



途上国における貧困削減と制度・市場・政策  
比較経済発展論の試み

Poverty Reduction, Institutions, Markets, and Policies  
in Developing Countries:  
Toward a Theory of Comparative Economic Development

---

**PRIMCED Discussion Paper Series, No. 19**

# **Spatial Patterns of Long-term Changes in South Asian Agriculture**

**Takashi Kurosaki and Kazuya Wada**

**January 2012**



HITOTSUBASHI UNIVERSITY

Research Project **PRIMCED**  
Institute of Economic Research  
Hitotsubashi University  
2-1 Naka, Kunitatchi Tokyo, 186-8601 Japan  
<http://www.ier.hit-u.ac.jp/primced/e-index.html>

## 南アジア農業の長期変動とその空間的特徴\*

2012年2月

黒崎 卓（一橋大学経済研究所）<sup>†</sup>

和田一哉（東京大学/NIHU）<sup>‡</sup>

概要：本稿では、南アジア農業の長期変動を、マクロおよびセミマクロ（県：district）レベルでの空間的特徴に注目して検討する。具体的には、農地利用集約度、食糧穀類に占める米・小麦作付比率、総作付面積に占める非食糧穀類作付比率、および主要穀類・豆類の作付パターンに着目し、1965年から1994年の県レベルのインド農業について分析を行った。分析結果からは、米作付の内陸へのシフト、UP州東部の西UP型化、メイズ産地の分散化、雑穀減少トレンドから外れる地域（オリッサ内陸部のシコクビエなど）の存在、ヒヨコマメ産地の南下など、既存研究に見られない空間的变化が明らかになった。また作付パターンの初期条件と降水量、農地利用集約度、農地灌漑率を用いて各県を似通ったグループに分類する作業を行った結果は、既存の地域区分と大きく異なる区分が得られた。この新たな区分の方が、州境や既存の農業地域区分よりも、作付パターン変化の県間差異に関する説明力が高い面がある。

---

\* データ提供いただいたICRISAT（とりわけDr. M.C.S. Bantilan）、および示唆に富むコメントをいただいた2010年7月「インド経済・環境研究会」（「現代インド地域研究」東京大学拠点主催、於・京都大学）の参加者に謝意を表したい。

<sup>†</sup> くろさきたかし（一橋大学経済研究所）Phone: 81-42-580-8363, Fax: 81-42-580-8333, e-mail: kurosaki@ier.hit-u.ac.jp, <http://www.ier.hit-u.ac.jp/~kurosaki/>

<sup>‡</sup> わだかずや（東京大学大学院人文社会系研究科/NIHU）Phone:81-3-5841-8944, Fax: 81-3-5841-8944, e-mail: kwada@l.u-tokyo.ac.jp

## はじめに

ミレニアム開発目標のターゲット 2 として「2015 年までに飢餓に苦しむ人口の割合を半減させる」が挙げられているとおり、低栄養状態の改善は途上国の開発を考える上で重要な課題である。2010 年のミレニアム開発報告によると、東南アジアや東アジアではすでに目標値が達成される一方、サブサハラ・アフリカや南アジアでは 2015 年までの目標達成は困難な状況にある。たとえば、開発途上地域では今なお新生児の四分の一は 2500 グラム未満の低体重状態で生まれている。南アジアでは低体重の 5 歳未満児が 2008 年時点においても半数近い 46% に達し、また発展途上地域における 5 歳未満児の死亡の三分の一が低栄養に起因するなど、きわめて状況は深刻である。他方、先行研究の多くが、農業部門は貧困削減や経済発展に対して直接的あるいは間接的にプラスの影響をもたらすことを明らかにしている<sup>1</sup>。すなわち低栄養の改善などの持続的な人間開発・貧困削減を考える上で、食糧供給を左右する農業部門は直接・間接の影響を通じ、今なお決定的に重要なセクターであると考えられる。

開発途上国、特に本稿で注目するインドにおける食糧生産の進展に関しては、従来、1960 年代後半に始まるいわゆる「緑の革命」が大きく寄与したことが指摘されてきた。この技術革新によって農業の土地生産性が著しく上昇したことは、さまざまな既存研究で検討が行われている<sup>2</sup>。しかし近年、南アジアでは「緑の革命」以前の 1950 年前後から農業の持続的成長が始まっていたことが明らかとなってきた [黒崎 2000; 黒崎 2010]。また、成長の源泉は土地の単収増加以外にも存在し、作付構成の変化（作付シフト）の影響も無視し得ない点が指摘されている。さらに、土地の単収増加の効果には農家間あるいは地域間などの空間的作付シフトが含まれており、特に商品性が高い作物でその役割は大きく、そのような作物では一部の産地県への集中が進んでいることが示されている [黒崎 2000; Kurosaki 2003]。

作付シフトによって生産性が向上するプロセスは、農家の生産行動が、主体均衡論的行動すなわち自給のためのニーズなどをより強く反映したシャドー価格に基づく効用最大化から、市場価格に基づく期待利潤最大化行動に変化していくプロセスとして、ミクロ経済学的には理解可能である [黒崎 2000]。このミクロレベルの行動を集計したものがセミマクロ（県：district）やマクロの値となって現れる。この点に関し、黒崎（2000）では西パンジャーブ（現在のパキスタン・パンジャーブ州の主要部分）を対象に、農家レベルのデータと県レベルの時系列データを用い、農家レベルと県レベルの農業発展過程の関係について、農業生産の多様化という観点から検討を試みている。中でも本稿との関係からは、インドが独立する前後で農業生産の特化の進展が大きく異なっていた点を指摘したことが注

---

<sup>1</sup> Ahluwalia (1978)、Datt and Ravallion (1998)、Datt and Ravallion (2002)、Kijima and Lanjouw (2005)、Lanjouw and Murgai (2009) などを参照。

<sup>2</sup> Bhalla and Tyagi (1989) や Bhalla and Singh (2001)、Hayami and Godo (2005)、Bhalla and Singh (2009) などを参照。

目される。すなわち、近隣の町村を市場圏とした取引が活発化する局面と、それに続いて広域市場圏が発達する局面へと進展していったことが明らかとされた点である。

ただし黒崎（2000）や Kurosaki（2003）は西パンジャブのみを対象としたものであり、インド全域において農業生産の多様化がいかなる空間的進展を遂げたかに関して、十分に明らかにされたわけではない。インド全域を対象に農業の進展について調べたものとして Bhalla and Singh（2001）がある。そこでは州レベル、県レベルでの詳細な検討がなされているものの、用いられているデータが 1960 年代前半から 1990 年代半ばにかけての 4 時点のみに限定されている点など、残された検討の余地は大きい。

以上のような背景から、本稿ではインドの県レベルで得られる農作物別の作付面積やインフラ等の時系列データを用い、先行研究で十分に明らかにされて来なかった南アジア農業の長期変動をマクロおよびセミマクロレベルでの空間的特徴に注目して検討を行う。「緑の革命」の進展が一部の地域に限定されていた初期には不平等度が拡大した [Bhalla and Singh 2001] ことなどからも、開発を考える上で重要な示唆が本稿の分析から得られることが期待される<sup>3</sup>。

本稿の構成は以下の通りである。次節では本稿で用いるデータの概要について、先行研究によるデータと併せて把握する。第二節ではインド農業の進展について、地理情報システム（GIS）を用いて県レベルでの土地利用の変化を描写し、第三節で空間的変化のパターンを集約する上で既存のものと異なる地域区分について考える。そして第四節で空間的変化のパターンを特徴づける初期要因を検討し、最後に本稿の結論を述べる。

## 1. データ

### 1.1 利用するデータ

本稿で用いるデータベースは、国際半乾燥熱帯農業作物研究所（以下 ICRISAT）が集計・整理した ICRISAT-DLS I（ICRISAT 1998）をベースに、その元資料となっている政府統計 *Agricultural Statistics of India* 全国版および各州版を補助的に使用してクリーニングし、信頼度の落ちる県、微小県を省いたものである（以下 DLS）。対象地域となるのは、Map 1.1 に示すインドの主要 13 州 255 県<sup>4</sup>の完備パネルデータで、ICRISAT の Agro-climatic Zone（以下 ACZ）という地域区分では Map 1.2 に示された 8 農業地域に相当する。分析対象期間は、農業年度 1965/66～1994/95 の 30 年間である<sup>5</sup>。本稿で分析に利用する変数は以下の通りである。

生産要素に関連する変数は、総作付面積（gross cultivated area: gca）、純作付面積（net

<sup>3</sup> インドの県レベルデータを用いて近年の貧困や不平等の空間的パターンを調べたものとしては、Sastry（2003）や Chaudhuri and Gupta（2009）などがある。

<sup>4</sup> 1966 年の県境を用いてデータを作成している。

<sup>5</sup> インドの農業年度は 7 月 1 日から翌年の 6 月 30 日である。

cultivated area: nca)、灌漑面積比率、化学肥料投入量（窒素系、リン系、カリウム系の総計）、公設農産物市場数、道路長、降雨量などである。さらに、個別作物の作付面積として、米、小麦、メイズ、ソルガム（sorghum, jowar）、トウジンビエ（pearl millet, bajra）、シコクビエ（finger millet, ragi）、大麦、ヒヨコマメ（chickpea, gram）、キマメ（pigeon pea, toor/arhar）、その他豆類が含まれる。この個別作物の作付面積の合計は、作物総作付面積の6~7割をカバーする<sup>6</sup>。

## 1.2 南アジア農業の長期的変遷

まずこのDLSデータに見られるインド農業の長期的変遷を、南アジアというより大きな文脈の中でみていこう。図1~4は、黒崎（2010）で用いられている20世紀の100年間における農業統計と、本稿で用いるDLSを併せて作成している<sup>7</sup>。まず、総作付面積の長期変動を描いたのが図1である。DLSは1965/66年度でインド全体の総作付面積の9割をカバーしており、DLS対象期間を通じてインドの総作付面積とほぼ同じ変動パターンを示している。同様に図2は、総作付面積を純作付面積で除して定義した「農地利用集約度」の変動を図示したもので、黒崎（2010）系列から計算されたインドでの農地利用集約度とほとんど重なっている。図3は食糧穀類（foodgrains）<sup>8</sup>に占める米・小麦作付比率の変動を、図4は総作付面積に占める非食糧穀類作付比率の変動を描いたものである。前者は食糧生産において「緑の革命」作物2つへの特化が生じているかどうかを示す指標（以下、単に「米・小麦作付比率」と呼ぶ）、後者は農業全体での商品作物志向を示す指標（以下、単に「非食糧穀類作付比率」と呼ぶ）である。黒崎（2010）系列から計算されたインドでのこれら2つの指標は、豆類のカバー率が低いことに起因する誤差を含んでいるため、DLSから系列されたこれら2つの指標とは差が生じるものの、変動の仕方は同じ傾向を示している。

これら4つの図に示されているように、1965/66~1994/95年間は、マクロ的には作付拡大、農地利用集約度上昇、緑の革命2作物への集中進行、そして脱食糧穀類化が、インド、パキスタン、バングラデシュで進展していた時期であると考えられる。DLSデータ30年の時系列データを用いて図1~4が示すトレンドをOLS推定すると、その係数は有意に正となることも、このような傾向を示すものである（図2と図3についての推定結果は後述の表3のモデルAを参照）。しかし、こういった変動はインド全域で共通して起こっていたのだろうか、という疑問が生じる。そこで、総作付面積、農地利用集約度、米・小麦作付比率、非食糧穀類作付比率のDLS期間におけるトレンドを255県それぞれについて別途OLS推定し、その推定パラメータの分布をヒストグラムに示したのが図5である。指標ごとにばらつきが異なっており、インド全域では地域ごとに異なる変動経路を描くことが示唆される。

<sup>6</sup> 本稿の分析ではデータの制約上、主要作物である油糧種子（oilseed）が含まれていない点に注意を要する。

<sup>7</sup> 黒崎（2010）では、分離独立後に関してはパキスタン、インド、バングラデシュ各国政府による公式の農業統計を用いている。また植民地期に関しては、英領インド政府および各州政府発行の農業統計、Sivasubramonian（2000）による推計、独立インド政府による1936/37年度まで遡及推計したものを利用し、独自に推計したデータを用いている。

<sup>8</sup> インド亜大陸の食生活においては、穀物と並んで豆類が基本的な食糧と認識されており、両者を合わせてfoodgrainsと呼ぶ。その和訳として本稿では暫定的に「食糧穀類」を用いる。

このような傾向は Bhalla and Singh (2001) や Bhalla and Singh (2009) の州レベルのデータによる分析においても指摘されている。前者は 1962 年から 1995 年までを、後者ではこれを拡張し 2006 年までを対象とし、農業の長期的変動に関して検討したものである。「緑の革命」の初期にあたる 1960 年代は、灌漑整備が比較的進んでいたパンジャブ州を中心とするインド北西部地域においてのみその影響が確認されるなど、地域ごとに発展時期が異なっていたことが示されている。また 1970 年代から 1980 年代には「緑の革命」の影響は徐々に浸透しインド全域へと展開してゆくが、この時期における農業成長の源泉について、単収増加とともに農産物の多様化も重要な要因として指摘されている。

黒崎 (2000) や Kurosaki (2003) による 20 世紀の 100 年間を対象とした西パンジャブの県レベルデータの分析では、独立の前後で農産物の多様性に大きな変化があったことが示されている。またこのような変化は、インフラや市場の整備の影響を受けて生じたことも示唆されている。しかしこのような農業の長期的な変動がインド全域においていかなる空間的特徴を有していたかに関して、県レベルの時系列データを用いて検証した研究はきわめて少ない<sup>9</sup>。さらに先述のとおり、Bhalla and Singh (2001) では、「緑の革命」の進展が限定的であった初期には不平等度が拡大していたことが指摘されていることなどから、農業の進展に関してより詳細なレベルから検討を行うことにより、開発を考える上で重要な示唆が得られることが期待される。以上のように県レベルでのインド農業の長期的変動を空間的見地から探ることは、インドについては今後の途上国農村の市場の発達とその影響を考える上で、きわめて興味深い事例を提供してくれよう。

## 2. 地図上で見る県レベルの変化

本節では、1965/66 年から 1994/95 年を対象時期とする DLS を用い、農業がインド全域の県レベルでどのように変化したかに関して、GIS を用いて作成した図を利用し空間的特徴を把握する。いくつかの農業関連指標に関して、それぞれ初期値 (1965/66~1967/68 の 3 カ年平均、五分位数でプロット)、最終値 A (1992/93~1994/95 の 3 カ年平均、初期値の五分位数でプロット)、最終値 B (1992/93~1994/95 の 3 カ年平均、最終値の五分位数でプロット)、トレンド (1965/66~1994/95 年の 30 年の時系列データによって得られた OLS 推定値) を表す図を作成した。検討する農業関連指標は、農作物の作付面積をまず扱い、続いて農業における生産要素利用の集約度や利用パターンを示す諸指標を扱う。これらは農業生産に従事する農家にとって最も内生性の高い諸指標である。これを検討した後に、農家にとっては外生的な性格が強まる指標として、市場インフラと農業用水利用可能性に関する諸指標を扱う。ここで内生・外生という表現をしたのは、個別農家の生産活動に対しての解釈であり、県レベルのデータに現われるこれら諸指標の変化が農業全体としては内生変数であ

<sup>9</sup> 前節で述べたとおり、1960 年代前半から 1990 年代半ばまでの 4 時点のデータを用い、農作物の作付面積の推移に関して州レベルで分析を行った Bhalla and Singh (2001) や Bhalla and Singh (2009) などがある。また前者では、土地生産性、労働生産性の進展について同じく 4 時点の県レベルデータによって検討されている。

ることは言うまでもない。

## 2.1 作付面積

純作付面積の傾向を Map 2.1 に示す。調査時期を通じ、ラージャスターン州やグジャラート州、マハーラーシュトラ州、マディヤ・プラデーシュ州東部（現在のチャッティースガル州）、カルナータカ州で純作付面積が相対的に大きい。トレンドに目を向けると、パンジャブ地方<sup>10</sup>やウッタル・プラデーシュ州、マディヤ・プラデーシュ州、西ベンガル州などで純作付面積の顕著な増加傾向が見られる。一方で、低下傾向を示す県も各地に点在している。

農作物別の作付面積として、米、小麦、メイズ、ソルガム、トウジンビエ、シコクビエ、大麦、ヒヨコマメ、キマメ、その他豆類、の 10 作物について図に示す。米 (Map 2.2) はインド東部や南部の多雨地域において特に生産が活発で、この地域傾向は調査期間を通じてほぼ一貫している。総作付面積に対する割合も同様である。インド全体としても米作付面積は増加傾向を示し、内陸部にも米作が浸透していったことが分かる。一方、南部タミル・ナードゥ州や東部オリッサ州、西ベンガル州で低下を示す県が一部存在する点も注目に値しよう。

小麦 (Map 2.3) の生産はパンジャブ地方を中心に、早くから灌漑が行われるようになった北部地域から、ウッタル・プラデーシュ州とマディヤ・プラデーシュ州にまたがる広い地域で盛んである。初期には特にパンジャブ地方とウッタル・プラデーシュ州西部地域が小麦生産の中心で、その後も小麦生産を活発化させたことがわかる。また灌漑の整備に歩調を合わせるように、小麦生産はウッタル・プラデーシュ州東部やビハール州へも浸透していった。このように北部地域で作付面積が増加している県が多く存在する一方、マハーラーシュトラ州やアーンドラ・プラデーシュ州、カルナータカ州で減少傾向を示す県が多い。市場インフラの整備が浸透しつつあることを考え合わせると、これらのことは、この 30 年間で市場の広域化が進み、農業生産の特化が進みつつあることを示している可能性がある。

雑穀では、メイズ (Map 2.4) の初期の作付面積はラージャスターン州やマディヤ・プラデーシュ州、ウッタル・プラデーシュ州を中心に北部地域で多かったが、その後低下傾向を示し減少している。代わって内陸部、南部へと生産地域が移行していることがわかる。ソルガム (Map 2.5) は、初期には主にマハーラーシュトラ州以南の地域で生産が行われていたが、近年は多くの地域で作付面積の低下が見られる。トウジンビエ (Map 2.6) は、初期にはラージャスターン州を中心に北部や西部地域にて生産が盛んであったが、その後作付面積を減少させている。シコクビエ (Map 2.7) はタミル・ナードゥ州やカルナータカ州、アーンドラ・プラデーシュ州、オリッサ州などで作付けが多かったが、その後低下傾向にある。しかしこのような減少傾向の中でも、一部増加を示す県も存在する。大麦 (Map 2.8) はウッタル・プラデーシュ州など北部地域で生産されていたが、90 年代には大きく作付面積を低下させている。ヒヨコマメ (Map 2.9) は、パンジャブ地方やウッタル・プラデーシュ州での生産が主であったが、その後これらの地域では大幅に減少し、生産の場はマディ

---

<sup>10</sup> 以下、現在のインド・パンジャブ州とハリヤーナー州を合わせた地域を「パンジャブ地方」と呼ぶ。

ヤ・プラデーシュ州周辺へと移っている。キマメ (Map 2.10) は、主にウッタル・プラデーシュ州やマハーラーシュトラ州、カルナータカ州で生産されていたが、これらの地域ではその後作付面積は微減傾向で、その他の地域でもそれほど増加は大きくない。その他豆類 (Map 2.11) はインド全域で生産されていたが、オリッサ州の一部を除き、作付けは低下傾向にある。

## 2.2 農業における生産要素利用の集約度・利用パターン

以上分析した農作物別の作付面積の変化の背後には、農家が農業生産を行う際の生産要素の利用方法に関する変化が存在する。そこで生産要素利用の集約度や利用パターンを集計した指標として、農地利用集約度、化学肥料投入量、米・小麦作付比率、非食糧穀類作付比率を順に検討する。

農地利用集約度 (Map 2.12) は、初期にはパンジャーブ地方からウッタル・プラデーシュ州にかけての北部地域とオリッサ州沿岸や西ベンガル州などの東部地域、ラージャスターン州とマディヤ・プラデーシュ州の一部で高い水準を示し、この相対的傾向は後も一貫している。農地利用集約度のトレンドはインド全域で上昇傾向にあるが、上記の地域で顕著な増加を示す一方、逆に低下を示す県も僅かながら各地に点在している。

次に化学肥料投入量 (Map 2.13) は調査時期を通じ、パンジャーブ地方からウッタル・プラデーシュ州にかけての北部地域とタミル・ナードゥ州を中心とする南部地域で顕著である。インド全域でプラスのトレンドであるが、パンジャーブ地方とアーンドラ・プラデーシュ州での投入量の増加が際立っている。すなわち農地利用の集約化は、化学肥料という近代的投入財の集約利用とプラスに相関しているが、その相関は完全ではなく、空間的な差異が見られることが分かる。

米・小麦作付比率 (Map 2.14) は、初期にはパンジャーブ地方やウッタル・プラデーシュ州、ビハール州の北部地域や、西ベンガル州とオリッサ州の西部地域、アラビア海沿岸部で相対的に高い傾向にあった。しかしその後は、パンジャーブ地方やウッタル・プラデーシュ州等で比率の増加が確認される一方、オリッサ州等では低下を示した。米・小麦という「緑の革命」作物への生産集中が進んだのは、まさに「緑の革命」先進地とみなされる地域だった。

非食糧穀類作付比率 (Map 2.15) は、北部のパンジャーブ地方から南部タミル・ナードゥ州までのインド西側の地域で相対的に高い傾向が見受けられる。マディヤ・プラデーシュ州やアーンドラ・プラデーシュ州の一部の県で顕著な増加トレンドを示すなど、米・小麦作付比率の上昇の空間的パターンとは異なる変化が見て取れる。すなわち商業化の進展は、地域によって、「緑の革命」作物への集中と重なる場合と、「緑の革命」作物からの分散として現われる場合とがあるのである。

## 2.3 市場インフラと農業用水利用可能性

このような農作物別の作付面積の変化と、生産要素利用の集約度・利用パターンの背後には、農家にとっての外生性が高くなる生産環境、すなわち市場インフラや農業用水利用可能性に関する変化が存在したはずである。そこで農業生産の外的要因として、市場インフラ (道路密度、公設農産物市場密度)、農地の灌漑率、降雨量 (年間降雨量、6月降雨量、7~8月降雨量の3変数、期間平均を使用) を表す図を Map 2.16 以下に示す。

まず市場インフラのうち、公設農産物市場密度 (Map 2.16) は、初期の一部のデータに欠損があるためオリッサ州とビハール州、西ベンガル州の初期の相対的な公設農産物市場密度の状況は不明ではあるもの、調査期間を通じてほぼ同じ傾向にあることが読み取れる。相対的な地域差はあるものの、トレンドはインド全域で整備が行われつつあることを示し、公設農産物市場整備の底上げが進んでいると言える。道路密度 (Map 2.17) も同様な傾向を示すが、特にパンジャブ地方とタミル・ナードゥ州、マハーラーシュトラ州での改善が大きい点が特筆されよう。

初期における農地の灌漑率 (Map 2.18) は、北部地域、およびタミル・ナードゥ州をはじめとするベンガル湾沿岸部において顕著に発達していたが、その後地域によって速度は大きく異なるものの、ほぼインド全域で農業での水利用可能性が改善したことがみてとれる。降雨量 (Map 2.19) は、西ベンガル州などベンガル湾沿岸部から内陸部にかけての地域とアラビア海沿岸部が多い。灌漑が進んだ地域と多雨の地域は、米作が盛んな地域とかなりの部分で重なることが分かる。また前項で述べた農地利用集約度も、灌漑が発達した地域とほぼ一致する。

#### 2.4 小括

以上の農業指標の空間的な把握を通じ、インド農業のトレンドに関して次のような点が指摘されよう。まず作付面積に関しては、農地の拡大には限りがあることから、灌漑が早い時期から発達していた北部地域などでは農地利用集約度を高めることでこの制約に対処していたと考えられる。化学肥料投入量の増加も灌漑設備が整うことと相俟って、農地利用のより高い集約化に貢献したものと思われる。

また、調査時期を通じ、米・小麦の生産が北部のパンジャブ地方で顕著に上昇したことや、一部の雑穀の生産が北部から内陸部へと移行したことなどが観察された。これらは、灌漑や降雨量といった外的要因に対処する形で農作物の特化が各地域で進められたことを示唆するものと考えられよう。黒崎 (2000) が示したように、このような特化には市場インフラの整備も一役買ったことが想起される。

インドでは独立前、近隣の町村を市場圏とした取引が活発化する局面が見られた後、独立後に広域市場圏が発達するという進展があったことが黒崎 (2000) で明らかにされているが、上述したような農業の長期的な空間的動向は、その一端を物語るものであると考えられよう。次節では、ここで述べたような農業の空間的変化のパターンを集約するような新たな地域区分について、検討を行う。

### 3. 県データを用いたクラスタ解析による地域区分

本節では、前節で検討した農業の空間的変化のパターンを集約するような新しい地域区分を考える。インドの地域区分は州境のほか、州境にとらわれない ICRISAT の ACZ などが

あるが、ここでは前節で示した指標のいくつかを用いてクラスタ解析を行い、新たな地域区分を検討する<sup>11</sup>。

### 3.1 クラスタ解析による地域区分

クラスタ解析に用いるのは、降雨量の3変数（年間、6月、7～8月）、灌漑率、農地利用集約度、前節で扱った10作物それぞれの総作付面積に対する比率、灌漑率のトレンド、の16変数で、灌漑率のトレンド以外はすべて初期値を利用した。これらを全て正規化したものを同一ウェイトで用いる。階層型クラスタ分析法を適用し、ウォード法のアルゴリズムでユークリッド距離の類似度を用い、外的基準なしに機械的に似通ったグループに分類する。

解析の結果得られたデンドログラムによると3区分、4区分、6区分、15区分などが大きな切れ目として検出された。6区分（大分類）と15区分（小分類）を暫定的に採用し、これをベースに地図上にプロットしたものがMap 3.1～3.2である。表1には、各グループの特徴として地域分布および16の区分用変数の高低を示した。また、各グループにおける農地利用集約度、米・小麦作付比率、非食糧穀類作付比率、各作物の作付比率、化学肥料投入量などのトレンドの特徴を表2に示した。以下、主に6区分のグループに基づき、それぞれの特徴について概観する。

### 3.2 各地域の特徴

グループ1は、表1に示されるとおり、比較的雨量が少ないことと灌漑率が低いことから、「半乾燥天水農業地帯」と名付けられよう。作物はこれを反映し、天水での育成が可能なソルガムやトウジンビエなどの雑穀が中心で、米や小麦はきわめて少ない。マディヤ・プラデーシュ州やグジャラート州、マハーラーシュトラ州、カルナータカ州、タミル・ナードゥ州など広い範囲に及ぶ。グループ1は、ソルガムの生産が多い「低灌漑ソルガム地帯」と、トウジンビエが多い「半灌漑トウジンビエ地帯」、中間的な「移行地帯」の三つへの細分類が可能である。また表2からも同様な傾向がみてとれるが、移行地帯では米・小麦の生産が伸びつつあることは注目される。

グループ2も、グループ1とよく似た傾向を持つが、より雨量が少ないこととトウジンビエとシコクビエの生産が中心であることから、「乾燥トウジンビエ・シコクビエ優位地帯」と呼ぶ。ラージャスターン州やタミル・ナードゥ州などにみられる。この地帯はトウジンビエとシコクビエの生産の多寡により、「乾燥トウジンビエ優位地帯」と「乾燥シコクビエ優位地帯」に細分類される。60年代から90年代まで、目立った変化は確認されない。

グループ3はグループ1と同程度の半乾燥地帯だが、高い灌漑率を特徴とするため、「半

---

<sup>11</sup> その他の地域区分として、分離独立前の統一インドを環境要因と伝統農業を基準に21地域に分けたDaniel Thornerの分類(Thorner 1995)や、地形や人口、作付パターン等を考慮したNational Sample SurveyのNSS Regionsなどもある。

乾燥灌漑農業地帯」とする。パンジャブ地方やウッタル・プラデーシュ州を中心にみられる。半乾燥地帯ではあるが灌漑を活かした米・小麦の生産がきわめて盛んな地域である。これを反映し、農地利用集約度や化学肥料投入量の水準も増加率もまた顕著に高いという特徴がある。また、非食糧穀類作付比率が最も高い水準にある点も特筆されよう。グループ3は、雨量のいくぶん多い「やや湿潤・灌漑伸長地帯」、乾燥は厳しいが灌漑が高度に発達した「乾燥・高度灌漑小麦優位地帯」、ヒヨコマメとトウジンビエの生産が多い「ヒヨコマメ・トウジンビエ優位地帯」、メイズ生産が多い「メイズ優位地帯」、キマメと大麦の生産が多くかつ灌漑が顕著な発達途上にある「灌漑伸長キマメ・大麦優位地帯」に細分される。

グループ4は、グループ1やグループ3同様、降雨量が少ない半乾燥地帯で、灌漑率もそれほど高くないことと、主要な作物から、「天水農業小麦・ヒヨコマメ・キマメ優位地帯」とする。ウッタル・プラデーシュ州南部とマディヤ・プラデーシュ州にみられる。

グループ5は、降雨量が比較的多く米作が盛んなことから「湿潤稲作地帯」とする。ウッタル・プラデーシュ州東部やビハール州、西ベンガル州からオリッサ州、タミル・ナードゥ州までのベンガル湾沿岸地域などで多く確認される。雨量が多く、灌漑が浸透し、米作がきわめて盛んな地域であることが特徴としてあげられよう。また、非食糧穀類作付比率がグループ3に次いで高水準にあることも注目に値する。グループ5はさらに、「高度灌漑稲作地帯」、農地利用集約度が高くその他豆類の作付が多い「高集約・その他豆優位地帯」、農地利用集約度が低く米作が最も盛んな「低集約稲作特化地帯」に細分される。

グループ6はインドで降雨量が最も多い「丘陵部多雨地帯」である。アラビア海沿岸部（西ガーツ山脈沿い）や、ヒマラヤ丘陵部にみられる。多雨を活かした米作が中心となっている。

以上のように、16変数を用いたクラスタ解析からは、ICRISATによるACZとは異なる地域区分が示唆された。次の段階では、インドにおける農業の長期的な空間的変化を把握する上で、ここで導出された地域区分が従来のものに比して適切であるか否かが問題となる。次節ではこの点について検討する。

## 4. 県レベルの土地利用変化に関する回帰分析

### 4.1 分析モデル

本節では、農地利用の県レベルのトレンドに見られる多様性について、地域区分や初期条件・外生変数などによる回帰分析を行い、説明を試みる。地域区分には、前節で得られた6区分と15区分に加えてICRISATの8区分を利用し、検討を行う。回帰分析モデルは次のとおりである。

$$y_{it} = a_i + (b_0 + Z_i b_k)t + u_{it},$$

被説明変数  $y_{it}$  として、第 2 節で取り上げた農業生産要素利用に関する 4 つの加工指標、すなわち、 $i$  県の  $t$  期における農地利用集約度 (intensity)、食糧穀物作付面積合計に対する米・小麦作付比率 (srw)、総作付面積に対する非食糧穀類作付比率 (snfg)、単位面積当たり化学肥料投入量 (fertilizer) に注目する。上記モデルを推定することにより、各変数の成長率に対して地域的な要因がどのように相関しているかを明らかにしたい。 $a_i$  は  $i$  県の固定効果を考慮するための県ダミーである。モデル A としてまず、成長率を左右する要因であるシフター  $Z_i$  を入れずに全インドの平均のトレンドを明らかにする定式化のモデルを推定した上で、モデル B から D では  $Z_i$  として  $i$  県が属する  $k$  地域の地域ダミーからなるベクトルを、モデル E では  $Z_i$  として県の農業生産の特徴を表す諸変数のベクトルを用いる。地域ダミーに関しては、モデル B では 12 の州ダミー<sup>12</sup>、モデル C では 8 つの ICRISAT 農業地域ダミー、モデル D では前節のクラスタ解析による 6 (D-1) ないし 15 (D-2) の地域ダミーを利用する。地域ダミーを入れる際には、モデル A で明らかになった全インドのトレンドとの乖離がもっとも少ない地域を基準トレンドすなわち  $b_0$  に設定する。

計量経済学的には、この分析モデルはスタンダードな one-way fixed effect panel モデルとして推定可能である。またトレンドと地域ダミーのクロス項は、 $Z_i$  が  $t$  方向の変動を持たないため、県を id とした clustered standard errors を用いて推定を行う。モデルの予測値の加重平均がインド全体の期待値と一致するようウェイト付けを行うこととする (被説明変数が農地利用集約度であれば純作付面積を、被説明変数が非食糧穀類作付比率であれば、総作付面積をウェイトとする)。

#### 4.2 推定結果

回帰分析の推定結果を表 3 に示す。モデル A に示されているように、4 つの指標とも対象期間中のトレンドは有意に正である。農地利用集約度は年平均 0.60%、米・小麦作付比率は 0.36%、非食糧穀類作付比率は 0.21%、化学肥料投入量は 2.66kg/ha ずつ上昇した。

モデル B は、トレンドが州レベルで異なっていることを許容したモデルの推定結果を示しており、マディヤ・プラデーシュ州を基準グループとして分析している。この州のトレンドに対して各州のトレンドがどれほど違っているかを示すのが  $b_k$  である。州別では、農地利用集約度の増加率が最も高いのがパンジャブ地方、次いで西ベンガル州、オリッサ州、ウッタル・プラデーシュ州と続く。これらの州では米・小麦作付比率と化学肥料投入量も大きく増加していることが特徴的である。一方、ビハール州やタミル・ナードゥ州では農地利用集約度は大きな減少率を示している。非食糧穀類作付比率は、ラージャスターン州、アーンドラ・プラデーシュ州、西ベンガル州で高い増加率にあることが分かる。

モデル C は ICRISAT の ACZ による 8 地域区分に固有なトレンドを考慮したもので、マディヤ・プラデーシュ州やマハーラーシュトラ州、ウッタル・プラデーシュ州などにまたが

<sup>12</sup> パンジャブとハリヤーナーはまとめて「パンジャブ地方」とし、1 つの州ダミーで対応する。

る地域 (B4) を基準グループとしている。農地利用集約度はモデル B と比較的類似した傾向を示すが、米・小麦作付比率は、たとえばベンガルデルタ周辺地域 (B8) の傾向がモデル C のオリッサ州と西ベンガル州の傾向と合致しない。また非食糧穀類作付比率はモデル B と比較的よく似た傾向を示すが、化学肥料投入量はかなり異なる分析結果であることなどから、単純に州境を地域区分とするのは適切でない可能性を伺わせる。

前節のクラスタ解析による 6 地域区分に固有のトレンドを許容した推定結果をモデル D-1、15 地域区分に固有のトレンドを考慮した推定結果をモデル D-2 として示す。6 区分のモデル D-1 は「半乾燥天水農業地帯」を、15 区分のモデル D-2 は「移行地帯」を基準グループとして分析を行っている。モデル D-1 では ICRISAT の ACZ を用いたモデル C と比較的よく類似した傾向が得られるものの、地域区分が粗いため有意な値を示す変数は総じて減少する。他方、モデル D-2 は各地域の傾向をよく反映しているように見受けられる。たとえば農地利用集約度は、灌漑が発達し農地の集約的な利用が可能な「半乾燥灌漑農業地帯」(No.6~10) で総じて高く、なかでも「もっとも乾燥・高度灌漑小麦優位地帯」(No.7) が最も高い値を示す。これとは逆に降雨量が少なく灌漑も未発達な「半乾燥天水農業地帯」(No.1~3) では負の値となるなど、地域的な特徴をよく捉えているように思われる。米・小麦作付比率、非食糧穀類作付比率、化学肥料投入量についても同様なことが指摘できよう。また、モデル D-2 はモデル C よりも説明変数を多く利用しているが、自由度調整済み決定係数は概ね高い値を示す。以上のことを併せて考慮すると、クラスタ解析より導出した本稿の 15 の地域区分の方が、ICRISAT の ACZ よりも適切である可能性が高いと考えられる。

最後に、以上の地域固有トレンドのモデルを、県レベルの農業生産の特徴を表す諸変数のベクトルによってトレンドが異なるモデルに置き換える作業を行い、その説明力をクラスタ分析による定式化のモデル D-2 と比較する。推定結果を表 3 のモデル E として示す。トレンドの構造的シフターとして、各変数の初期値に加え、灌漑率の初期値とトレンド、30 年間の平均降雨量、市場インフラ整備状況を表す道路密度、公設農産物市場密度、市場の欠如を表すダミー変数を用いた。分析結果からは、灌漑率の初期値およびトレンドはもっとも有意に農地利用集約度、米・小麦作付比率、非食糧穀類作付比率、化学肥料集約化のトレンドと相関していることが分かる。また農業商業化の度合いを示す 2 つの指標である米・小麦作付比率と非食糧穀類作付比率のトレンドは、空間的に大きく異なっているが、その背景には、初期作付パターンや公設農産物市場密度などの影響が定性的にも定量的にも異なることなどが要因として存在している点が指摘されよう。このモデル E での自由度調整済み決定係数は、クラスタ分析による定式化のモデル D-2 とそれと大差なく、その意味でも本稿が提示した 15 の地域区分の有効性が示された。

## 結び

本稿の主な目的は、インド全域において農業生産の多様化がいかなる空間的進展を遂げたかに関して検討することであった。1965年から94年という30年間の県レベル農業データを用い、空間的な農業変動の把握、クラスタ解析による新たな地域区分、そして農業変動のトレンドを左右する要因に関する計量分析を通じ、これを明らかにしようと試みた。検討結果の概要は、以下の通りである。

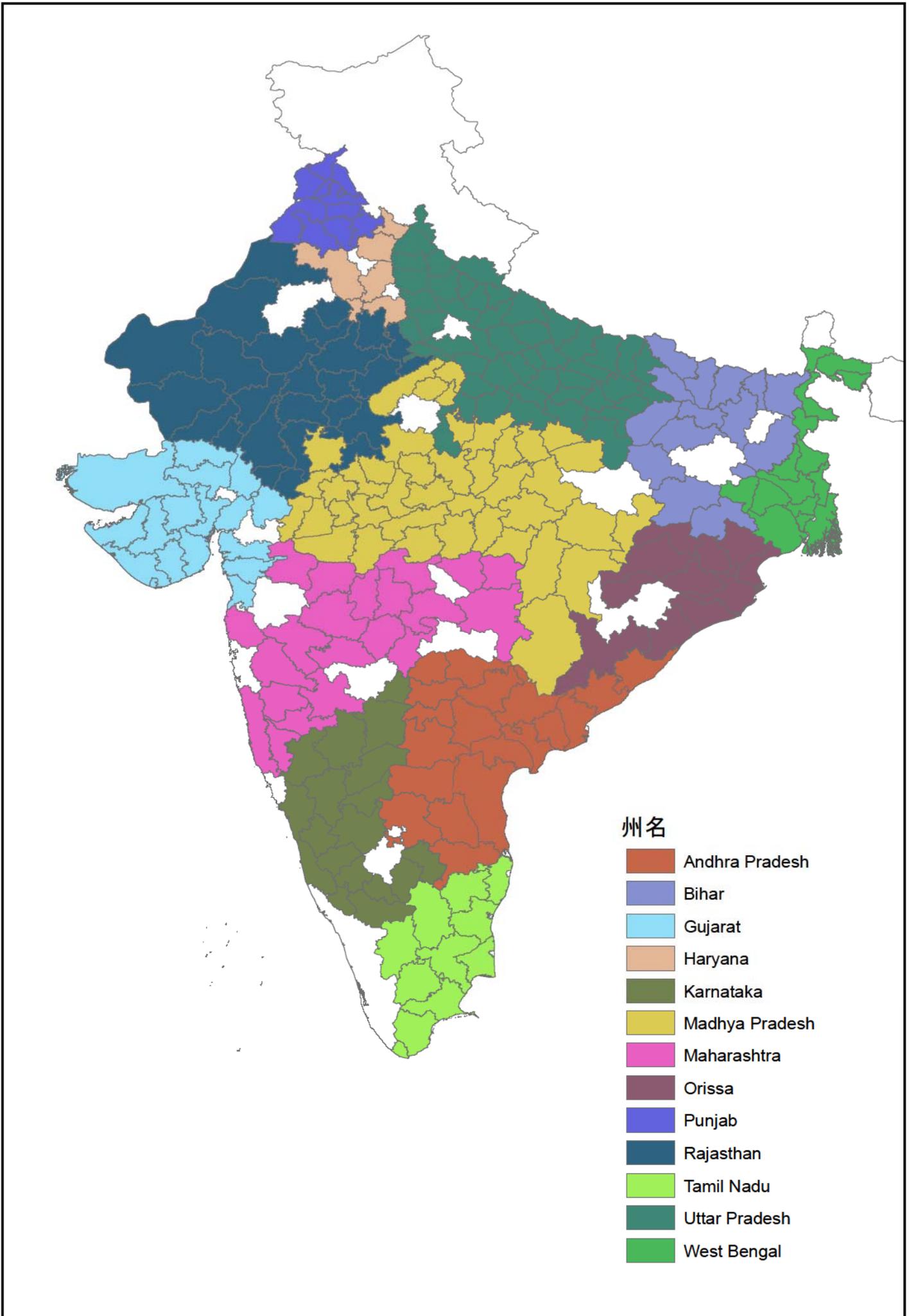
まず、空間的な農業変動をGISによって概観した結果、米作付の内陸へのシフト、ウッタル・プラデーシュ州における小麦生産の東進、メイズ産地の分散化、雑穀減少トレンドから外れる地域（たとえばオリッサ内陸部のシコクピエなど）の存在、ヒヨコマメ産地の南下、といった傾向が確認された。このようなインド全体での長期的変化は、市場広域化が徐々に浸透しつつあることの一端を示しているものと思われる。また、農業と気候に関する16変数を用いたクラスタ解析からは、従来とは異なる地域区分が提案された。この地域区分を用いて行った計量分析からは、本稿で提案したクラスタ解析による地域区分が、従来のもよりも適切である可能性が示唆された。さらに、農業の外的要因の影響についての分析からは、灌漑率の初期値およびトレンドが最も有意に農業の集約化に対してプラスに働いていたことが明らかとなった。また農業商業化の度合いを示す2つの指標である食糧穀類に占める米・小麦作付比率と総作付面積に占める非食糧穀類作付比率のトレンドの空間的差違は、初期作付パターンや市場インフラの影響が定性的にも定量的にも異なることに起因することなどが指摘された。

今後の課題としては、データが欠如している地域への対処、調査対象期間の拡張の2点がまず挙げられよう。また本稿では市場広域化の影響に関して言及したものの、依然十分な検討を踏まえたものとは言い難い。これに関しては、セミマクロ分析とマイクロ分析とのリンク、食糧消費と生産の空間的変化とのリンクを考慮した分析を通じ、市場広域化の影響を検証する必要がある。また、農地利用のトレンドに影響を与える構造的要因についても、さらに吟味を加えることが望ましい。これらの課題については別稿にて検討したい。

## 参考文献

- Ahluwalia, M. S., 1978. "Rural Poverty and Agricultural Performance in India." *Journal of Development Studies* 14(3): 298-323.
- Bhalla, G.S. and G. Singh, 2001. *Indian Agriculture: Four Decades of Development*. New Delhi: Sage Publications.
- Bhalla, G.S. and G. Singh, 2009. "Economic Liberalisation and Indian Agriculture: A Statewise Analysis." *Economic and Political Weekly* 46(52): 34-44.
- Bhalla, G.S. and D.S. Tyagi, 1989. *Patterns in Indian Agricultural Development: A District Level Study*. New Delhi: Institute for Studies in Industrial Development.
- Chaudhuri, S. and N. Gupta, 2009 "Levels of Living and Poverty Patterns: A District-Wise Analysis for India." *Economic and Political Weekly* 44(9): 94-110.
- Datt, G. and M. Ravallion. 1998. "Farm Productivity and Rural Poverty in India." *Journal of Development Studies* 34(4): 62-85.
- Datt, G. and M. Ravallion. 2002. "Is India's Economic Growth Leaving the Poor Behind?." *Journal of Economic Perspectives* 16(3): 89-108.
- ICRISAT [International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics], 1998. *District Level Database Documentation --- 13 States of India, Volume I: Documentation of Files: 1966-94 Database (1966 district boundaries)*. Pattancheru, AP, India: ICRISAT.
- Kijima, Y. and P. Lanjouw, 2005. "Economic Diversification and Poverty in Rural India." *Indian Journal of Labour Economics* 48(2): 349-374.
- Kurosaki, Takashi, 2003. "Specialization and Diversification in Agricultural Transformation: The Case of West Punjab, 1903-1992." *American Journal of Agricultural Economics* 85(2): 373-387.
- Lanjouw, P. and R. Murgai, 2009. "Poverty decline, agricultural wages, and nonfarm employment in rural India: 1983-2004." *Agricultural Economics* 40(2): 243-263.
- Sastry, N.S., 2003. "District Level Poverty Estimates: Feasibility of Using NSS Household Consumer Expenditure Survey Data." *Economic and Political Weekly* 38(4) January 25: 409-412.
- Sivasubramonian, S., 2000. *National Income of India in the Twentieth Century*. Delhi: Oxford University Press.
- Thorner, Daniel (ed), 1996. *Ecological and Agrarian Regions of South Asia circa 1930*. Karachi: Oxford University Press.
- 黒崎卓 (2000) 「農業発展と作付変化:パンジャープ農村の100年」、『経済研究』51(3): 193-208.
- 黒崎卓 (2010) 「インド、パキスタン、 Bangladesh における長期農業成長」、『経済研究』61(2): 168-189.

