

---

平成13年度修士論文

# リモートセンシング技術による都市の 環境解析および評価に関する研究

- 市街地 緑地における空間相互作用モデルの適用と考察 -

---

大分大学大学院 工学研究科 建設工学専攻 博士前期課程  
都市計画研究室 12M515 福田 裕文

# 研究の背景と目的

## ● 研究背景

近年、環境保護におもきがおかれ、都市計画においても、開発と環境保護の両面に注目することが重要とされている。

しかしながら、両者は対極の存在であり、これをコントロールすることは非常に難しく、これを解決するための評価手法が望まれている。

## ● 研究目的

本研究では、市街地 (開発地域) と都市環境の重要な要素である緑環境に注目し、リモートセンシングデータや空間データ基盤を統合することで、都市環境の状態を数量的に把握し、都市環境を評価する。そのための評価手法として空間相互作用モデルを適用する。

更にその他の都市的諸活動と導出したモデルとの関連性から、その要因を明らかにすることを目的としている。

# 研究の方法と流れ

## 各種データ加工・整備

ランドサットTMデータ  
アスターデータ  
国土空間データ基盤

## 基本統計量の計測

大分市の土地被覆分布  
市街地 緑地変化地点の抽出

## 空間相互作用モデルの導出・適用

係数 の変動  
市街地分布影響モデルの適用

## 市街地分布影響モデルの再現性の検討

重回帰分析  
推定値の算出

## 都市環境要因との関連性

数量化 類分析  
影響度と都市環境要因との関連

## 都市環境評価・考察

# データの加工・整備

## ● 15mメッシュデータ

リモートセンシングデータ、国土空間データ基盤等のデータを利用し、メッシュサイズが15mのメッシュデータを整備した。

元データ	データ種類	データ内容	対象年度
リモートセンシングデータ (ランドサットTMデータ)	被覆分布	土地被覆分類図	1987年
		NDV 図	
(アスターデータ)		土地被覆分類図	2001年
		NDV 図	
国土空間データ基盤	公共建物	対象メッシュまでの距離 (m)	通年
	公園等場地	対象メッシュまでの距離 (m)	
	駅	対象メッシュまでの距離 (m)	
	鉄道	対象メッシュまでの距離 (m)	
	インターチェンジ	対象メッシュまでの距離 (m)	
	東九州自動車道	対象メッシュまでの距離 (m)	
	道路線	対象メッシュまでの距離 (m)	
	内水面	対象メッシュまでの距離 (m)	
標高データ	標高値 (m)		
傾斜度データ	傾斜度 (°)		

# データの加工・整備

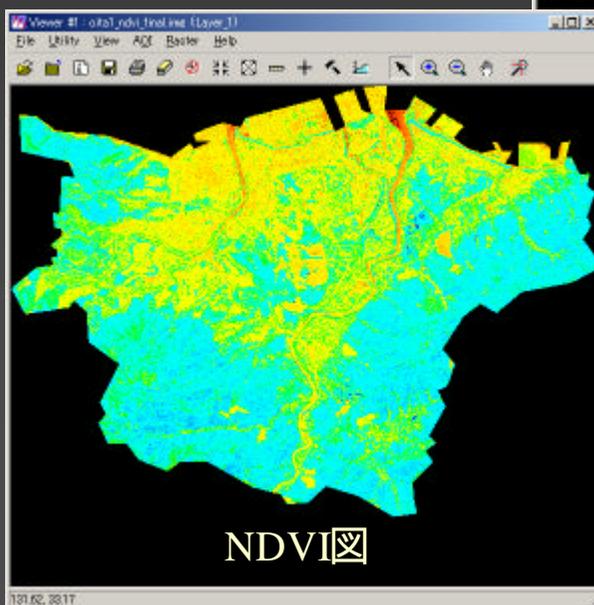
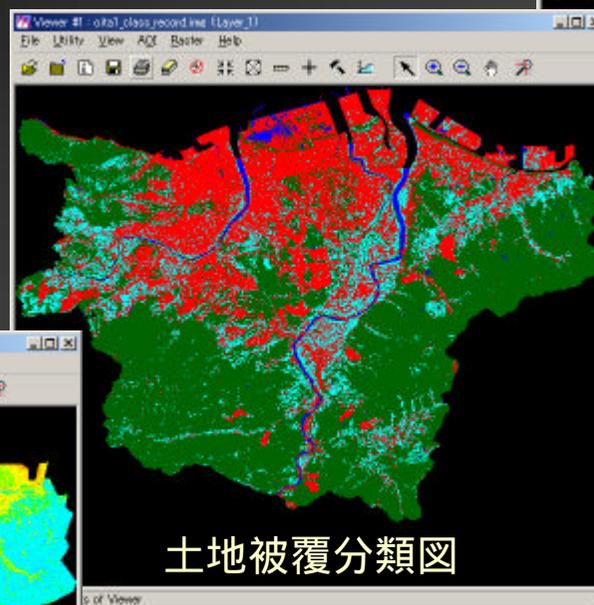
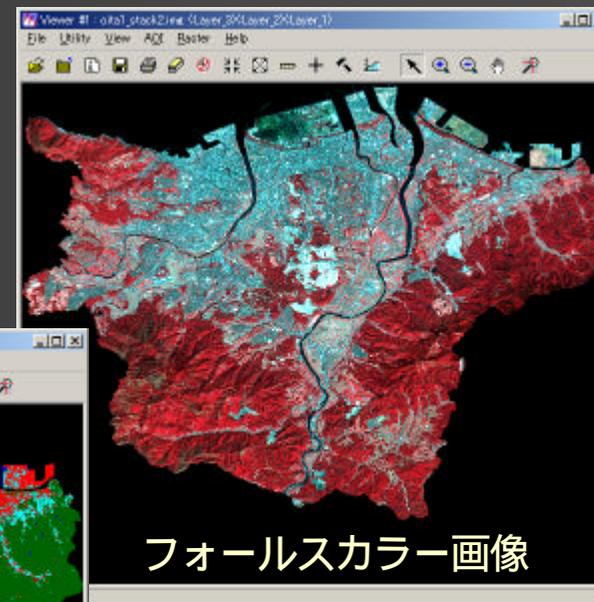
ランドサットTMデータ    アスターデータ

