

(財)日本建設情報総合センター研究助成事業
多時期衛星データ解析による地域形成過程の体系化 報告書

平成 16 年 9 月

目 次

1. 序論	1
2. 研究対象地域とデータ	3
2. 1 研究対象地域	3
2. 2 使用したデータ	3
3. データの正規化処理	16
3. 1 幾何補正	16
3. 2 放射量補正	17
4. 地域形成過程の解析処理法	35
4. 1 分散指標	35
4. 2 単位分散指標	36
4. 3 時系列指標	36
4. 4 土地被覆分類	37
5. 地域形成過程評価	42
5. 1 土地被覆分類画像	42
5. 2 分散指標画像	47
5. 3 単位分散指標画像	51
5. 4 時系列指標画像	54
5. 5 土地被覆カテゴリー間の時系列指標の比較	63
5. 6 時系列行政別土地被覆面積占有率と時系列行政別単位分散指標の相関解析	65
5. 7 総合分析	67
6. 総括	69
参考文献	71
付録	73
謝辞	79

第 1 章

序 論

1. 序論

わが国は、戦後の復興期、高度成長期、安定成長から低成長、そして成長型社会から成熟型社会へとめざましい経済社会変化の様相を呈している。このような社会情勢の下、華々しい経済発展の裏面で、無秩序で低質な土地利用形成を生み出すなど、人間活動の基盤領域においては負の遺産を残す結果となった。これを受けて、建築基準法、土地区画整理法、新都市計画法、新住宅市街地開発法、都市再開発法、密集市街地における防災街区の整備促進に関する法律、新都市計画法などが順次制定され行政主導での住み良い街づくりが進められている。

地域や都市は、地理・地形といった基盤性事象だけではなく社会・経済・風俗・文化などと総合的に関連し有って形成される。また、地域形成の事象は、空間的連続性を持って展開され、隣接域を含めた空間的アプローチによって体系づけられる。ゆえに、ある地域で成功した地域・都市計画が必ずしも他地域にあてはまって成功するわけではなく、普遍性、定型性が確立できない点が地域計画の難しさとなっている。

地域計画に関連する研究での対象空間スケールにフォーカスをあてると、例えば枝村ら(1983)、佐藤(1990)、吉川ら(1990)の土地利用を軸とする都市計画に関連する研究は特定の市のみを対象としたものであり、広範な行政域を対象とした地域環境に関する研究は少ない。この背景として、広域を対象とした場合は取り扱う情報量が増大すること、標準化されたデータが整備されていないことなどがあげられる。その解決策として地理情報をコンピュータで扱う GIS が活発に利用されている。しかしながら、GIS で利用する各種のデジタルマッピングデータは、e-Japan 計画と連動し国策として急ピッチで製作されているが、現段階では地域環境に関連するデータの整備等において、十分とはいえない。例えば、土地利用に関するデータとして国土数値情報や細密数値情報が存在するが、低度な更新頻度や地域的な制限があって、決して **available** な状況とはいえない。

これらの問題を解決し地域形成について分析する手段のひとつとして、地球観測情報を絶えず蓄積している衛星データを活用した帰納法的手法が考えられる。衛星データは、空間性、周期性を持ち、いい意味で“無駄”に蓄積されている。実用的な衛星データの緒として挙げられる Landsat MSS が約 30 年前の 1972 年に打ち上げられて以降、テクノロジーの発展は高分解能衛星 Quickbird やハイパースペクトルセンサーといった新技術を生み出し、リモートセンシングの分野は、元来の“遠隔探査”から“直接探査”に迫る精度を実現しつつある。

リモートセンシングデータは、デジタルメッシュデータとしてフォーマットされており GIS への高い親和性を有し、各種主題図作成においてアンシラリーデータとして利用されている。リモートセンシング技術は、地表面状態を広域的、周期的に計測し、気象学、水文学、海洋学などで活用されていることはもちろんのこと、GIS とのインテグレーションは、土地利用や土地被覆変化の検出において効果的なツールとして認められ、広く利用さ

れている (Ehlers et al.(1990), Treitz et al.(1992), Harris and Ventura(1995), J.E.Vogelman(1998), Q.Weng(2001))。多分光, 多分解能, 多時期データを収集する衛星リモートセンシング技術は地域形成の理解や監視, 土地被覆データセットとして価値のある情報となる。一方, GIS 技術は, 地域特性の識別, 変化検出やデータベースの構築などに関して, さまざまなソースからデジタルデータの入力, 表示, 解析といったフレキシブルな環境を提供する。しかしながら, リモートセンシングと GIS を活用して時空間的な尺度で広範な地域形成過程について論じた研究結果は少ない。今のコンピュータ能力を考えれば, 急速に変化する地域形成について検討するために, リモートセンシングと GIS 技術を利用して, 莫大な情報量となる広域を対象としても, オペレーショナルな解析手法を開発することは可能と思われる。わが国では, e-Japan 計画に連動し地理情報についての電子化が急速に加速しており, 時勢的にもリモートセンシングを活用した地域分析手法を追及することは意義深いものと考えられる。

2000年6月に地方分権一括法が成立し, これまでの都市計画法での上部機関からの委任事務が原則的に自治体の仕事となった。これまでの都市計画制度の中でも, 都市マスタープラン作成に市民代表が加わることは可能であったし, 各段階の都市計画審議会に意見書を出すことはできたが, 本格的には市民参加型の都市計画作成とか都市施設の管理にまでは動いていかなかった (加藤(2003))。いろいろな場面でパブリックインボルブメントの導入が取り沙汰されているが, 空間性を持つ都市計画・地域計画において考えると, リモートセンシング・GIS 技術が持っているヴィジュアルな説明能力は一般市民に寄与する判断支援ツールとしての側面も期待できる。

本研究は, 多時期の衛星リモートセンシングデータを活用して, 今後の地域計画支援を最終目標とした時空間的な地域形成過程分析法を提案し, 広範な地域にてその評価結果を吟味し適用性について検討したものである。

第2章では対象とした地域と使用したデータについて, 第3章では利用データの正規化処理について, 第4章では多時期の衛星データを活用して地域形成過程を評価する指標を提唱しその解析処理法についての説明, 第5章では提唱する地域形成過程評価指標による解析結果について, 第6章では本研究の総括について論ずる。なお, 付録として, 提唱する地域形成評価指標を算出するために開発したC言語プログラムソースコードを記述する。

第 2 章

研究対象地域とデータ

2. 研究対象地域とデータ

2. 1 研究対象地域

研究対象地域は, Landsat データの Path-Row:107-35 に含まれる関東近圏を対象とした。なお, Landsat データは, 16 日周期で同地域を観測するが, 軌道にずれがありその都度観測される範囲に差異がある。そこで, 使用する Landsat データを吟味し全てのデータにおいて包含される地域を算定し決定した。結果として, 研究対象地域内には 409 行政 (所属未定地も含む) が包含されている。写真 2.1 に研究対象地域の Landsat データ, 図 2.1 に研究対象地域内の行政区分図, 表 2.1 に研究対象地域内の行政の一覧を示す。

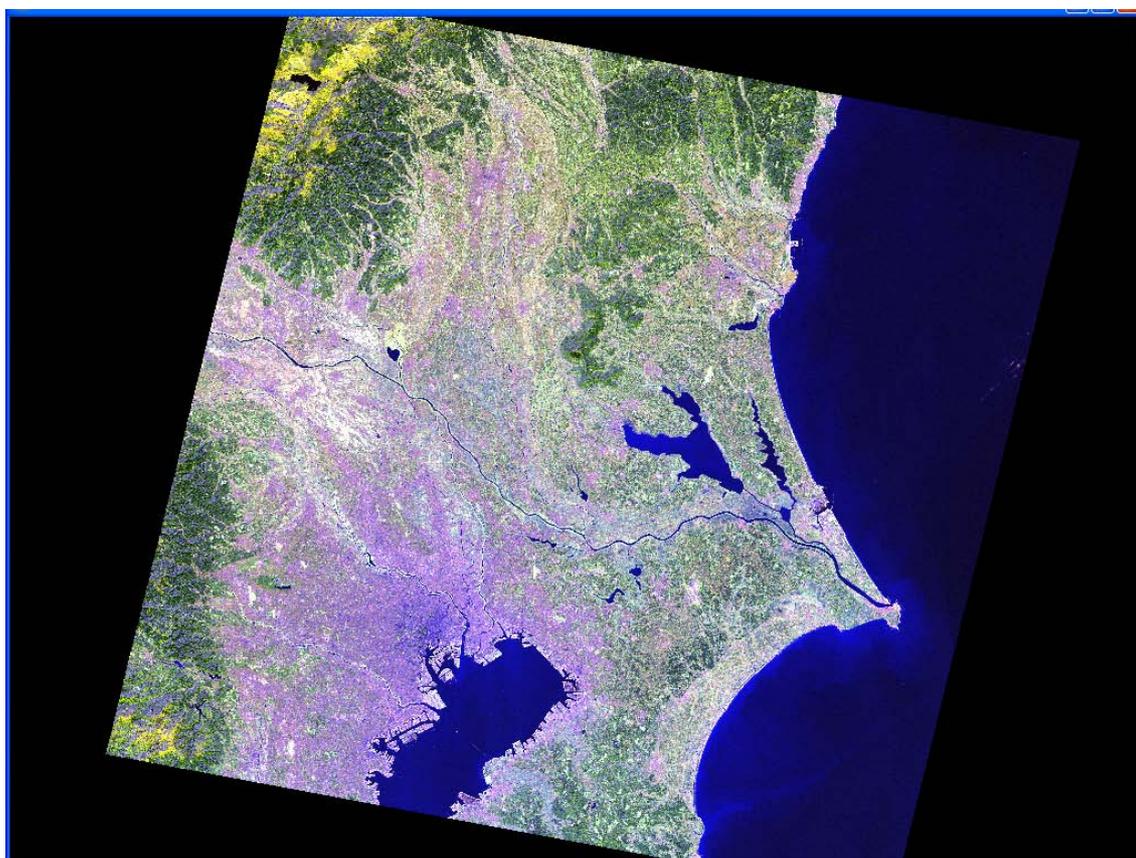


写真 2.1 研究対象地域の Landsat 画像

2. 2 使用したデータ

使用したデータは以下のとおりである。

- ①Landsat TM ・1985 年 1 月 7 日 ・1990 年 4 月 11 日 ・1997 年 4 月 14 日
- ②Landsat ETM+ ・2000 年 11 月 24 日
- ③数値地図 50mメッシュ (標高)
- ④数値地図 25000 (行政界・海岸線)

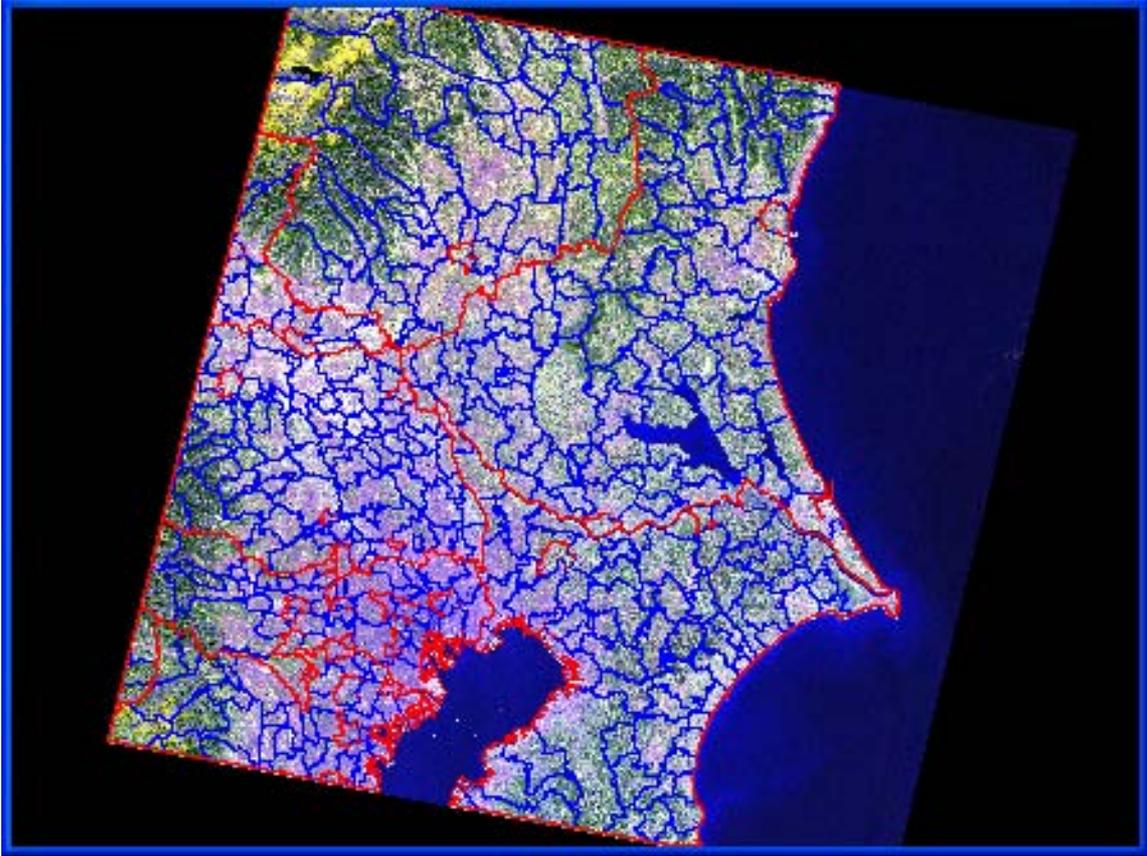


图 2.1 研究对象地域行政区分图

表 2.1 研究対象地域内行政一覧（茨城県）

JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名	JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名
8201	茨城県	水戸市		8343	茨城県	那珂郡	瓜連町
8202	茨城県	日立市		8344	茨城県	那珂郡	大宮町
8203	茨城県	土浦市		8345	茨城県	那珂郡	山方町
8204	茨城県	古河市		8346	茨城県	那珂郡	美和村
8205	茨城県	石岡市		8347	茨城県	那珂郡	緒川村
8206	茨城県	下館市		8361	茨城県	久慈郡	金砂郷町
8207	茨城県	結城市		8362	茨城県	久慈郡	水府村
8208	茨城県	龍ヶ崎市		8363	茨城県	久慈郡	里美村
8210	茨城県	下妻市		8364	茨城県	久慈郡	大子町
8211	茨城県	水海道市		8381	茨城県	多賀郡	十王町
8212	茨城県	常陸太田市		8401	茨城県	鹿島郡	旭村
8214	茨城県	高萩市		8402	茨城県	鹿島郡	銚田町
8216	茨城県	笠間市		8403	茨城県	鹿島郡	大洋村
8217	茨城県	取手市		8406	茨城県	鹿島郡	神栖町
8218	茨城県	岩井市		8407	茨城県	鹿島郡	波崎町
8219	茨城県	牛久市		8421	茨城県	行方郡	麻生町
8220	茨城県	つくば市		8422	茨城県	行方郡	牛堀町
8221	茨城県	ひたちなか市		8423	茨城県	行方郡	潮来町
8222	茨城県	鹿嶋市		8424	茨城県	行方郡	北浦村
8302	茨城県	東茨城郡	茨城町	8425	茨城県	行方郡	玉造町
8303	茨城県	東茨城郡	小川町	8441	茨城県	稲敷郡	江戸崎町
8304	茨城県	東茨城郡	美野里町	8442	茨城県	稲敷郡	美浦村
8305	茨城県	東茨城郡	内原町	8443	茨城県	稲敷郡	阿見町
8306	茨城県	東茨城郡	常北町	8445	茨城県	稲敷郡	荃崎町
8307	茨城県	東茨城郡	桂村	8446	茨城県	稲敷郡	新利根村
8308	茨城県	東茨城郡	御前山村	8447	茨城県	稲敷郡	河内町
8309	茨城県	東茨城郡	大洗町	8448	茨城県	稲敷郡	桜川村
8321	茨城県	西茨城郡	友部町	8449	茨城県	稲敷郡	東村
8322	茨城県	西茨城郡	岩間町	8461	茨城県	新治郡	霞ヶ浦町
8323	茨城県	西茨城郡	七会村	8462	茨城県	新治郡	玉里村
8324	茨城県	西茨城郡	岩瀬町	8463	茨城県	新治郡	八郷町
8341	茨城県	那珂郡	東海村	8464	茨城県	新治郡	千代田町
8342	茨城県	那珂郡	那珂町	8465	茨城県	新治郡	新治村

表 2.1 研究対象地域内行政一覧（栃木県）

JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名	JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名
9201	栃木県	宇都宮市		9384	栃木県	塩谷郡	塩谷町
9202	栃木県	足利市		9385	栃木県	塩谷郡	氏家町
9203	栃木県	栃木市		9386	栃木県	塩谷郡	高根沢町
9204	栃木県	佐野市		9387	栃木県	塩谷郡	喜連川町
9205	栃木県	鹿沼市		9401	栃木県	那須郡	南那須町
9206	栃木県	日光市		9402	栃木県	那須郡	烏山町
9207	栃木県	今市市		9403	栃木県	那須郡	馬頭町
9208	栃木県	小山市		9404	栃木県	那須郡	小川町
9209	栃木県	真岡市		9405	栃木県	那須郡	湯津上村
9210	栃木県	大田原市		9406	栃木県	那須郡	黒羽町
9211	栃木県	矢板市		9421	栃木県	安蘇郡	田沼町
9301	栃木県	河内郡	上三川町	9422	栃木県	安蘇郡	葛生町
9302	栃木県	河内郡	南河内町				
9303	栃木県	河内郡	上河内村				
9304	栃木県	河内郡	河内町				
9321	栃木県	上都賀郡	西方町				
9322	栃木県	上都賀郡	栗野町				
9323	栃木県	上都賀郡	足尾町				
9341	栃木県	芳賀郡	二宮町				
9342	栃木県	芳賀郡	益子町				
9343	栃木県	芳賀郡	茂木町				
9344	栃木県	芳賀郡	市貝町				
9345	栃木県	芳賀郡	芳賀町				
9361	栃木県	下都賀郡	壬生町				
9362	栃木県	下都賀郡	石橋町				
9363	栃木県	下都賀郡	国分寺町				
9364	栃木県	下都賀郡	野木町				
9365	栃木県	下都賀郡	大平町				
9366	栃木県	下都賀郡	藤岡町				
9367	栃木県	下都賀郡	岩舟町				
9368	栃木県	下都賀郡	都賀町				
9382	栃木県	塩谷郡	栗山村				
9383	栃木県	塩谷郡	藤原町				

表 2.1 研究対象地域内行政一覧（群馬県）

JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名
10203	群馬県	桐生市	
10205	群馬県	太田市	
10207	群馬県	館林市	
10309	群馬県	勢多郡	東村
10443	群馬県	利根郡	片品村
10461	群馬県	佐波郡	赤堀町
10462	群馬県	佐波郡	東村
10463	群馬県	佐波郡	境町
10481	群馬県	新田郡	尾島町
10482	群馬県	新田郡	新田町
10483	群馬県	新田郡	藪塚本町
10484	群馬県	新田郡	笠懸町
10501	群馬県	山田郡	大間々町
10521	群馬県	邑楽郡	板倉町
10522	群馬県	邑楽郡	明和町
10523	群馬県	邑楽郡	千代田町
10524	群馬県	邑楽郡	大泉町
10525	群馬県	邑楽郡	邑楽町

表 2.1 研究対象地域内行政一覧（埼玉県）

JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名	JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名
11201	埼玉県	川越市		11234	埼玉県	八潮市	
11202	埼玉県	熊谷市		11235	埼玉県	富士見市	
11203	埼玉県	川口市		11236	埼玉県	上福岡市	
11204	埼玉県	浦和市		11237	埼玉県	三郷市	
11205	埼玉県	大宮市					
11206	埼玉県	行田市					
11207	埼玉県	秩父市					
11208	埼玉県	所沢市					
11209	埼玉県	飯能市					
11210	埼玉県	加須市					
11211	埼玉県	本庄市					
11212	埼玉県	東松山市					
11213	埼玉県	岩槻市					
11214	埼玉県	春日部市					
11215	埼玉県	狭山市					
11216	埼玉県	羽生市					
11217	埼玉県	鴻巣市					
11218	埼玉県	深谷市					
11219	埼玉県	上尾市					
11220	埼玉県	与野市					
11221	埼玉県	草加市					
11222	埼玉県	越谷市					
11223	埼玉県	蕨市					
11224	埼玉県	戸田市					
11225	埼玉県	入間市					
11226	埼玉県	鳩ヶ谷市					
11227	埼玉県	朝霞市					
11228	埼玉県	志木市					
11229	埼玉県	和光市					
11230	埼玉県	新座市					
11231	埼玉県	桶川市					
11232	埼玉県	久喜市					
11233	埼玉県	北本市					

表 2.1 研究対象地域内行政一覧（埼玉県）

JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名	JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名
11238	埼玉県	蓮田市		11424	埼玉県	北埼玉郡	北川辺町
11239	埼玉県	坂戸市		11425	埼玉県	北埼玉郡	大利根町
11240	埼玉県	幸手市		11442	埼玉県	南埼玉郡	宮代町
11241	埼玉県	鶴ヶ島市		11445	埼玉県	南埼玉郡	白岡町
11242	埼玉県	日高市		11446	埼玉県	南埼玉郡	菖蒲町
11243	埼玉県	吉川市		11461	埼玉県	北葛飾郡	栗橋町
11301	埼玉県	北足立郡	伊奈町	11462	埼玉県	北葛飾郡	鷺宮町
11304	埼玉県	北足立郡	吹上町	11464	埼玉県	北葛飾郡	杉戸町
11322	埼玉県	入間郡	大井町	11465	埼玉県	北葛飾郡	松伏町
11324	埼玉県	入間郡	三芳町	11468	埼玉県	北葛飾郡	庄和町
11326	埼玉県	入間郡	毛呂山町				
11327	埼玉県	入間郡	越生町				
11330	埼玉県	入間郡	名栗村				
11341	埼玉県	比企郡	滑川町				
11342	埼玉県	比企郡	嵐山町				
11343	埼玉県	比企郡	小川町				
11344	埼玉県	比企郡	都幾川村				
11345	埼玉県	比企郡	玉川村				
11346	埼玉県	比企郡	川島町				
11347	埼玉県	比企郡	吉見町				
11348	埼玉県	比企郡	鳩山町				
11361	埼玉県	秩父郡	横瀬町				
11369	埼玉県	秩父郡	東秩父村				
11401	埼玉県	大里郡	大里村				
11402	埼玉県	大里郡	江南町				
11403	埼玉県	大里郡	妻沼町				
11405	埼玉県	大里郡	岡部町				
11406	埼玉県	大里郡	川本町				
11407	埼玉県	大里郡	花園町				
11408	埼玉県	大里郡	寄居町				
11421	埼玉県	北埼玉郡	騎西町				
11422	埼玉県	北埼玉郡	南河原村				
11423	埼玉県	北埼玉郡	川里村				