Map 1.1



Map 1.2

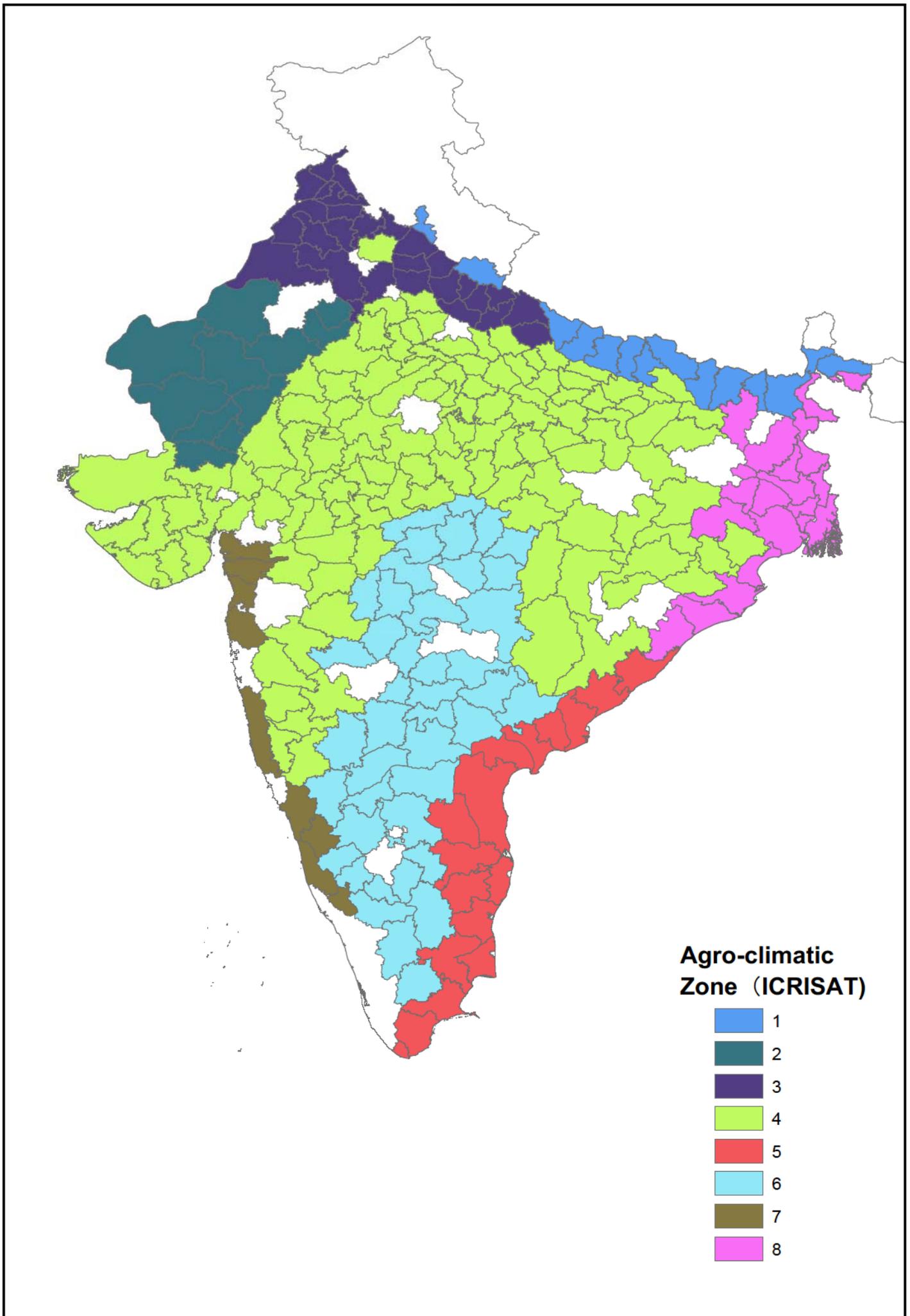


図1:南アジア主要3カ国における総作付面積の推移(1901/02 - 2000/01)

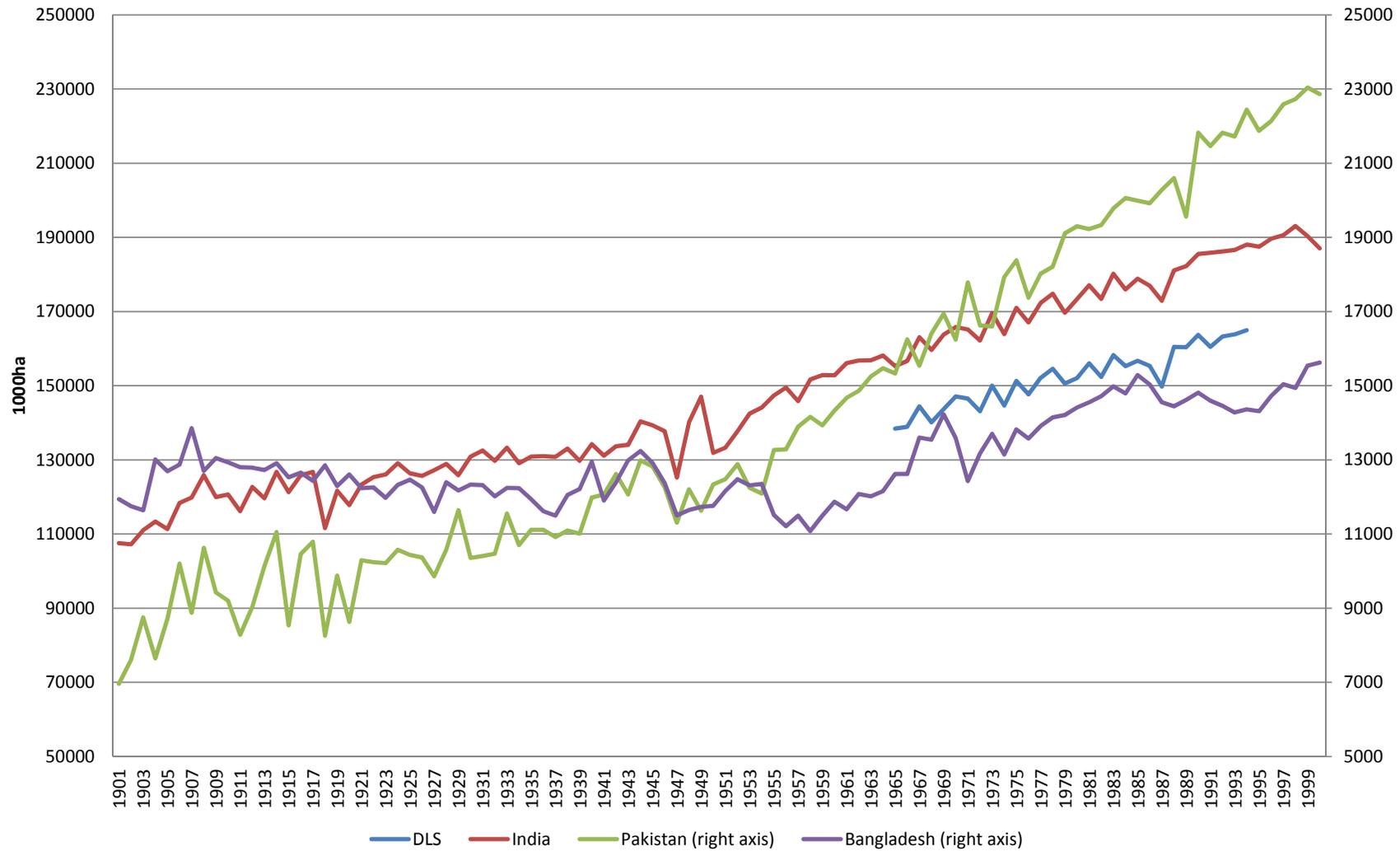


図2: 南アジア主要3カ国における農地利用集約度の推移(1901/02 - 2000/01)

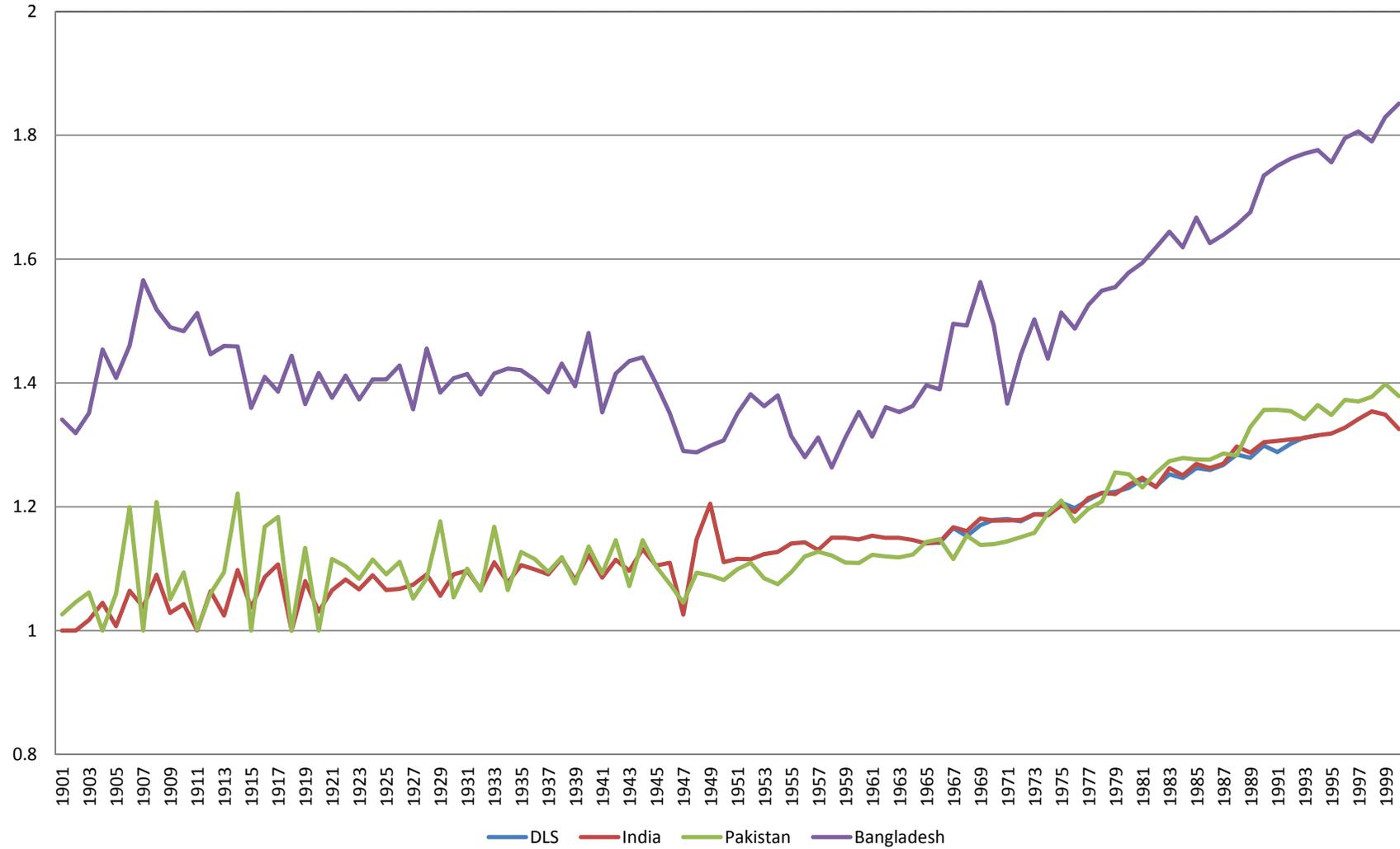


図3: 南アジア主要3カ国における食糧穀類作付面積に占める米・小麦比率の推移  
(1901/02 - 2000/01)

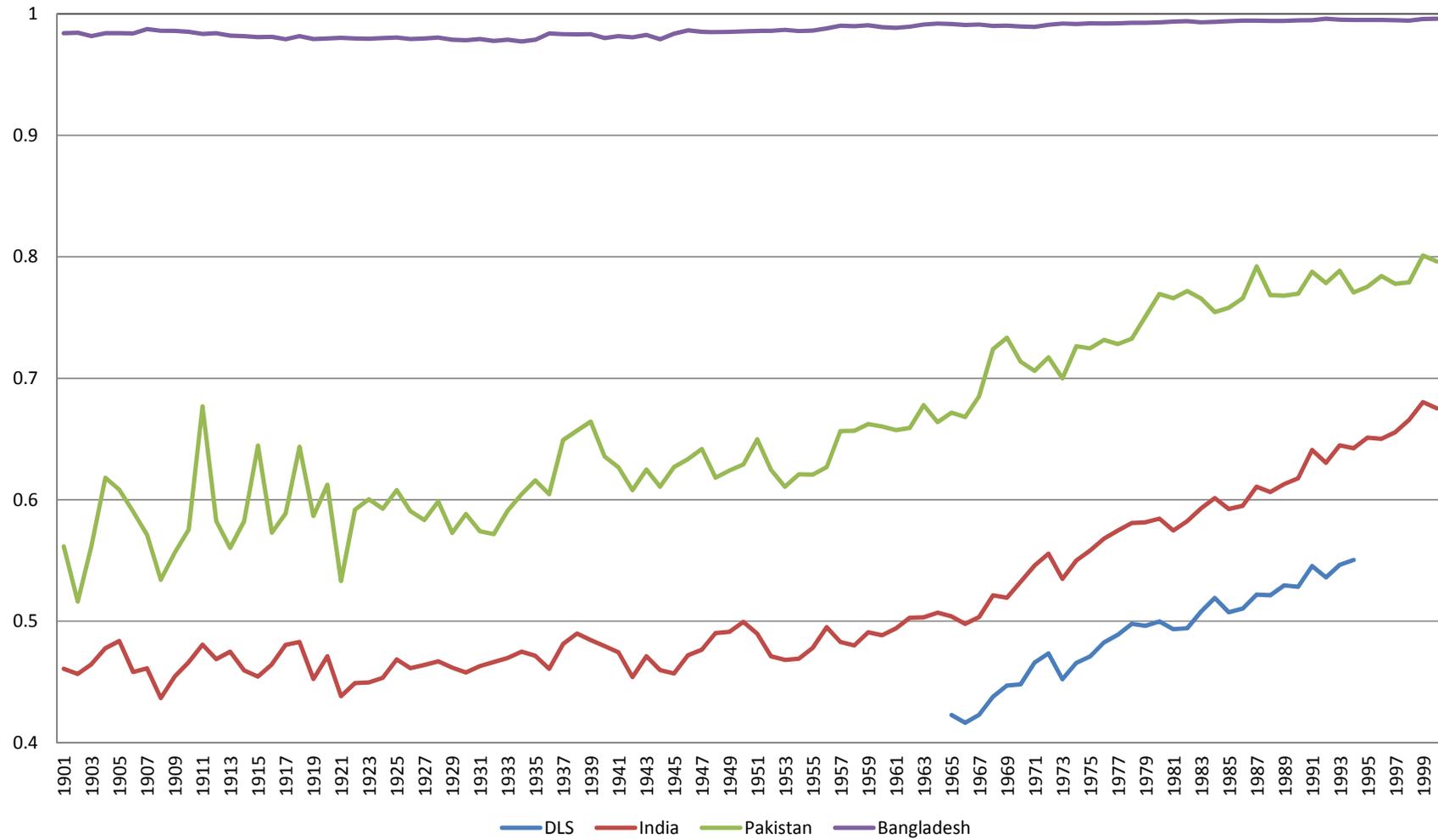


図4: 南アジア主要3カ国における総作付面積に占める非食糧穀類比率の推移  
(1901/02 - 2000/01)

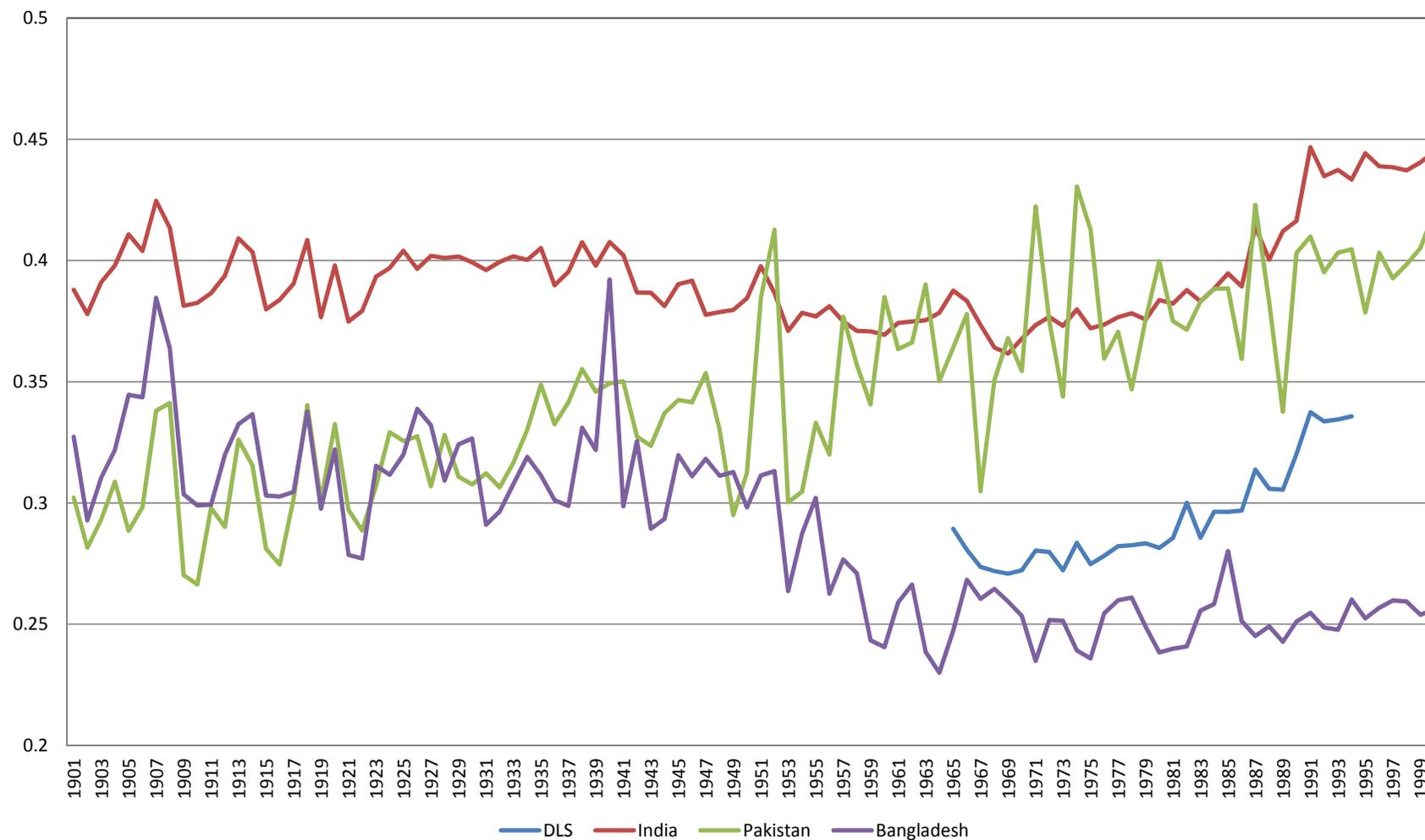
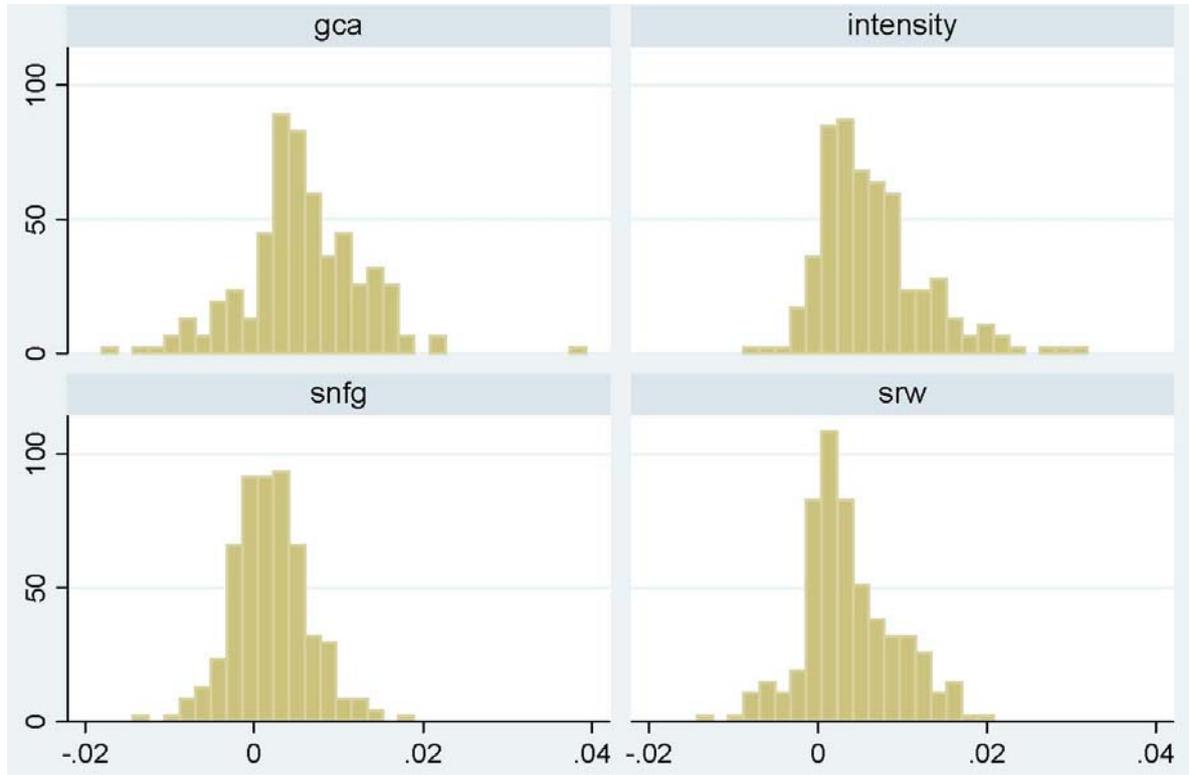
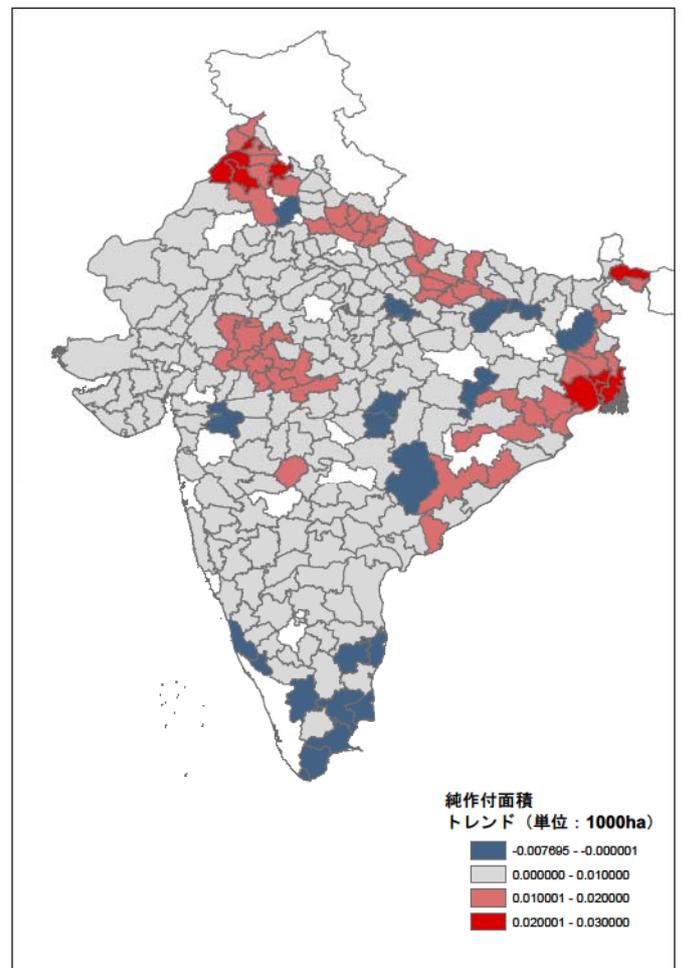
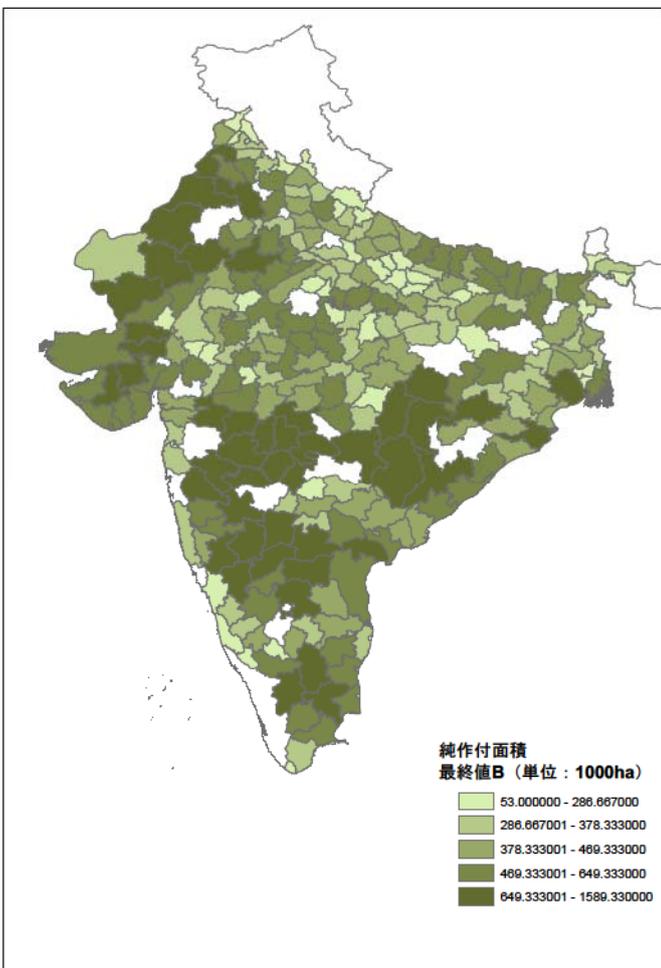
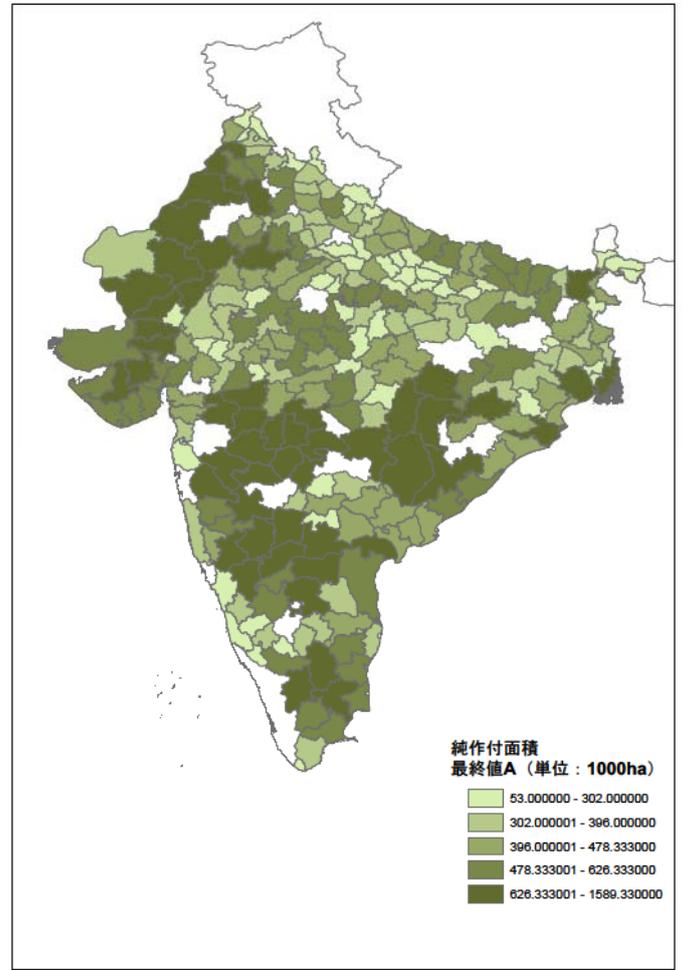
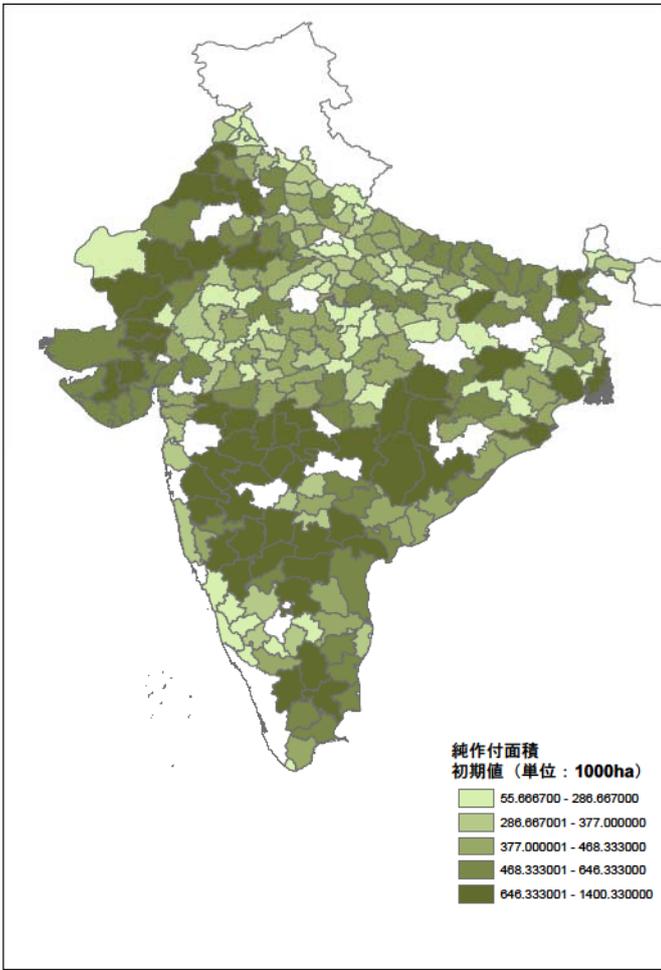


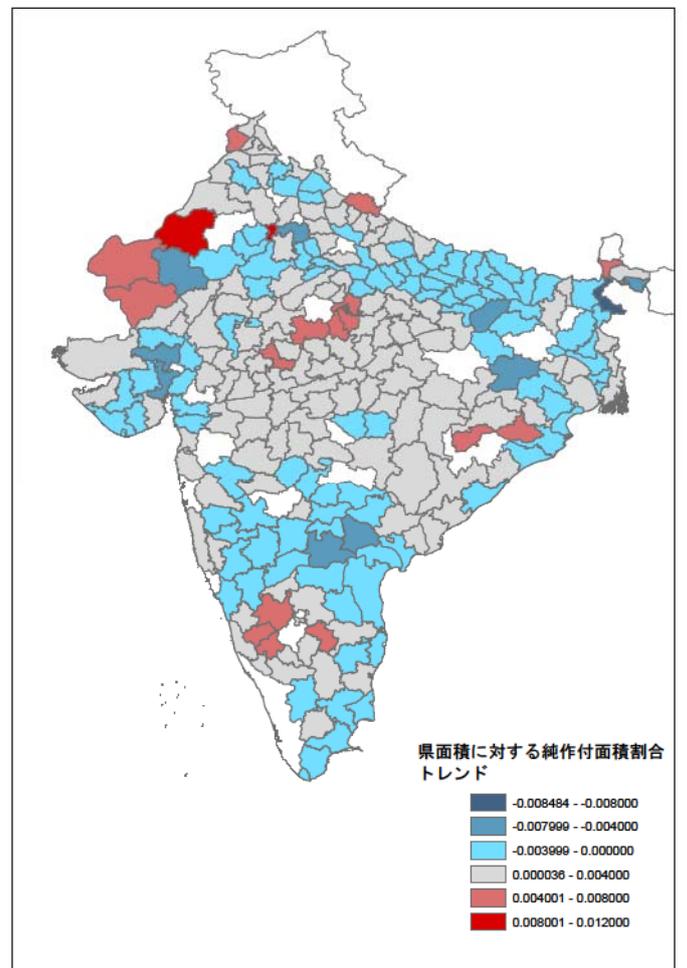
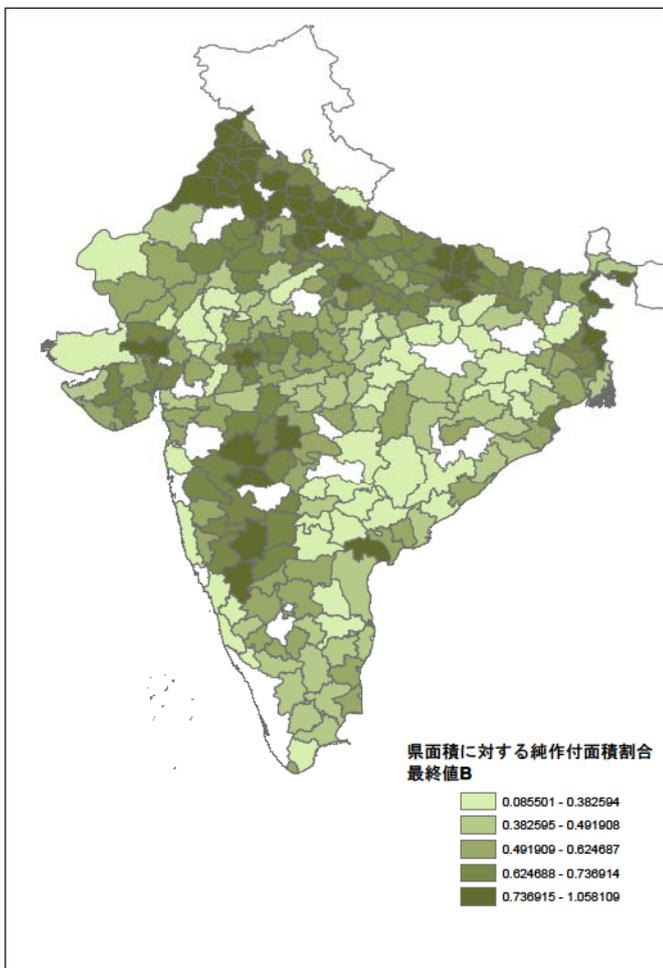
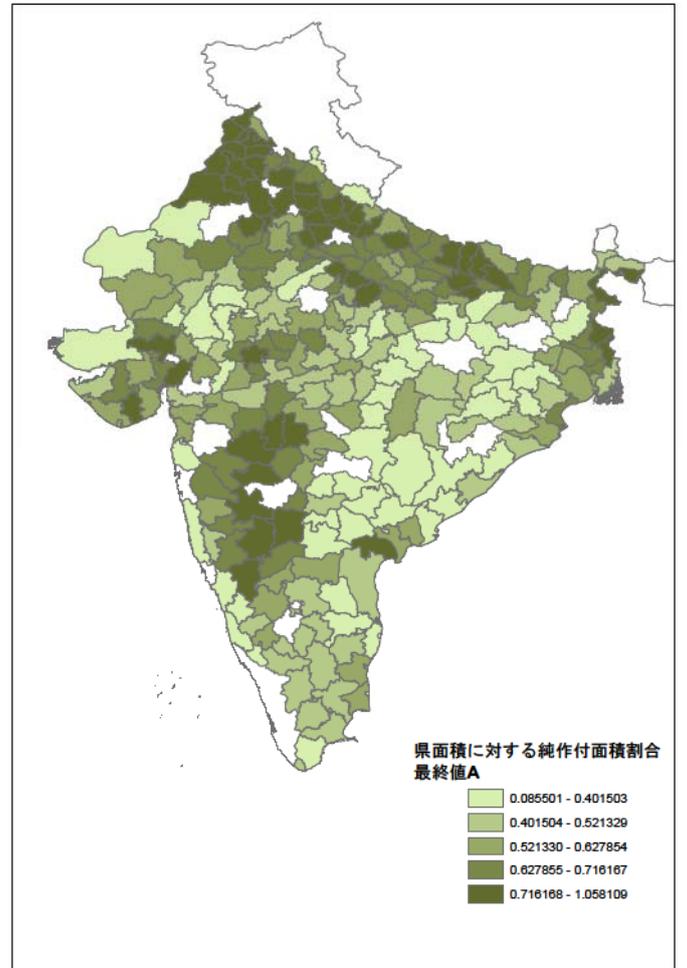
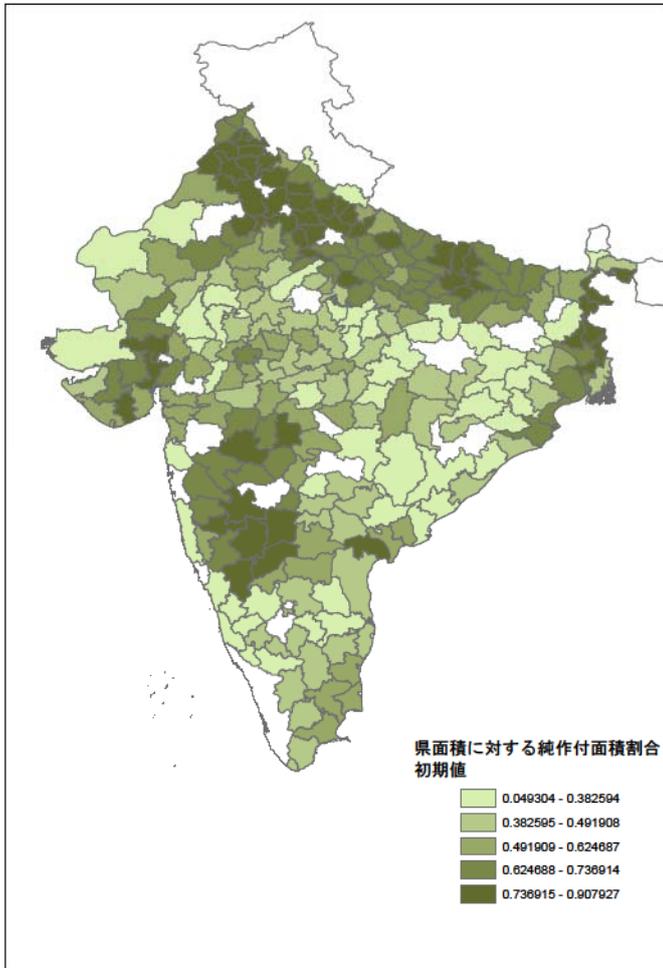
図 5 総作付面積 (gca)、農地利用集約度 (intensity)、非食糧穀物作付比率 (snfg)、米・小麦作付比率 (srw) の 1965-1994 年期間における各県の変化率 (OLS 推定値) の分布



