

$$*10:=K2*45$$

$$*11:=(((I2+L2)/2)*E2)/(1000*1000)$$

分担研究報告－ 3

首都圏とその周辺部における標高・傾斜と人口密度との関係

—GIS による分析—

小口 高
青木 賢人
シアク=ジャン

首都圏とその周辺部における標高・傾斜と人口密度との関係

—GIS による分析—

小口 高¹・青木賢人²・シアク=ジャン³

I はじめに

人口の分布は自然環境に応じて大きく変化する。中でも気候は全球スケールの人口分布を規定しており、穀物の栽培限界である平均気温 0°C よりも寒冷な地域や、年降水量が 100mm を下回る地域では、一般に人口密度が非常に低い。人口分布は地形とも対応し、山岳地域や急傾斜地では平坦な低地に比べて人口密度が低くなる傾向がある。

しかし、人口分布と地形や気候との関係を詳しく検討した研究は少ない。その最大の理由は、研究者が通常持ちがちな思考の特徴にあり、すなわち、自然環境が悪い場所では人口が少ないことが自明とみなされ、詳しい検討を行う必然性が感じられないことや、人口問題の研究者の多くが人文・社会系の出身であり、自然環境への関心が概して薄いことがあげられる。また、いわゆる「環境決定論」への批判を通じて、自然が人間を規定するという立場からの研究が停滞したこと(鈴木, 1988)も一因であろう。しかし、人間の居住場所と自然環境との関係は、近年さかんになりつつある環境共生に関する議論の背景として重要である。とりわけ、人口の増加や居住範囲の拡大に起因する環境問題を検討する際には、人口分布と自然環境との関係を十分に考慮する必要がある。

人口分布と自然環境との関連を論じた研究が少ない別の理由として、地理空間の人文的要素と自然的要素を同時に分析するためのデータやツールが未整備だったことがあげられる。しかしこの問題は、最近の GIS (地理情報システム) の急速な普及と多様なデジタル空間データの整備を通じて解決しつつある。たとえば Lin et al. (1999) は、GIS を用いて合衆国の公的機関が整備したデジタルデータを分析し、東アジア～東南アジアの諸国における人口密度と地形条件(標高・傾斜)との関係を明らかにした。そこで本研究では、日本の首都圏とその周辺部に位置する 1 都 8 県(いわゆる関東甲信: 東京, 千葉, 埼玉, 神奈川, 茨城, 栃木, 群馬, 山梨, 長野: 図 1) を対象に、人口密度と標高・傾斜との関係を検討する。また、複数の年次の人口データを活用し、人口密度の継時変化と地形条件との関係についても議論する。

1 東京大学空間情報科学研究センター

2 (福)恩賜財団母子愛育会リサーチレジデント(東京大学空間情報科学研究センター)

3 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

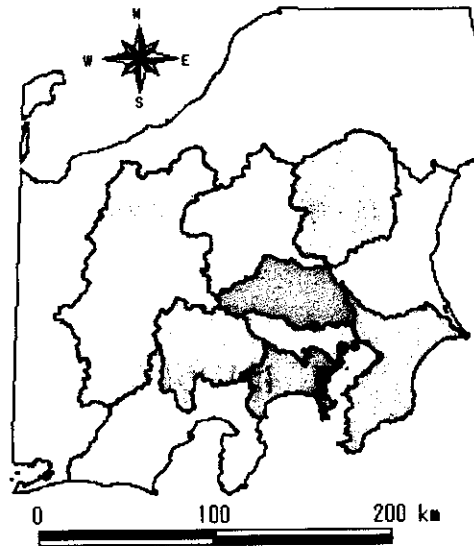


図1 調査対象都県

II データ

本研究では、昭和45年、50年、55年、60年、平成2年、7年の人口密度データ(青木ほか、本報告書)を利用した。このデータは、総務省統計局の国勢調査データを UTM-53N 系に座標変換して得られた、格子点間隔の実距離が 1km のメッシュデータである。

上記の人口密度データに対応する地形データを、国土地理院のデジタル標高データ「数値地図 50mメッシュ(標高)」から編集した。この「50mメッシュ」という名称は、おおよその格子点間隔を表しており、正確な間隔は経度方向で 2.25", 緯度方向で 1.5"である。したがって、格子点間の実距離が場所によって変化するため、傾斜の算出時などにさまざまな問題が生じる(小口, 2001)。また、上記の人口密度データとは投影法が異なるため、GIS 上で直接重ね合わせるができない。そこで、上記の数値地図に補間法を適用し、UTM-53N 座標系上で格子点間隔の実距離が 50m となる標高データ(以下、50m-DEM と呼ぶ)を作成した。補間法は直線の variogram と nugget = 0 を仮定した Kriging を採用した。青木ほか(本報告書)は、調査地域の人口データの補間には Kriging よりも Triangulation が適切であることを明らかにしたが、自然環境データの補間の際には Kriging 法が広く用いられている(Burrough and McDonell, 1998 など)。また、標高値のような近隣での類似性が高い情報について、元のデータと同程度の格子点間隔を持つデータを補間により作成する場合には、強い平滑化を行わない限り、結果は補間の手法にほとんど依存しないと考えられる。そこで、標高データの補間の際には、手法の適合度に関する詳しい検討は特に行わずに Kriging を用いることにした。

補間によって得られた 50m-DEM を ESRI 社の GIS ソフトウェア ArcView にインポートし、対象

点の周囲 8 点の標高値を用いる Horn(1981)の方法により地表の傾斜を計算した。次に、人口密度データの 1km メッシュ内に位置する 50-m DEM の 400 個の格子点について、標高と傾斜の平均値を算出した。以下の議論では、この標高・傾斜の平均値を用いて人口密度と地形との関係を検討する。図 2 と 図 3 は、調査地域における標高と傾斜の分布を示している。なお、デジタル標高データから算出される傾斜の値はデータの格子点間隔に強く依存する(Gao, 1997; 小口・勝部, 2000 など)。解像度が低いデータを用いた場合には、住宅地や坂の勾配といった、人間の居住に直接結びつく傾斜の値を推定することが難しい。上記のように、本研究で検討に利用した地形データは 1 km 四方ごとの集計値であるため、見かけの格子点間隔は 1 km となる。しかし、集計に用いた傾斜の値は 50m-DEM から計算されており、細かい地形の特徴を反映している。したがって、利用した地形データは、人間の居住環境を考える際にも有用と判断される。

本研究では、都県レベルの行政区ごとに地形と人口密度との関係を調査し、その地域差を論じる。行政区を地域区分に用いる科学的根拠は特にないが、都県単位での諸現象の比較は多くの日本人にとって直感的に理解しやすいものであるため、この方法を採用した。都県の境界データは、(株)北海道地図が作成したデジタル数値地図 GISMAP 25000V から抽出した。

III 分析

上記のデータを ArcView を用いて整理・分析した。最初に、人口密度と地形に関するデータを、各都県ごとに切り出した。次に、標高 10 m、傾斜 1 度ごとの各階級に属するセルを判定し、各階級における人口密度の平均値を年次ごとに算出した。ただし、各階級に属するセルの数が 10 個未満の場合には、平均値の信頼性が低いと考えて検討対象から除外した。次に、各階級の標高もしくは傾斜の中央値と、平均人口密度との関係をグラフにプロットした。図 4 と図 5 は千葉県に関するグラフの例である。標高 90m 未満および傾斜 9 度未満では、年次を追うごとに人口密度が増加しており、より高度や傾斜が大きい場所では、人口密度は年次によらずほぼ一定である。このように、ある地形条件における人口密度の増減傾向は、昭和 45 年～平成 7 年の間で一貫している場合が多い。そこで、以下の議論で人口密度の経時変化を検討する際には、最古の昭和 45 年と最新の平成 7 年のデータを比較対象として用いることにし、6 時期全てのデータを用いた詳しい検討は今後の課題とする。

Lin et al.(1999)が指摘したように、日本では一般に標高が高く傾斜が小さい場所ほど人口密度が大きくなる。そこで、この全体的な傾向とは異なった特徴が見いだされた場合や、特定の都県が他の都県とは大きく異なった特徴を示す場合には、そのような特徴の発現に強く寄与している地点を ArcView のクエリー検索機能を用いて抽出し、分布図として表示した。