表 2.1 研究対象地域内行政一覧（千葉県）

JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名	JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名
12101	千葉県	千葉市	中央区	12303	千葉県	東葛飾郡	関宿町
12102	千葉県	千葉市	花見川区	12305	千葉県	東葛飾郡	沼南町
12103	千葉県	千葉市	稲毛区	12322	千葉県	印旛郡	酒々井町
12104	千葉県	千葉市	若葉区	12324	千葉県	印旛郡	富里町
12105	千葉県	千葉市	緑区	12325	千葉県	印旛郡	印旛村
12106	千葉県	千葉市	美浜区	12326	千葉県	印旛郡	白井町
12202	千葉県	銚子市		12328	千葉県	印旛郡	本埜村
12203	千葉県	市川市		12329	千葉県	印旛郡	栄町
12204	千葉県	船橋市		12341	千葉県	香取郡	下総町
12206	千葉県	木更津市		12342	千葉県	香取郡	神崎町
12207	千葉県	松戸市		12343	千葉県	香取郡	大栄町
12208	千葉県	野田市		12344	千葉県	香取郡	小見川町
12209	千葉県	佐原市		12345	千葉県	香取郡	山田町
12210	千葉県	茂原市		12346	千葉県	香取郡	栗源町
12211	千葉県	成田市		12347	千葉県	香取郡	多古町
12212	千葉県	佐倉市		12348	千葉県	香取郡	干潟町
12213	千葉県	東金市		12349	千葉県	香取郡	東庄町
12214	千葉県	八日市場市		12361	千葉県	海上郡	海上町
12215	千葉県	旭市		12362	千葉県	海上郡	飯岡町
12216	千葉県	習志野市		12381	千葉県	匝瑳郡	光町
12217	千葉県	柏市		12382	千葉県	匝瑳郡	野栄町
12219	千葉県	市原市		12402	千葉県	山武郡	大網白里町
12220	千葉県	流山市		12403	千葉県	山武郡	九十九里町
12221	千葉県	八千代市		12404	千葉県	山武郡	成東町
12222	千葉県	我孫子市		12405	千葉県	山武郡	山武町
12224	千葉県	鎌ヶ谷市		12406	千葉県	山武郡	蓮沼村
12225	千葉県	君津市		12407	千葉県	山武郡	松尾町
12226	千葉県	富津市		12408	千葉県	山武郡	横芝町
12227	千葉県	浦安市		12409	千葉県	山武郡	芝山町
12228	千葉県	四街道市		12421	千葉県	長生郡	一宮町
12229	千葉県	袖ヶ浦市		12422	千葉県	長生郡	睦沢町
12230	千葉県	八街市		12423	千葉県	長生郡	長生村
12231	千葉県	印西市		12424	千葉県	長生郡	白子町

表 2.1 研究对象地域内行政一覧 (千葉県)

JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名
12426	千葉県	長生郡	長柄町
12427	千葉県	長生郡	長南町
12441	千葉県	夷隅郡	大多喜町
12442	千葉県	夷隅郡	夷隅町
12444	千葉県	夷隅郡	大原町
12445	千葉県	夷隅郡	岬町
12801	千葉県		所属未定地

表 2.1 研究対象地域内行政一覧（東京都）

JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名	JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名
13101	東京都		千代田区	13211	東京都	小平市	
13102	東京都		中央区	13212	東京都	日野市	
13103	東京都		港区	13213	東京都	東村山市	
13104	東京都		新宿区	13214	東京都	国分寺市	
13105	東京都		文京区	13215	東京都	国立市	
13106	東京都		台東区	13216	東京都	田無市	
13107	東京都		墨田区	13217	東京都	保谷市	
13108	東京都		江東区	13218	東京都	福生市	
13109	東京都		品川区	13219	東京都	狛江市	
13110	東京都		目黒区	13220	東京都	東大和市	
13111	東京都		大田区	13221	東京都	清瀬市	
13112	東京都		世田谷区	13222	東京都	東久留米市	
13113	東京都		渋谷区	13223	東京都	武蔵村山市	
13114	東京都		中野区	13224	東京都	多摩市	
13115	東京都		杉並区	13225	東京都	稲城市	
13116	東京都		豊島区	13227	東京都	羽村市	
13117	東京都		北区	13228	東京都	あきる野市	
13118	東京都		荒川区	13303	東京都	西多摩郡	瑞穂町
13119	東京都		板橋区	13305	東京都	西多摩郡	日の出町
13120	東京都		練馬区	13307	東京都	西多摩郡	桧原村
13121	東京都		足立区	13308	東京都	西多摩郡	奥多摩町
13122	東京都		葛飾区	13805	東京都		所属未定地
13123	東京都		江戸川区	13806	東京都		所属未定地
13201	東京都	八王子市		13807	東京都		所属未定地
13202	東京都	立川市		13808	東京都		所属未定地
13203	東京都	武蔵野市		13809	東京都		所属未定地
13204	東京都	三鷹市					
13205	東京都	青梅市					
13206	東京都	府中市					
13207	東京都	昭島市					
13208	東京都	調布市					
13209	東京都	町田市					
13210	東京都	小金井市					

表 2.1 研究対象地域内行政一覧（神奈川県）

JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名	JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名
14101	神奈川県	横浜市	鶴見区	14214	神奈川県	伊勢原市	
14102	神奈川県	横浜市	神奈川区	14215	神奈川県	海老名市	
14103	神奈川県	横浜市	西区	14216	神奈川県	座間市	
14104	神奈川県	横浜市	中区	14218	神奈川県	綾瀬市	
14105	神奈川県	横浜市	南区	14321	神奈川県	高座郡	寒川町
14106	神奈川県	横浜市	保土ヶ谷区	14363	神奈川県	足柄上郡	松田町
14107	神奈川県	横浜市	磯子区	14364	神奈川県	足柄上郡	山北町
14108	神奈川県	横浜市	金沢区	14401	神奈川県	愛甲郡	愛川町
14109	神奈川県	横浜市	港北区	14402	神奈川県	愛甲郡	清川村
14110	神奈川県	横浜市	戸塚区	14421	神奈川県	津久井郡	城山町
14111	神奈川県	横浜市	港南区	14422	神奈川県	津久井郡	津久井町
14112	神奈川県	横浜市	旭区	14423	神奈川県	津久井郡	相模湖町
14113	神奈川県	横浜市	緑区	14424	神奈川県	津久井郡	藤野町
14114	神奈川県	横浜市	瀬谷区				
14115	神奈川県	横浜市	栄区				
14116	神奈川県	横浜市	泉区				
14117	神奈川県	横浜市	青葉区				
14118	神奈川県	横浜市	都筑区				
14131	神奈川県	川崎市	川崎区				
14132	神奈川県	川崎市	幸区				
14133	神奈川県	川崎市	中原区				
14134	神奈川県	川崎市	高津区				
14135	神奈川県	川崎市	多摩区				
14136	神奈川県	川崎市	宮前区				
14137	神奈川県	川崎市	麻生区				
14203	神奈川県	平塚市					
14204	神奈川県	鎌倉市					
14205	神奈川県	藤沢市					
14207	神奈川県	茅ヶ崎市					
14209	神奈川県	相模原市					
14211	神奈川県	秦野市					
14212	神奈川県	厚木市					
14213	神奈川県	大和市					

表 2.1 研究对象地域内行政一覧（山梨県）

JISCODE	都道府県名	郡市名	町村名
19206	山梨県	大月市	
19421	山梨県	南都留郡	秋山村
19422	山梨県	南都留郡	道志村
19441	山梨県	北都留郡	上野原町

第 3 章

データの正規化処理

3. データの正規化処理

多時期 LANDSAT データからパラレルな時空間的な評価を行うためのデータの正規化処理を行った。一般に配布される LANDSAT TM と ETM+データは幾何学的、放射量的な歪みを有する。これらの歪みを補正する幾何補正・放射量補正を行った。以下に、その詳細を示す。

3. 1 幾何補正

(1) 参照用データの作成

衛星データの幾何補正では、地形図等の参照用データから GCP (Ground Control Point : 地上基準点) を取得してそれと衛星データの対応関係を利用した処理を施すことが一般的であるが、本研究では DEM(Digital Elevation Model)データから作成した太陽入射照度画像と衛星画像の相関性から補正する正射投影補正処理(飯倉ら, 2003)を施した。

以下に幾何補正で使用する太陽入射照度画像の作成法について述べる。

a) DEM データの作成

DEM データは、国土地理院発行の数値地図 50mメッシュ(標高)データから作成した。図 3.1 は、作成する DEM データの範囲を示すもので、LANDSAT データのアンシラリデータから 4 シーンを包含する範囲(UTM 座標単位)として決定した。使用する数値地図 50mメッシュ(標高)は緯度・経度座標で正規化されている。そこで、UTM 座標系へ投影変換しメッシュサイズを Landsat データとの整合をとるため 30m 四方に正規化処理を行った。写真 3.1 は、作成した DEM データ、写真 3.2 は、写真 3.1 を UTM 座標系へ投影変換したものである。

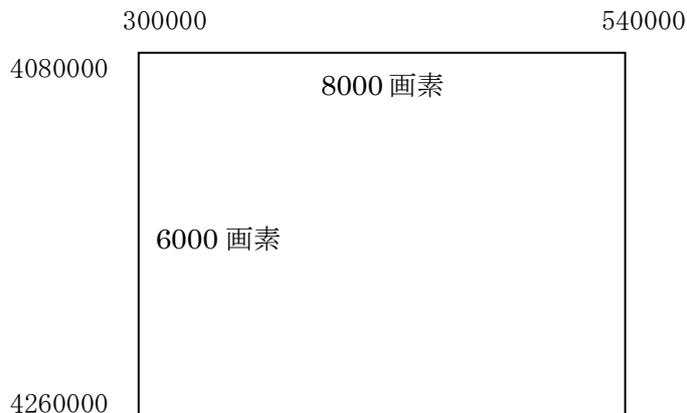


図 3.1 対象範囲

b) 太陽入射照度データの作成

太陽入射照度 $\cos \beta$ は、太陽位置（天頂角 θ と方位角 A ）と地表面の斜度 e と傾斜方位 ϕ の関数として以下のように与えられる。

$$\cos \beta = \cos \theta \cos e + \sin \theta \sin e \cos(\phi - A) \quad (3.1)$$

写真 3.3 に DEM データから作成した方位角画像、写真 3.4 に傾斜角画像、写真 3.5(1)～(4)に作成した 4 時期の太陽入射照度画像を示す。

(2) 正射投影補正

上記で述べた太陽入射角画像を用いて正射投影補正を行った。従来、衛星画像の幾何補正は複数の GCP（地上基準点）から統計的に推定される幾何変換式が用いられてきた。しかし、人手を介した GCP の取得は非効率であり、かつ熟練者が行わない場合には高い精度は期待できない。

ランドサット TM の標準処理データに付属するリーダファイルの地図投影アンシナラリーコードには、シーンセンターの UTM 座標 (x_0, y_0) 、UTM 座標系に対する回転角（オリエンテーション角 θ_0 ）、および空間解像度が含まれている（宇宙開発事業団，1996）。これらの情報を用いれば、以下の式を用いて任意の地図上の UTM 座標 x, y を衛星画像上の位置（ラインおよびピクセルに）変換（いわゆる逆変換）することができる（飯倉ら，1999）。

$$p-p_0 = ((\cos \theta_0 * (x-x_0) - \sin \theta_0 * (y-y_0)) / \Delta) \quad (3.2a)$$

$$l-l_0 = (-\sin \theta_0 * (x-x_0) - \cos \theta_0 * (y-y_0)) / \Delta \quad (3.2b)$$

3. 2 放射量補正

Landsat データの生データは、大気効果を含む太陽光の反射強度を、DN 値と呼ばれる 0～255 の整数値で格納している。多時期の Landsat データでパラレルな評価を行うためには、観測日ごとに異なる太陽位置や大気などの影響を除去する必要がある。本研究では、図 3.2 に示すステップに基づいて放射量補正処理を行った。



図 3.2 衛星生データから地上反射率への変換手順

(1) DN 値から輝度値へ変換

DN 値から輝度値への変換は次式((財)リモートセンシング技術センター, 1995)によって行った。

$$R=(V/D_{max})*(R_{max}-R_{min})+R_{min} \quad (3.3)$$

ここで、R:絶対放射輝度($mW/m^2 \cdot sr$)、V:DN (デジタル値)、 D_{max} :255、 R_{max} :検出器の最大放射輝度($mW/cm^2 \cdot sr$)、 R_{min} :検出器の最小放射輝度($mW/cm^2 \cdot sr$)。

表 3.1 Landsat データの最小放射輝度・最大放射輝度

Band	Rmin	Rmax	バンド幅 (μm)
1	-0.0099	1.004	0.066
2	-0.0227	2.404	0.081
3	-0.0083	1.41	0.069
4	-0.0194	2.66	0.129
5	-0.00799	0.5873	0.216
7	-0.00375	0.3595	0.250
6	0.1534	1.896	1.239

(2) 輝度値から反射率への変換

輝度値から反射率への変換は次式 (Markham and Barker(1987),Price(1988)) によって行った。

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \sin \theta} \quad (3.4)$$

ここで、L=衛星センサにおける放射輝度($mWcm^{-2}ster^{-1}\mu m^{-1}$), ρ =衛星センサにおける反射率,
d=地球と太陽の距離, ESUN=太陽外気圏放射照度, θ =太陽天頂角(rad)。

(3) 相対補正処理

Empirical Statistics Method (Meyer,P(1993)) による地形効果補正を行った後に、フラットな建物用地や水域などの季節変動等の影響が少ない箇所を選定し、その点の反射率値の線形近似解析による相対補正処理を行った。図 3.3(a-1)から図 3.3(c-6)に示す線形近似解析結果を基に次式によって 3 シーンの反射率を相対補正した。

$$\text{Reference}=\text{Image} \times \text{gain}+\text{offset} \quad (3.5)$$

ここで、Reference=ベースとする 1998 年 1 月 7 日の Landsat データの反射率, Image=補正処理を施す Landsat データの反射率, gain : 線形回帰式の傾き, offset : 線形回帰式の y 切片