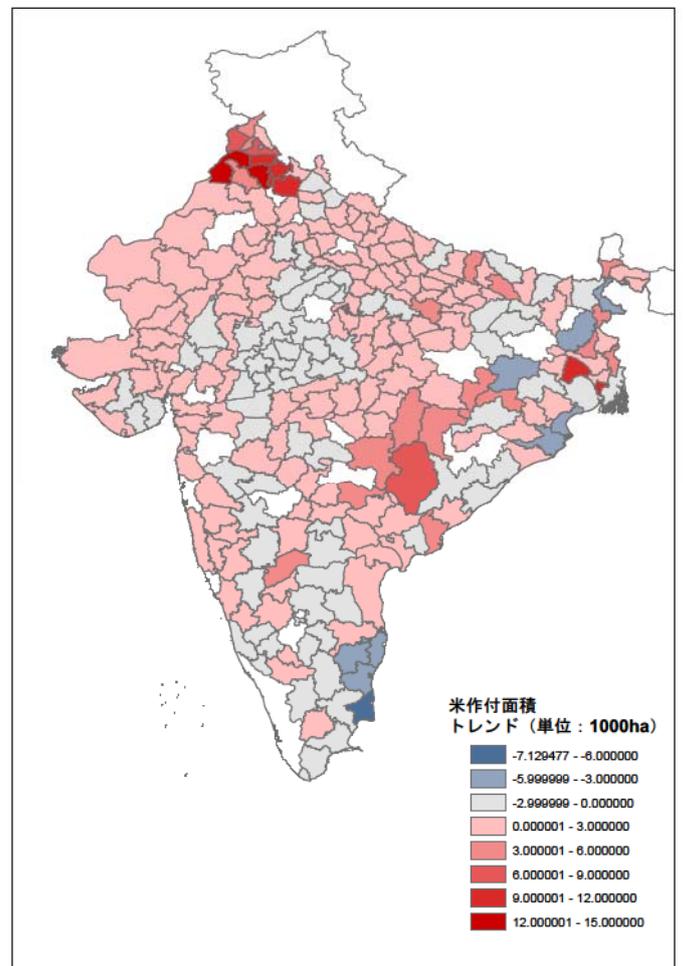
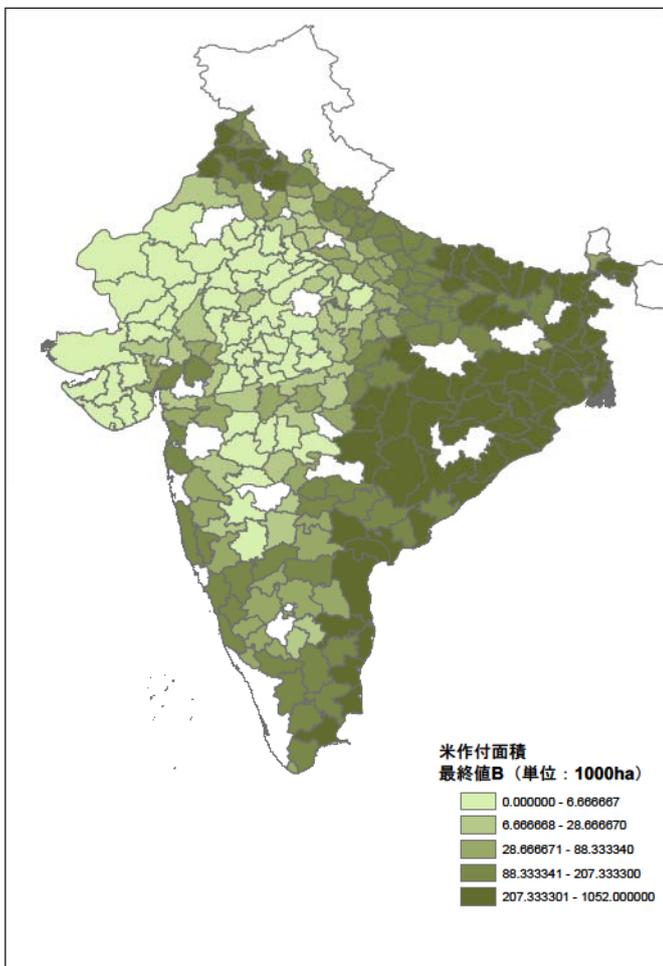
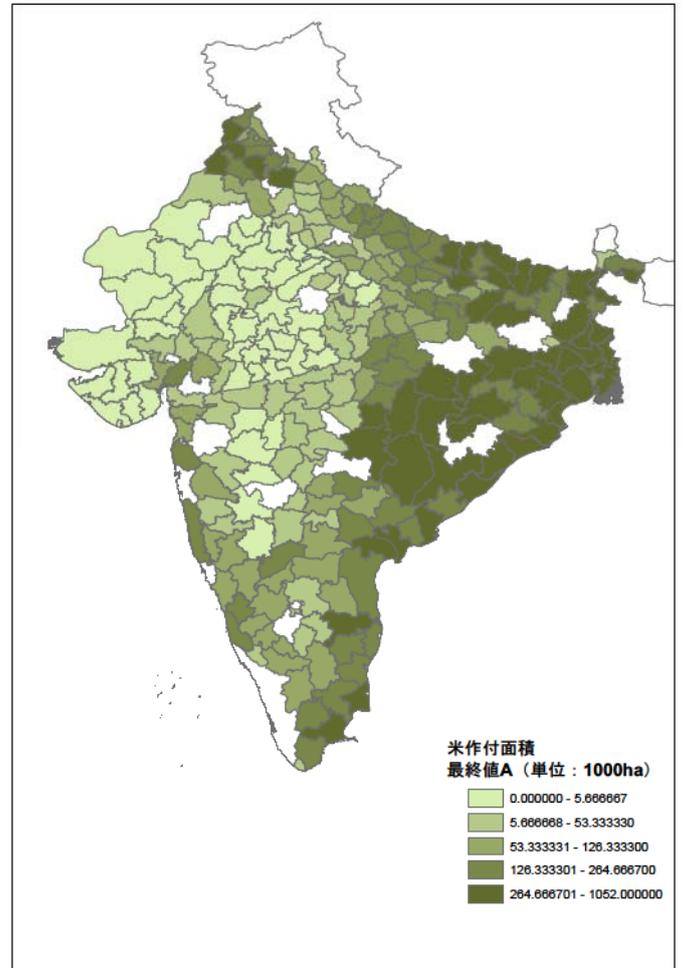
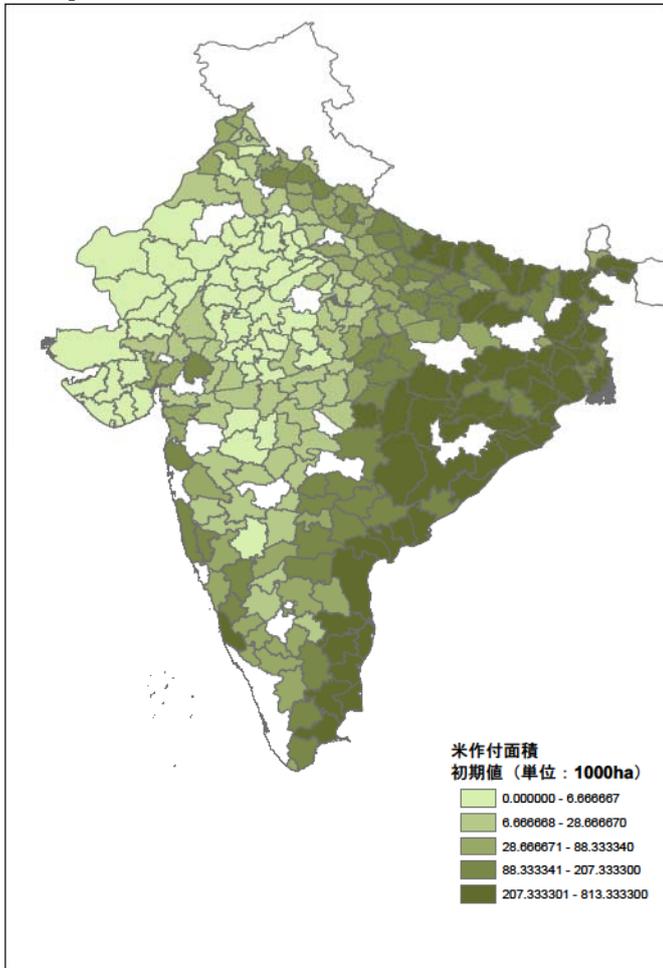
# Map 2.1



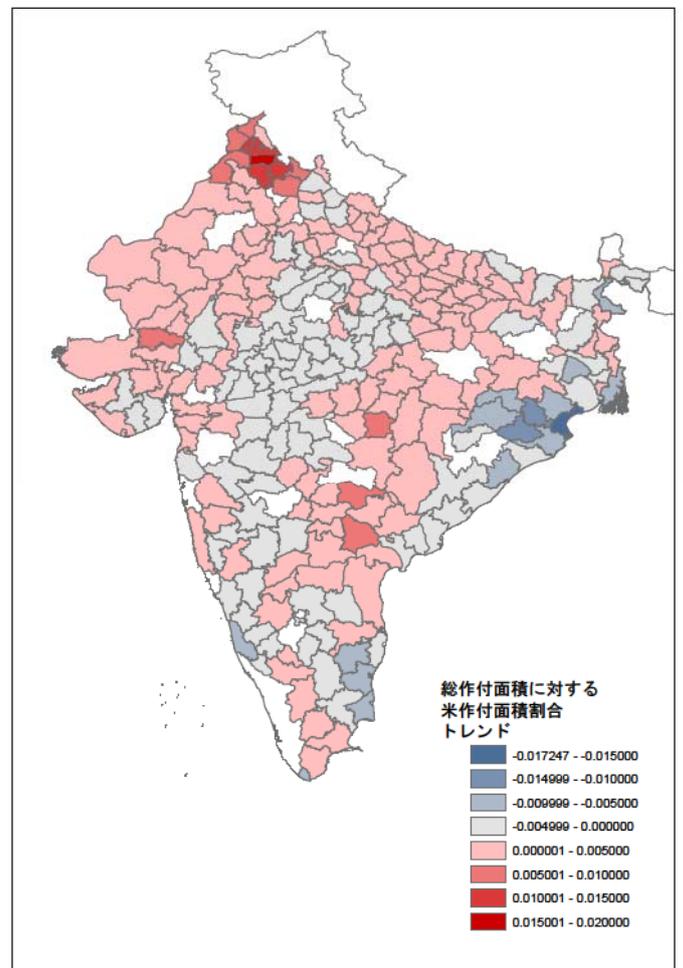
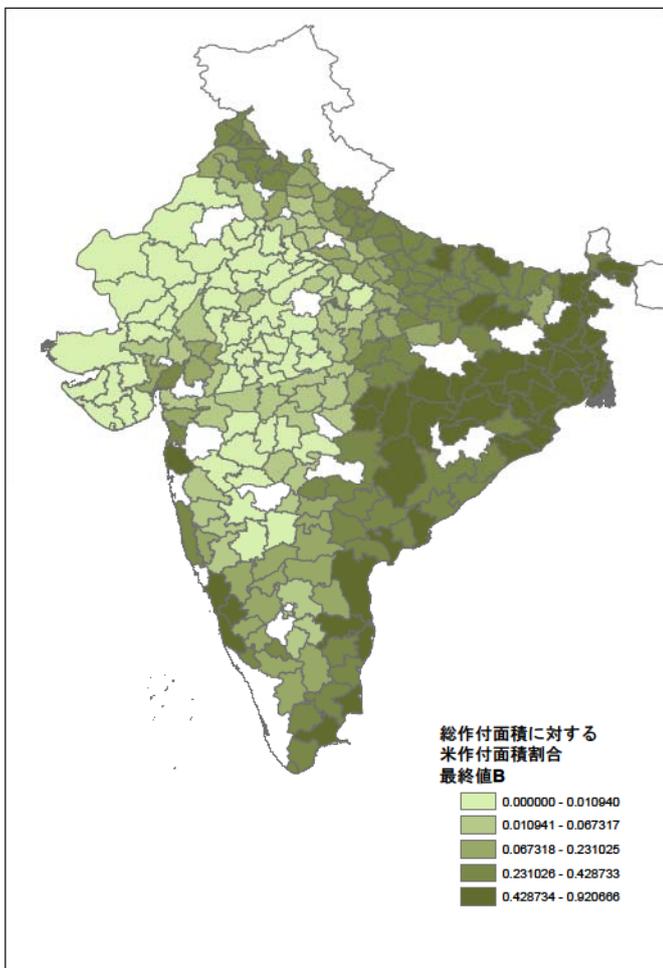
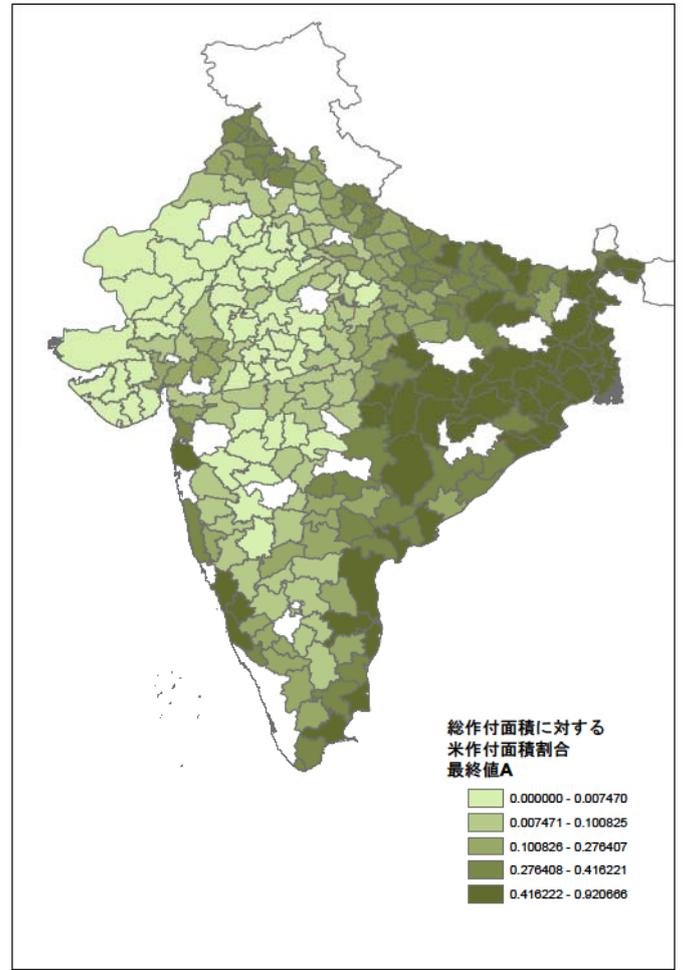
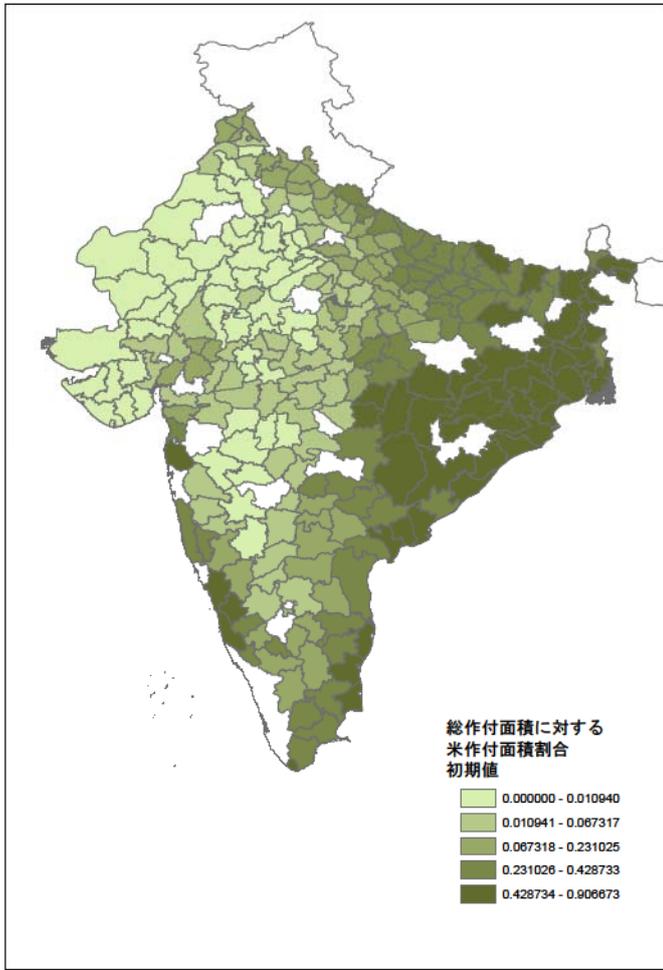
# Map 2.1 (cont'd)



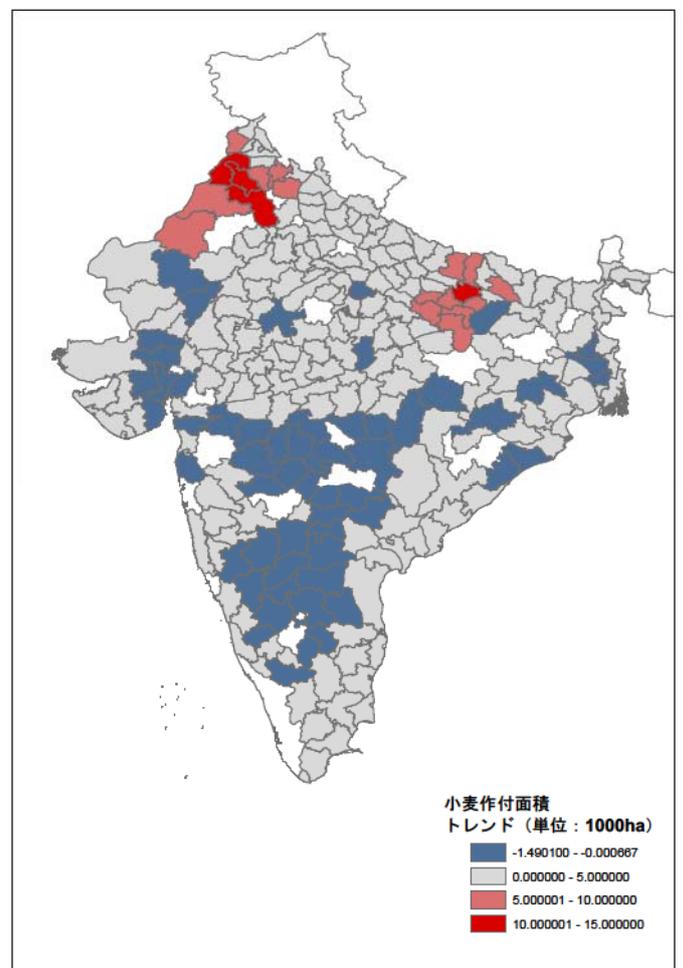
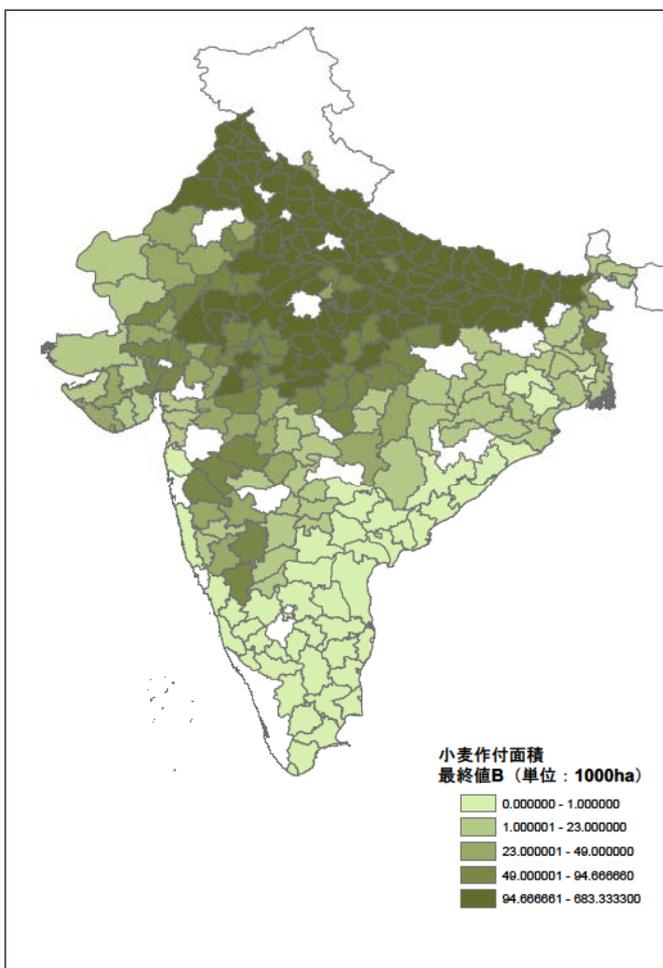
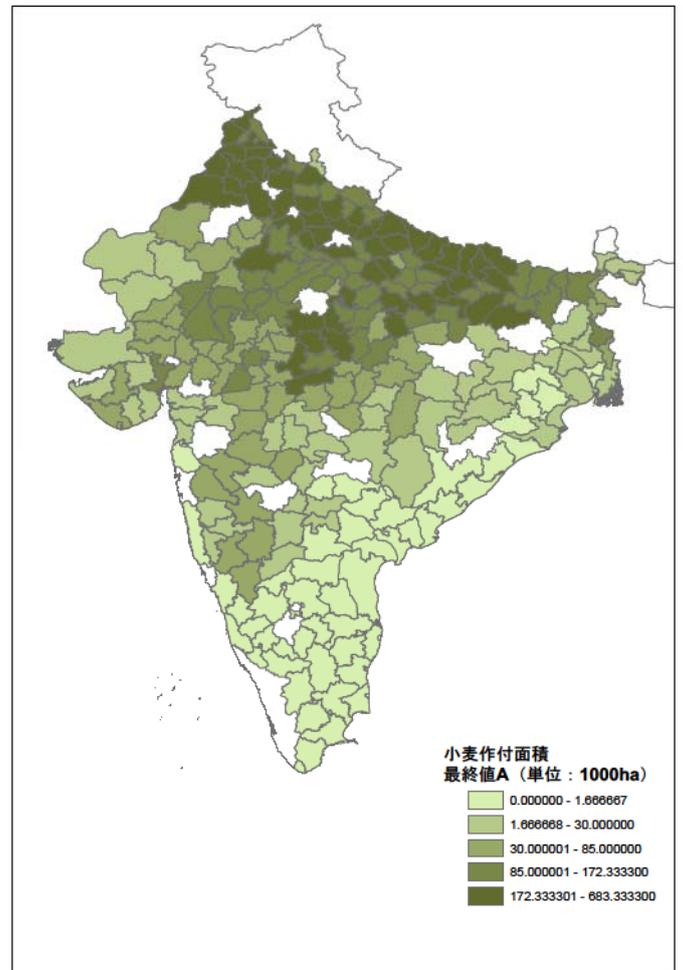
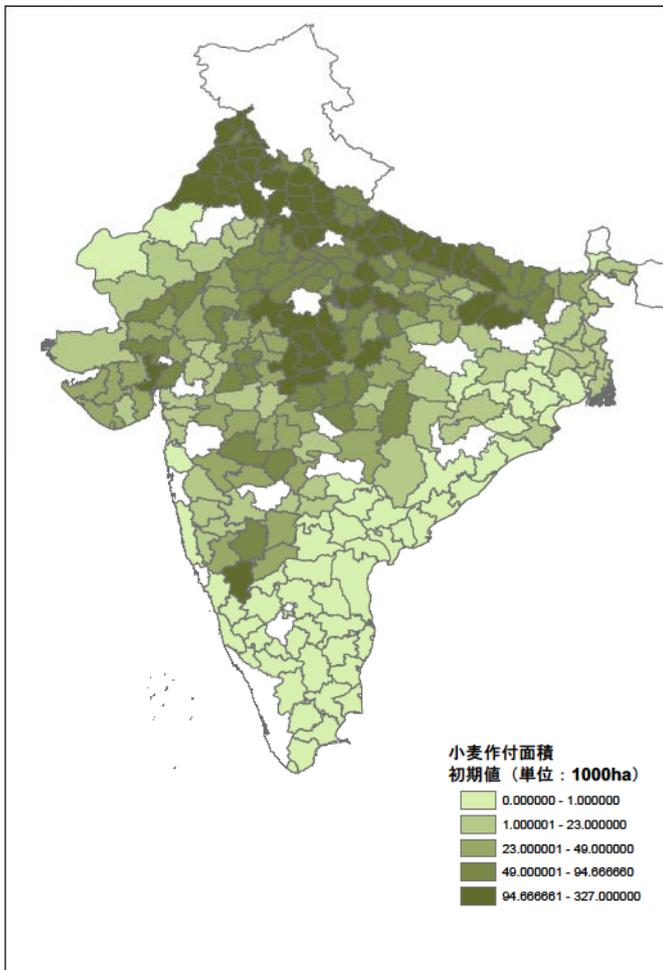
# Map 2.2



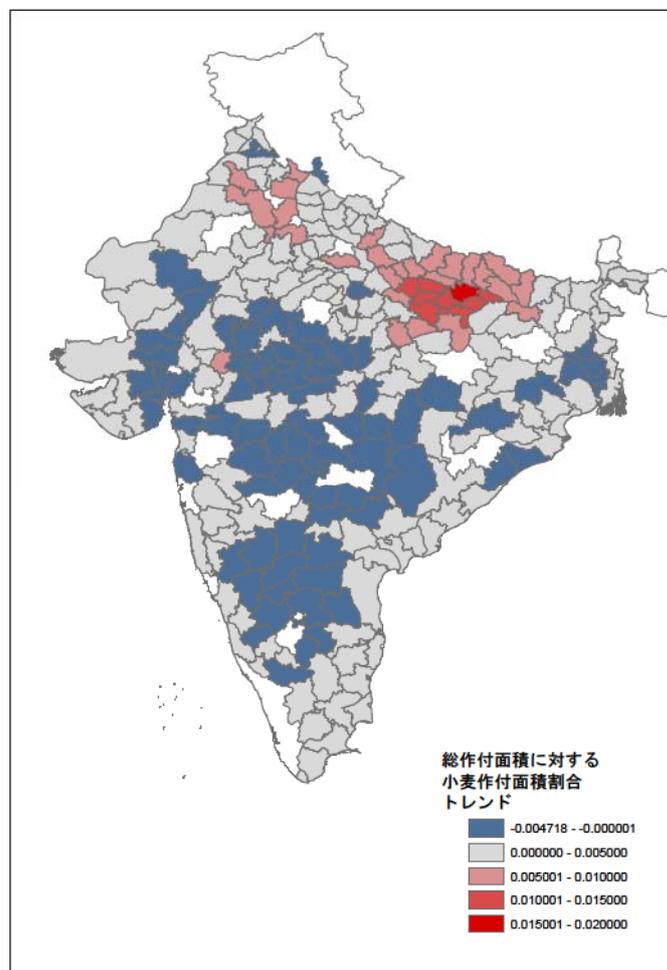
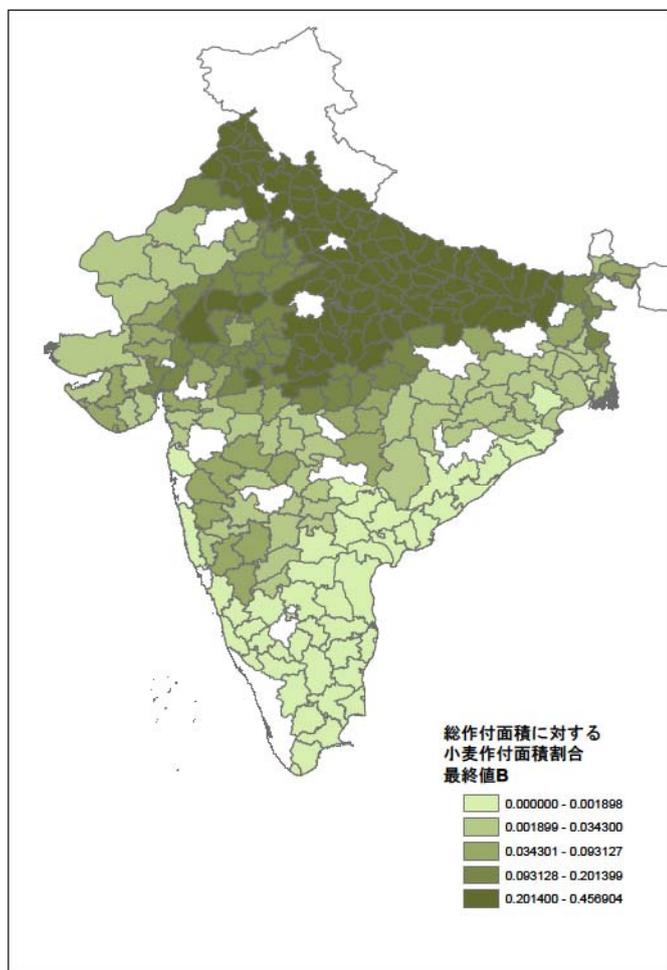
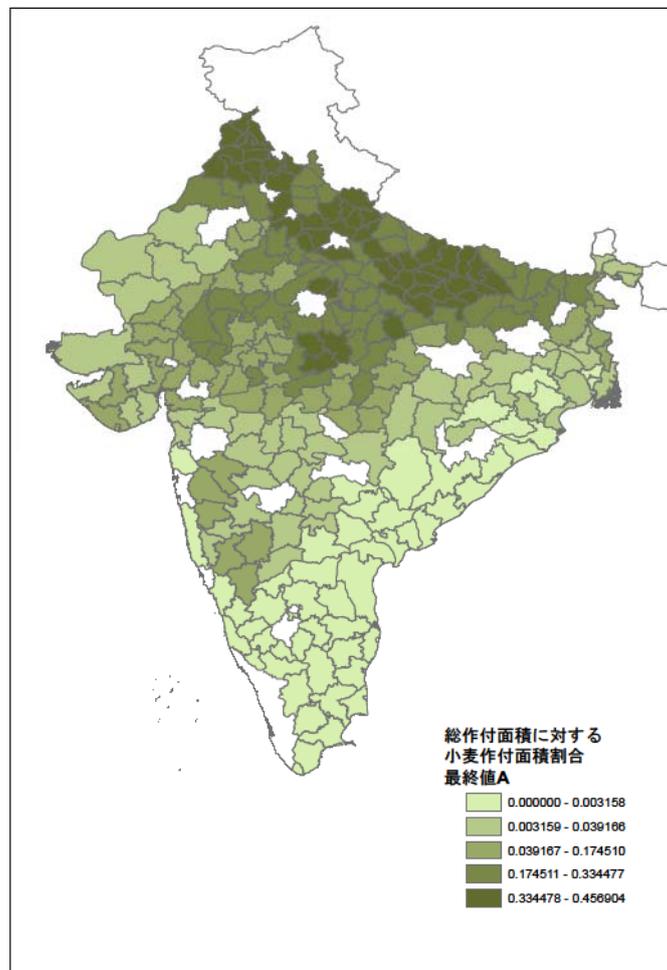
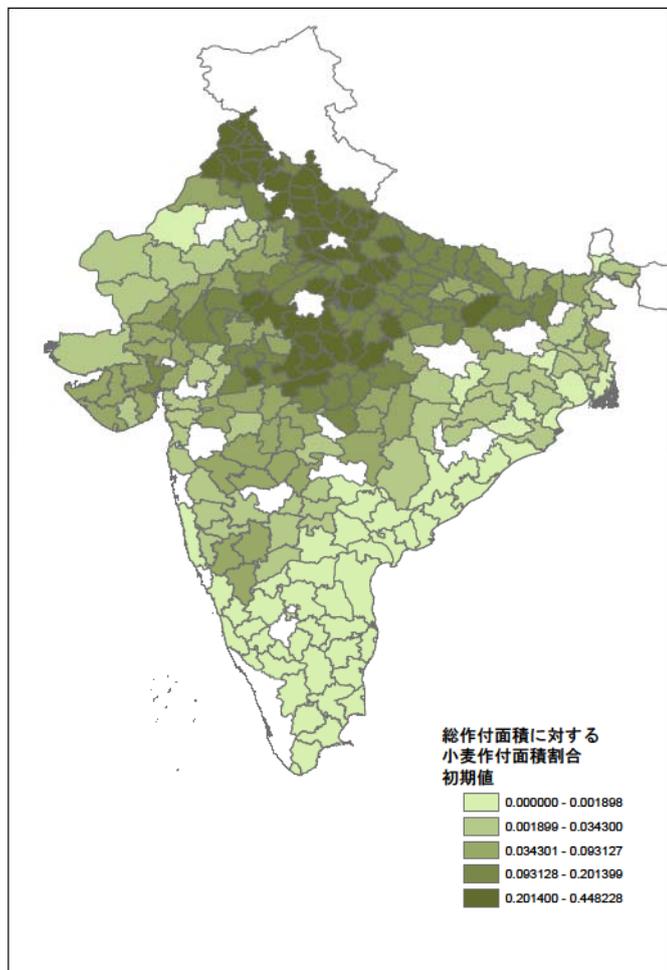
# Map 2.2 (cont'd)



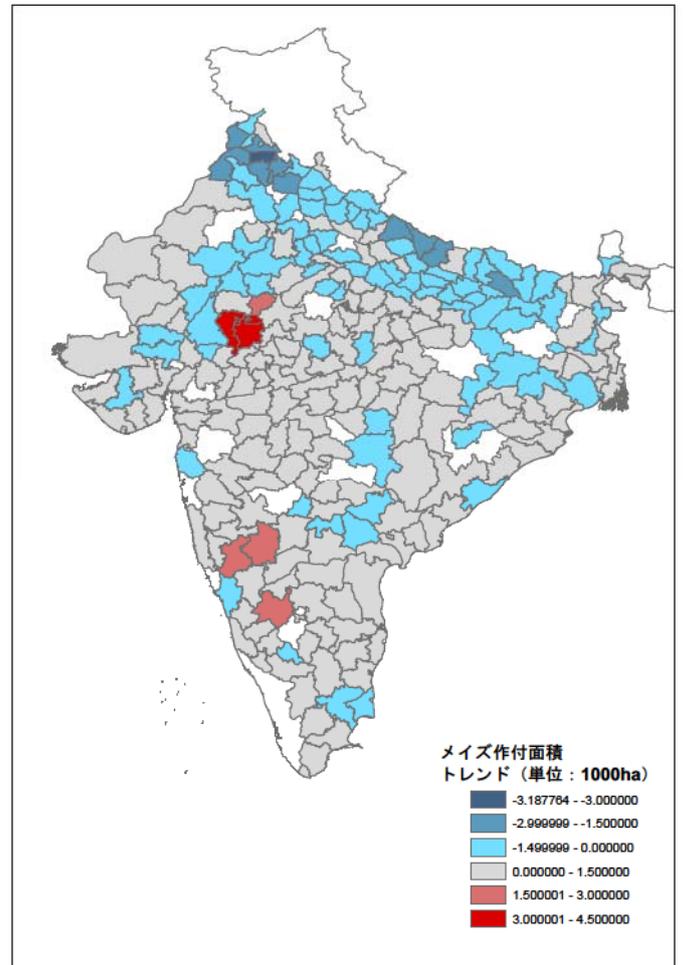
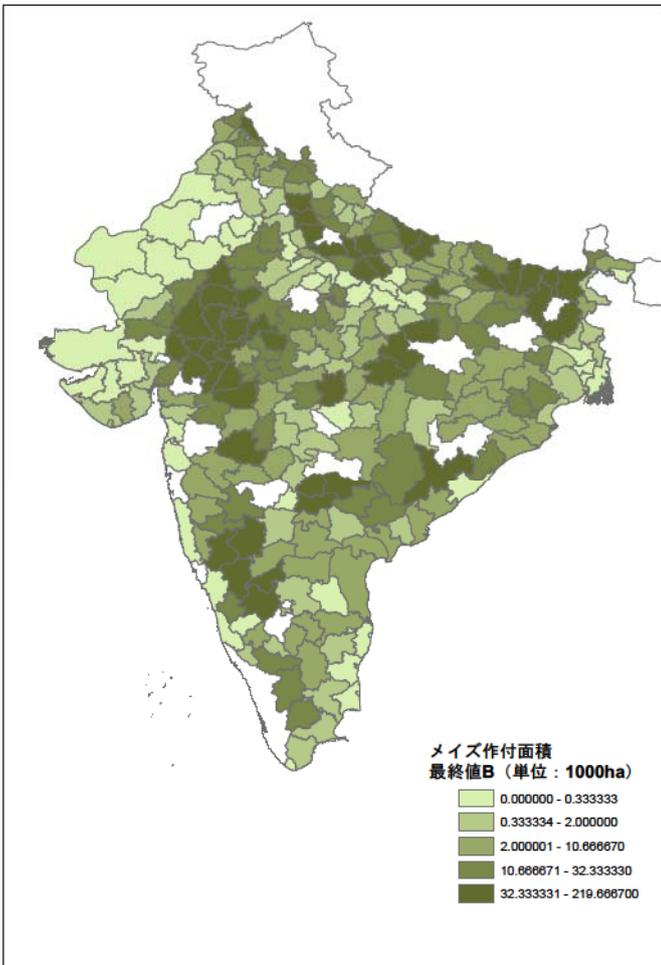
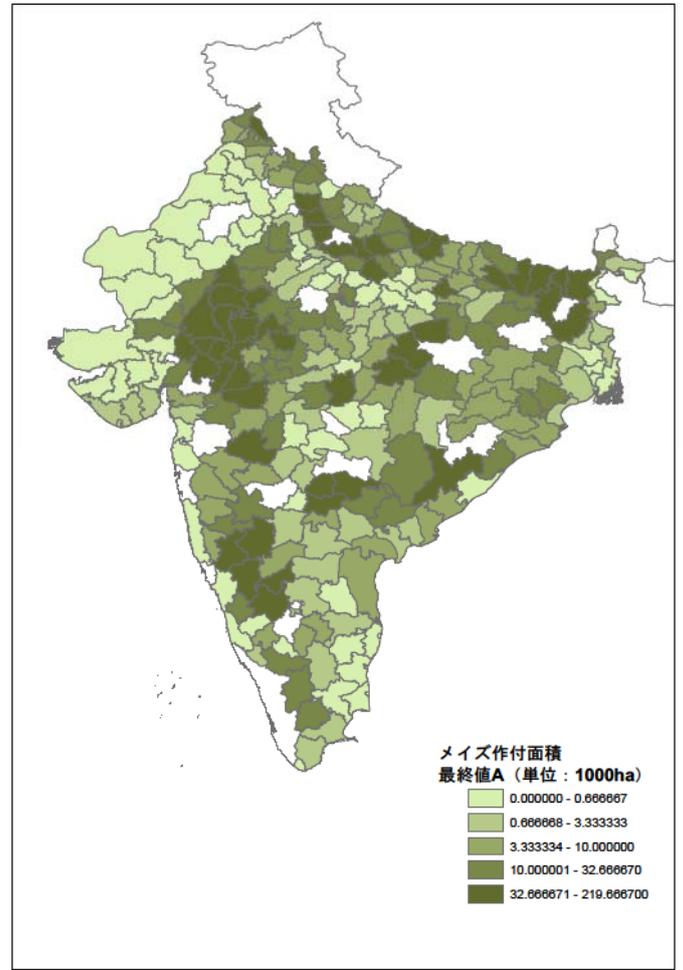
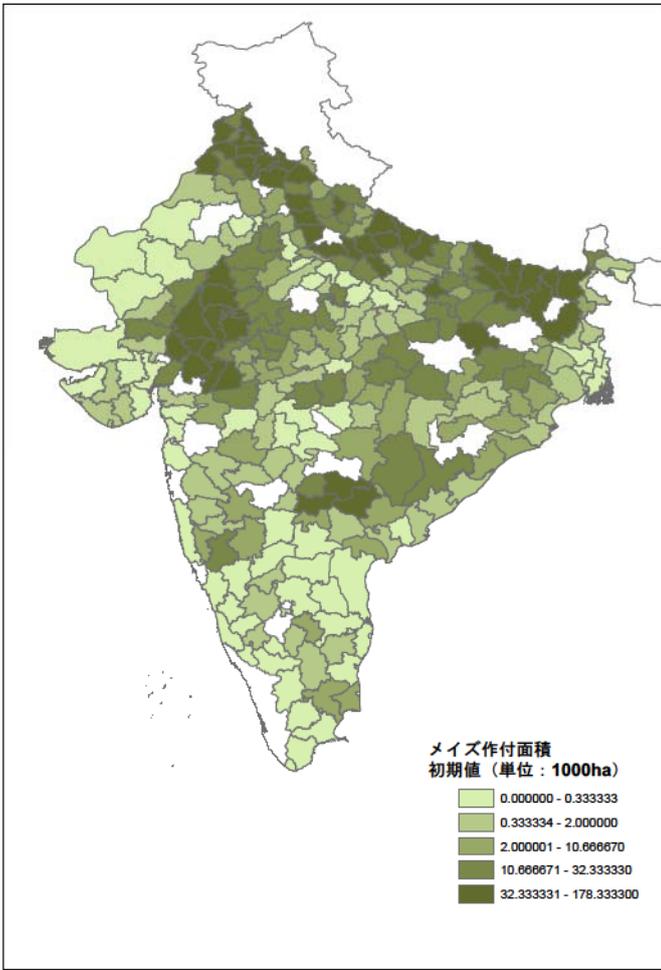
# Map 2.3



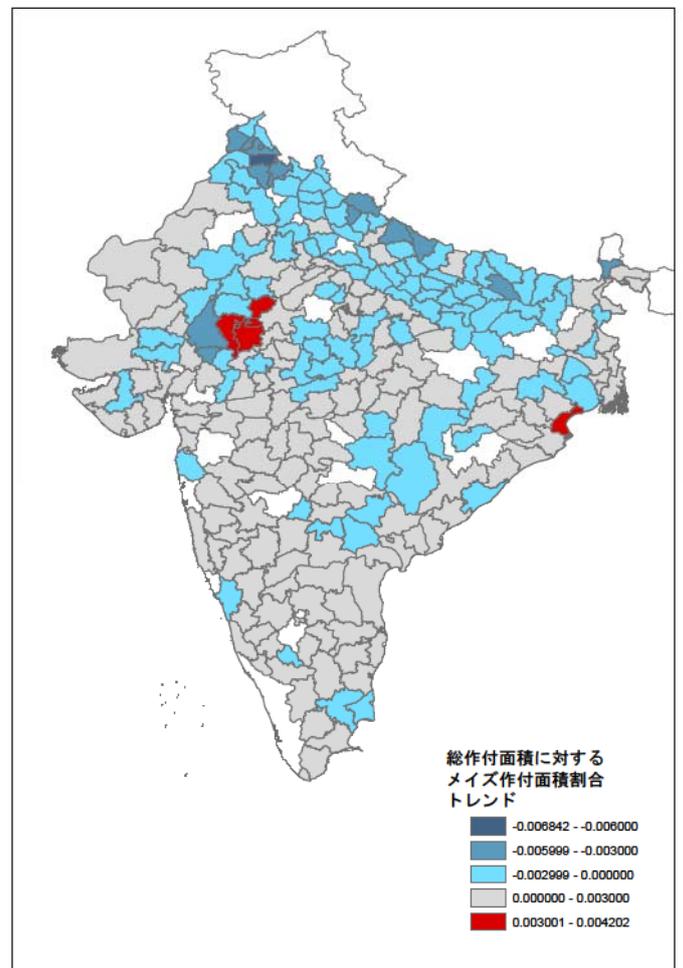
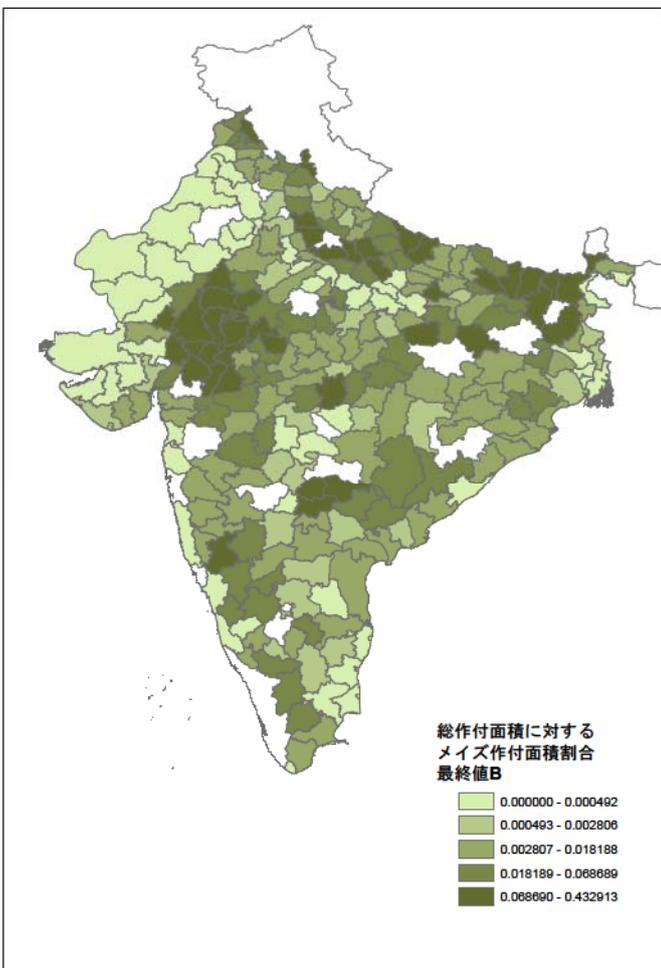
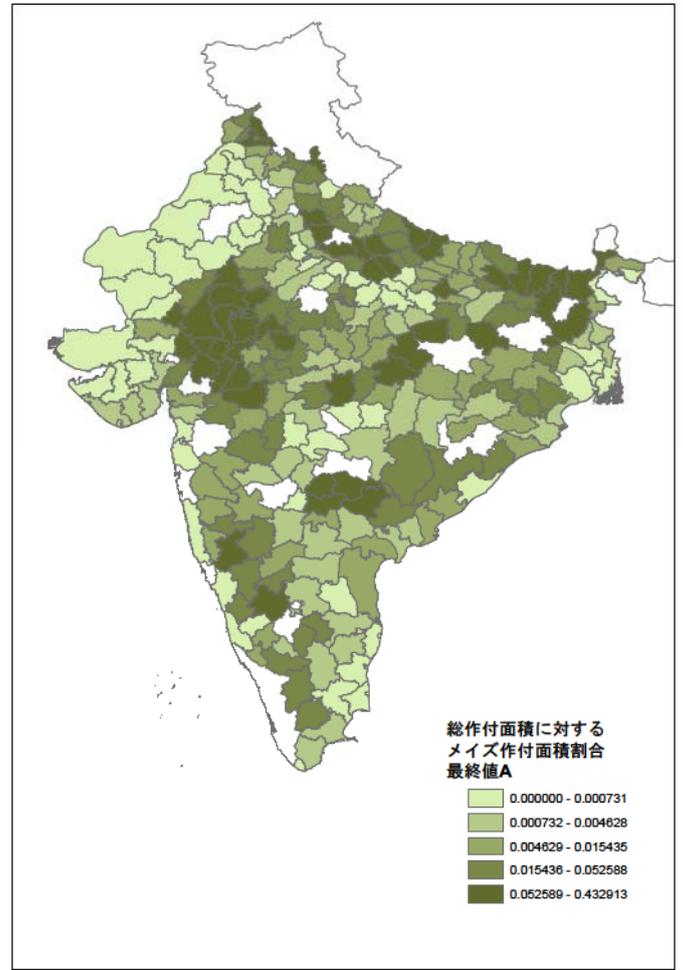
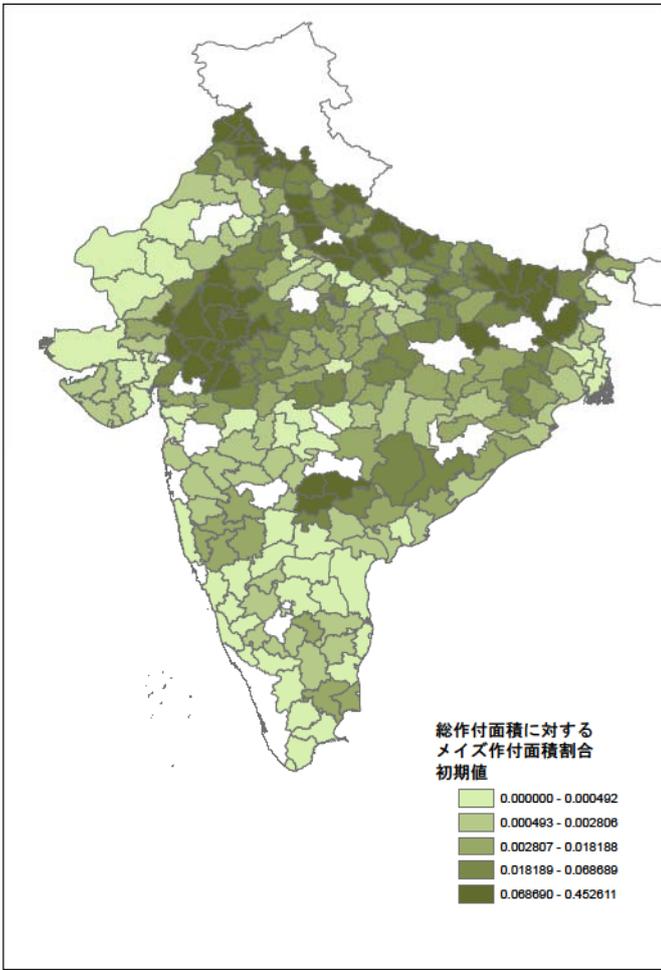
# Map 2.3 (cont'd)