幾何補正

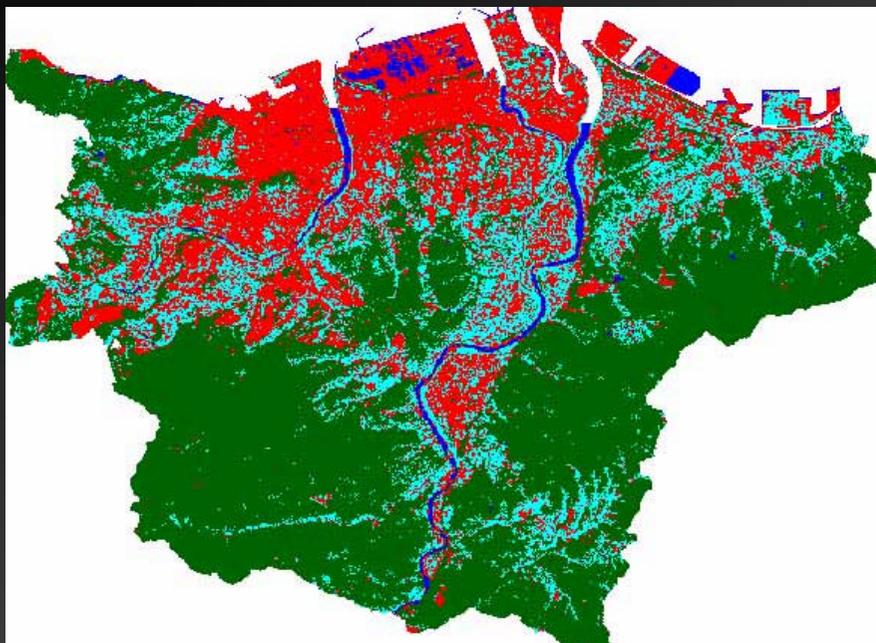
対象地域の切り抜き

土地被覆分類図の作成

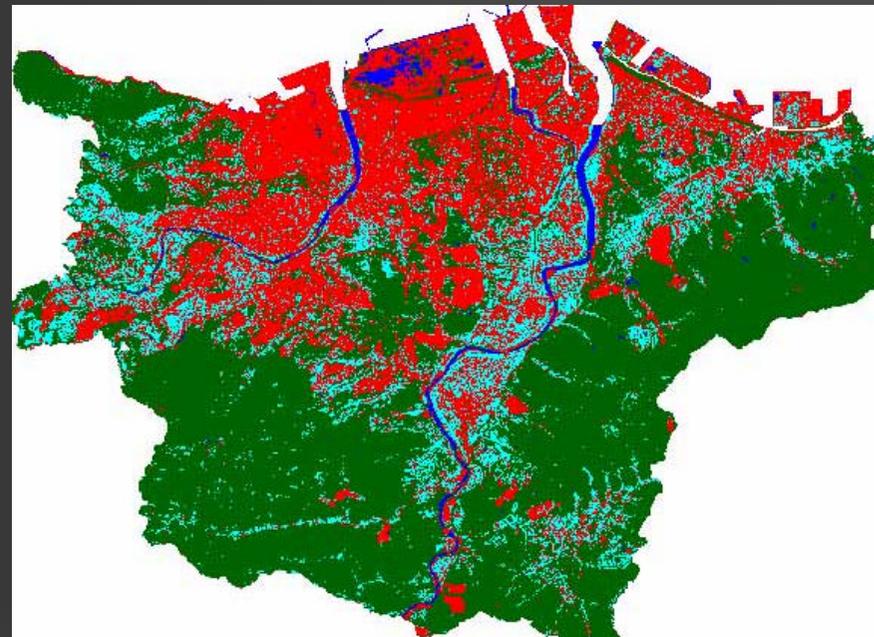
NDVI値算出



# 土地被覆分類による分布傾向の把握

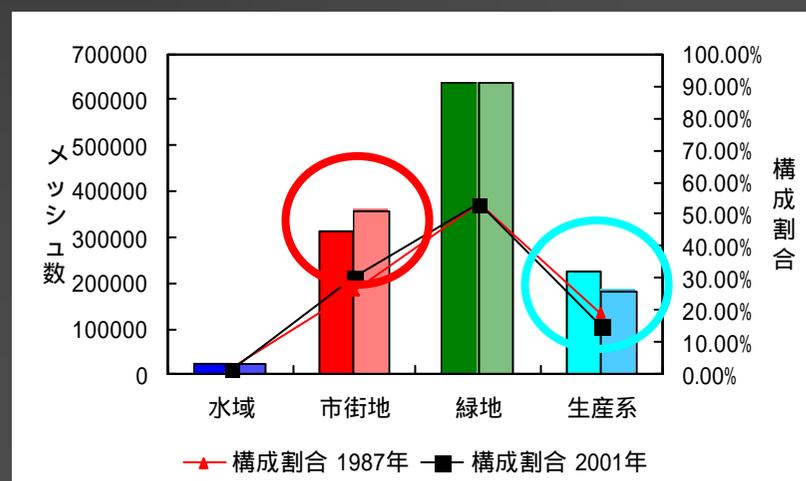


1987年大分市土地被覆分類図



2001年大分市土地被覆分類図

		水域	市街地	緑地	生産系
メッシュ数	1987年	23464	313799	636354	226140
	2001年	20063	360351	637974	181369
構成割合	1987年	1.96%	26.16%	53.04%	18.85%
	2001年	1.67%	30.04%	53.18%	15.12%