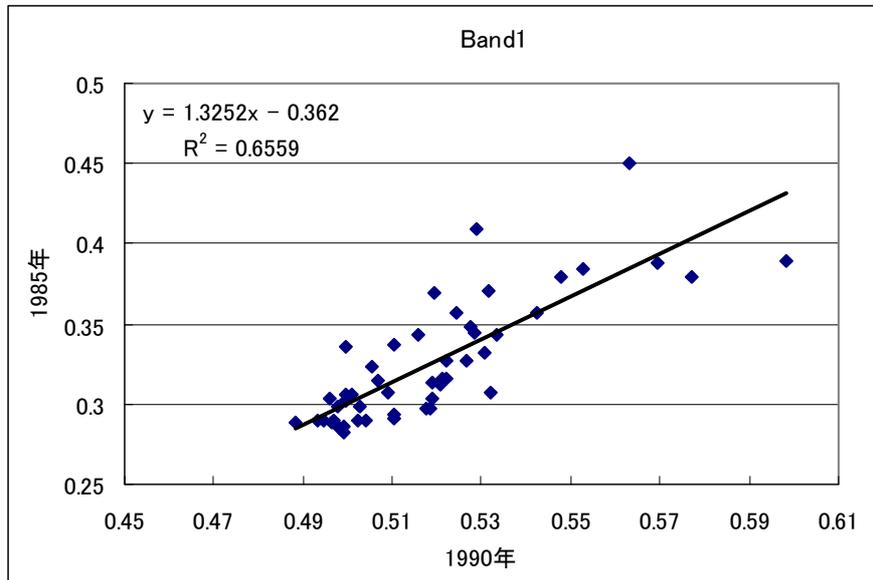


図 3.3(a-1) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

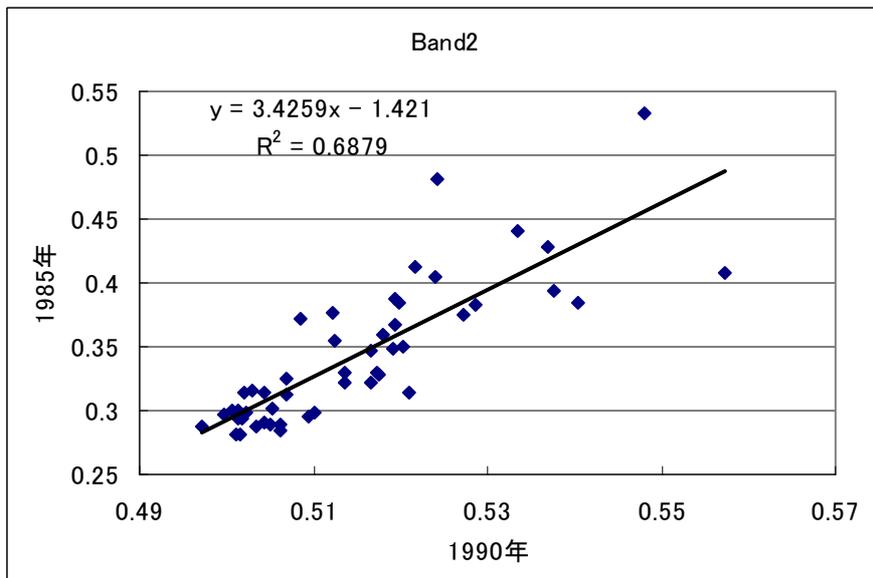


図 3.3(a-2) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

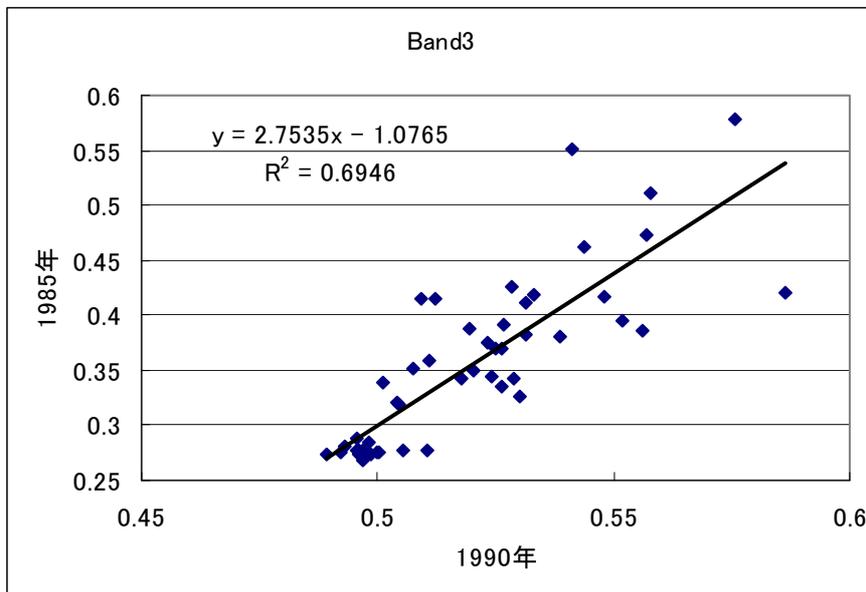


図 3.3(a-3) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

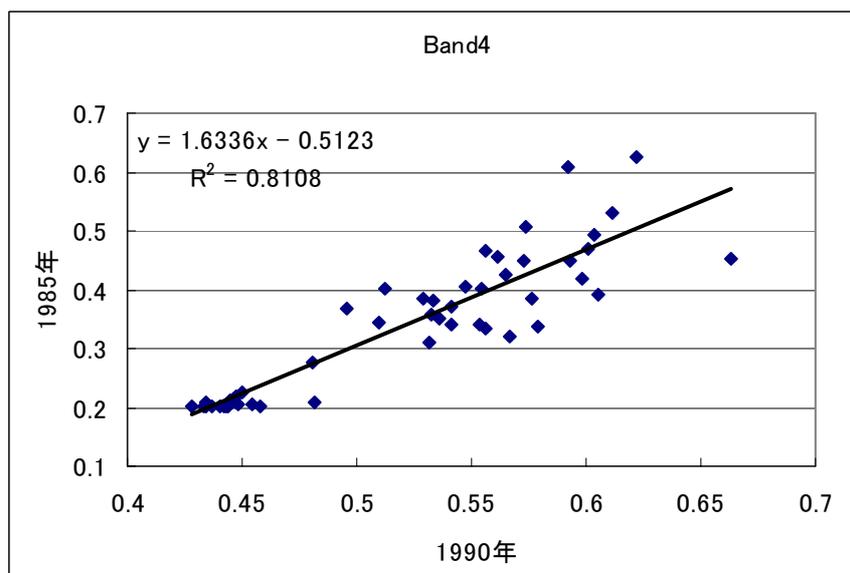


図 3.3(a-4) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

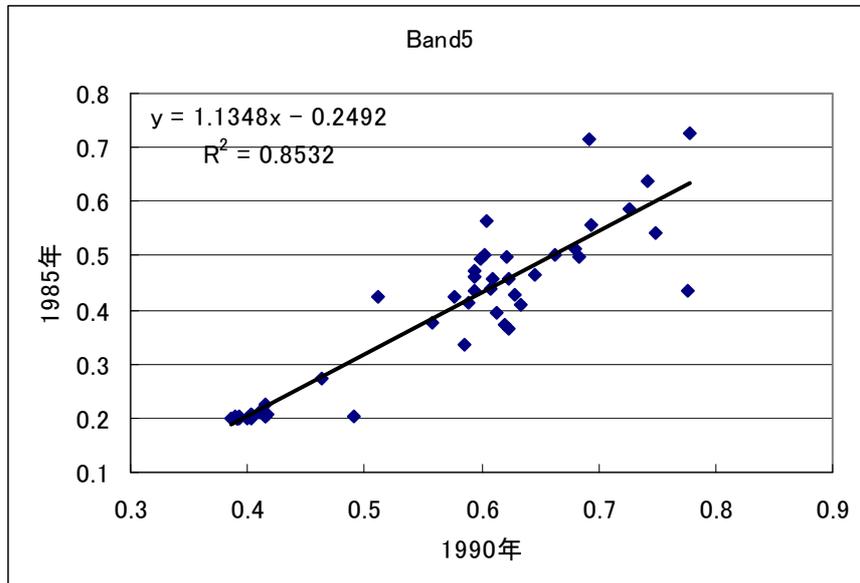


図 3.3(a-5) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

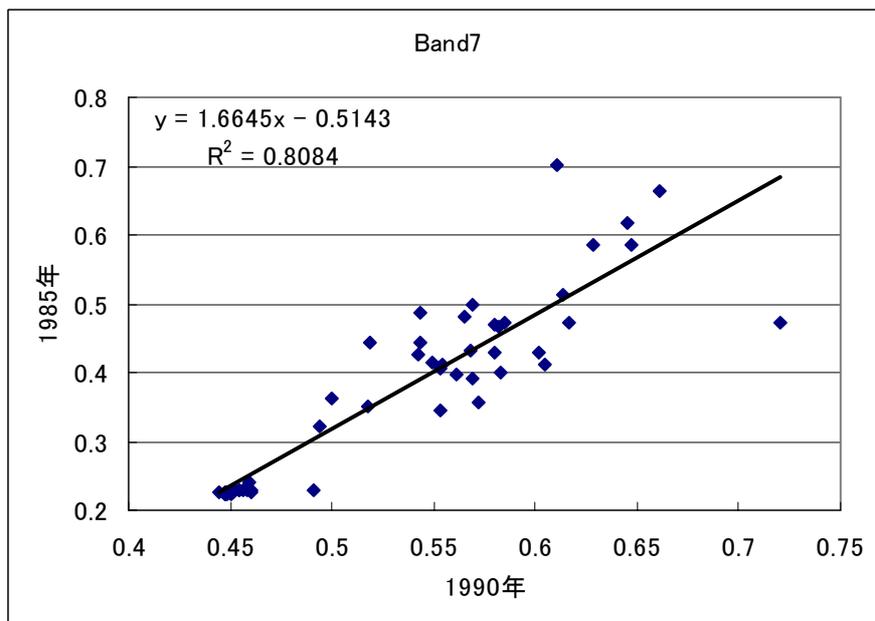


図 3.3(a-6) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

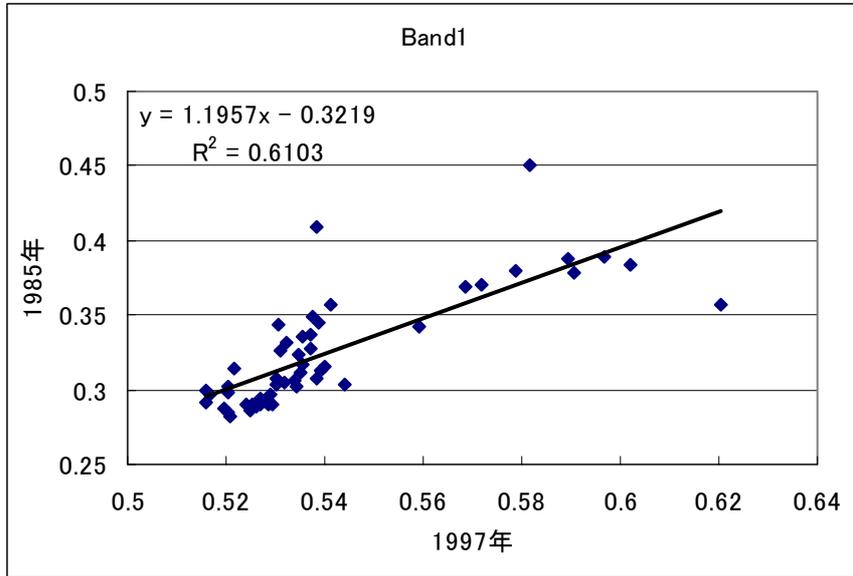


図 3.3(b-1) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

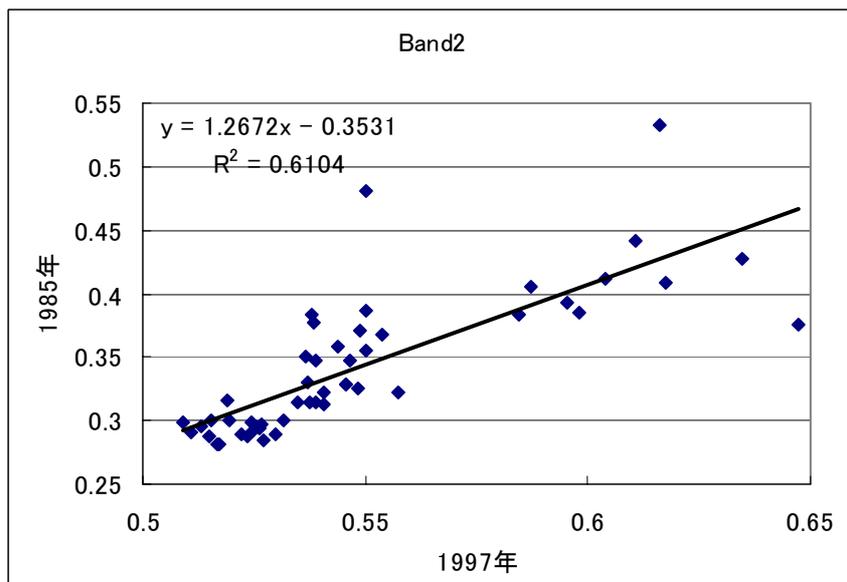


図 3.3(b-2) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

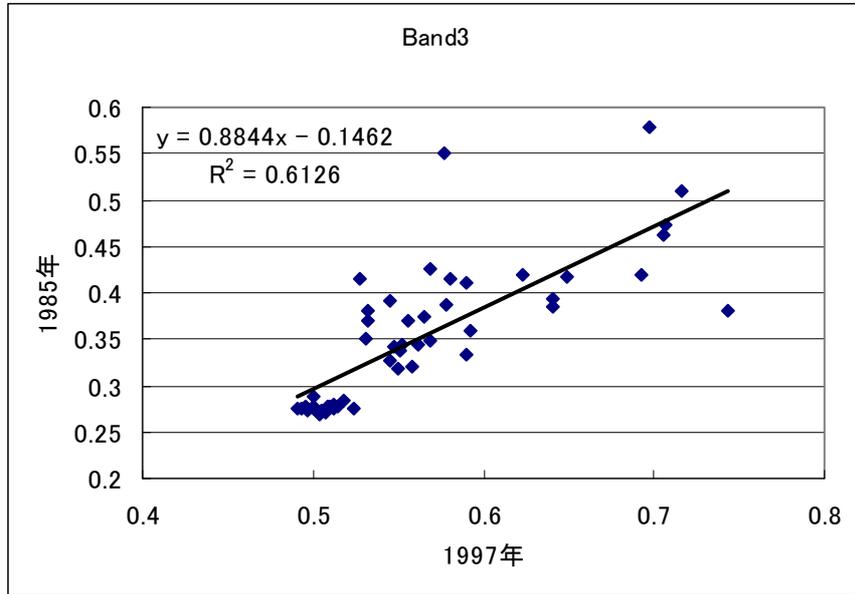


図 3.3(b-3) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

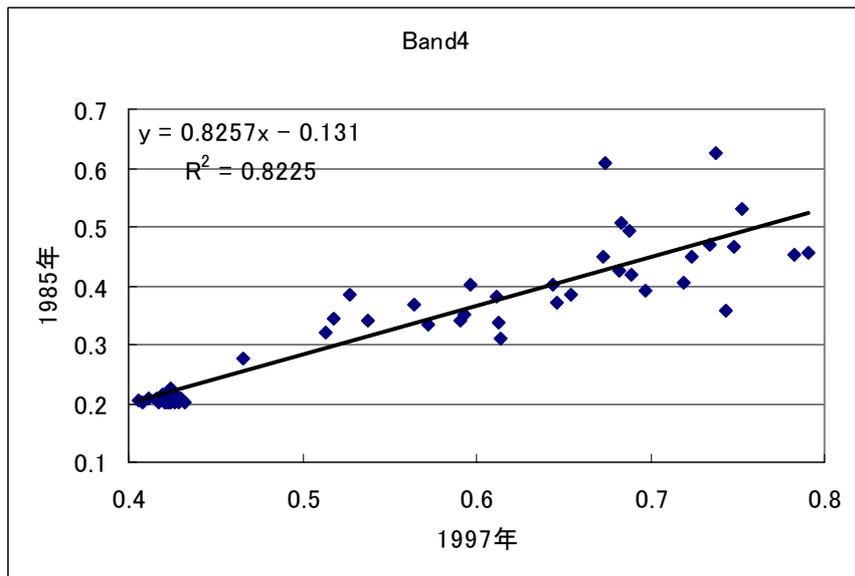


図 3.3(b-4) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

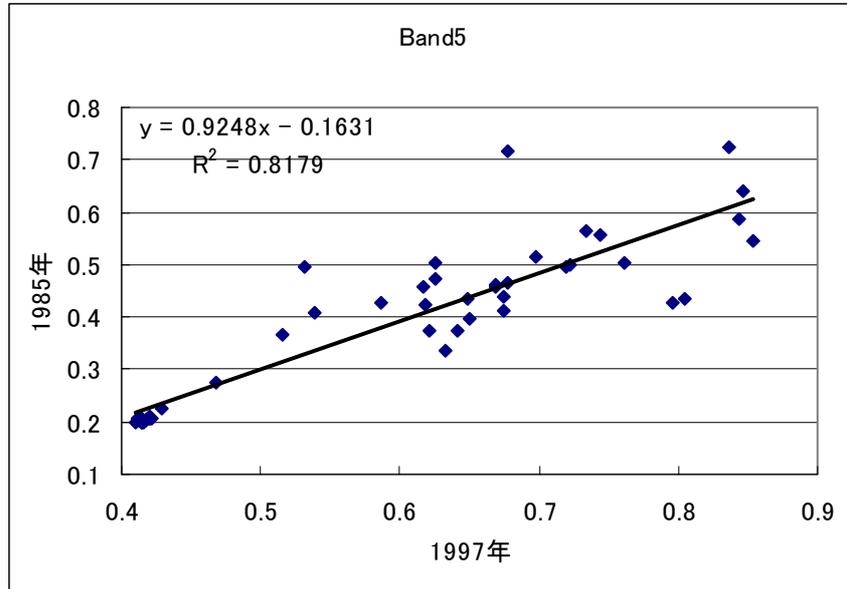


図 3.3(b-5) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

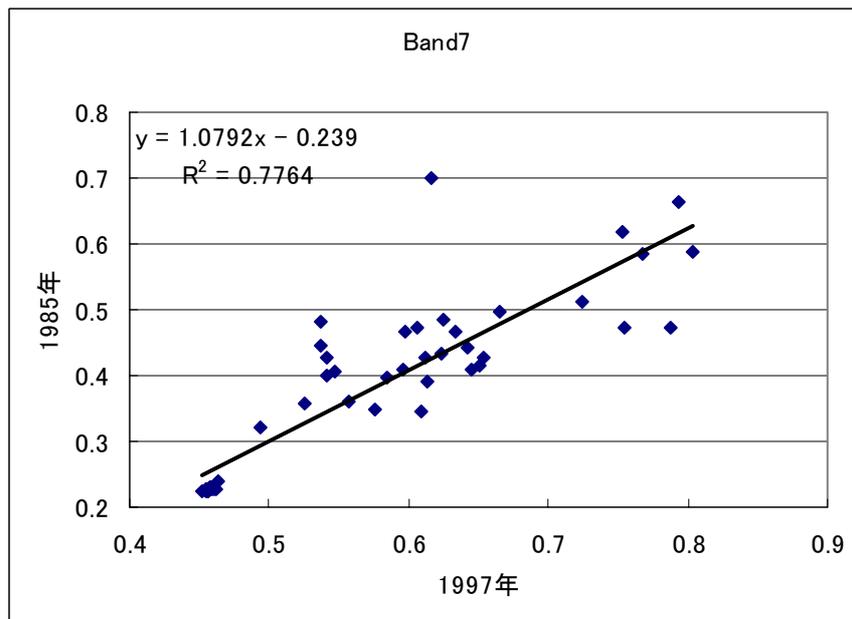


図 3.3(b-6) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

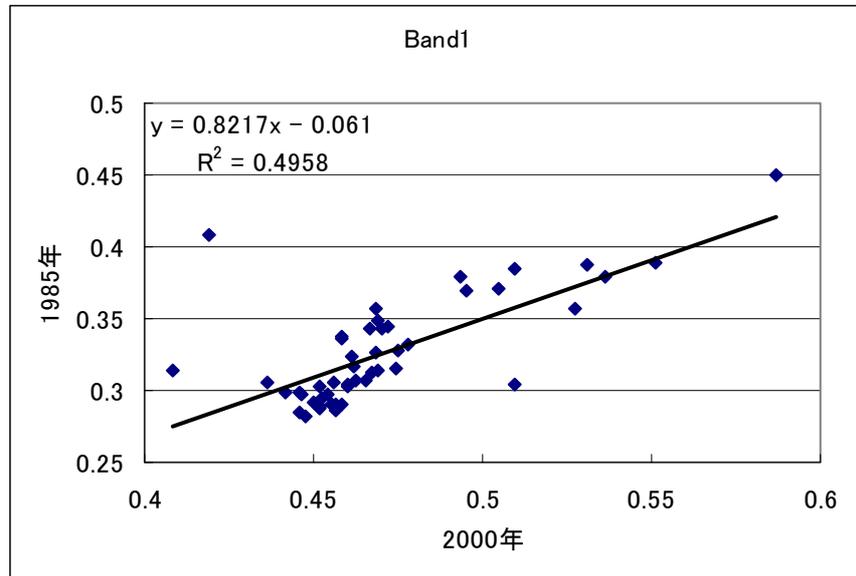


図 3.3(c-1) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

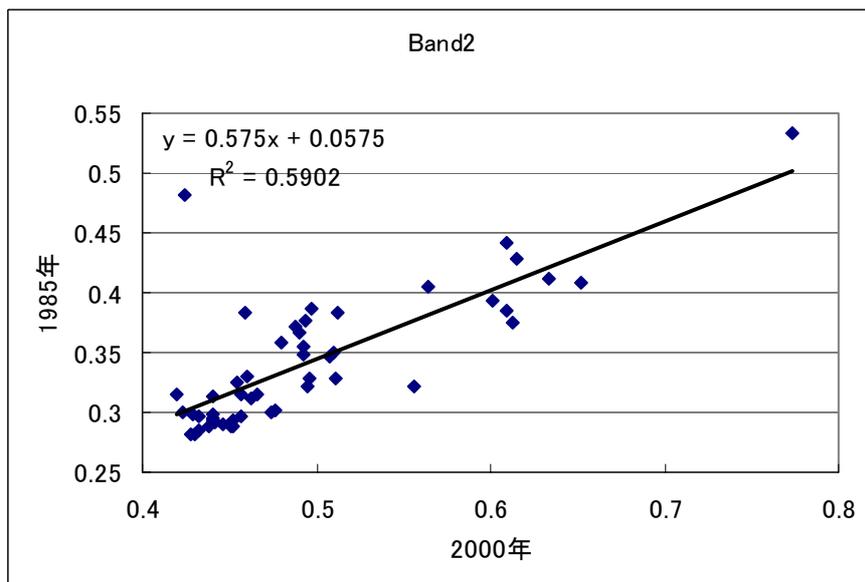


図 3.3(c-2) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

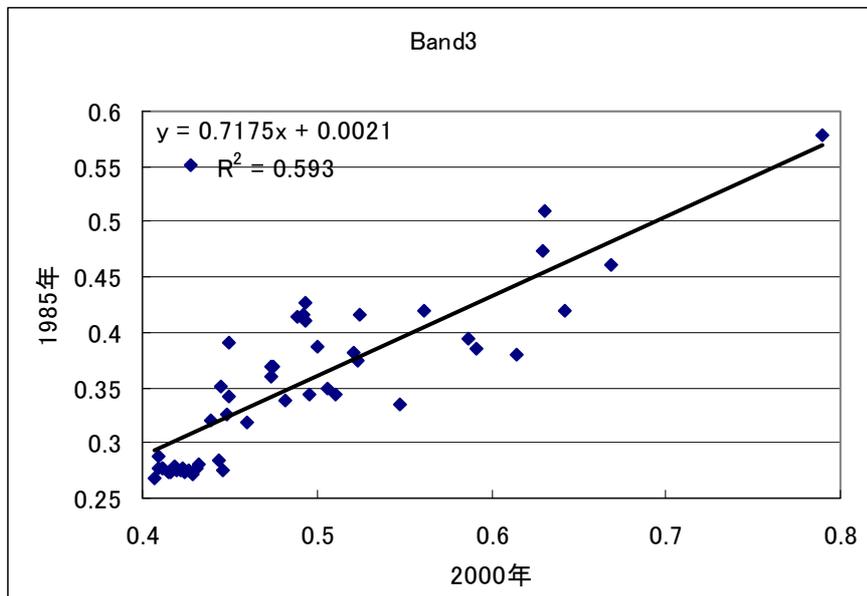


図 3.3(c-3) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

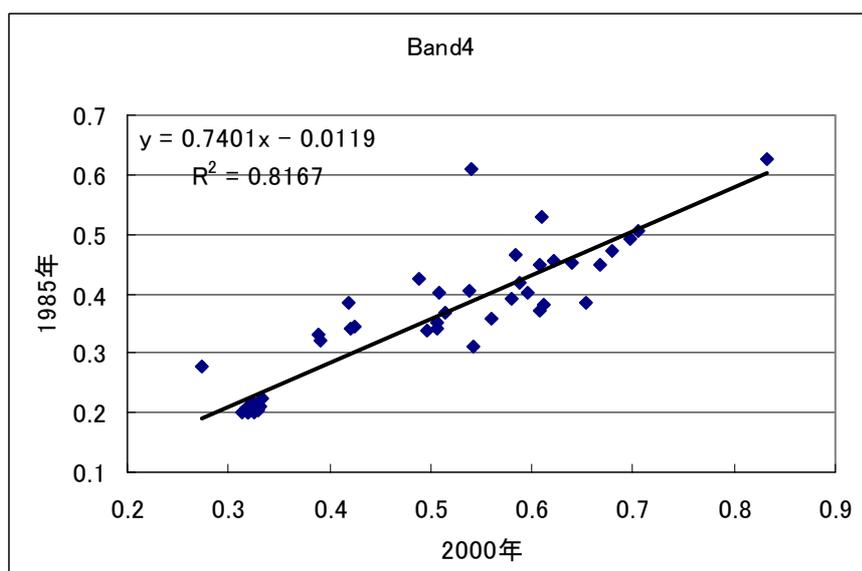


図 3.3(c-4) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

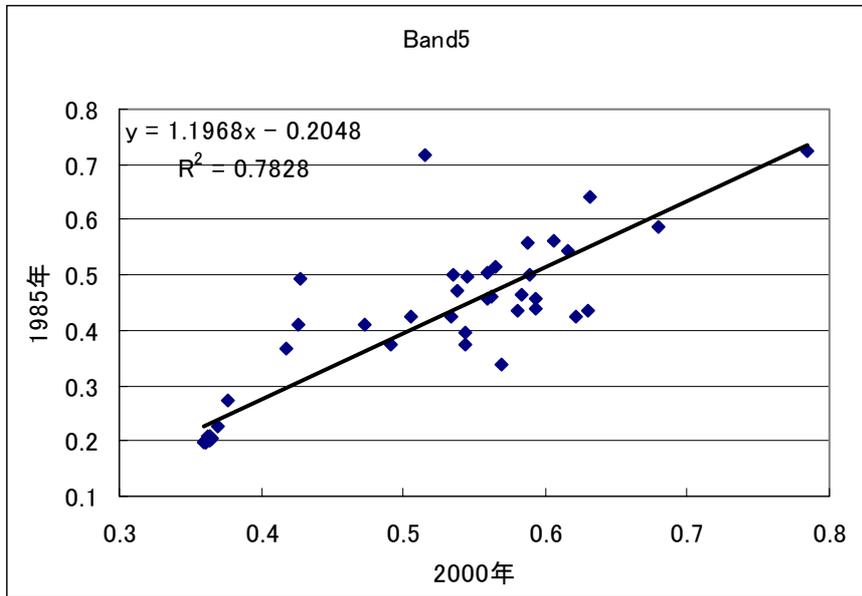


図 3.3(c-5) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

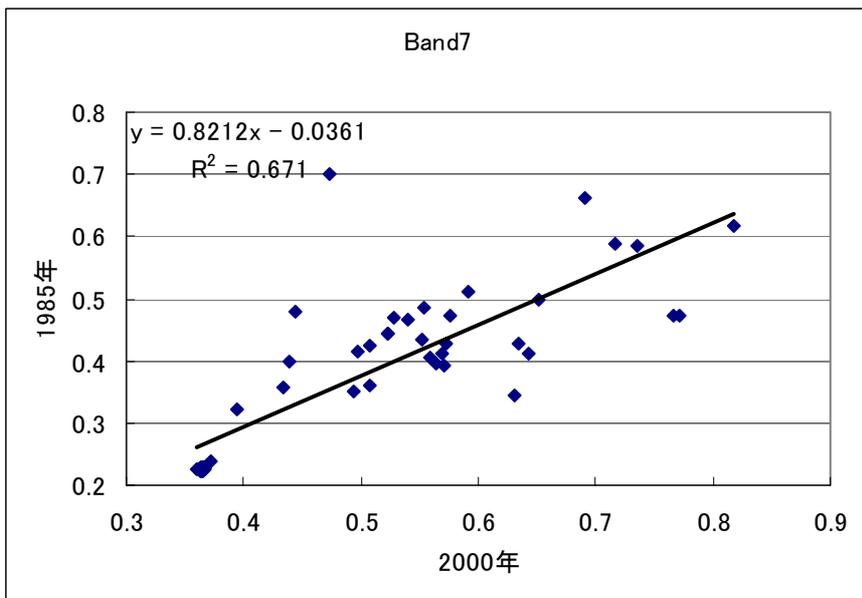


図 3.3(c-6) 1985 年と 1990 年の Band1 データの線形近似結果

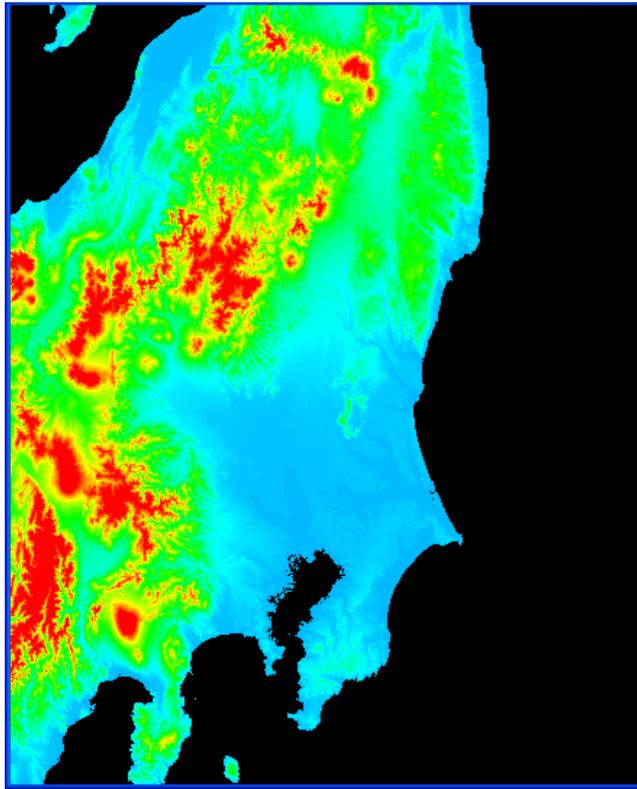


写真 3.1 DEM 画像（緯度・経度座標系投影）

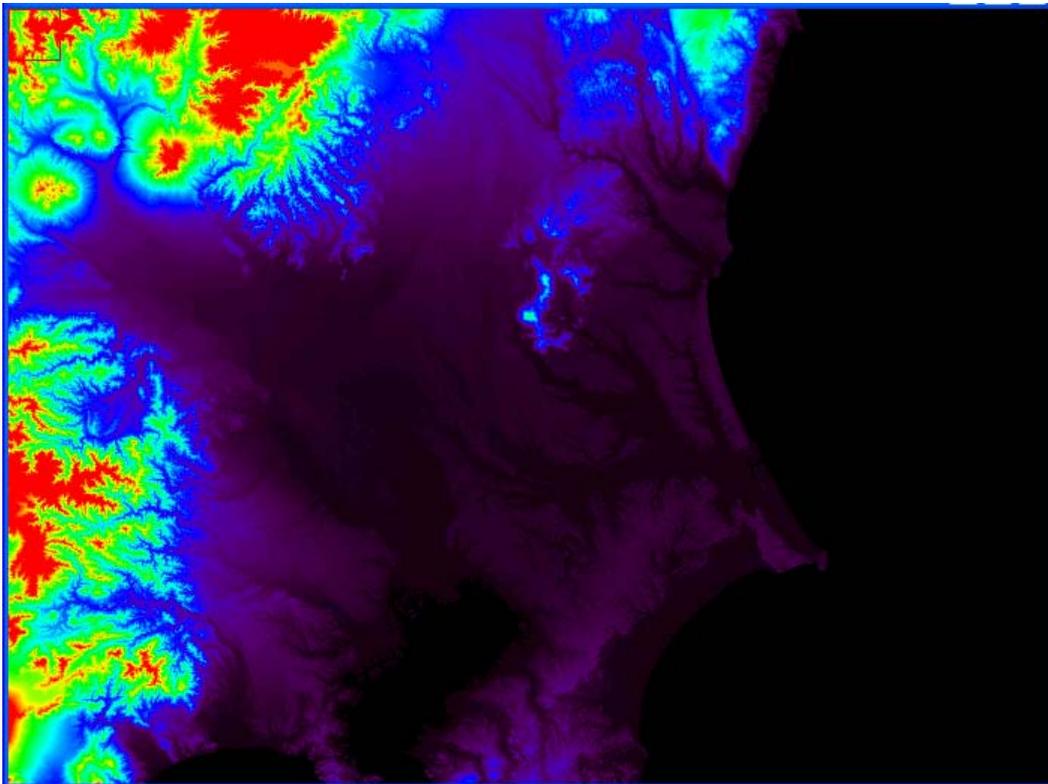


写真 3.2 DEM 画像（UTM 座標系投影）

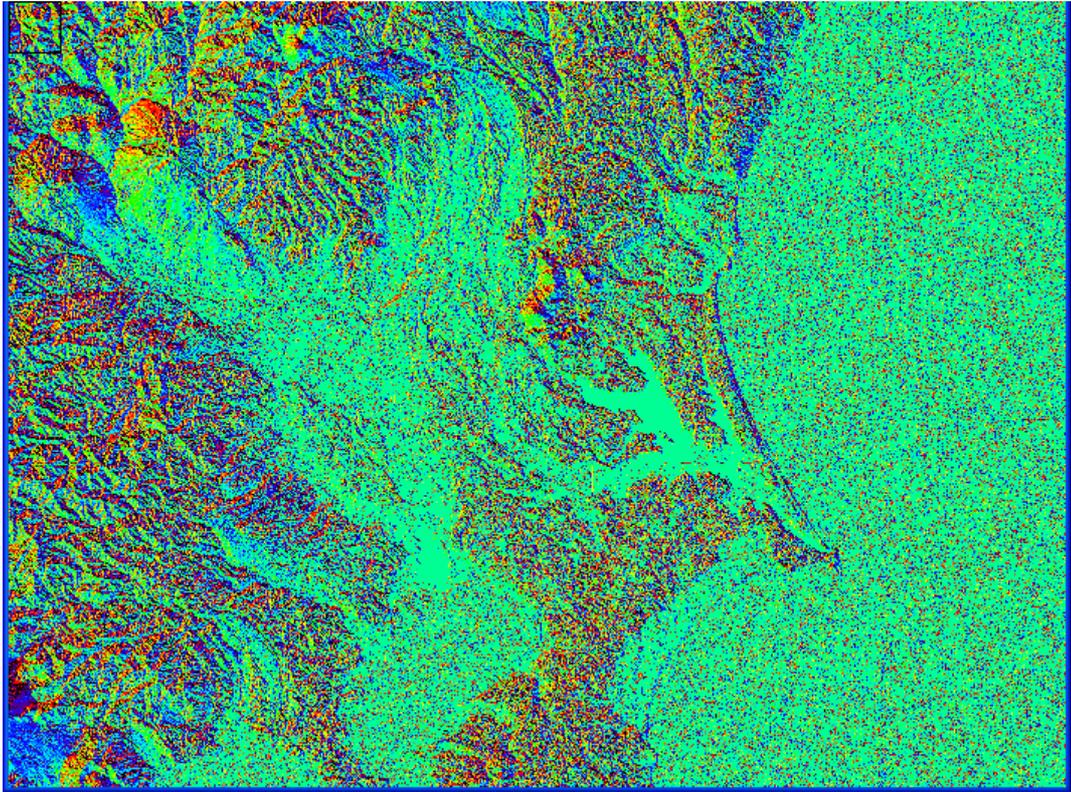


写真 3.3 方位角画像

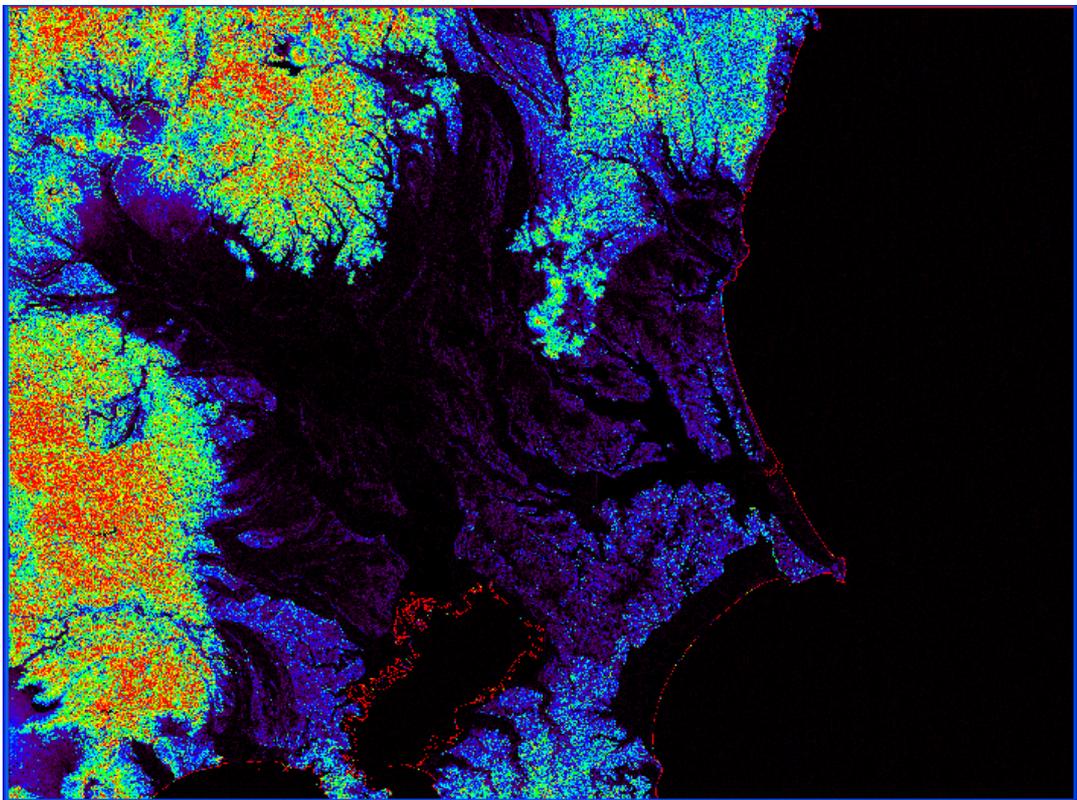


写真 3.4 傾斜角画像

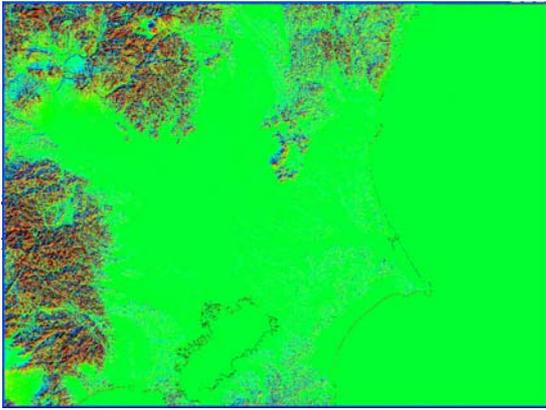


写真 3.5(1) 太陽入射照度画像
(1985年1月7日)

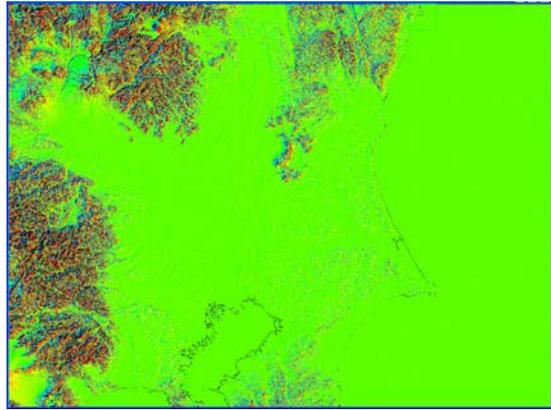


写真 3.5(2) 太陽入射照度画像
(1990年4月11日)

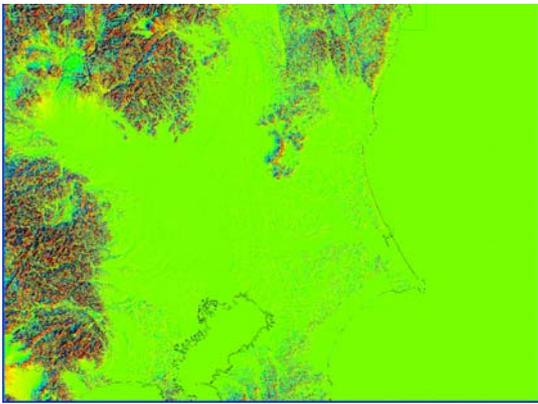


写真 3.5(3) 太陽入射照度画像
(1997年4月14日)

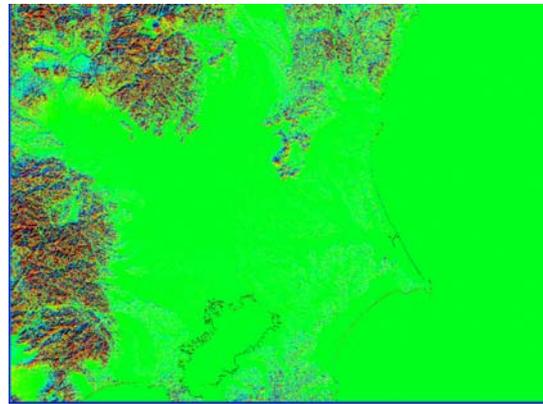
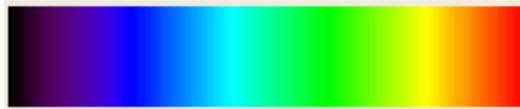


写真 3.5(4) 太陽入射照度画像
(2000年11月24日)



MIN ← 太陽入射照度 → MAX



写真 3.6(1) 幾何補正処理前画像
(1985年1月7日)



写真 3.6(2) 幾何補正処理前画像
(1990年4月11日)



写真 3.6(3) 幾何補正処理前画像
(1997年4月14日)



写真 3.6(4) 幾何補正処理前画像