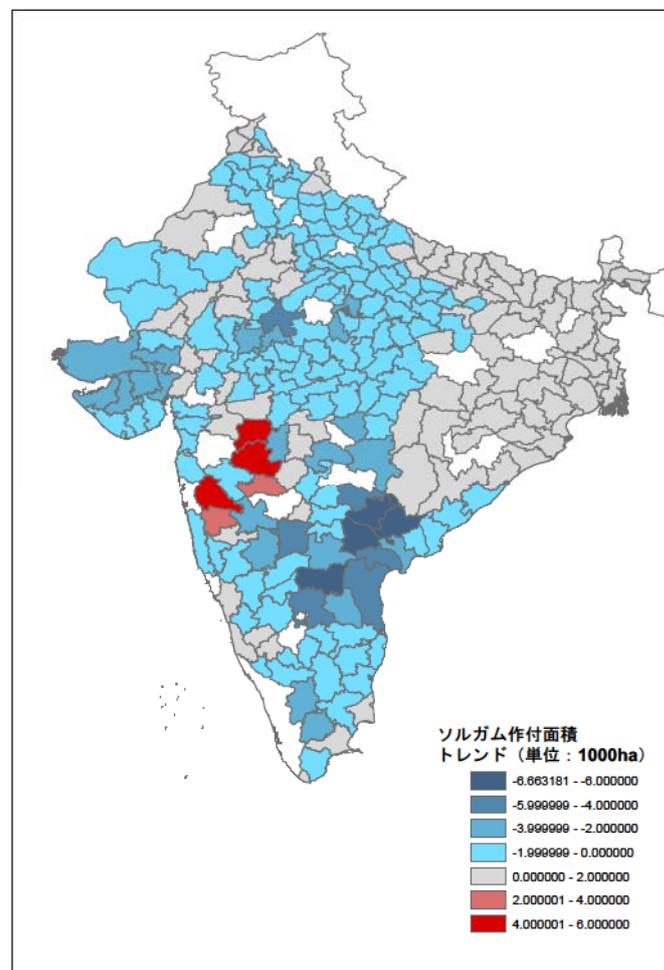
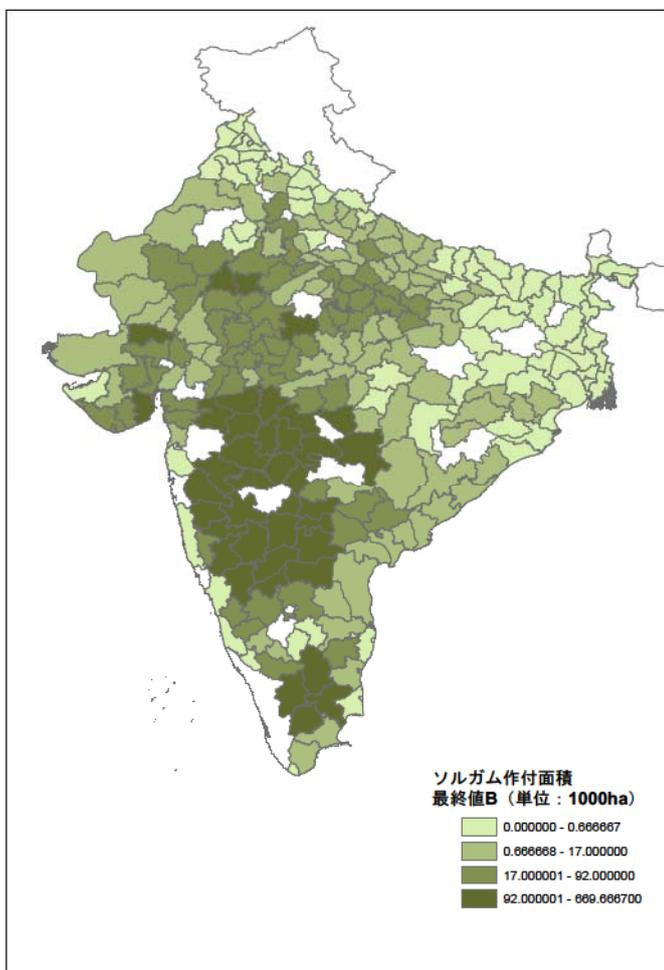
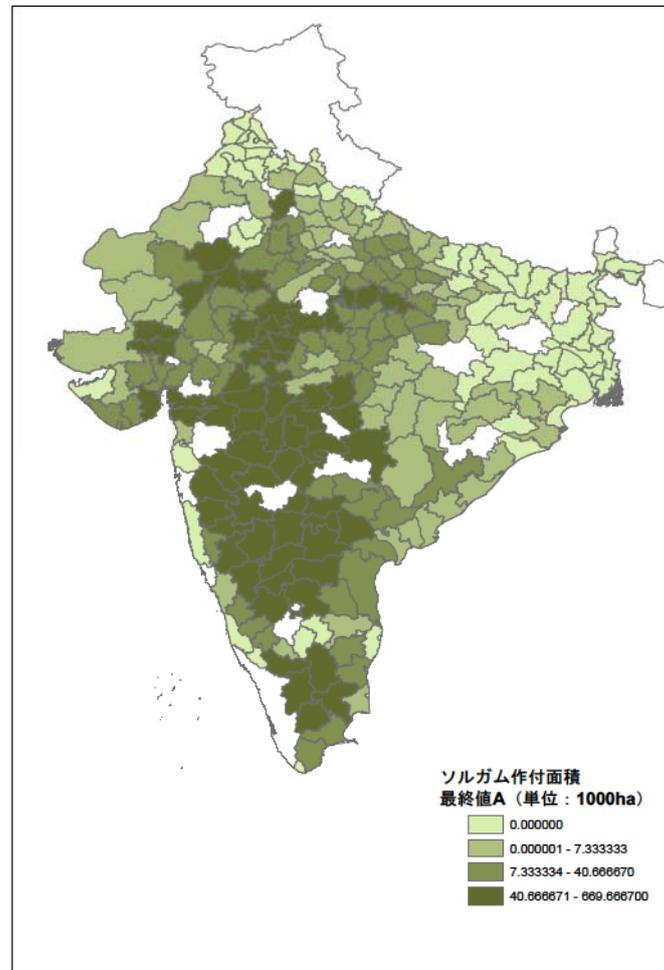
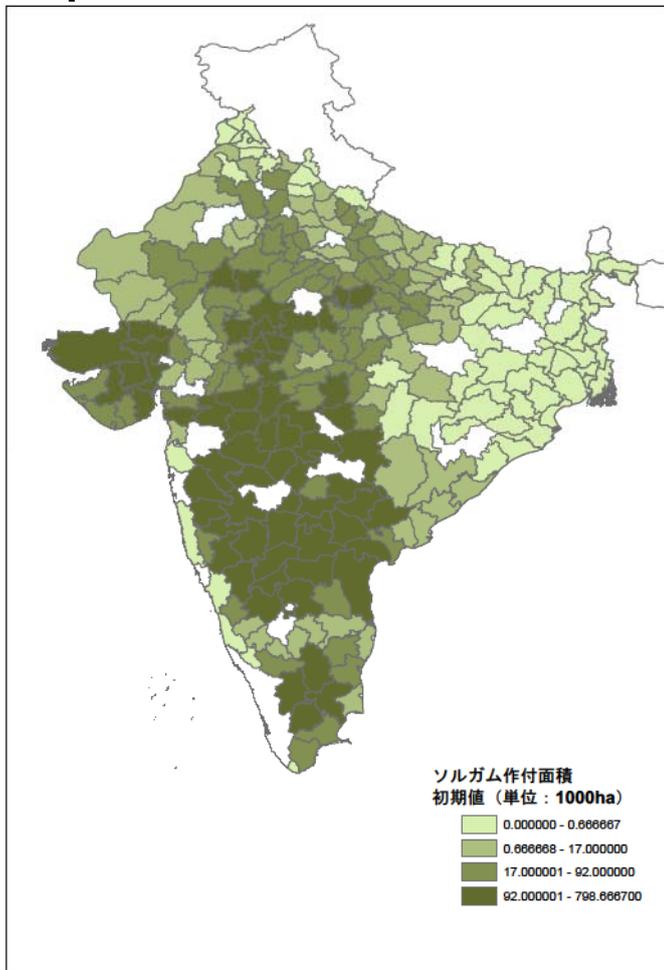
# Map 2.4



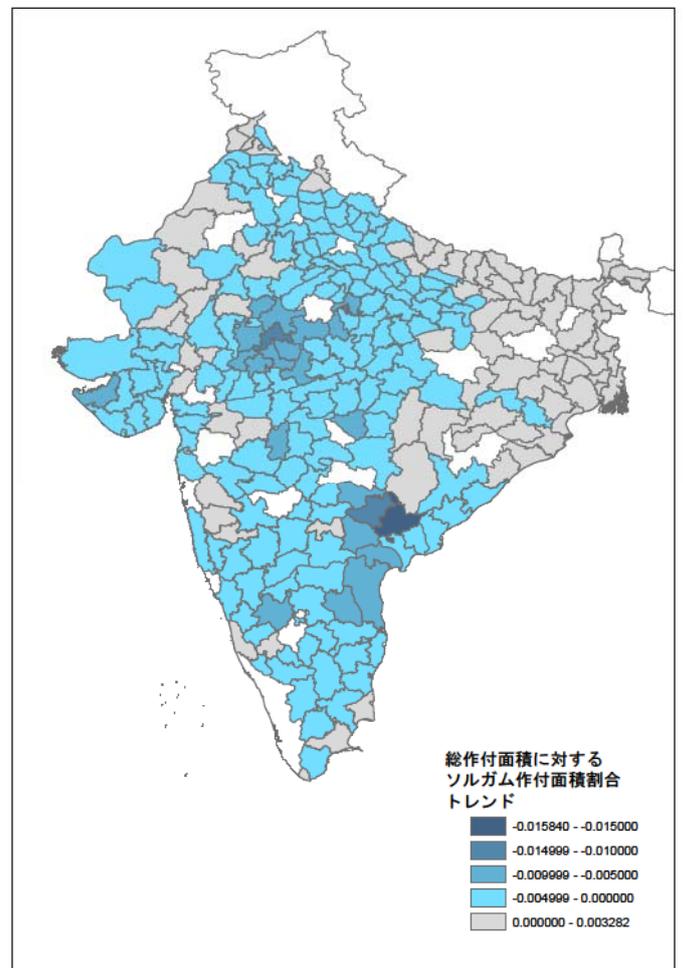
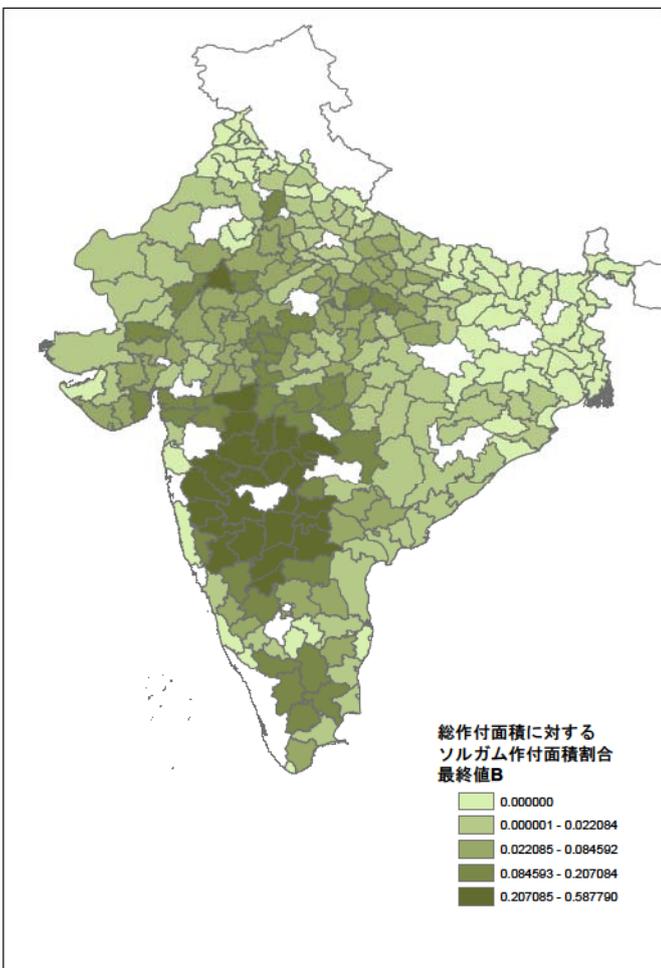
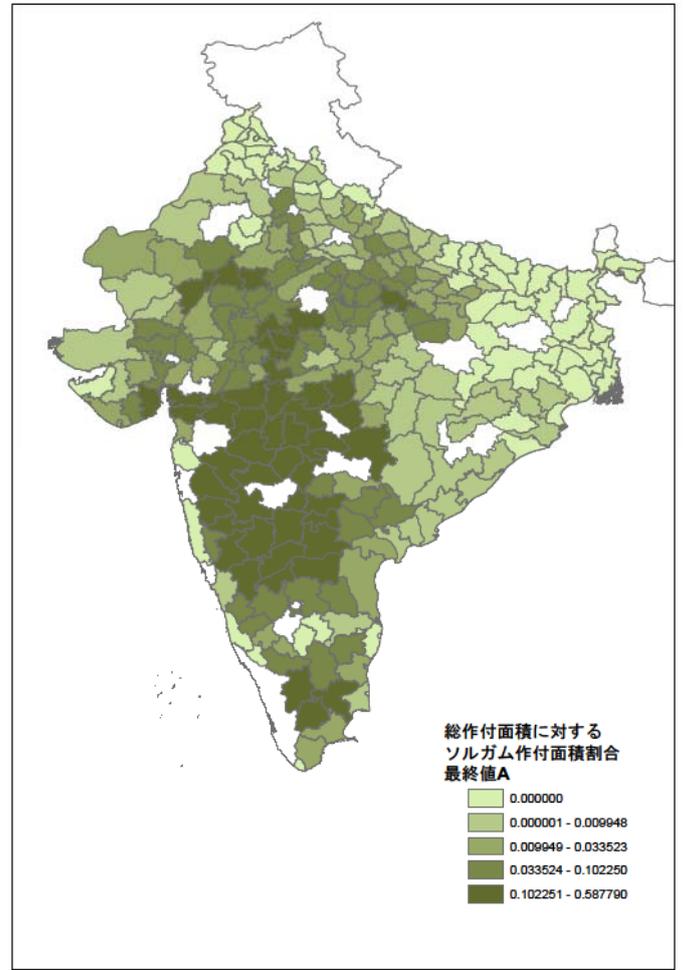
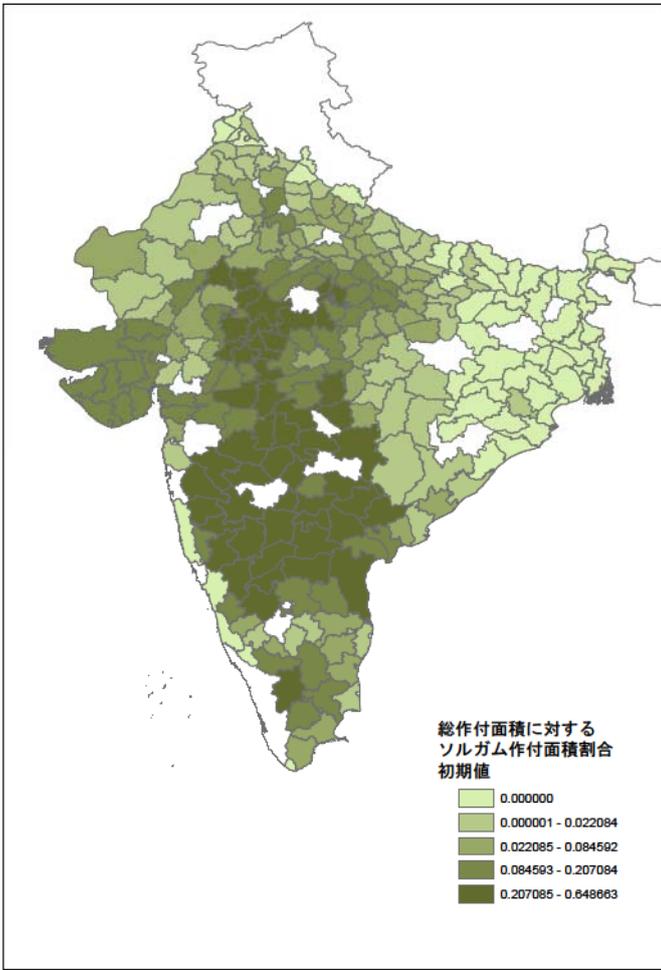
# Map 2.4 (cont'd)



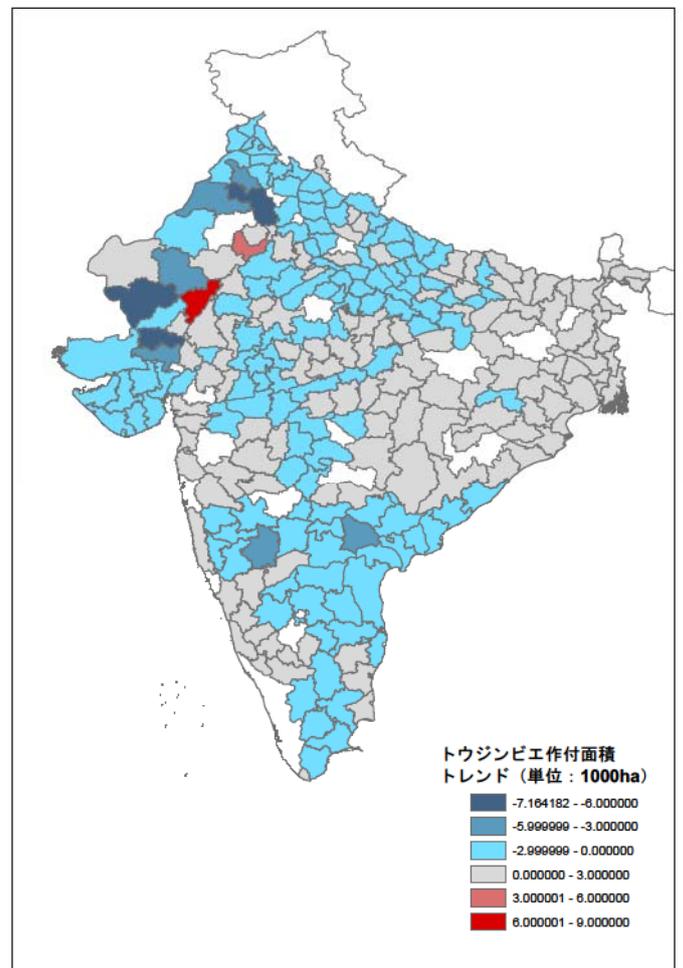
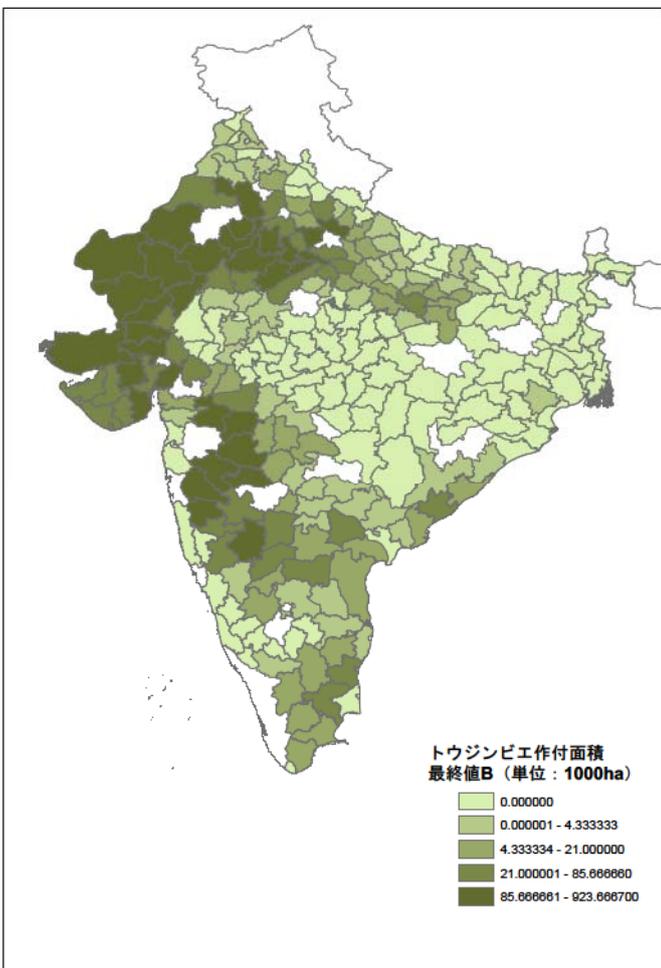
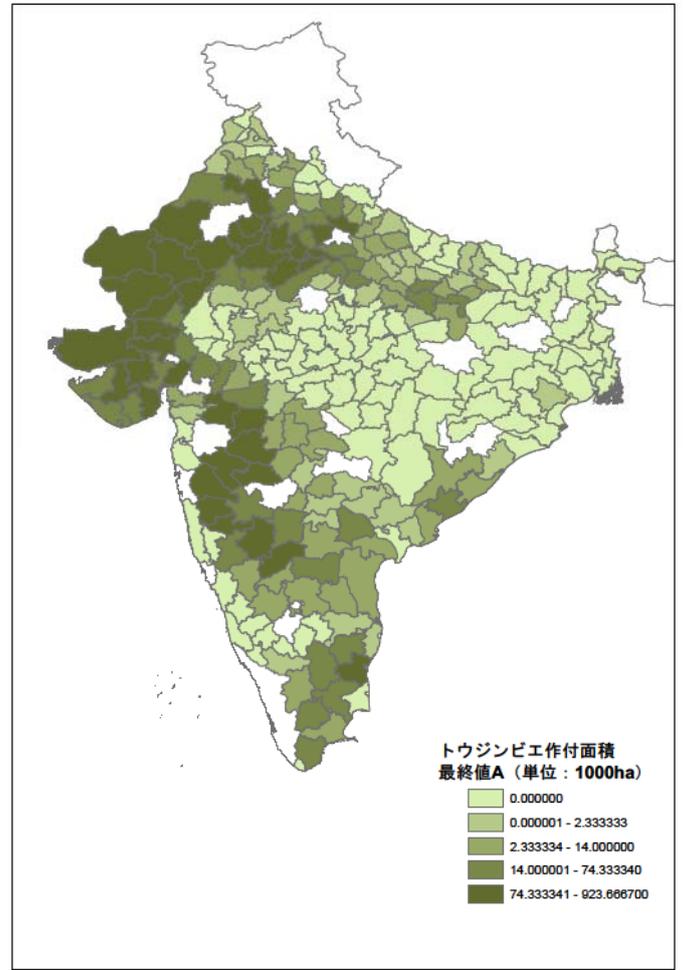
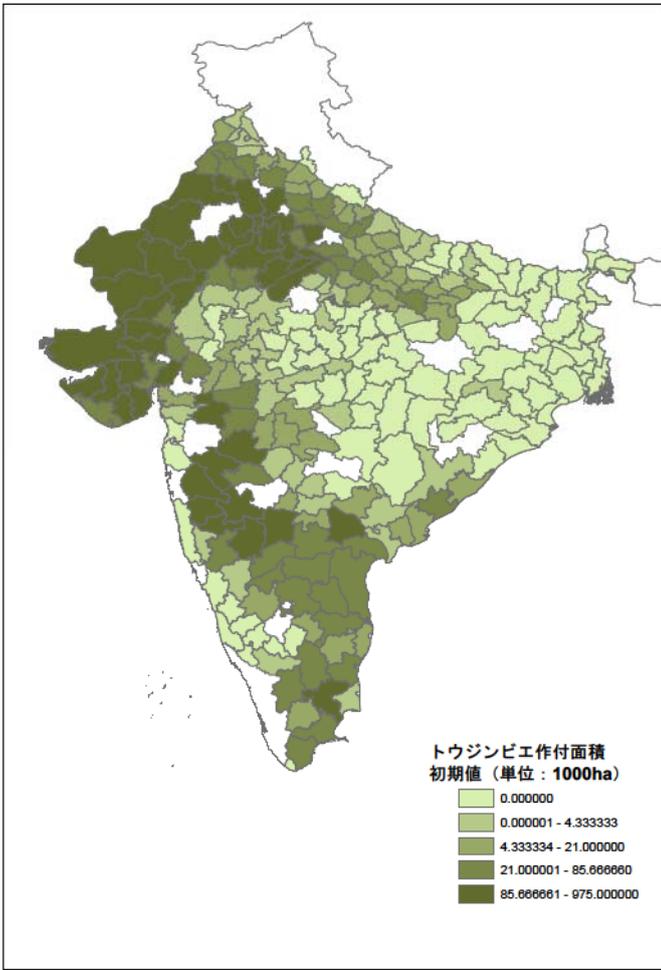
# Map 2.5



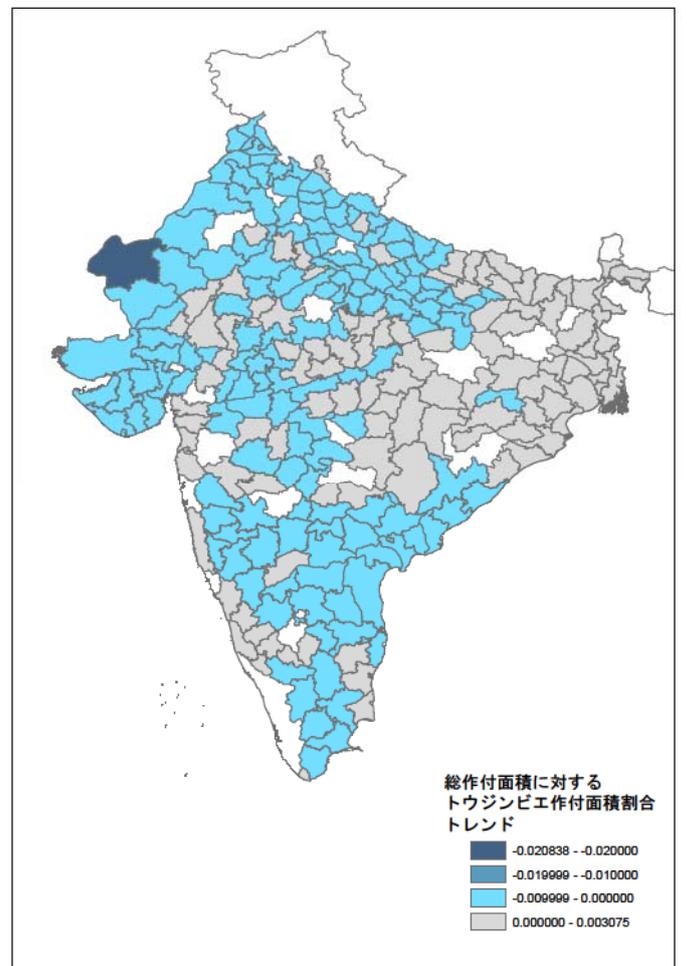
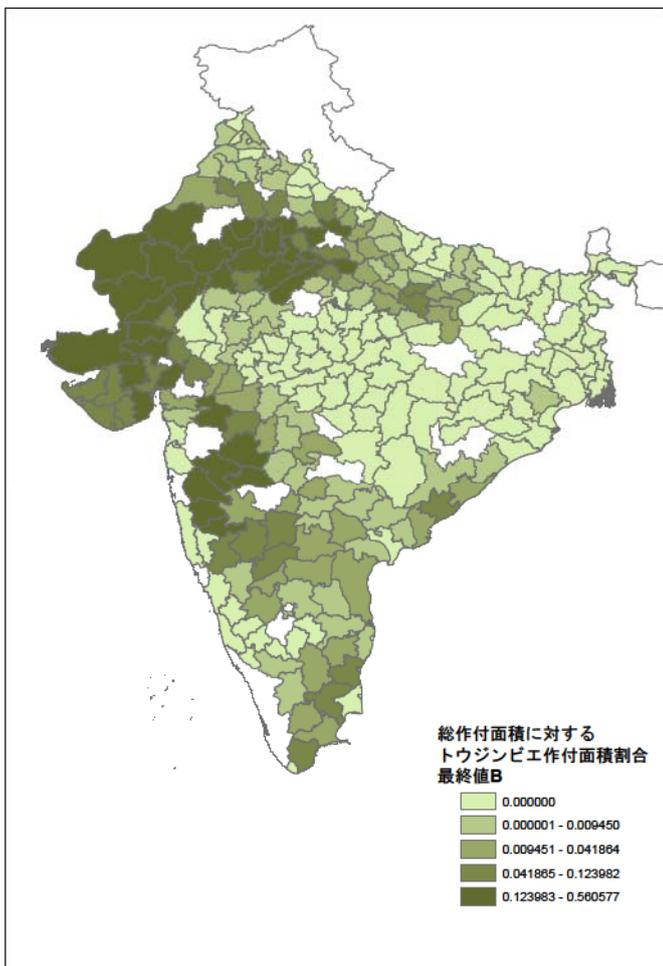
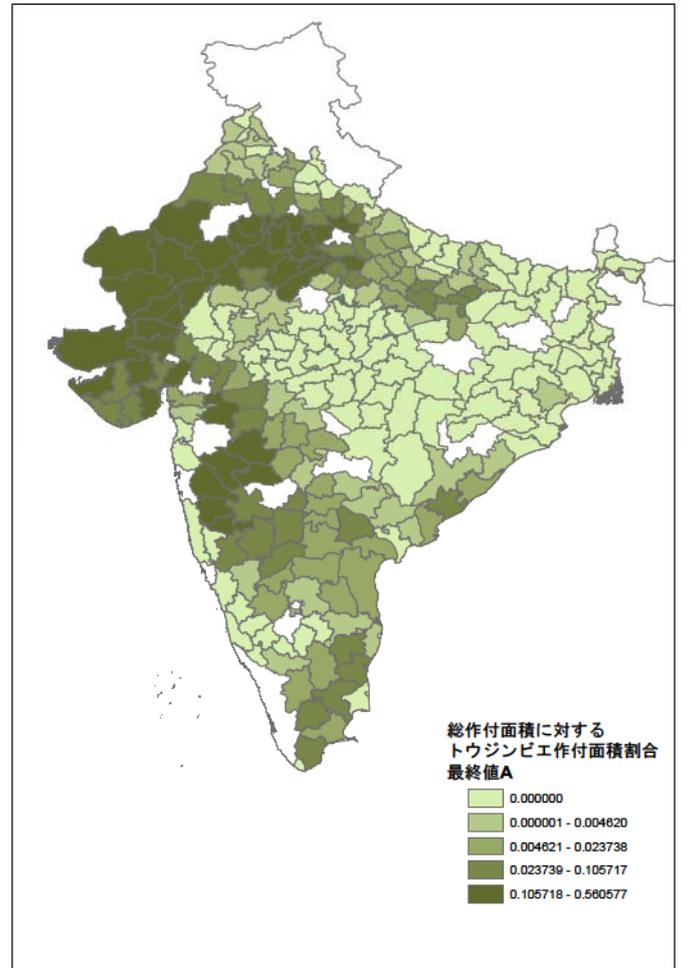
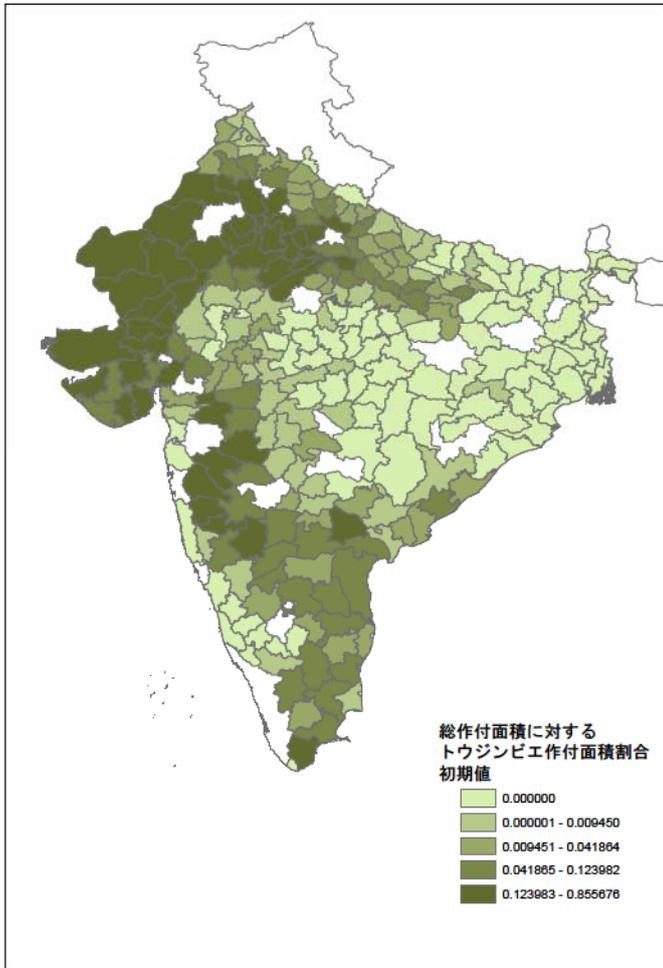
# Map 2.5 (cont'd)



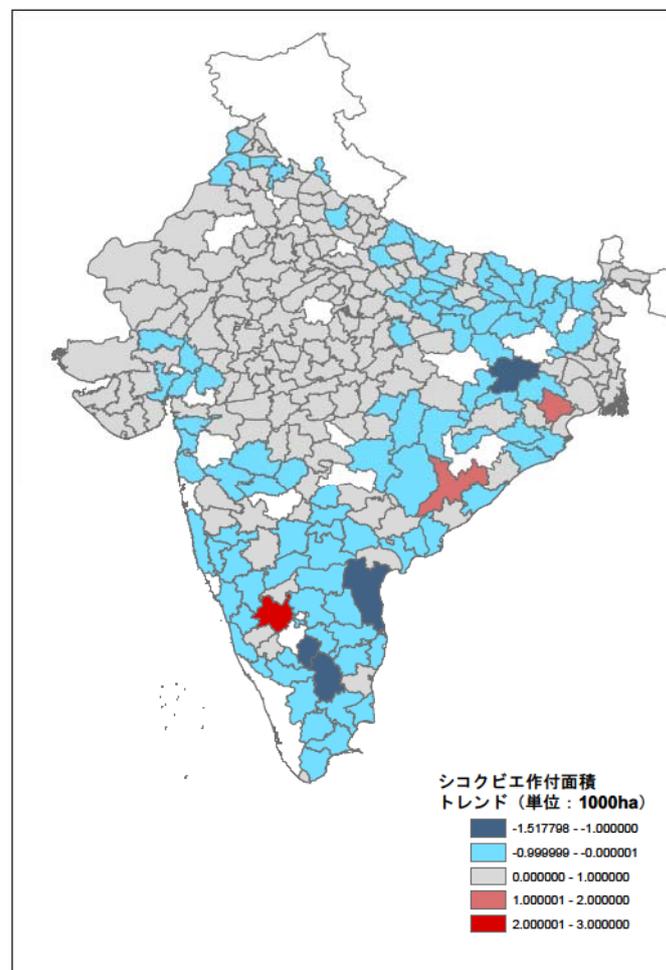
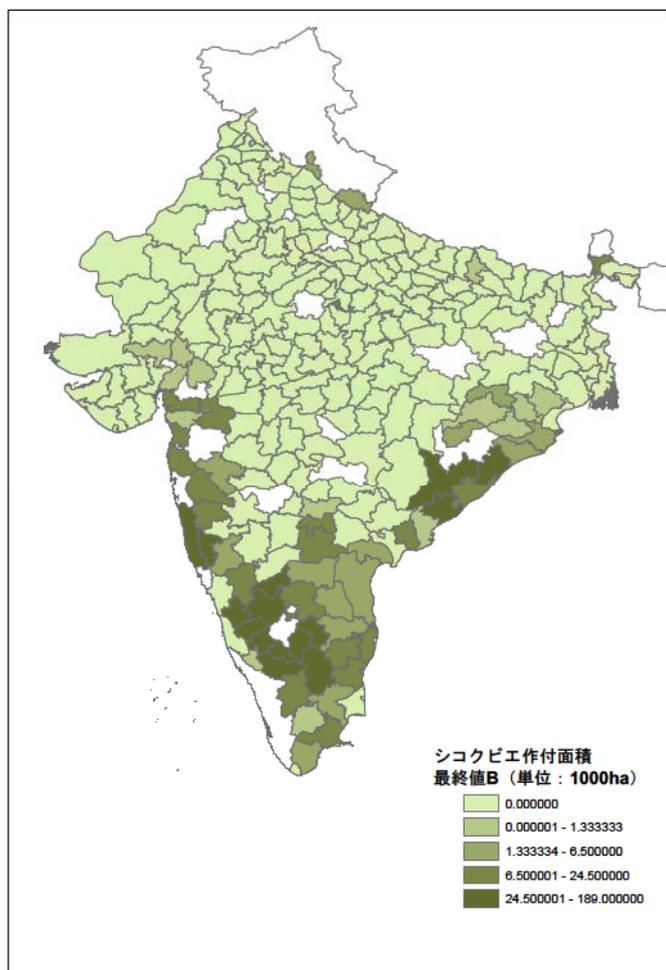
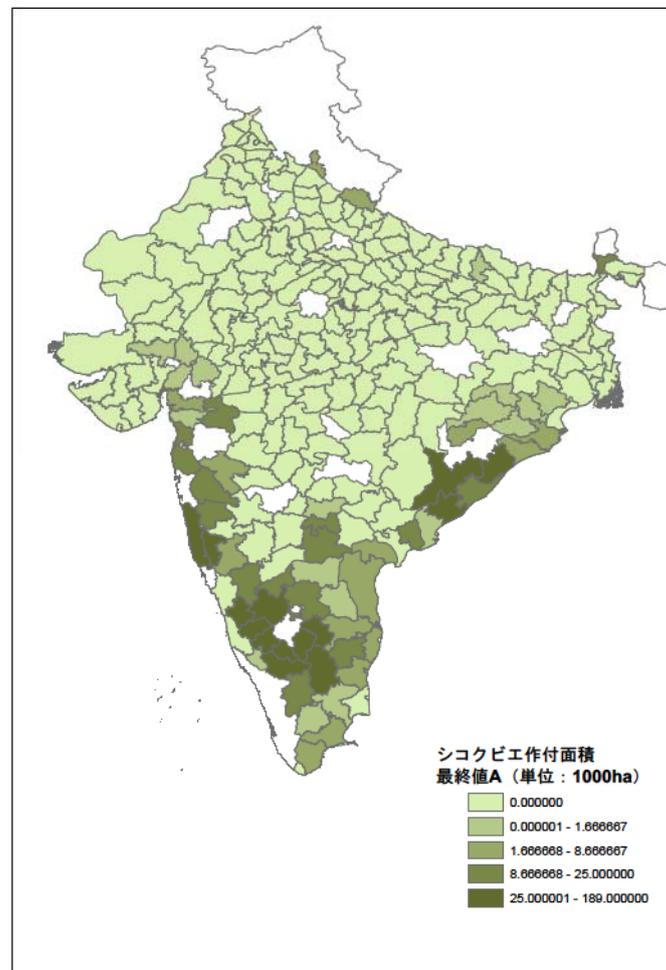
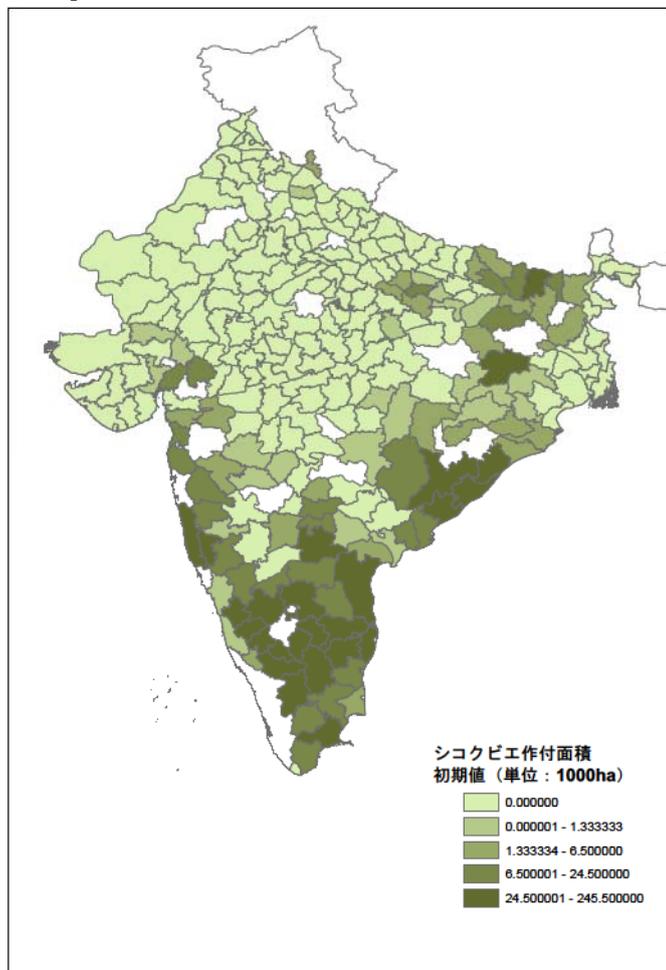
# Map 2.6