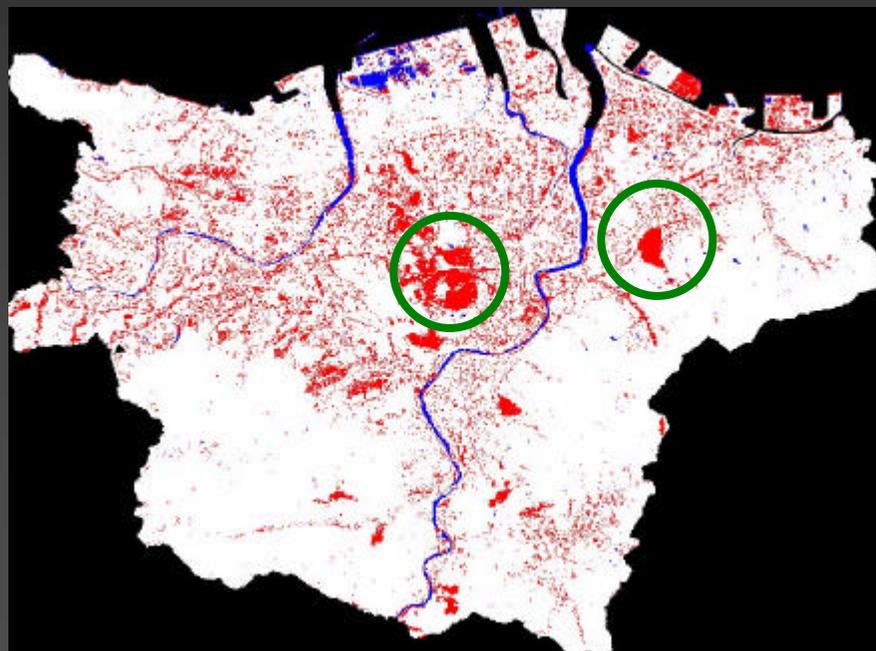
左棒 :1987年メッシュ数 右棒 2001年メッシュ数

# 地形条件と被覆変化

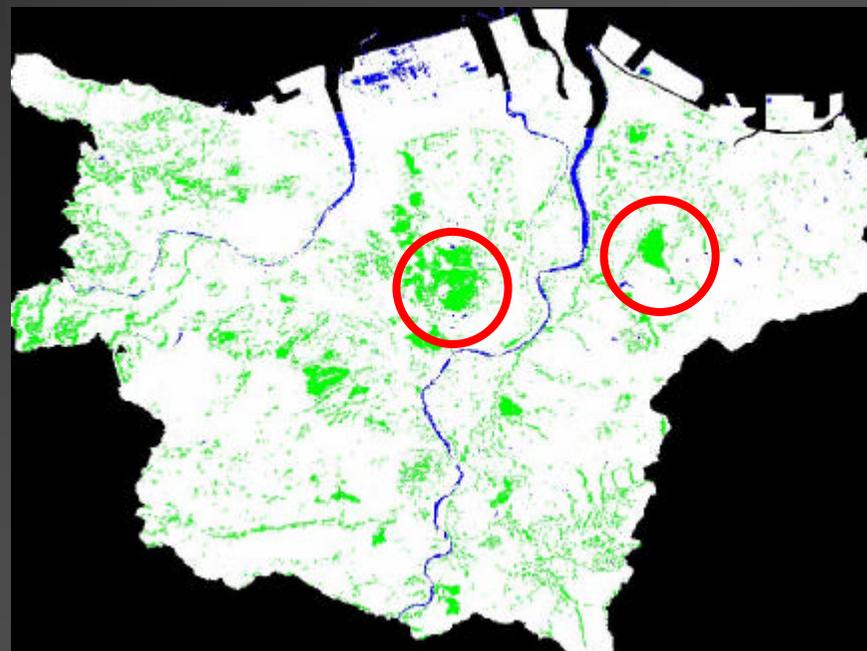
	傾斜度(°)	水域	市街地	緑地	生産系	合計
1987年	0°以上~3°未満	21742	257469	132694	155822	567727
	3°以上~8°未満	812	33959	79271	36252	150294
	8°以上~15°未満	420	15344	139624	23296	178684
	15°以上	490	7027	284765	10770	303052
2001年	0°以上~3°未満	18465	279757	148464	121041	567727
	3°以上~8°未満	782	44387	75924	29201	150294
	8°以上~15°未満	418	23950	133995	20321	178684
	15°以上	398	12257	279591	10806	303052



傾斜度データ画像



市街地増加メッシュ(赤)



緑地減少メッシュ(緑)

# 空間相互作用モデル

空間相互作用モデルは、空間的な位置関係により人間活動と施設の分布あるいは商圈などを定量的に把握し、その関係性を明らかにしようとするために開発された、数理的モデルである。

一般的に、市街地が拡散・拡大することにより、緑環境の衰退が起きるとされているが、市街地が緑環境に及ぼす影響度の調査を定量的に把握することが可能になれば、明確にかつ局所的な緑環境保全のための指針を示すことが可能となるはずである。

# モデルの導出

$$I_a = k \cdot \frac{B_a}{X^2} \quad (0)$$

定数  $k$  を考える。一般的に実際の調査により、 $k$  に定数を与えることになるが、土地利用においてその影響の範囲を定めることは、極めて困難である。したがって、ここで土地利用の内在的な特性、すなわち植生の活性度を示すNDVIを用いることで、 $k$  の導出を試みることにする。NDVIは市街地、緑地に係らずその特性値を持つことができる、一般性のある指標である。これにより影響度  $I$  を定義すると、次の式となる。

$$NDVI_{xy} = \sum_{i=x-n}^{x+n} \sum_{j=y-n}^{y+n} \frac{NDVI_{ij}}{X_{ij}^b} \quad (1)$$



$$\log NDVI_{xy} = -b \log \sum \sum X_{ij} + C \quad (2)$$



$$b = \frac{\sum x_{ij} y_{ij} - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_{ij}^2 - n \bar{x}^2} \quad (3)$$