(2000年11月24日)



写真 3.7(1) 幾何補正処理後画像
(1985年1月7日)



写真 3.7(2) 幾何補正処理後画像
(1990年4月11日)



写真 3.7(3) 幾何補正処理後画像
(1997年4月14日)



写真 3.7(4) 幾何補正処理後画像
(2000年11月24日)



写真 3.8(1) 放射量補正処理後画像
(1985年1月7日)



写真 3.8(2) 放射量補正処理後画像
(1990年4月11日)



写真 3.8(3) 放射量補正処理後画像
(1997年4月14日)



写真 3.8(4) 放射量補正処理後画像
(2000年11月24日)

第 4 章

地域形成過程の解析処理法

4. 地域形成過程の解析処理法

土地被覆カテゴリーに対する時空間的な評価を行うための指標として、分散指標 (Distribution Index:DI)、単位分散指標 (Unit Distribution Index:UDI)、時系列指標 (Temporal Index:TI) を定義した。これらの指標を4時期の土地被覆分類画像において算出した。以下に、その詳細について説明する。

4.1 分散指標 (Distribution Index:DI)

分散指標 (Distribution Index:DI) は、土地被覆カテゴリーの空間的な分散状態を示す指標で、図 4.1 のような対象画素を中心とする 3×3 メッシュを設定して次式より算出する。この分散指標は、佐藤 (2001) が提唱する連結度数に概念的には一致するものである。

$$DI = \sum_{i=1}^9 NC_i \quad (4.1)$$

ここで、 NC_i : 画素 C_i が中心画素の土地被覆カテゴリーと同カテゴリーならば1で異なっていれば0。

C1	C2	C3
C4	C5	C6
C7	C8	C9

図 4.1 分散指標算定のための基本メッシュ

図 4.2 のような被覆メッシュパターンにおいて、対象土地被覆カテゴリーを水域とした場合、C2、C5、C9 が水域であるため、分散指標は3となる。これに対して、対象土地被覆カテゴリーを建物用地とした場合は、C5 が建物用地でないため DI は0となる。

対象土地被覆カテゴリー：水域
DI= 3

建物	水域	建物
植生	水域	植生
植生	建物	水域

図 4.2 基本メッシュ例

4. 2 単位分散指標 (Unit Distribution Index:UDI)

単位分散指標 (Unit Distribution Index:UDI) は、関心領域内の分散指標の平均値に相当する指標で以下の算定式によって計算する。

$$UDI = \frac{\sum_{i=1}^{TP} DI_i}{TPO} \quad (4.2)$$

ここで、TP は関心領域内の全画素数、TPO は関心領域内における対象土地被覆カテゴリの全画素数、i は画素ナンバー。

この単位分散指標は、関心領域内における対象土地被覆カテゴリの集積性、連坦性、離散性を判断する指標となる。すなわち、単位分散指標が高ければその土地被覆カテゴリは関心領域内で集積して分布し、単位分散指標が低い地域は離散的に分布していることを示す。

4. 3 時系列指標 (Temporal Index : TI)

時系列指標 (Temporal Index : TI) は、時系列的に得られるデータの経年的な増減度を示す指標で次式により算定する。

$$Si = \frac{Ri - MIN(Ri)}{MAX(Ri) - MIN(Ri)}, \quad TI = \text{lin}(S1, S2, S3 \dots Si) \quad (4.3)$$

ここで、Si : 標準化データ値、Ri : データ値、MAX(Ri) : すべてのデータの中で最大値、MIN(Ri) : すべてのデータの中で最小値、lin(S1,S2,S3・・・Si) : 時系列データ値の直線近似式の傾き、i : 時期を示す。

時系列指標は、式(4.3)に示すように時系列データ (R1, R2, R3・・・Ri) をその大小に比例して 0 から 1 の実数に標準化し、その標準化したデータにおいて X 軸を時間軸、Y 軸を標準化データとした 2 次元グラフにプロットし、それに対する線形近似式の傾きである。すなわち図 4.3 のように x 軸、y 軸ともに 0 から 1 の範囲における近似式の傾きとなり、標準化していることから他のデータとの平行な評価が可能となる。符号のプラス・マイナスからは増減が、そして絶対値からはその増減程度が評価できる。

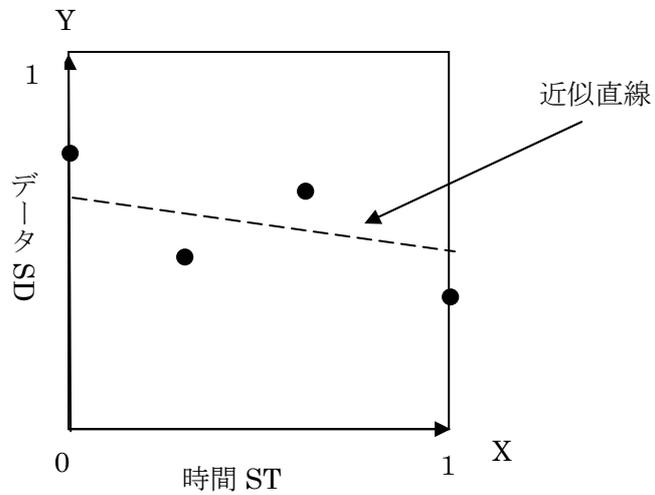


図 4.3 時系列指標の概念図

4. 4 土地被覆分類

土地被覆情報は、4 時期の Landsat データから最尤法により取得した。最尤法は、衛星画像において土地被覆分類を行う際に使用する手法でポピュラーな手法である。時期の違う Landsat データから平行な土地被覆評価を行うために、最尤法において使用する教師データは、4 シーンにおいて同一箇所を設定した。土地被覆分類のベースとなる地物の分光反射特性を現地にて測定した。測定した地物項目は、アスファルト、コンクリート、広葉樹、針葉樹、草、茶色土、黒色土、水の 7 項目である。図 4.4(a)から図 4.4(h)にこれらの分光反射特性曲線を示す。これらの土地被覆項目においてトレーニングデータを取得し分類を行った後に建物用地、森林域、農用地、水域の 4 カテゴリーにマージした。

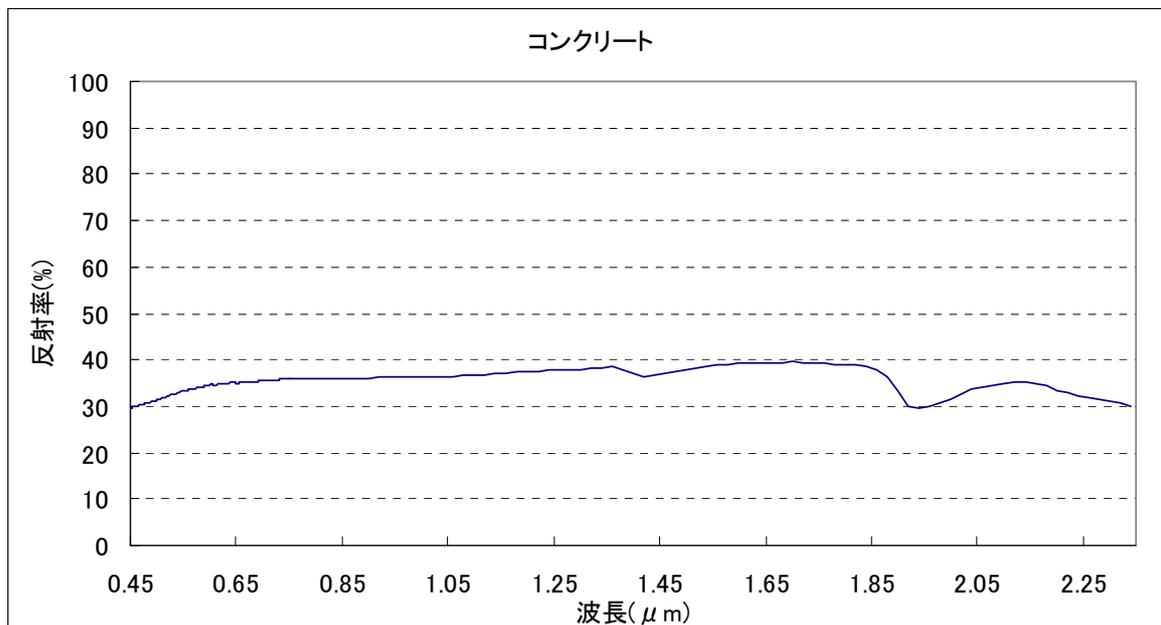


図 4.4(a) 分光反射特性曲線 (コンクリート)

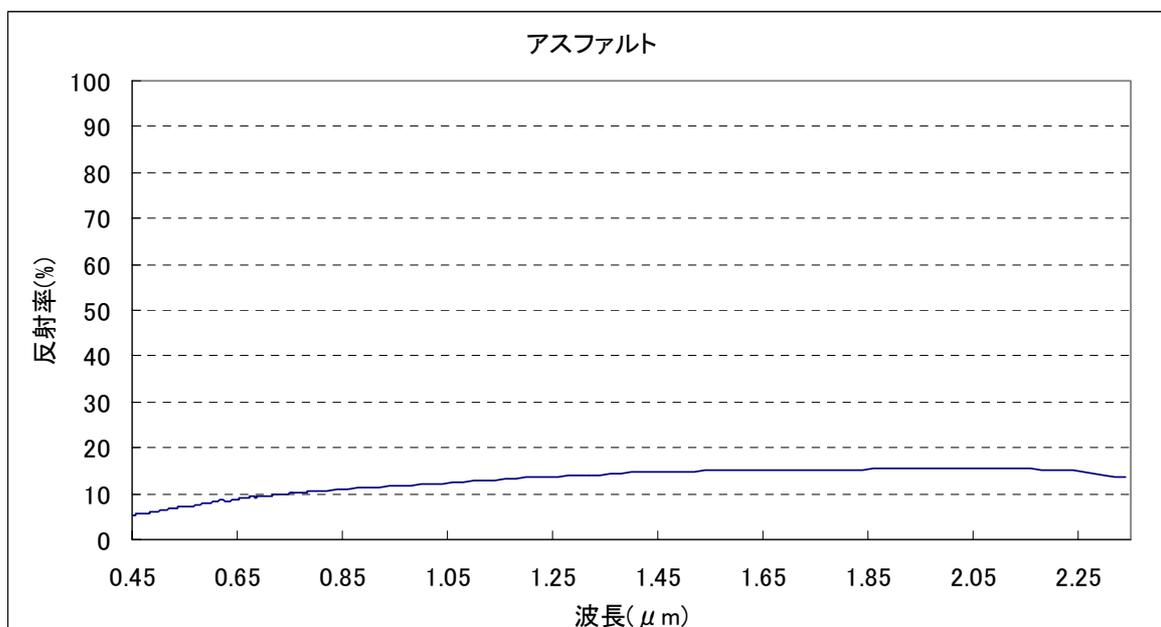


図 4.4(b) 分光反射特性曲線 (アスファルト)

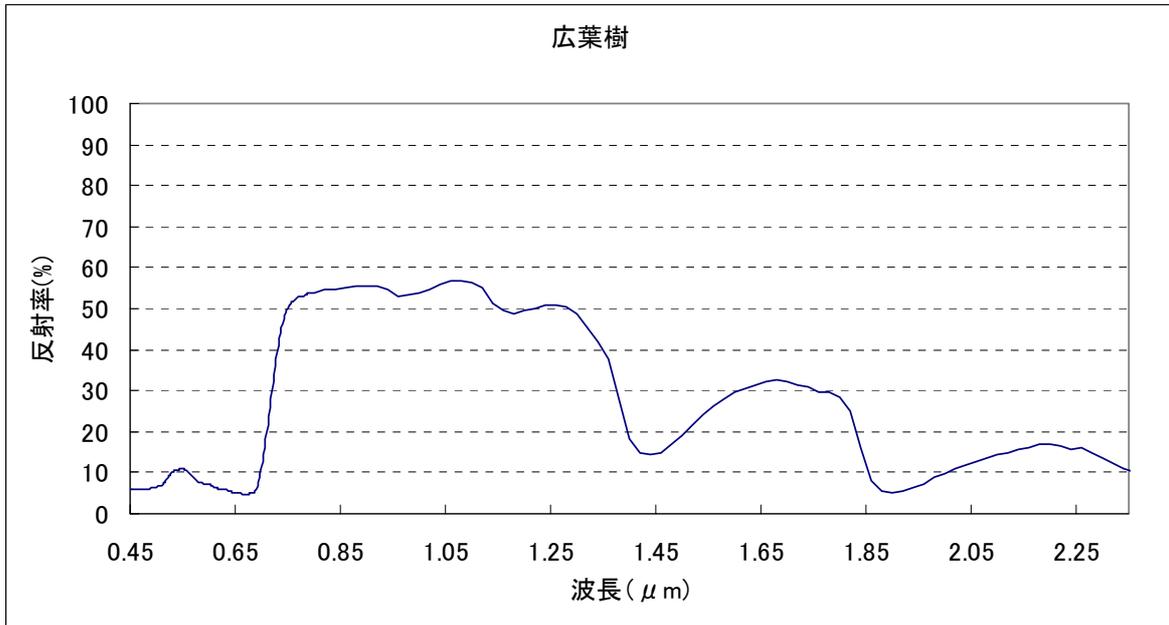


図 4.4(c) 分光反射特性曲線 (広葉樹)

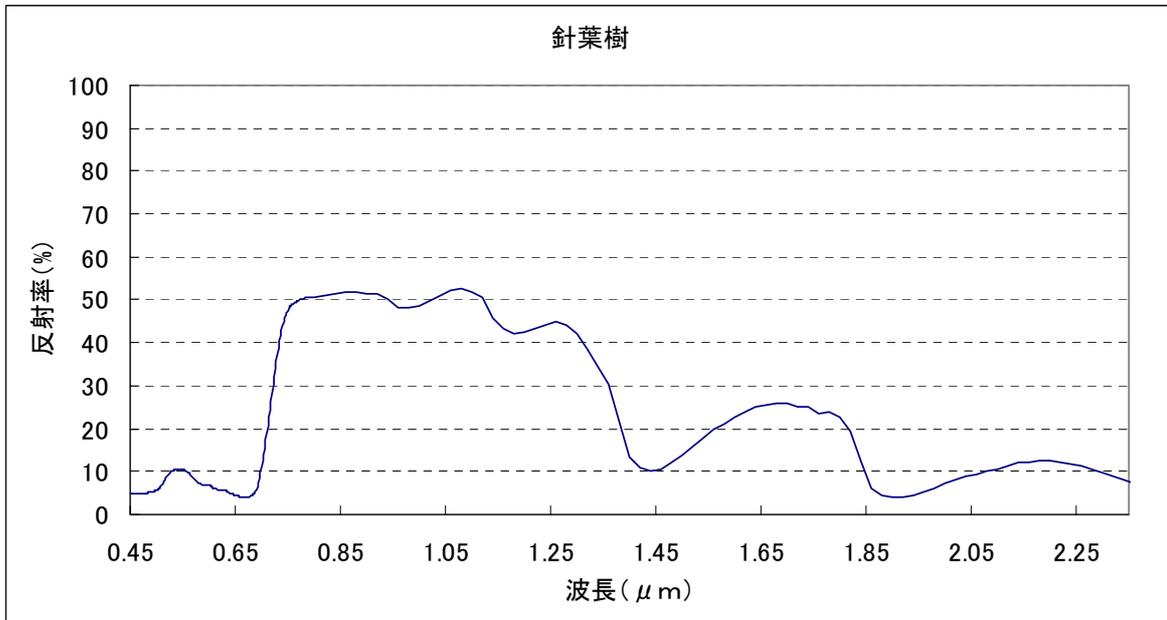


図 4.4(d) 分光反射特性曲線 (針葉樹)