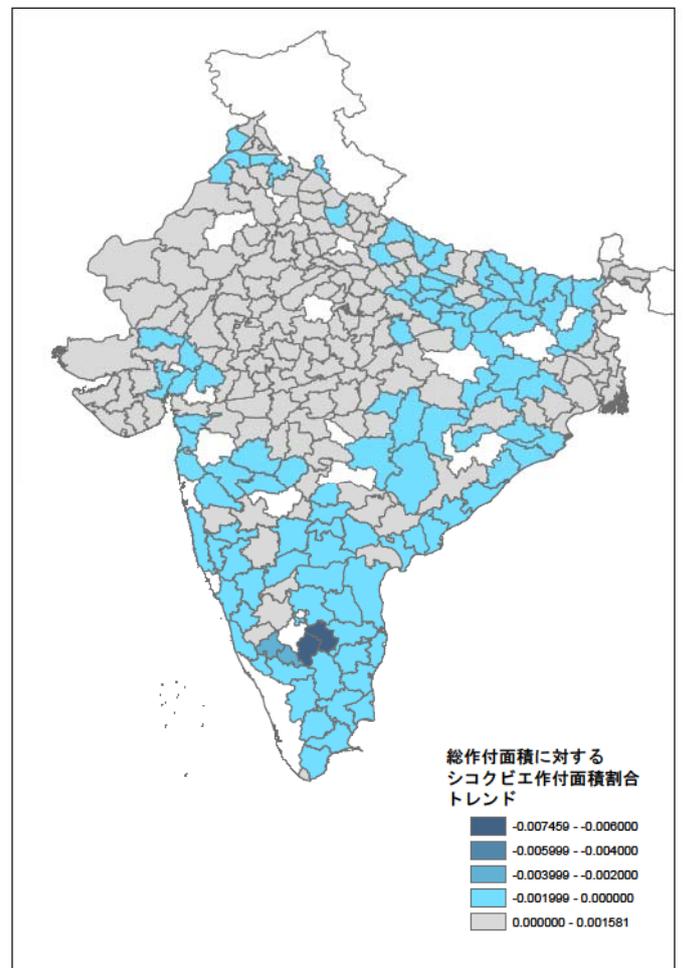
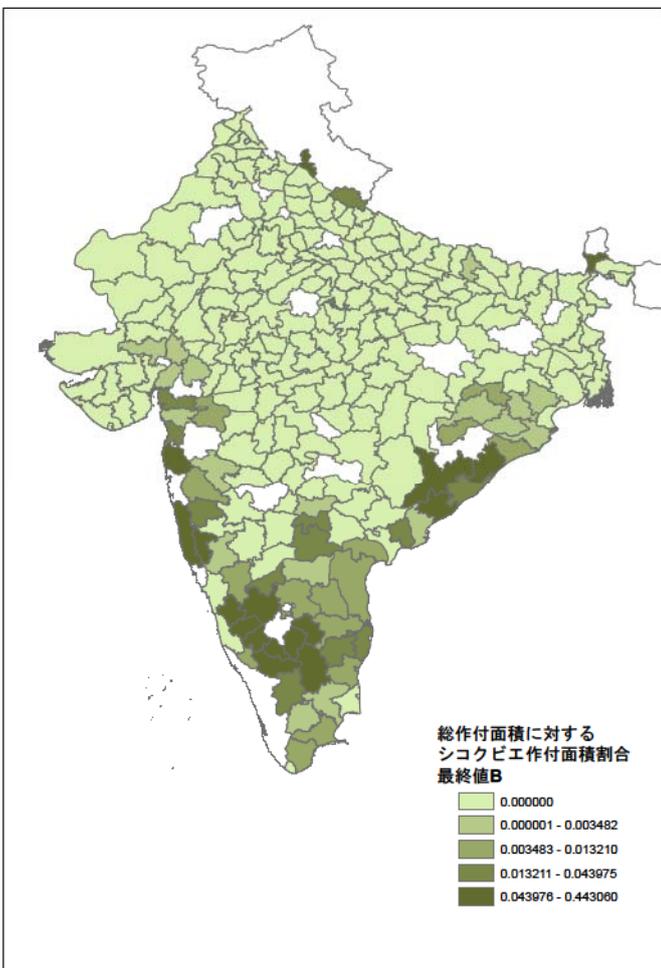
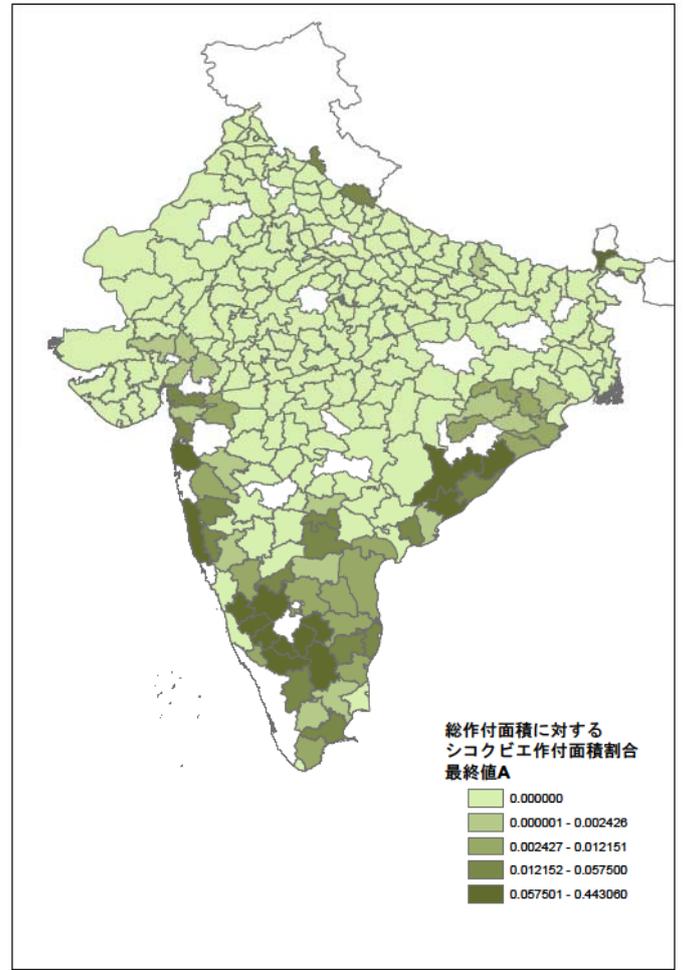
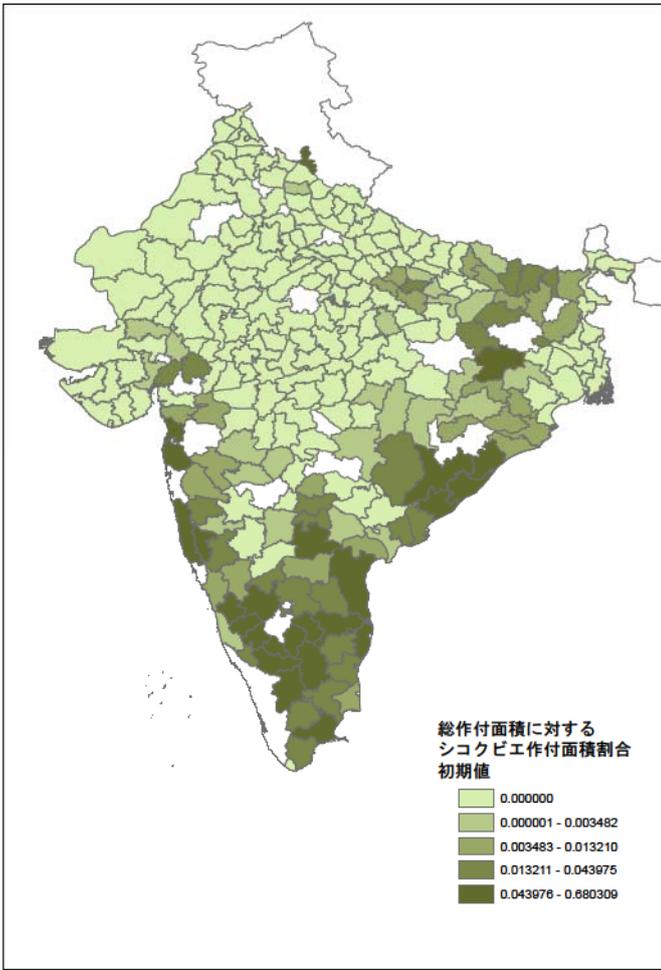
# Map 2.6 (cont'd)



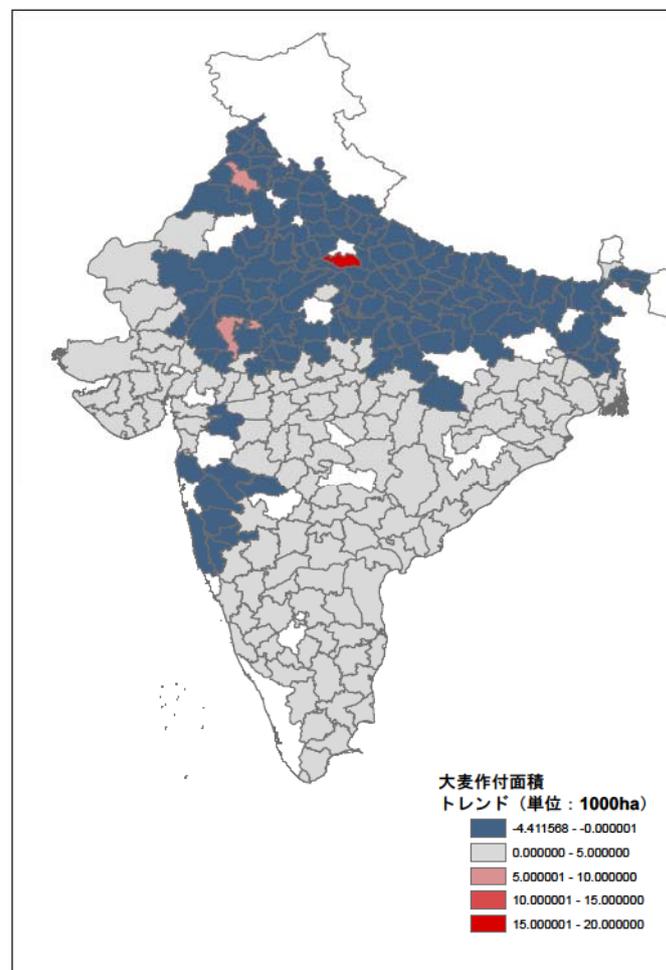
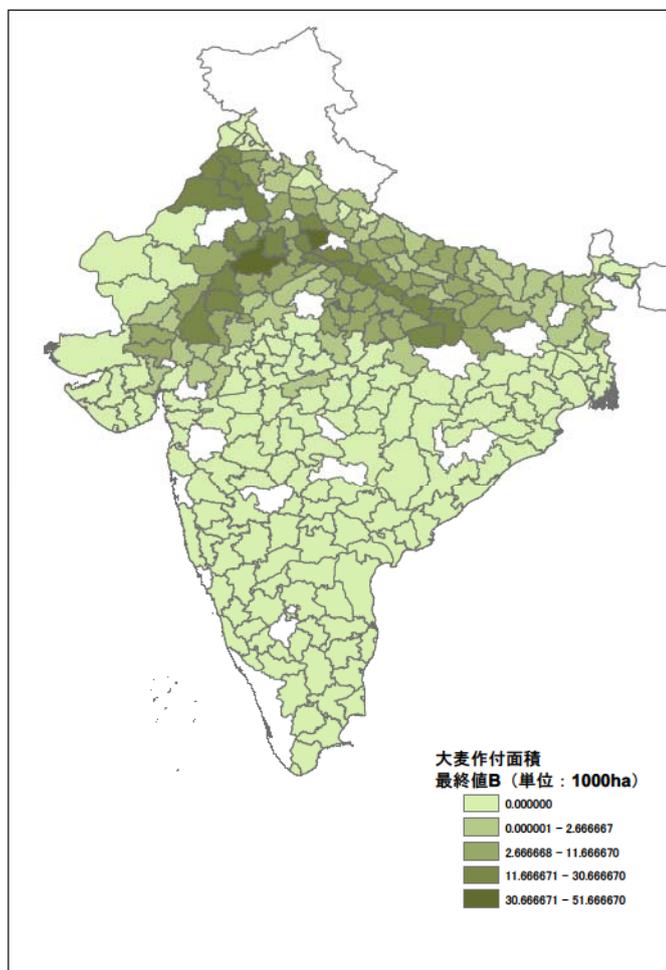
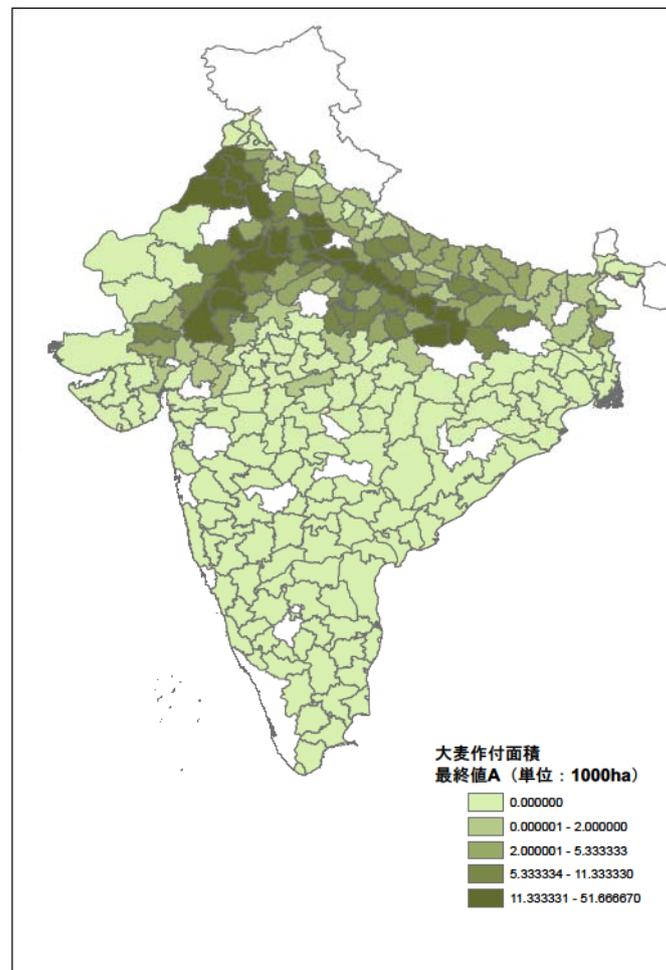
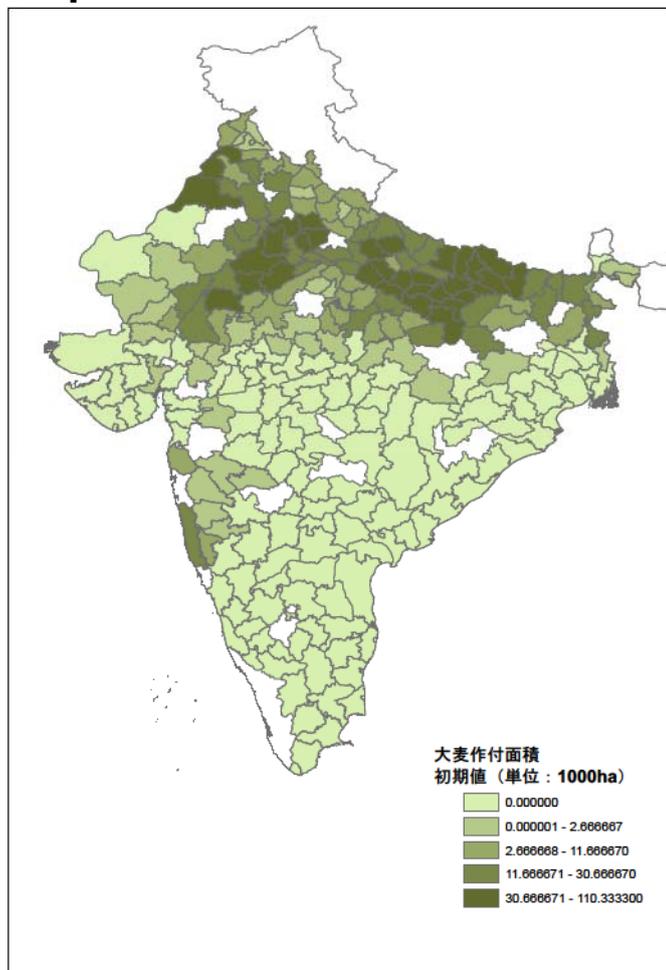
# Map 2.7



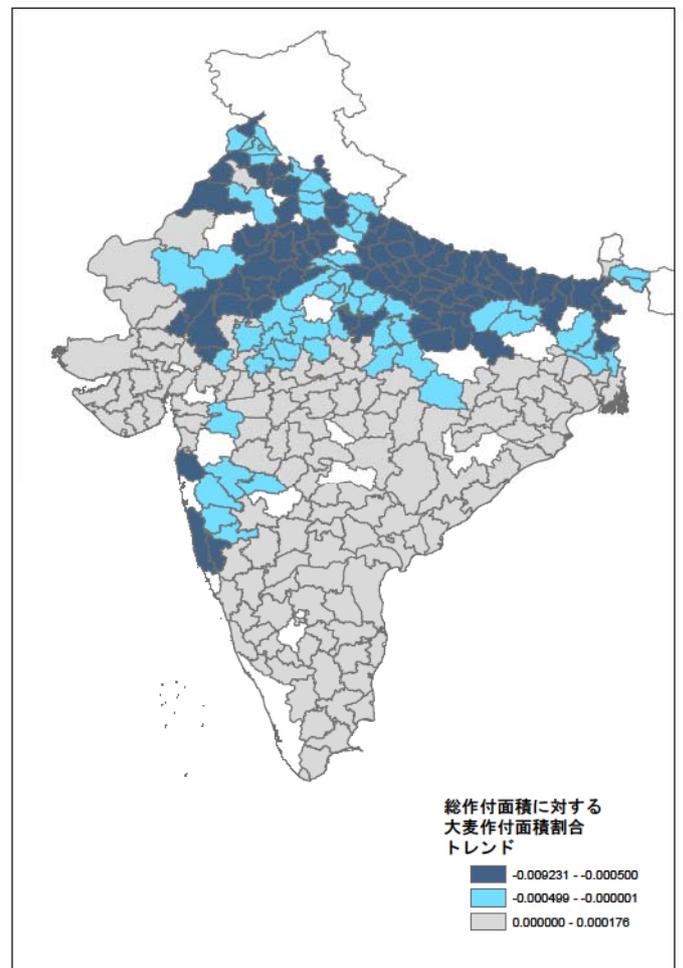
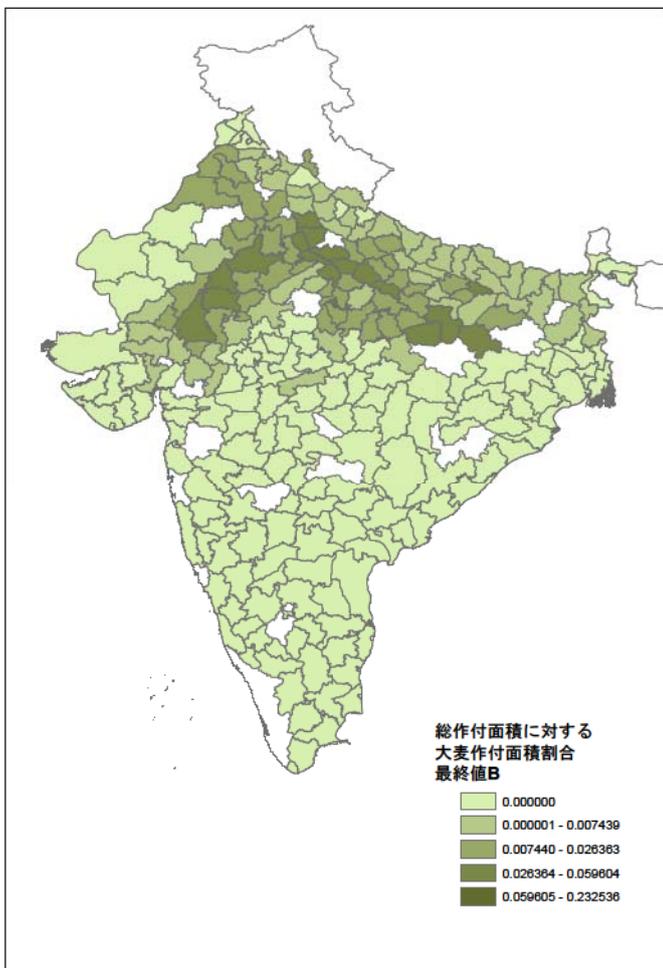
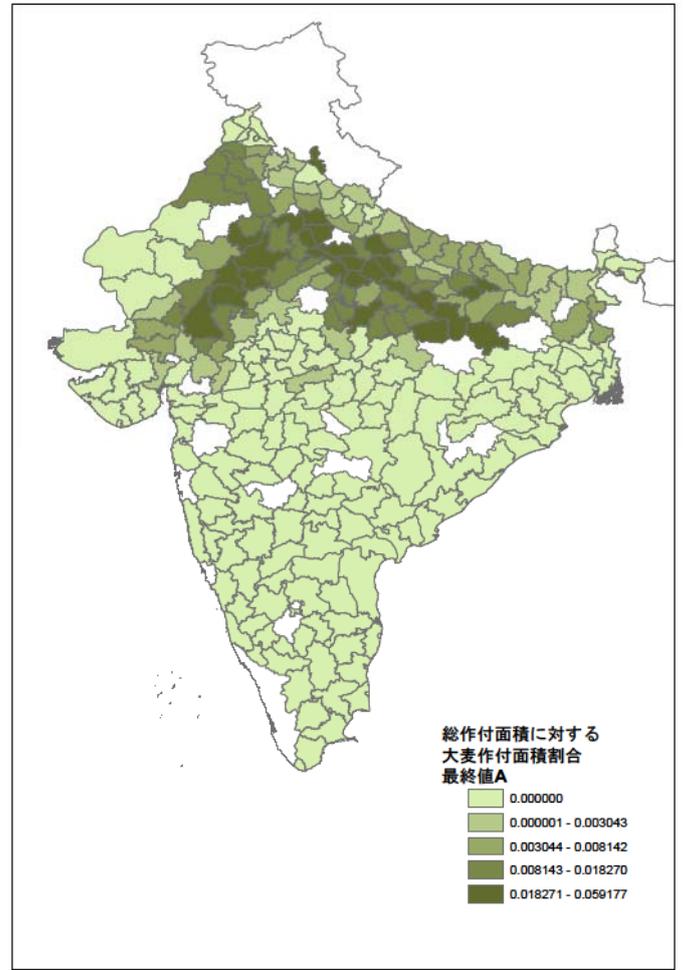
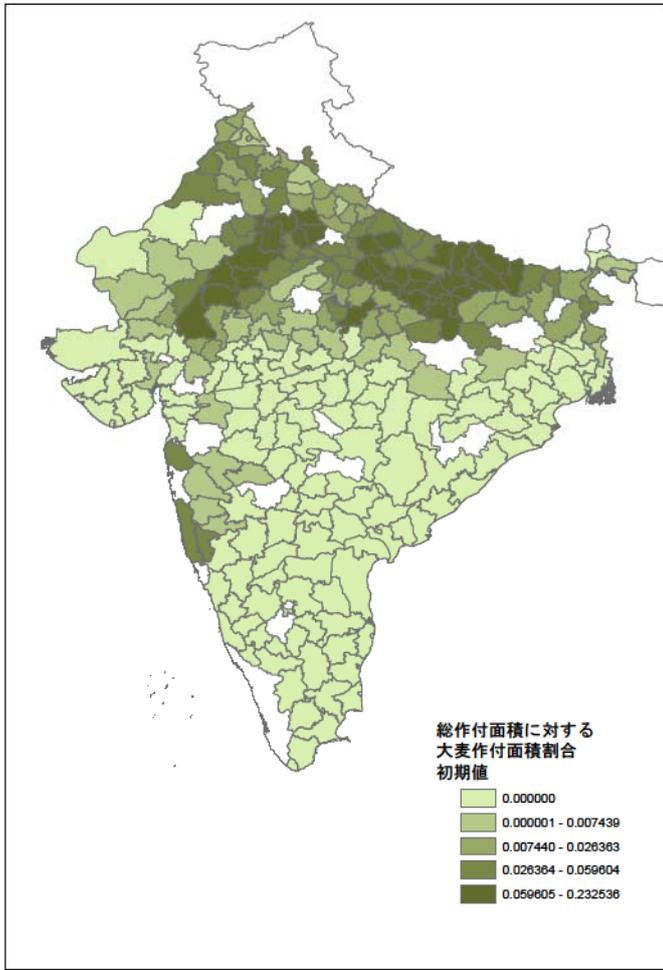
# Map 2.7 (cont'd)



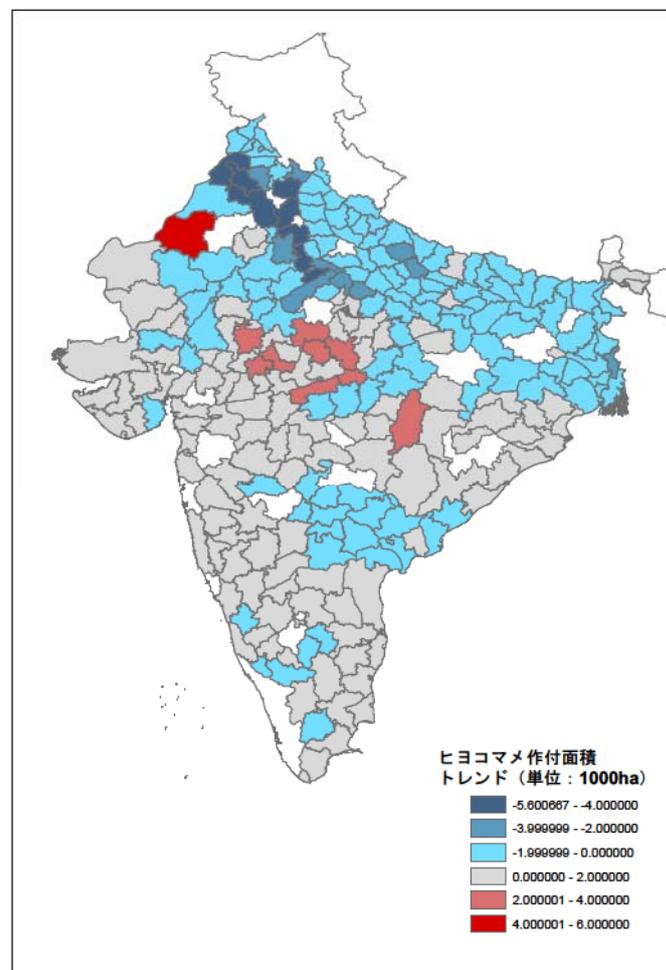
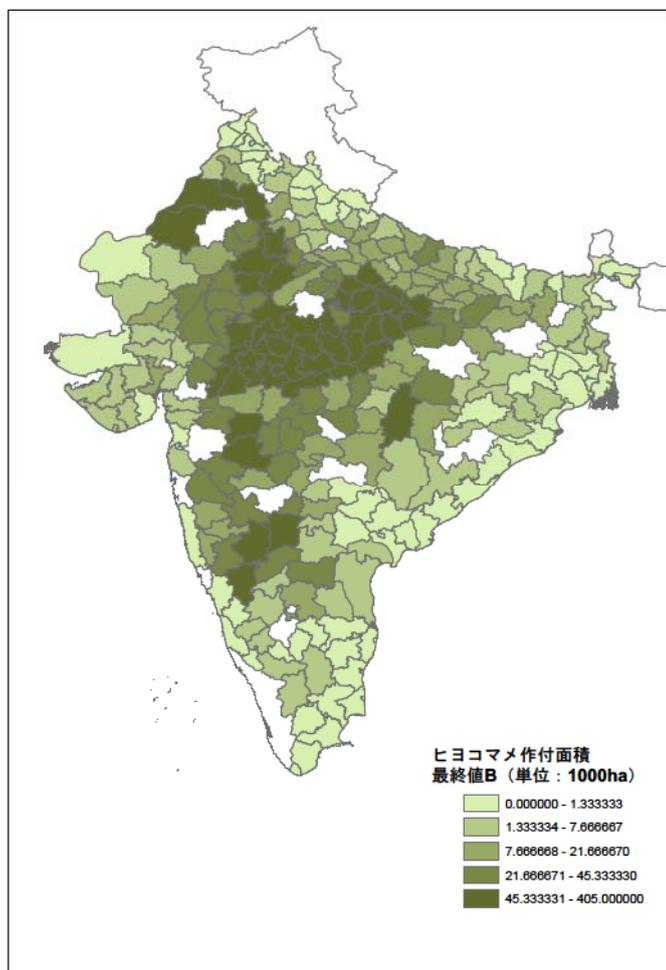
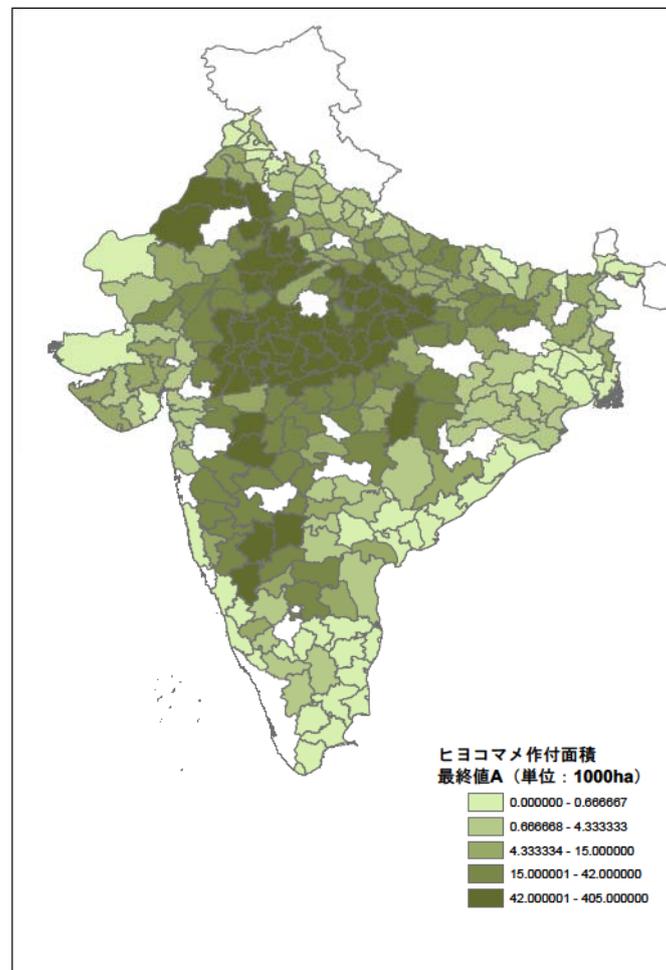
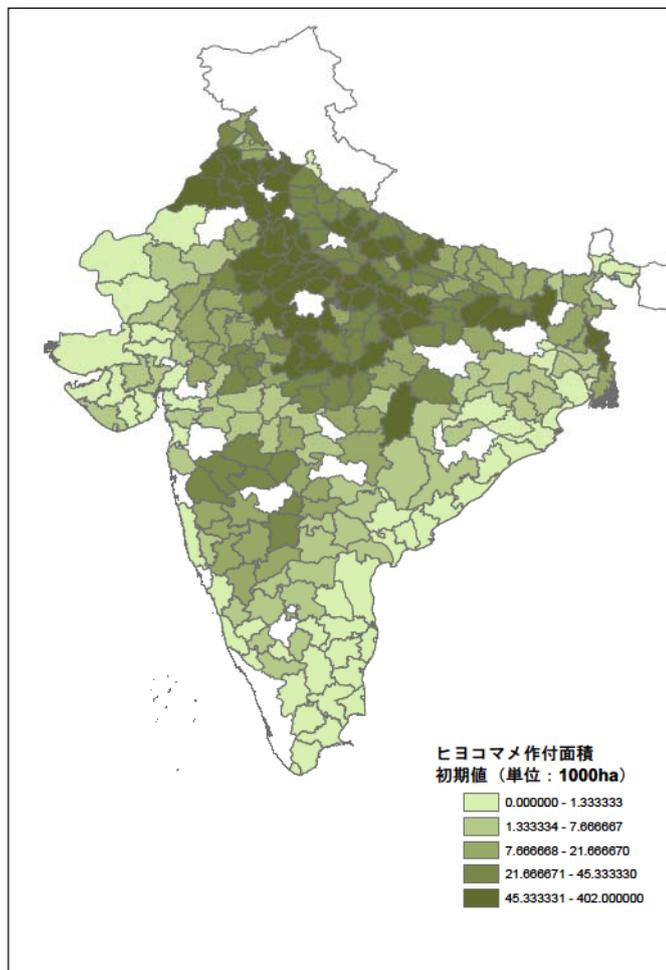
# Map 2.8



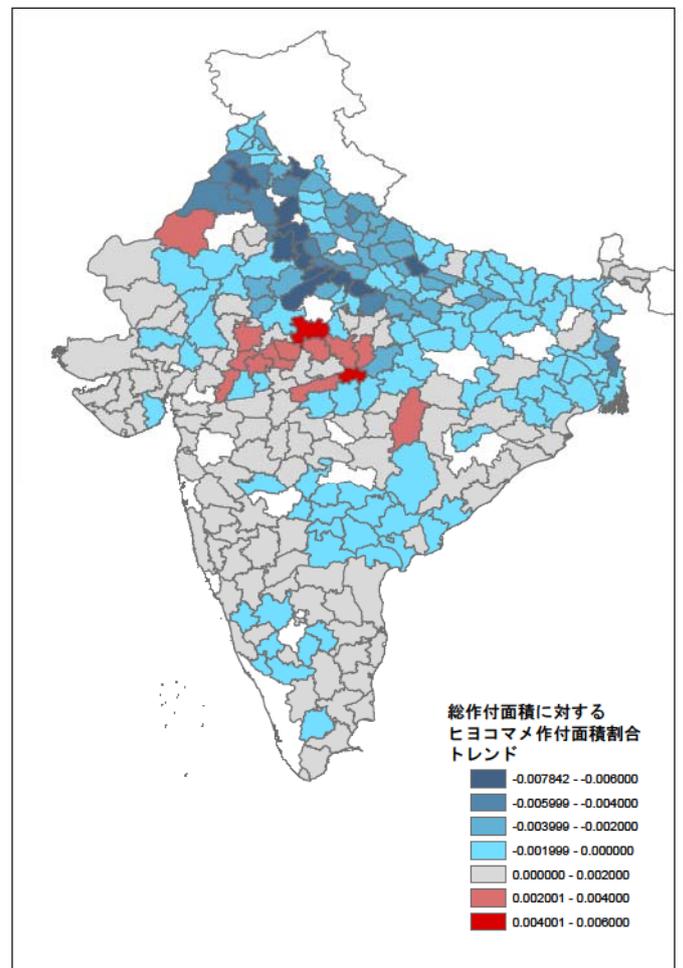
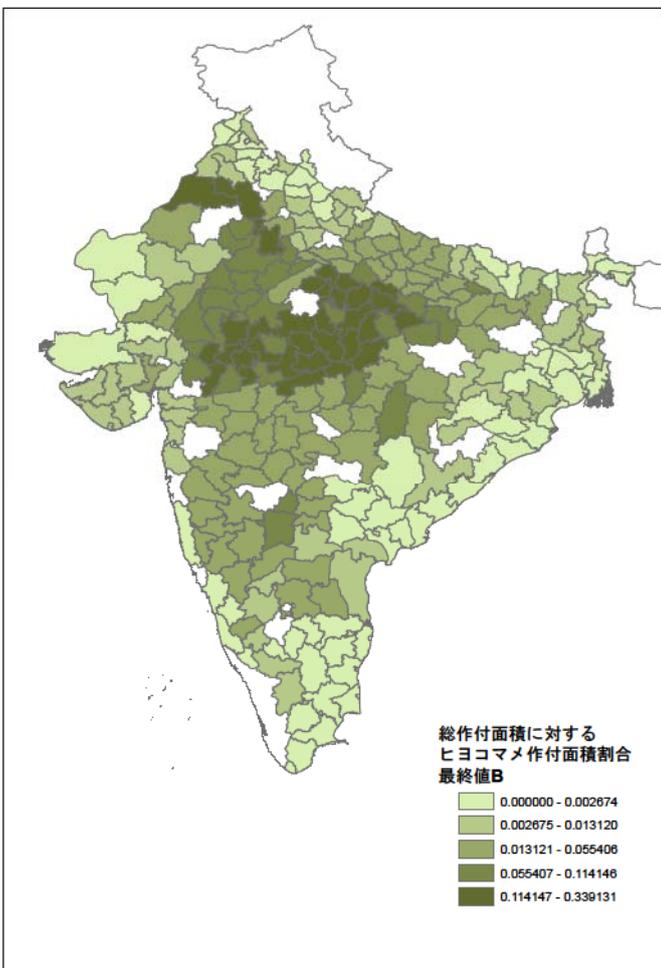
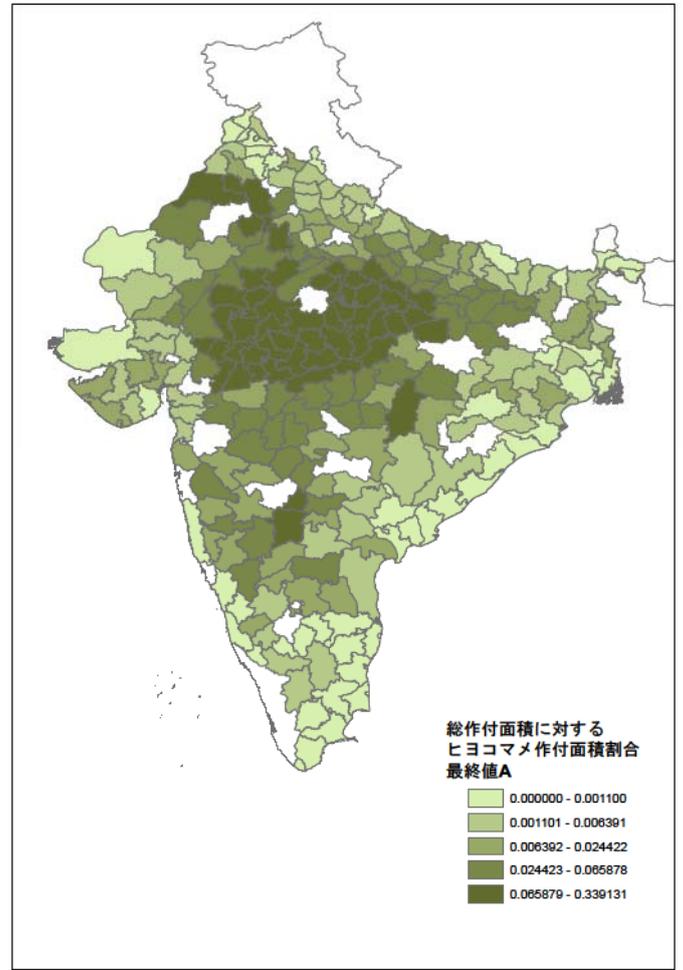
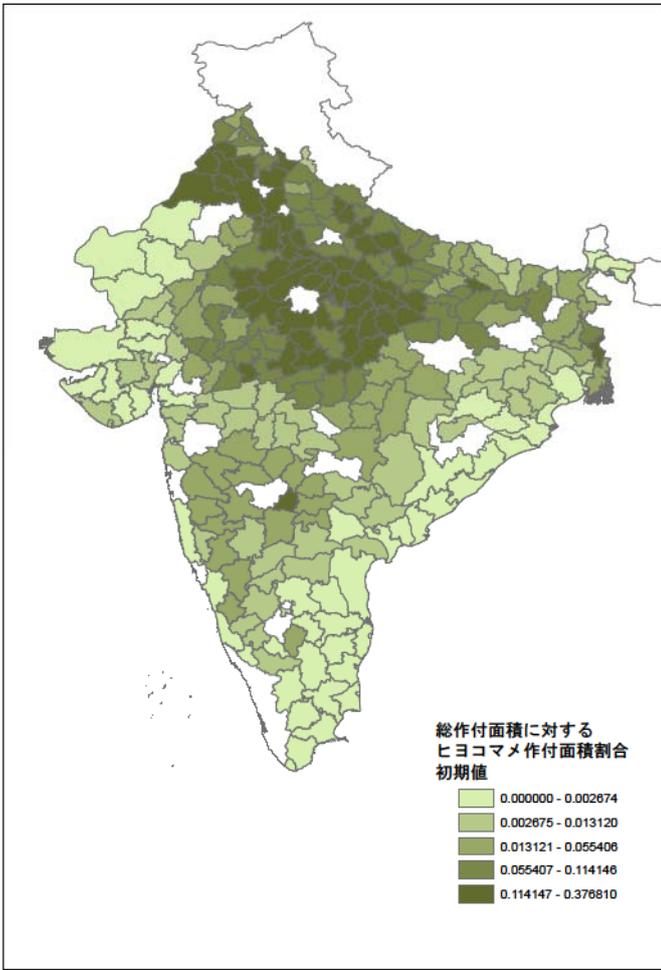
Map 2.8 (cont'd)



