

中国黄河中下流域における土地被覆変化からみた 広域及び都市内環境評価に関する研究

大分大学大学院工学研究科
博士後期課程環境工学専攻

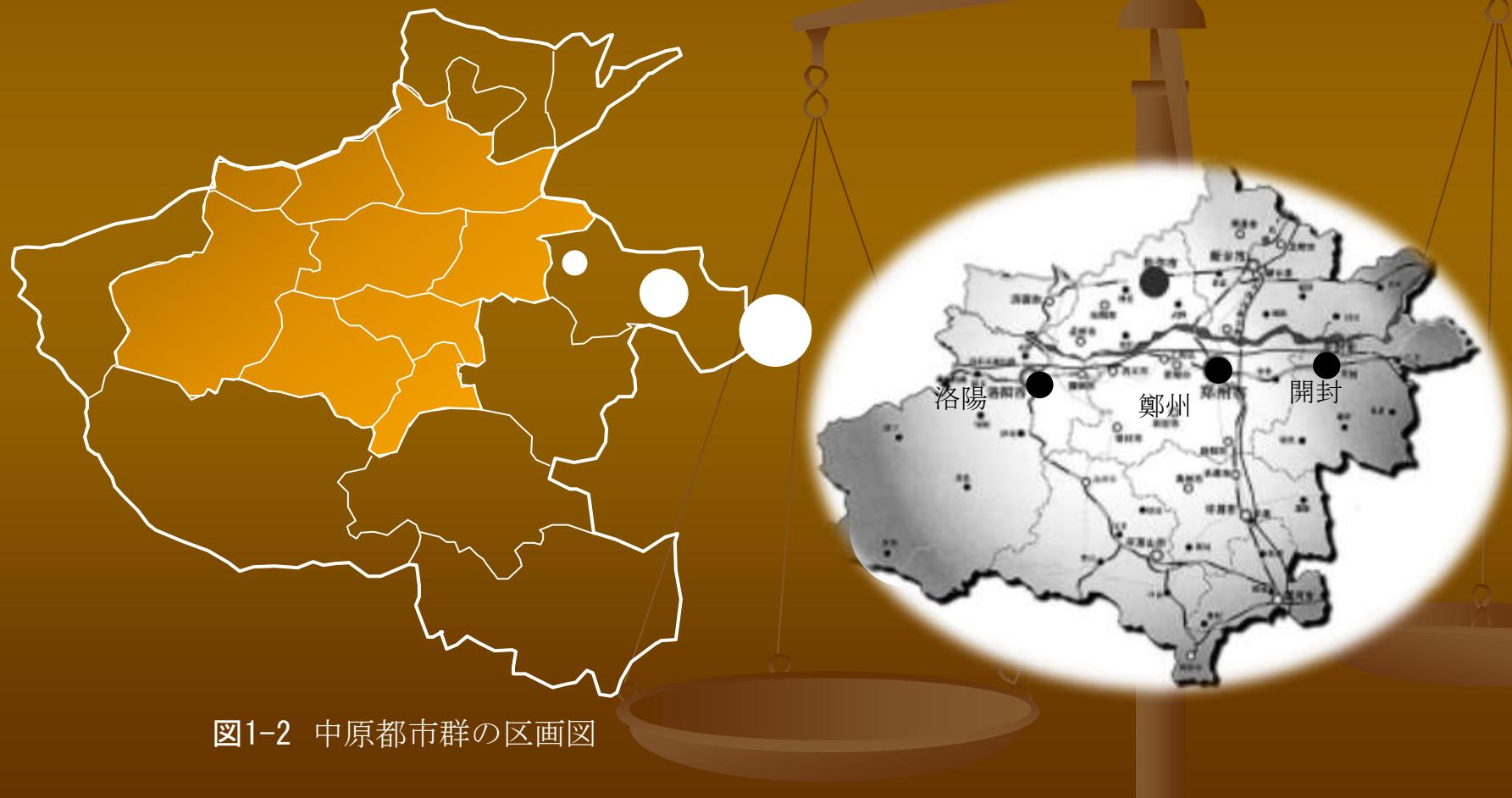
06F2006 杜 守帥

研究の背景

- 中国は、長い間農業国家と呼ばれ、農村を中心とする社会であった。1970年代末の「改革・開放」政策により、経済は急速な発展を遂げ、近代化の推進や地域開発における都市化が急速に進んでいる。
- 高度経済成長期における人口集中により、急激な宅地開発、都市基盤の整備が行われ、それによる人口増加に伴い畠地・林地等が宅地へ転用され、市街地内の緑地が年々減少している。また、都市内部および郊外地区の土地利用が激しく変化している。将来もさらに土地利用が変化すると考えられる。



- 現在、黄河中下流域地区では、行政的な境界を超えて、鄭州市を中心に洛陽市、開封市などを含んだ“中原都市群経済圏”の形成が進んでいる。この地域でも、前述したような問題に対応するために、対象地域の土地利用現況、都市フリンジの土地利用の考察、都市化プロセスに関する分析、都市内における残存緑地の評価を行うことが、今後都市の土地利用コントロールと都市環境変化の予測にとって重要である。



研究の目的

- 鄭州市における土地利用現況の把握（第2章）
- 鄭州市における都市フリンジの土地利用の考察（第3章）
- カーネル密度推定法による黄河中下流域の都市化プロセスに関する分析（第4章）
- 土地利用集塊度と植生活性度による都市内残存緑地の評価に関する分析（第5章）

鄭州市は、河南省に位置する中国の主要な都市の一つである。本研究では、鄭州市の土地利用現況、特に都市フリンジの土地利用を調査し、カーネル密度推定法を用いて黄河中下流域の都市化プロセスを分析する。また、土地利用集塊度と植生活性度を評価する指標を用いて、都市内残存緑地の状況を総合的に評価することを目的としている。

論文の構成

第1章 序論

- ・研究の背景
- ・研究の目的
- ・関連する既往の研究
- ・論文の構成

第2章 同心円モデルを用いた鄭州市土地被覆現況の把握

- ・土地被覆の変化
- ・NDVI
- ・同心円モデルの構築
- ・都市化特徴の把握

第3章 鄭州市の都市フリンジにおける土地利用分布特徴と制度的課題

- ・データの整理
- ・フリンジの土地利用の把握
- ・政策・制度面の把握

第4章 カーネル密度推定法による市街地集散カーネルの導出と市街地分布の評価

- ・都市化度の把握
- ・カーネル密度推定法について
- ・土地利用分布特徴の把握
- ・非都市的土地利用変化の把握

第5章 土地利用集塊度と植生活性度による都市内残存緑地の評価

- ・C値について
- ・NB値の算出
- ・C値とNDVIの関連
- ・都市内植生活性度の把握

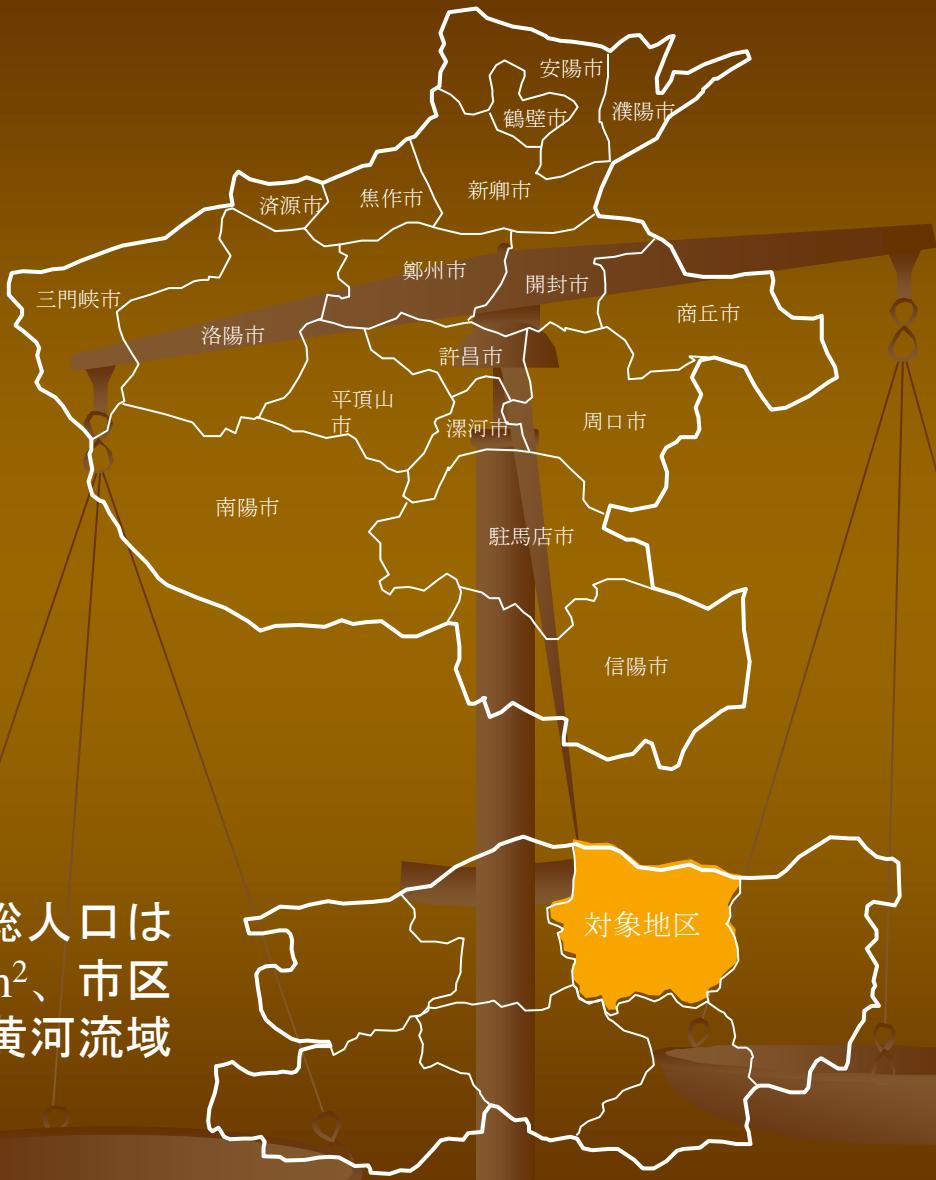
第6章 総括

第2章 同心円モデルを用いた鄭州市土地被覆現況の把握

まず、教師なし分類法による土地被覆分類、NDVIを作成し、土地被覆の実態を把握するために、市街地・緑地を抽出し、経年変化について把握する。

次に、市街地の変化量と都市中心からの距離との関係を分析し、都市化の特徴を把握する。

鄭州市の概況



- 鄭州市は、全市総面積は7,446km²、総人口は708万人、そのうち市区面積は1,010km²、市区の人口は340万人である。鄭州市は、黄河流域における重要な物流拠点である。

データの整理

教師なし分類法を用い、市街地、緑地、畠地、水田、草地、水域の6種類の土地被覆タイプとして、土地被覆分類図を作成した。

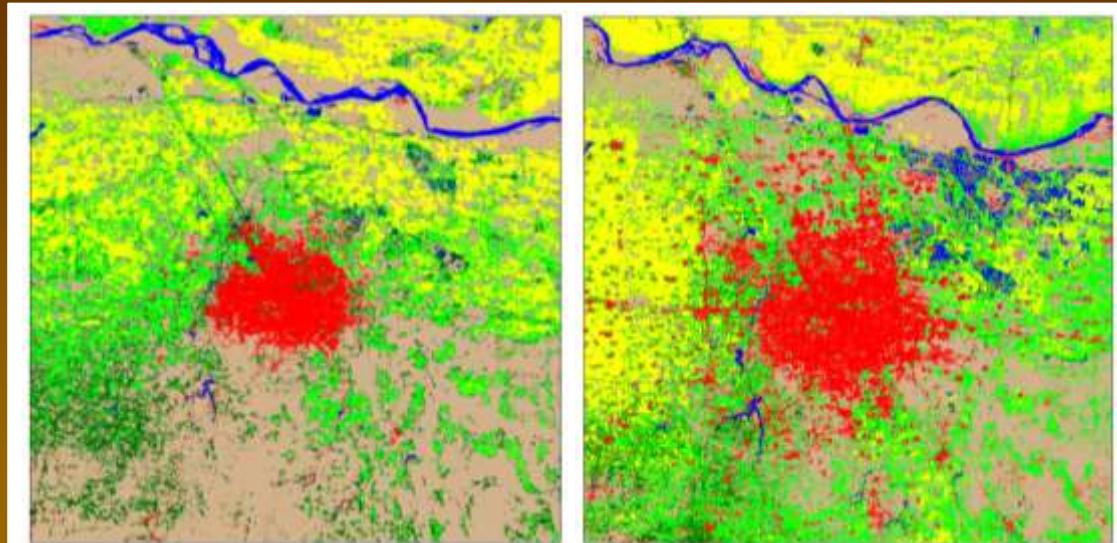


図2-7 1993年土地被覆分類図

図2-8 2003年土地被覆分類図

正規化植生指標

$$NDVI = \frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3} \times 100 + 1.0$$

※Band3,Band4: ランドサットTMデータのバンド3,4

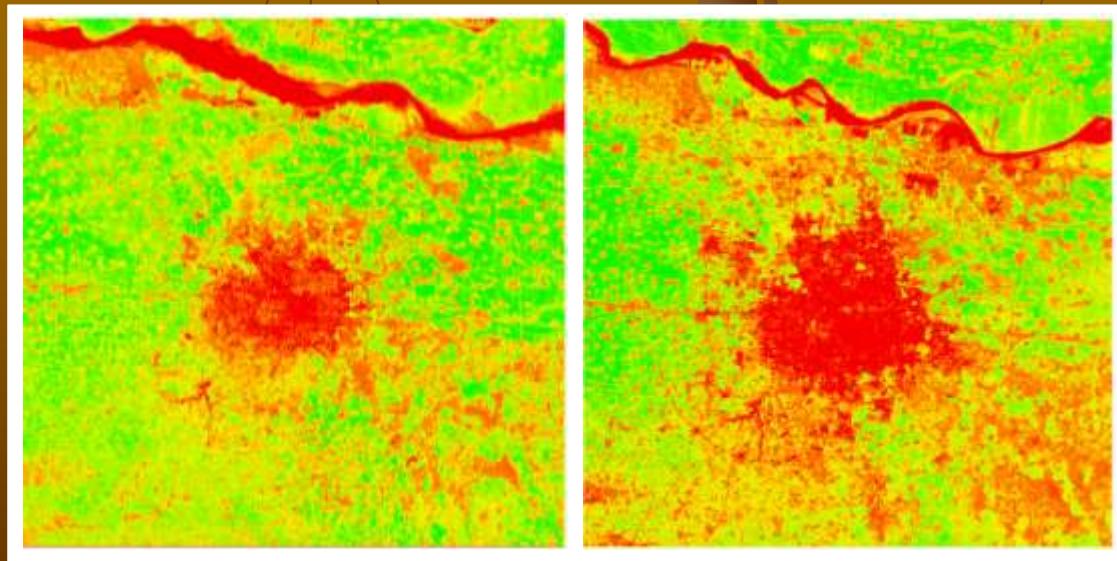


図2-9 1993年NDVI

図2-10 2003NDVI

土地利用の変化

表2-2 土地利用の割合

単位:ピクセル

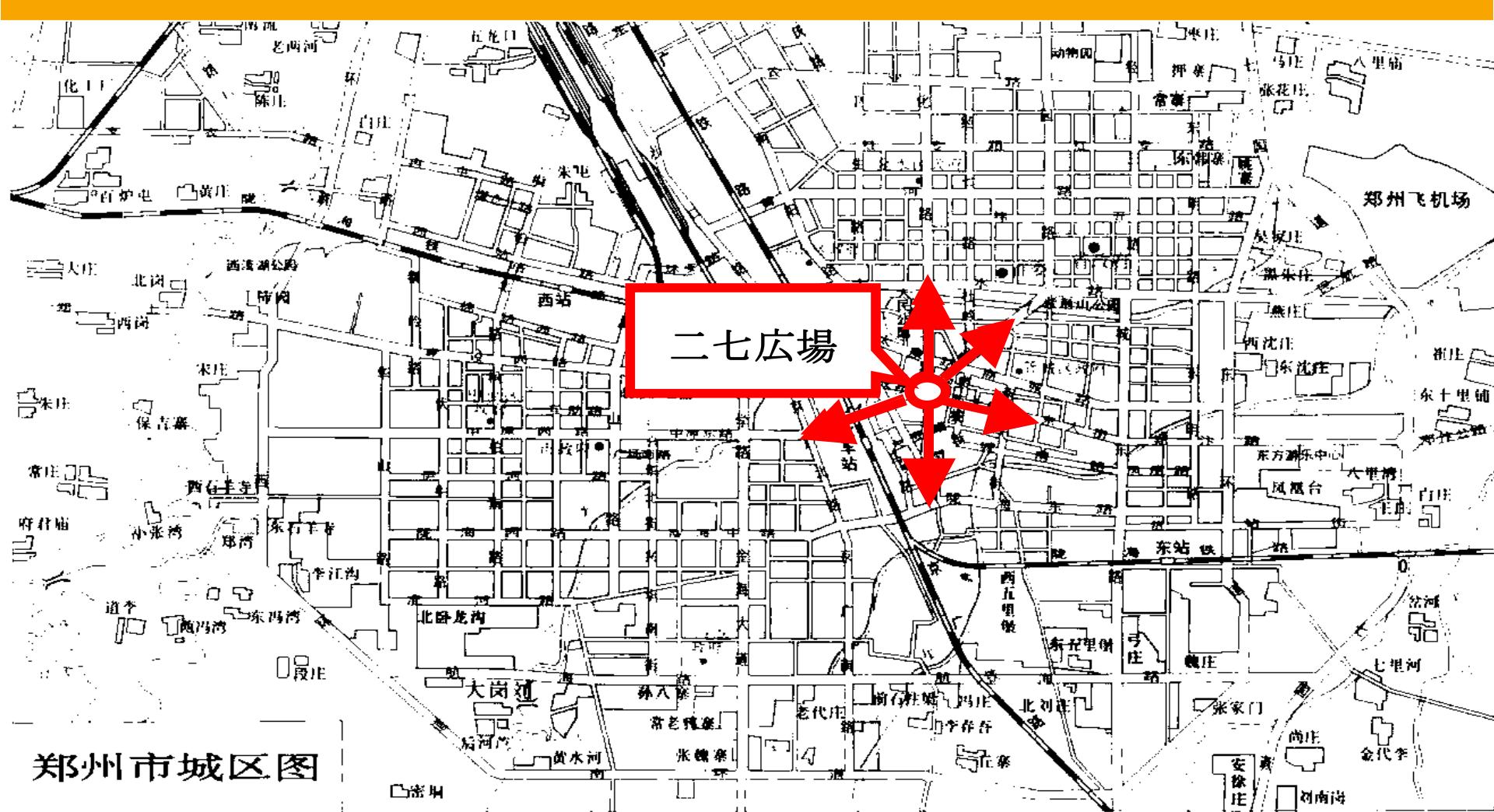
土地被覆	1993年		2003年		変化量
市街地	81,987	4.56%	243,427	13.54%	161,440
緑地	172,048	9.57%	50,555	2.81%	-121,493
畠地	901,179	50.11%	619,849	34.47%	-281,330
水田	305,148	16.97%	360,838	20.07%	55,690
草地	302,373	16.81%	466,124	25.92%	163,751
水域	35,537	1.98%	57,479	3.20%	21,942
合計	1,798,272	100%	1,798,272	100%	