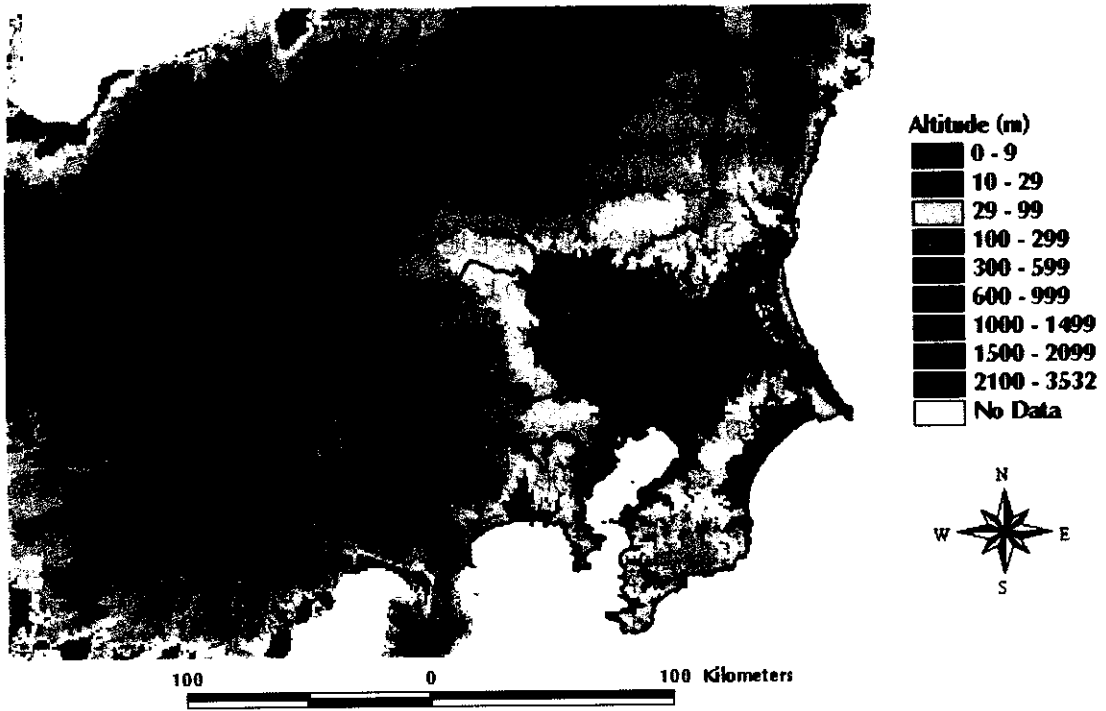


図2 調査地域における標高分布

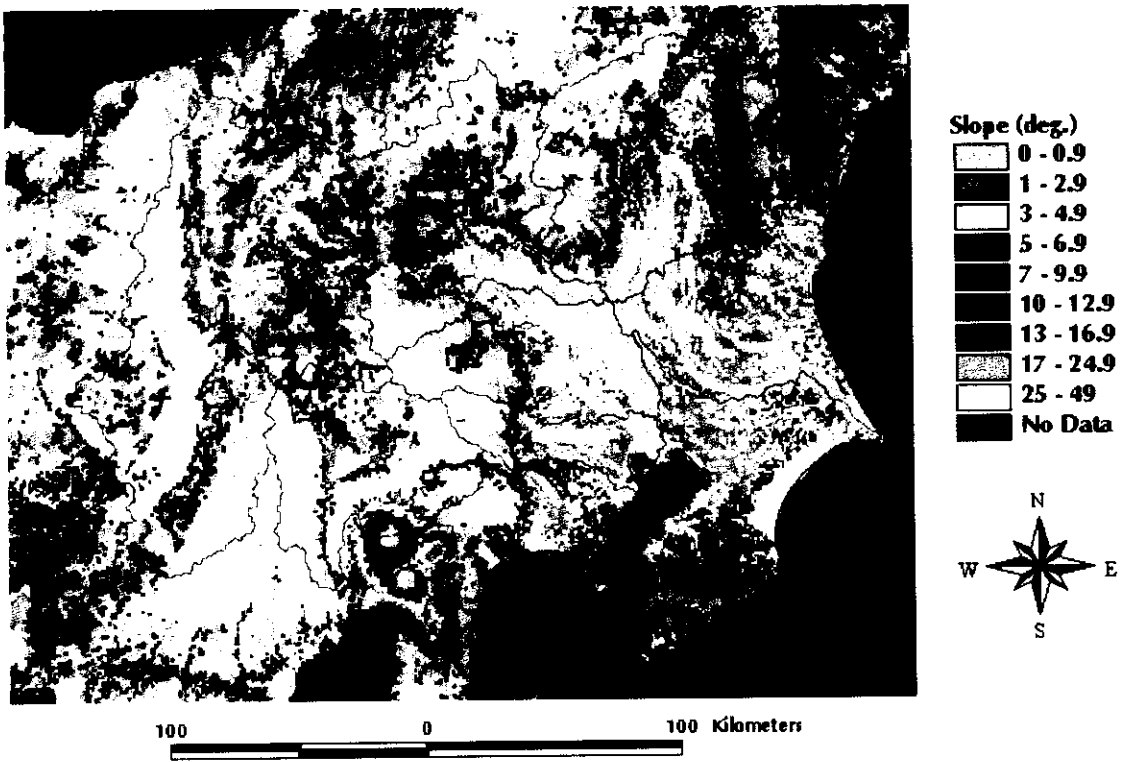


図3 調査地域における傾斜分布

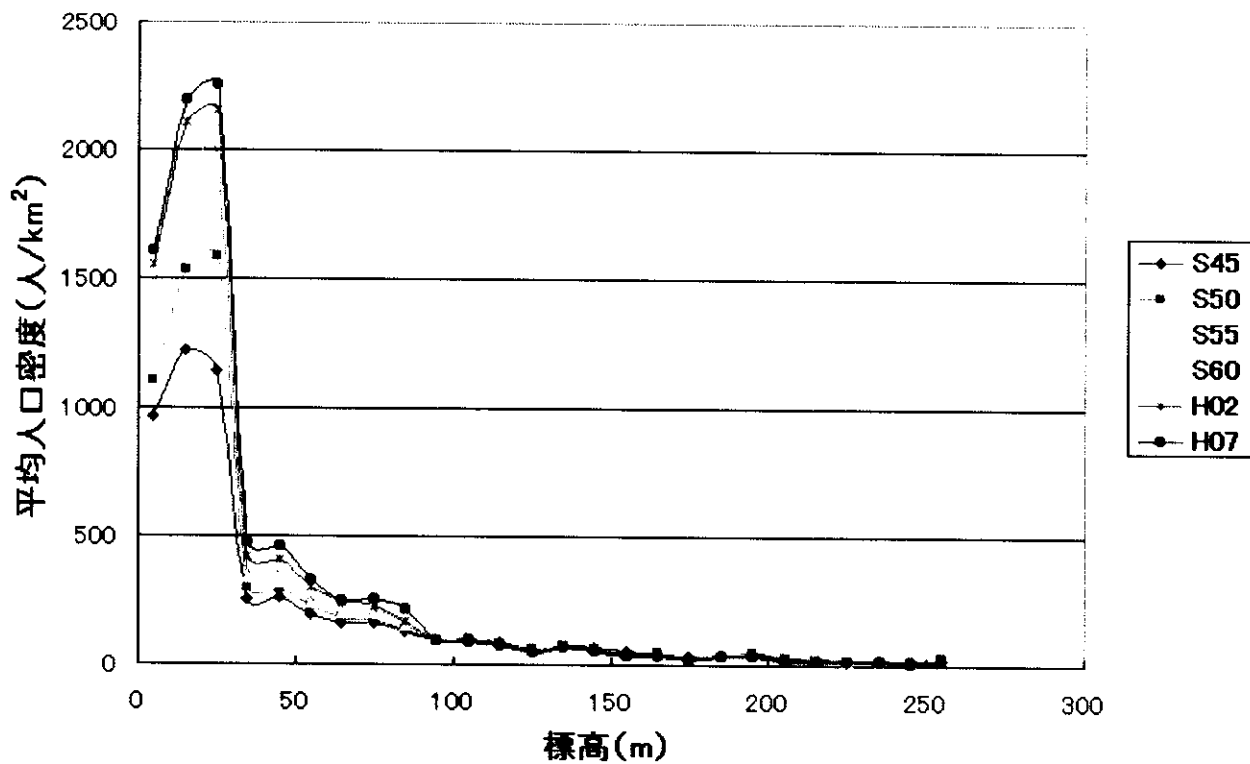


図4 千葉県における6時期の標高と平均人口密度との関係

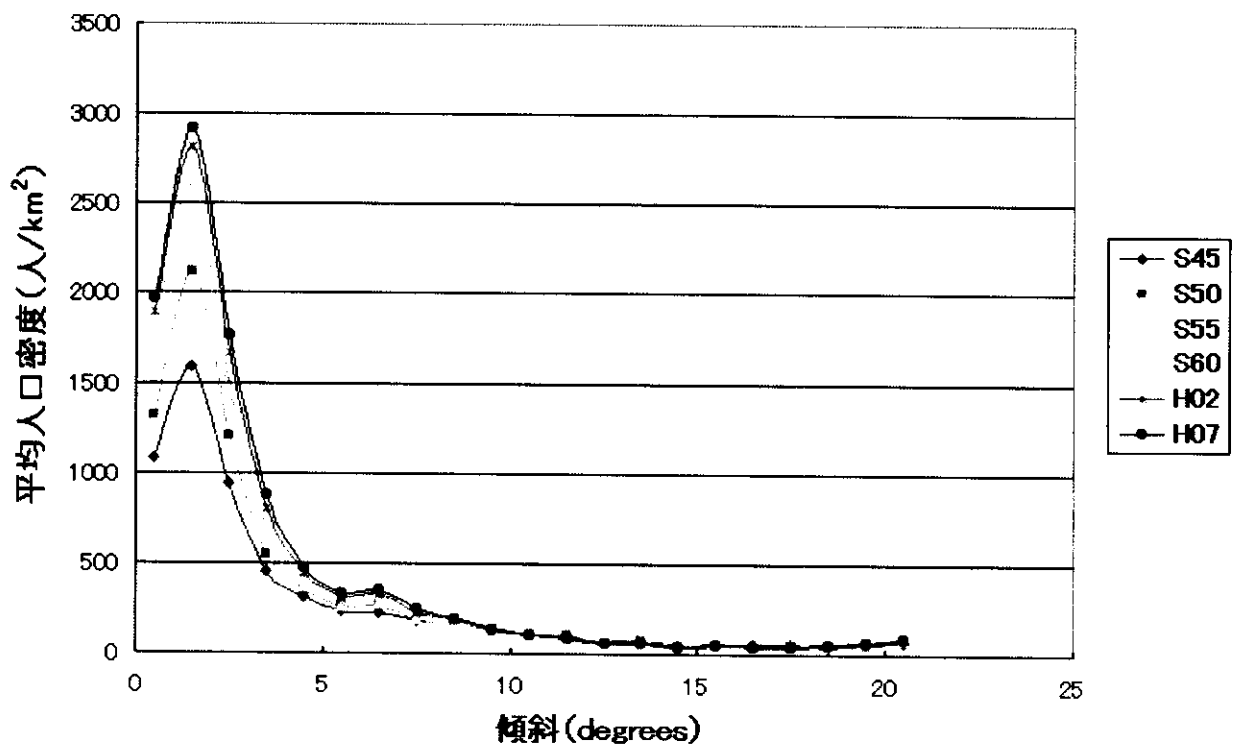


図5 千葉県における6時期の傾斜と平均人口密度との関係

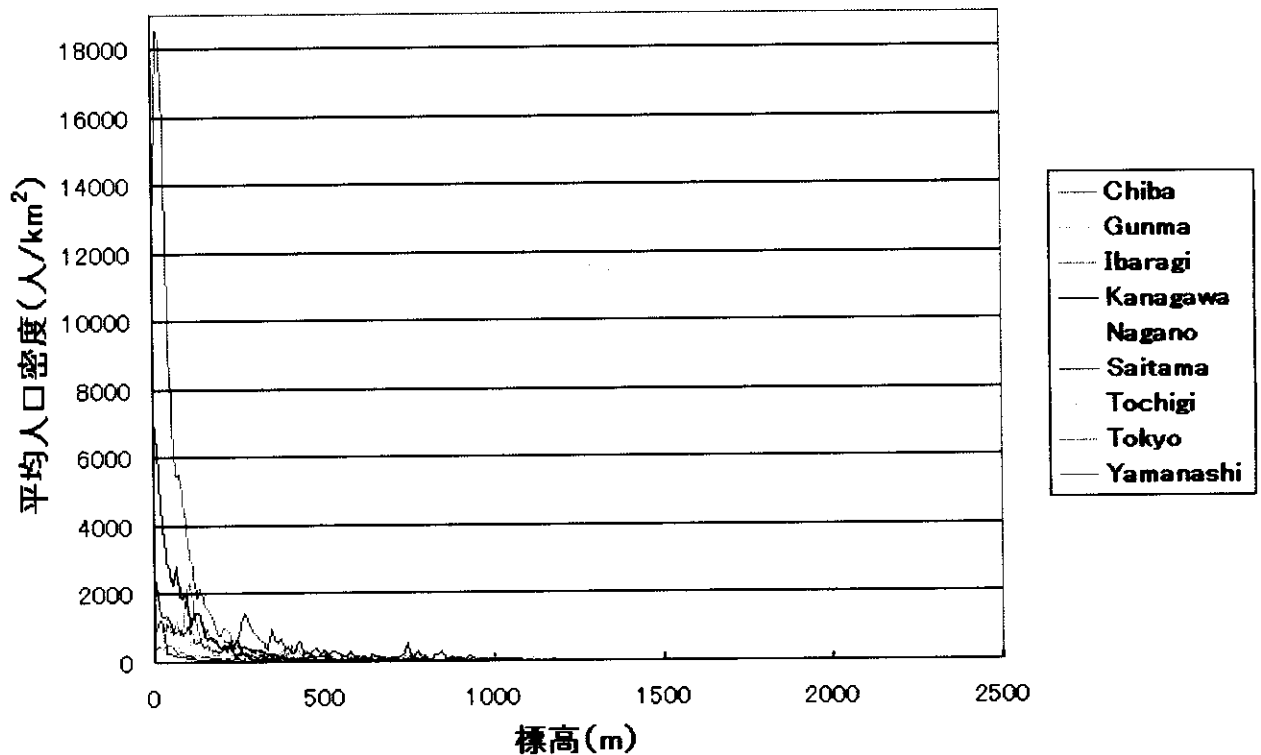


図6 昭和45年における8都県の標高と平均人口密度との関係

IV 結果

1) 標高と人口密度との関係

図4, 図5と同様の関係を, 昭和45年と平成7年について9都県ごとに調べた(図6, 図7). 一般に低所ほど人口密度が大きくなる傾向が認められるが, 埼玉県と神奈川県を除く7都県では, 最も低い場所よりもやや高所で人口密度の最大値が出現している. そこで, 7都県について, 平成7年の人口密度が最大となる高度よりも低所にあり, かつ人口密度が最大値の半分未満となる地点を都県ごとに抽出した(図8). 抽出された低所で人口が顕著に少ない場所は, 利根川沿いの渡良瀬川合流点付近～河口部と, 外房の九十九里浜に沿う低地に広く分布している. さらに, 千曲川・富士川の河谷沿い, 内房, 茨城県の湖岸・海岸域にも比較的集中して分布している.

図9は, 昭和45年から平成7年における平均人口密度の増加量と標高との関係を示している. 全般的に見ると, 相対的に低い場所で人口増加が顕著である. しかし, 東京・神奈川・群馬・長野・山梨では, 最低所よりもやや高い場所で人口増加が著しい. そこで, これらの5都県について, 図8と同様に, 平成7年の人口密度の増加量が最大となる高度よりも低所にあり, かつ人口密度の増加量が最大値の半分未満となる地点を各都県について抽出した(図10). 利根川沿いの渡良瀬川