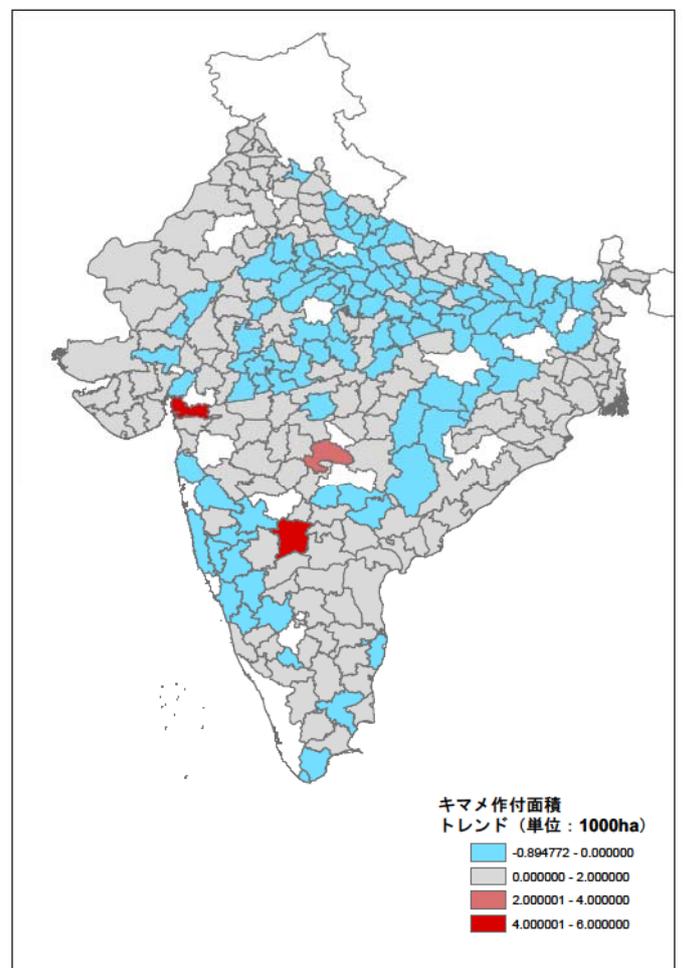
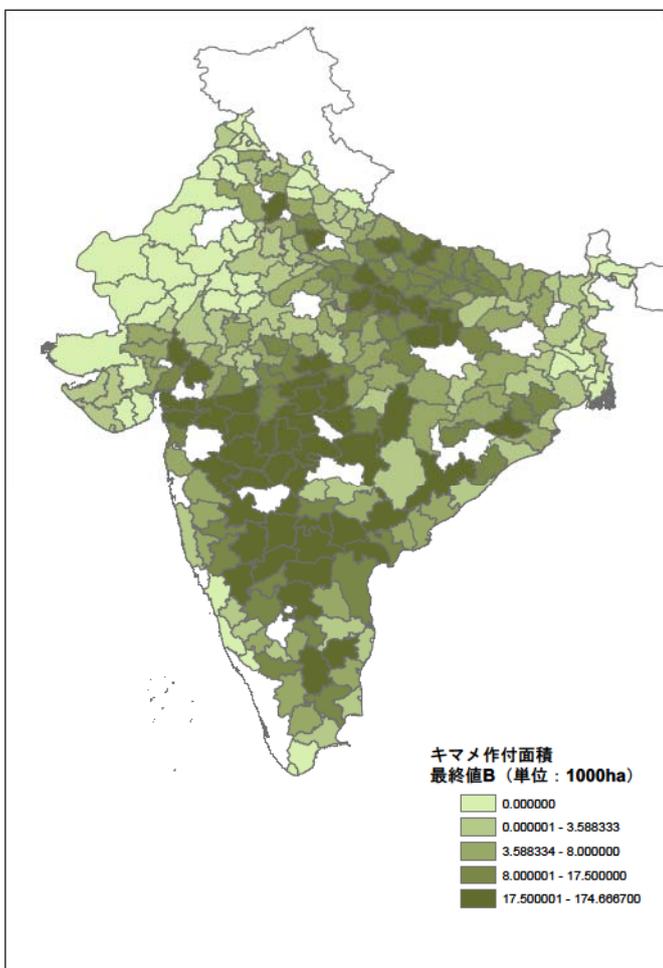
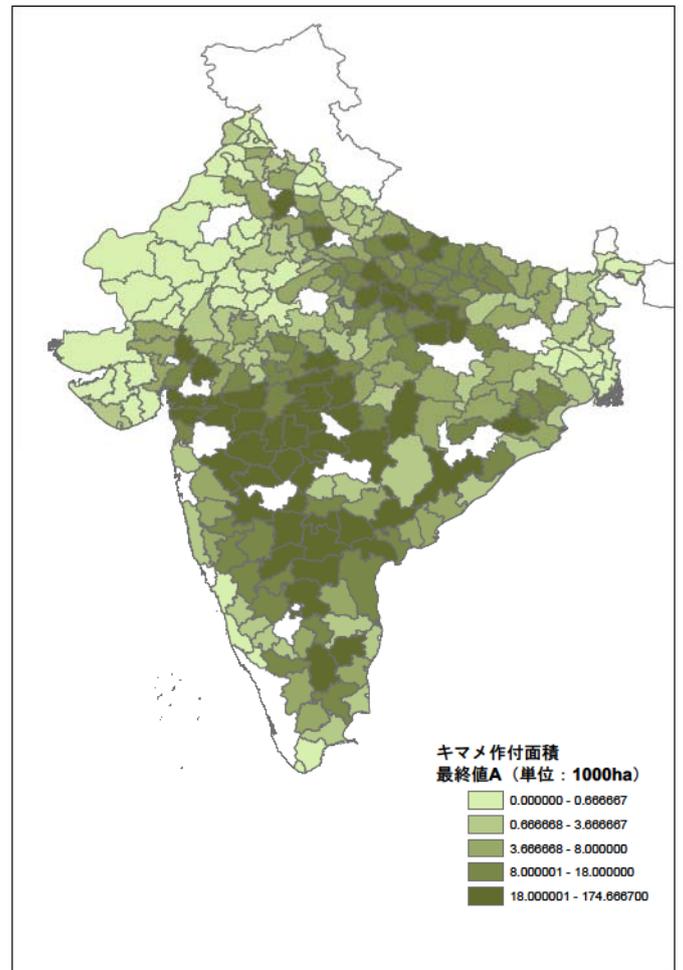
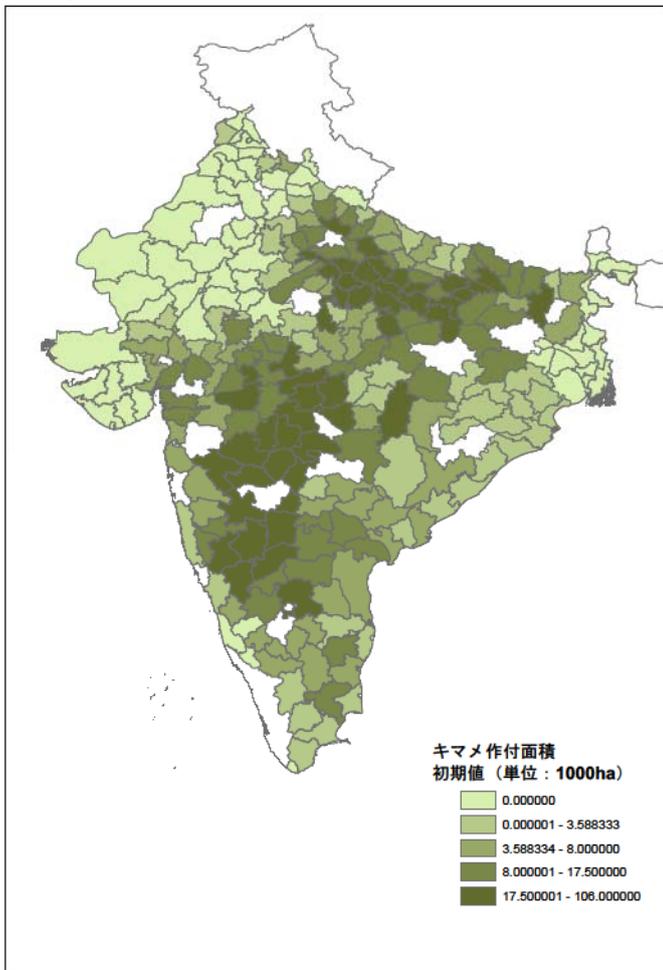
# Map 2.9



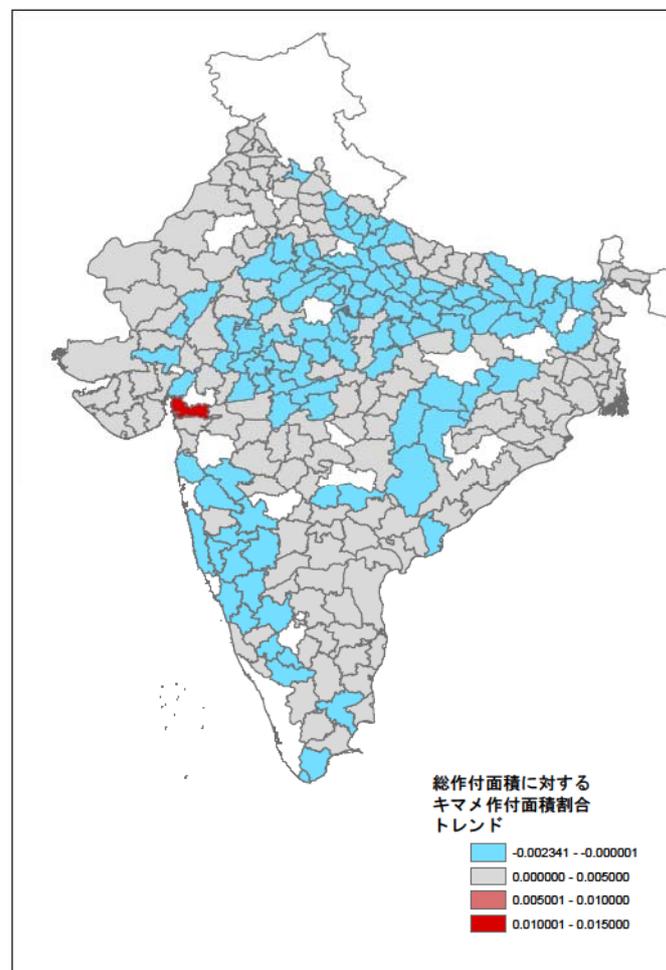
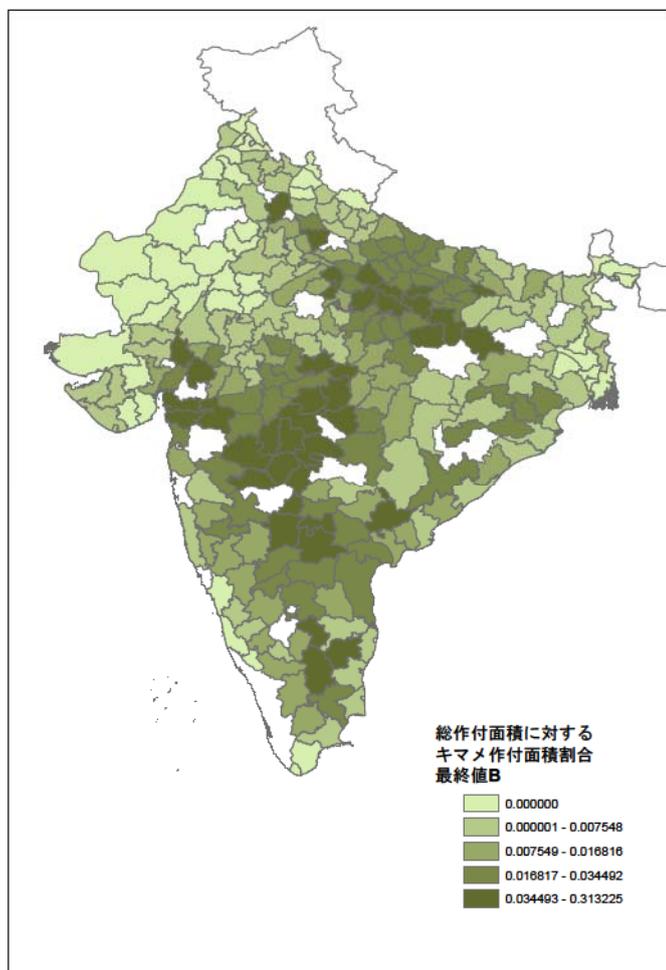
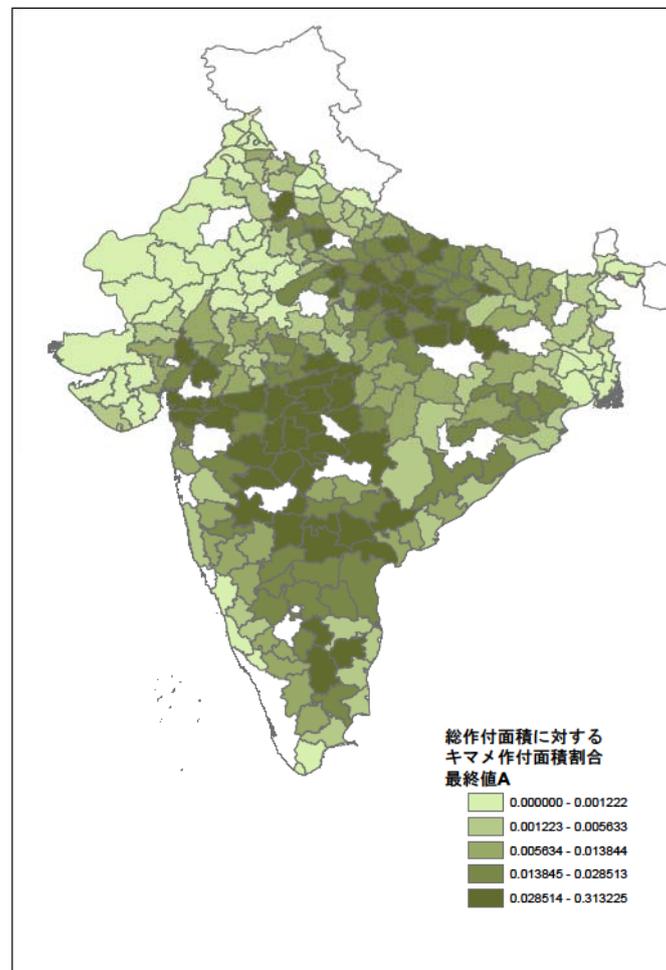
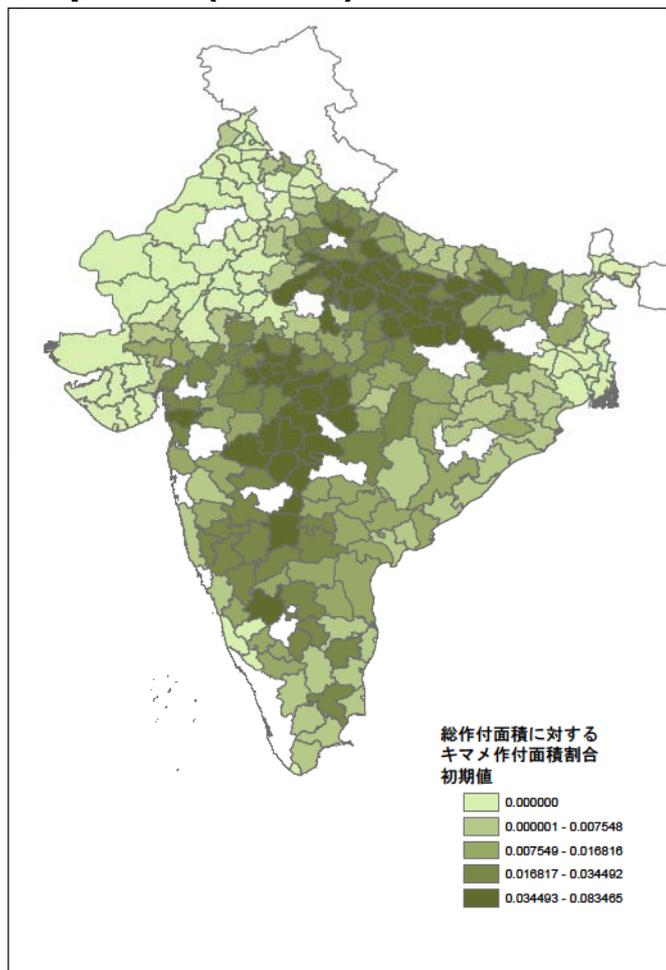
# Map 2.9 (cont'd)



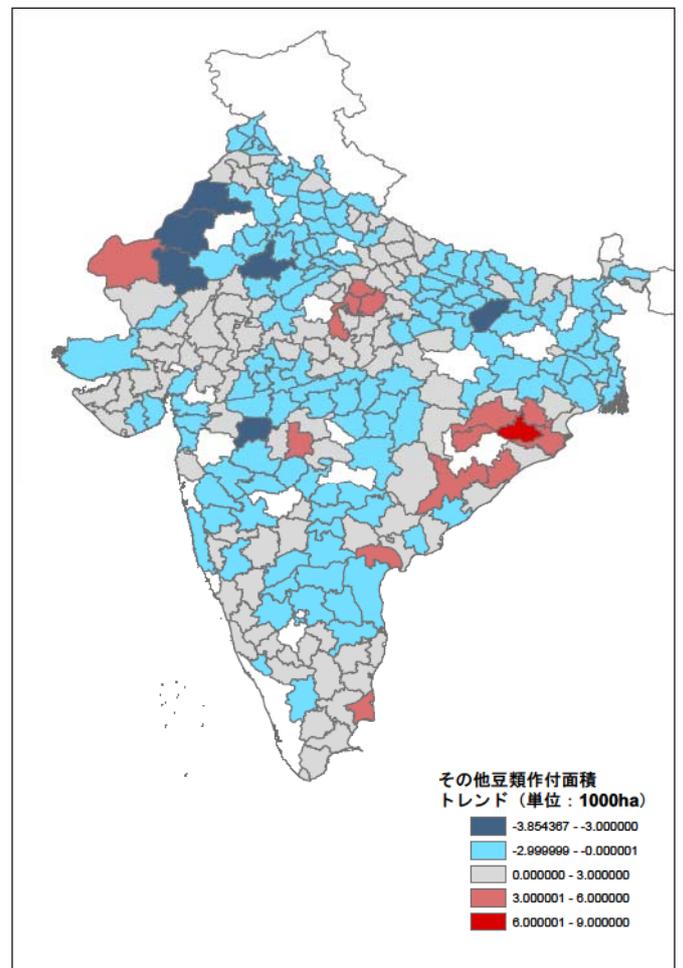
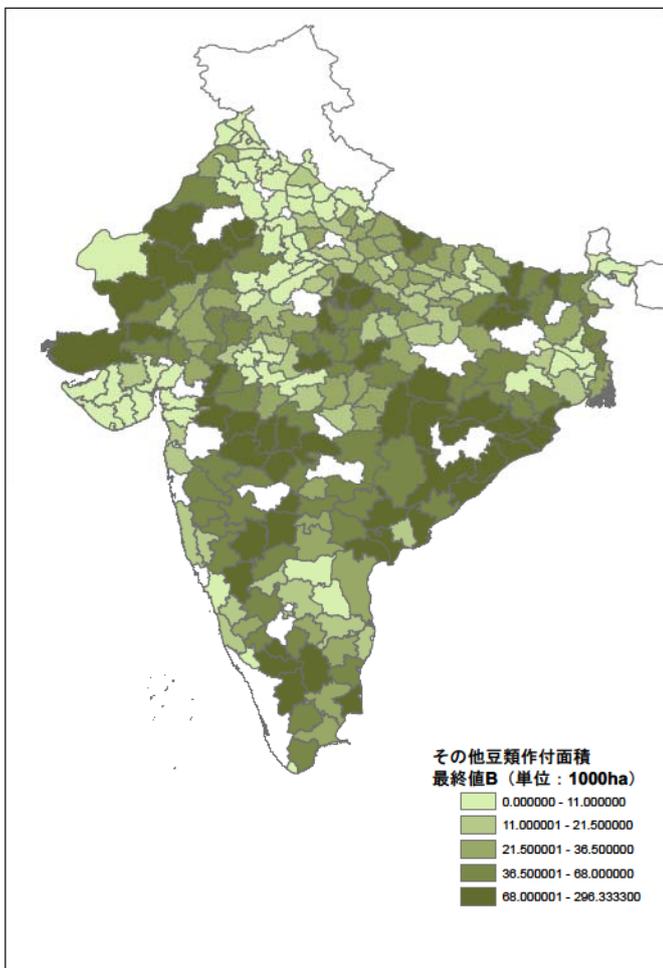
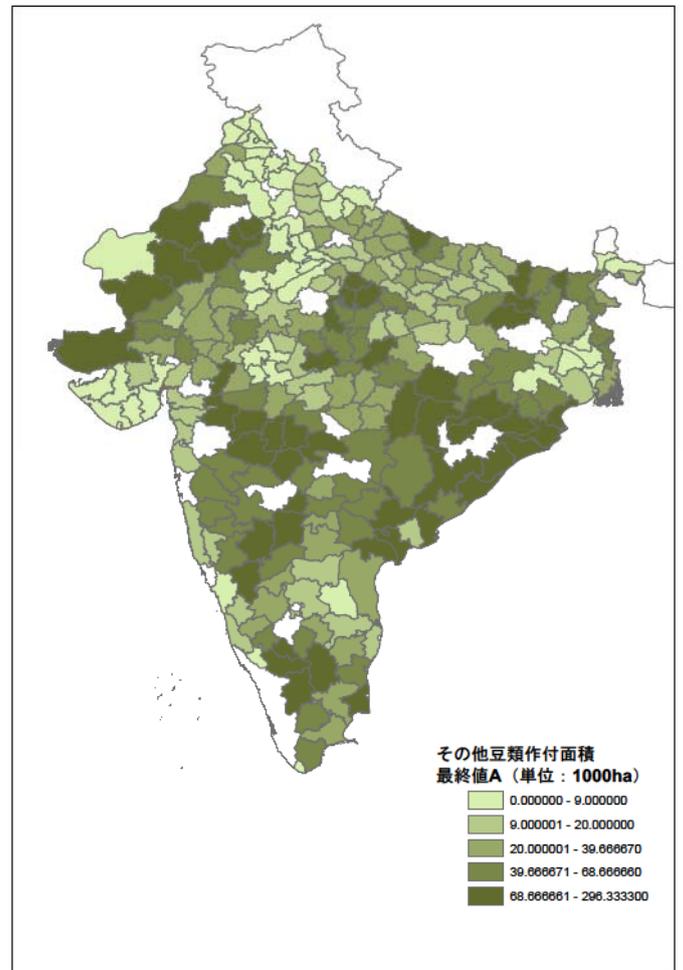
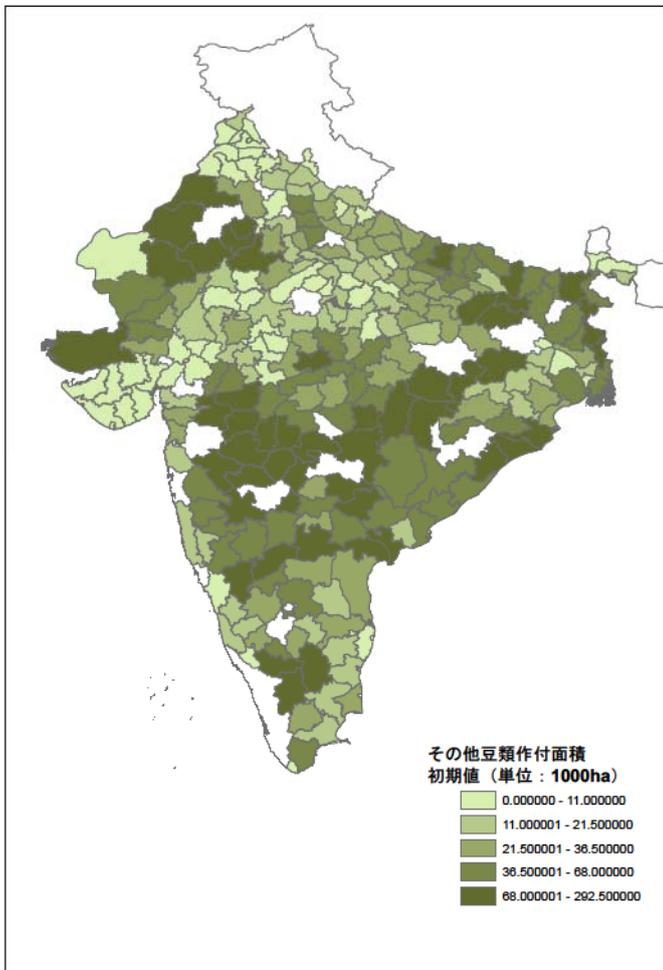
# Map 2.10



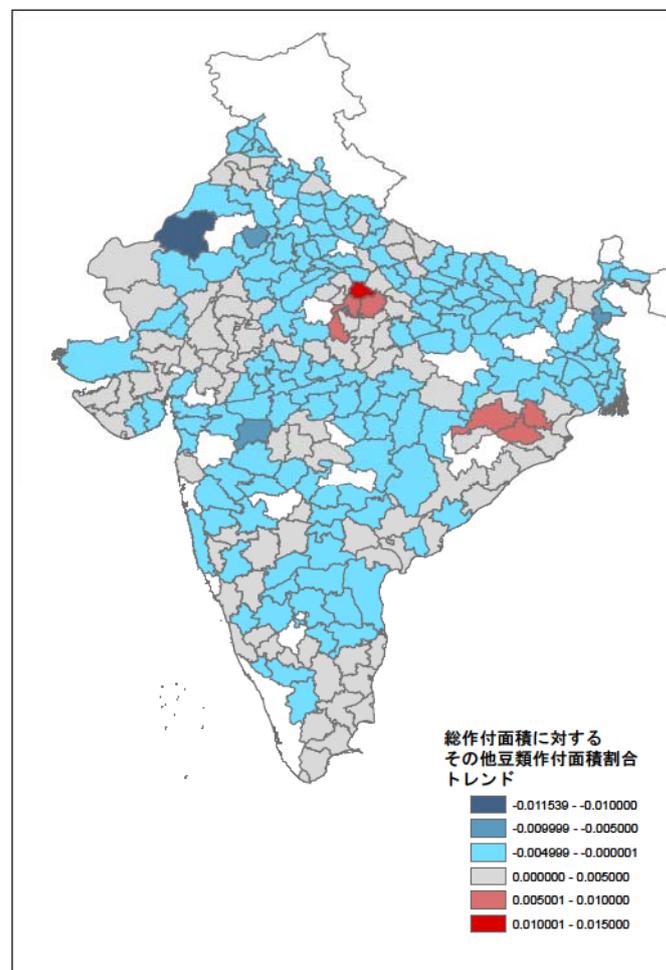
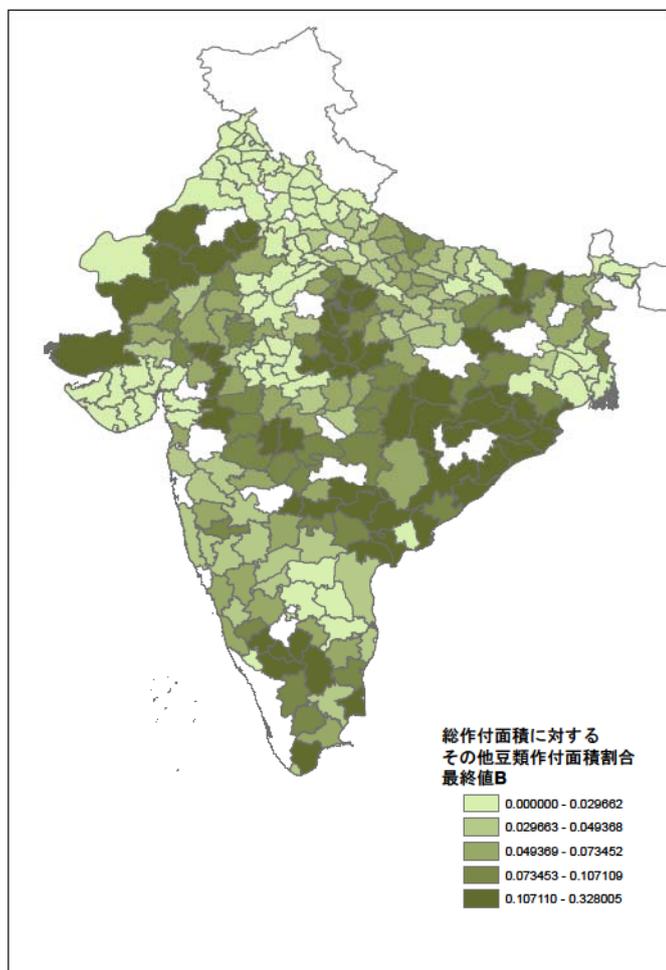
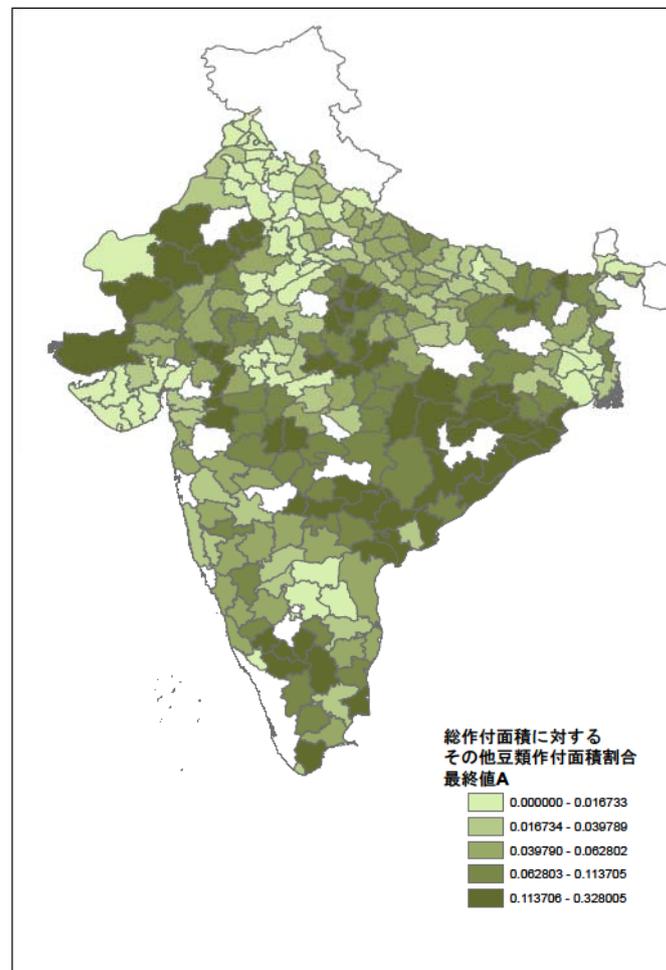
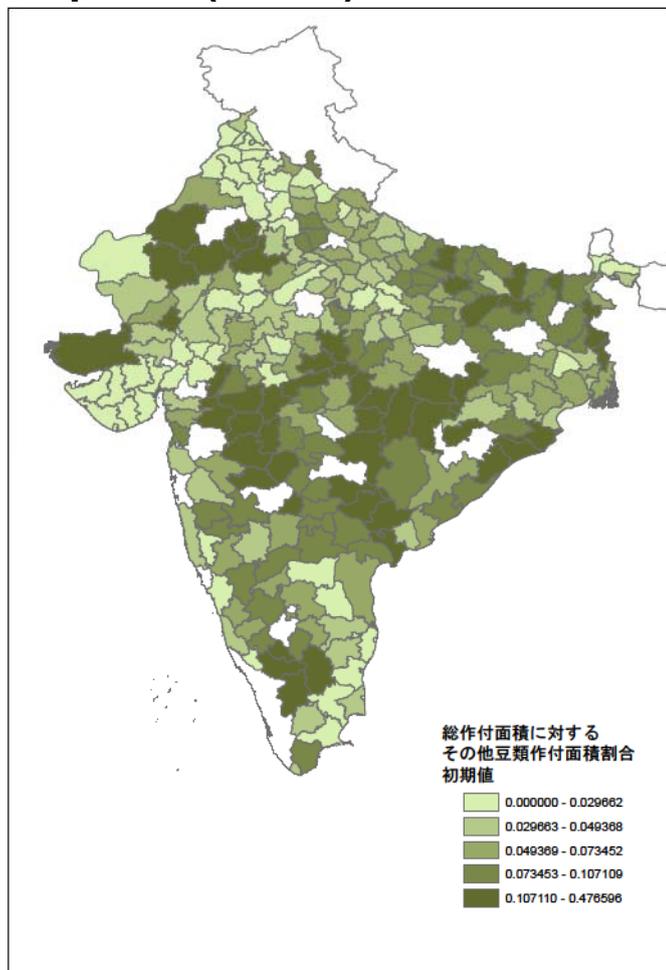
# Map 2.10 (cont'd)



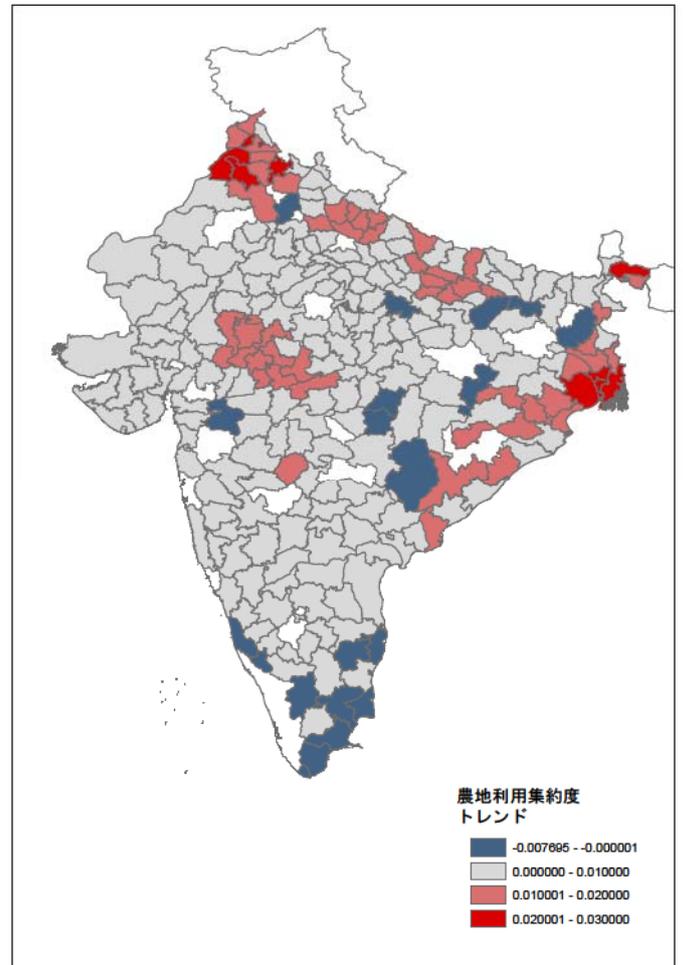
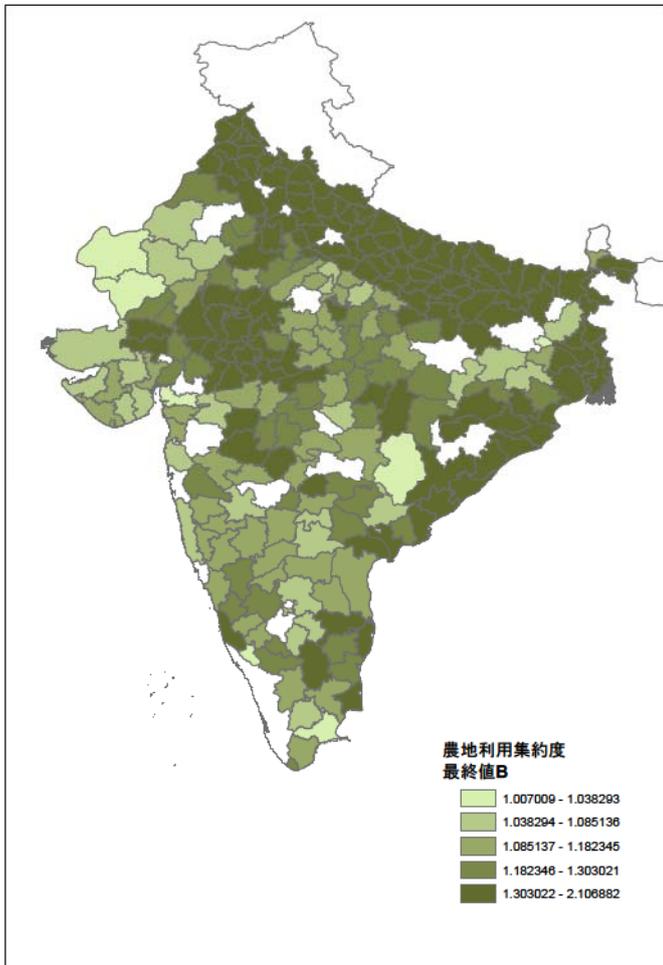
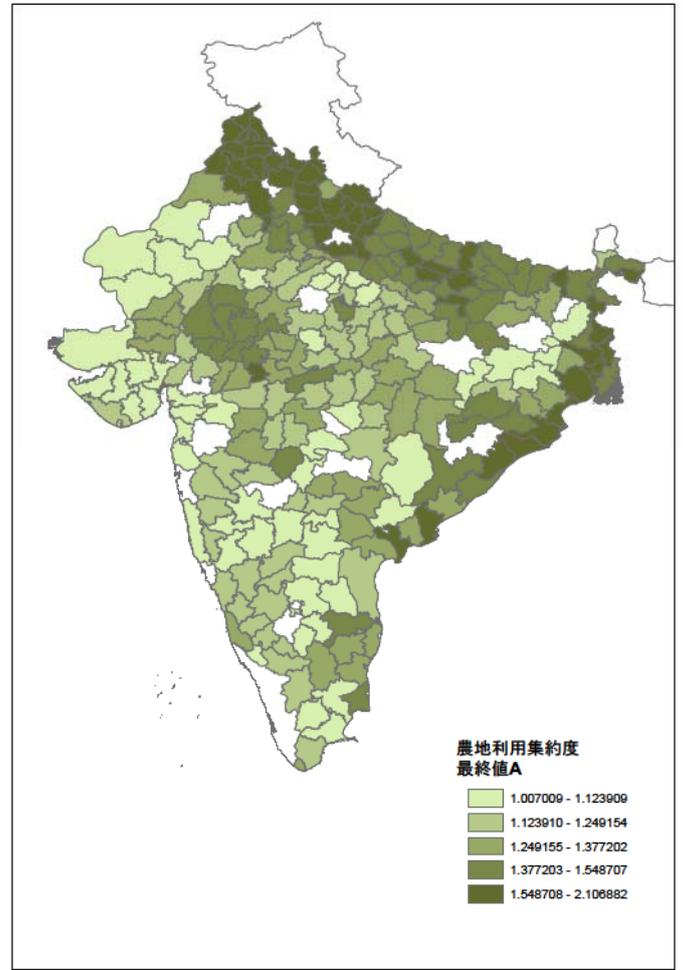
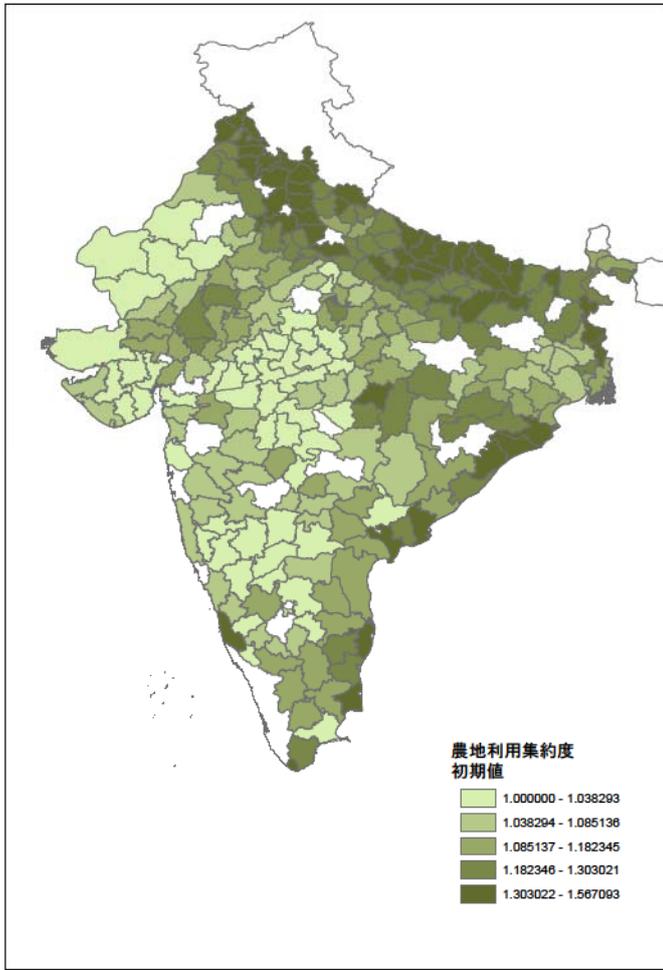
Map 2.11