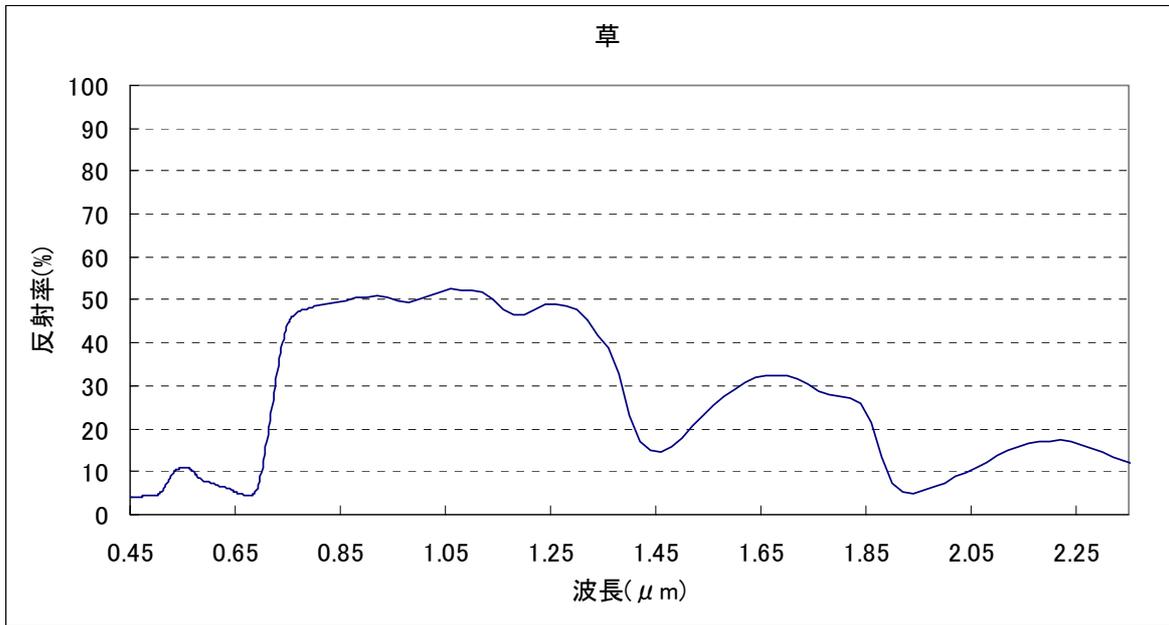


图 4.4(e) 分光反射特性曲线 (草)

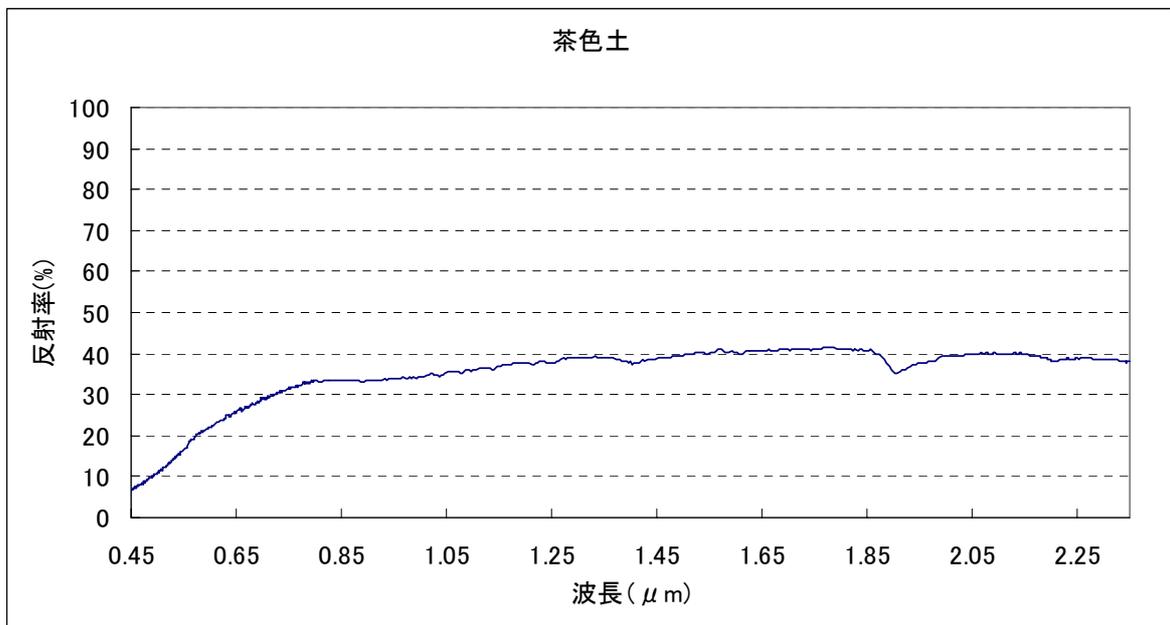


图 4.4(f) 分光反射特性曲线 (茶色土)

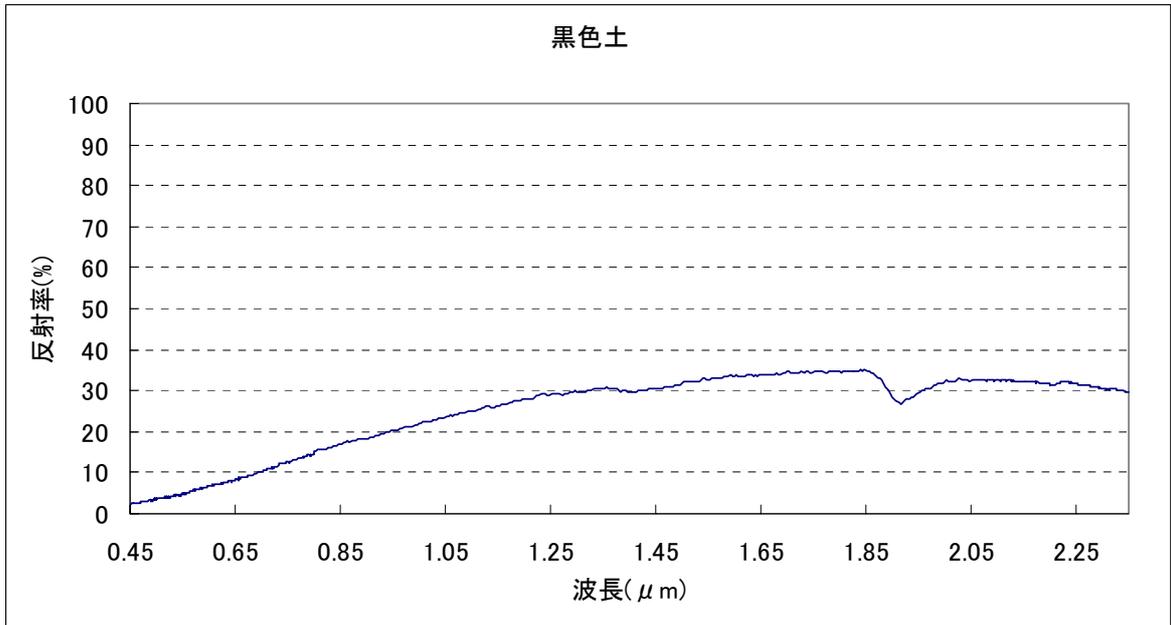


図 4.4(g) 分光反射特性曲線 (黑色土)

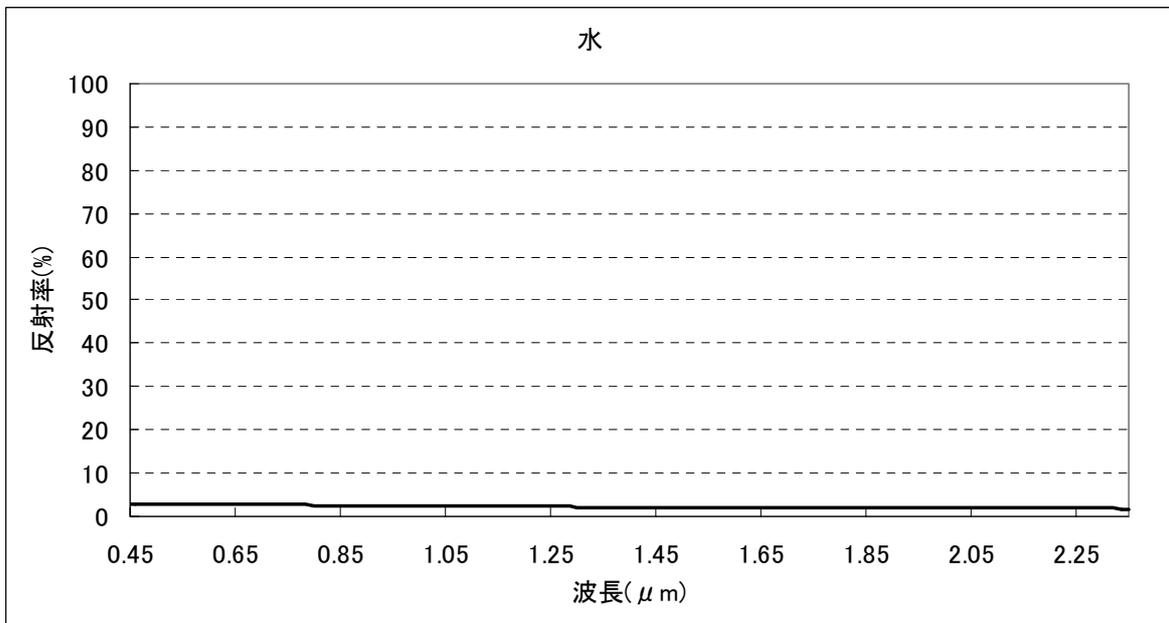


図 4.4(h) 分光反射特性曲線 (水)

第 5 章

地域形成過程評価

5. 地域形成過程評価

4 シーンの Landsat データから最尤法により作成した土地被覆分類画像から分散指標, 単位分散指標, 時系列指標を算定して地域形成過程分析を行った。以下にその詳細を示す。

5. 1 土地被覆分類画像

写真 5.1(1)から写真 5.1(4)に Landsat データから作成した土地被覆分類画像, 写真 5.2(1)から写真 5.5(4)に行政別土地被覆面積占有率画像を示す。

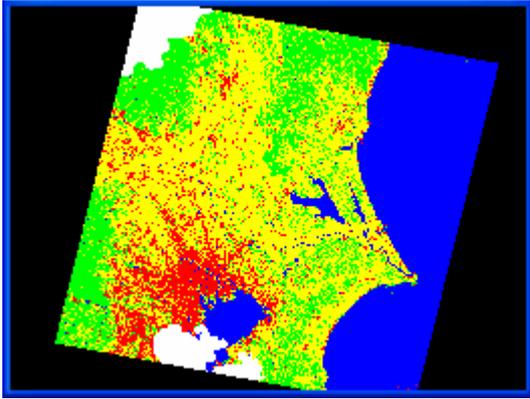


写真 5.1 (1) 土地被覆分類画像
(1985 年 1 月 7 日)

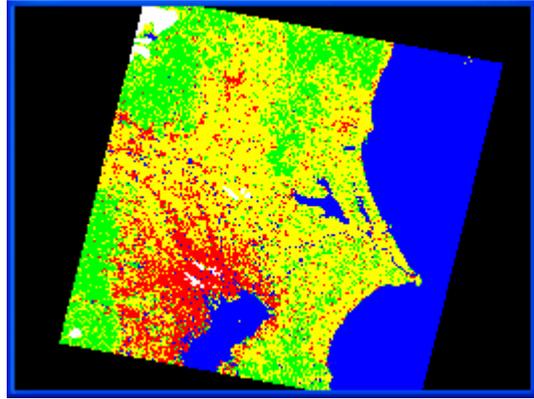


写真 5.1(2) 土地被覆分類画像
(1990 年 4 月 11 日)

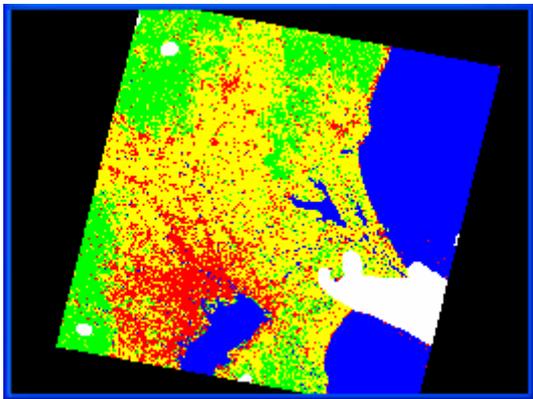


写真 5.1 (3) 土地被覆分類画像
(1997 年 4 月 14 日)

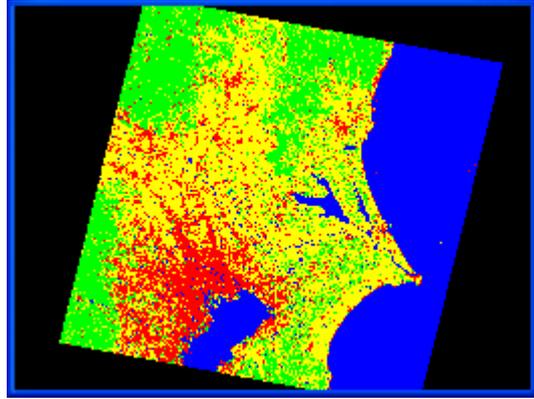


写真 5.1(4) 土地被覆分類画像
(2000 年 11 月 24 日)



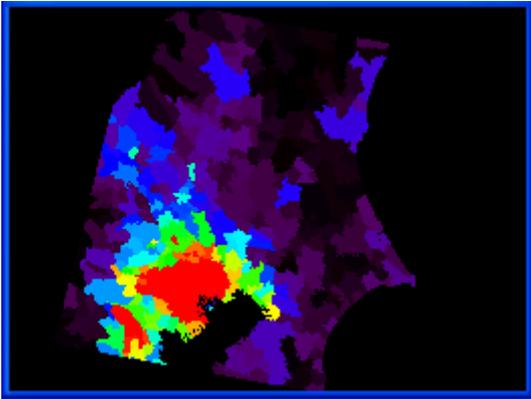


写真 5.2 (1)行政別土地被覆面積占有率画像
(建物用地：1985年1月7日)

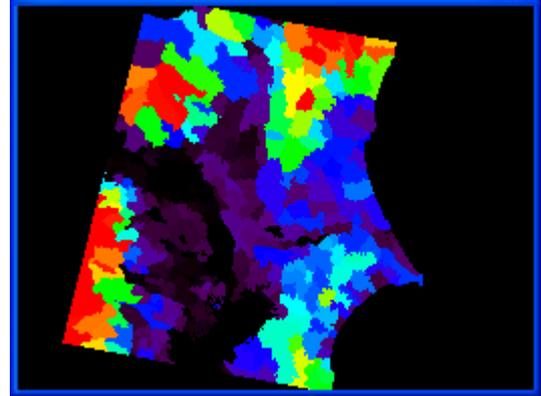


写真 5.2 (2)行政別土地被覆面積占有率画像
(森林：1985年1月7日)

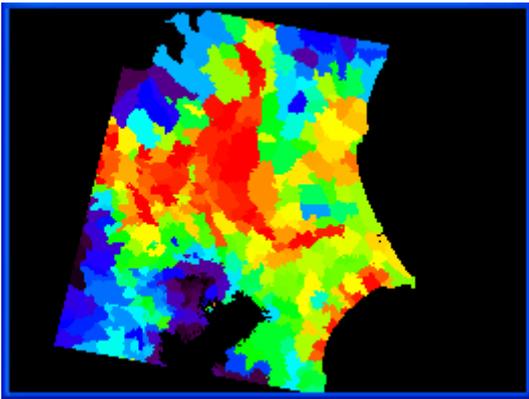


写真 5.2 (1)行政別土地被覆面積占有率画像
(農用地：1985年1月7日)

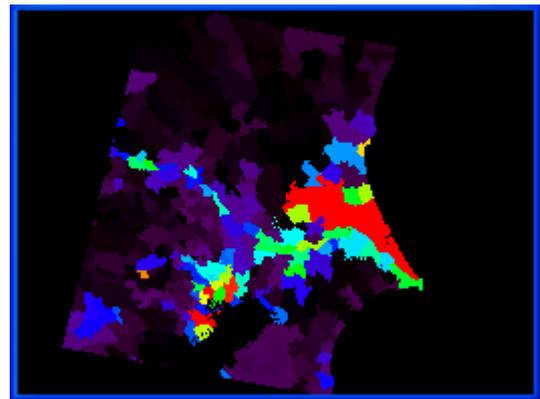


写真 5.2 (2)行政別土地被覆面積占有率画像
(水域：1985年1月7日)



MIN ← ———— 面積占有率 ———— → MAX

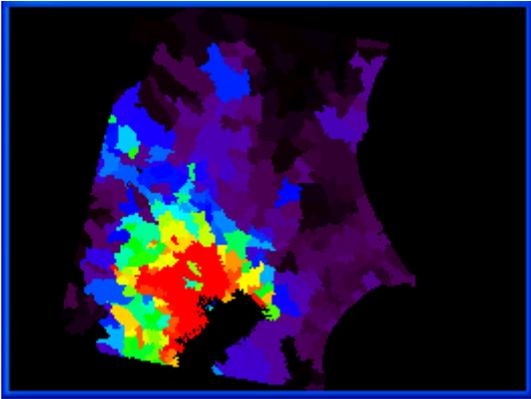


写真 5.3(1)行政別土地被覆面積占有率画像
(建物用地：1990年4月10日)

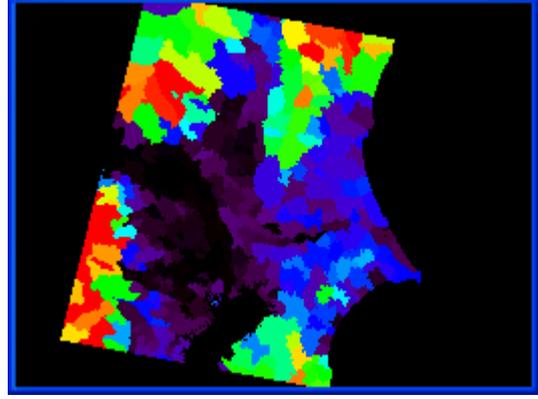


写真 5.3 (2)行政別土地被覆面積占有率画像
(森林：1990年4月10日)

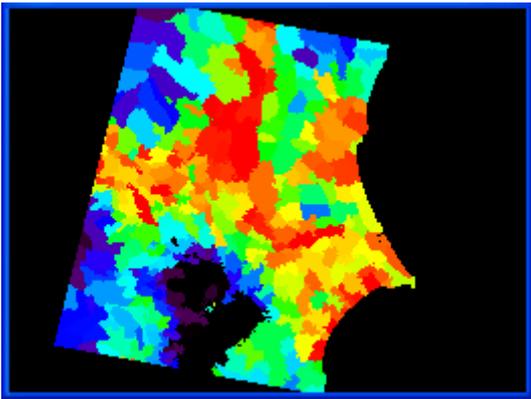


写真 5.3 (3)行政別土地被覆面積占有率画像
(農用地：1990年4月10日)

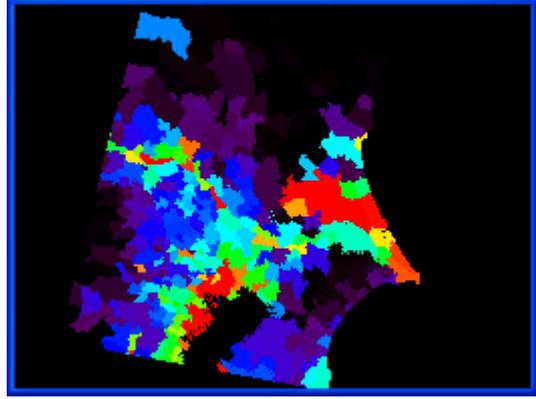


写真 5.3(4)行政別土地被覆面積占有率画像
(水域：1990年4月10日)



MIN ← 面積占有率 → MAX

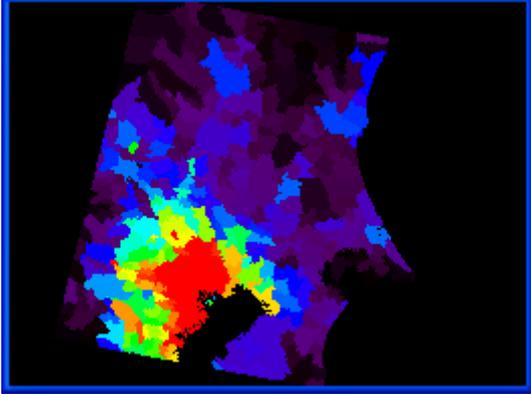


写真 5.4(1)行政別土地被覆面積占有率画像
(建物用地：1997年4月14日)

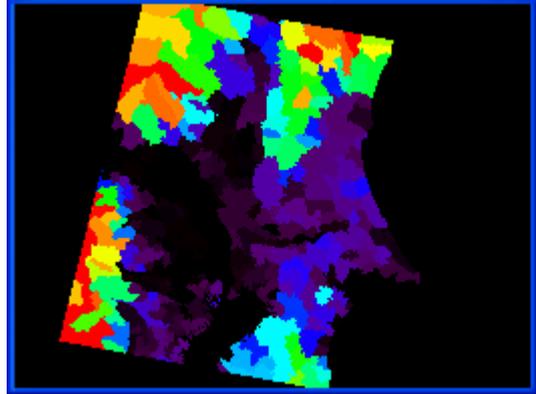


写真 5.4(2)行政別土地被覆面積占有率画像
(森林：1997年4月14日)

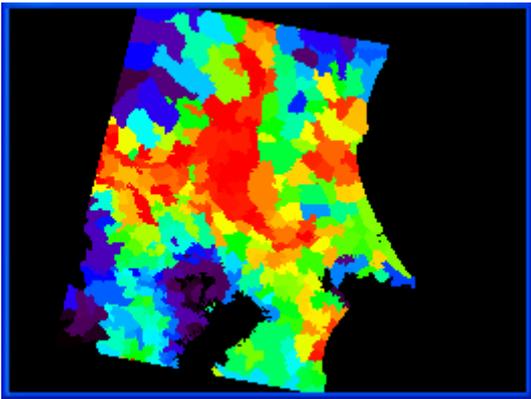


写真 5.4(3)行政別土地被覆面積占有率画像
(農用地：1997年4月14日)

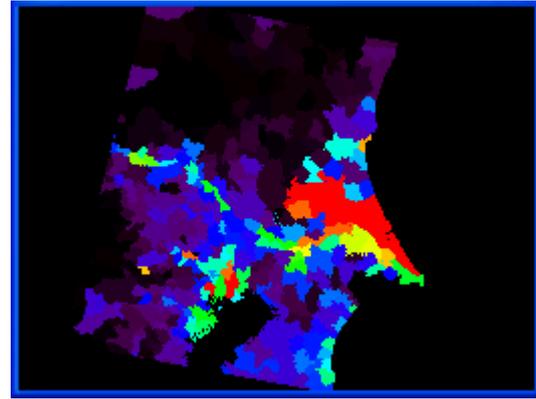


写真 5.4(4)行政別土地被覆面積占有率画像
(水域：1997年4月14日)



MIN ← 面積占有率 → MAX

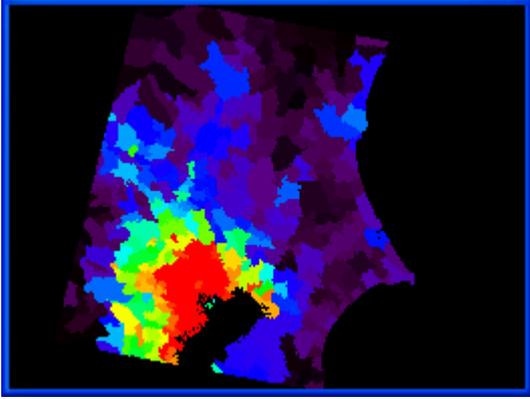


写真 5.5(1)行政別土地被覆面積占有率画像
(建物用地：2000年11月24日)