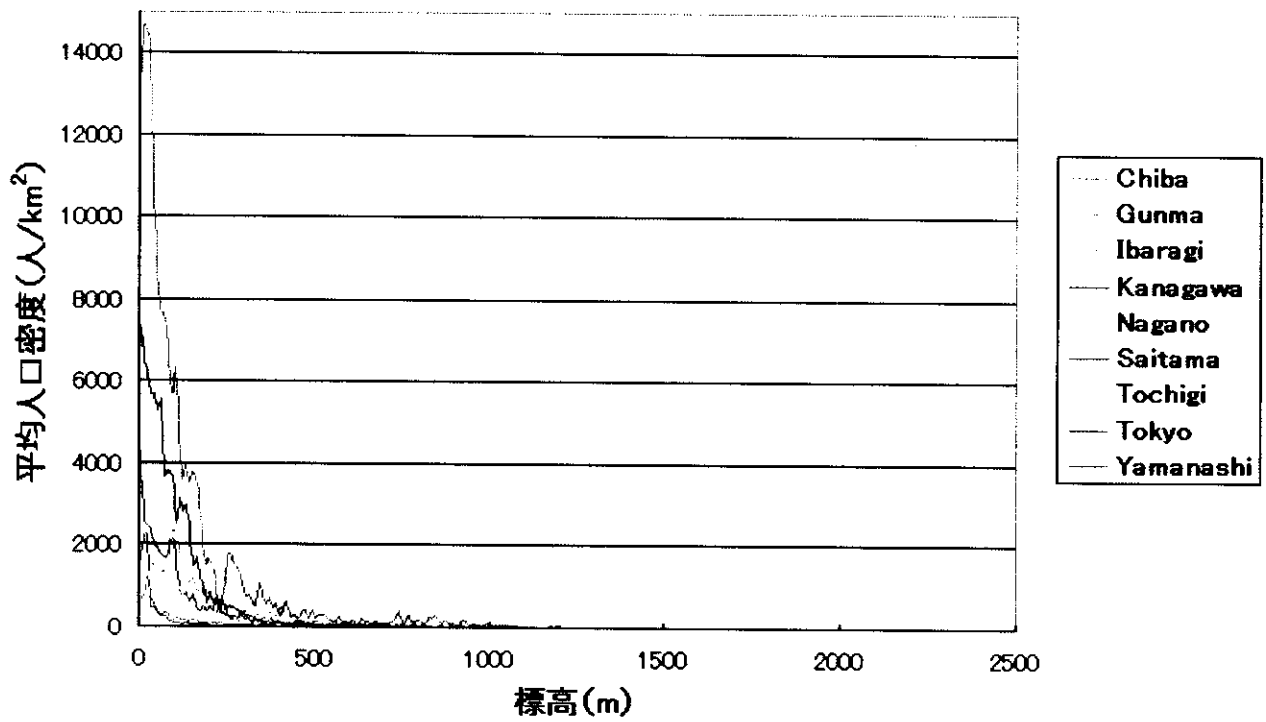


図7 平成7年における8都県の標高と平均人口密度との関係

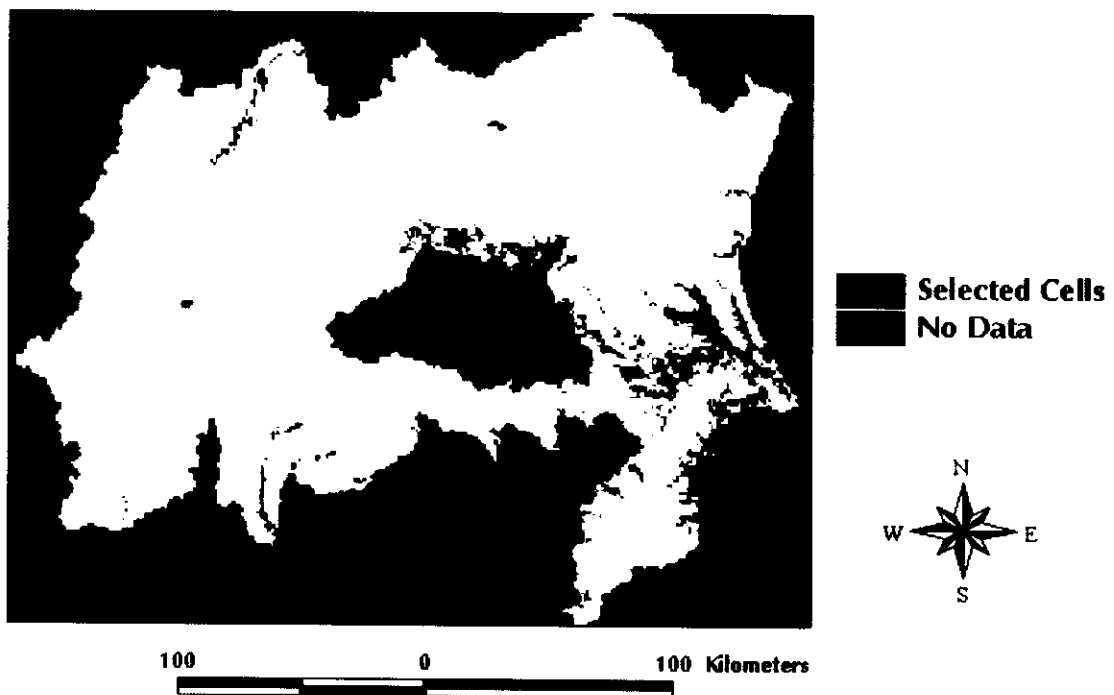


図8 7都県において低所にありながら人口が相対的に少ないと判定された地点の分布

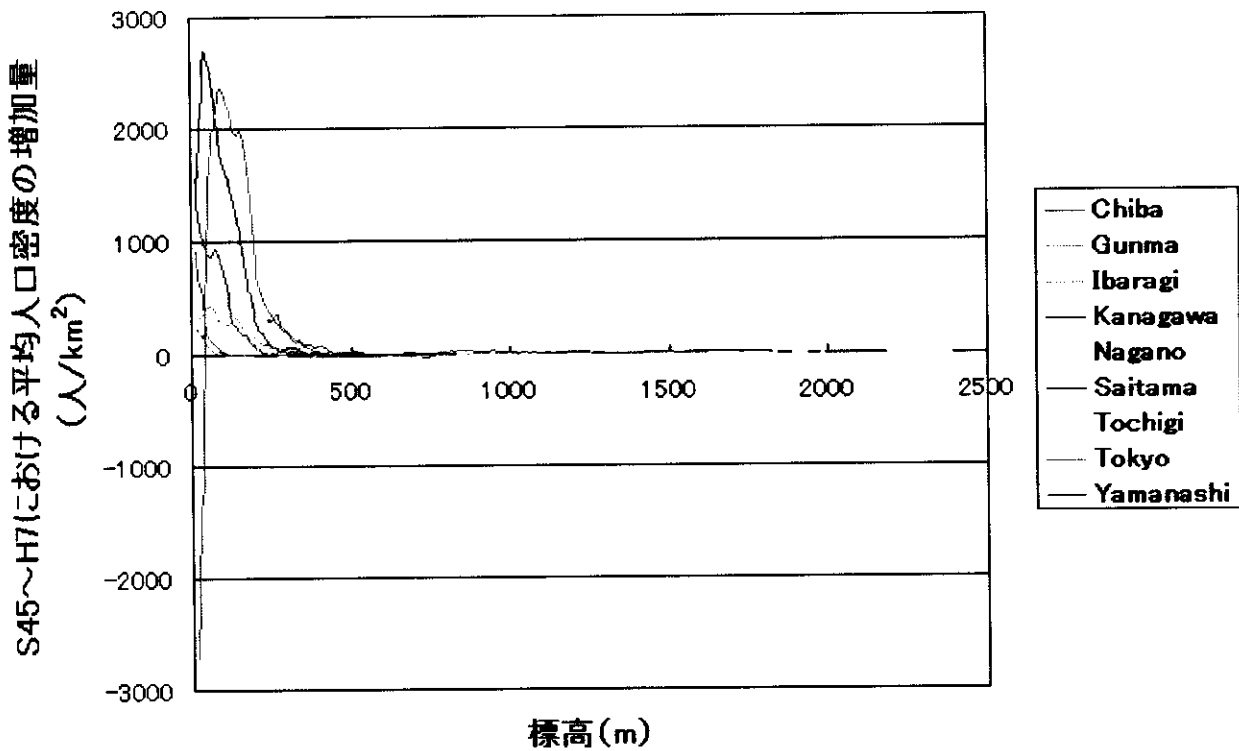


図9 8都県における25年間(昭和45年～平成7年)の平均人口密度の増加量と標高との関係
平均人口密度の変化量は5項移動平均を用いて平滑化してある。

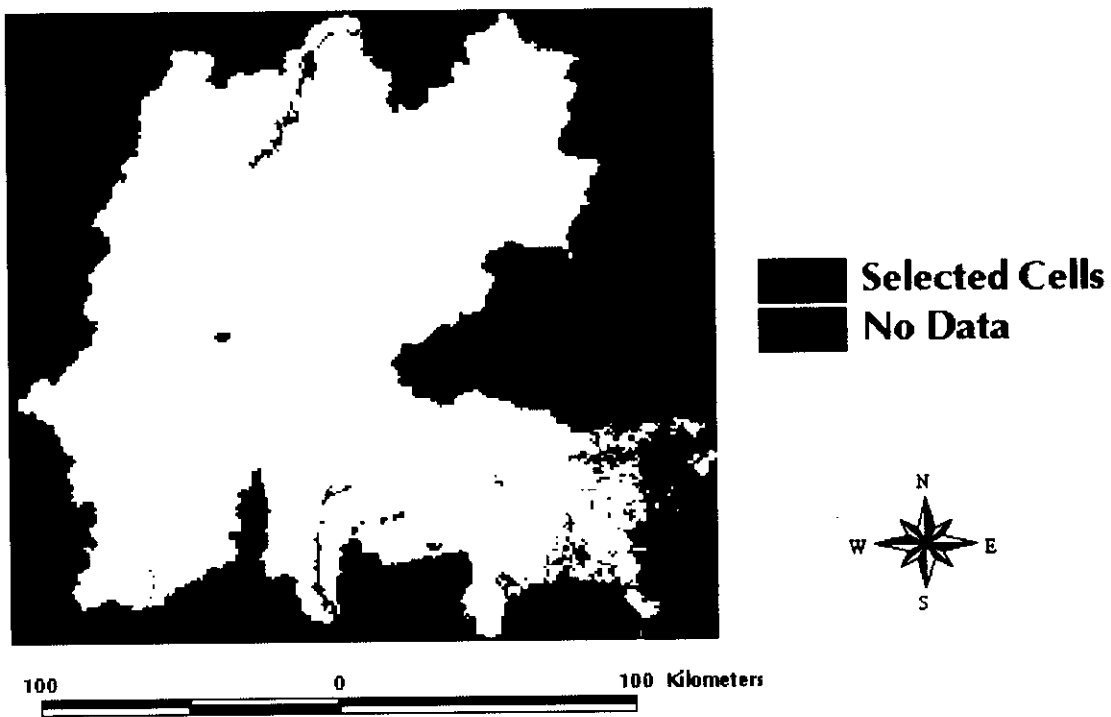


図10 5都県において低所であるにもかかわらず顕著な人口増加が認められない地点の分布

合流点付近、および千曲川・富士川の河谷沿いに集中して分布が見られる点は図 8 と同様である。一方、東京東部～神奈川東部における分布の集中は、図 8 とは明確に異なっている。

次に、人口の増減を基準化された比率として表すために、昭和 45 年の人口密度(P_{S45})に対する平成 7 年の人口密度(P_{H7})の増加率(PI)を次式により算出し、標高との関係を調べた(図 11, 12)。

$$PI = (P_{H7} - P_{S45}) / P_{S45}$$

山梨、長野、群馬、栃木では、高所の中に増加率が非常に大きい場所が認められる(図 11)。そこで、標高が 1000m 以上で 25 年間に人口密度が 3 倍以上になった地点($PI \geq 2$)を 9 都県のデータから抽出して図示した(図 13)。抽出された地点は富士、八ヶ岳、蓼科、浅間、草津白根、乗鞍、飯縄といった火山の山麓部に集中して分布する傾向がある。ただし、これらの地点では元々の人口密度の絶対値が小さいため、少数の人口増加が大きな増加率として表現されている点に注意する必要がある。各都県全体の人口変化を考える際には、低～中標高域における増加率(図 12)により注目する必要がある。図 12 によると、低～中標高域における人口の増加率は一般に低所ほど大きく、山梨と長野を除くと、ある標高を境に増加率の正負が逆転する傾向が認められる。逆転が生じる標高は都県によって異なり、茨城と千葉では標高 100m 付近、東京、埼玉、栃木、群馬では標高 300-400m 付近となるが、神奈川では標高 550m 付近に達している。図 14 は、神奈川の標高 400-600m において、25 年間で人口密度が 2 倍以上になった地点($PI \geq 1$)の分布を示している。該当する地点は相模湖の北方、丹沢山麓、箱根付近に存在する。

2) 傾斜と人口密度との関係

図 15, 図 16 は、昭和 45 年と平成 7 年における傾斜と平均人口密度との関係を示している。同一の傾斜における人口密度を比較すると、東京と神奈川の人口密度が他県よりも顕著に大きく、埼玉と千葉の緩傾斜地でも、残りの 5 県に比べて人口密度が大きくなっている。また、一般に傾斜が小さくなると人口密度が増大し、とくに傾斜 3 度未満の土地に人口が集中する傾向が認められる。しかし、昭和 45 年と平成 7 年の埼玉・千葉・茨城、および昭和 45 年の東京では、傾斜が 1 度未満の場所における平均人口密度が傾斜 1～2 度の場所の値よりもやや小さい。この逆転現象に強く寄与している地点の分布を明らかにするために、各年次と各都県について、傾斜 1 度未満でかつ傾斜 1～2 度における平均人口密度の半分よりも人口密度が小さい地点を抽出して地図化した(図 17, 図 18)。千葉と茨城については該当する地点の分布傾向が図 8 と類似しており、利根川沿いと九十九里浜に集中している。埼玉では北東部に該当する地点が多く、とくに荒川・元荒川・利根川・古利根川沿いの低地に集中している。昭和 45 年の東京では、福生・立川・国分寺付近と多摩川沿いの低地にまとまった分布がみられる。