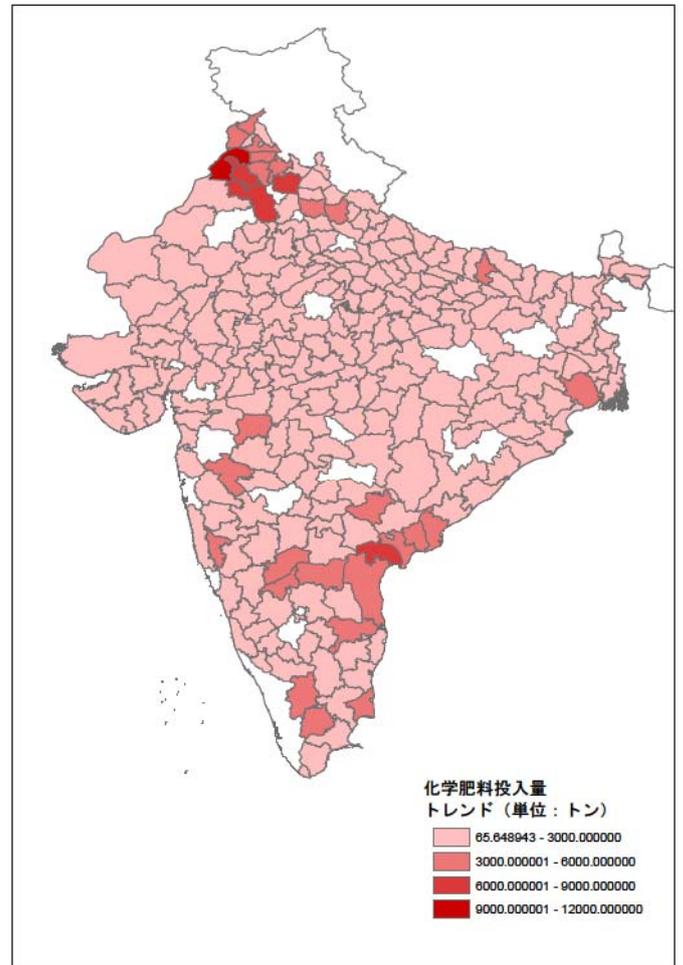
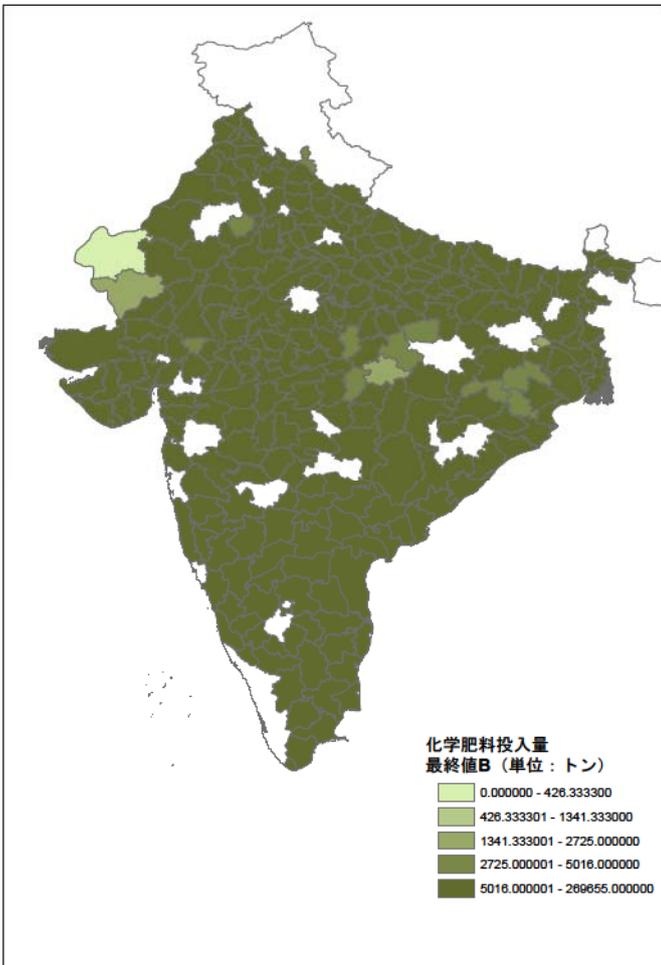
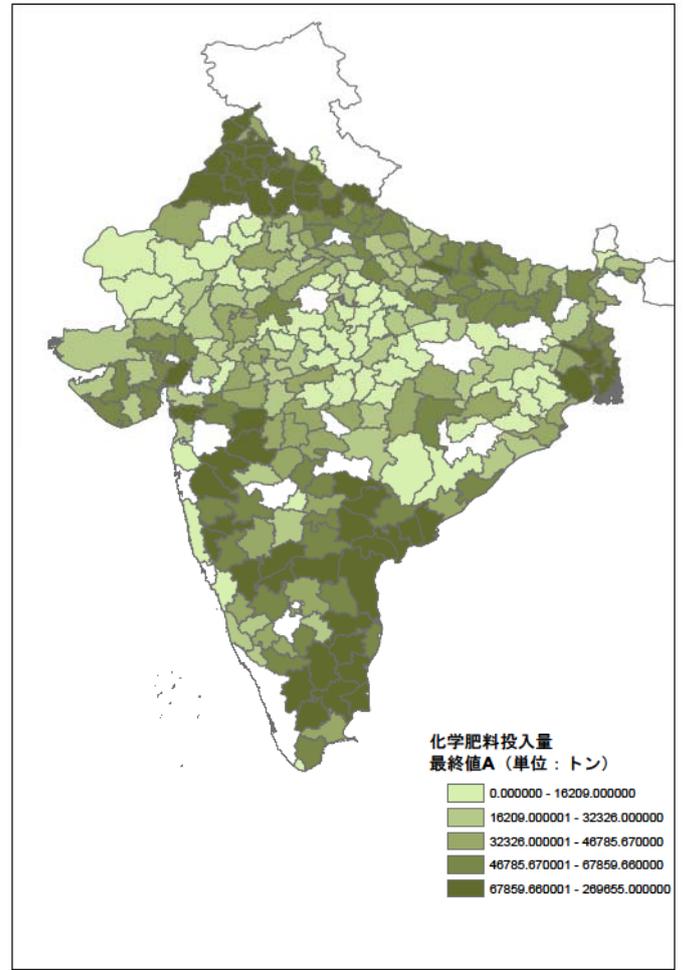
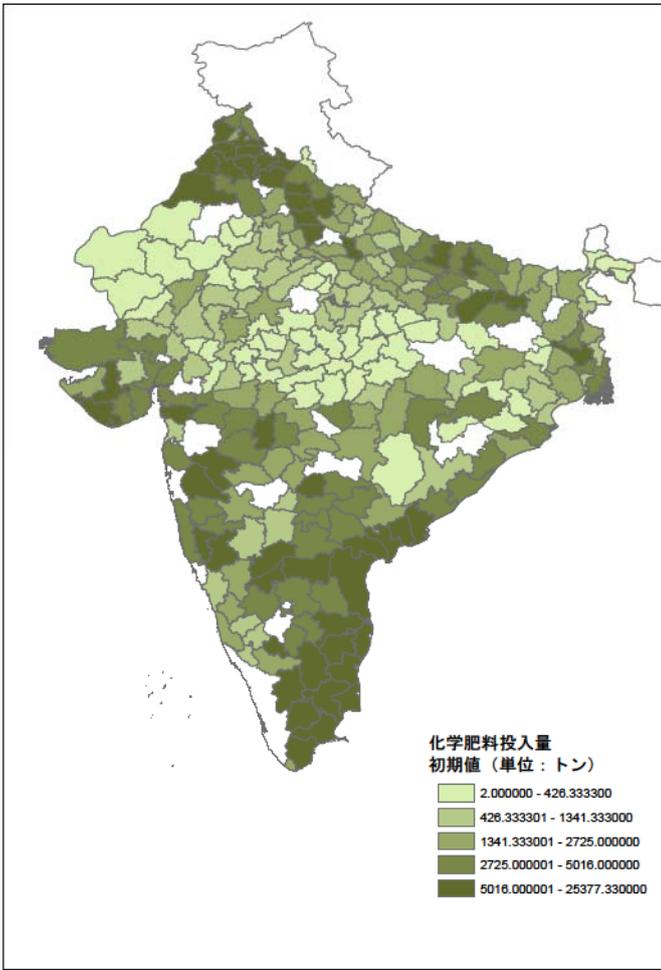
# Map 2.11 (cont'd)



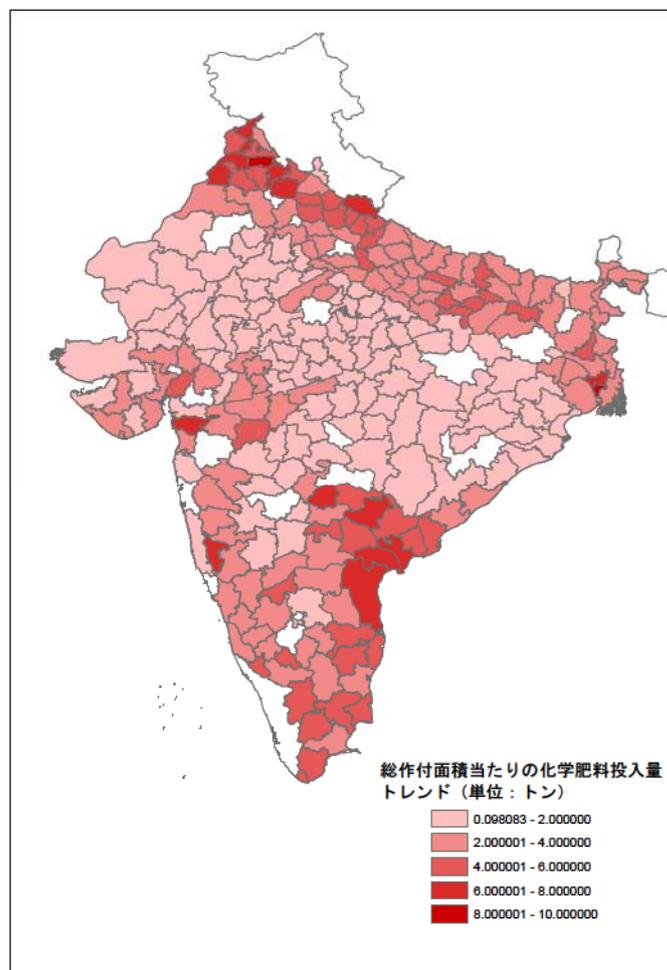
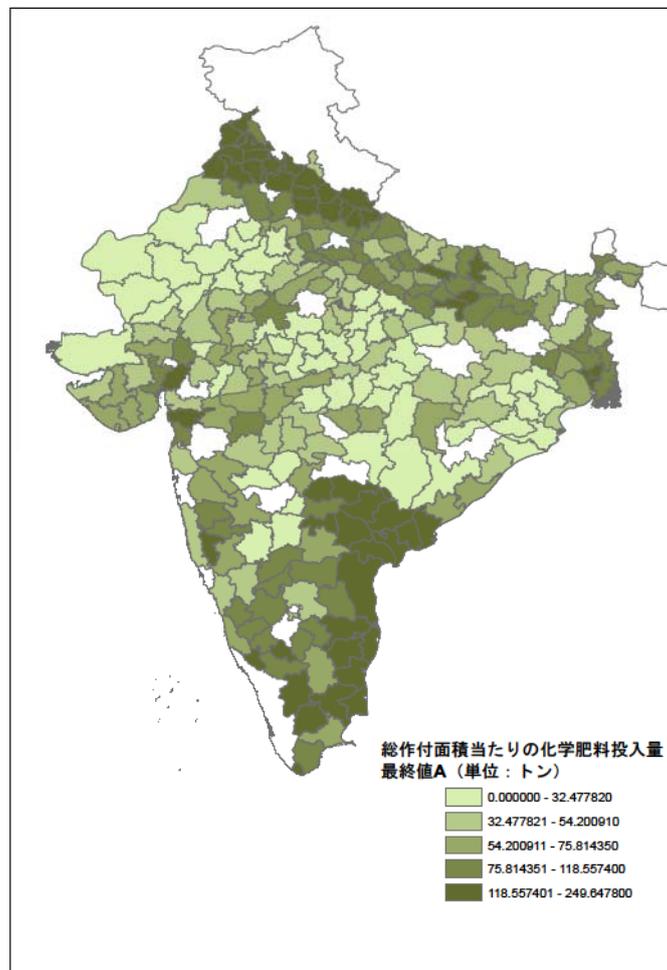
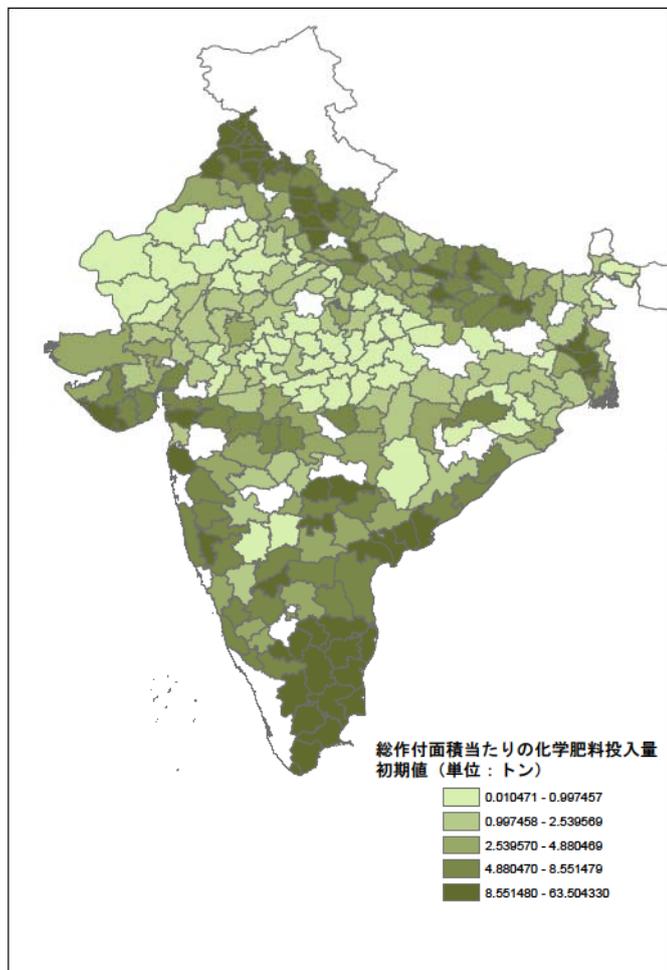
# Map 2.12



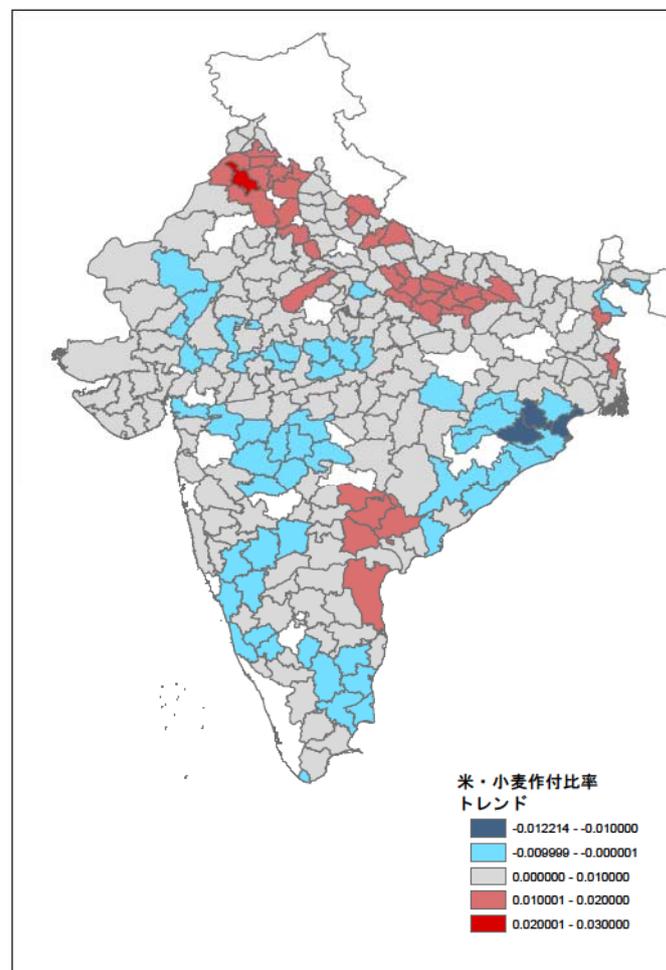
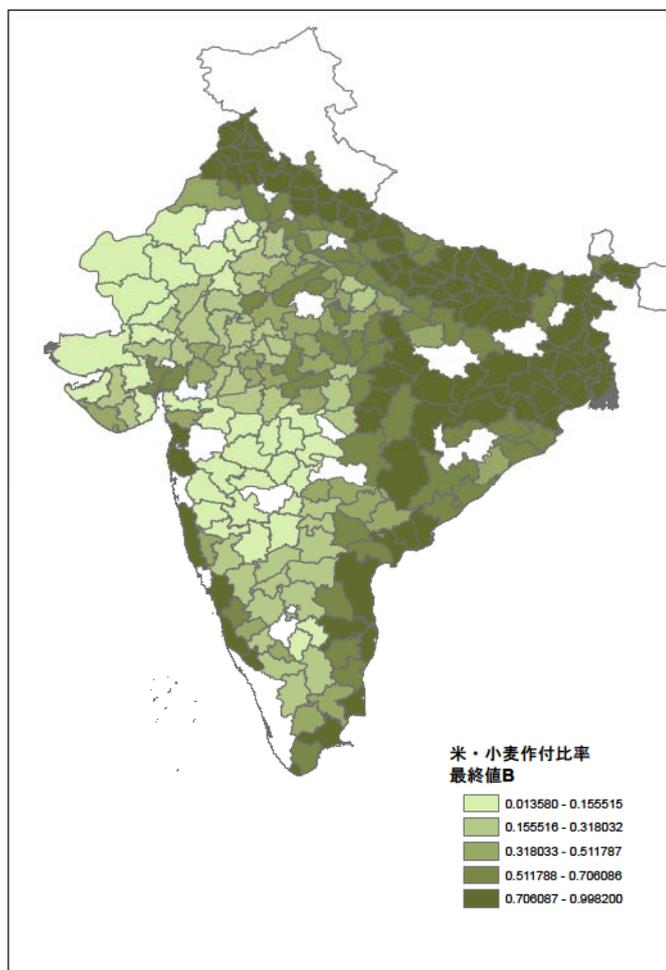
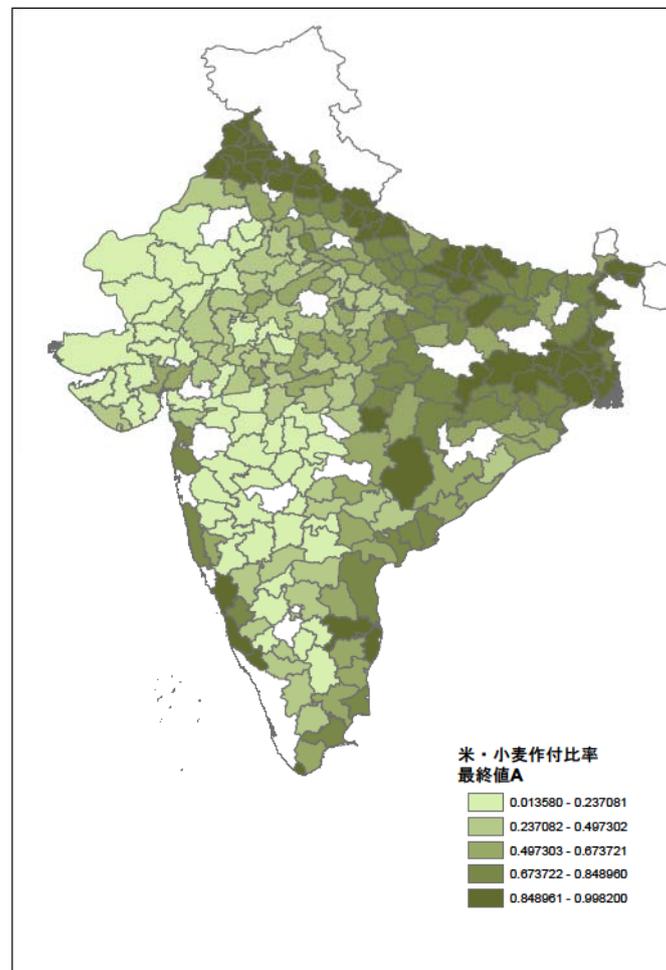
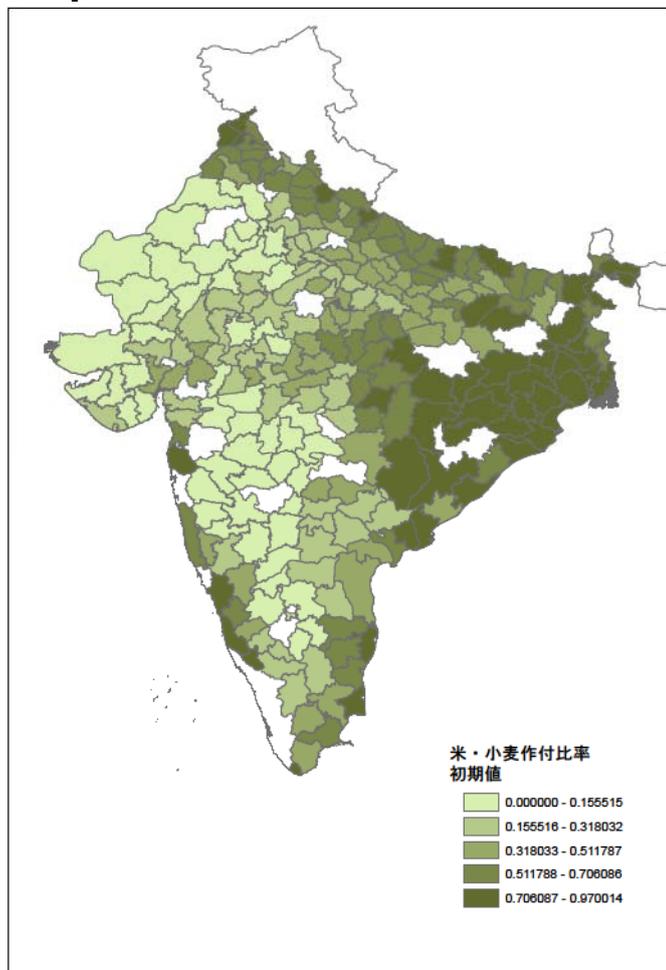
# Map 2.13



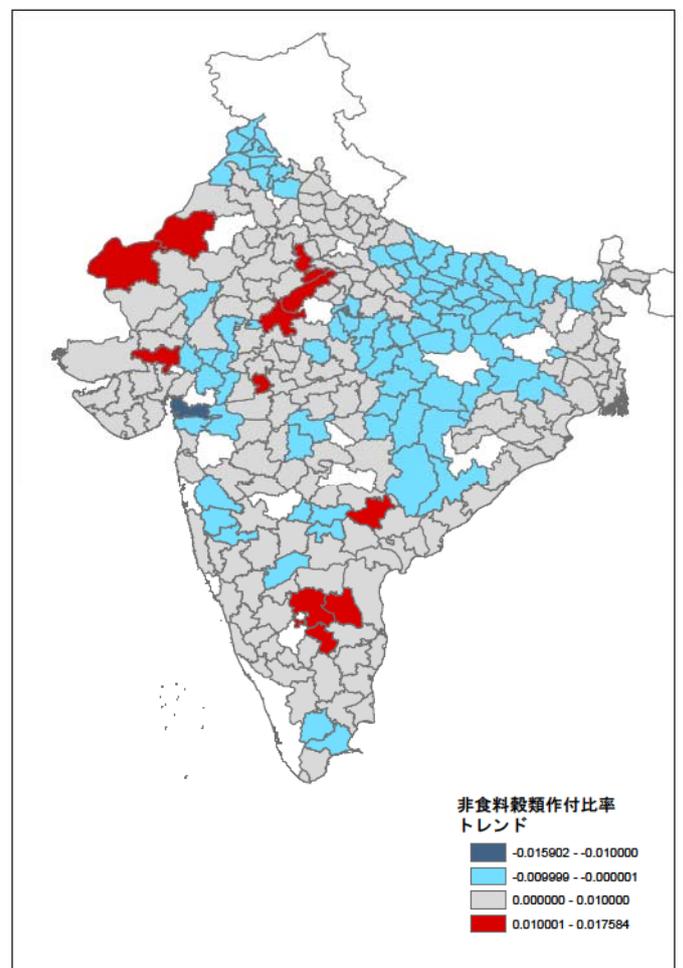
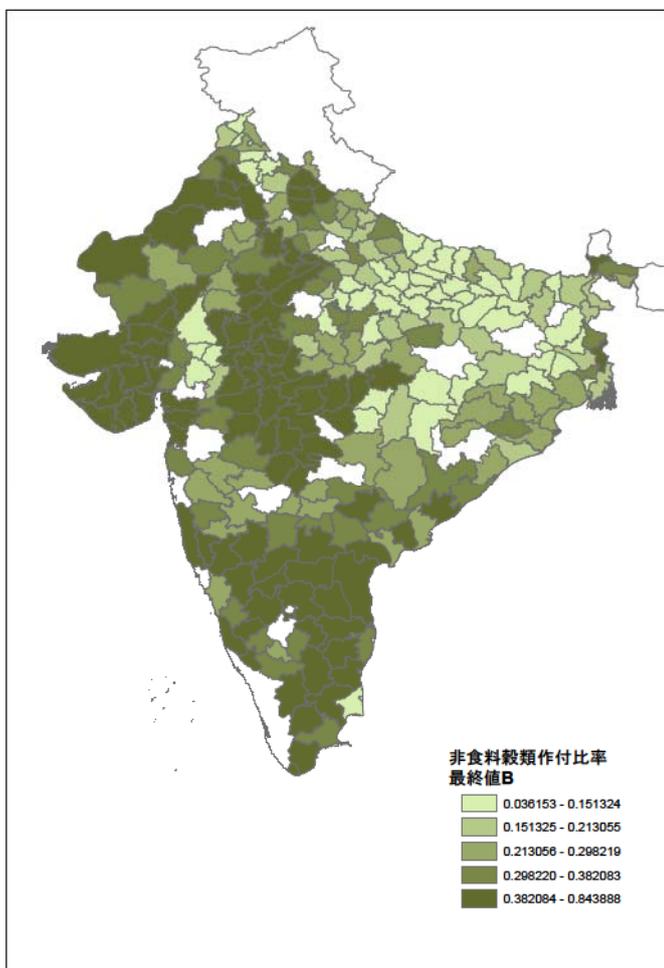
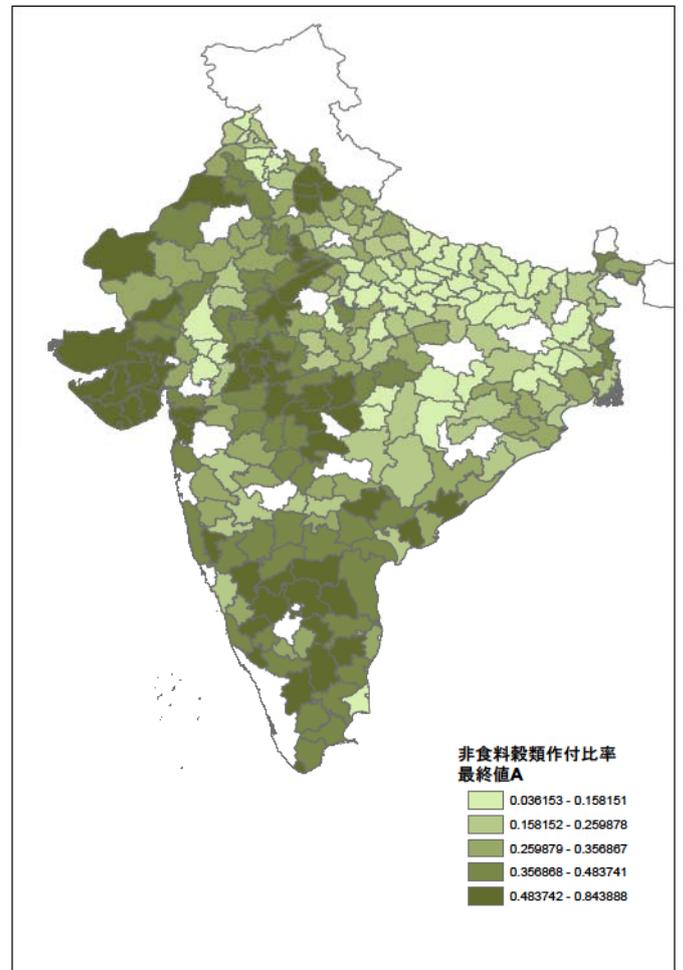
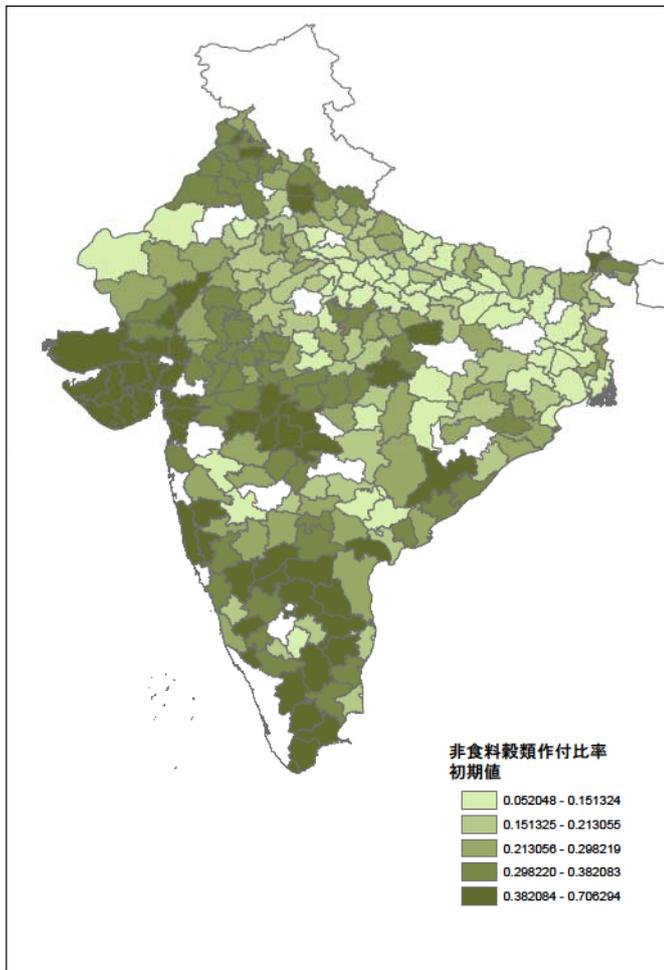
Map 2.13 (cont'd)



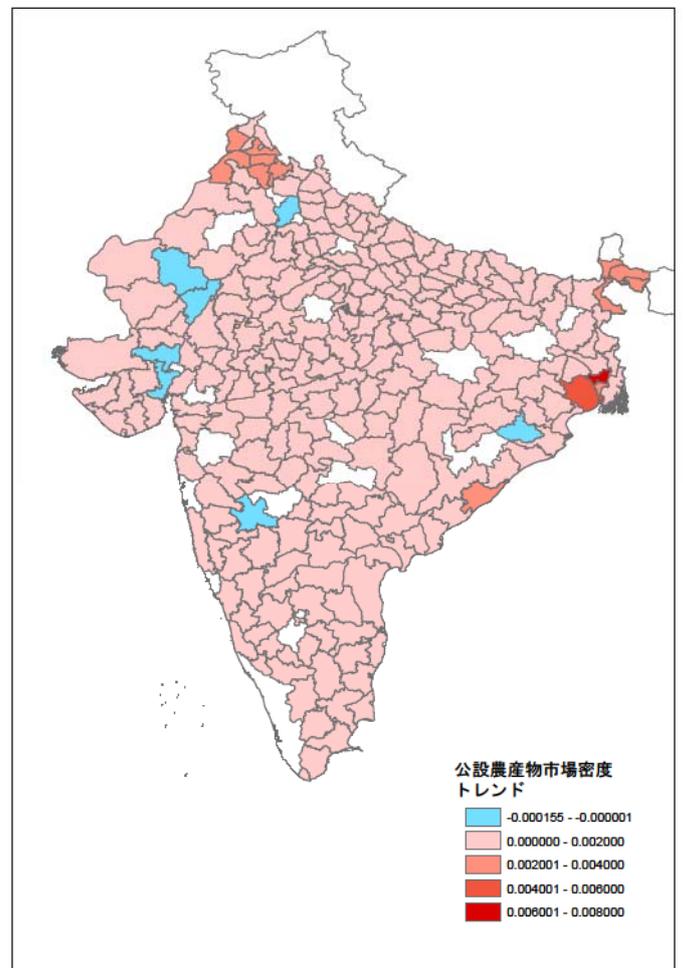
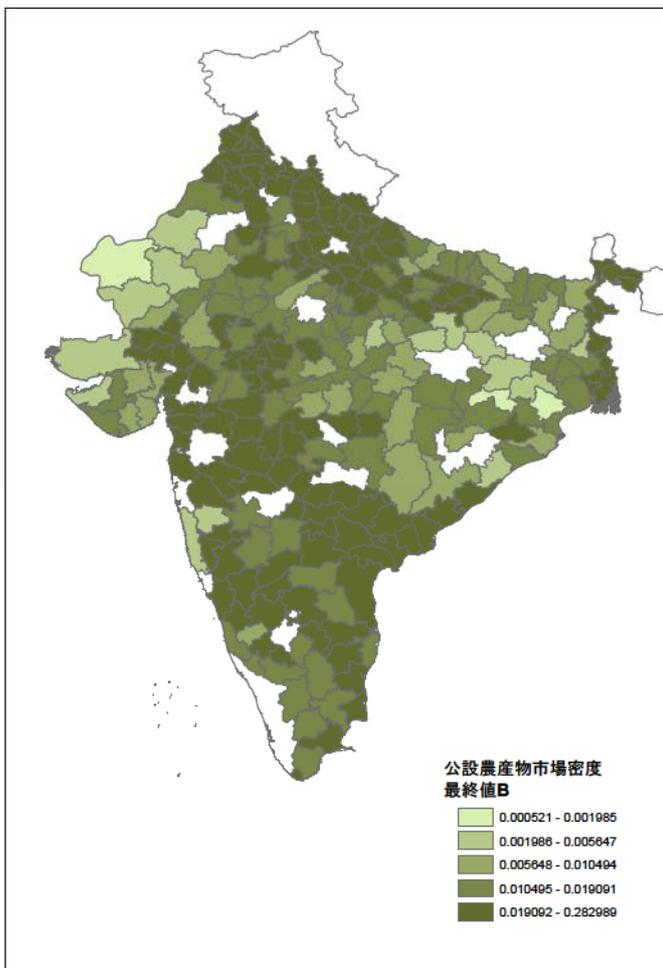
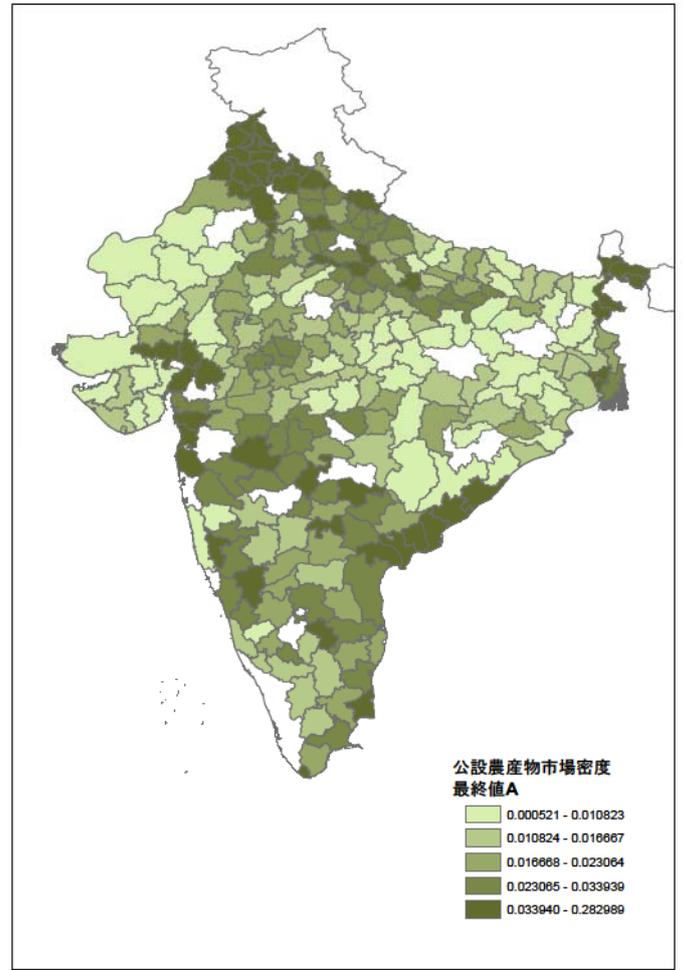
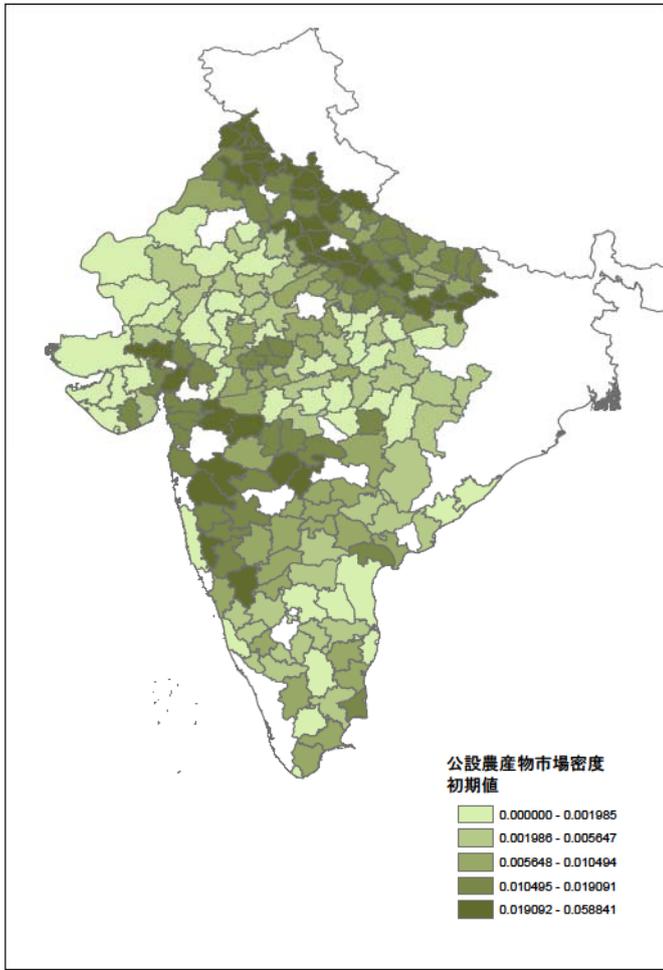
# Map 2.14



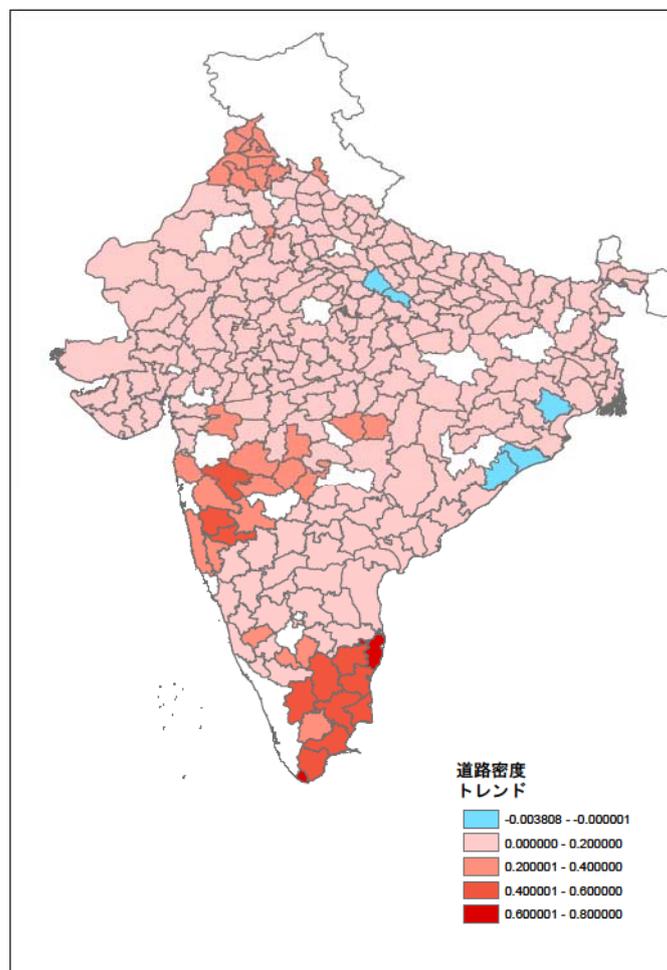
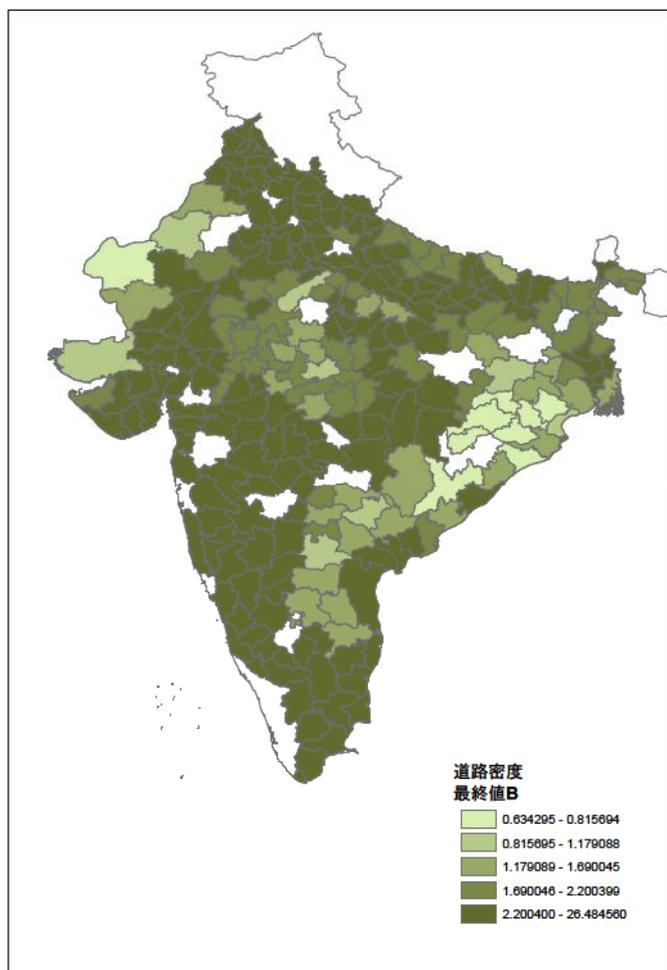
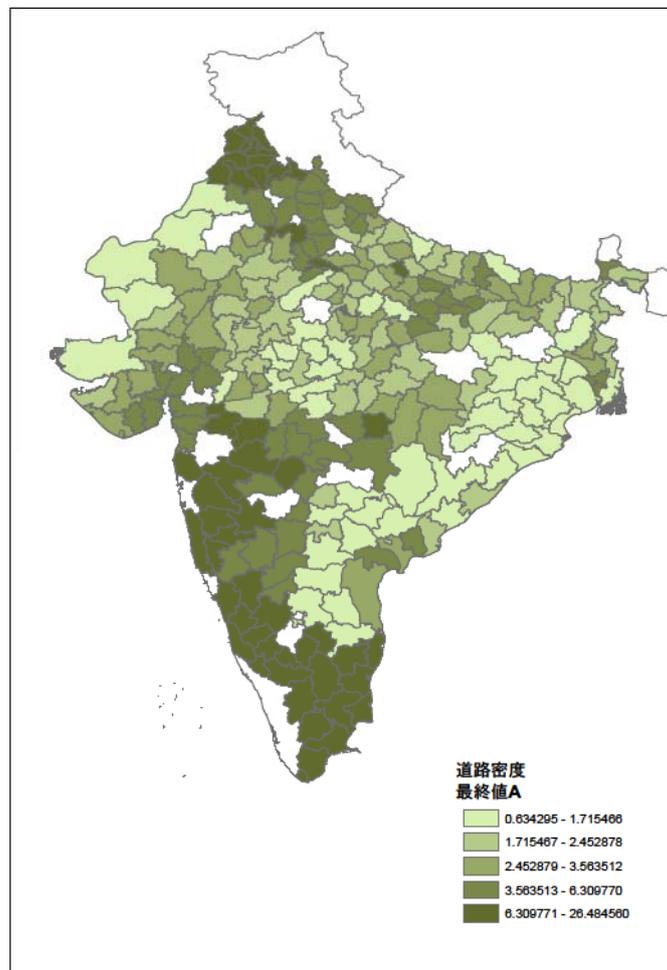
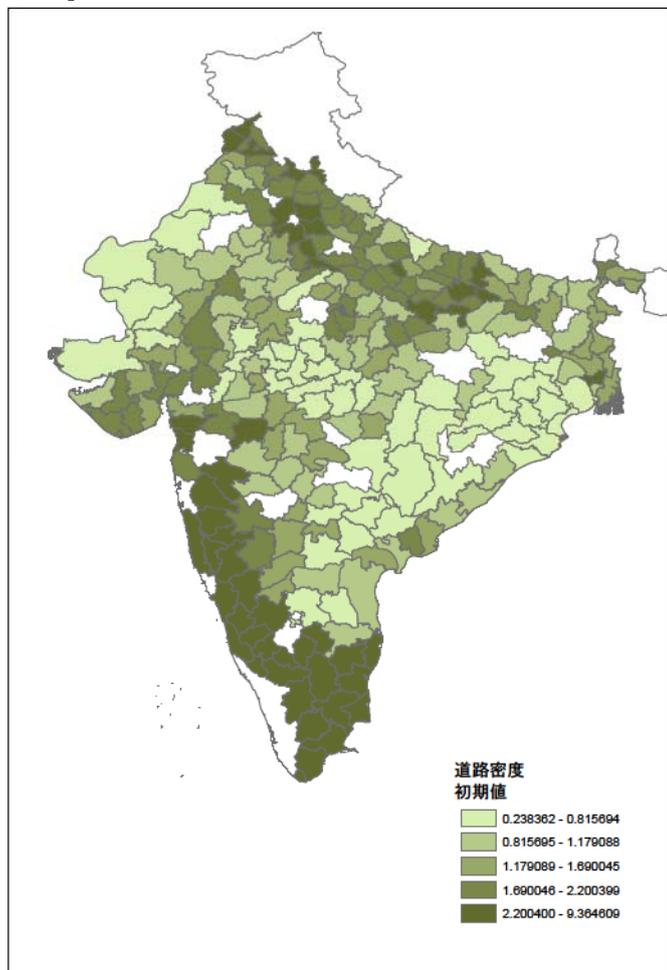
Map 2.15