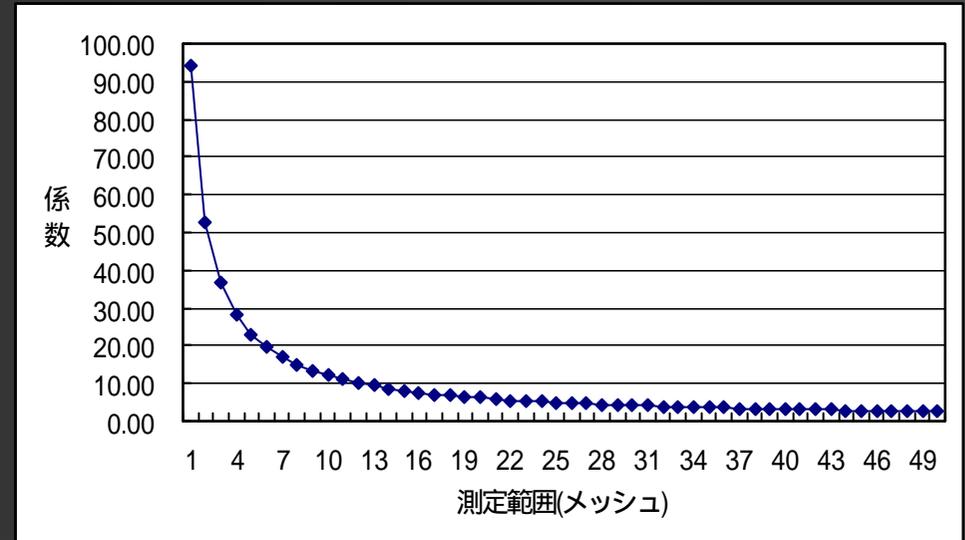
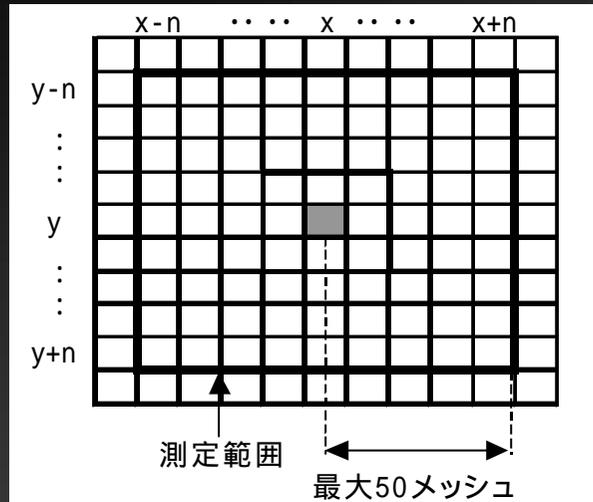
最小二乗法により  $b$  を算出

$$I_{xy} = \sum_{i=x-n}^{x+n} \sum_{j=y-n}^{y+n} d_{ij} \frac{B_{xy}}{X_{ij}^b} \quad (4)$$

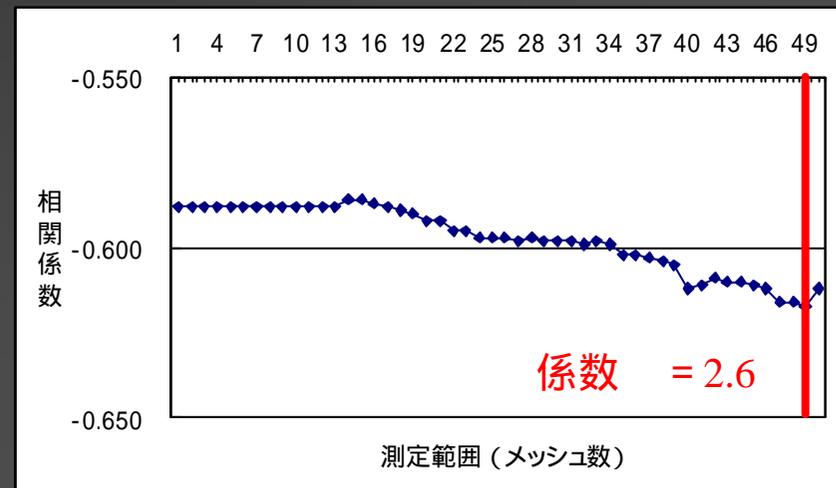
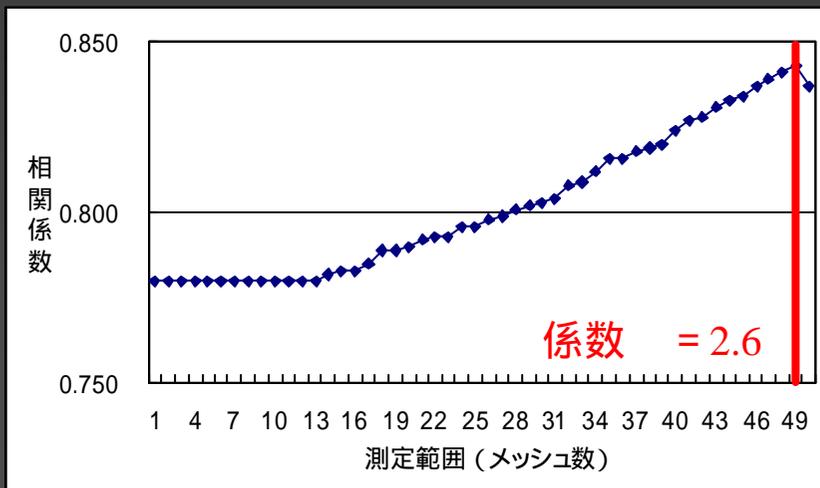


適用の前に係数  $d_{ij}$  の検証...

# 係数 の変動



係数 は測定範囲の拡大によりほぼ0に収束することがわかる。



# モデルの適用

レベルは平均値と標準偏差をもとに4ランクとして設定

## ● 市街地分布影響モデル

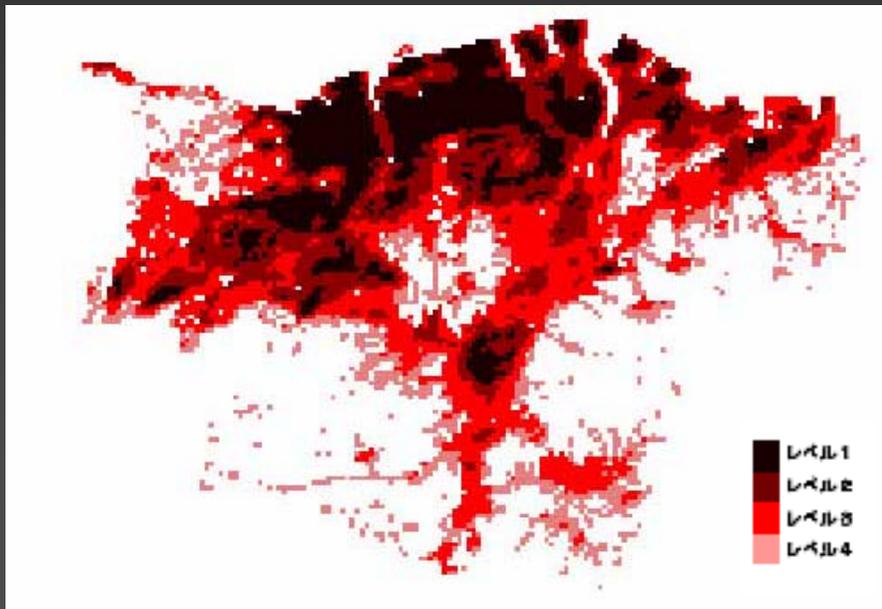
$$I_{xy} = \sum_{i=x-n}^{x+n} \sum_{j=y-n}^{y+n} d_{ij} \frac{B_{xy}}{X_{ij}^{2.6}}$$