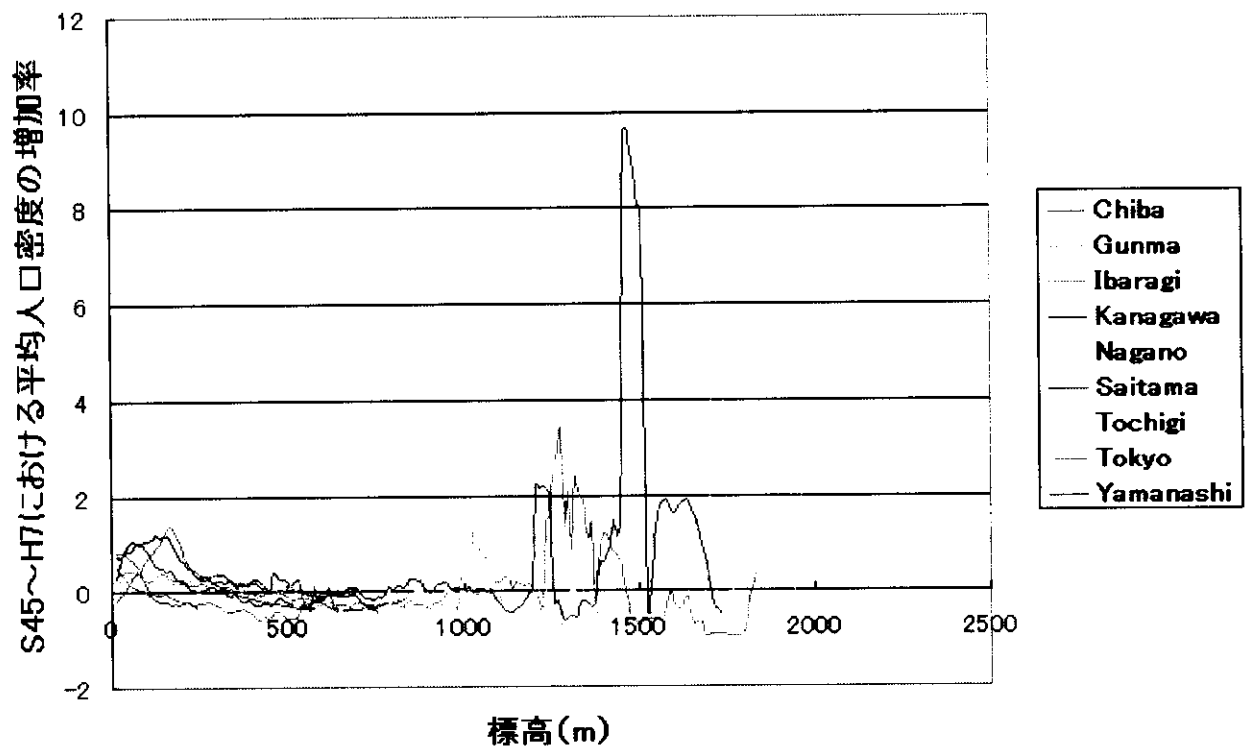


図 11 25 年間(昭和 45 年～平成 7 年)の平均人口密度の増加率(PI)と標高との関係
5 項移動平均を用いて平滑化してある。

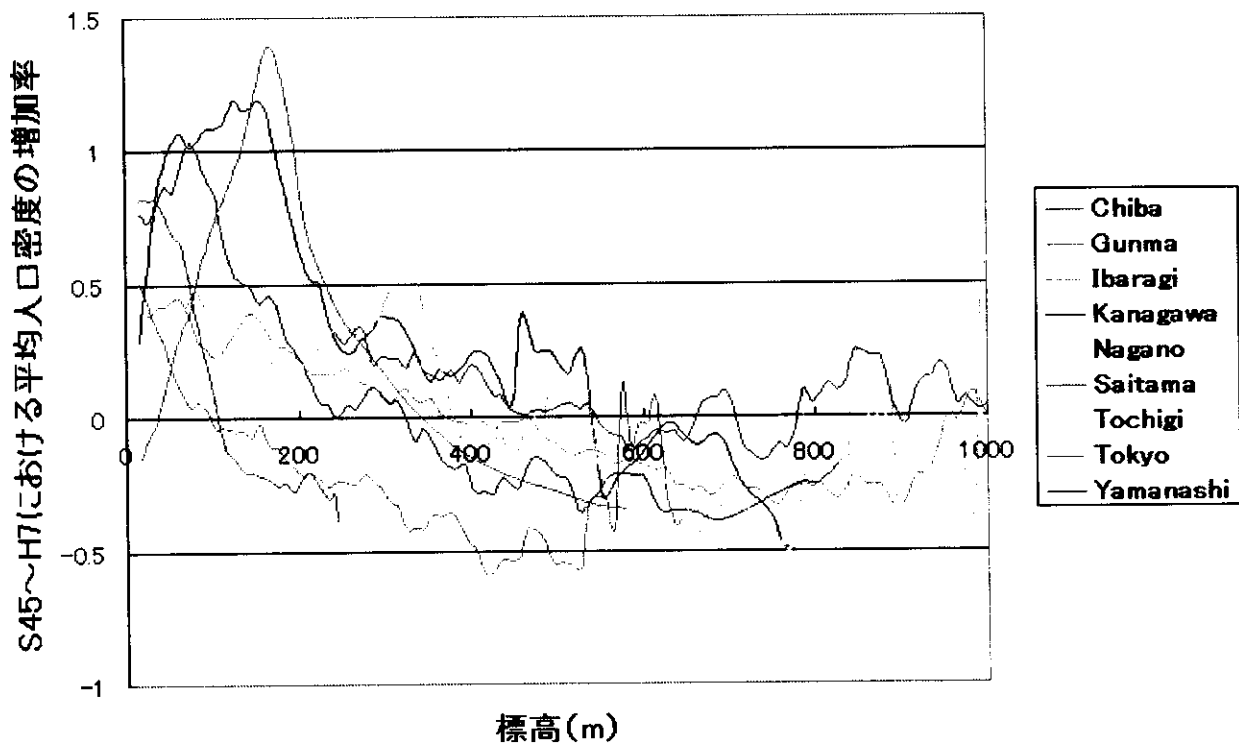


図 12 25 年間の平均人口密度の増加率(PI)と標高との関係(標高 0～1000m)
5 項移動平均を用いて平滑化してある。

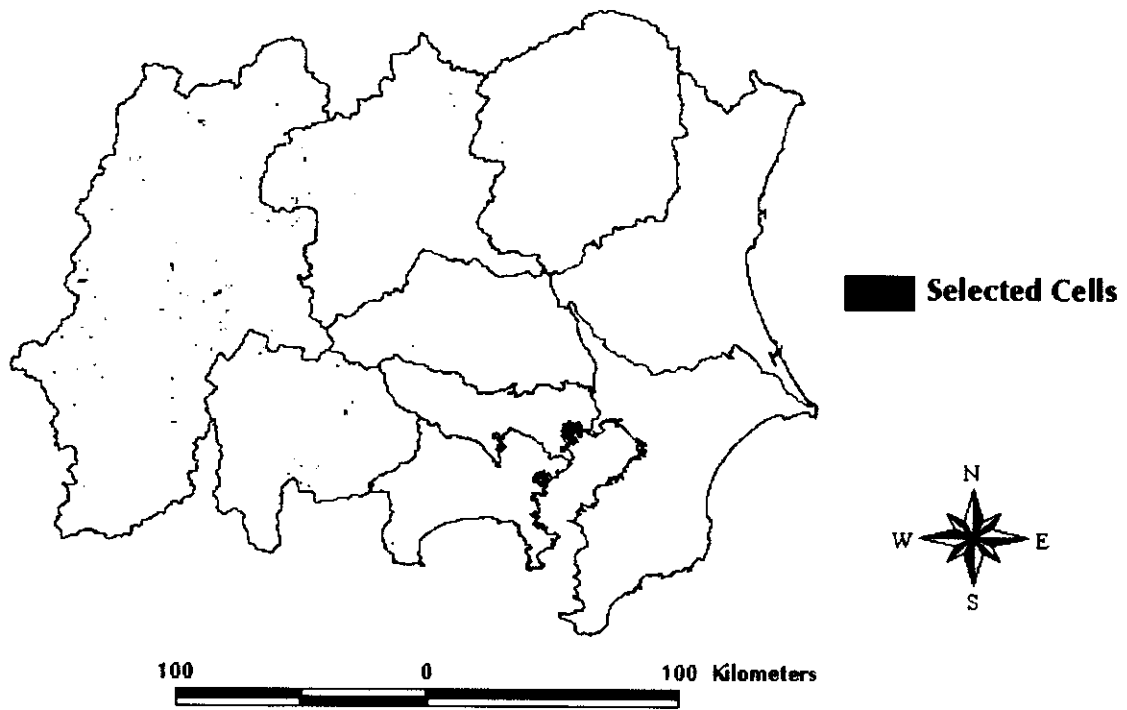


図13 標高 1000m以上で人口増加率が高い地点の分布

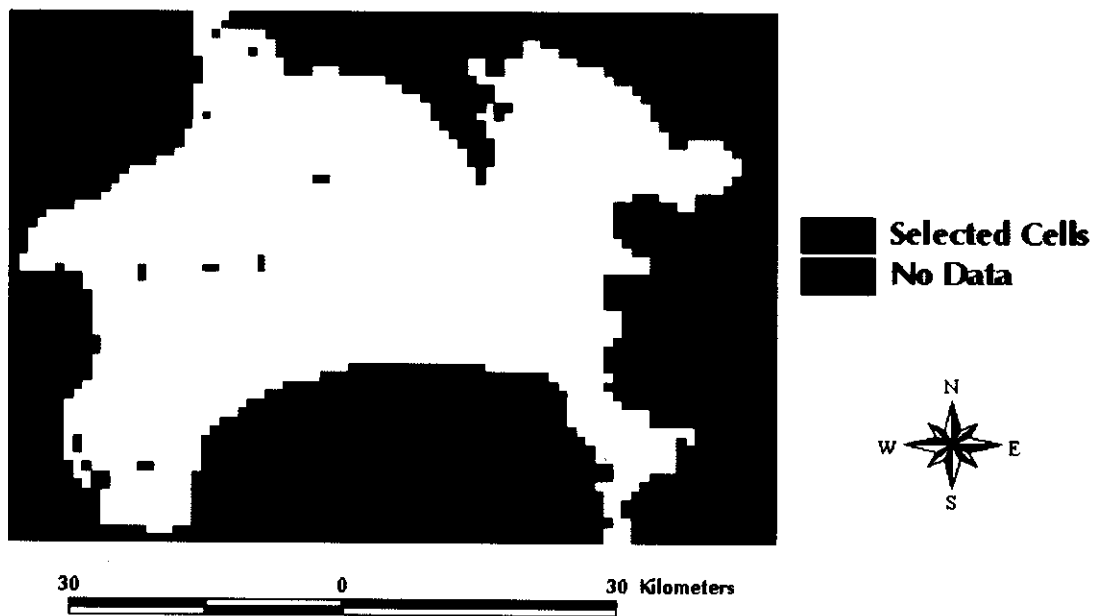


図14 神奈川県の高標 400-600mで人口増加率が高い地点の分布

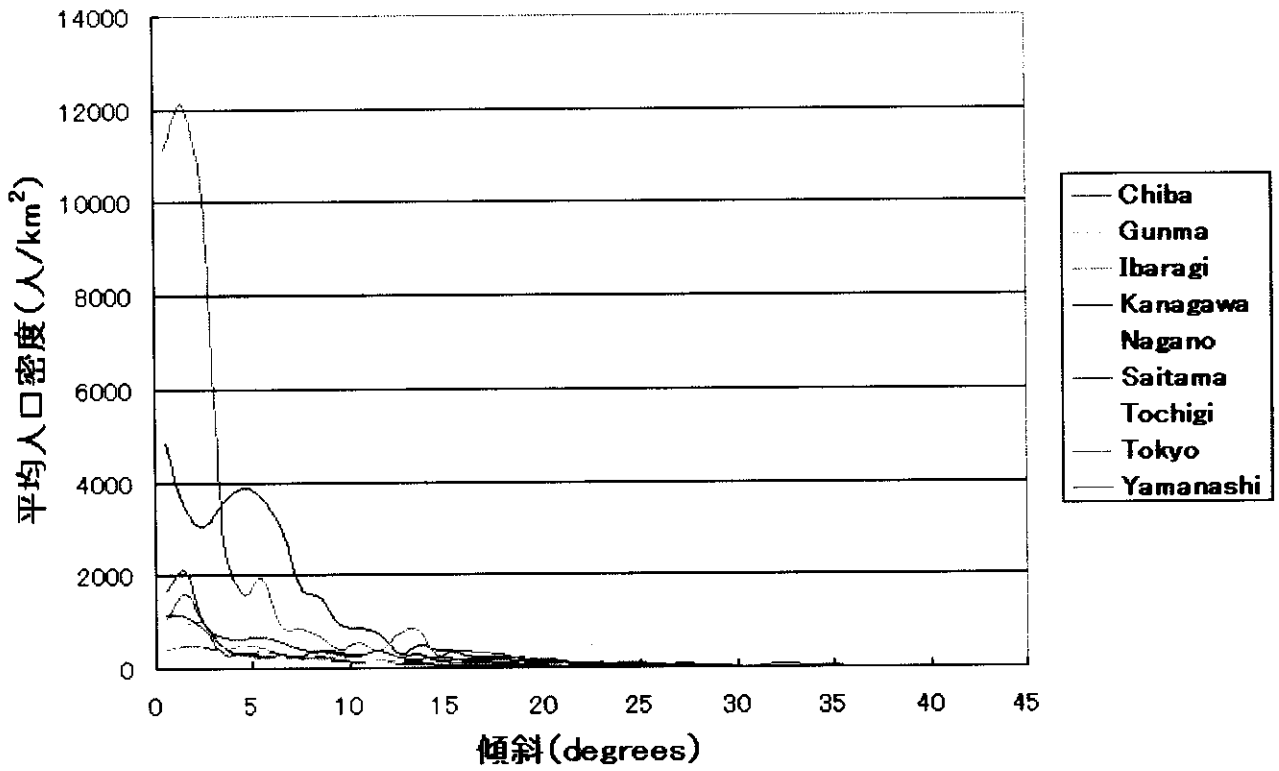


図 15 8 都県における昭和 45 年の傾斜と平均人口密度との関係

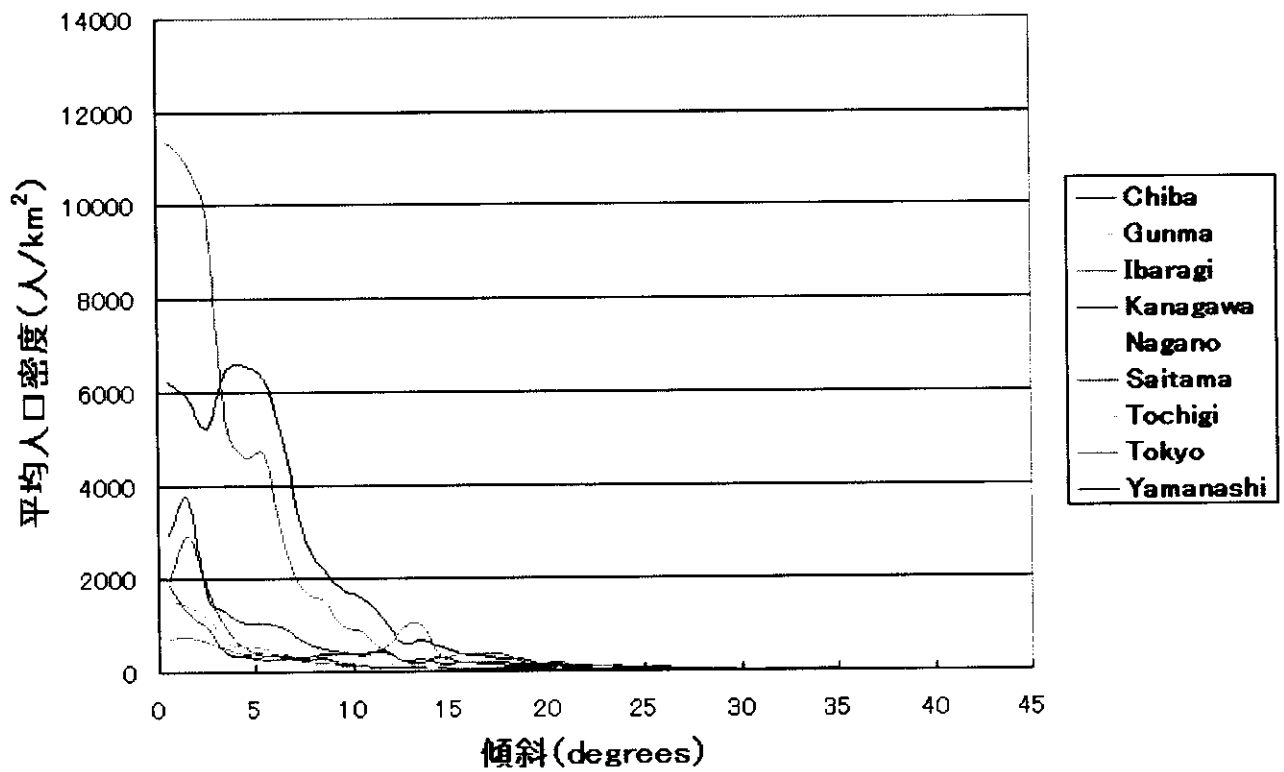


図 16 8 都県における平成 7 年の傾斜と平均人口密度との関係

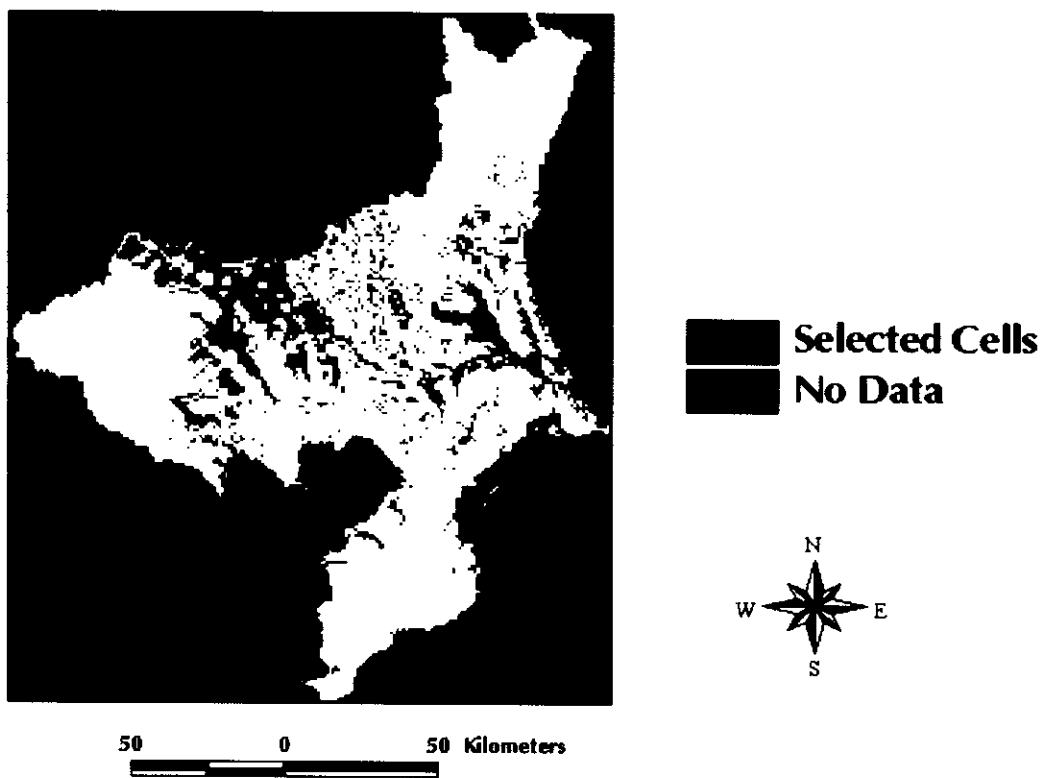


図 17 4 都県において緩傾斜でありながら昭和 45 年の人口が相対的に少ない地点の分布

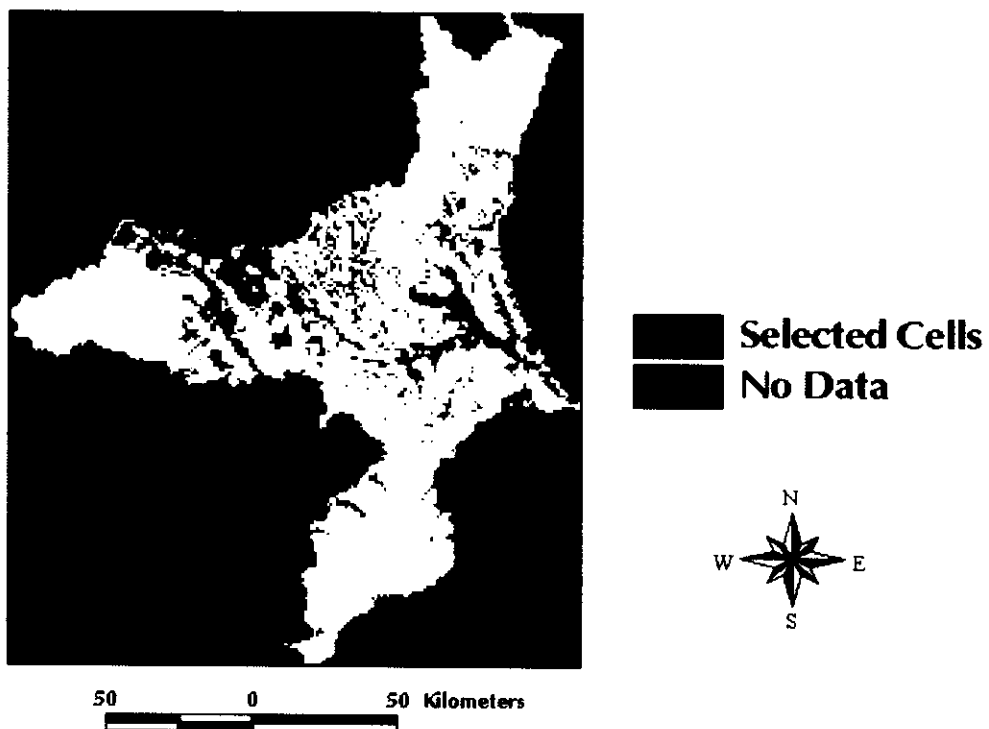


図 18 3 県において緩傾斜でありながら平成 7 年の人口が相対的に少ない地点の分布

図 19 は、昭和 45 年から平成 7 年における平均人口密度の増加量と傾斜との関係を示している。人口密度の増加量は、大局的には傾斜が小さくなるほど大きくなっているが、東京・神奈川・埼玉・千葉・群馬では、最も緩傾斜の場所での増加量が全体の最大値になっていない。すなわち、東京と神奈川では傾斜 5 度前後で人口密度の増加が著しく、埼玉・千葉・群馬では傾斜 2 度前後で最も顕著に人口密度が増加している。図 20 は、東京と神奈川において、傾斜が 4~6 度で、25 年間の人口密度の増加量が 3,000 人/km² を超える地点を示している。