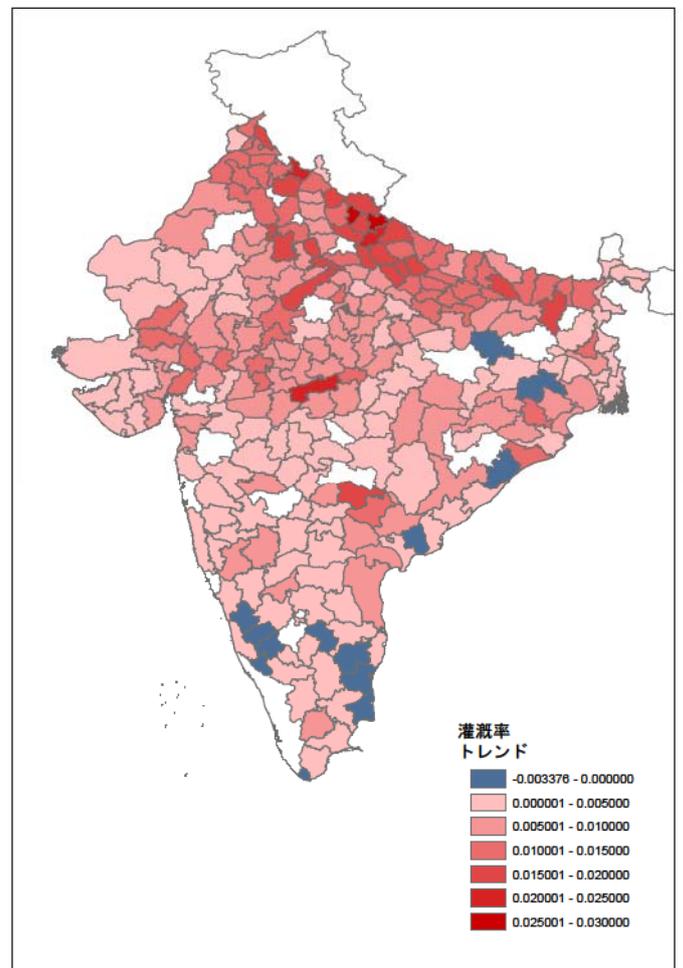
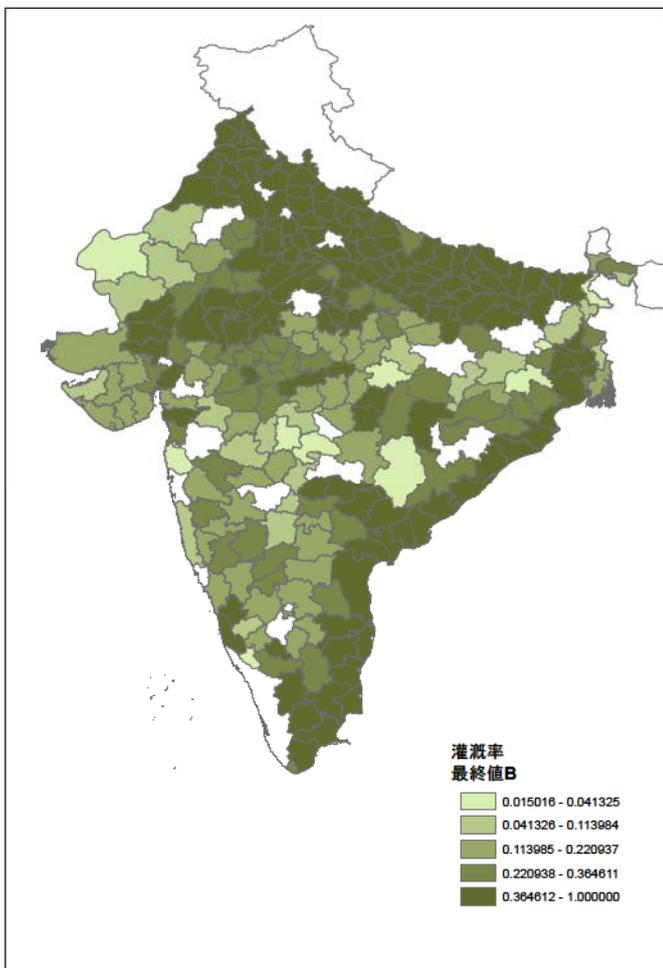
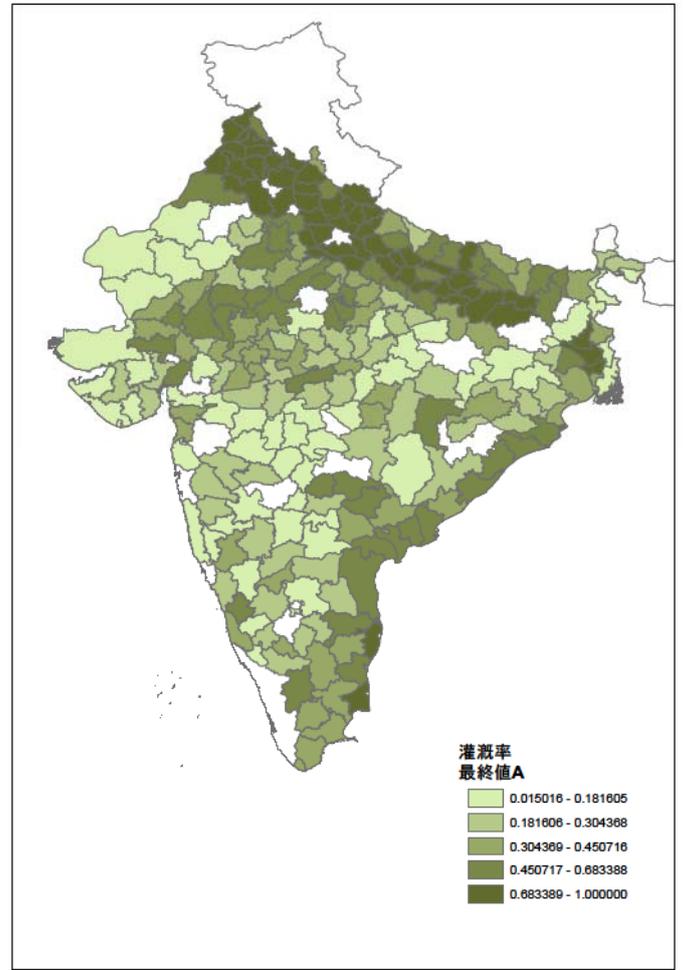
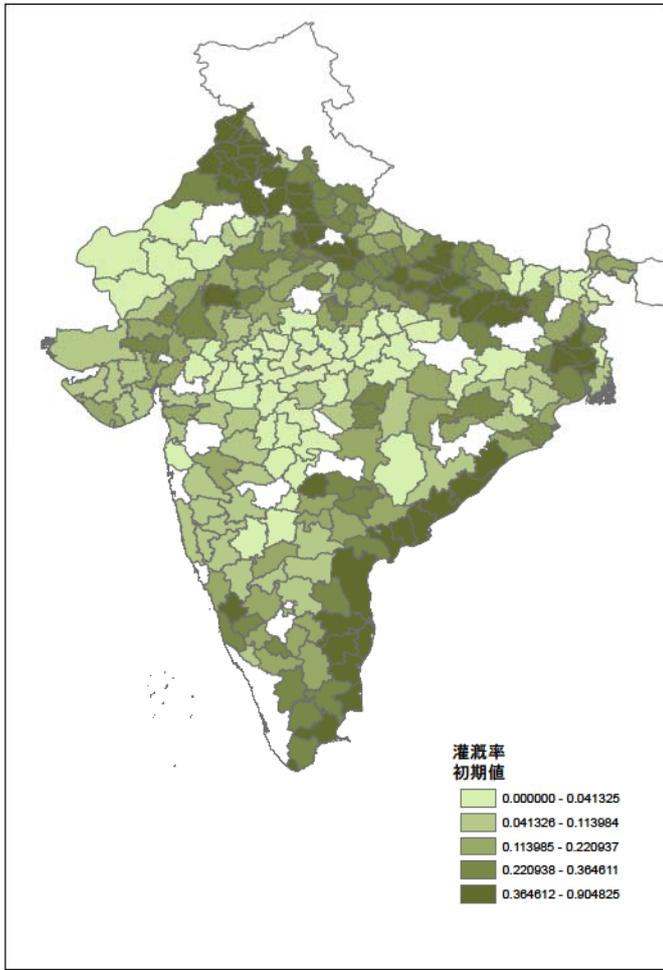
Map 2.16



Map 2.17



# Map 2.18



# Map 2.19

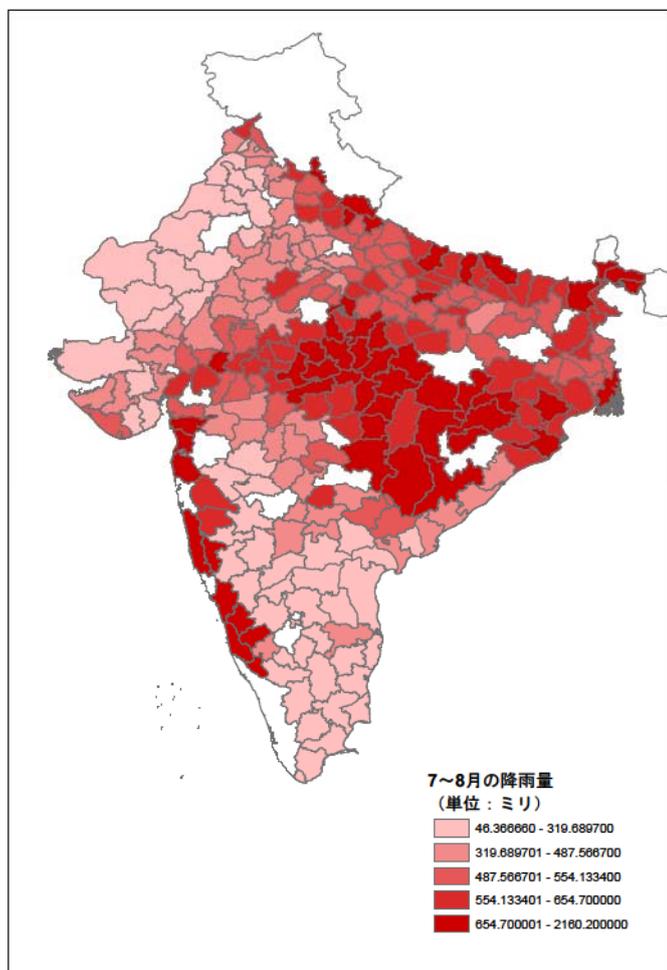
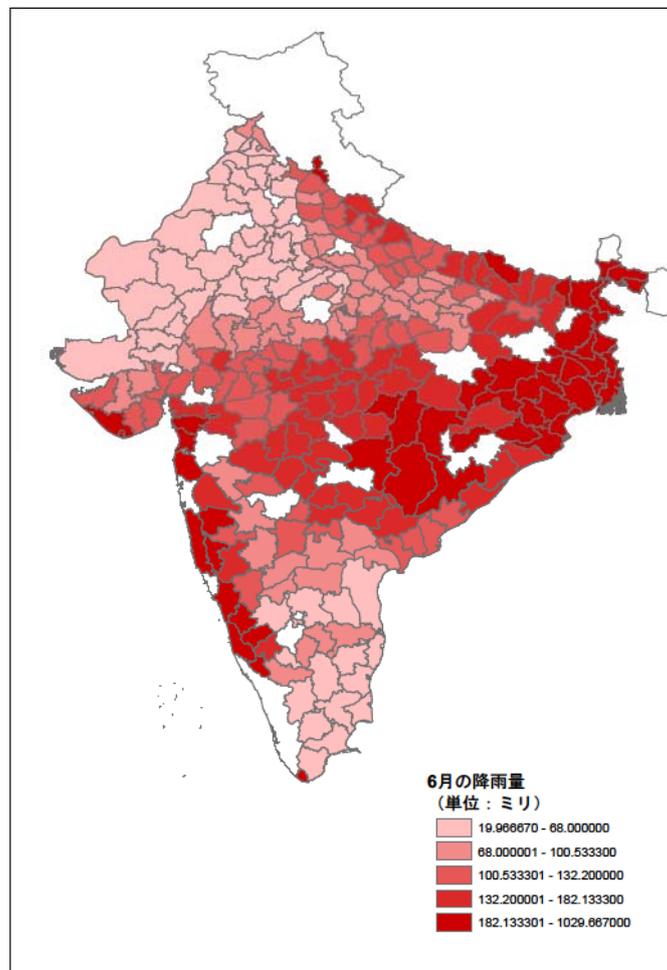
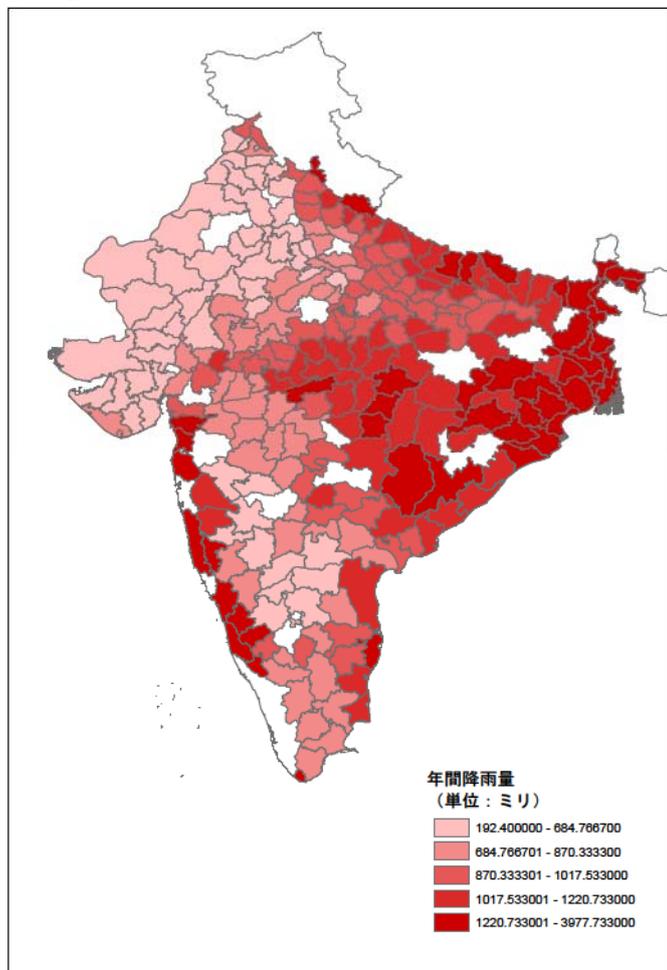


表1: クラスタ分析による農業区分

大分類 (6区分)	小分類 (15区分)	含まれる 県の数	カバーする州*	降雨量			集約度			初期時点における個別作物の総作付面積に占める比率#										仮称(地理的分布)
				年間	6月	7-8月	土地利 用集約 度	非食糧 穀物作 付比率	灌漑率	rice	wheat	maize	sorghum	p.millet	f.millet	barley	c.pea	p.pea	o.pulses	
1	(=1,2,3)	82	MP, MH, AP, GJ, KN, RS, TN, BH	-0.33	-0.30	-0.39	-0.72	-0.47	-0.36	-0.57	-0.37	-0.23	1.10	0.05	-0.14	-0.41	-0.38	0.16	0.01	半乾燥天水農業地帯(中央インド)
	1	30	MH, RS, AP, MP, GJ, BH	-0.10	-0.17	0.11	-0.61	-0.42	-0.06	-0.46	-0.07	0.24	0.97	-0.29	-0.23	-0.19	-0.02	-0.08	-0.03	移行地帯(zone_is_15=2と3の間)
	2	22	GJ, AP, TN, RS	-0.44	-0.47	-0.83	-0.57	0.02	-0.47	-0.37	-0.61	-0.52	0.34	0.63	-0.01	-0.51	-0.75	-0.58	-0.60	半灌漑bajra地帯(沿岸部)
	3	32	MP, KN, MH, AP, GJ	-0.48	-0.32	-0.57	-0.92	-0.81	-0.58	-0.79	-0.51	-0.49	1.69	0.01	-0.13	-0.56	-0.49	0.86	0.42	低灌漑jowar&toor地帯(デカン高原)
2	(=4,5)	16	RS, KN, GJ, TN	-0.89	-0.84	-1.11	-0.79	-0.56	-0.49	-0.71	-0.77	-0.51	-0.47	2.20	1.86	-0.25	-0.66	-0.57	1.35	乾燥bajra&ragi優位地帯
	4	10	KN, TN	-0.38	-0.67	-1.14	-0.60	-0.13	-0.95	-0.33	-0.92	-0.53	-0.30	-0.39	5.41	-0.57	-0.72	-0.05	0.76	乾燥ragi優位地帯(南インド)
	5	6	RS, GJ	-1.19	-0.95	-1.09	-0.90	-0.83	-0.22	-0.94	-0.68	-0.50	-0.57	3.76	-0.27	-0.06	-0.61	-0.88	1.71	乾燥bajra優位地帯(北インド)
3	(=6,7,8,9,10)	69	UP, PJ, RS, HY, BH, GJ, MH	-0.35	-0.26	0.03	0.85	0.63	0.97	-0.37	0.84	0.79	-0.53	0.04	-0.25	0.88	0.63	0.19	-0.47	半乾燥灌漑農業地帯(北インド)
	6	20	UP, PJ, BH, HY	0.01	0.14	0.44	1.08	0.20	1.55	-0.13	1.26	0.87	-0.66	-0.26	-0.26	0.12	0.50	-0.15	-0.45	やや湿潤・灌漑伸長地帯(UP北西部)
	7	14	PJ, UP, HY	-0.63	-0.68	-0.36	1.54	2.14	0.62	-0.71	1.87	0.60	-0.68	-0.09	-0.27	0.14	0.55	-0.76	-0.77	乾燥・高度灌漑小麦優位地帯(パンジャブおよび周辺)
	8	13	UP, RS, HY, MH	-0.54	-0.59	-0.12	0.43	0.31	1.04	-0.79	0.48	-0.31	-0.30	1.18	-0.27	0.96	1.73	0.34	-0.55	ヒヨコマメ&bajra優位地帯(ハリヤーナーから南)
	9	8	RS, GJ, MH	-0.53	-0.42	-0.40	-0.20	-0.35	-0.27	-0.60	-0.27	3.81	-0.33	-0.30	-0.21	0.11	-0.29	-0.37	-0.57	メイズ優位地帯(タール砂漠東辺)
	10	14	UP, BH	-0.28	-0.02	0.19	0.82	0.60	1.14	0.12	0.18	0.14	-0.50	-0.27	-0.19	3.06	0.42	1.80	-0.06	灌漑伸長キマメ&大麦優位地帯(東UP周辺)
4	11	19	MH, UP	-0.05	-0.20	0.29	-0.79	-0.76	0.17	-0.62	1.49	-0.45	0.17	-0.41	-0.27	-0.31	2.05	1.20	-0.02	天水農業小麦・ヒヨコマメ・キマメ優位地帯(中央インド)
5	(=12,13,14)	56	BH, WB, OR, MH, AP, TN, UP, MP	0.42	0.35	0.03	0.56	0.37	-0.33	1.50	-0.61	-0.30	-0.74	-0.49	-0.08	-0.24	-0.56	-0.58	0.33	湿潤稲作地帯(東インド)
	12	14	AP, TN, WB, BH	0.36	-0.15	-0.60	0.68	1.90	-0.66	1.51	-0.81	-0.54	-0.63	-0.38	0.09	-0.54	-0.69	-0.62	-0.30	高度灌漑稲作地帯(ベンガル湾岸+西ベンガル内陸)
	13	23	BH, MH, OR, UP, WB, MP	0.30	0.47	0.20	1.25	0.14	0.16	1.07	-0.25	-0.15	-0.77	-0.53	-0.15	0.19	-0.35	-0.46	1.11	高集約・その他豆優位地帯(オリッサ・チャッティースガル他)
	14	19	OR, WB, BH, MH	0.62	0.56	0.29	-0.37	-0.47	-0.68	2.02	-0.89	-0.30	-0.80	-0.53	-0.11	-0.53	-0.71	-0.70	-0.15	低集約稲作特化地帯(東インドやや内陸)
6	15	13	KN, MP, WB, GJ, UP	3.30	3.10	3.11	-0.27	-0.22	-1.06	0.89	-0.71	-0.14	-0.59	-0.53	0.60	-0.27	-0.74	-0.60	-0.58	丘陵部多雨地帯(ヒマラヤ、西ガート)

\* 州名略号: AP = Andhra P., BH = Bihar, GJ = Gujarat, HY = Haryana, KN = Karnataka, MH = Maharashtra, MP = Madhya P., OR = Orissa, PJ = Punjab, RS = Rajasthan, TN = Tamil Nadu, UP = Uttar P., WB = West Bengal.

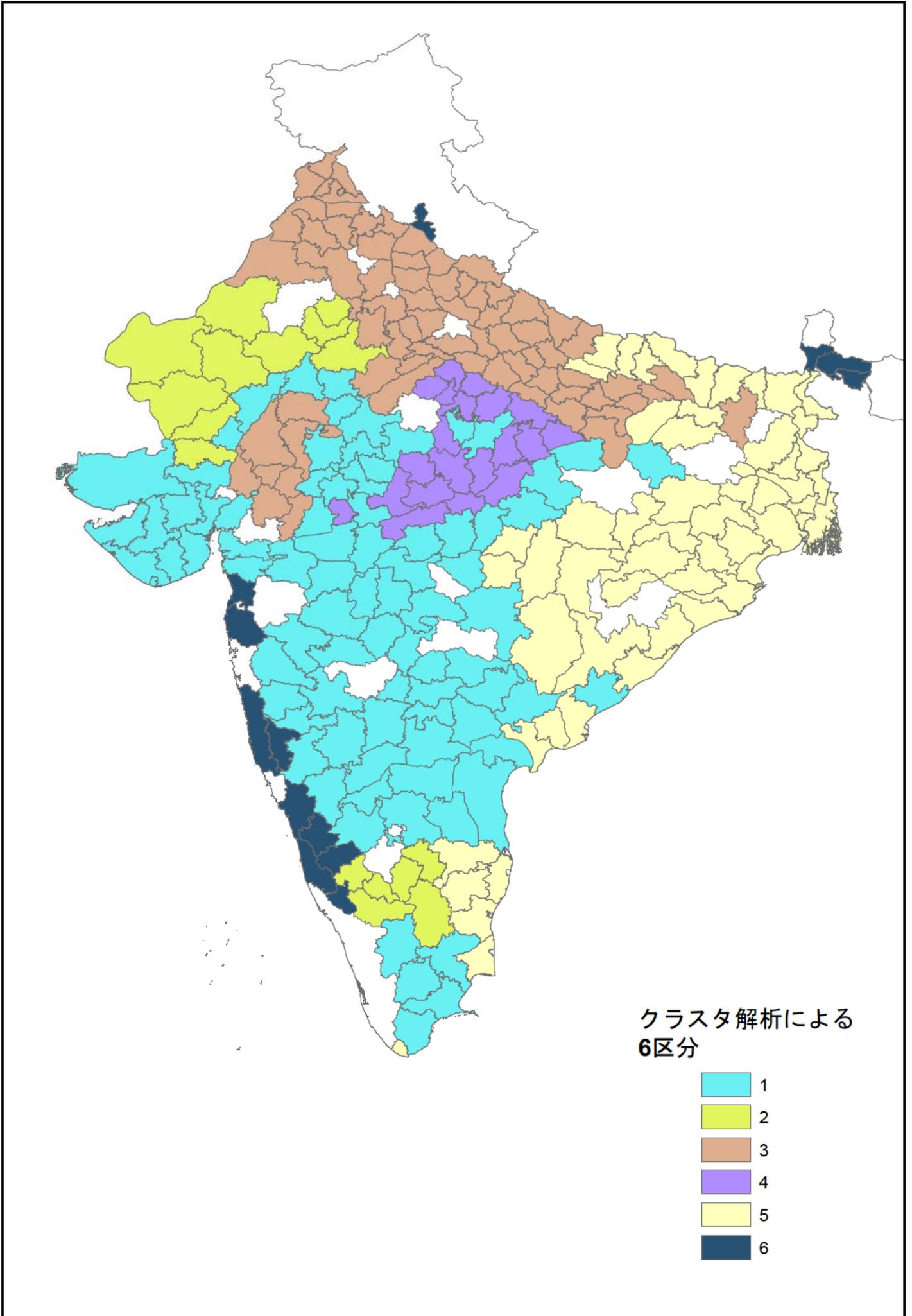
# 各変数をまず正規化した上で、その変数の各グループ内平均を示す。したがって、正規分布を仮定した場合には+1.64 (-1.64)が上位5% (下位5%)となるための閾値、+1.28 (-1.28)が上位10% (下位10%)となるための閾値である。

表2: クラスタ分析に基づく各地域における農業生産集約度および作付パターンの変化

大分類(6)	小分類(15)	仮称(地理的分布)	カバーする州	集計指標#				個別作物#										
				intensity	srw	snfg	fert_gca	rice	wheat	maize	sorghum	p.millet	f.millet	barley	c.pea	p.pea	o.pulses	
1		<b>半乾燥天水農業地帯(中央インド)</b>	MP, MH, AP, GJ, KN, RS, TN, BH	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	(+ , +)	(+ , - , +)	(+ , , +)	(+ , , +)	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	
	1	移行地帯(zone_is_15=2と3の中間)	MH, RS, AP, MP, GJ, BH	( , , )	( , + , +)\$	( , , )	( , , )	(- , + , )\$	( , , )	(+ , + , +)	(+ , - , +)	( , , )	(+ , , +)	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	
	2	半灌漑bajra地帯(沿岸部)	GJ, AP, TN, RS	( , , )	(- , - , -)	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	(+ , - , +)	(+ , - , +)	(+ , - , +)	( , , )	(- , - , -)	( , , )	( , , )
2		<b>乾燥bajra&amp;ragi優位地帯</b>	RS, KN, GJ, TN	( , , )	(- , - , -)	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	(- , - , -)	( , , )	(+ , - , +)	(+ , - , +)	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	(+ , , +)
	4	乾燥ragi優位地帯(南インド)	KN, TN	( , , )	(- , - , -)	(+ , + , +)	( , , )	( , , )	(- , - , -)	( , , )	( , , )	( , , )	(+ , - , +)	( , , )	(- , - , -)	( , , )	( , , )	(+ , , +)
	5	乾燥bajra優位地帯(北インド)	RS, GJ	(- , - , -)	(- , - , -)	( , + , +)\$	(- , - , -)	(- , + , )\$	( , , )	(- , - , -)	( , + , )	(+ , - , +)	( , , )	( , , )	(- , + , )\$	( , , )	( , , )	(+ , , +)
3		<b>半乾燥灌漑農業地帯(北インド)</b>	UP, PJ, RS, HY, BH, GJ, MH	(+ , + , +)	( , , )	( , , )	(+ , + , +)	( , , )	(+ , + , +)	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	(+ , - , +)	(+ , - , )\$	( , , )	( , , )	
	6	やや湿潤・灌漑伸長地帯(UP北西部)	UP, PJ, BH, HY	(+ , + , +)	(+ , + , +)	( , , )	(+ , + , +)	( , , )	(+ , + , +)	(+ , - , )\$	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	(+ , - , )\$	( , , )	( , , )	
	7	乾燥・高度灌漑小麦優位地帯(パンジャブおよび周辺)	PJ, UP, HY	(+ , + , +)	(+ , + , +)	(+ , - , )\$	(+ , + , +)	( , + , +)\$	(+ , + , +)	(+ , - , )\$	( , , )	(+ , - , +)	( , , )	( , , )	(+ , - , )\$	( , , )	( , , )	
4		<b>天水農業小麦・ヒヨコマメ・キマメ優位地帯(中央インド)</b>	MH, UP	(- , - , -)	( , , )	( , , )	(- , - , -)	( , , )	(+ , + , +)	(- , - , -)	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	(+ , + , +)	(+ , - , +)	( , + , +)\$
	11	湿潤稲作地帯(東インド)	BH, WB, OR, MH, AP, TN, UP, MP	( , , )	(+ , + , +)	(- , - , -)	( , , )	(+ , + , +)	(- , - , -)	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )
	12	高度灌漑稲作地帯(ベンガル湾岸+西ベンガル内陸)	AP, TN, WB, BH	(+ , - , )\$	(+ , + , +)	(- , - , -)	(+ , + , +)	(+ , + , +)	(- , - , -)	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )
5		<b>高集約・その他豆優位地帯(オリッサ・チャッティースガル他)</b>	BH, MH, OR, UP, WB, MP	(+ , + , +)	(+ , + , +)	(- , - , -)	( , , )	(+ , + , +)	( , , )	( , , )	(- , + , -)	(- , + , -)	(+ , - , )\$	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	(+ , - , +)
	13	低集約稲作特化地帯(東インドやや内陸)	OR, WB, BH, MH	(- , + , )\$	(+ , - , +)	(- , - , -)	(- , - , -)	(+ , + , +)	(- , - , -)	( , , )	(- , + , -)	(- , + , -)	( , + , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , + , )
	14	丘陵部多雨地帯(ヒマラヤ、西ガート)	KN, MP, WB, GJ, UP	( , , )	(+ , + , +)	(+ , + , +)	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )	(+ , - , )\$	(+ , - , )\$	( , , )	( , , )	( , , )	( , , )

注: # (x, y, z) という形式で、xは初期値、yはトレンド、zは最新値のインド全体に対する相対的位置を示す。+は高位、空は平均と統計的に差がない、-は低位。例えば(+, -, )ならば、その地域区分においてその変数は初期値においてはインド平均よりも高かったが、トレンドがインド平均を下回ったため、最新値においてはインド平均と有意な差がなくなったことを示す。

Map 3.1



Map 3.2

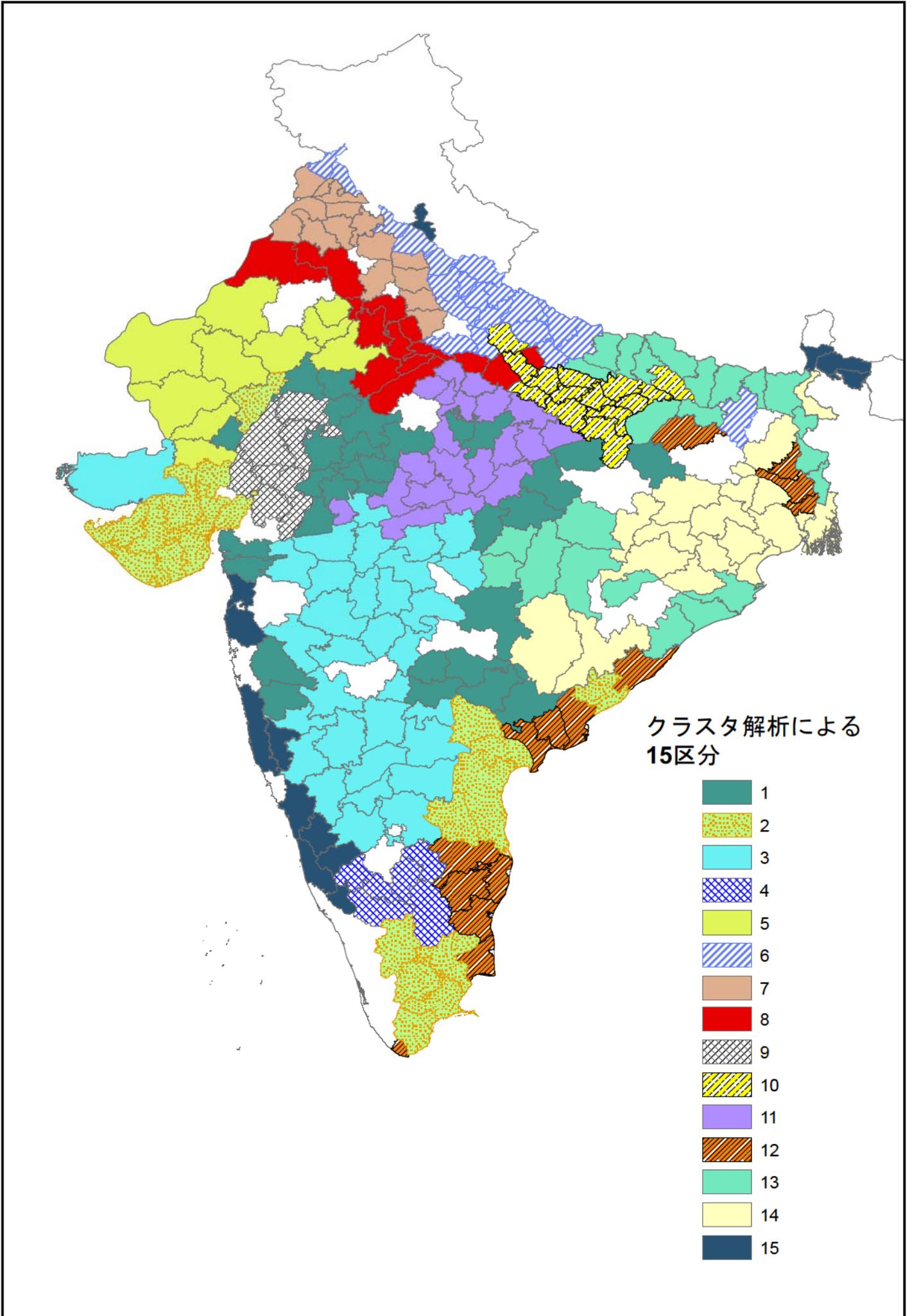


表3: 県レベルの土地利用変化に関する回帰分析結果

**Model A: No shifter**

Explanatory variables	Dependent variable: intensity (x100)		srw (x100)		snfg (x100)		fertilizer#	
	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error
District fixed effects in intercept	(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)	
Base trend: $b_0$	0.599 ***	0.039	0.359 ***	0.040	0.210 **	0.028	2.656 ***	0.122
$R^2$	0.872		0.962		0.865		0.783	
$R^2$ adjusted	0.867		0.960		0.860		0.776	

**Model B: State fixed effects**

Explanatory variables	Dependent variable: intensity (x100)		srw (x100)		snfg (x100)		fertilizer#	
	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error
District fixed effects in intercept	(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)	
Base trend: $b_0$ (reference=MP)	0.512 ***	0.077	0.142 ***	0.040	0.167 **	0.080	1.376 ***	0.119
Additional trend: $b_k$ ( $k$ = state dummy)								
Andhra Pradesh	-0.173	0.106	0.317 ***	0.112	0.277 **	0.125	3.089 ***	0.471
Bihar	-0.284 **	0.128	0.357 ***	0.078	-0.254 ***	0.087	1.217 ***	0.267
Gujarat	-0.168 *	0.101	0.050	0.079	0.155	0.170	1.095 ***	0.340
Haryana & Punjab	1.020 ***	0.196	1.170 ***	0.091	-0.226	0.170	3.873 ***	0.423
Karnataka	-0.111	0.100	-0.142 **	0.070	0.113	0.109	1.137 ***	0.375
Maharashtra	-0.010	0.113	-0.113 *	0.061	-0.050	0.094	0.724 ***	0.270
Orissa	0.752 ***	0.174	-0.847 ***	0.081	0.070	0.102	-0.522 ***	0.198
Rajasthan	-0.050	0.108	0.147	0.091	0.349 ***	0.117	-0.514 ***	0.182
Tamil Nadu	-0.513 ***	0.130	-0.299 **	0.128	0.073	0.106	2.720 ***	0.425
Uttar Pradesh	0.266 ***	0.098	0.733 ***	0.077	-0.098	0.097	1.959 ***	0.235
West Bengal	0.966 ***	0.189	0.220 **	0.096	0.235 **	0.093	1.961 ***	0.307
$R^2$	0.902		0.979		0.875		0.857	
$R^2$ adjusted	0.898		0.978		0.870		0.851	
$F(11, 254)$ test for $b_k=0$ for all $k$ .	13.90 ***		47.12 ***		10.56 ***		30.91 ***	

**Model C: ICRISAT's agroclimatic zone fixed effects**

Explanatory variables	Dependent variable: intensity (x100)		srw (x100)		snfg (x100)		fertilizer#	
	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error
District fixed effects in intercept	(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)	
Base trend: $b_0$ (reference=B4)	0.559 ***	0.047	0.349 ***	0.060	0.169 ***	0.043	2.127 ***	0.135
Additional trend: $b_k$ ( $k$ = agroclim dummy)								
B1 (Himalaya)	0.090	0.114	0.175 *	0.090	-0.353 ***	0.060	0.661 *	0.339
B2 (Arid part of Rajasthan)	-0.228 **	0.102	-0.267 ***	0.073	0.326 ***	0.110	-1.562 ***	0.227
B3 (Punjab=Haryana=West UP)	0.657 ***	0.157	0.772 ***	0.096	-0.029	0.124	2.443 ***	0.435
B5 (Bengal Bay Coastal)	-0.326 ***	0.103	-0.267 *	0.146	0.112	0.079	2.686 ***	0.388
B6 (Deccan)	-0.139 *	0.078	-0.191 **	0.086	0.147 **	0.070	0.362	0.279
B7 (Arabian Sea Coastal)	-0.463 ***	0.076	-0.273 **	0.131	-0.154	0.263	0.985	0.800
B8 (Bengal Delta & Orissa)	0.685 ***	0.183	-0.216	0.136	0.164 **	0.067	0.426	0.337
$R^2$	0.890		0.969		0.871		0.831	
$R^2$ adjusted	0.886		0.968		0.866		0.825	
$F(7, 254)$ test for $b_k=0$ for all $k$ .	14.00 ***		25.21 ***		14.38 ***		24.68 ***	

注: 標本数=7,650 (=255県\*30年). 県の固定効果を入れたモデルをweighted least squaresで推定し, district-clustered robust standard errorsを使用 (統計的有意水準= 1% \*\*\*, 5% \*\*, 10% \*).

§ 県固定効果の254の係数は省略。すべての定式化においてjointly significant (0.1%).

# この被説明変数の定義= ("Nitrogen consumption in tons" + "Phosphate consumption in tons" + "Potash consumption in tons") / "Gross cultivated area in 1000ha". 平均37.4 kg/ha, 標準誤差41.5 kg/ha, 最小値=0, 最大値=408.2 kg/ha.

表3: 県レベルの土地利用変化に関する回帰分析結果(続き)

**Model D-1: Six group fixed effects based on the cluster analysis**

Explanatory variables	intensity (x100)		srw (x100)		snfg (x100)		fertilizer#	
	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error
District fixed effects in intercept	(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)	
Base trend: $b_0$ (reference=1)	0.430 ***	0.042	0.165 ***	0.038	0.292 ***	0.045	2.416 ***	0.178
Additional trend: $b_k$ ( $k$ = group dummy)								
2 (arid with bajra & ragi)	-0.072	0.092	-0.041	0.081	0.230 **	0.088	-1.217 ***	0.343
3 (semi-arid but irrigated North)	0.533 ***	0.093	0.818 ***	0.070	-0.187 **	0.082	1.239 ***	0.304
4 (rainfed with wheat & pulses)	0.072	0.124	-0.048	0.088	-0.074	0.111	-0.994 ***	0.232
5 (humid with paddy East)	0.244 **	0.112	-0.054	0.083	-0.208 ***	0.063	0.248	0.298
6 (wet hilly)	0.062	0.206	-0.067	0.076	-0.021	0.079	0.797	0.634
$R^2$	0.881		0.973		0.870		0.806	
$R^2$ adjusted	0.877		0.972		0.865		0.799	
$F$ ( 5, 254) test for $b_k=0$ for all $k$ .	7.82 ***		34.42 ***		6.25 ***		16.24 ***	

**Model D-2: Fifteen group fixed effects based on the cluster analysis**

Explanatory variables	intensity (x100)		srw (x100)		snfg (x100)		fertilizer#	
	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error
District fixed effects in intercept	(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)	
Base trend: $b_0$ (reference=1)	0.581 ***	0.078	0.266 ***	0.061	0.252 **	0.114	2.162 ***	0.345
Additional trend: $b_k$ ( $k$ = group dummy)								
2 (semi-arid with bajra Coastal)	-0.389 ***	0.096	0.122	0.111	0.152	0.135	1.244 **	0.522
3 (semi-arid with ragi Deccan)	-0.114	0.099	-0.251 ***	0.070	0.007	0.126	-0.098	0.391
4 (arid with ragi South)	-0.299 **	0.150	-0.272 ***	0.101	0.234	0.146	0.835	0.523
5 (arid with bajra North)	-0.198	0.129	-0.101	0.108	0.283 *	0.150	-1.591 ***	0.389
6 (s-arid with irrig.growth North)	0.296 **	0.117	0.539 ***	0.094	-0.114	0.132	1.785 ***	0.495
7 (highly irrigated North)	0.918 ***	0.238	0.923 ***	0.130	-0.365 **	0.174	3.271 ***	0.505
8 (semi-arid with c.pea&bajra)	0.174	0.164	0.736 ***	0.126	0.452 ***	0.135	0.272	0.532
9 (semi-arid with maize Thar)	0.028	0.132	-0.172 **	0.076	-0.667 ***	0.176	-0.348	0.514
10 (p.pea, barley, irrig.growth)	0.296 **	0.125	1.048 ***	0.092	-0.418 ***	0.119	0.988 **	0.427
11 (rainfed with wheat & pulses)	-0.079	0.140	-0.149	0.100	-0.033	0.152	-0.741 *	0.376
12 (highly irrigated Coastal)	-0.016	0.205	-0.242 *	0.144	0.004	0.132	2.668 ***	0.502
13 (high intensity w/ pulses)	-0.002	0.143	0.026	0.126	-0.315 **	0.128	0.139	0.431
14 (low intensity but paddy)	0.295	0.234	-0.390 ***	0.142	-0.064	0.135	-0.548	0.451
15 (wet hilly)	-0.089	0.216	-0.168 *	0.090	0.019	0.131	1.051	0.700
$R^2$	0.887		0.977		0.882		0.845	
$R^2$ adjusted	0.883		0.976		0.878		0.840	
$F$ ( 14, 254) test for $b_k=0$ for all $k$ .	6.79 ***		36.18 ***		16.57 ***		21.22 ***	

**Model E: Structural trend shifters**

Explanatory variables	intensity (x100)		srw (x100)		snfg (x100)		fertilizer#	
	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error	coeff.	std.error
District fixed effects in intercept	(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)		(not reported\$)	
Base trend: $b_0$	0.426	0.473	-0.833 **	0.387	1.147 ***	0.288	0.578	0.866
Additional trend: $b_k$ ( $k$ = structural variables)								
intensity (x100), initial	-0.005	0.005	0.009 ***	0.004	-0.007 **	0.003	-0.010 **	0.009
iratio (x100), initial	0.011 ***	0.004	0.007 ***	0.002	0.006 ***	0.002	0.027 ***	0.007
iratio (x100), trend	0.365 ***	0.073	0.408 ***	0.068	0.115 **	0.052	0.981 ***	0.161
srw (x100), initial	-0.001	0.002	-0.003	0.002	-0.008 ***	0.002	0.002	0.004
snfg (x100), initial	0.006 **	0.003	-0.003	0.003	-0.001	0.002	0.017 ***	0.006
fertilizer, initial	-0.005	0.007	-0.006	0.005	0.000	0.004	0.117 ***	0.020
rainfall, 30 year average	0.022 *	0.012	-0.001	0.010	0.015 *	0.008	0.034	0.025
road density, initial	-0.059 ***	0.013	-0.015	0.011	0.009	0.010	-0.019	0.033
market density, initial	0.055 **	0.024	0.011	0.018	-0.082 ***	0.020	0.284 ***	0.065
dummy for missing market info	0.259 *	0.150	-0.306 ***	0.110	0.294 ***	0.076	-0.253	0.229
$R^2$	0.893		0.974		0.877		0.872	
$R^2$ adjusted	0.889		0.973		0.873		0.868	
$F$ ( 10, 254) test for $b_k=0$ for all $k$ .	12.03 ***		23.85 ***		6.65 ***		40.11 ***	