- 1993年から2003年にかけて鄭州市土地被覆の経年変化を見ると、市街地が161,440ピクセル、水田が55,690ピクセル、草地が163,751ピクセル増加している。一方、緑地が121,493ピクセル、畠地が281,330ピクセル減少している。これは、中国経済の急激な発展の背景の下で、人口が都市に集中し、都市基盤整備も急速に進んだためであると考えられる。
- また、水田がやや増加し、逆に畠地が大幅に減少しているが、これは、鄭州市が農地の効率的運営のために生産物の調整（種類や量）を行った措置である可能性が極めて高い。さらに、草地が増加し、緑地がやや減少しているが、これは、森林伐採や農耕地からの土砂流出を問題重視した中国政府が、退耕還林（耕作した畠をもう一度林に戻す）制度を施行したことが一つの要因としてあげられる。

同心円モデル

同心円モデルを用いた鄭州市土地被覆現況の把握

鄭州市の都市計画図から、鄭州市の市街地は「二七広場」を中心として商業業務機能等が分布している。「二七広場」は、交通結節点として当該地区の中心である。幹線道路が市中心から放射状で整備され、都市の外延部で環状道路が整備されている。ここでは同心円モデルを用い、鄭州市市街地の変化を分析する。



同心円モデル

同心円モデルを用いた鄭州市土地被覆現況の把握

鄭州市の都市計画図から、鄭州市の市街地は「二七広場」を中心として商業業務機能等が分布している。「二七広場」は、交通結節点として当該地区の中心である。幹線道路が市中心から放射状で整備され、都市の外延部で環状道路が整備されている。ここでは同心円モデルを用い、鄭州市市街地の変化を分析する。



モデルの導出

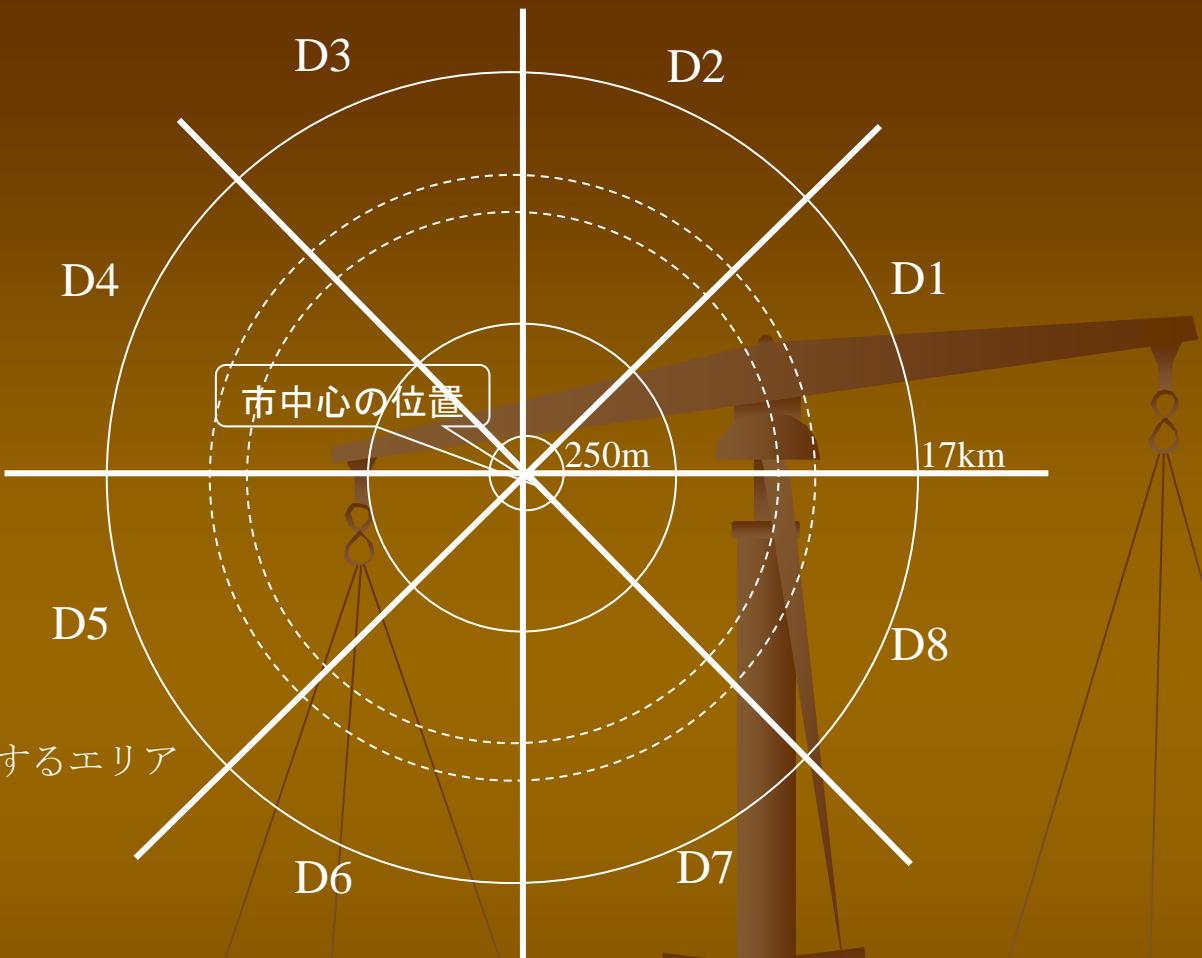


図2-20 市街地変化量を把握するエリア

鄭州市の都市化状況を明らかにするために、図に示すように市中心からの距離及び方位別にエリアを設定し、各エリアにおける市街地の変化量について把握する。都市の中心から、距離は250m刻みで17kmまでを対象とし、方位は、D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7、D8の8方位とする。

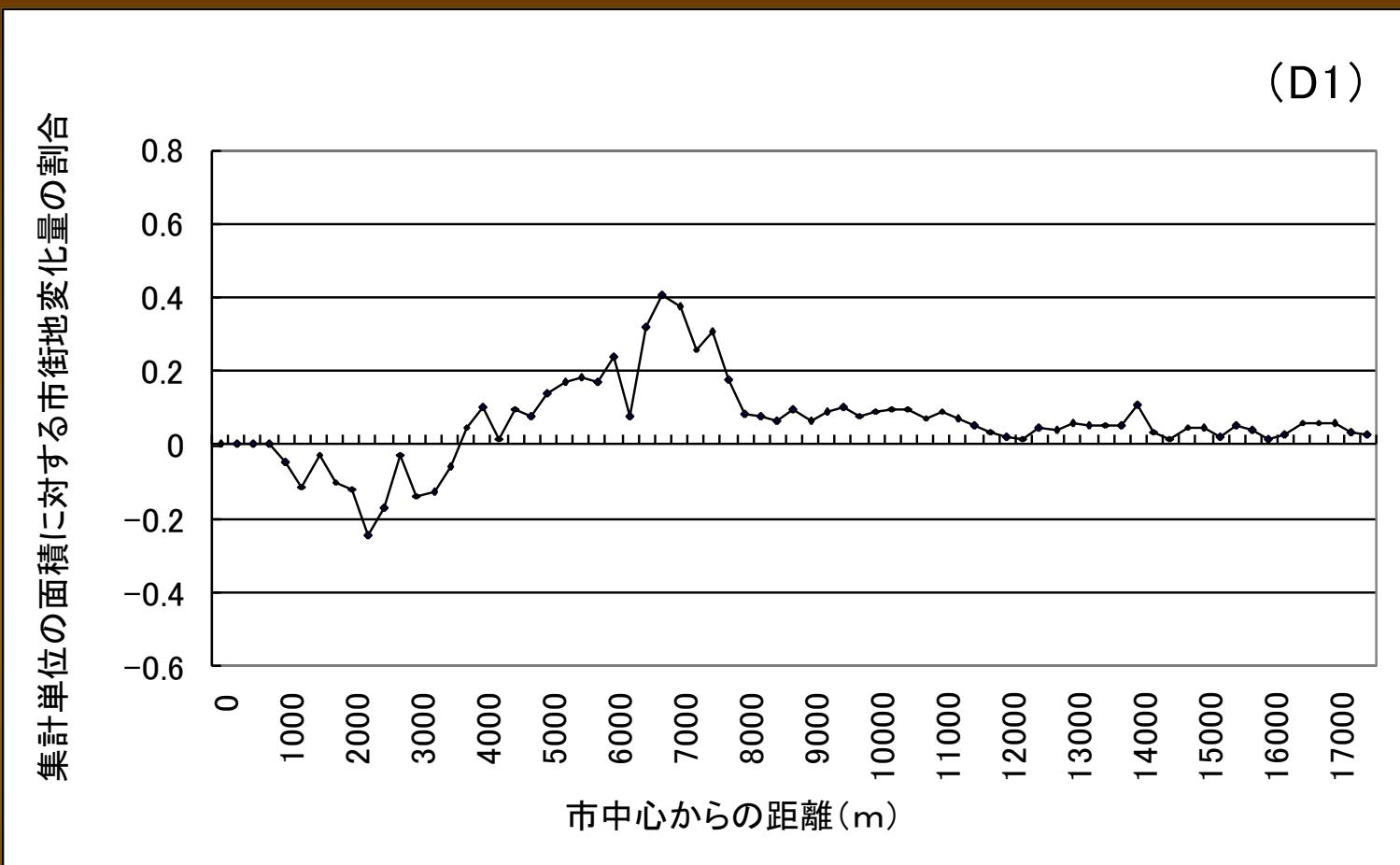
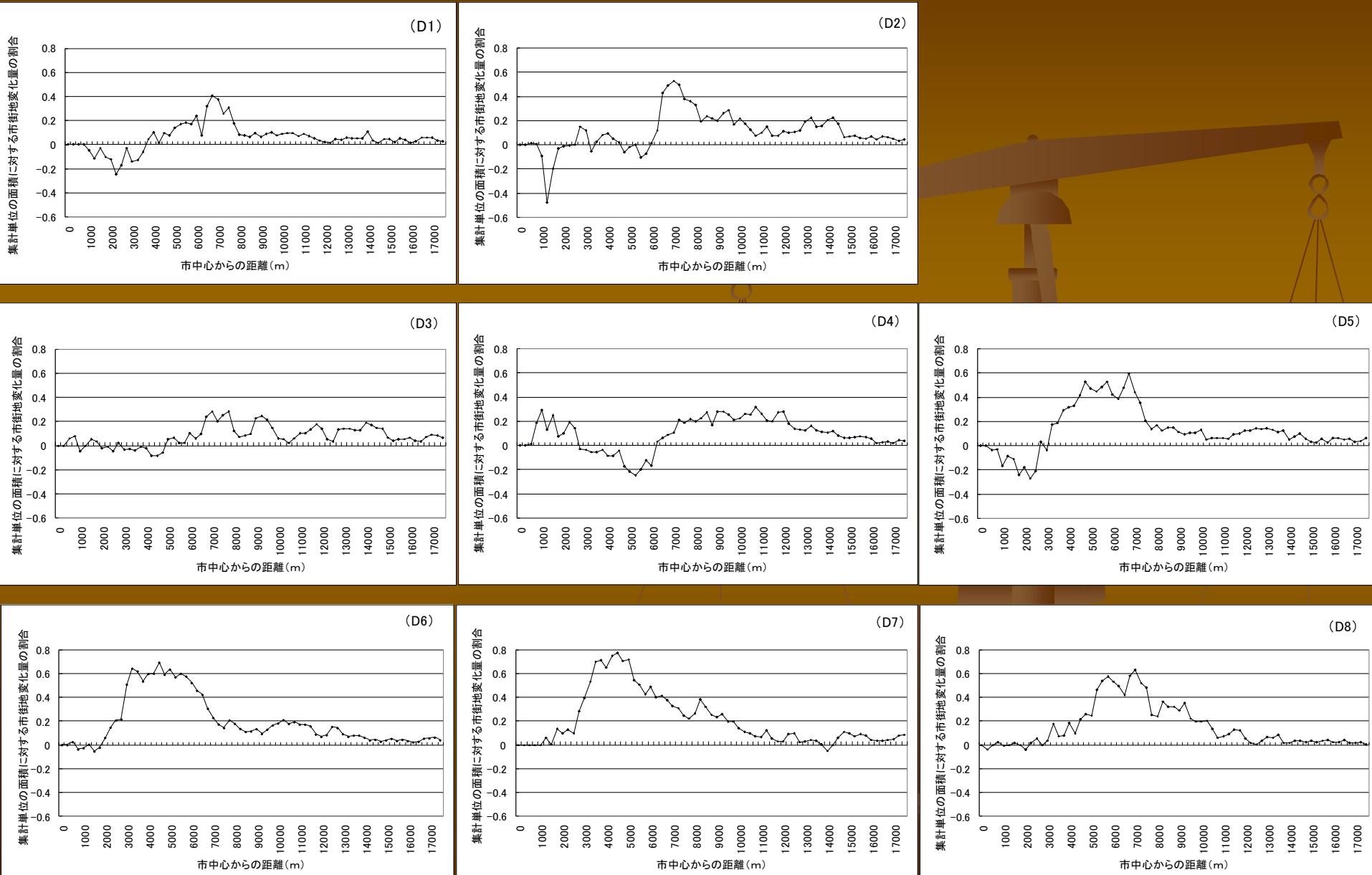
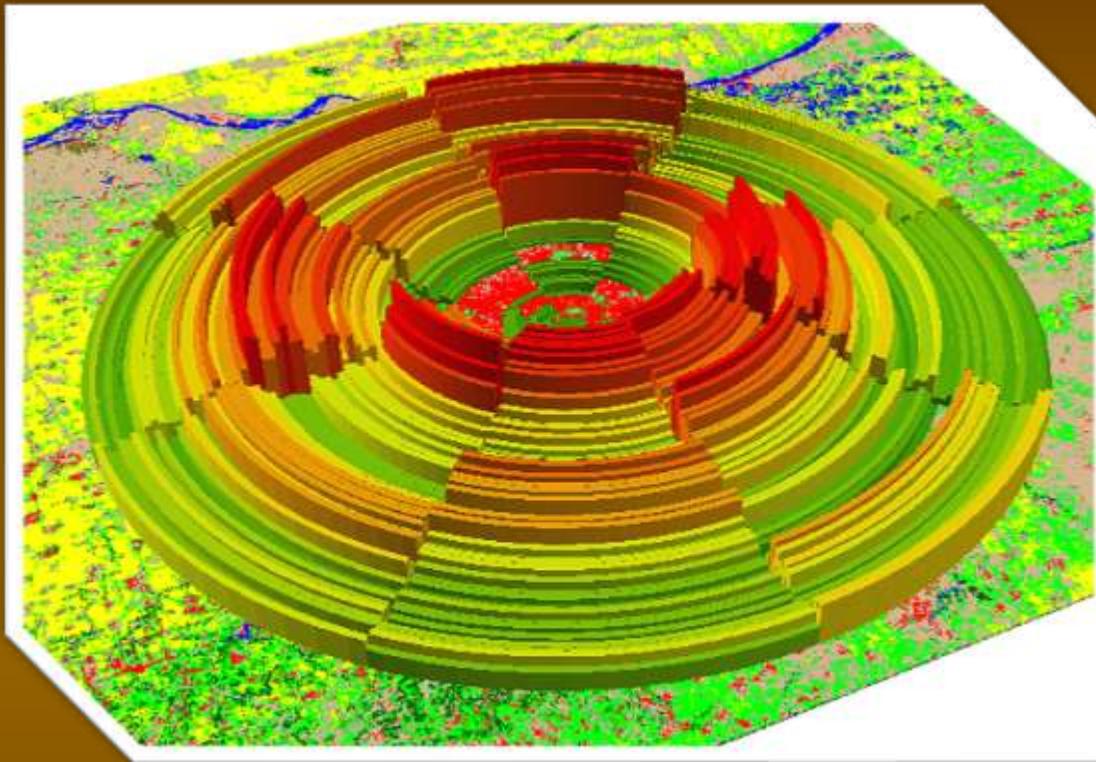