該当地点が集中している場所は、多摩ニュータウン~港北ニュータウンとその周辺地域、および横浜市の南東部(磯子区、南区、港南区、戸塚区、保土ヶ谷区)である。図 21 は、埼玉と千葉において、傾斜が 1.5~2.5 度で 25 年間の人口密度の増加が 1,500 人/km² を超える地点を示している。埼玉では東京との境界付近に該当地点が集中している。一方、千葉では全体としては東京寄りの分布を示すものの、常磐線・総武線・京成成田線に沿う地域に比較的分散している。

また、図 19 によると、東京の傾斜 2 度付近では、他県と異なり人口が顕著に減少する傾向が認められる。図 22 は、東京において傾斜が 1~3 度で、かつ 25 年間の人口密度の減少が 1,000 人/km² を超えている地点の分布を表している。分布は都心部の西半分に集中している。

図 23 は、図 19 の傾斜 5 度以上の範囲を拡大して表示したものである。傾斜と人口密度の変化量との関係はやや複雑であるが、全体として相対的に緩傾斜の場所で人口が増加し、急傾斜地では減少するという傾向が共通に見られる。傾斜 20 度以上の場所では、神奈川を除く全ての都県で平均人口密度が減少している。このような傾斜と人口変化との関係を基準化して調べるために、25 年間の人口密度の変化率(PI)と傾斜との関係を示すグラフを作成した(図 24)。人口密度が増加から減少に転じる傾斜は都県によって異なり、茨城、群馬、千葉、栃木、長野では約 10 度、山梨、埼玉、東京では約 20 度、神奈川では約 27 度となっている。図 25 は、山梨、埼玉、東京、神奈川において、傾斜が 10 度以上で 25 年間に人口密度が 2 倍以上になった地点($PI \geq 1$)を抽出したものである。分布が最も集中している地域は、埼玉の飯能市~日高市にかけてと丹沢山地の周囲(とくに津久井町など東麓部)であり、さらに三浦半島や甲府市の西北西(敷島町~竜王町)にも比較的集中した分布が見られる。図 26 は、神奈川県において傾斜が 20 度以上で PI が 1 以上の地点を抽出したものである。分布のパターンは、標高が高いにも関わらず人口増加率が大きい地点の分布(図 14)を密にした感じであり、主に丹沢山地を取り巻くように分布している。