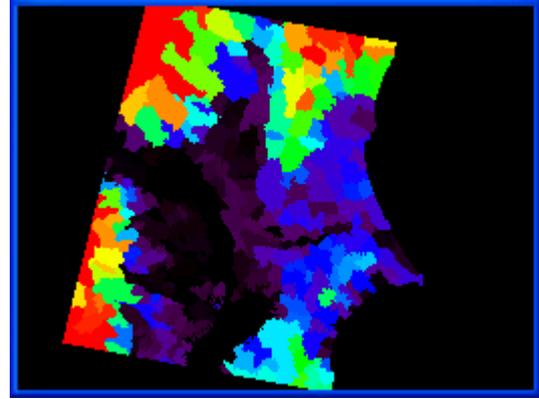


写真 5.5(2)行政別土地被覆面積占有率画像
(森林：2000年11月24日)

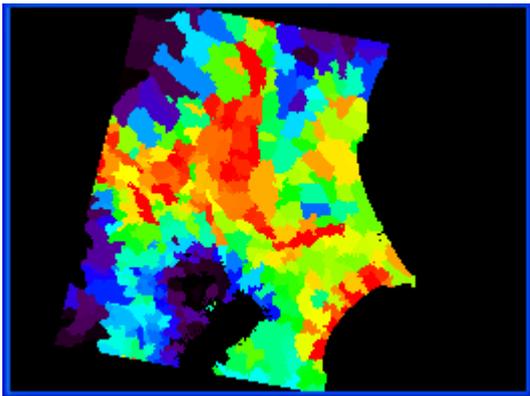


写真 5.5(3)行政別土地被覆面積占有率画像
(農用地：2000年11月24日)

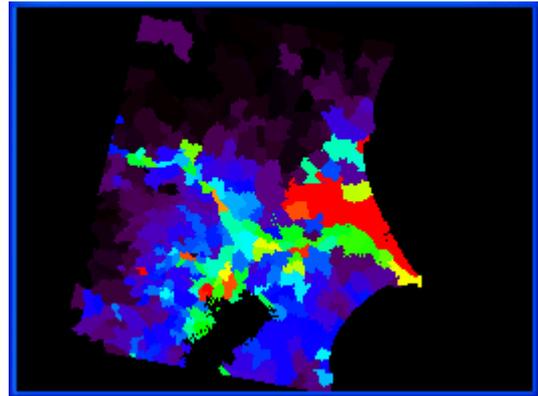


写真 5.5(4)行政別土地被覆面積占有率画像
(水域：2000年11月24日)



MIN ← 面積占有率 → MAX

5. 2 分散指標画像

写真 5.6(1)から写真 5.9(4)に 4 時期の土地被覆別分散指標画像を示す。

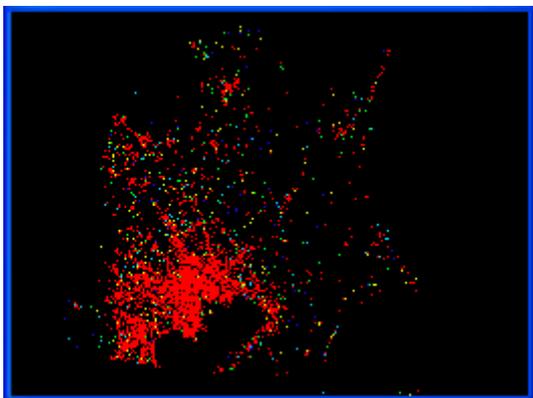


写真 5.6(1)建物用地分散指標画像
(1985年1月7日)

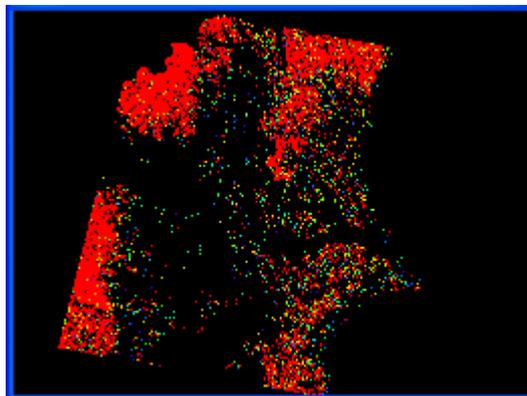


写真 5.6(2)森林分散指標画像
(1985年1月7日)

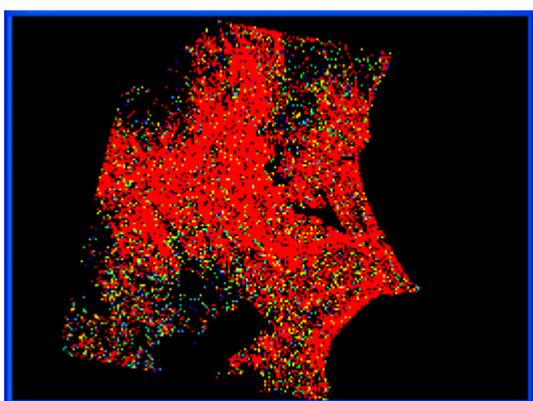


写真 5.6(3)農用地分散指標画像
(1985年1月7日)

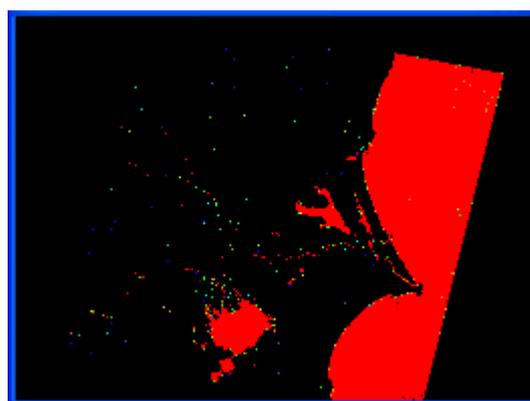
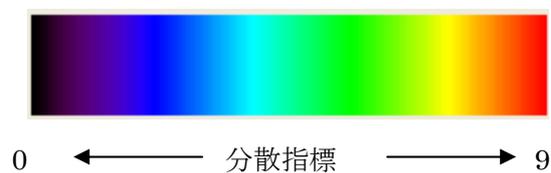


写真 5.6(4)水域分散指標画像
(1985年1月7日)



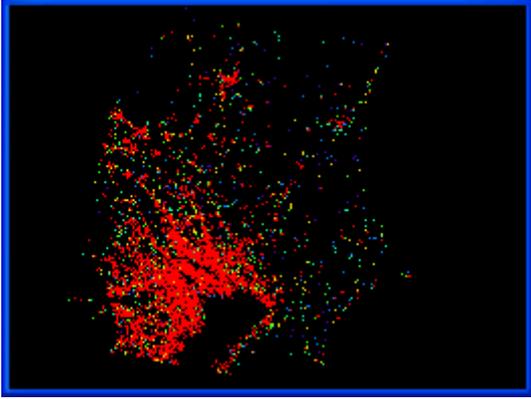


写真 5.7(1)建物用地分散指標画像
(1990年4月11日)

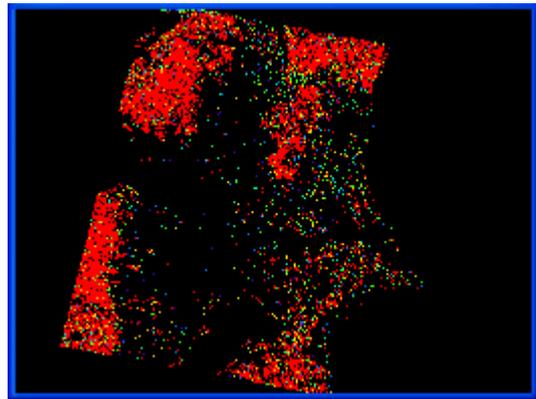


写真 5.7(2)森林分散指標画像
(1990年4月11日)

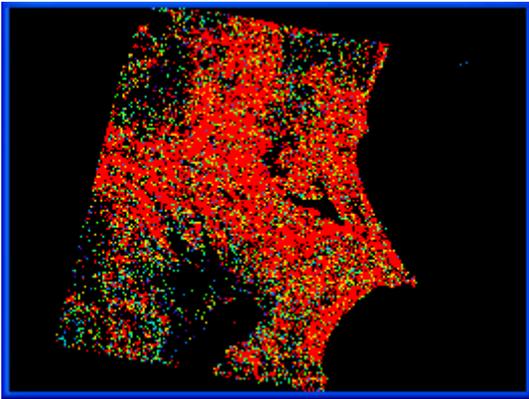


写真 5.7(3)農用地分散指標画像
(1990年4月11日)

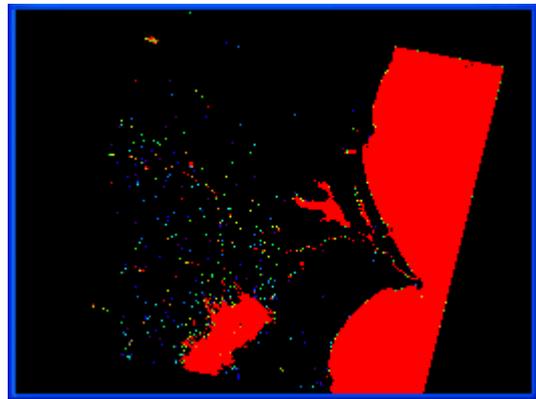
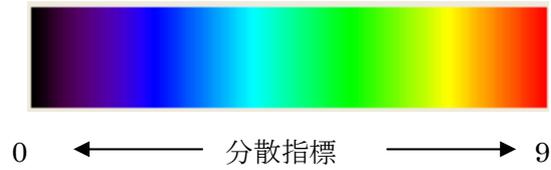


写真 5.7(4)水域分散指標画像
(1990年4月11日)



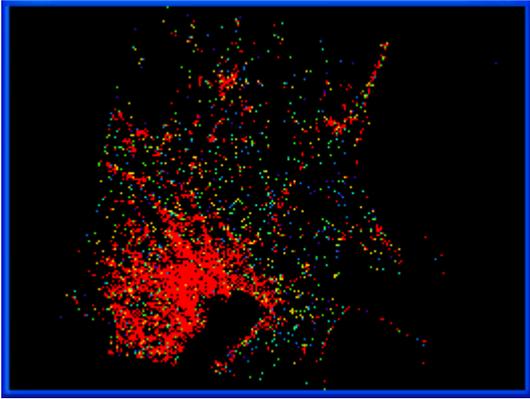


写真 5.8(1)建物用地分散指標画像
(1997年4月14日)

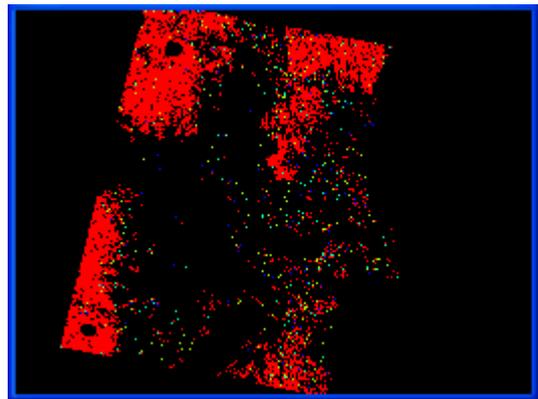


写真 5.8(2)森林分散指標画像
(1997年4月14日)

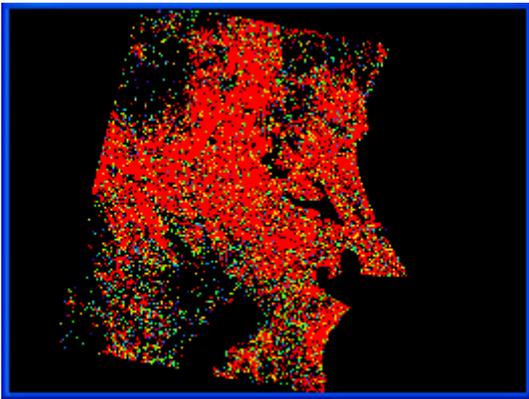


写真 5.8(3)農用地分散指標画像
(1997年4月14日)

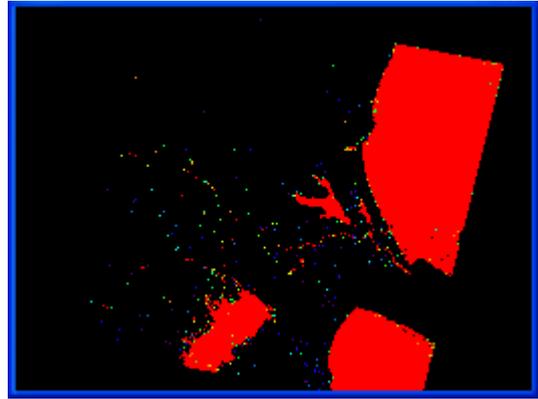
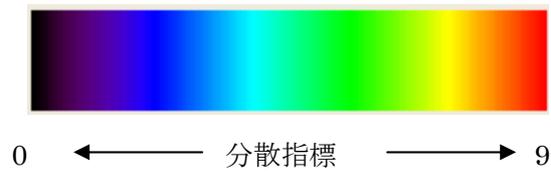


写真 5.8(4)水域分散指標画像
(1997年4月14日)



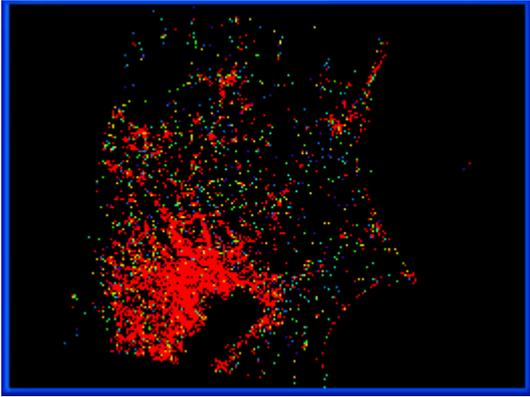


写真 5.9(1)建物用地分散指標画像
(2000年11月24日)

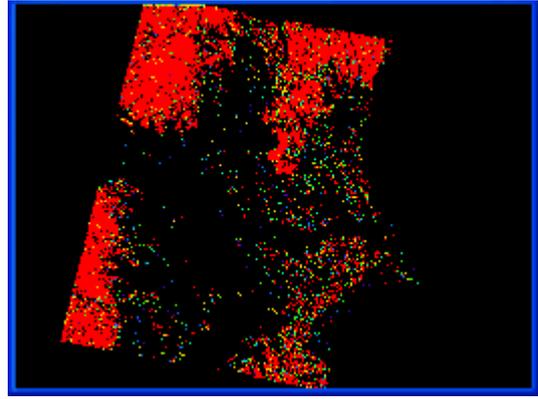


写真 5.9(2)森林分散指標画像
(2000年11月24日)

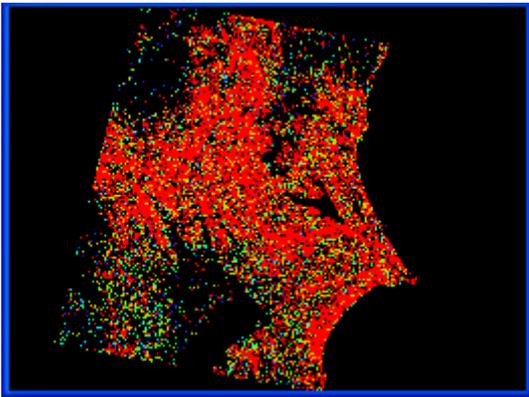


写真 5.9(3)農用地分散指標画像
(2000年11月24日)

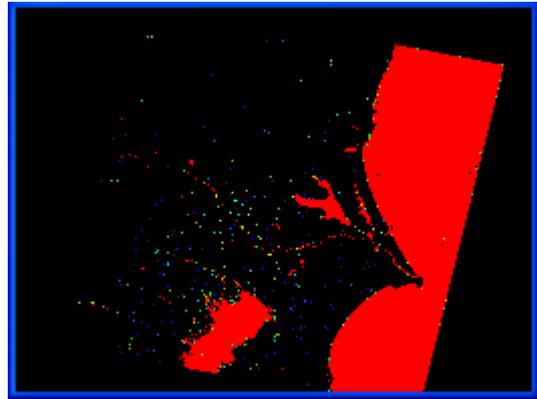
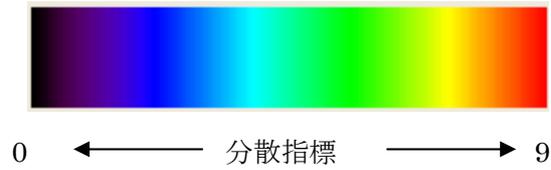


写真 5.9(4)水域分散指標画像
(2000年11月24日)



5. 3 単位分散指標画像

写真 5.10(1)から写真 5.13(4)に行政別の単位分散指標画像を示す。

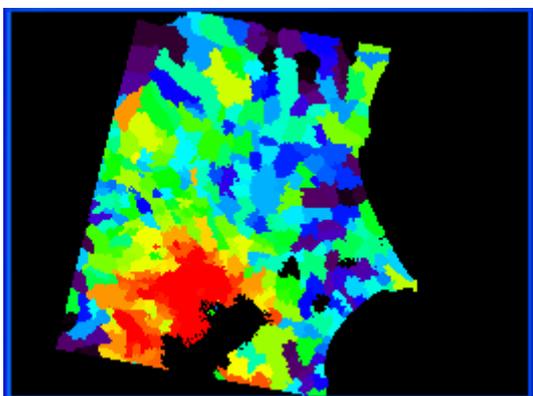


写真 5.10(1)行政別単位分散指標画像
(建物用地：1985年1月7日)

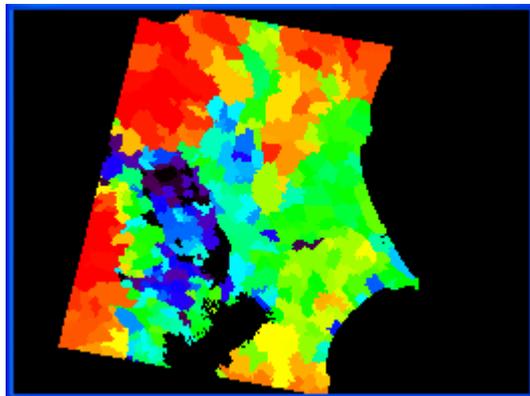


写真 5.10(2)行政別単位分散指標画像
(森林：1985年1月7日)

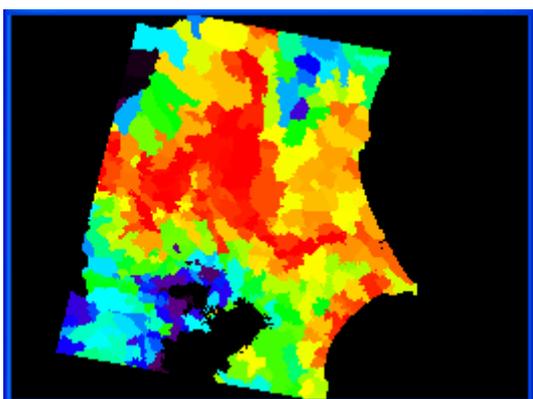


写真 5.10(3)行政別単位分散指標画像
(農用地：1985年1月7日)

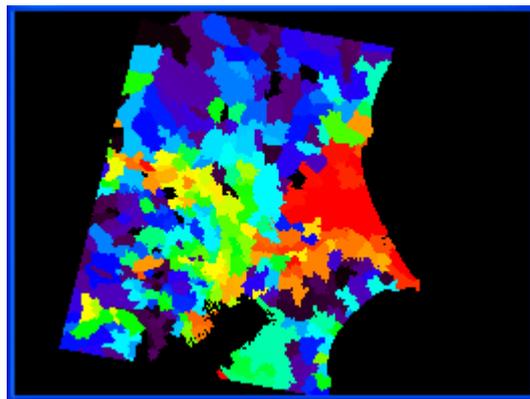


写真 5.10(4)行政別単位分散指標画像
(水域：1985年1月7日)



MIN ← 単位分散指標 → MAX

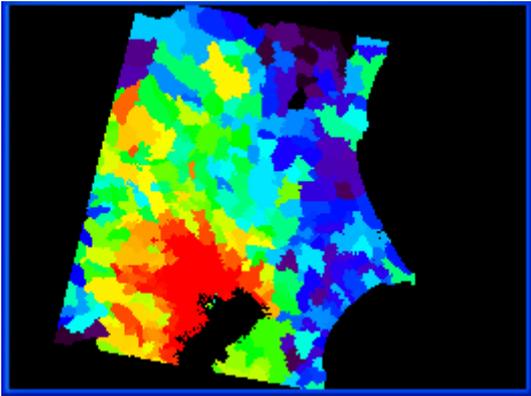


写真 5.11(1)行政別单位分散指標画像
(建物用地：1990年4月10日)

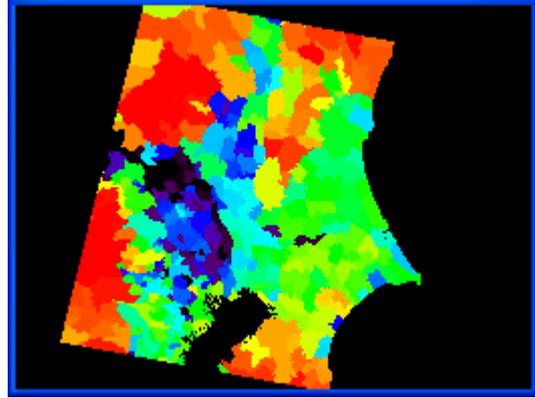


写真 5.11 (2) 行政別单位分散指標画像
(森林：1990年4月10日)

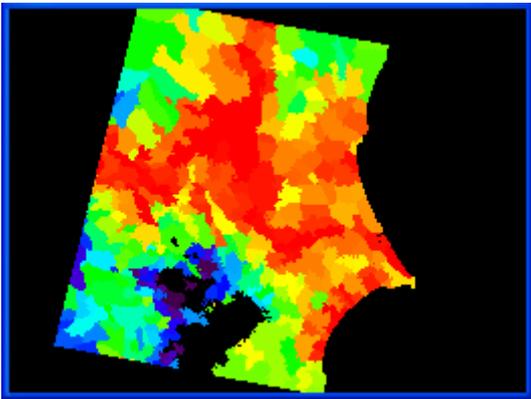


写真 5.11 (3) 行政別单位分散指標画像
(農用地：1990年4月10日)

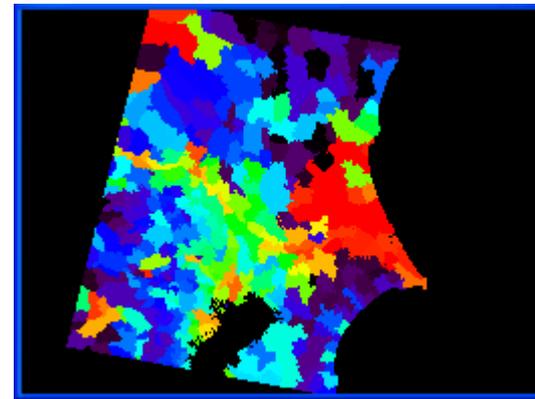


写真 5.11(4) 行政別单位分散指標画像
(水域：1990年4月10日)



MIN ← 单位分散指標 → MAX

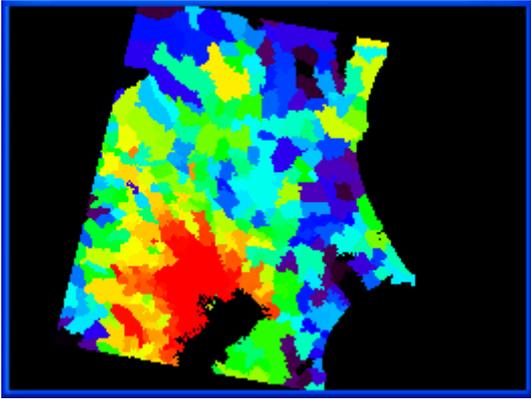


写真 5.12(1) 行政別単位分散指標画像
(建物用地：1997年4月14日)

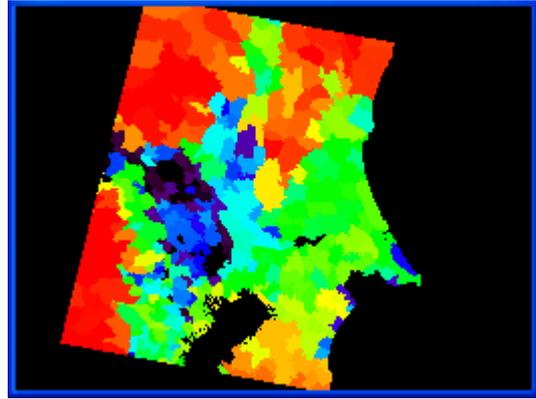


写真 5.12(2) 行政別単位分散指標画像
(森林：1997年4月14日)