図2-21 D 1 方向：集計単位の面積に対する市街地変化量の割合と市中心からの距離の関係

D1～D8単位面積市街地の変化量と市中心からの距離の関係



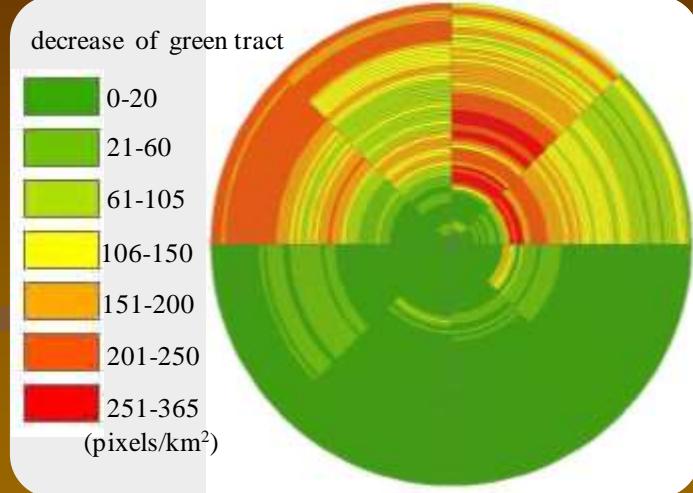
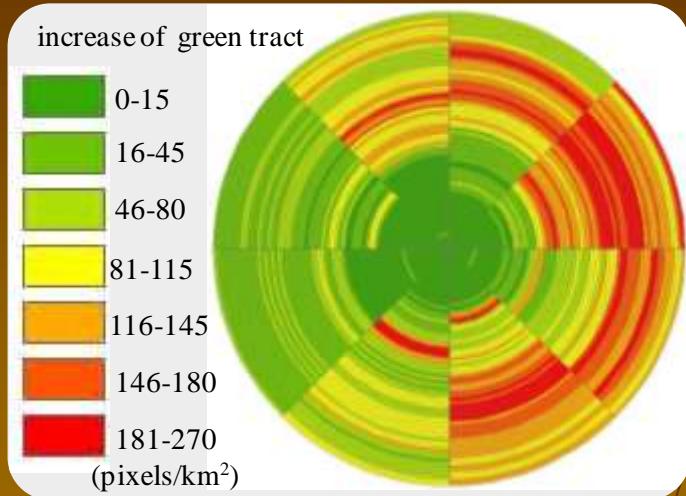
3次元モデルの構築



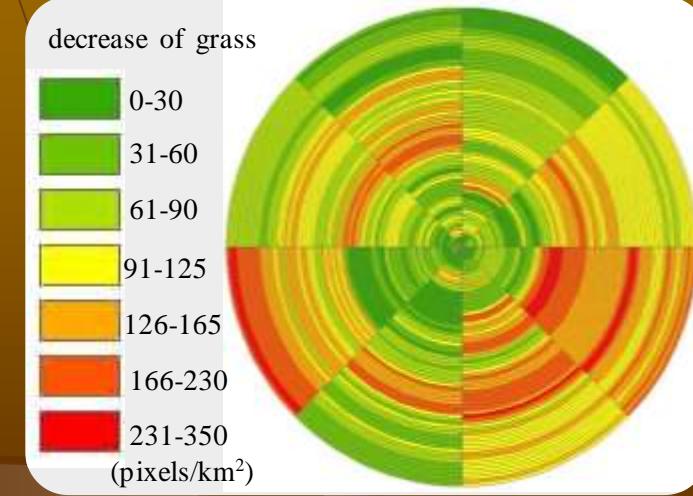
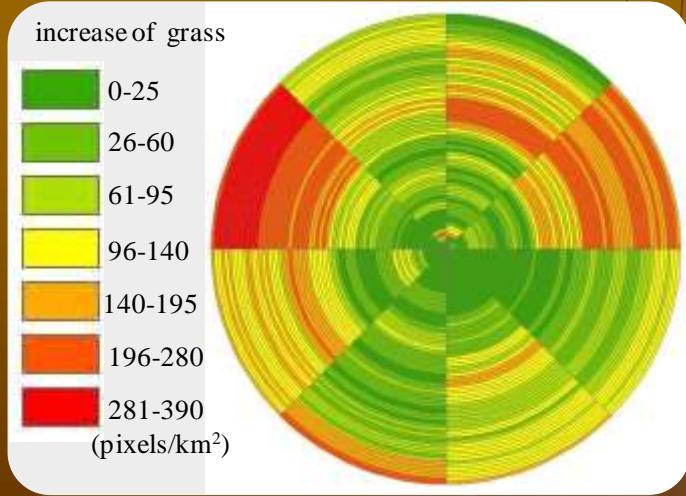
※高さが高いほど変化量が大きい

全体的な傾向として、6kmまでは市街地の変化量はそれぞれ異なった傾向をもっている。6kmを超えて14kmまでは、小刻みに増減を繰り返し、17kmまでに増加量は小さくなっていく傾向をもっている。

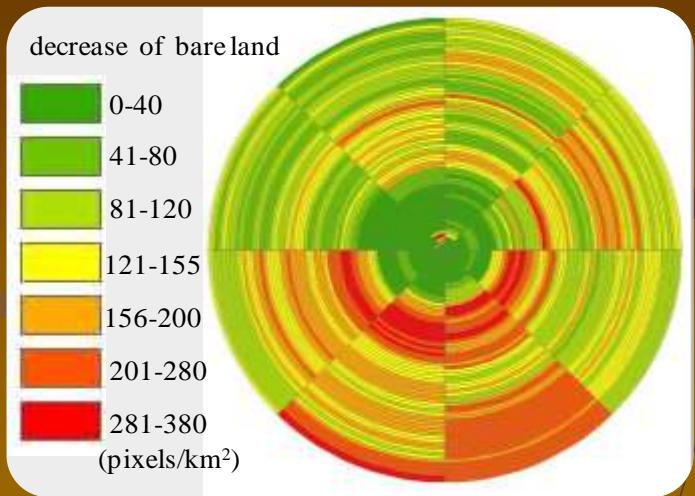
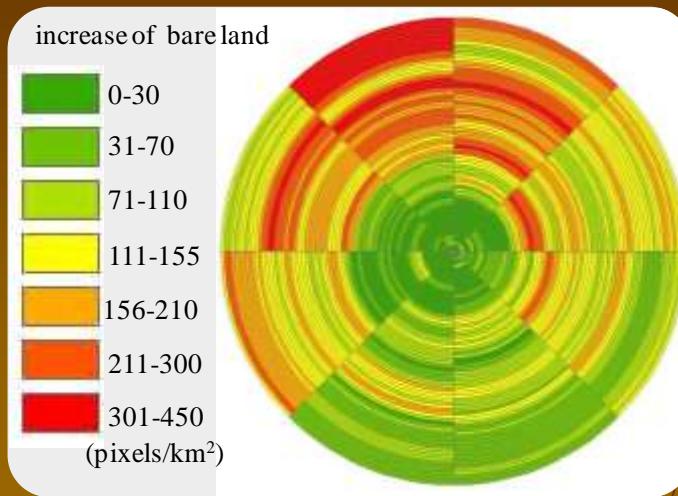
緑地の変化



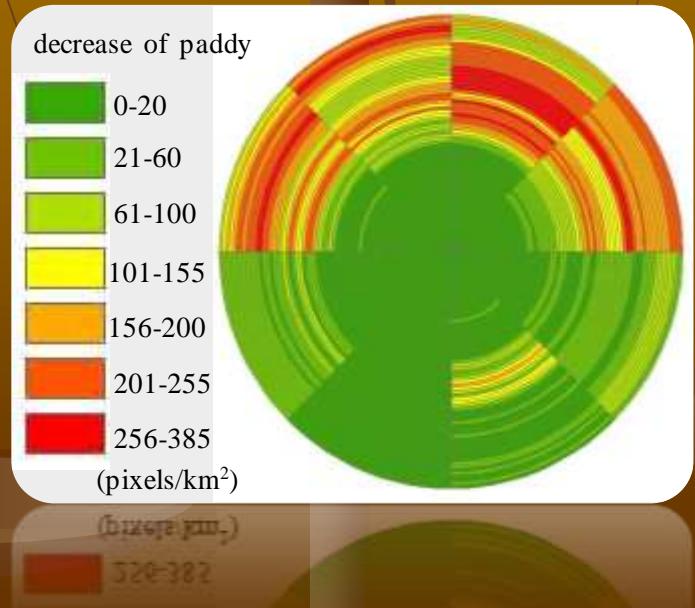
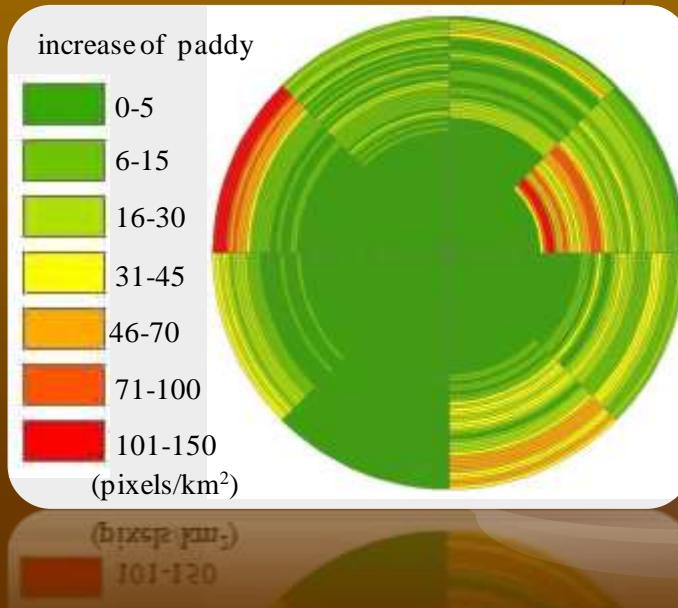
草地の変化



畠地の変化



水田の変化



第2章 まとめ

- 鄭州市における土地利用分布の傾向と変化及び土地被覆の割合を検証した。1993年から2003年にかけて鄭州市市街地の面積が約2倍に拡大した。さらに、同心円モデルによる市中心からの距離と市街地変化の関係について分析し、全体的な傾向として、市街地の変化量はそれぞれ異なった傾向をもっていることがわかった。

第3章 鄭州市の都市フリンジにおける土地利用分布特徴と制度的課題

本章では、リモートセンシングデータを用いて、1993年と2003年における鄭州市の土地被覆変化を把握し、市街地の変化と都市フリンジの土地利用状況を明らかにするとともに、その周辺の環境を考察する。

