地点毎の経年変化（1970年→1980年→1990年）を調べる。

3. 州級行政単位毎の人口密度と土地利用比率との関係

3.1 森林・林地の変化

(1) 台湾

1970年には、人口密度の上昇に対して林地率は緩やかに上昇しており、平均的には10%内外の地域が多い（図-1）。しかし、1980年から300人/km²付近をピークとする上に凸の関係が顕著になってくる。図-2に約20年間の両者の動きを地域毎に示す。図中▲、◆、■はそれぞれ1970年、1980年、1990年の値を示す。1970年における200人/km²未満の地域においてはその後の人口密度の増加がほとんど見られないのに対し、林地率には5%程度の増加が見られる。また、林地率の伸びは1980年までが大きい。一方200人/km²以上の地域においては、人口密度の大きな伸びに対して林地率は横這いとなる。この期間、台湾全体では林地率は11.4%から16.3%へと増加している。

(2) フィリピン

フィリピンにおける森林率はかなり高く、ほとんどの地域が40%から60%の間に位置する（図-3）。1～2点の例外を除き、1980年から1990年にかけては人口密度の増大に伴って森林率が緩やかに減少し、200人/km²当たりから再び上昇するという関係は変わっていない。また、すべての地域で人口密度が増大しているのに対し、森林率の変化は例外の2地域を除いてほぼ横這いないしは緩やかな減少である。この期間、フィリピン全体では森林率は55.6%から52.9%へと減少している。

3.2 農地の変化

(1) インド

1970年から1980年にかけては、インドにおける人口密度と農地率との関係にはあまり大きな変化は見られない（図-4）。人口密度の高い州では農地率も高い、という関係が続いている。また、この期間インド全体では農地率は50.0%から53.2%へと増加している。主な州について10年間の1点1点の動き（図-5）を追ってみると、人口密度の増加に対応して農地率も増加するという関係が見られ、人口を養うために農地が必要となる構造が伺える。この背景としては、人口密度の大小に関わらず地域間の経済的格差は小さく、どの州においても基本的に食糧は自給に近い状態にあることが考えられる。しかし、300人/km²あたりから人口密度に対する農地率の伸びが緩やかになっており、食糧供給をめぐる上述の構造に変化が生じていることも考えられる。

なお、農地率の値が100%を越えているのは統計データの誤りと思われる。

(2) 台湾

台湾においては、1970年から1980年にかけて人口密度と農地率との関係に大きな変化が見られる（図-6）。1970年にはインドと同様人口密度の高い地域において農地率が高い。しかし1980年においては、600人/km²あたりを境にして農地率は減少に転じている。1990年においてもこの傾向が持続するが、とりわけ人口密度の高い地域における人口密度の伸びはめざましい。農地を水田と畑地に分け、それぞれの挙動を見ると、こうした農地の変化に

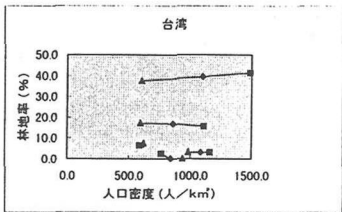
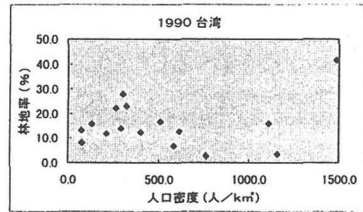
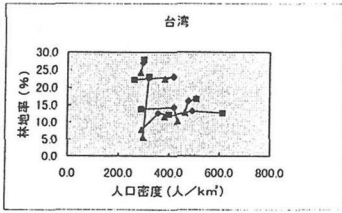
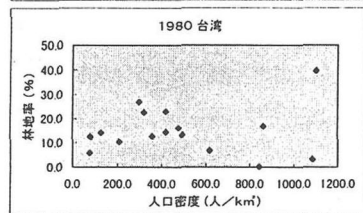
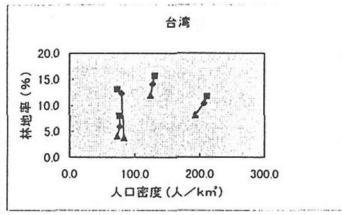
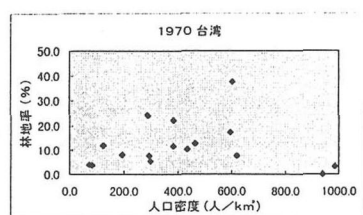