レベル1	SD+AVG	I
レベル2	AVG	I < SD+AVG
レベル3	AVG-SD	I < AVG
レベル4		I < AVG-SD

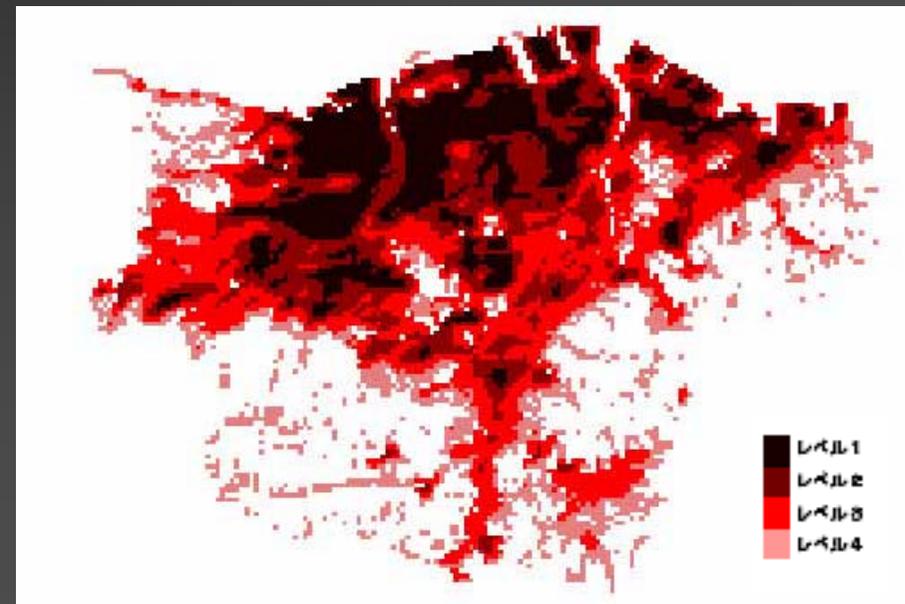
AVG=平均値、SD=標準偏差

影響度 I	1987年	2001年
平均値	169.88	181.40
標準偏差	122.13	123.65
レベル1	1445	1696
レベル2	2002	2232
レベル3	2530	2536
レベル4	1433	1633