鄭州市フリンジ土地利用の把握

市街地の変化

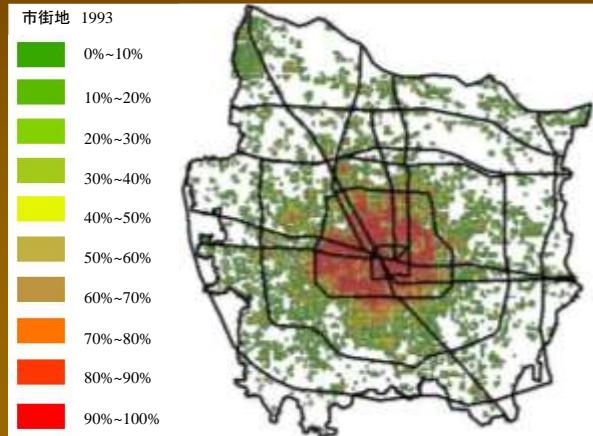


図3-4 1993年市街地の分布

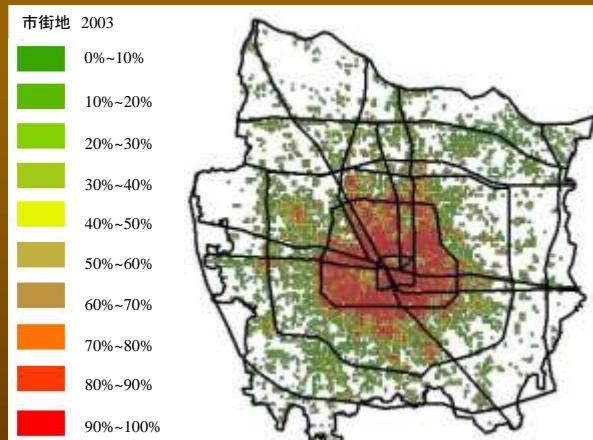


図3-5 2003年市街地の分布

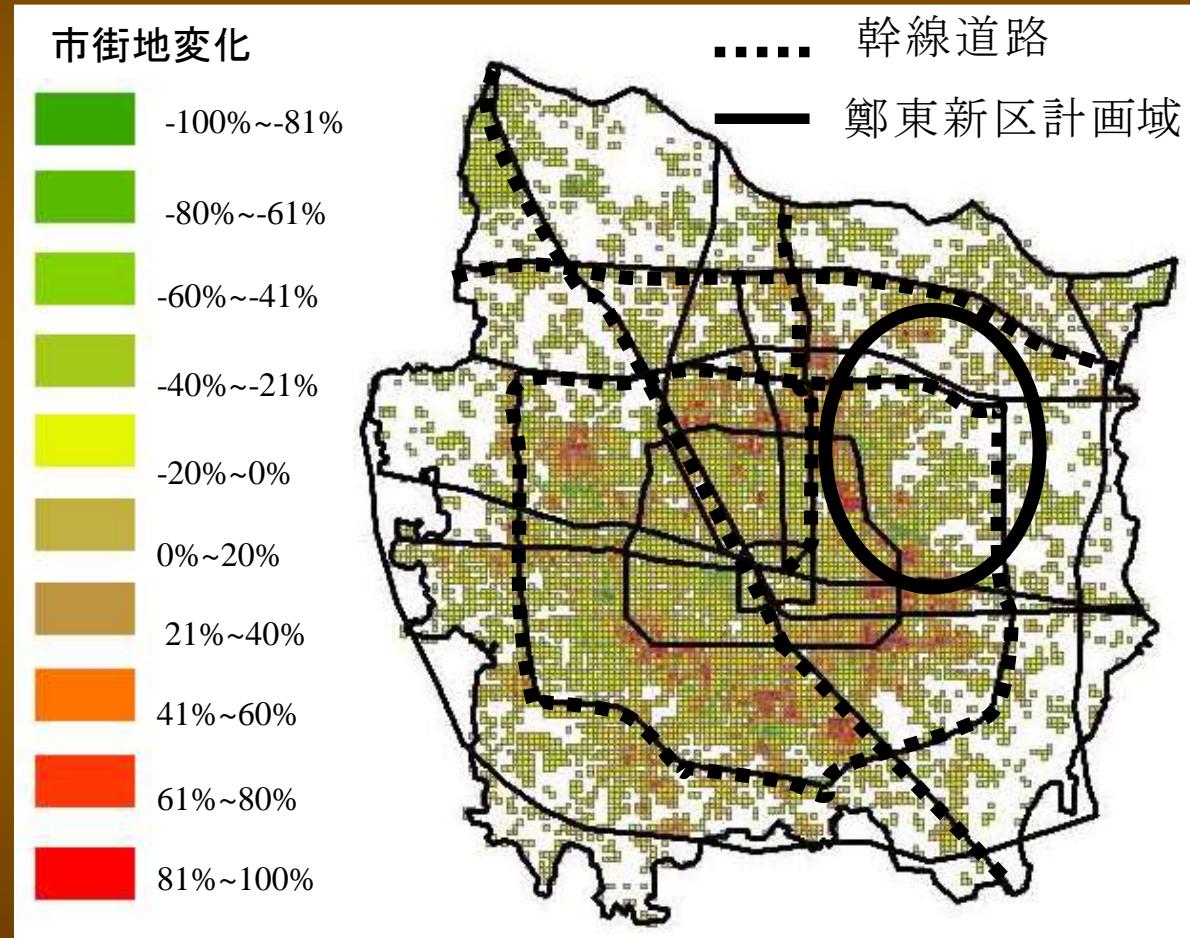
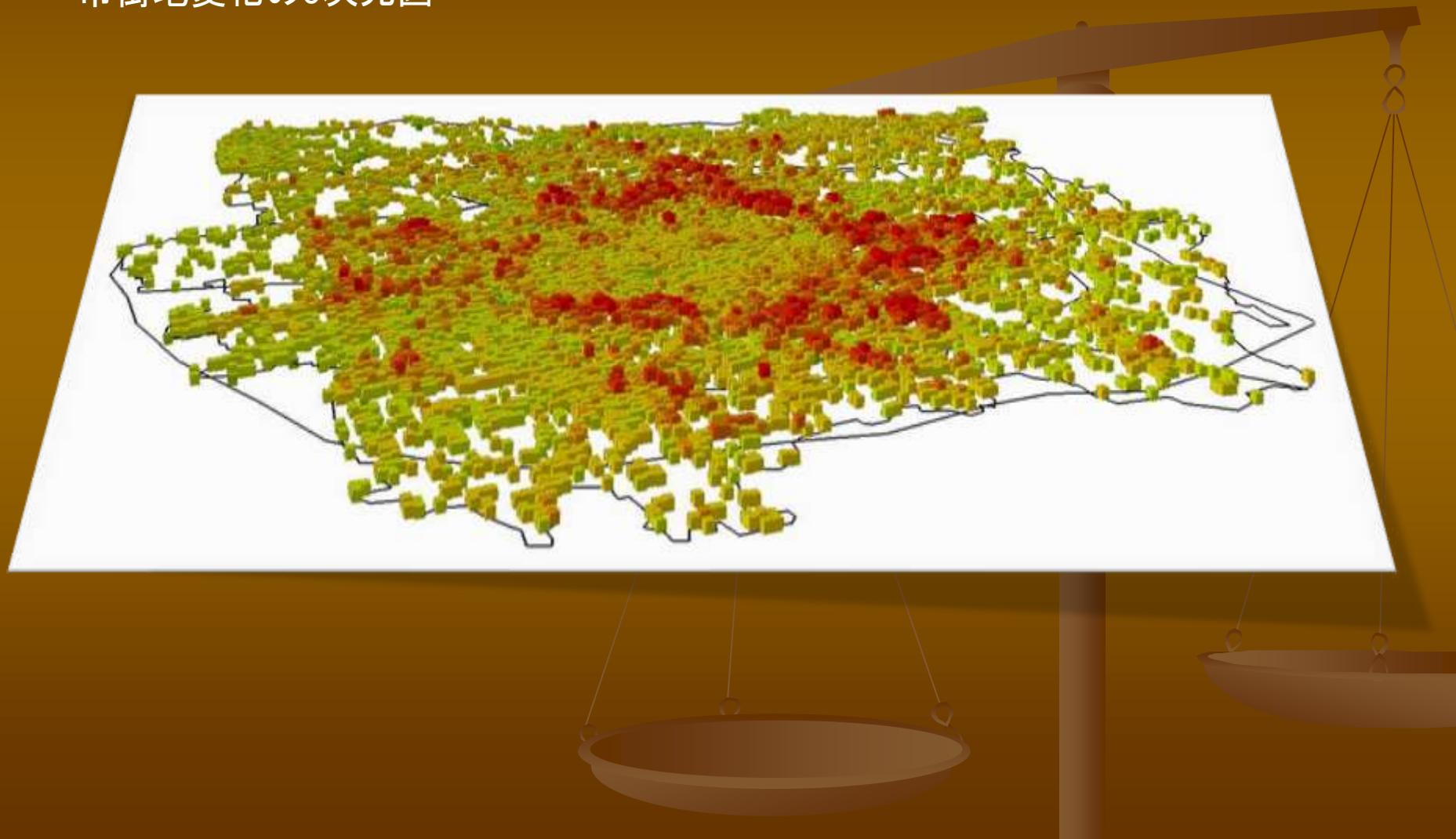


図3-6 市街地の変化分布図

市街地変化の3次元図



緑地の変化

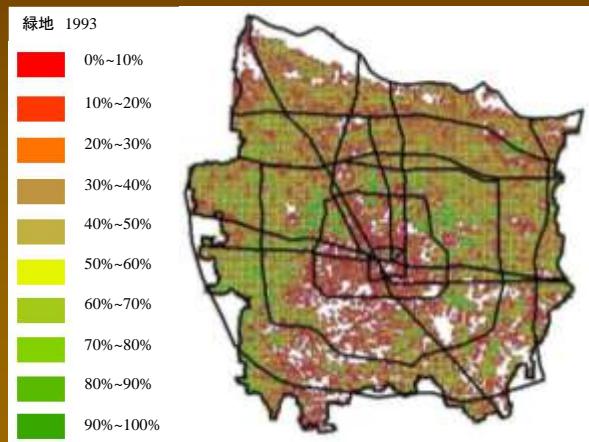


図3-7 1993年緑地・草地の分布

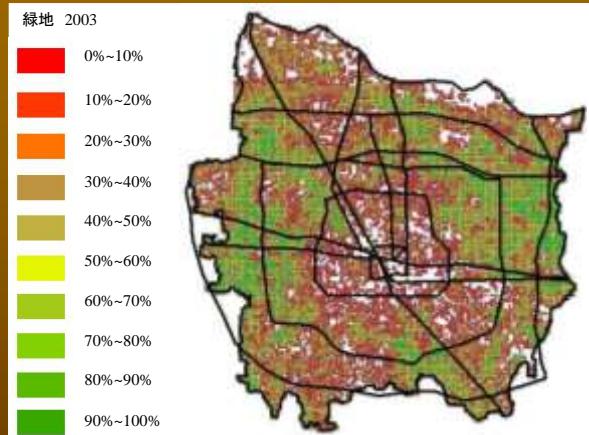


図3-8 2003年緑地・草地の分布

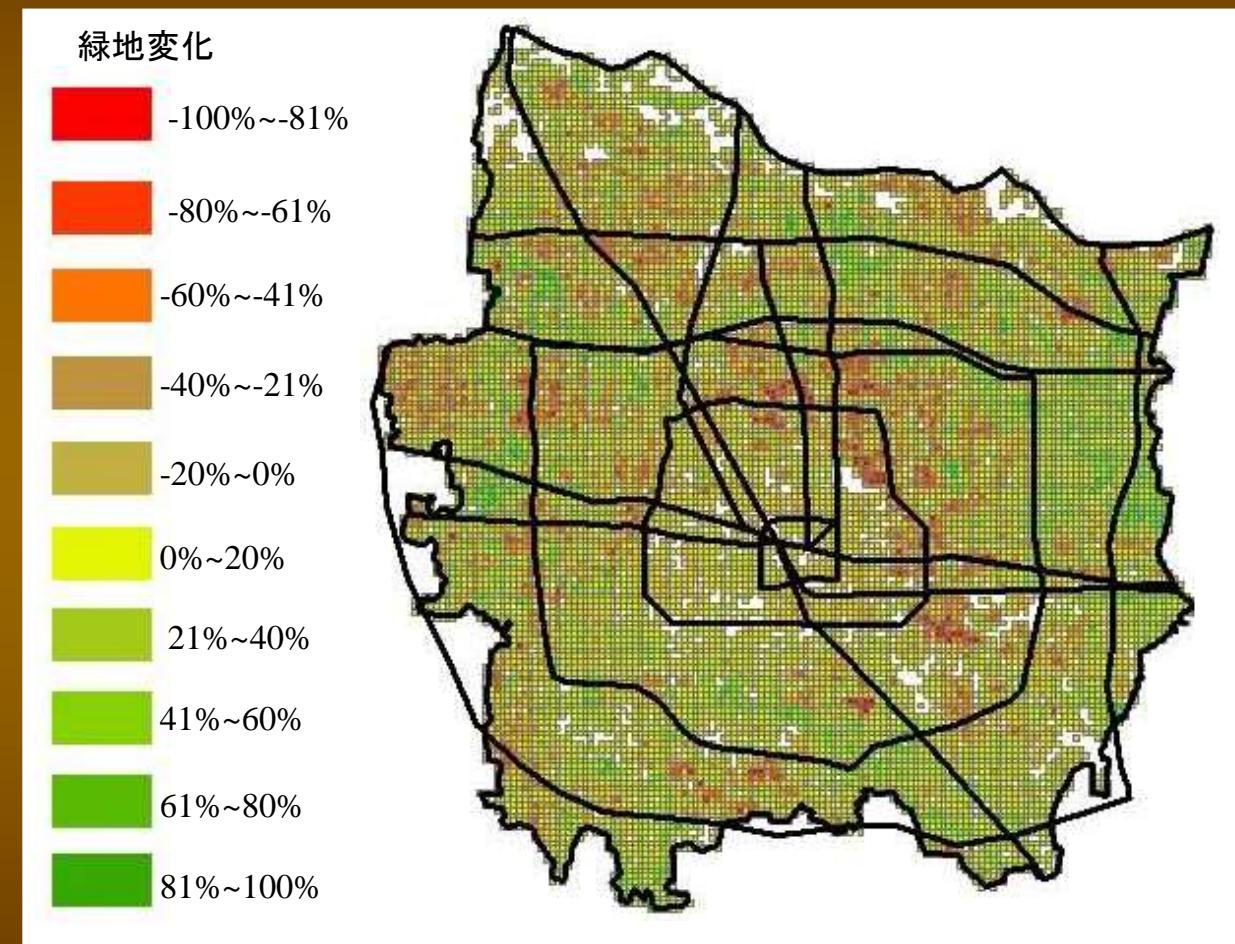


図3-9 緑地・草地の変化分布図

都市化の問題

- 公共基盤整備が追いつかず、都市化が市外縁部の幹線道路沿線において進行し、リボン状開発の傾向がみられる。
- 都市生活基盤施設などの整備が成されないままに、点在した市街地が形成される。いわゆるアーバンスプロールがみられる。
- 都市内部の緑地が急速的に減少している。自然災害などの対策としての退耕還林、退耕還草が市外縁部の部分的な整備に留まっている。

周辺都市との関係について

鄭州市は全国への物流の拠点となって、中原都市群の中心都市で、周辺都市へ強い影響力（経済や産業など）を持っている。これは、土地利用などに及ぼす影響も大きい。特に都市の境域や各都市の郊外において、開発圧力を受けるようになり、行政界を超えた連坦市街地を形成するようになる。

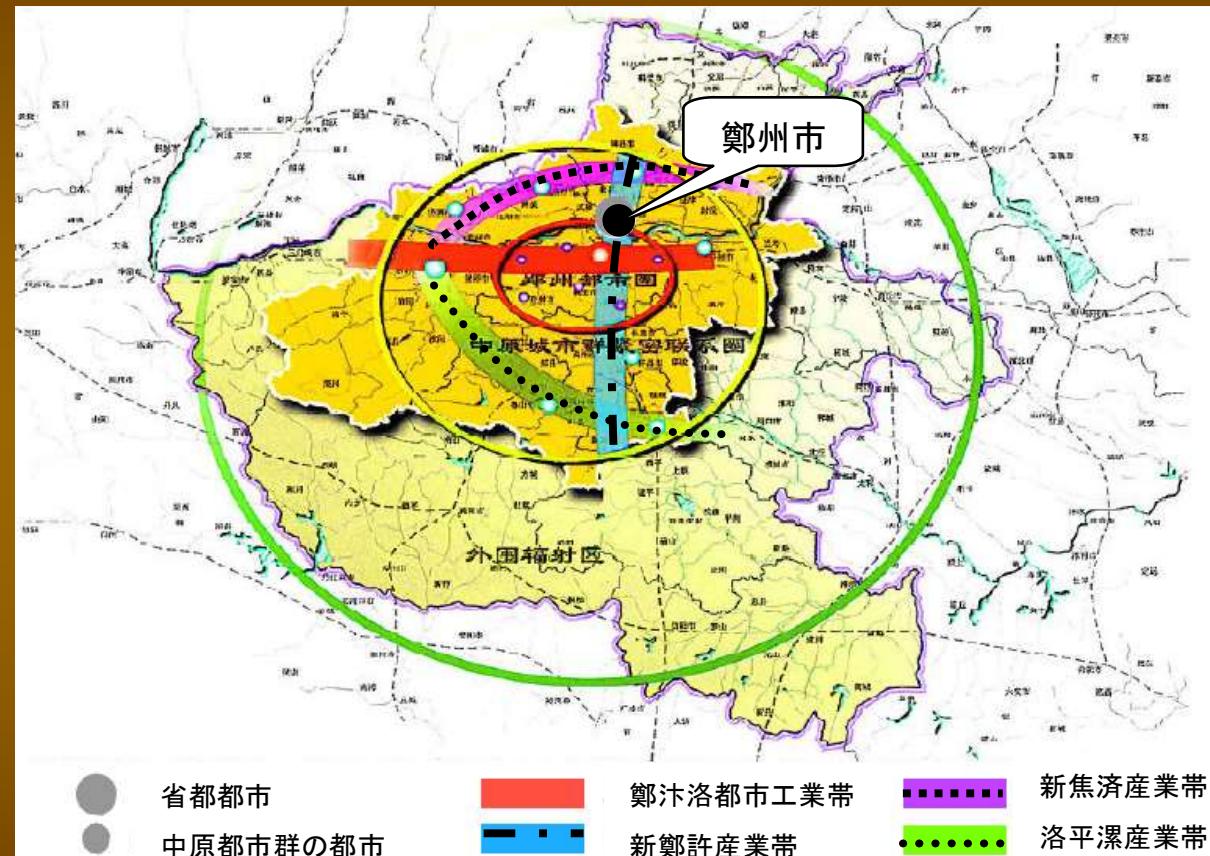


図3-10 中原都市群圏層イメージ

第3章　まとめ

- 鄭州市フリンジにおいて、大規模な開発があり、インフラの整備が大幅に遅れ、生活利便性の向上が図れていない。都市周辺部で自然災害を防止するために退耕還林・退耕還草措置を実施し、緑地・草地が増加したことがわかる。

第4章

カーネル密度推定法による市街地集散カーネルの導出と市街地分布の評価

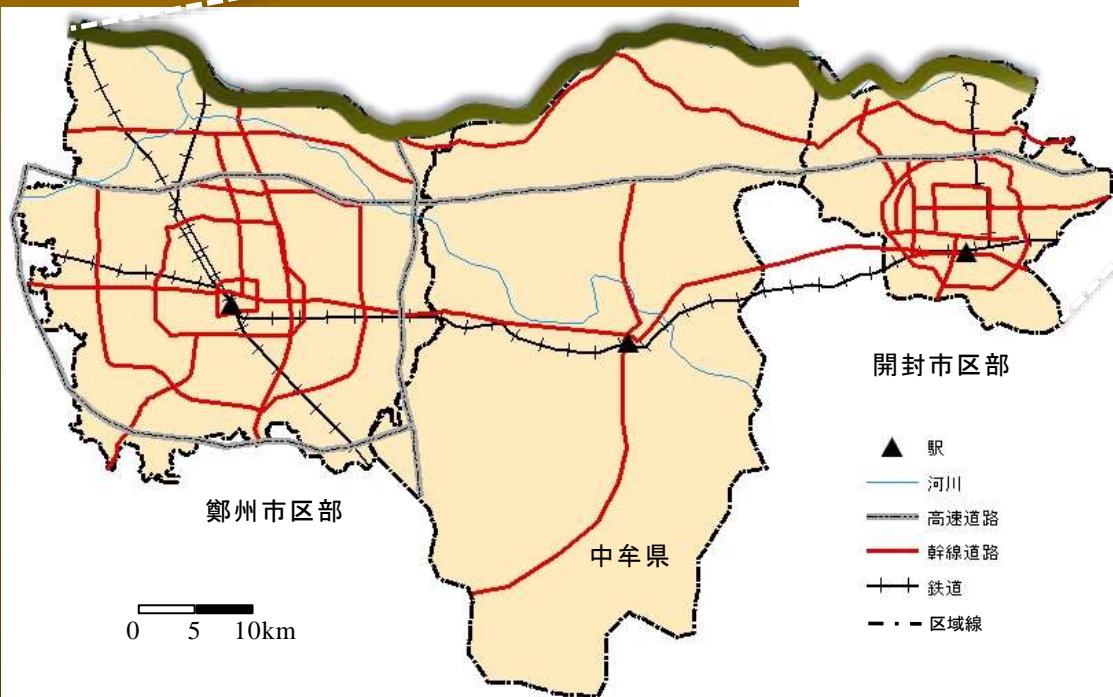
まず、ランドサットデータから、土地被覆分類図を作成し、2時点の土地被覆分布及び変化を把握する。