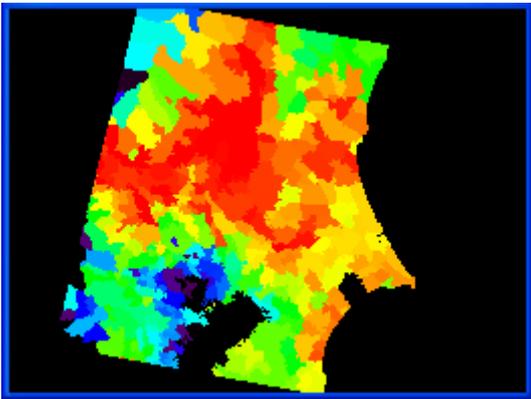


写真 5.12(3) 行政別単位分散指標画像
(農用地：1997年4月14日)

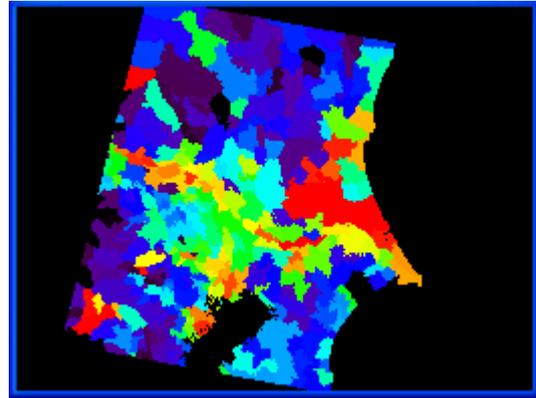


写真 5.12(4) 行政別単位分散指標画像
(水域：1997年4月14日)



MIN ← 単位分散指標 → MAX

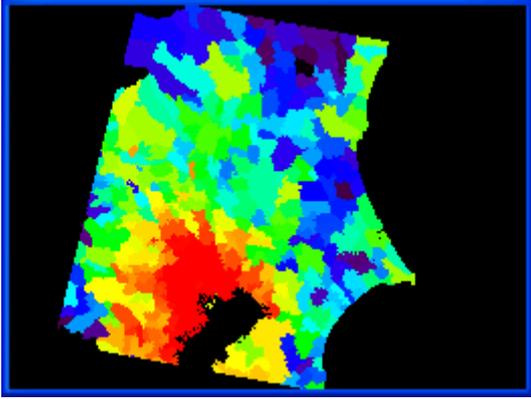


写真 5.13(1) 行政別単位分散指標画像
(建物用地：2000年11月24日)

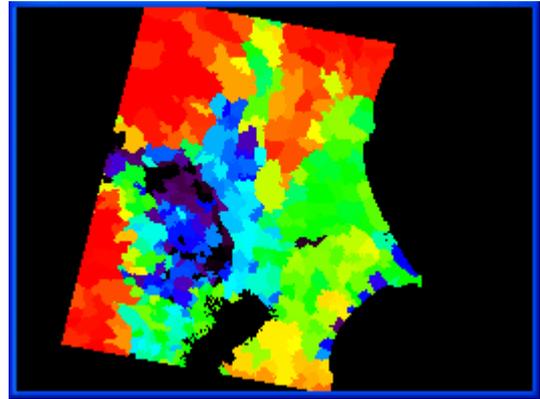


写真 5.13(2) 行政別単位分散指標画像
(森林：2000年11月24日)

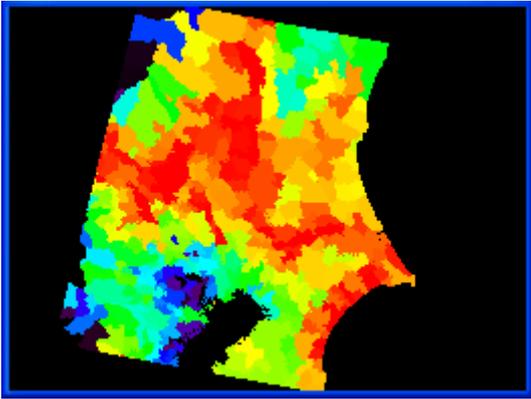


写真 5.13(3) 行政別単位分散指標画像
(農用地：2000年11月24日)

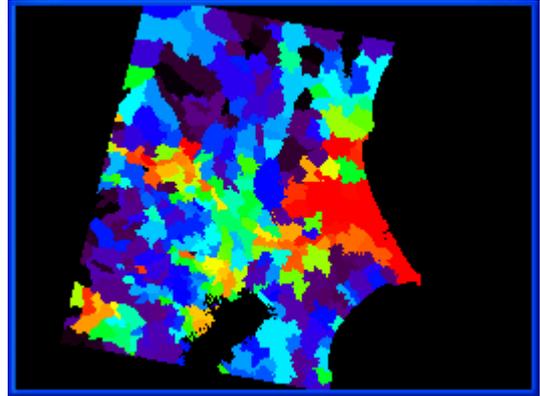


写真 5.13(4) 行政別単位分散指標画像
(水域：2000年11月24日)



MIN ← 単位分散指標 → MAX

5. 4 時系列指標画像

写真 5. 14(1) から写真 5. 14(4) に時系列的行政別土地被覆面積占有率評価画像, 図 5. 1(1) ~ 図 5. 1(4) に土地被覆面積占有率の時系列指標のヒストグラム, 写真 5. 15(1) から写真 5. 15(4) に時系列的行政別単位分散指標評価画像, 図 5. 2(1) から図 5. 2(4) に単位分散指標の時系列指標のヒストグラムを示す。

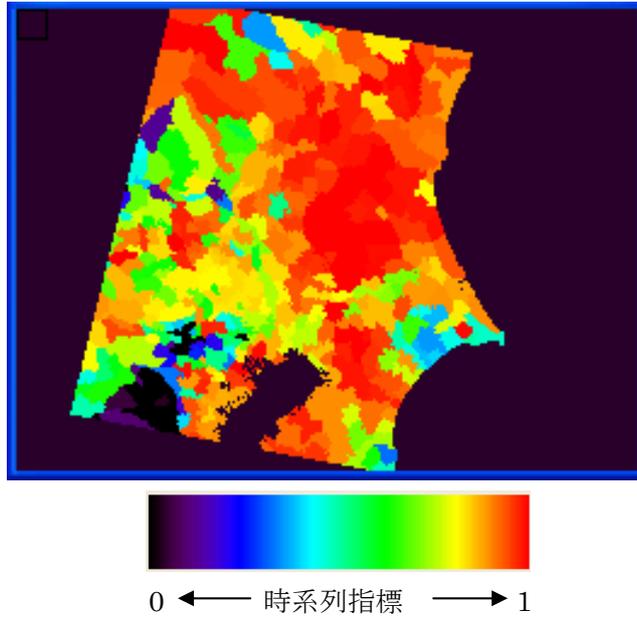


写真 5.14(1) 土地被覆面積占有率画像 (建物用地)

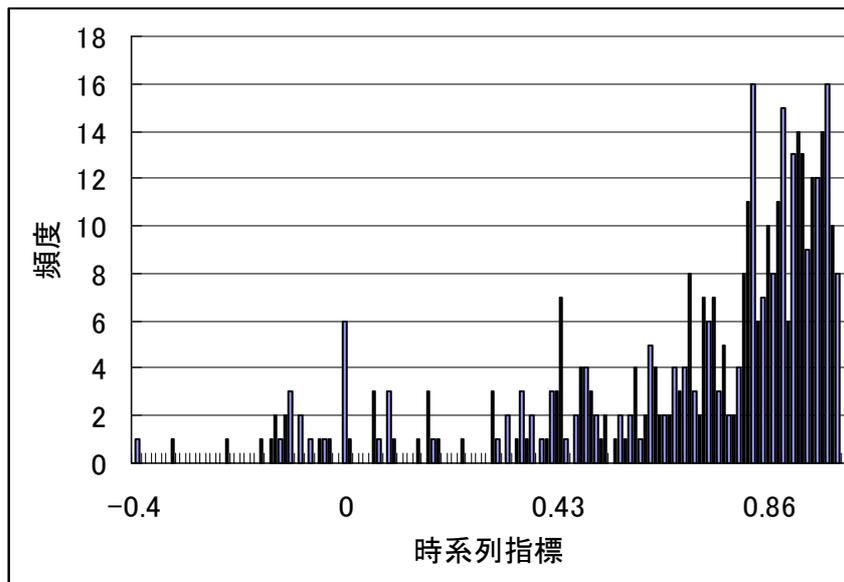


図 5. 1(1) 土地被覆面積占有率時系列指標ヒストグラム (建物用地)

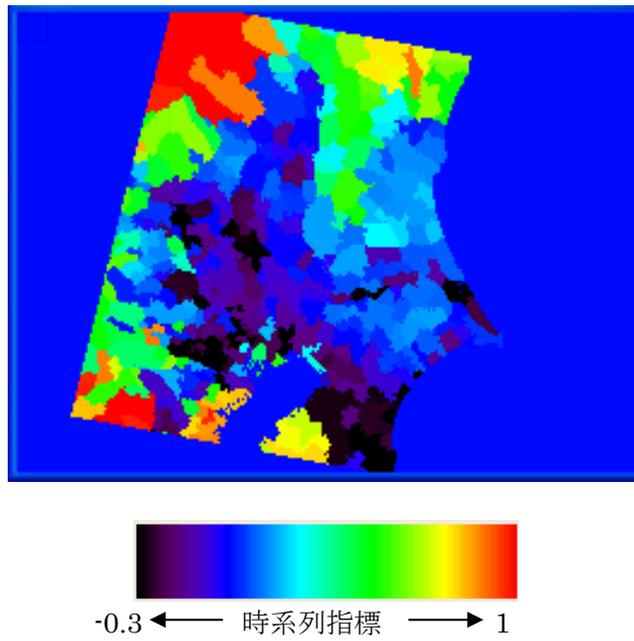


写真 5.14(2) 土地被覆面積占有率時系列指標画像 (森林域)

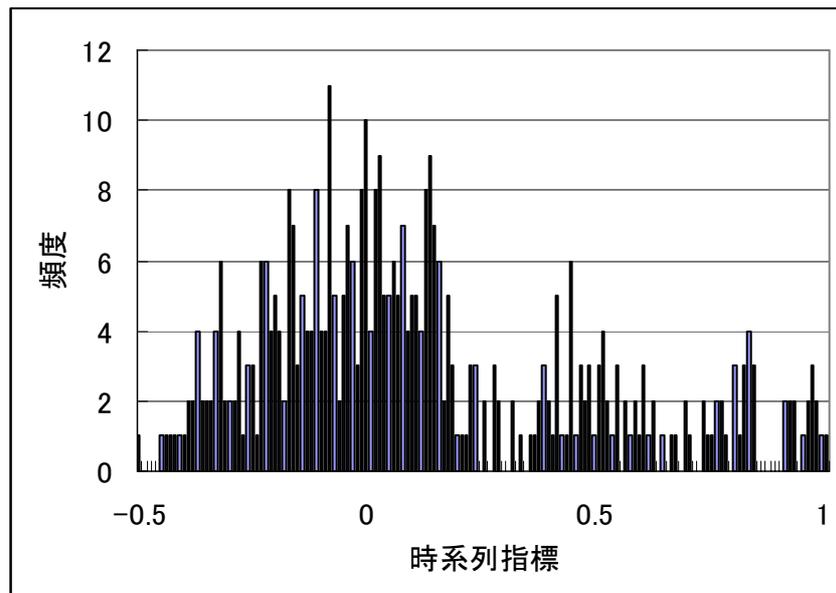


図 5.1(2) 土地被覆面積占有率時系列指標ヒストグラム (森林域)

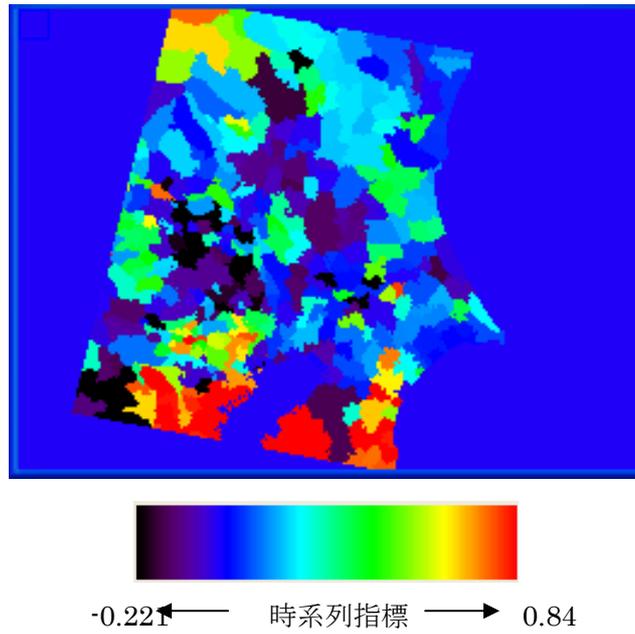


写真 5.14(3) 土地被覆面積占有率画像 (農用地)

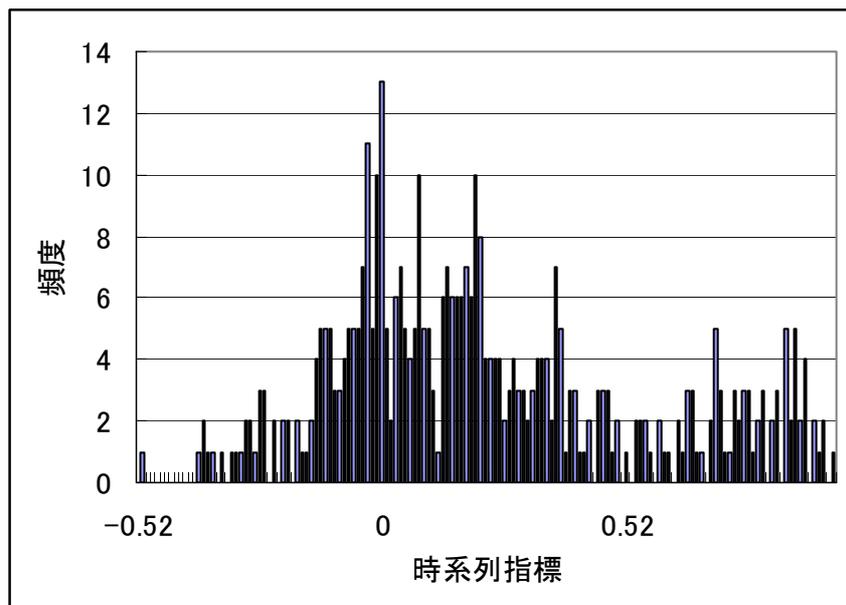


図 5.1(3) 土地被覆面積占有率時系列指標ヒストグラム (農用地)

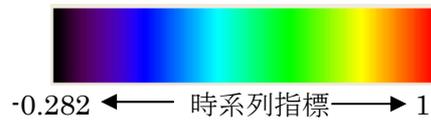
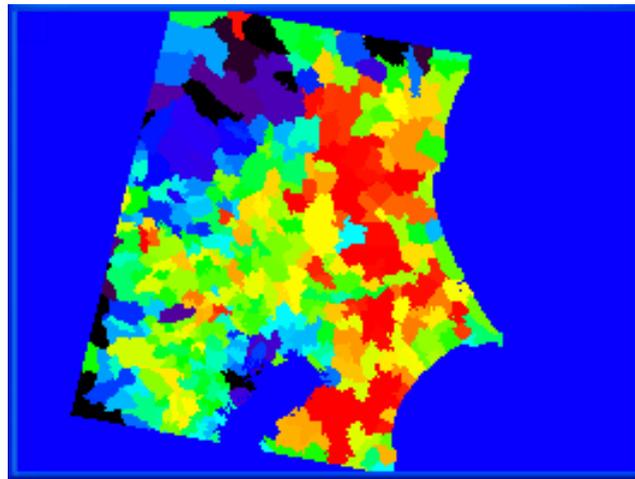


写真 5.14(4) 土地被覆面積占有率画像 (水域)

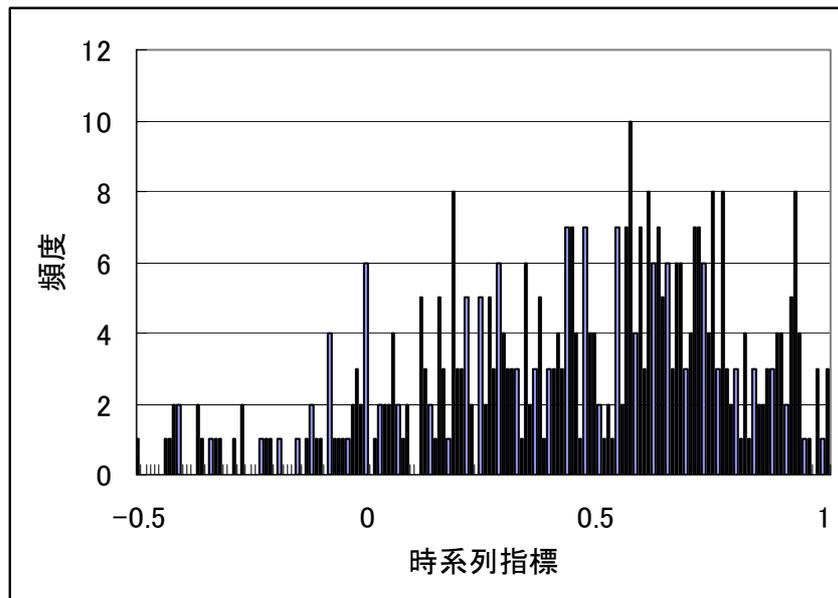
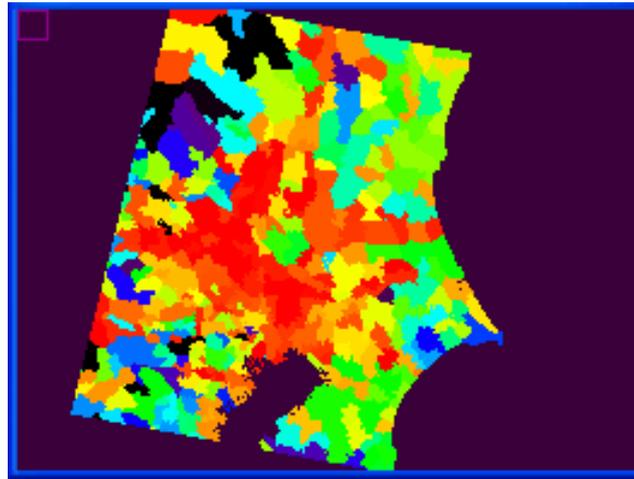


図 5.1(4) 土地被覆面積占有率時系列指標ヒストグラム (水域)



0 ← 時系列指標 → 0.961

写真 5.15(1) 行政別単位分散指標画像 (建物用地)

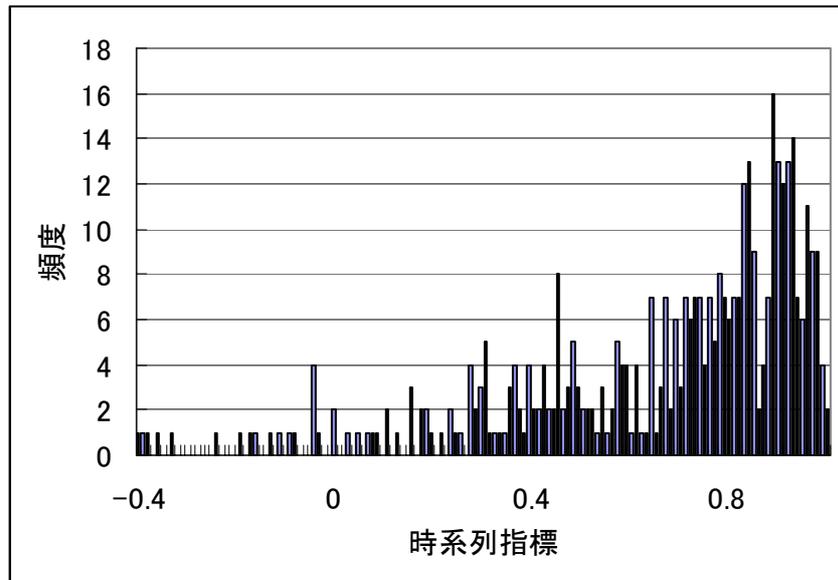


図 5.2(1) 単位分散指標時系列指標ヒストグラム (建物用地)

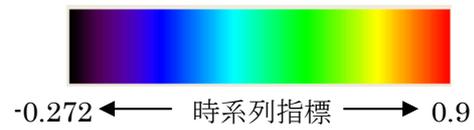
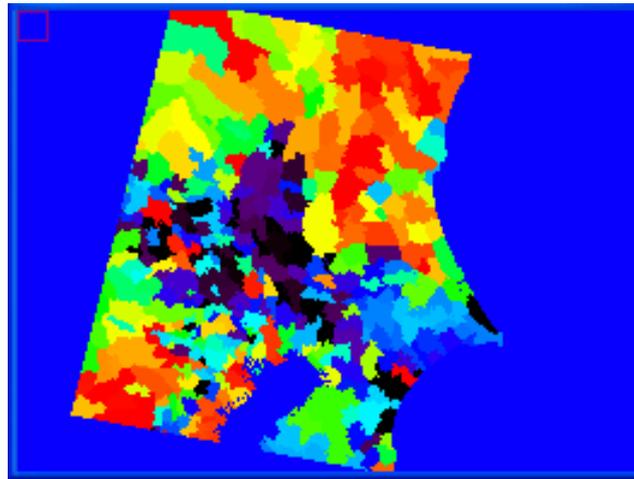


写真 5.15(2) 行政別単位分散指標画像 (森林域)

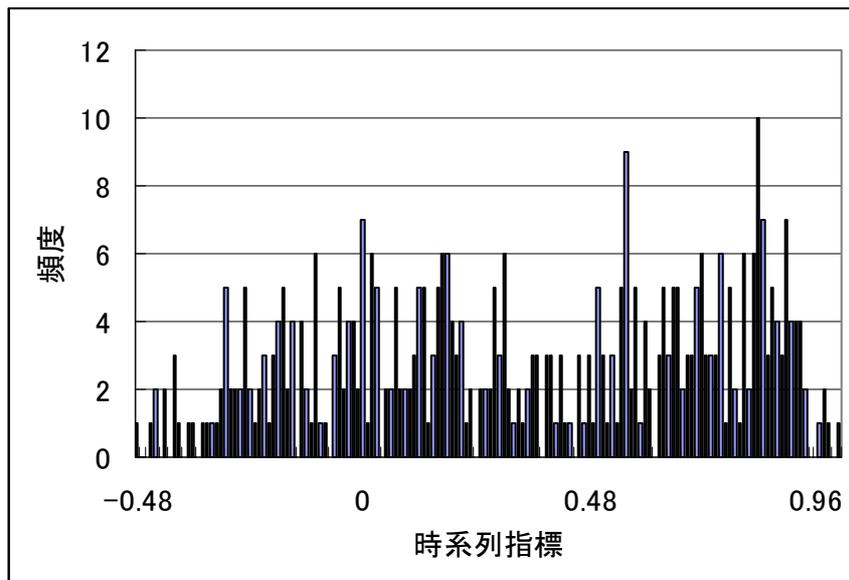


図 5.2(2) 単位分散指標時系列指標ヒストグラム (森林域)