レベルはメッシュ数

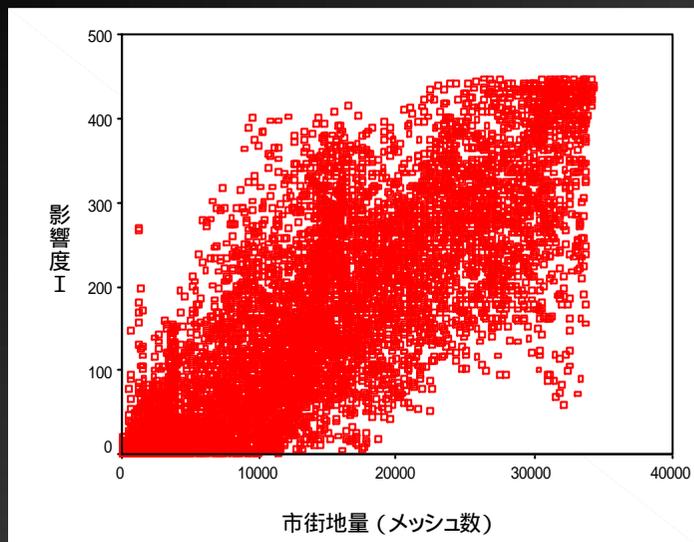


1987年大分市影響度分布図

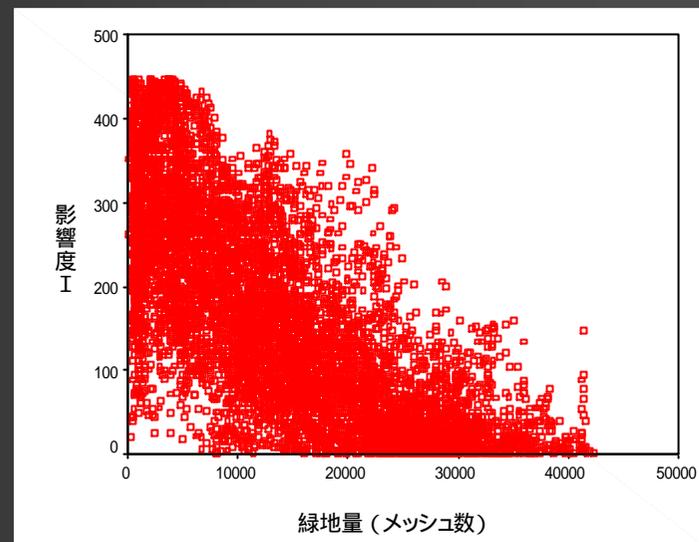


2001年大分市影響度分布図

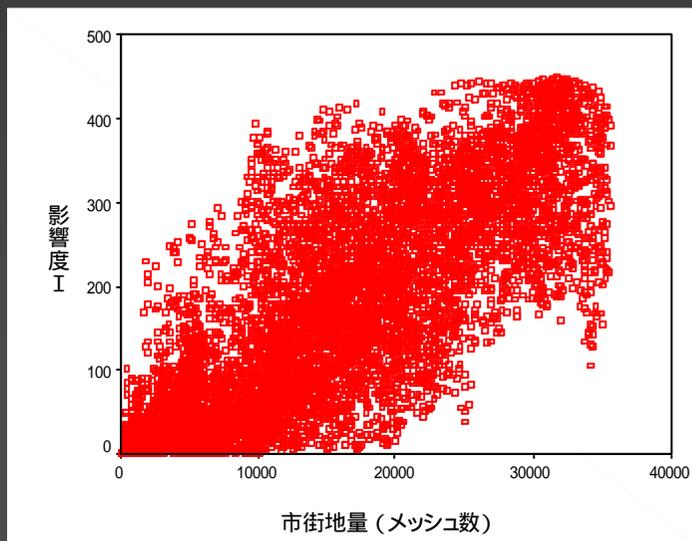
# 影響度と市街地量・緑地量



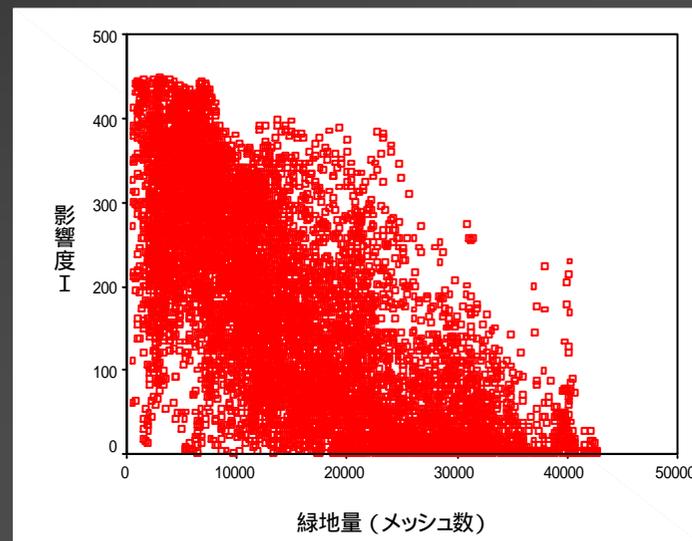
影響度I - 市街地量 (1987年)



影響度I - 緑地量 (1987年)



影響度I - 市街地量 (2001年)



影響度I - 緑地量 (2001年)

# 再現性の検討

重回帰分析より以下の予測式を導出

従属変数 影響度 (I)

説明変数 :市街地量 (B)、緑地量 (G)

1987年

:重相関係数 0.804

:決定係数 0.604

$$I_{1987(ij)} = 0.008 \times B_{ij} - 0.004 \times G_{ij} + 104.456$$

2001年

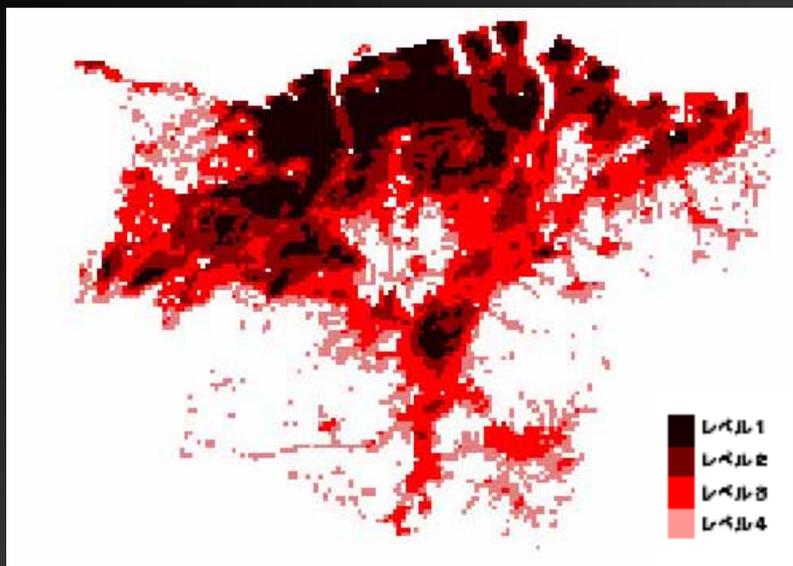
:重相関係数 0.796

:決定係数 0.633

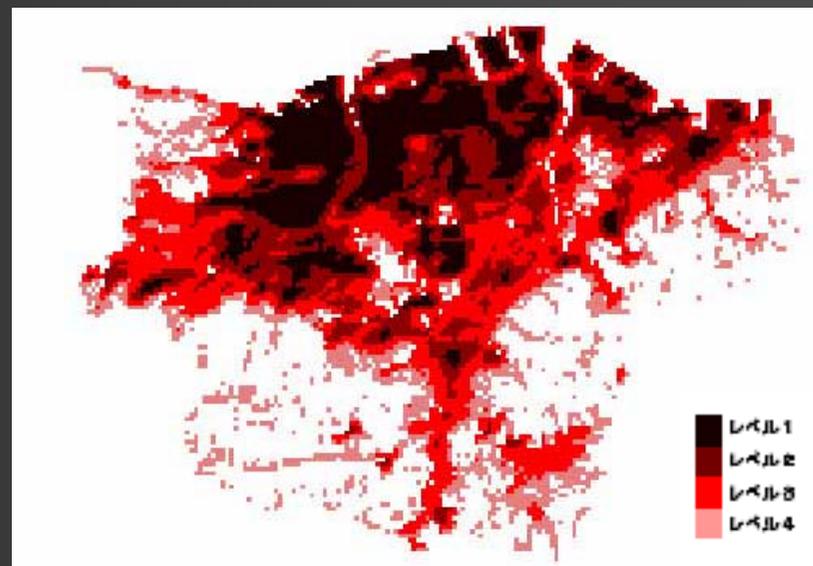
$$I_{2001(ij)} = 0.008 \times B_{ij} - 0.003 \times G_{ij} + 98.6696$$

この予測式より 影響度Iの推定値を算出すると...