次に、土地被覆分類をメッシュデータ化し、市街地を含むメッシュのみを抽出する。各メッシュの重心に市街地量（ピクセル数）を与え、ポイントデータ化する。このポイントデータをもとに、カーネル密度推定法を用いて、市街地の集散状況と変化、および交通基盤施設との関係性を把握する。

最後に、非都市的土地利用についても同様に把握を行う。ここでは、NDVIを用いて、2時点のNDVI分布と変化を把握し、植生分布やその特徴を把握する。

2市1県の概況

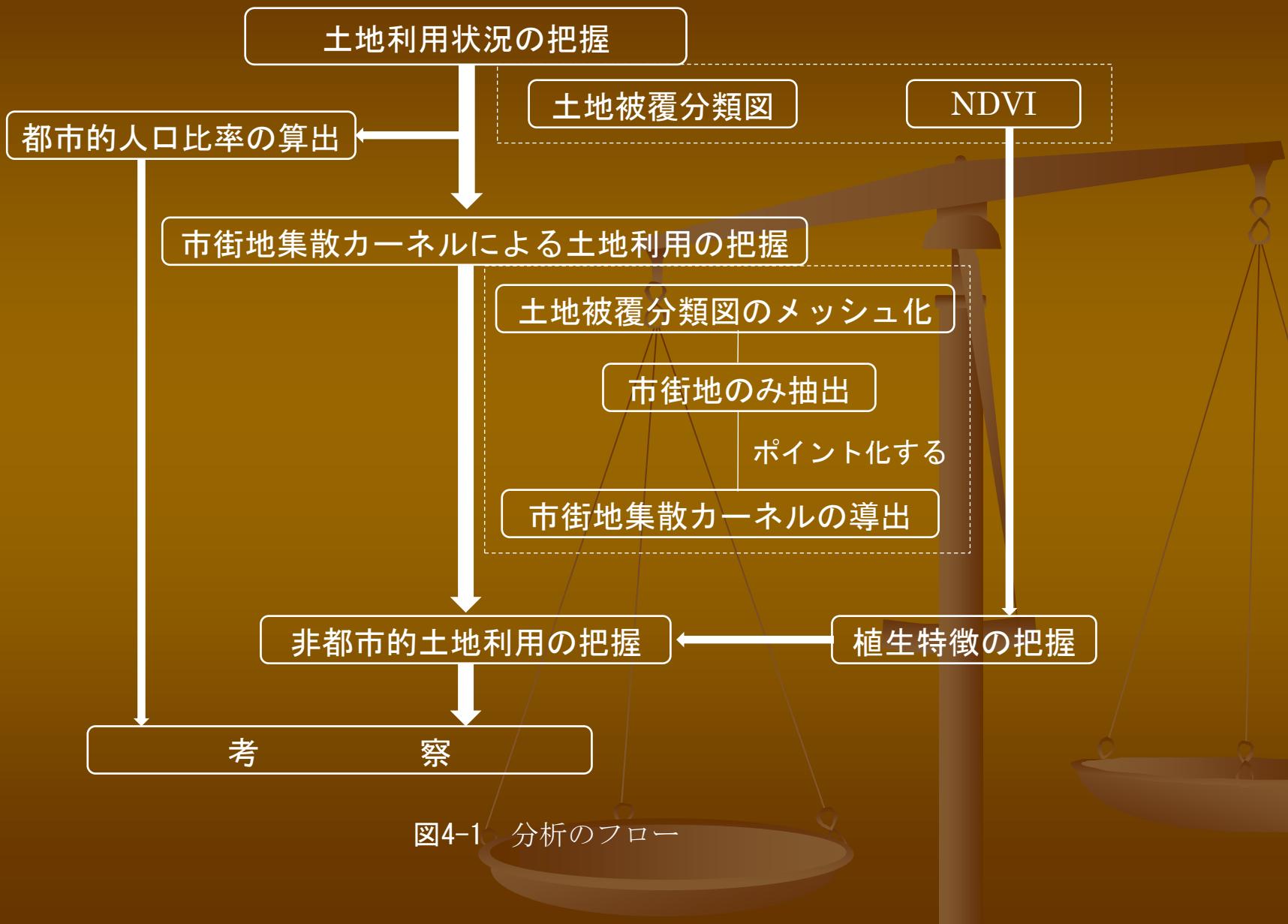
- 開封市は、河南省の主要な都市であり、中国の七大古都として歴史的、文化的に有名な街である。総面積6,444km²、総人口約460万人、そのうち市区面積は359km²、市区人口約80万人である。



- 中牟県は鄭州市と開封市の間に位置している。面積は1,393km²、総人口約68万人である。

図4-4 研究対象都市の位置図

分析のフロー



都市的人口比率の算出

都市化度は、ある地域における都市化の水準を表す測度である。

$$U = \frac{P_u}{P_t} \times 100$$

P_u は都市の非農業人口、 P_t は都市行政区域の総人口である。 U 値の経年的な推移を把握することによって、該当地区における人口の都市への集積を定量的にとらえることができる。

表4-2 三都市の都市的人口比率

都 市	年 次	総人口Pt (万人)	非農業人口 Pu (万人)	都市的人口 比率U
鄭州市	1993	581.19	168.68	29.02%
	2003	697.66	246.71	35.36%
中牟県	1993	63.33	4.48	7.07%
	2003	68.22	7.21	10.55%
開封市	1993	434.06	56.21	12.90%
	2003	450.23	78.63	17.46%

土地被覆の現況

本章では、教師なし分類を用い、市街地、生産系緑地（草地・水田）、自然系緑地、畠地・裸地、水域の5種類の土地被覆タイプとして、土地被覆分類図を作成した。

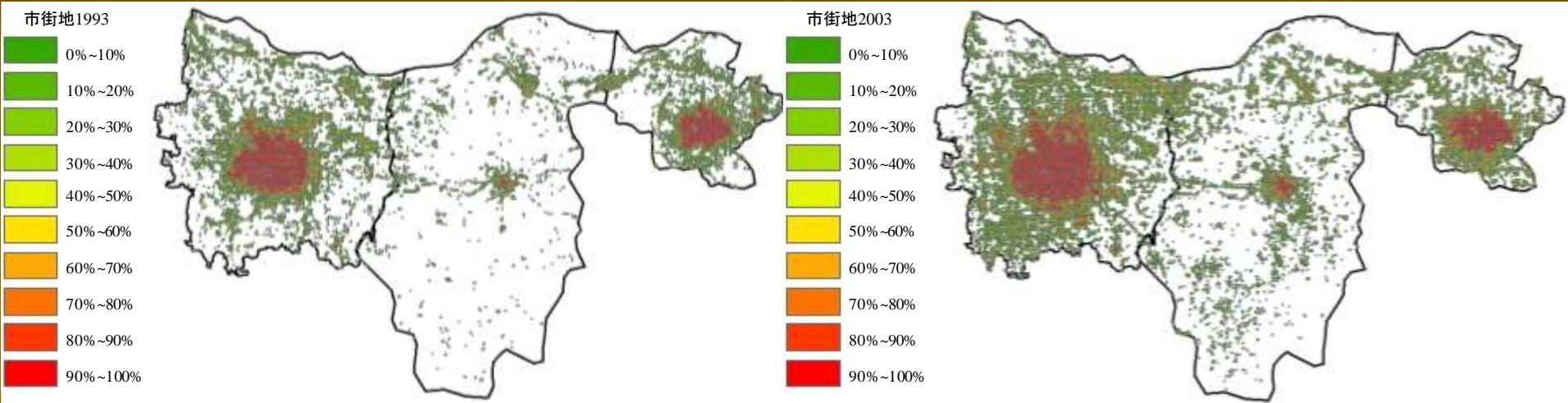


図4-6 1993年市街地の分布

図4-7 2003年市街地の分布

表4-3 三都市の土地被覆割合と変化量

単位:ha

土地分類	鄭州市区部		変化量	開封市区部		変化量	中牟県		変化量	
	1993年	2003年		1993年	2003年		1993年	2003年		
市街地	12,925	12.56%	22,792	22.14%	9,867	5,416	13.32%	7,713	18.97%	2,297
生産系緑地	22,682	22.03%	29,548	28.71%	6,866	5,451	13.40%	9,833	24.18%	4,382
自然系緑地	1,629	1.58%	4,263	4.14%	2,634	4	0.01%	5	0.01%	1
畠地・裸地	63,354	61.55%	43,164	41.93%	-20,190	28,226	69.41%	21,761	53.51%	-6,465
水 域	2,348	2.28%	3,171	3.08%	823	1,569	3.86%	1,354	3.33%	-215
総 計	102,938	100.00%	102,938	100.00%		40,666	100.00%	40,666	100.00%	

- 三都市の市街地が大幅に拡大していることがわかる。特に、鄭州市区部市街地の拡大が著しく、2003年までに100km²におよんでいる。開封市区部と中牟県の拡大も明らかである。中国の急激な経済発展のもとで、人口が都市へ集中し、市街地も急速に拡大していると考えられる。

カーネル密度推定法

カーネル密度推定法とは、ランダムに分布する点の数値をもとに分布していない場所の密度を推計し、点の情報から密度を推定する手法である。この手法を用いることで、市街地の密度や分布の変化を定量的に把握することができる。

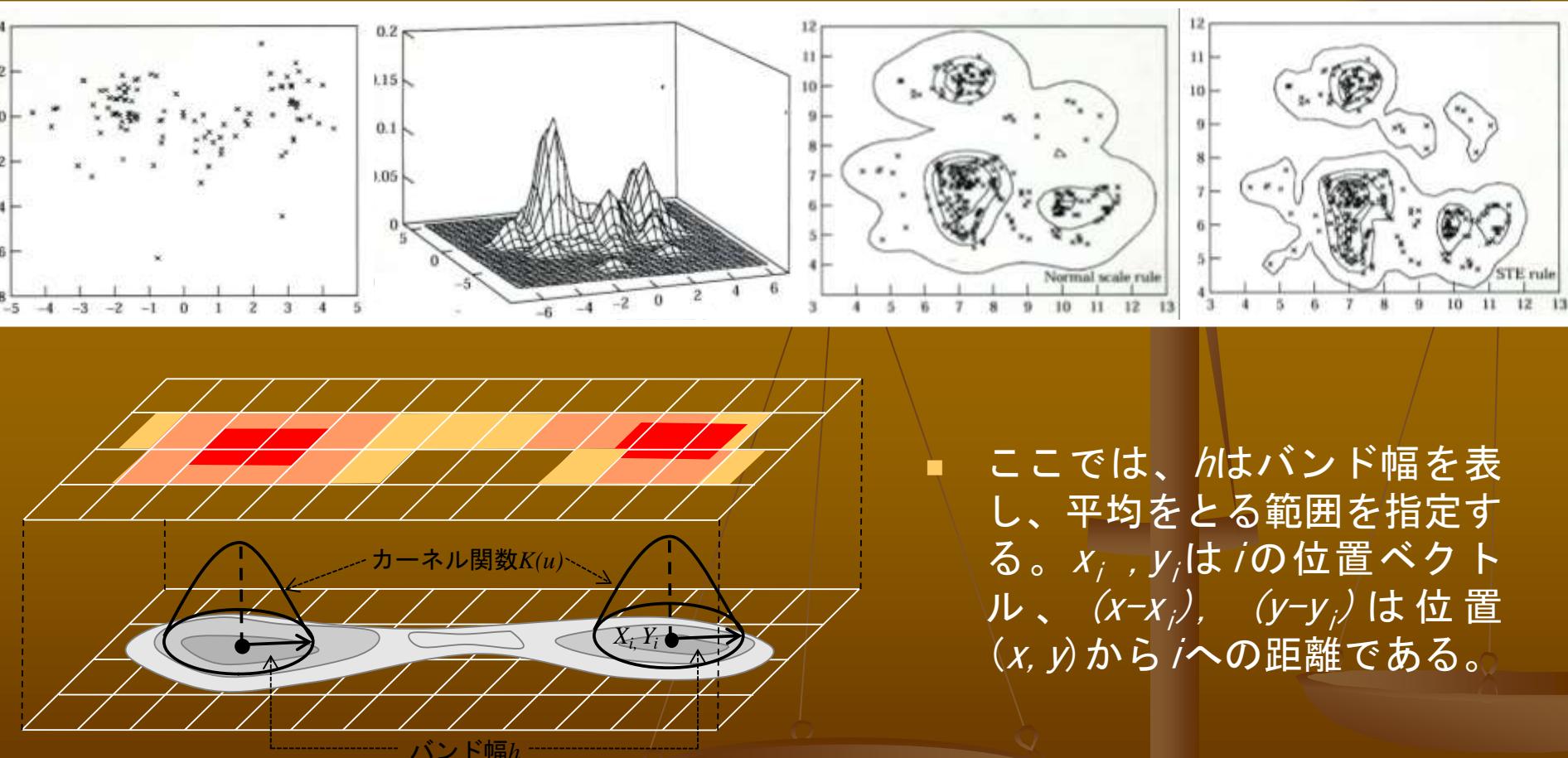


図4-10 カーネル密度推定概念図

市街地集散カーネル密度の導出

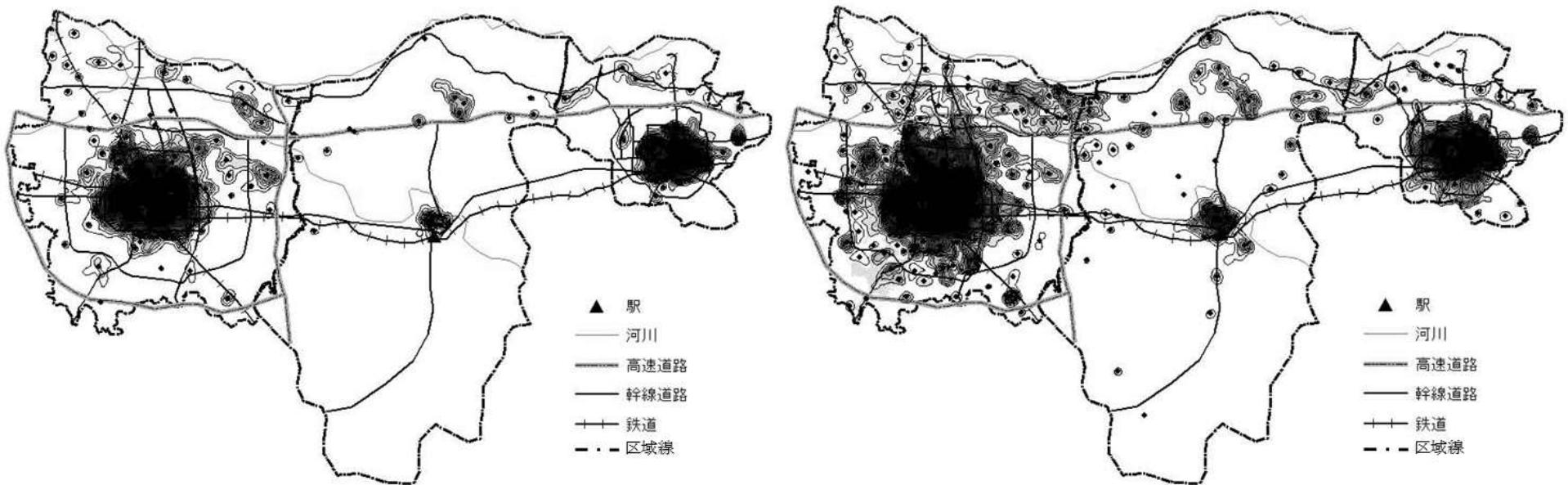
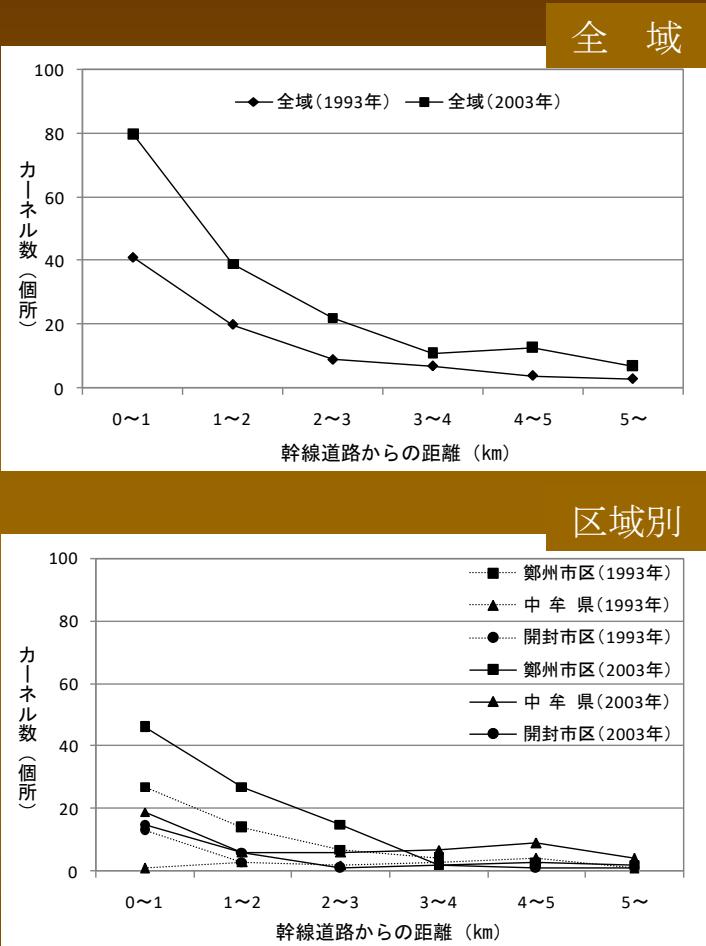