図-1 台湾における人口密度と林地率の関係

図-2 台湾における林地率の経年変化

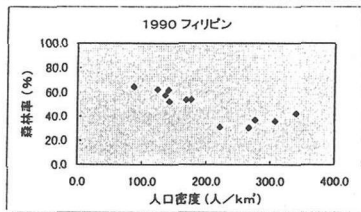
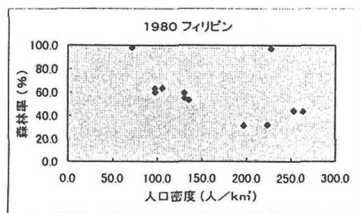


図-3 フィリピンにおける人口密度と森林率の関係

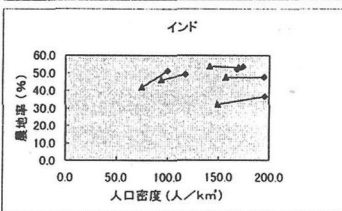
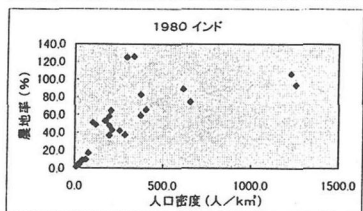
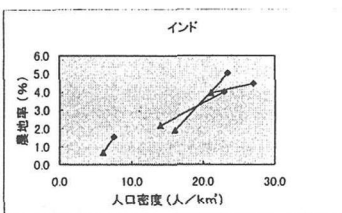
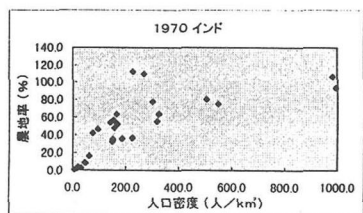


図-4 インドにおける人口密度と農地率の関係

図-5 インドにおける農地率の経年変化

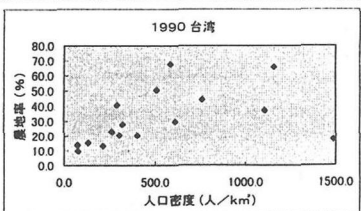
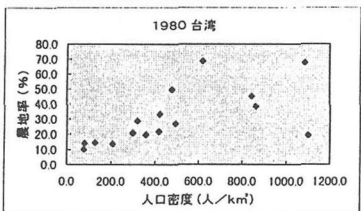
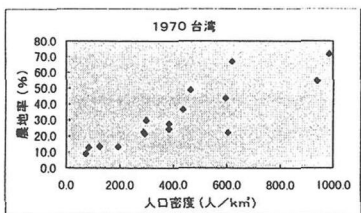


図-6 台湾における人口密度と農地率の関係

対しては水田の変化が支配的であり、畑地にはほとんど変化が見られなかった。主な地域について20年間の1点1点の動き（図-7）を追ってみると、人口密度の低い地域においては農地率はわずかながら増大しているが、人口密度が中位の地域においては農地率の伸びは緩やかであり、1970年時点で既に500人/km²を越えていた地域においては農地率は減少している。この期間台湾全体では、農地率は25.2%から25.0%へとわずかに減少しているのみであり、低人口密度地域における農地の増大と、高人口密度地域における農地の減少とが相殺した結果と考えられる。またこの20年間で、インドに見られたような「人口を養うために農地が必要となる」という農業依存型の社会構造が崩れ、人口密度が高く比較的豊かな地域において食糧自給型のステージから工業などで地域を支えるステージへの産業構造の転換（take off）を経験したものと考えられる。こうしたtake offの有無が、産業構造を通じて人口密度と農地率との関係を変化させている。言い換えれば、土地利用変化のドライビングフォースが社会・経済因子に規定されている典型例である。

(3) 手法上の問題点

このほかインドに類似の傾向を示す国としてはバングラデシュ、ラオス、マレーシアがある。ここで可耕作地の面積がどこもほぼ同じであれば、人口密度と農地率の関係はすなわち、人口と農地面積の関数にほぼ一致し、意味をなす。さらに単位農地面積当たりの収穫量がどこも同じであれば、人口密度の増加は農地率の増加を必要とするかどうか、という視点での比較が有効であろう。しかし実際は可耕作地の面積にばらつきがあり、同水準の人口密度を示す地域同士で農地率を比較し、その意味の相違を論じるのは困難であろう。

3.3 牧畜地の変化

(1) インド

1970年から1980年にかけては、インドにおける人口密度と牧畜地率との関係にはあまり大きな変化は見られない（図-8）。多くの州で牧畜地率は10%未満である。人口密度に比例して牧畜地率は減少し、200～300人/km²以上ではほぼ0%となる。また、この期間インド全体では牧畜地率は4.0%から3.7%へと減少している。主な州について10年間の1点1点の動きを追ってみると、人口密度の増加に対応して牧畜地率が減少した州が多く、農地への転用が考えられる。