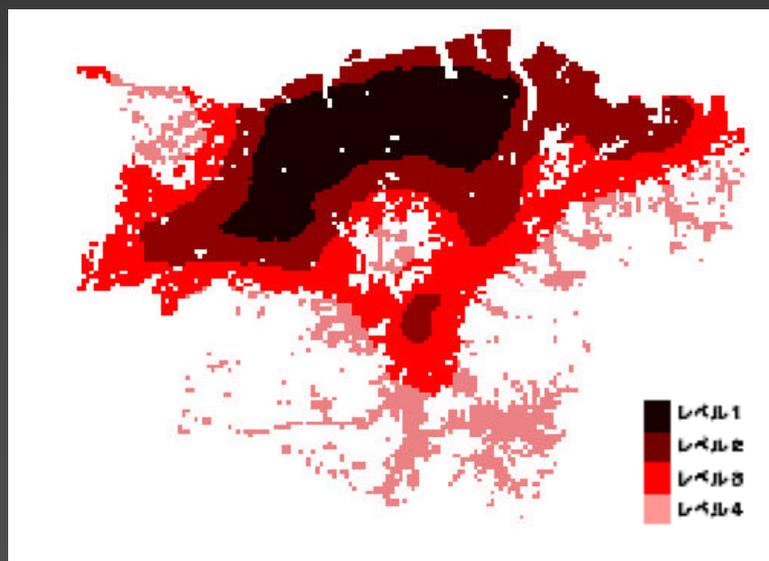
## 再現性の検討（2）



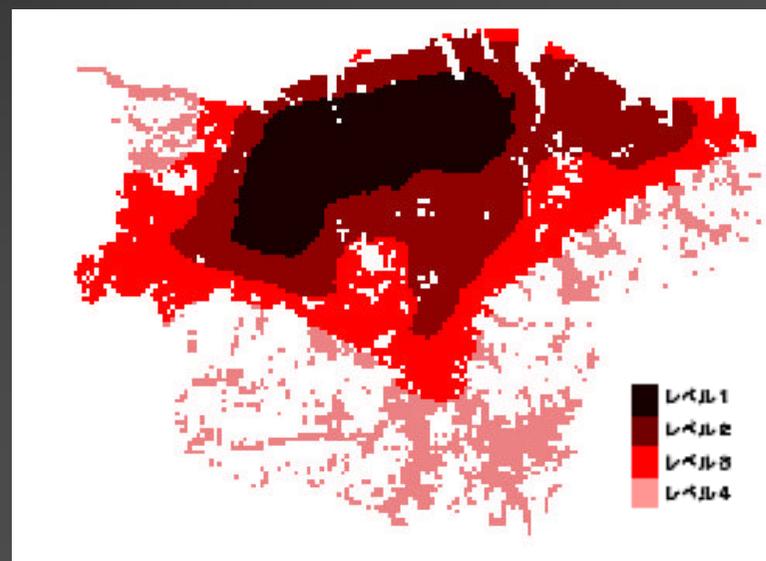
1987年大分市影響度分布図 (実測値)



2001年大分市影響度分布図 (実測値)



1987年大分市影響度分布図 (推定値)



2001年大分市影響度分布図 (推定値)

# 影響度と都市環境要因の関連（1987年）

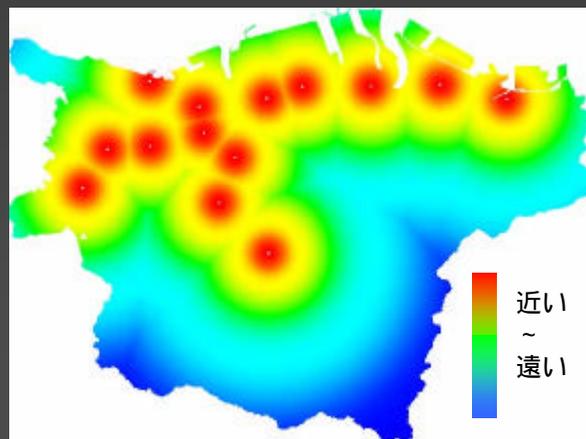
● 数量化 類分析

外的基準 : 影響度 I

説明変数 : 都市環境要因

● 分析結果

重相関係数 : 0.592



駅距離イメージ

項目	カテゴリ -	度数	カテゴリ平均	カテゴリースコア	レンジ	偏相関係数
公共建物 (m)	0 ~ 400	1963	166.725	35.102	81.669	0.151
	~ 800	2310	184.469	-2.874		
	~ 1200	1990	179.667	-4.449		
	1200 ~	1147	128.929	-46.568		
公園等 (m)	0 ~ 300	2491	192.448	36.180	84.505	0.238
	~ 600	2360	195.019	4.421		
	~ 900	1679	130.291	-34.564		
	900 ~	880	114.126	-48.324		
駅 (m)	0 ~ 1000	1229	148.886	13.406	97.703	0.234
	~ 2000	3097	197.518	18.669		
	~ 3000	2198	179.087	-1.942		
	3000 ~	886	79.566	-79.034		
鉄道 (m)	0 ~ 1000	1805	136.839	-61.556	92.649	0.236
	~ 2000	1244	227.316	28.494		
	~ 3000	3335	169.260	13.122		
	3000 ~	1026	160.393	31.093		
インター チェンジ (m)	0 ~ 2000	991	132.654	15.302	69.300	0.223
	~ 3000	2312	144.961	-12.982		
	~ 4000	2280	167.569	-27.213		
	4000 ~	1827	224.499	42.088		
東九州 自動車道 (m)	0 ~ 1500	1069	130.711	-44.371	64.738	0.117
	~ 3000	3007	143.589	-3.347		
	~ 4500	2566	203.523	16.311		
	4500 ~	768	214.957	20.367		
道路 (m)	0 ~ 50	2254	163.883	-15.352	67.232	0.155
	~ 100	2279	162.011	-7.438		
	~ 200	1937	155.714	1.439		
	200 ~	940	232.547	51.880		
内水面 (m)	0 ~ 100	1015	137.522	18.778	38.533	0.061
	~ 200	3100	175.527	3.691		
	~ 300	2065	184.308	-3.004		
	300 ~	1230	158.142	-19.755		
標高 (m)	0 ~ 50	2745	172.074	11.342	41.069	0.086
	~ 100	2325	183.380	0.861		
	~ 200	1478	166.017	-5.082		
	200 ~	862	133.123	-29.727		
傾斜度 (°)	0 ~ 3	2745	123.739	-51.195	67.623	0.162
	~ 8	2325	191.448	10.313		
	~ 15	1478	193.376	16.428		
	15 ~	862	154.075	2.110		