図4-14 市街地集散カーネル密度の分布（1993年）

図4-15 市街地集散カーネル密度の分布（2003年）

幹線道路からの距離との関係



- 全域でみてみると、幹線道路から1km以内でカーネル数が最も多く、以降距離が遠くなるにつれて減少している。区域別にみてみると、鄭州市区部と開封市区部の2時点、中牟県2003年では全域のカーネル数と同じ傾向を持っている。

表4-4 カーネル数と幹線道路からの距離の関係（1993年）

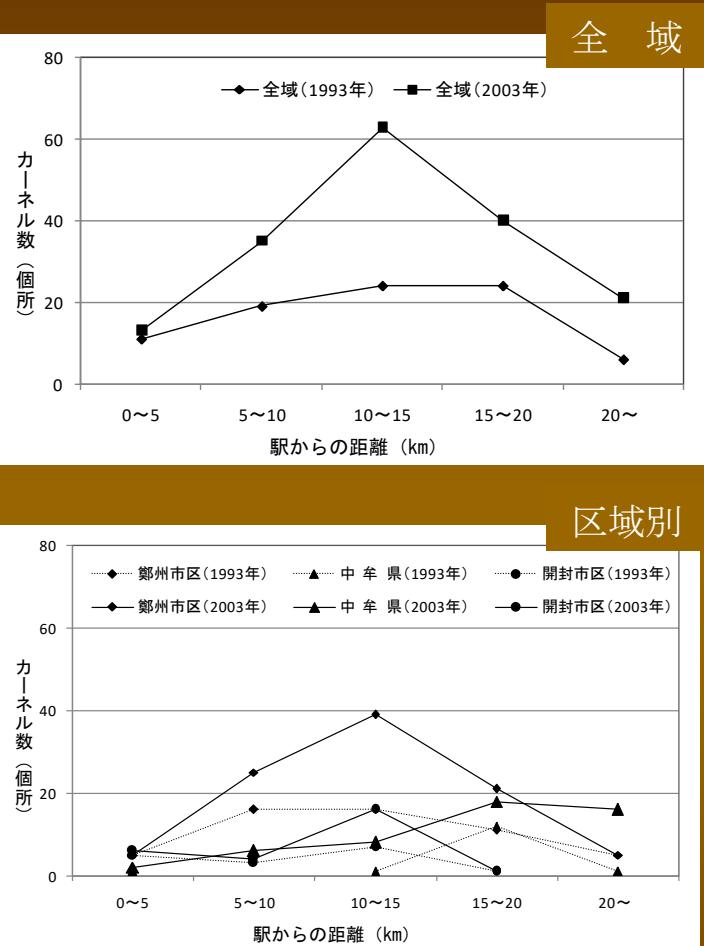
距離(km)	密度($\times 10^{-4}$)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	合計
0~1	12	7	6		3	1	1	1			2		1	2	4	1	41	
1~2	12	2	1	1	2	1					1				20		9	
2~3	2	3	2		1	1											7	
3~4		2	2		2	1											4	
4~5	4																3	
5~	2			1														
合計		32	14	11	2	8	4	1	1	0	2	0	1	1	2	4	1	84

表4-5 カーネル数と幹線道路からの距離の関係（2003年）

距離(km)	密度($\times 10^{-4}$)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	合計
0~1	19	16	12	7	6	2	3	3		2	3		1	2	4		80	
1~2	9	9	5	7	4		3	1			1		1		2		39	
2~3	6	3	2	4	3	1				1			1				22	
3~4	4		3	1	1	1											11	
4~5	5	3	2	2						1							13	
5~	5	1		1													7	
合計		48	32	24	22	14	4	7	4	2	2	5	0	2	2	4	0	172

- カーネルの多くは、幹線道路両側5km以内に分布し、5km以上ではカーネル数が少なくなっていることが確認できる。2時点の比較でみてみると、1993年から2003年にかけて各距離ともカーネル数が大幅に増加している。

駅からの距離との関係



- 全域でみてみると、10~15kmの範囲において、2時点のカーネル数の増加が最も顕著である。区域別にみてみると、鄭州市区部は全域のカーネル数と同じ傾向を持っている。

表4-6 カーネル数と駅からの距離の関係（1993年）

距離 (km)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	合計
0~5	1	1	1														11
5~10	3	4	3		3	1	1	1			2			1	1	2	19
10~15	11	5	4	1	1	2											24
15~20	14	2	3		4	1											24
20~	3	2		1													6
合計	32	14	11	2	8	4	1	1	0	2	0	1	1	2	4	1	84

表4-7 カーネル数と駅からの距離の関係（2003年）

距離 (km)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	合計
0~5	1			2	1	1		1			1			1	1	4	13
5~10	12	4	2	2	4	1	2	1	1	1	3			1	1		35
10~15	19	14	11	9	5		2		1	1	1						63
15~20	9	11	8	5	3	1	2	1									40
20~	7	3	3	4	1	1	1	1									21
合計	48	32	24	22	14	4	7	4	2	2	5	0	2	2	4	0	172

- カーネル数と駅からの距離との相関は、1993年では相関係数は-0.584、2003年では-0.396を示した。幹線道路と同様に、二変量の関係性が低くなっていることがわかる。

非都市的土地利用の把握

データ異常性の確認

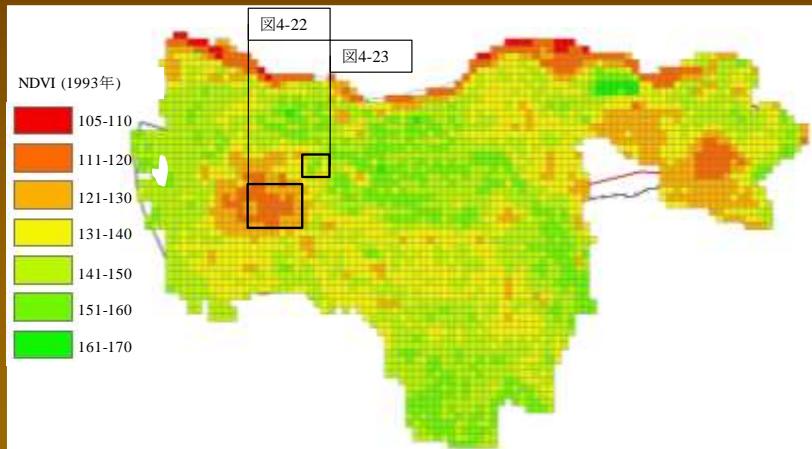


図4-20 1993年NDVI

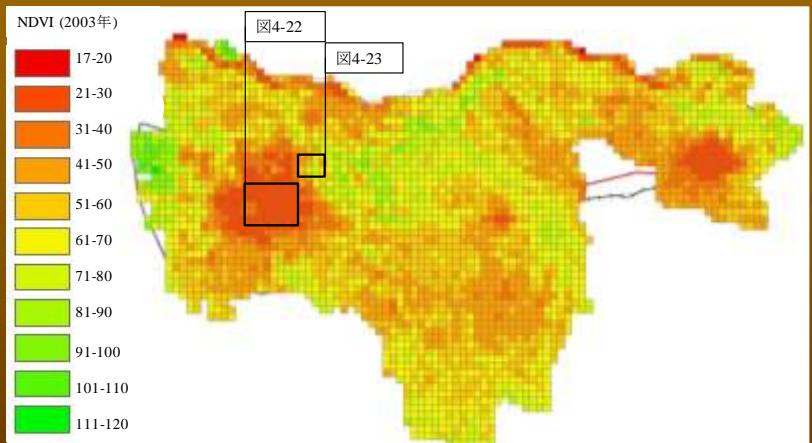


図4-21 2003年NDVI

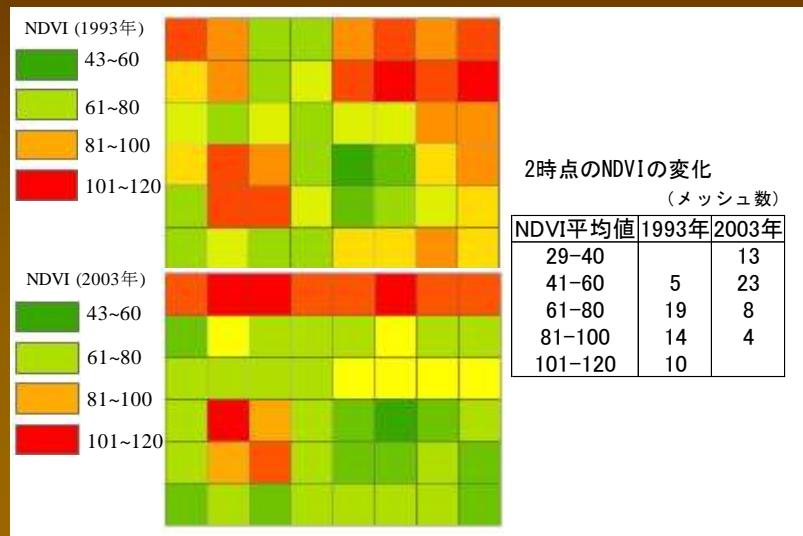


図4-22 市街地が変化していない地点のNDVI平均値

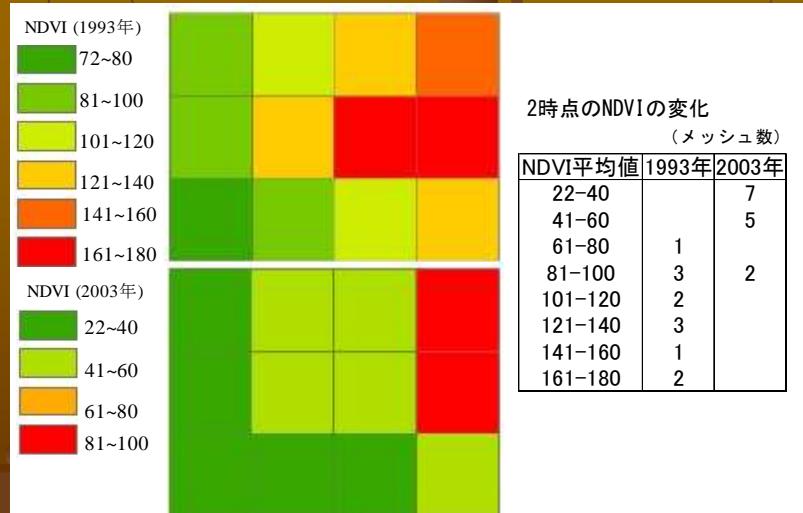
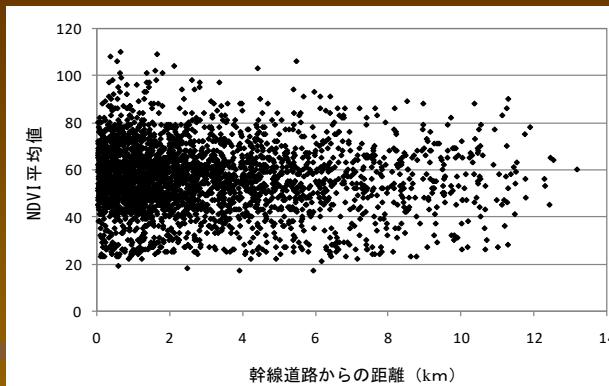
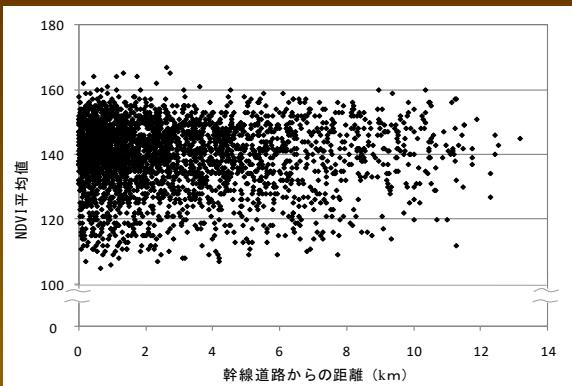


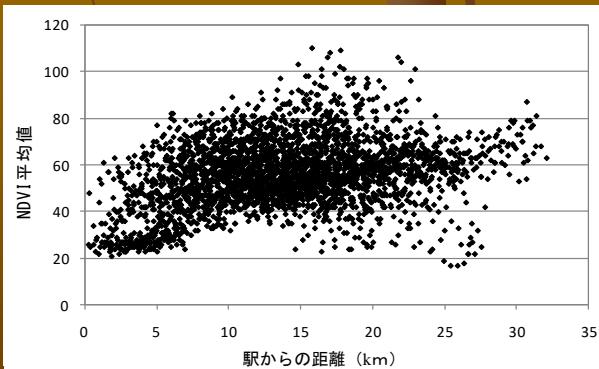
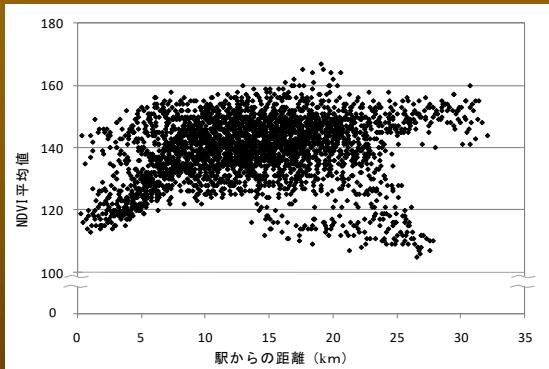
図4-23 緑地が変化した地点のNDVI平均値

幹線道路からの距離との関係



- 幹線道路からの距離を算出し、NDVI平均値と幹線道路の相関を調べた。1993年では、相関係数は0.004、2003年では、-0.056を示した。NDVI平均値と幹線道路からの距離では、顕著な関係性はないことがわかる。

駅からの距離との関係



- NDVI平均値と駅からの距離の関係を調べて、1993年では相関係数は0.173、2003年では、0.321を示した。駅の周辺の都市中心部において、NDVI平均値が低く、都市周辺部ではNDVI平均値が高くなっている。

第4章 まとめ

- 三都市の市街地が大幅に増加し、畠地・裸地が減少していることがわかった。駅から10~15kmの範囲において、市街地集散カーネル数が大幅に増加していることがわかった。駅から15km以遠において、市街地集散カーネル数は増加しているが、その値は低い。幹線道路周辺にカーネル数が多くなっているが、NDVI平均値の分布はばらつきがみられる。

第5章 土地利用集塊度と植生活性度による都市内残存緑地の評価

本章では、平均連結度数（以降C値）を適用し、対象地域市街地の集塊度を把握する。そして、都市内残存植生状況を把握するために、C値とNDVIの関連性を検討する。これら定量的に示すために、NB値を導出し、市街地内の植生活性度の評価を行う。