4. 人口密度は土地利用変化のドライビングフォース足りうるか

4.1 はじめに

土地利用変化のモデル研究の中には、人口密度等に代表される各種社会・経済因子を土地利用変化のドライビングフォースの候補として位置付け、社会・経済因子と各種土地利用比率との相関関係をもってドライビングフォースであることの検証を行っているものがある²⁾。しかし、発展著しいアジアにおいては両者の関係に時間的安定性が担保されておらず、この方法が必ずしも適切であるとは言い難い。よって、人口密度が土地利用変化のドライビングフォースであることを検証するためには、ある時点における人口密度とその後10年間の土地利用変化との相関関係を調べる必要がある。一方、土地利用比率自身が社会・経済因子の変化によつてのドライビングフォースである可能性もあり、その場合はシステムダイナミクスモデルの形で両者の関係を記述し、両者の将来予測を同時に行うことが可能であると思われる。ここで、1970年における人口密度を $X(70)$ 、土地利用比率を $Y(70)$ とした場合、

$$Y(80)=Y(70)+f[X(70)]\Delta t \quad (\Delta t \text{は10年}) \dots\dots (1)$$

において、 $f[X(70)]\Delta t$ が $X(70)$ の1次関数として記述され、相関係数が高ければ $X(70)$ と $Y(70)$ より $Y(80)$ を予測することが可能である。また、同様にして $X(80)$ の予測が $Y(70)$ と $X(70)$ より可能ならば、これと $Y(80)$ より $Y(90)$ を予測することが可能である。本研究においては以上の考え方にもとづき、国別・土地利用種別に人口密度が土地利用変化のドライビングフォースであることの検証を試みた。

4.2 インド

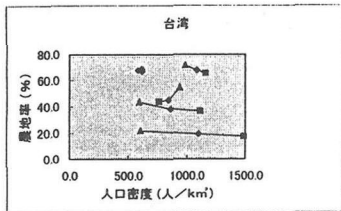
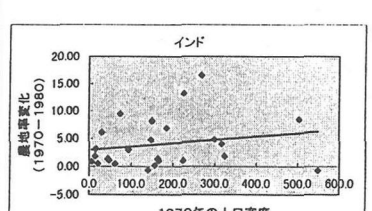
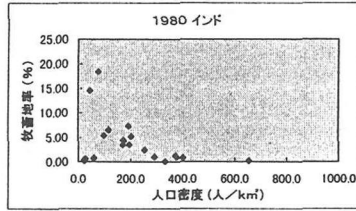
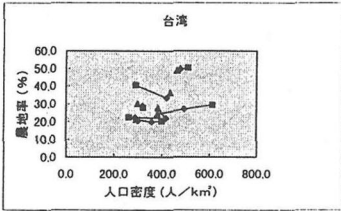
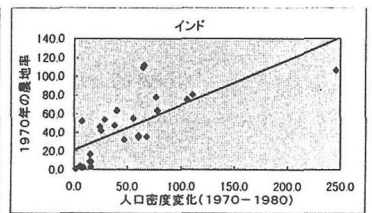
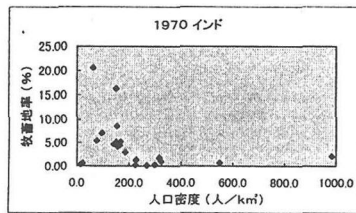
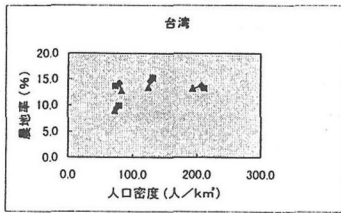


図-7 台湾における農地率の経年変化

図-8 インドにおける人口密度と牧畜地率の関係

図-9 ドライビングフォースの検証 (インドにおける人口密度と農地率)

1970年における農地率とその後10年間の人口密度変化には正の相関が見られる(図-9)。つまり、農地率が高いということが人口の増加につながる。一方、1970年の人口密度とその後10年間の農地率変化との関係は明瞭ではないが、弱い正の相関が見られ、全国的に農地率は拡大している。以上から、インドにおいては人口密度と農地率は食糧需給を介してお互いのドライビングフォースとなっていることが考えられる。

4.3 フィリピン

1980年における森林率とその後10年間の人口密度変化には弱い負の相関が見られる(図-10)。つまり、森林率の低い地域で人口が増える傾向にある。一方、1980年の人口密度とその後10年間の森林率変化との関係によれば、人口密度の大小に係わらず森林率の変化は極めて小さい。