V 考察

関東甲信における人口密度と標高・傾斜との関係をみると、全般的には低標高・低傾斜の場所で人口密度が増加する傾向が認められる。過去 25 年間の人口増減も、基本的にこの傾向を助長してきた。これらは、生活しやすい地形条件を持つ土地に人間が多く居住しているという単純な事実と、過疎化の進行により山間部の農村から低地の都市への人口流出が顕著であったことを反映している。しかし、きわめて低標高・低傾斜の場所でも、人口密度が相対的に小さく、過去 25 年間

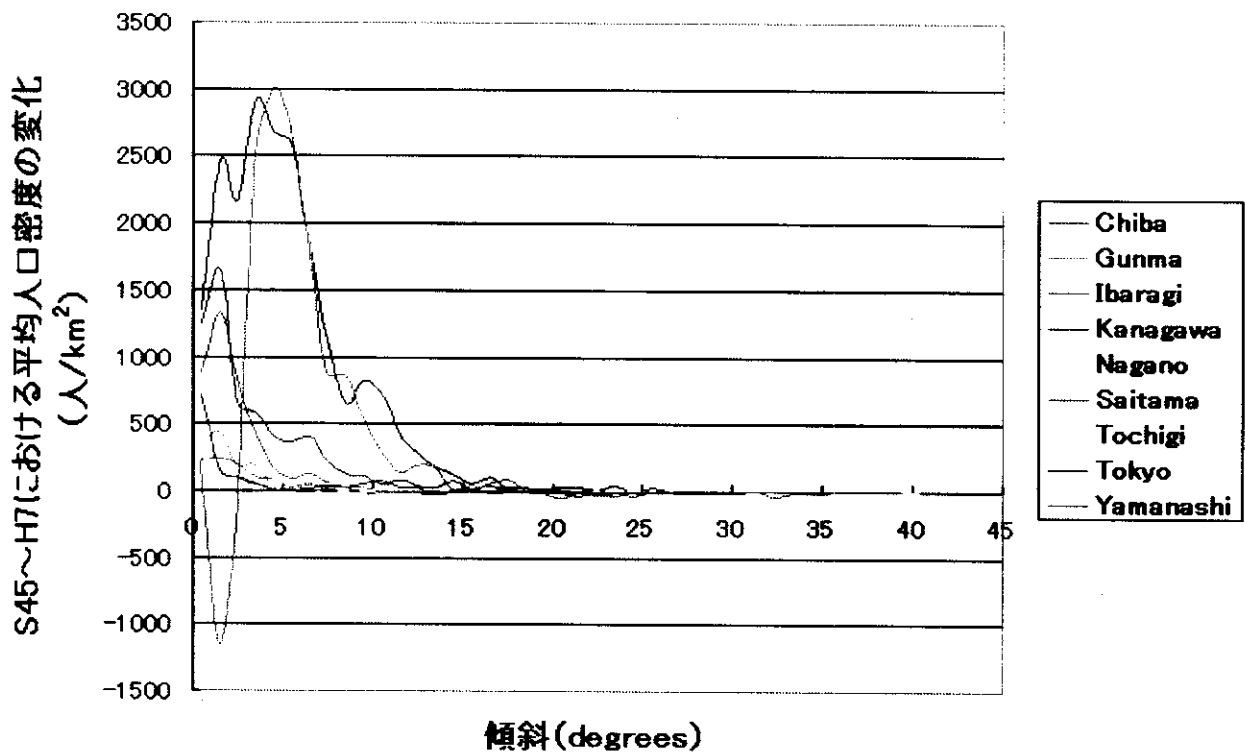


図 19 8 都県における 25 年間(昭和 45 年～平成 7 年)の平均人口密度の変化量と傾斜との関係

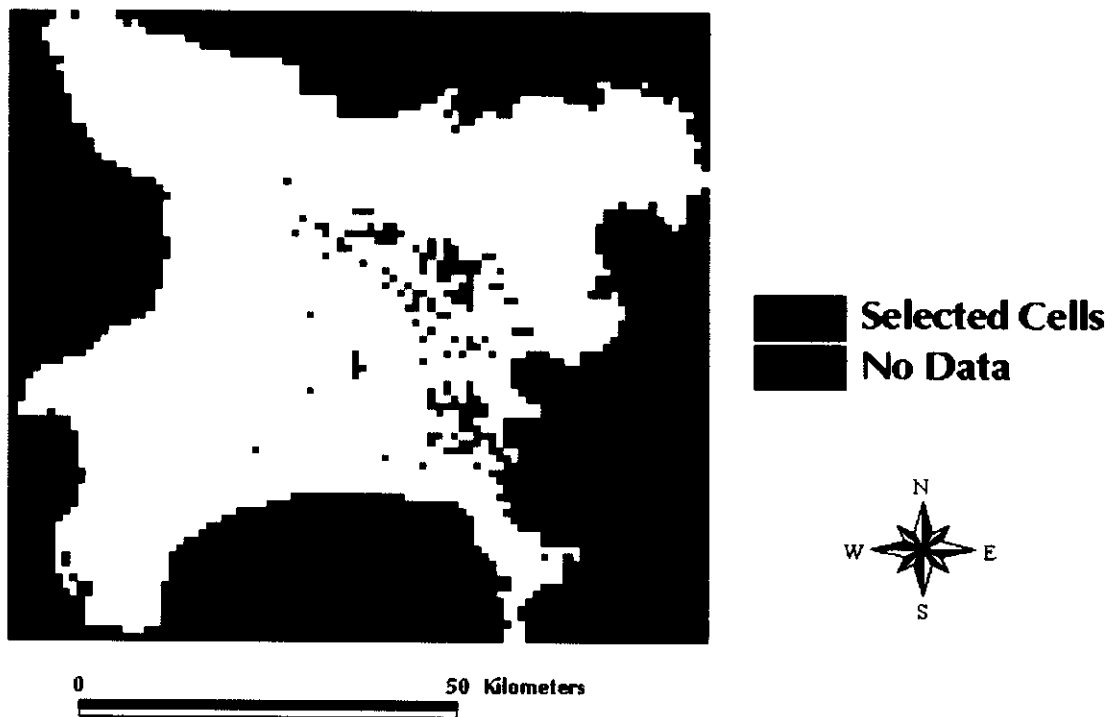


図 20 東京と神奈川において傾斜が 5 度前後で人口増加が著しい地点の分布

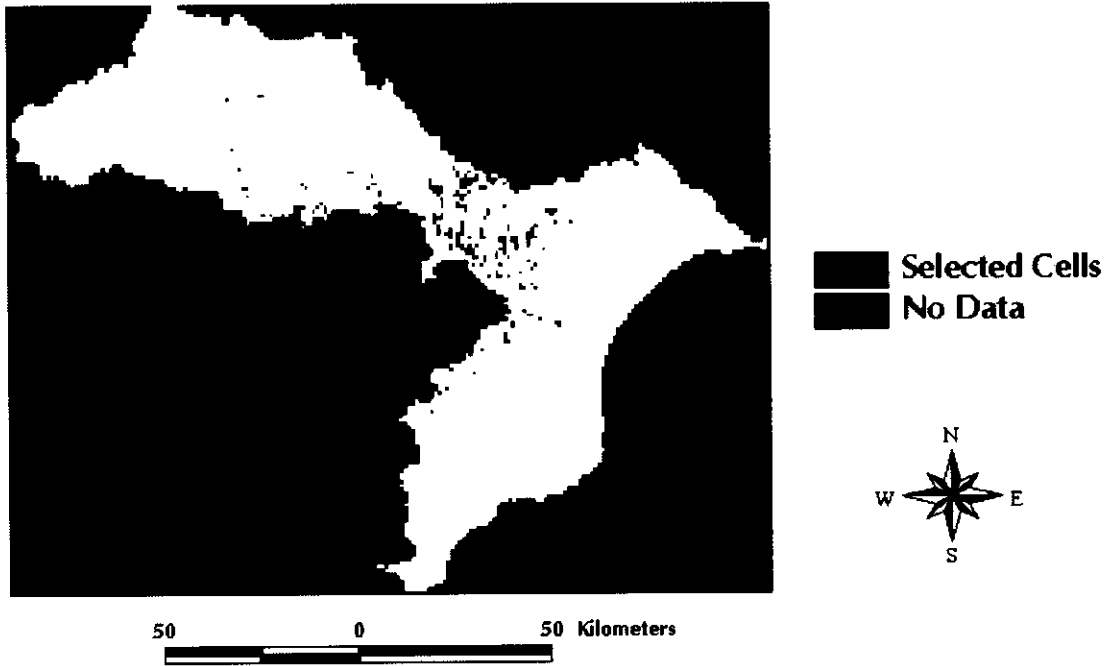


図 21 埼玉と千葉において傾斜が 2 度前後で人口増加が著しい地点の分布