分析のフロー

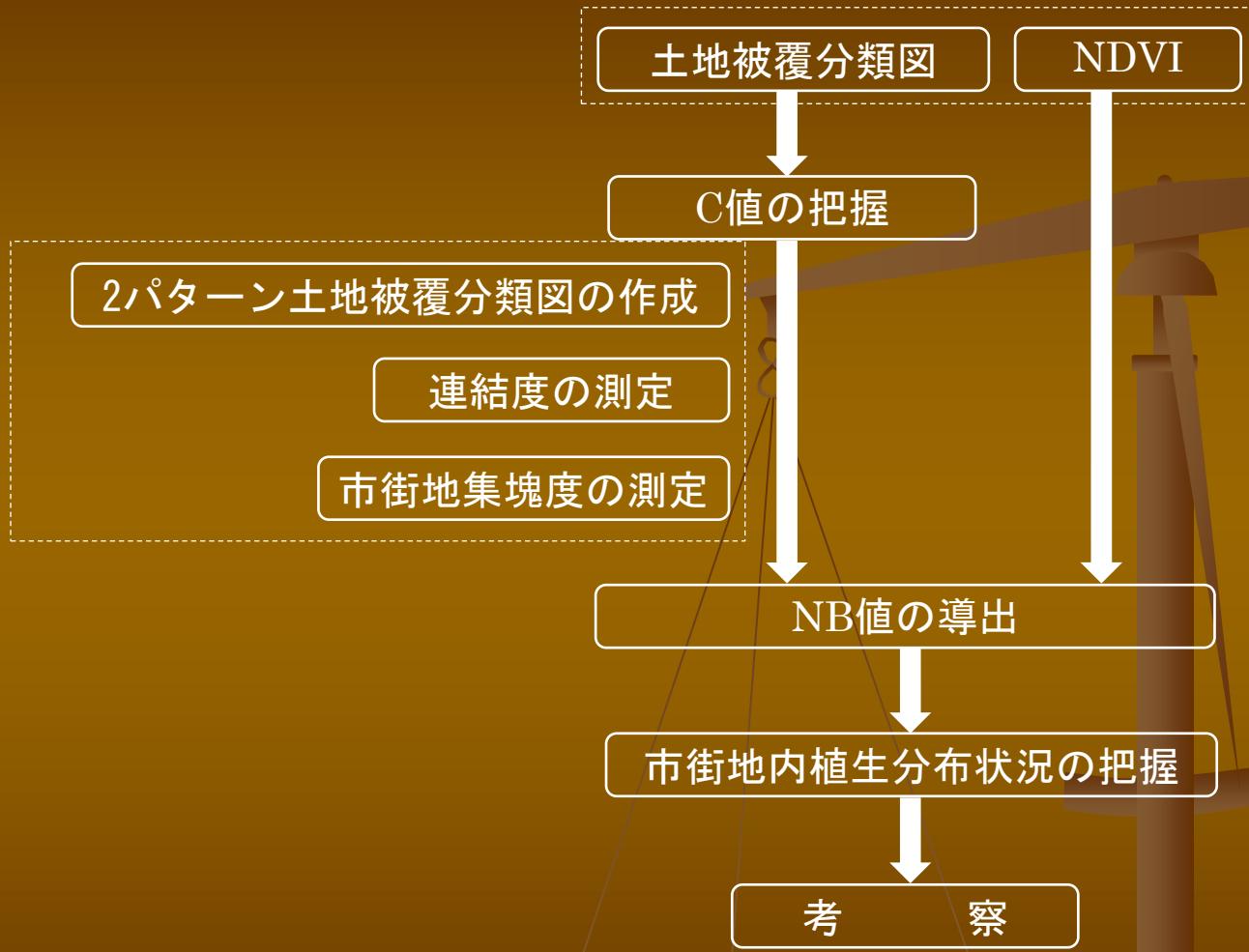


図5-3 分析のフロー

C値とは

連坦度の分析は、同カテゴリーに分類されたピクセルの連坦度を把握するための分析方法である。

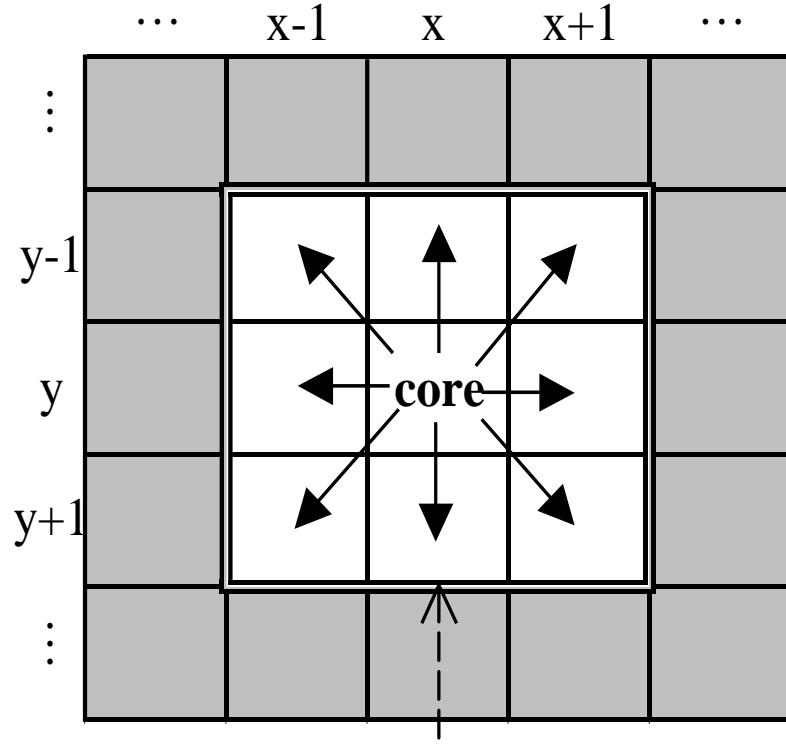
しかし、現実の市街地においては同士が離れていた場合は多数存在していると考えられる。これらの市街地に対しては、近距離の範囲内における市街地の存在をカウントし、一つの市街地として分析することが必要である。

ここでは、平均連結度数（C値）を用いて、土地被覆の分析を行う。

C値の測定

連結度数 : CN値の測定

~CN値算出の概念図~



この枠内がCN値の解析対象となる。

$$CN_{xy} = P_{xy} \sum_{i=x-1}^{x+1} \sum_{j=y-1}^{y+1} \delta_{ij}$$

x: 任意区画におけるcoreの東西方向のメッシュ番号

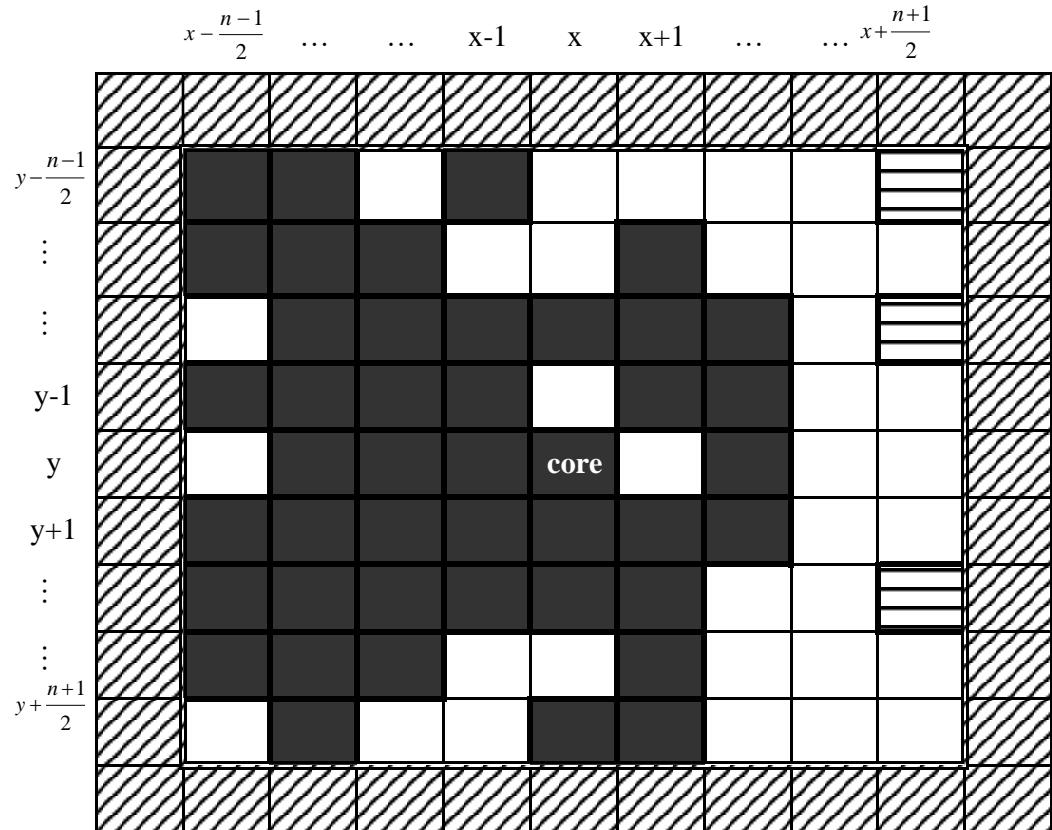
y: 任意区画におけるcoreの南北方向のメッシュ番号

- : CN値算出の対象メッシュ
- : 対象外

周辺8メッシュの分布状況を計測

連結総数：CTN値の測定

～CTN値算出の概念図～



Coreと同領域・同カテゴリーで形成されている
メッシュのCN値の総和を算出

$$CTN_{xy} = \sum_{i=x-\frac{n-1}{2}}^{x+\frac{n-1}{2}} \sum_{j=y-\frac{n-1}{2}}^{y+\frac{n-1}{2}} \eta_{ij} CN_{ij}$$

平均連結度数 : C値の測定

$$C_{xy} = \frac{CTN_{xy}}{\sum_{i=x-\frac{n-1}{2}}^{x+\frac{n-1}{2}} \sum_{j=y-\frac{n-1}{2}}^{y+\frac{n-1}{2}} \delta_{ij} \eta_{ij}}$$

同領域・同カテゴリー
のメッシュ数

同領域・同カテゴリーにおける1メッシュあたりのCN値の平均値を算出



平均連結度数=C値

市街地等の連坦性・集塊度をより詳細に把握することが可能

C値の分布

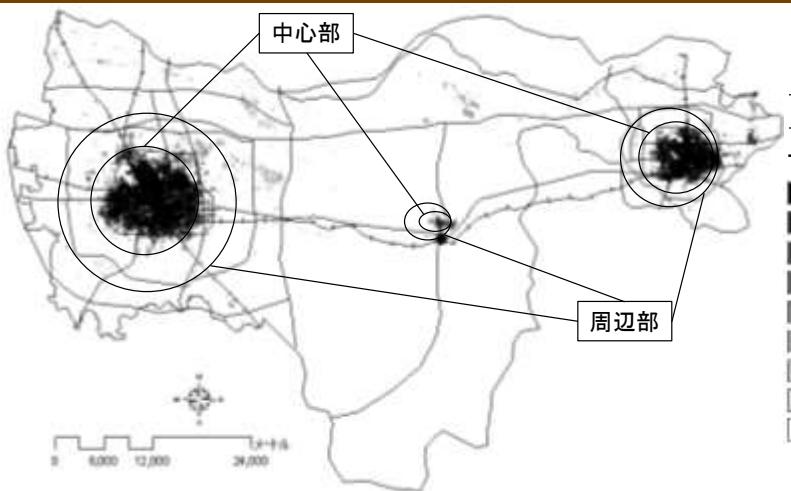


図5-4 1993年市街地のC値分布図

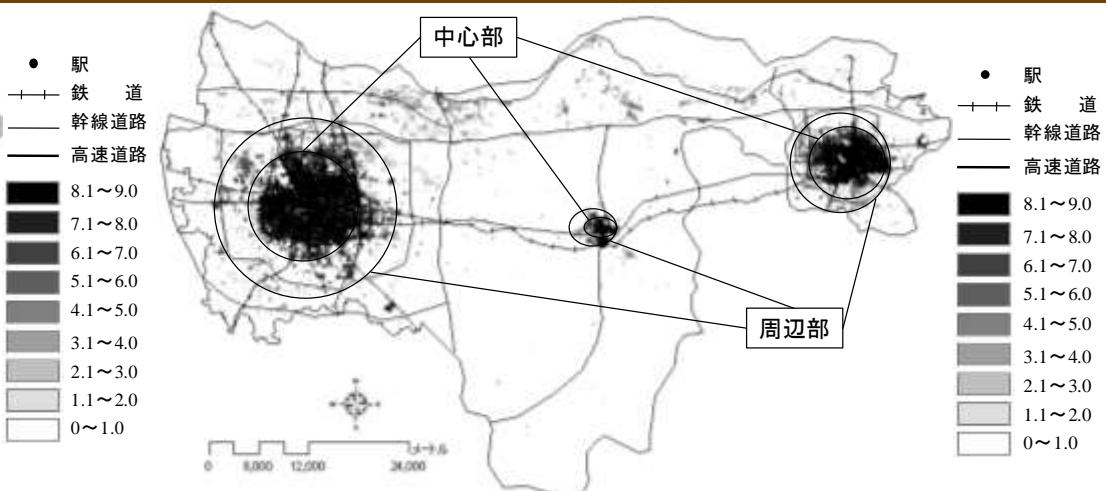
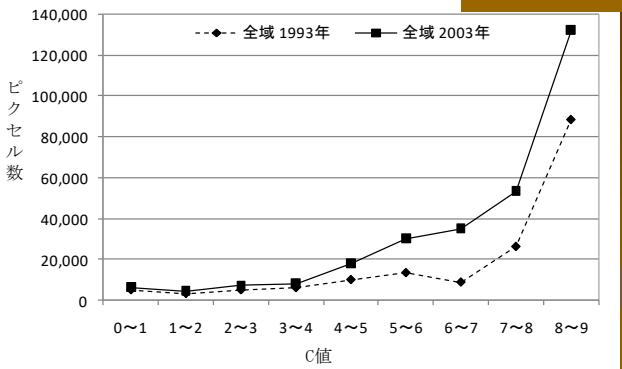


図5-5 2003年市街地のC値分布図

- 地域における変化を見てみると、三都市の中心部ではC値の変化はそれほど大きくなかった。しかし、三都市ともに都市中心部の周辺（周辺部）では、C値が急激に増加している。特に、都市間の幹線道路沿いにC値の増加が顕著に見られる結果となった。
- また、2003年は、C値の高い地点が多く、中心部以外でも市街地の集塊度が高くなってきており、このような地域は今後も増加していくと考えられる。今後、中心部周辺には独立集積区を中心にして都市域が広がって、既成市街地と連坦すると予想される。

C値の分析

全 域



区域別

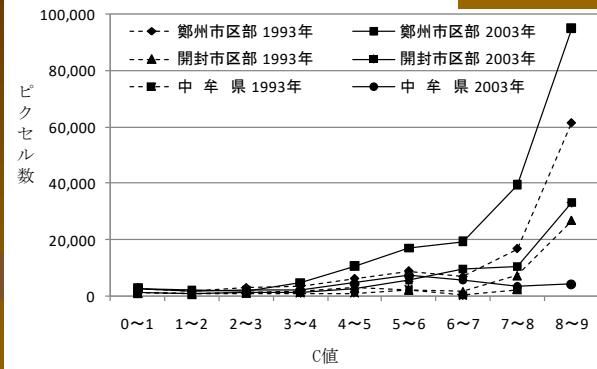


表5-1 全域2時点C値の変化 単位：ピクセル

年度別	C値	非市街地	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	合 計
1993年		2,544,043	5,210	3,389	5,200	6,253	10,188	13,568	8,922	26,151	88,973	167,854
2003年		2,415,466	6,610	4,601	7,518	8,216	18,038	30,012	34,958	53,218	133,260	296,431
変化量		-128,577	1,400	1,212	2,318	1,963	7,850	16,444	26,036	27,067	44,287	128,577
増加率		5.05%	26.87%	35.76%	44.58%	31.39%	77.05%	121.20%	291.82%	103.50%	49.78%	76.60%

表5-2 2時点の間C値の遷移 単位：ピクセル

	2003年										合 計	
	非市街地	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9		
1993年	非市街地	2,375,388	6,315	4,384	7,043	7,590	16,238	27,325	30,948	40,939	27,873	2,544,043
	0~1	3,938	32	22	42	46	118	223	200	384	205	5,210
	1~2	2,484	18	19	50	45	80	158	174	259	102	3,389
	2~3	3,740	33	24	68	97	144	282	262	373	177	5,200
	3~4	4,367	29	34	60	102	222	302	274	673	190	6,253
	4~5	6,782	67	38	106	170	436	734	804	750	301	10,188
	5~6	7,303	77	53	110	133	608	762	1,699	2,161	662	13,568
	6~7	2,962	21	12	23	14	144	198	441	3,483	1,624	8,922
	7~8	4,968	15	13	16	19	41	24	156	4,037	16,862	26,151
	8~9	3,534	3	2	0	0	7	4	0	159	85,264	88,973
合 計		2,415,466	6,610	4,601	7,518	8,216	18,038	30,012	34,958	53,218	133,260	2,711,897

NDVIの遷移

表5-3 2時点NDVIの遷移 単位：ピクセル

		2003年													合 計
		0	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	1.0~1.1	1.1~1.2	
1993年	0	282,980	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	282,981
	0~0.1	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	4
	0.1~0.2	0	0	0	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	5
	0.2~0.3	0	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	8
	0.3~0.4	0	0	0	2	6	1	0	1	0	0	0	0	0	10
	0.4~0.5	0	0	0	1	8	1	2	0	1	0	0	0	0	13
	0.5~0.6	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	6
	0.6~0.7	0	0	0	8	3	3	0	0	0	0	0	0	0	14
	0.7~0.8	0	21	79	264	299	217	97	18	2	1	0	0	0	998
	0.8~0.9	0	1,225	27,229	14,065	6,603	6,259	5,206	1,396	934	612	46	0	0	63,575
	0.9~1.0	0	240	48,360	132,857	124,955	54,002	28,918	6,978	2,563	1,153	185	8	0	400,219
	1.0~1.1	0	163	10,728	131,192	332,178	177,609	103,287	35,145	12,661	1,760	266	36	0	805,025
	1.1~1.2	0	4	3,547	51,005	191,824	186,524	187,050	93,487	39,207	8,399	2,138	31	0	763,216
	1.2~1.3	0	1	553	11,176	43,038	65,847	109,049	85,342	49,709	11,938	2,267	12	0	378,932
	1.3~1.4	0	0	8	259	1,555	3,263	4,467	3,126	3,119	1,057	3	0	0	16,857
	1.4~1.5	0	0	0	2	1	0	0	1	0	2	1	0	0	7
	1.5~1.6	0	0	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	7
	1.6~1.7	0	0	0	2	2	2	0	1	0	0	0	0	0	7
	1.7~1.8	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	1.8~1.9	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	1.9~2.0	0	0	0	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	6
合 計		282,980	1,654	90,504	340,846	700,492	493,735	438,079	225,496	108,196	24,922	4,906	87	0	2,711,897