4.4 台湾

人口密度とその後10年間の林地率変化・農地率変化には負の相関が見られる(図-11及び図-12)。つまり、低い人口密度はこれらに対して正の、高い人口密度は負のドライビングフォースとなりうる。この関係を明らかにするため、高人口密度の地域を除外してみると、1970年時点で200人/km²以下の人口密度は農地率を増大させるドライビングフォースであり、300人/km²以上は減少させるドライビングフォースであることがわかる。

5. 結論

人口密度と農地率との関係によれば、インドをはじめとする南アジアにおいては農地率は人口密度にほぼ比例して上昇しており、1970年以降その関係にはあまり変化が見られない。一方台湾及び韓国では、1970年時点でインドに類似の関係が見られるものの、時間の経過とともに人口密度の高い地域における農地率が低下し、プロットが垂れてくる。これら2つの地域の間では経済的発展のステージが異なり、増加する人口を養うためその増加に対応して農地を増やす国と、食糧生産を他の地域に依存し、農地を減らして農業以外の産業にシフトする国とい

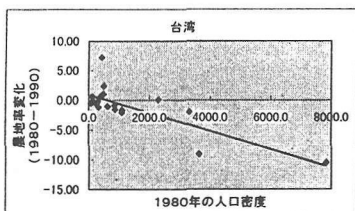
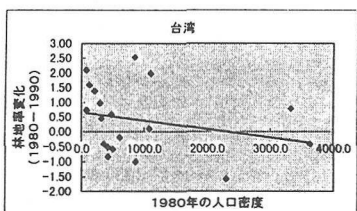
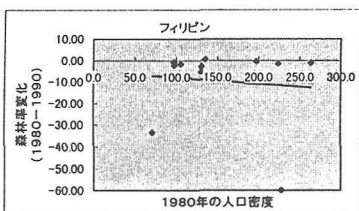
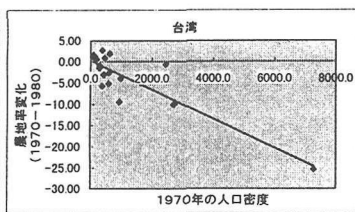
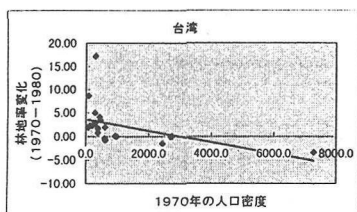
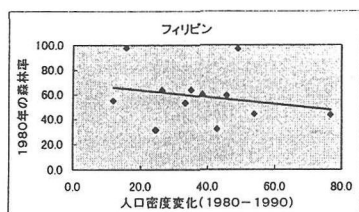


図-10 ドライビングフォースの検証 (フィリピンにおける人口密度と森林率)

図-11 ドライビングフォースの検証 (台湾における人口密度と林地率)

図-12 ドライビングフォースの検証 (台湾における人口密度と農地率)

う相違があるように思われる。

また人為的な土地利用変化としては、森林→牧畜地・農地→宅地、という図式が一般に考えられているものの、今回の解析からはそのような傾向は明瞭には見られなかった。人口密度の増大(都市化)が農地を食いつぶすというシナリオは、アジアではまだ一部の地域に限られた話であり、増え続ける人口を養うために農地を増やさなければならない状況におかれた地域が多いものと考えられる。しかしながら、地球環境にとって望ましい土地利用や地球環境と調和した地域の発展を考えた場合、すべてのアジア諸国が台湾や韓国が、あるいは日本がたどってきたシナリオを後追いするのは必ずしも得策ではなく、各国の、あるいは各地域に特有の自然的・人文社会的背景を生かした発展の道を模索することが重要であると思われる。よって土地利用変化のダイナミクスを解明し、将来の土地利用変化を予測することは、アジア諸国を望ましい発展に導くためにも必要不可欠である。

謝辞：データの収集・解析に当たっては、パシフィックコンサルタンツ株式会社の荻原朗氏及び東京理科大学学生の岡安努君のご協力をいただいた。本研究を行うに当たり、平成8年度環境庁地球環境研究総合推進費「地球環境保全に関する土地利用・被覆変化研究(LU/GEC)」(代表・大坪国順)を利用させて頂いた。

文献

- 1) パシフィックコンサルタンツ株式会社：アジア地域の土地利用・被覆データ等の収集・データセットの構築。平成7年度国立環境研究所委託業務結果報告書, 1996.
- 2) 社団法人システム総合研究所：アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測。平成7年度国立環境研究所委託業務結果報告書, 1996.