# 影響度と都市環境要因の関連（2001年）

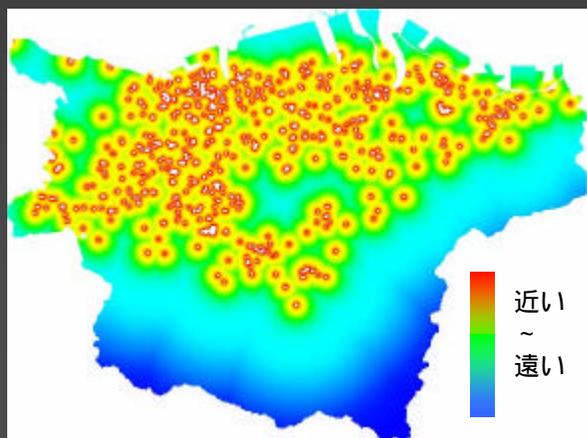
● 数量化 類分析

外的基準 : 影響度 I

説明変数 : 都市環境要因

● 分析結果

重相関係数 : 0.609



公共建物距離イメージ

項目	カテゴリ -	度数	カテゴリ平均	カテゴリースコア	レンジ	偏相関係数
公共建物 (m)	0 ~ 400	2130	180.949	50.118	111.759	0.199
	~ 800	2522	193.206	-5.217		
	~ 1200	2175	195.556	-7.039		
	1200 ~	1270	134.493	-61.641		
公園等 (m)	0 ~ 300	2623	214.359	39.937	91.015	0.247
	~ 600	2521	208.025	4.715		
	~ 900	1923	139.225	-33.297		
	900 ~	1030	111.071	-51.078		
駅 (m)	0 ~ 1000	1297	173.411	23.383	114.597	0.270
	~ 2000	3323	219.945	27.283		
	~ 3000	2408	177.086	-11.484		
	3000 ~	1069	81.023	-87.313		
鉄道 (m)	0 ~ 1000	1968	148.520	-79.784	120.995	0.277
	~ 2000	1343	228.313	13.562		
	~ 3000	3637	185.728	25.144		
	3000 ~	1149	169.212	41.211		
インター チェンジ (m)	0 ~ 2000	1057	155.294	20.110	62.650	0.209
	~ 3000	2587	164.543	-6.677		
	~ 4000	2512	181.543	-28.203		
	4000 ~	1941	217.916	34.447		
東九州 自動車道 (m)	0 ~ 1500	1147	152.364	-41.802	58.319	0.115
	~ 3000	3393	160.673	-3.111		
	~ 4500	2738	212.988	16.517		
	4500 ~	819	202.370	16.216		
道路 (m)	0 ~ 50	22387	189.578	-8.646	49.922	0.129
	~ 100	2519	180.744	-4.097		
	~ 200	2201	155.050	-4.500		
	200 ~	990	221.965	41.275		
内水面 (m)	0 ~ 100	1079	159.396	13.864	28.181	0.047
	~ 200	3408	192.310	3.325		
	~ 300	2244	192.637	-3.000		
	300 ~	1366	153.125	-14.317		
標高 (m)	0 ~ 50	2968	181.839	7.706	26.969	0.059
	~ 100	2547	200.097	1.747		
	~ 200	1620	173.471	-5.428		
	200 ~	962	143.928	-19.262		
傾斜度 (°)	0 ~ 3	1327	138.395	-57.644	79.394	0.198
	~ 8	1129	196.528	11.832		
	~ 15	3272	208.768	21.749		
	15 ~	2369	160.494	-3.388		

# 影響度と都市環境要因との関連

1987年と2001年の数量化 類分析の結果  
レンジ、偏相関係数に着目すると  
駅、鉄道、公共建物からの距離について  
高い値を示し、影響度は市街地を形成する  
重要な都市基盤に大きく起因する。

地形条件に着目してみると、標高の項目  
における値の低下が目立つ。  
平坦な地形での開発がある程度飽和状態に  
なり、その周囲のやや勾配のある地域における  
開発進んでいるからと、推測できる。

項目	カテゴリ -	1987年		2001年	
		レンジ	偏相関係数	レンジ	偏相関係数
公共建物 (m)	0 ~ 400	81.669	0.151	111.759	0.199
	~ 800				
	~ 1200				
	1200 ~				
公園等 (m)	0 ~ 300	84.505	0.238	91.015	0.247
	~ 600				
	~ 900				
	900 ~				
駅 (m)	0 ~ 1000	97.703	0.234	114.597	0.270
	~ 2000				
	~ 3000				
	3000 ~				
鉄道 (m)	0 ~ 1000	92.649	0.236	120.995	0.277
	~ 2000				
	~ 3000				
	3000 ~				
インター チェンジ (m)	0 ~ 2000	69.300	0.223	62.650	0.209
	~ 3000				
	~ 4000				
	4000 ~				
東九州 自動車道 (m)	0 ~ 1500	64.738	0.117	58.319	0.115
	~ 3000				
	~ 4500				
	4500 ~				
道路 (m)	0 ~ 50	67.232	0.155	49.922	0.129
	~ 100				
	~ 200				
	200 ~				
内水面 (m)	0 ~ 100	38.533	0.061	28.181	0.047
	~ 200				
	~ 300				
	300 ~				
標高 (m)	0 ~ 50	41.069	0.086	26.969	0.059
	~ 100				
	~ 200				
	200 ~				
傾斜度 (°)	0 ~ 3	67.623	0.162	79.394	0.198
	~ 8				
	~ 15				
	15 ~				

# 総括

## ● 本研究のまとめ

本研究ではリモートセンシング技術を用いて都市環境評価を行った。

土地被覆構成とその変化状況の把握、さらに環境評価指標として空間相互作用モデルから市街地分布影響モデルを導出し、その再現性を検証した後、適用した。

その結果、大分市において市街地が周辺環境へ及ぼす影響力を測定し、その要因として市街地を形成する都市基盤の存在と地形条件、特に傾斜度に注目することで今後の開発による緑環境変化を予測できるものと考えられる。

## ● 今後の課題

今回、導出・適用した市街地分布影響モデルに関して、その測定範囲及び係数の決定に関する検証と、その他の指標との組み合わせ、また、今回2カ年のデータを使用した、今後は継続的なデータの検証が必要であると考えられる。