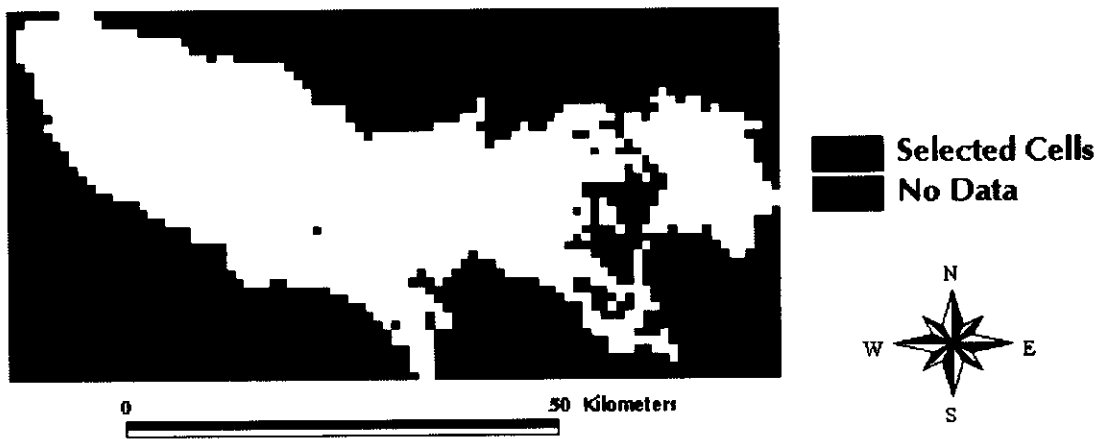


図 22 東京において傾斜が 2 度前後で人口減少が著しい地点の分布

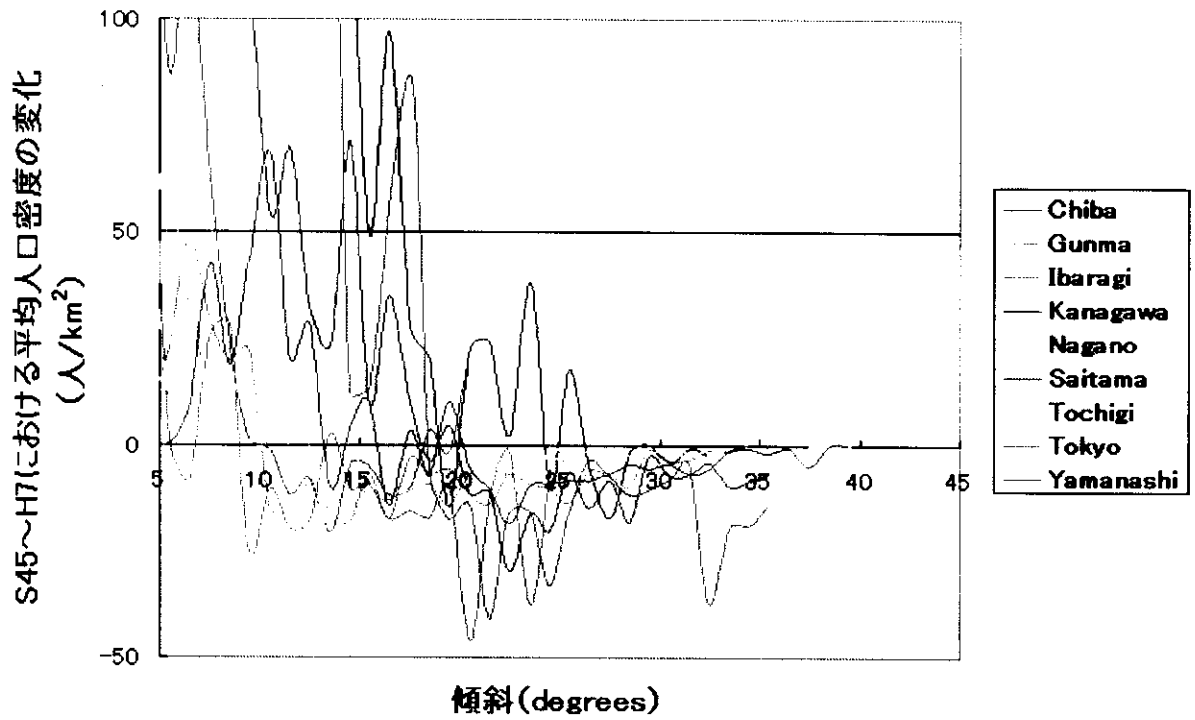


図23 8都県における25年間(昭和45年～平成7年)の平均人口密度の変化量と傾斜との関係
(傾斜5度以上の範囲の拡大図)

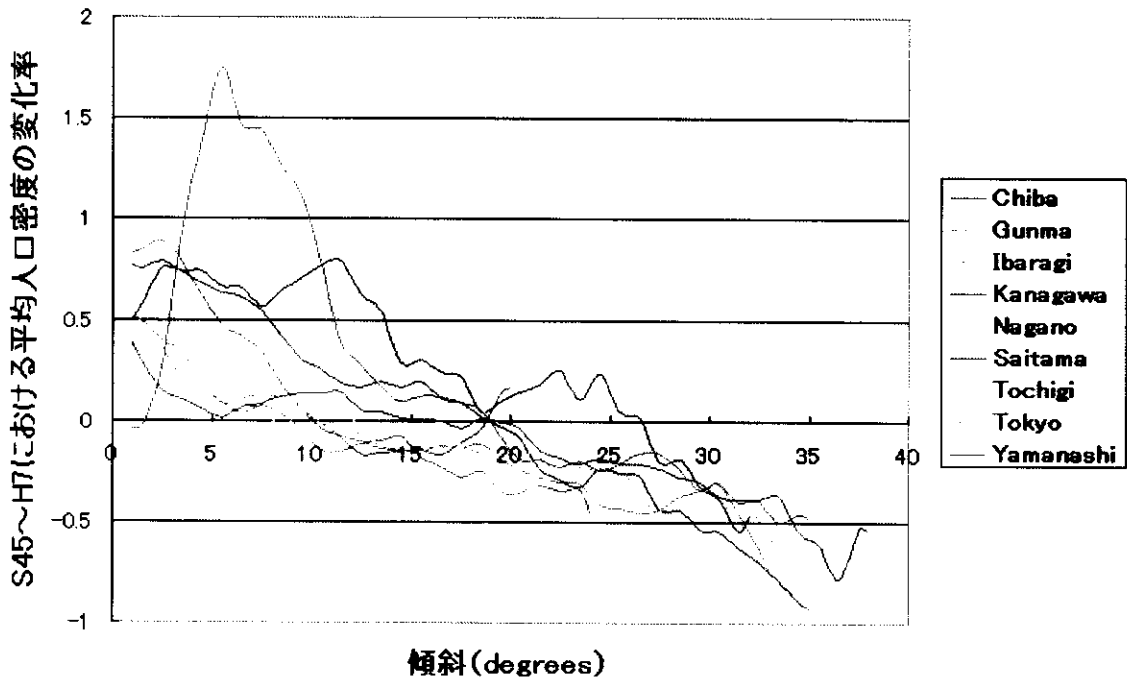


図24 8都県における25年間(昭和45年～平成7年)の平均人口密度の
変化率(PI)と傾斜との関係

平均人口密度の変化率は5項移動平均を用いて平滑化してある。

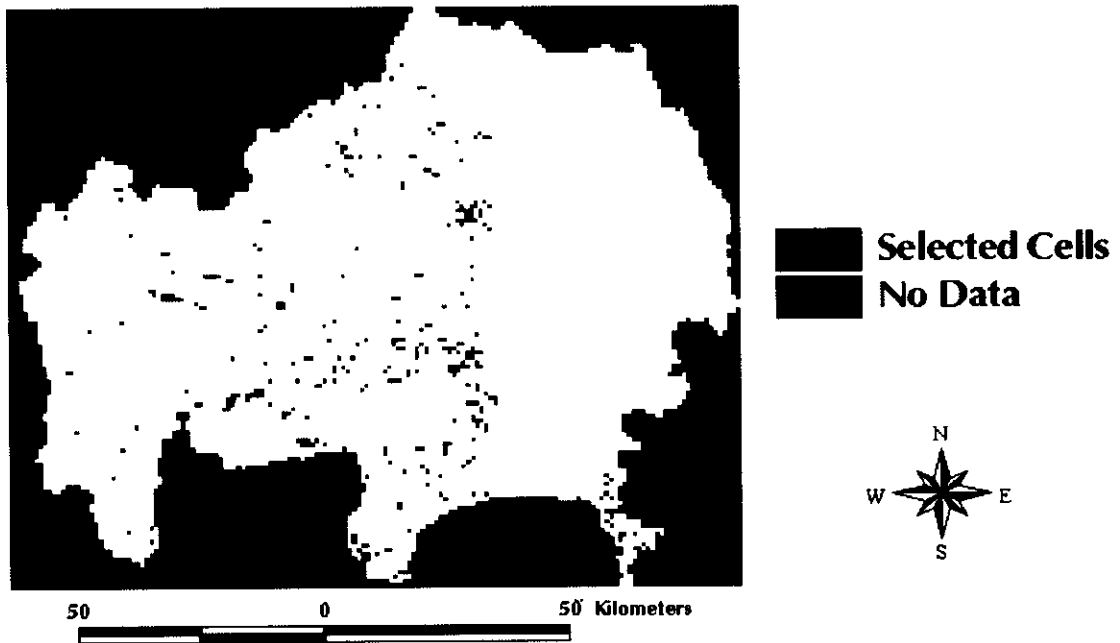


図 25 4 都県において傾斜が 10 度以上でありながら 25 年間の人口増加率が高い地点の分布

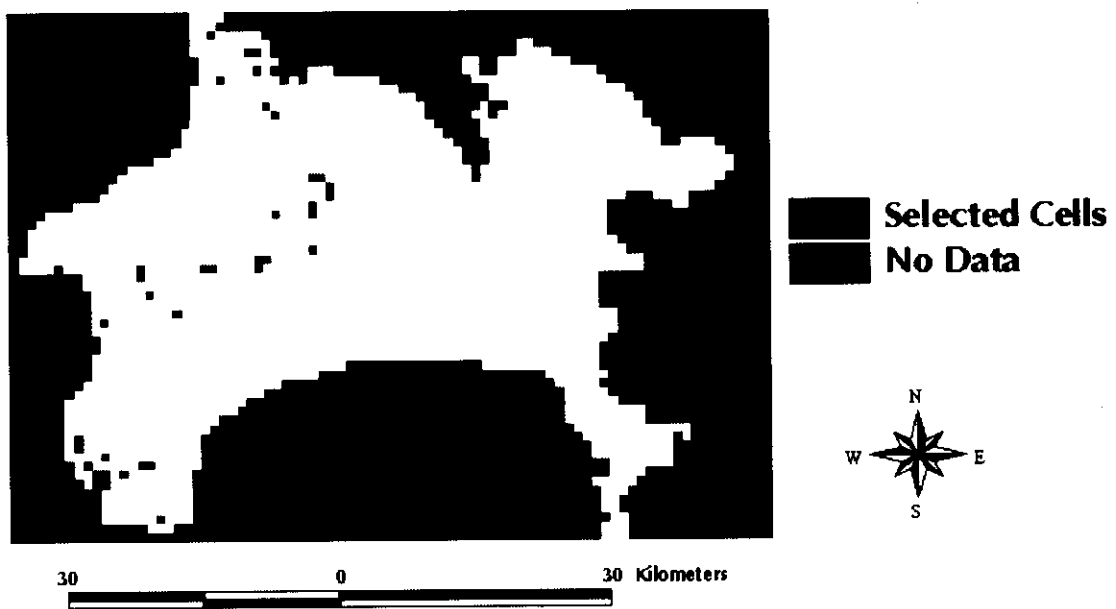


図 26 神奈川県において傾斜が 20 度以上でありながら 25 年間の人口増加率が高い地点の分布