表より、1993年のNDVIはほとんど0.7~1.4の間で占められているが、2003年には0~1.1の間で多くが占めるようになった。NDVIの低下が顕著である。特に、1993年に1.0~1.1の値をとっていた332,178ピクセルは、2003年には0.3~0.4の値へ変化し、大きく低下している。

NB値の算出

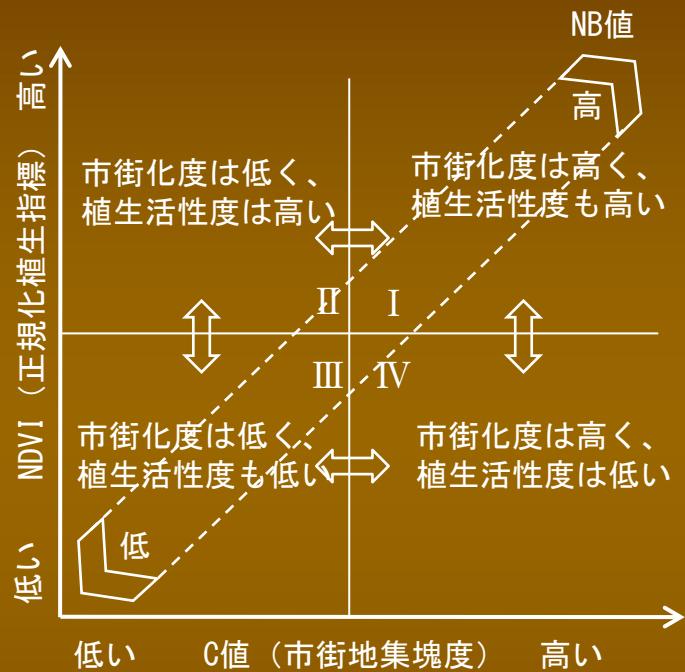


図5-10 C値とNDVIの関係図

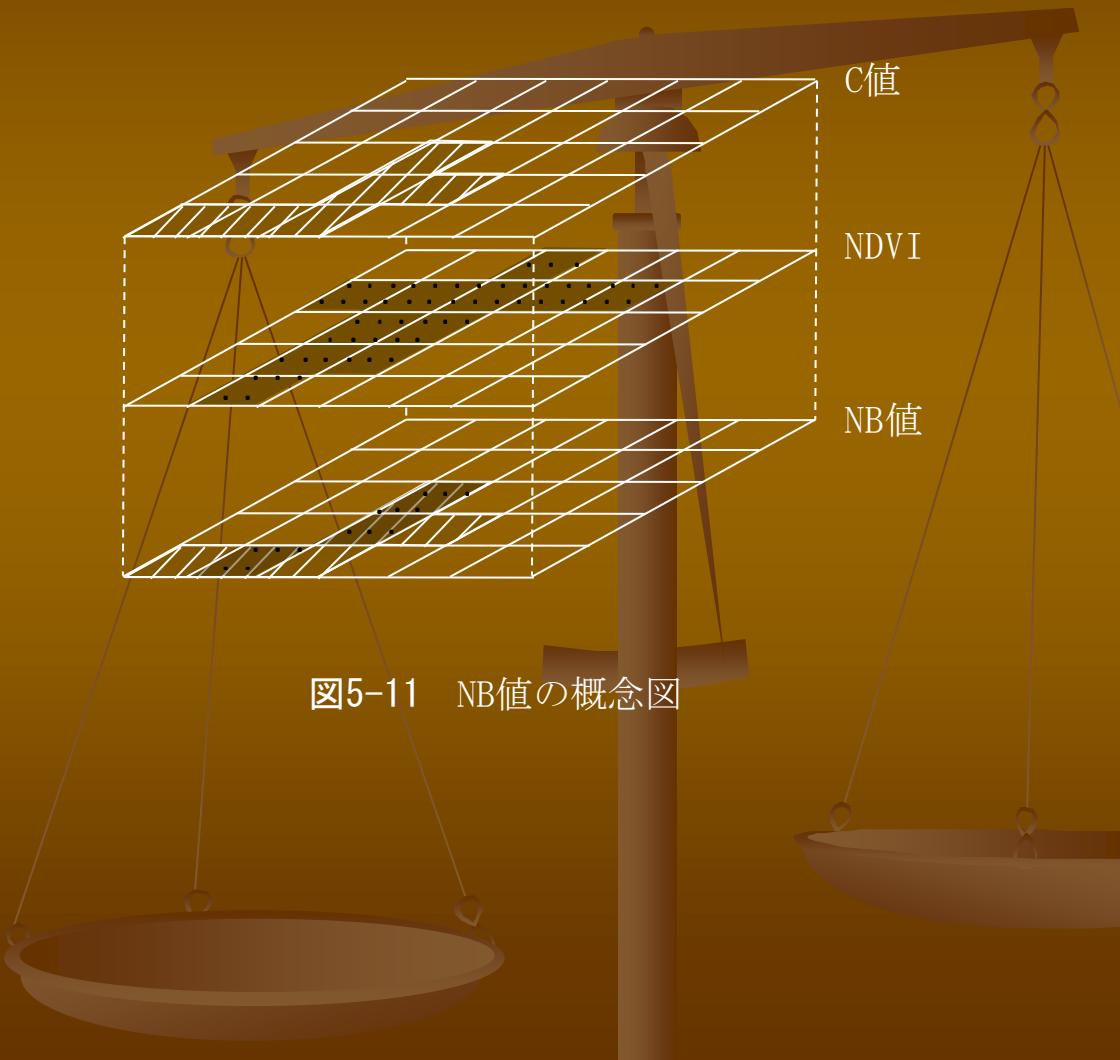


図5-11 NB値の概念図

NB値について

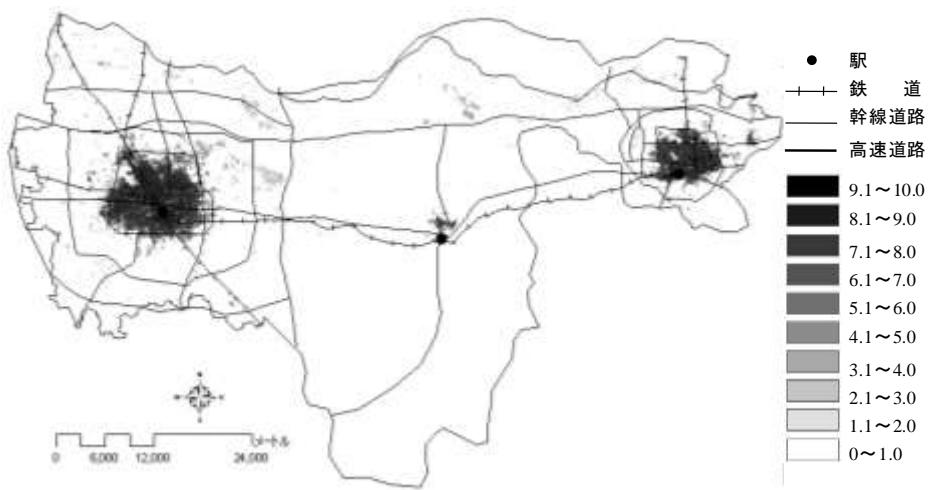


図5-12 1993年NB分布図

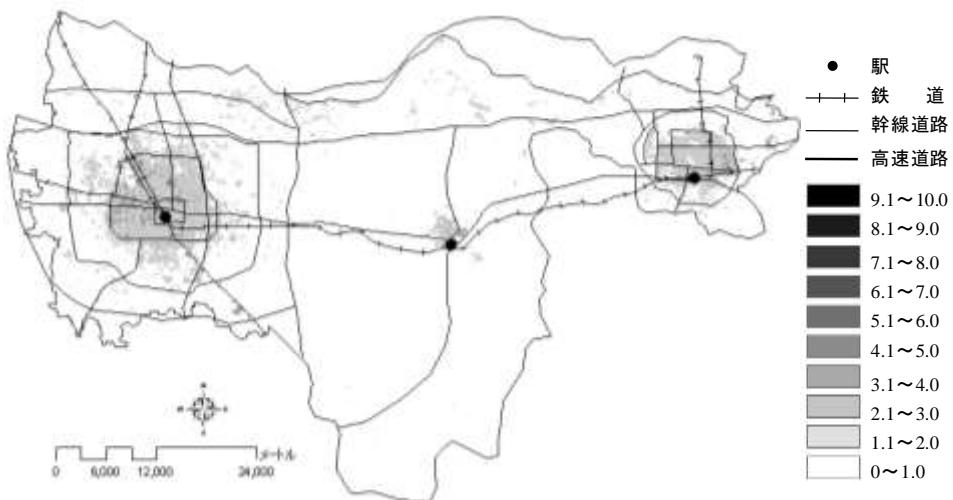


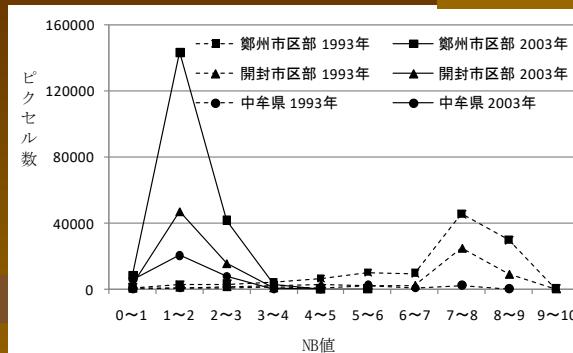
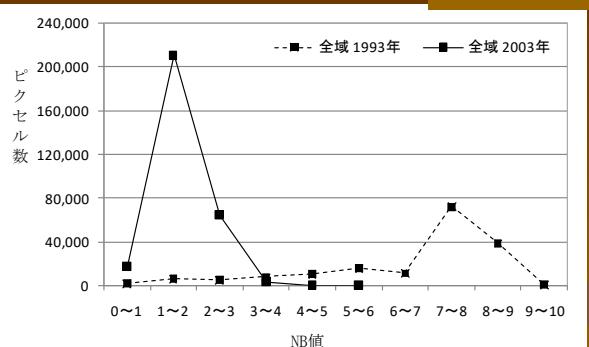
図5-13 2003年NB分布図

- この10年間より、市街化による市街地集塊度の上昇、NDVIの低下からみて、市街地内部植生の減少が明らかとなった。全体的にみてみると、NB値全体的に低下は、都市近郊小規模的市街地の増加とともに、NDVIが全体的に低下していることが原因であると考えられる。NDVIの下降は、緑地だけでなく、市街地の中に残存する緑地、また周辺の緑地環境の減少が予想される。

都市内植生活性度の把握

全 域

区域別



年度別	NB値	非市街地	0<NB≤1	1<NB≤2	2<NB≤3	3<NB≤4	4<NB≤5	5<NB≤6	6<NB≤7	7<NB≤8	8<NB≤9	9<NB≤10
1993年	2,544,043	1,494	4,835	5,842	7,395	10,165	14,513	12,131	71,445	39,601	433	
2003年	2,415,466	17,225	208,562	66,668	3,689	281	6	0	0	0	0	
変化量	▲ 128,577	15,731	203,727	60,826	▲ 3,706	▲ 9,884	▲ 14,507	▲ 12,131	▲ 71,445	▲ 39,601	▲ 433	
変化率	-5.05%	1052.95%	4213.59%	1041.18%	-50.12%	-99.96%	-99.96%	-100%	-100%	-100%	-100%	

		2003年										合 計	
		0	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9		
1 9 9 3 年	0	2,375,388	16,352	112,614	37,366	2,128	191	4	0	0	0	0	2,544,043
	0~1	961	26	377	124	5	1	0	0	0	0	0	1,494
	1~2	3,704	84	750	277	16	4	0	0	0	0	0	4,835
	2~3	4,269	123	1,098	329	21	1	1	0	0	0	0	5,842
	3~4	5,147	122	1,591	495	39	1	0	0	0	0	0	7,395
	4~5	6,677	198	2,400	864	25	1	0	0	0	0	0	10,165
	5~6	7,602	219	4,817	1,810	61	4	0	0	0	0	0	14,513
	6~7	3,349	59	6,659	1,963	95	6	0	0	0	0	0	12,131
	7~8	6,332	37	52,541	12,023	498	14	0	0	0	0	0	71,445
	8~9	2,002	5	25,534	11,252	751	56	1	0	0	0	0	39,601
	9~10	35	0	181	165	50	2	0	0	0	0	0	433
合 計		2,415,466	17,225	208,562	66,668	3,689	281	6	0	0	0	0	2,711,897

第5章　まとめ

- 三都市ともに市街地中心部のC値の変化は大きくなかった。2時点のC値とNDVIの関連性が高くなつたことがわかつた。市街化による市街地の集塊度が上昇しているが、NDVIが全て低下している。NB値も全体的に低下しているため、市街地内部の残存植生の活性度が低下することが明らかになつた。

第6章 総 括

各章のまとめ

今後の課題



総括 ①

- 第1章では、はじめに論文の背景と目的について述べた。また、関連する既往の研究と本論文の特色について述べ、本論文の意義を明らかにした。最後に論文の構成について述べている。
- 第2章では、鄭州市における市街地・緑地・農地分布の傾向と変化及び土地被覆の割合を検証した。1993年から2003年にかけて鄭州市市街地の面積が約2倍に拡大した。2003年の緑地は1993年の1/3程度に減少し、それは主に鄭州市南西部に見受けられる。農地の中で畠地面積が大幅減少し、逆に水田の面積がやや増加した。さらに、同心円モデルによる市中心からの距離と市街地変化の関係について分析し、全体的な傾向として、0-6kmまでは市街地の変化量はそれぞれ異なった傾向をもっている。6kmを超えて14kmまでは、小刻みに増減を繰り返し、17kmまでの増加量は小さくなっていく傾向をもっている。
- 第3章では、鄭州市は都市化の過程において、大規模な開発があり、中心部の市街地が大幅に拡大し、緑地が急速に減少していった。しかし、都市周辺部で自然災害を防止するために退耕還林・退耕還草措置を実施し、緑地・草地が増加した。郊外での大規模な開発において、インフラの整備が大幅に遅れ、生活利便性の向上が図れていない。このように、政府が開発志向型の施策を推進しているにもかかわらず、都市インフラの整備が追いつかないという不均衡な状況にある。

総括 ②

第4章では、三都市の現状について調べるとともに、都市化特徴について考察を行って、以下の結果が明らかになった。

- 都市全体的については、三都市の市街地が大幅に増加し、畠地・裸地が減少していることがわかった。
- 都市内部については、駅から10~15kmの範囲において、市街地集散カーネル数が大幅に増加していることがわかった。これは、「鄭東新区」のような大規模な新都市の建設が進行しているためである。
- 都市外縁部については、駅から15km以遠において、市街地集散カーネル数は増加しているが、その値は低い。これは、都市周辺において旧来からある低層低密な農業集落を核とした市街化によるものである。
- 幹線道路周辺にカーネル数が多くなっているが、NDVI平均値の分布はばらつきがみられる。都市中心部で市街地集散カーネル密度が高くなっている。駅から10~20kmの範囲において、カーネル数が大幅に増加し、都市の市街地が同心円状に拡大していることがわかった。

総括 ③

第5章では、三都市市街地の集塊度（C値）を算出し、C値とNDVIの関連性を検討した。そして、市街地内植活性度指標（NB値）を導出し、市街地内部の植生分布状況を把握することができた。

- 三都市ともに市街地中心部のC値の変化は大きくなかった。2003年ではCの値の高い地点の増加が多く、都市中心部と周辺部において、連続して分布している市街地が現れ、市街地の集塊度が高いためにC値が増加する傾向がある。今後も増加していく傾向があると考えられる。さらに、都市間の幹線道路沿線でC値が増加する傾向があるとみられる。
- 2時点のC値とNDVIの関係が明らかになった。二変量の関連性が高くなったことがわかった。市街化の進行しつつあり、植生の活性度が低下していることがわかった。市街地内部の植生を効果的に整備することが必要である。
- 市街化による市街地の集塊度が上昇しているが、NDVIが全て低下している。NB値も全体的に低下しているため、市街地内部の残存植生の活性度が低下することが明らかになった。これは、都市化により、都市内部の緑地が減少するため、NDVIが低下していることが原因であると考えられる。

今後の課題

本研究では、対象地域の土地被覆現況を分析し、その都市化特徴と都市化プロセスの土地利用の変化を明らかにした。さらに、都市内環境評価及び広域的な環境評価を行った。今後、土地利用を深く研究する上で、都市の動向に大きな影響をもたらしている諸因子を導き、定量的な分析を深化させる必要がある。さらに、都市への影響・関連及び政策的要因から近い将来都市の予測図を描くことができると考えられる。それらを基に、対象地域の計画的な市街化、今後あるべき発展や環境保全の方向性等を示すことが重要である。



END