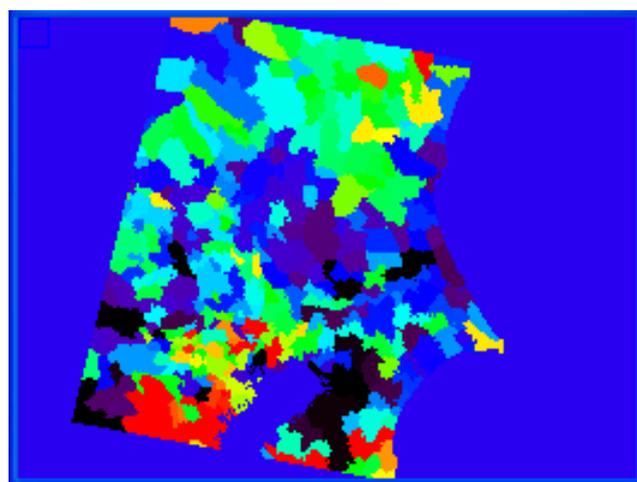


写真 5.15(3) 行政別単位分散指標画像（農用地）

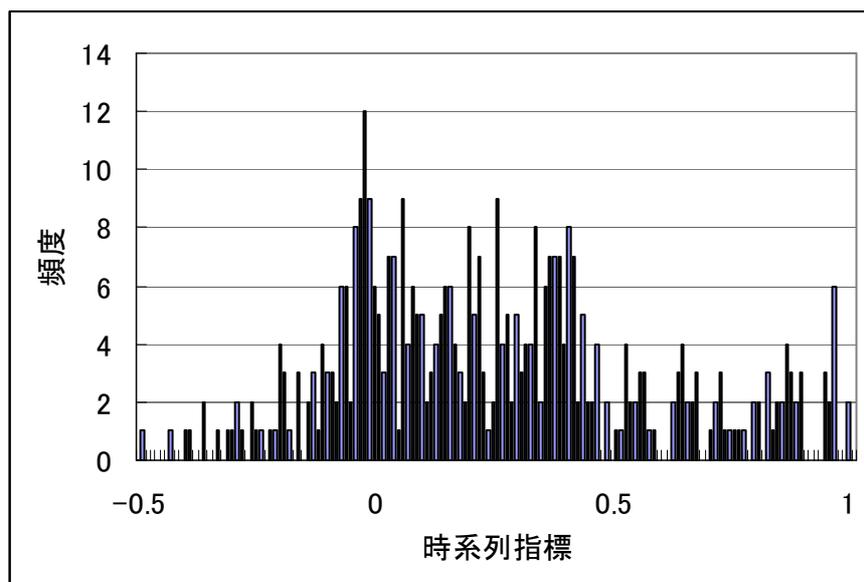


図 5.2(3) 単位分散指標時系列指標ヒストグラム（農用地）

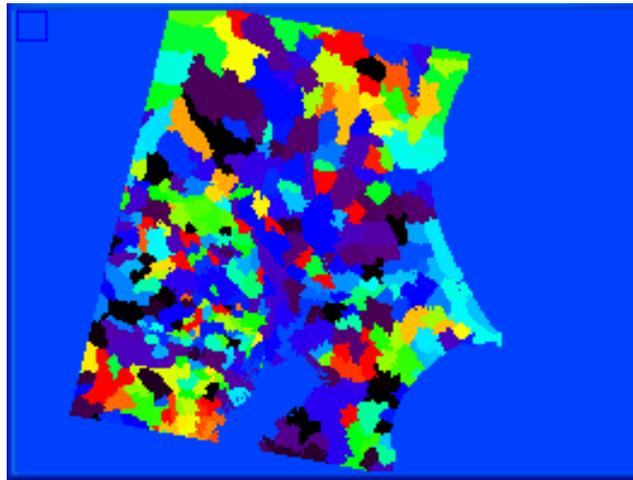


写真 5.15(4) 行政別単位分散指標画像（水域）

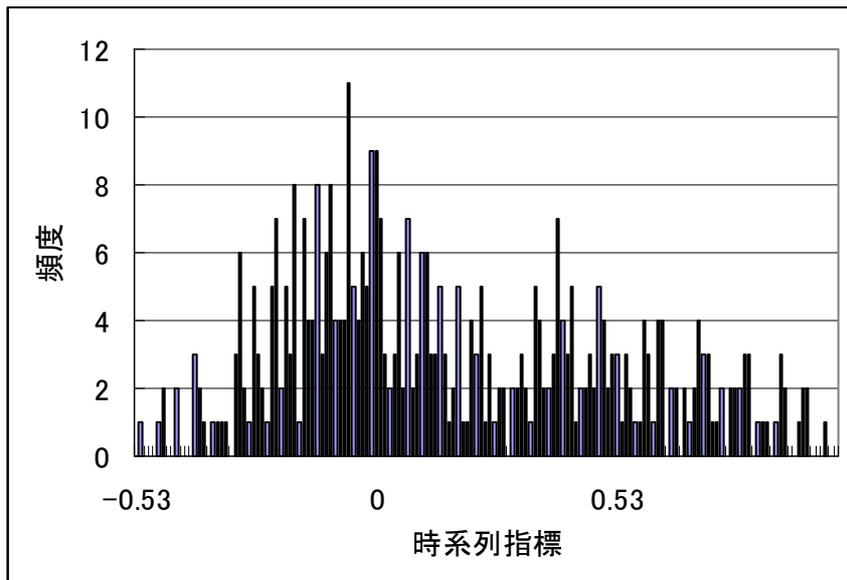


図 5.2(4) 単位分散指標時系列指標ヒストグラム（水域）

5. 5 土地被覆カテゴリ間の時系列指標の比較

表 5.1 に土地被覆面積占有率と単位分散指標の時系列指標の統計データを土地被覆カテゴリ毎にまとめた一覧を，図 5.3 に土地被覆面積占有率と単位分散指標の時系列指標の平均値を比較したグラフを示す。

表 5.1 土地被覆面積占有率と単位分散指標の時系列指標の統計データ一覧

土地被覆	統計情報項目	土地被覆 面積占有率	単位分散指標
建物用地	最小値	-0.43	-0.40
	最大値	1.00	1.00
	平均値	0.71	0.66
	標準偏差	0.30	0.30
森林域	最小値	-0.50	-0.48
	最大値	1.00	1.00
	平均値	0.12	0.33
	標準偏差	0.35	0.39
農用地	最小値	-0.52	-0.50
	最大値	0.96	0.99
	平均値	0.22	0.25
	標準偏差	0.32	0.32
水域	最小値	-0.53	-0.52
	最大値	1.00	0.98
	平均値	0.45	0.16
	標準偏差	0.34	0.35

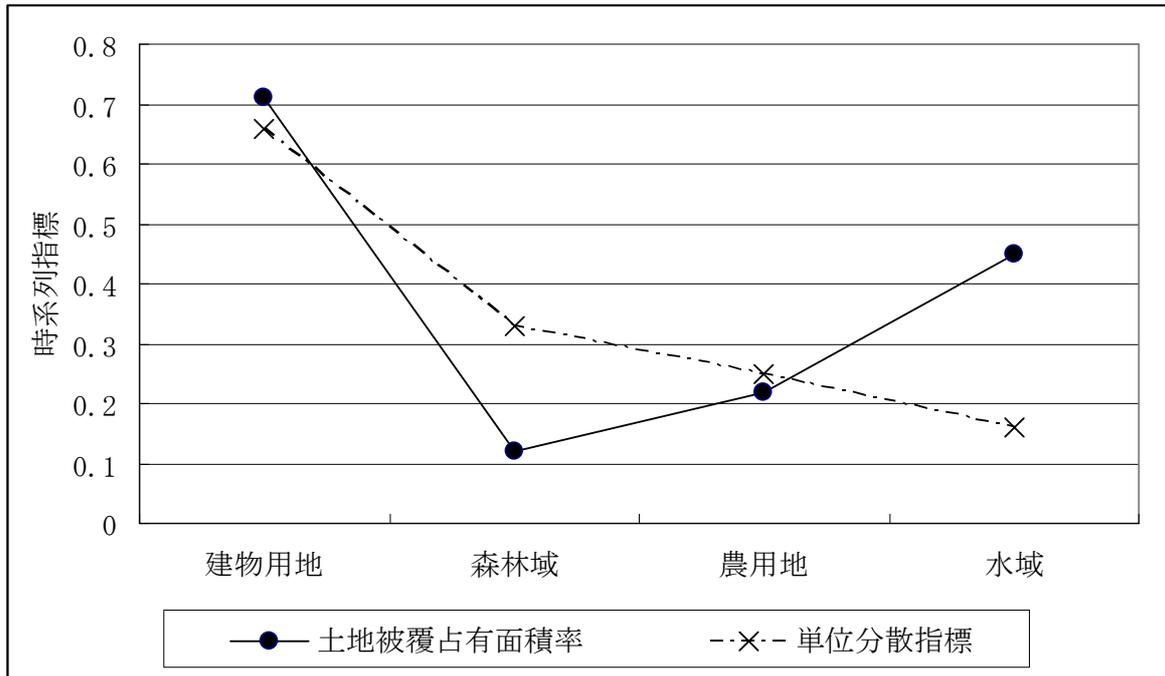


図5. 3 土地被覆面積占有率と単位分散指標の時系列指標の比較

5. 6 時系列行政別土地被覆面積占有率と時系列行政別単位分散指標の相関解析

図 5.4 から図 5.7 に時系列行政別土地被覆面積占有率と時系列行政別単位分散指標の相関解析結果を示す。

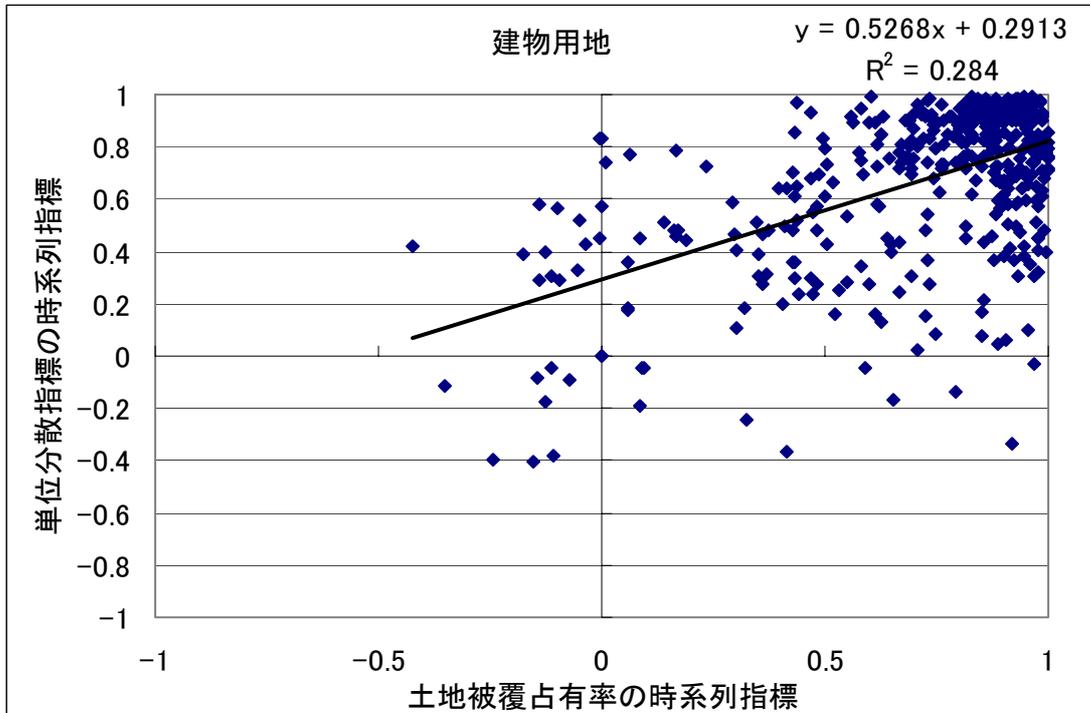


図 5.4 建物用地時系列的相関解析結果

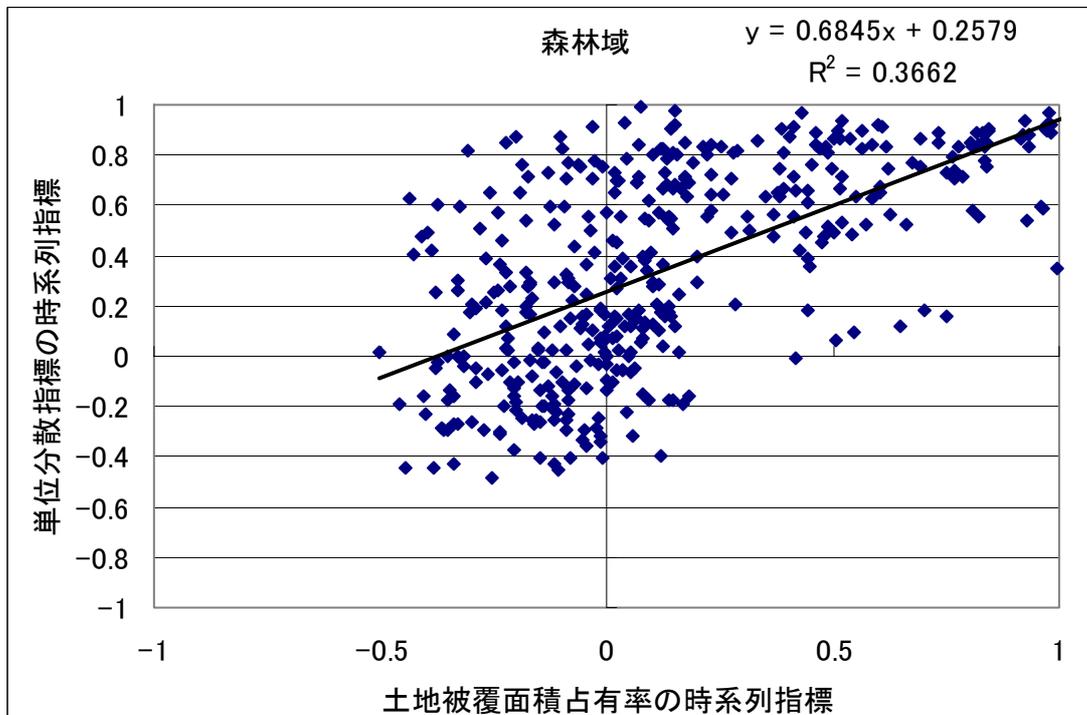


図 5.5 森林域時系列的相関解析結果

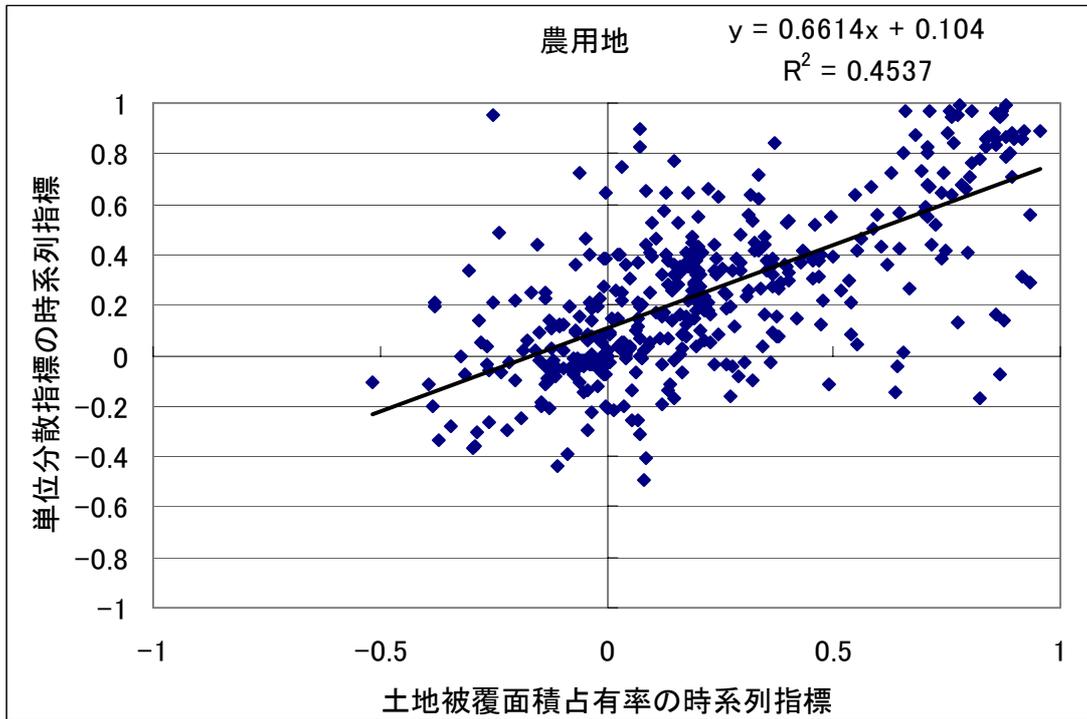


図 5.6 農用地時系列的相関解析結果

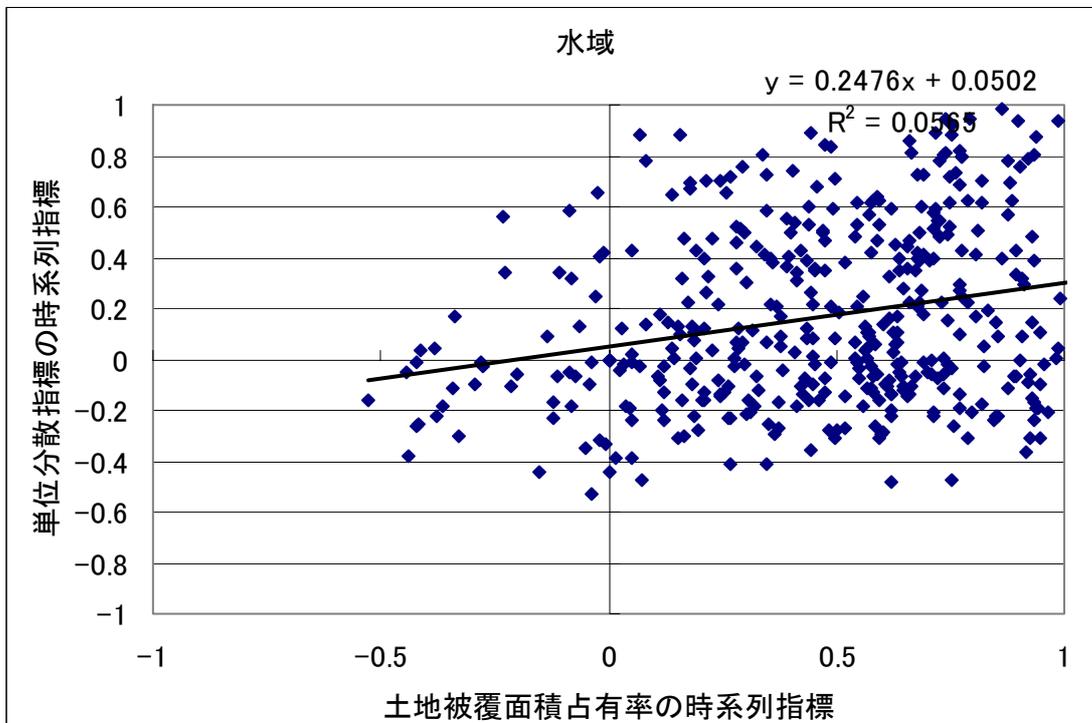


図 5.7 水域時系列的相関解析結果

5. 7 総合分析

上記の解析結果をとりまとめ総合分析した結果を以下に述べる。

(1) 土地被覆分類画像・行政別土地被覆面積占有率画像

- ・建物用地は、東京を中心とした隣接域において高い面積占有率を有し、いわゆるメガポリスと呼ばれる様相を確認できる。近郊においては、相模原市、綾瀬市、大和市、海老名市での高面積占有率が確認できる。
- ・森林域は、足尾山地、秩父山地、丹沢山地、房総丘陵が位置する茨城県、群馬県、埼玉県西部、千葉県中央域、神奈川県西部に集中している。
- ・農用地は、利根川沿いならびに九十九里平野に集中している。
- ・水域は、霞ヶ浦そして利根川、多摩川の河口域付近で分布しているが、これにおいては使用した Landsat データのメッシュサイズ (30m四方) による影響と考えられる。

(2) 分散指標画像・行政別単位分散指標画像

- ・建物用地は、基本的には土地被覆分類結果に準じた結果となったが、桐生市、宇都宮市、熊谷市、鴻巣市といった中山道沿いに発達した地方都市の高集積性が確認される。
- ・森林域は、建物用地と同様に基本的には土地被覆分類結果に準じた結果となったが、茨城県と千葉県北部域で比較的高い集積性が示された。また、建物用地の面積占有率の高い東京都港区、江東区、渋谷区、町田市、稲城市や横浜市周辺域でも比較的高い集積性を確認した。
- ・農用地および水域は、基本的には土地被覆分類結果に準じた結果が示された。

(3) 時系列指標画像

- ・建物用地の土地被覆面積占有率の時系列指標においては、栃木県、茨城県の建物用地の面積占有率の低い地域で高い値を示した。それに対して、単位分散指標の時系列指標では東北自動車道沿いの埼玉県春日部市、菖蒲町、羽生市や関越自動車道沿いの埼玉県東松山市、川越市といった面積占有率では比較的高い値を持つ地域で連坦した高時系列指標値を示した。建物用地の面積占有率および単位分散指標の時系列指標のヒストグラムでは、いずれも高い値域で高分布を確認した。
- ・森林域での土地被覆面積占有率の時系列指標においては分布パターンは土地被覆面積占有率と同傾向を示し、ヒストグラムにおいては変動のない 0 から減少傾向を示すマイナスの値域での分布が示された。それに対して、単位分散指標の時系列指標のヒストグラムでは、集積傾向を示すプラスの値域で高い分布を示したが、形状的には平坦で偏った傾向は見られない。
- ・農用地では、農作地帯である利根川沿いの地域で土地被覆面積占有率および単位分散指標ともに時系列指標の低下傾向が確認された。ヒストグラムにおいては、土地被覆面積占

有率および単位分散指標ともに緩やかな増加傾向を示す 0 から 0.5 の値域に分布し、類似した分布パターンが示された。

・水域での結果は、土地被覆面積占有率結果と同様に、使用した Landsat データの分解能の精度ならびに時期的な水量の変動が強く関係していると考えられる。

(4) 土地被覆カテゴリ間の時系列指標の比較

・土地被覆面積占有率ならびに単位分散指標いずれの土地被覆カテゴリの時系列指標ともにプラスの値を示し、行政単位で見た場合、面積占有率の増加、土地被覆カテゴリの集積性の増加を示す結果を確認した。

・建物用地ならびに農用地では土地被覆面積占有率と単位分散指標の値は同程度であるが、森林域では両者の差異を確認した。これらの傾向の違いの一要因として、建物用地ならびに農用地は森林域に比べ人工的で改変しやすく、効率的な土地利用分布を目指す行政の取り組みとの関連が考えられる。

(5) 時系列行政別土地被覆面積占有率と時系列行政別単位分散指標の相関解析

相関係数はいずれも低かったが、4 カテゴリともに面積占有率が高くなれば分散指標も高く傾向が見られた。これらは、近年の都市計画で目指す膨張型都市から効率のよい凝集型都市（コンパクトシティ）へ（加藤，2003 年）の傾向を示唆する結果と推測される。特に、建物用地では面積占有率の増加に連動して単位分散指標も増加しており、これまでの無秩序な市街地化すなわちスプロール現象が解消され、用途地域性をはじめとする都市計画が機能した結果として推測される。

第 6 章

総 括

6. 総括

本章では、各章をまとめて総括とする。

第1章では、わが国の地域形成状況、問題点そして本研究の意義・目的について述べた。

第2章では、研究対象地域の選定方法とその概況、そして使用したデータについて述べた。

第3章では、使用データにおいて時空間的にパラレルな評価を行うための前処理として行った正規化処理について述べた。

第4章では、地域形成過程を時空間的に評価する指標として定義した分散指標、単位分散指標、時系列指標について述べた。分散指標は土地被覆カテゴリーの隣接度を定量的に示し、単位分散指標は関心領域内の土地被覆カテゴリーの集塊性、離散性を定量評価し、時系列指標は経年変動特性を定量的に示す指標として定義している。

第5章では、地域形成過程評価指標としての分散指標、単位分散指標、時系列指標を4時期の土地被覆分類画像から算出し分析した。おおむね土地被覆分類画像と単位分散指標画像のパターンは類似したが地方都市を強調して判読する点において単位分散指標画像の方が判読し易い傾向が見られた。特に、土地被覆面積占有率の時系列指標から中山道沿いの都市化変動を確認したが、単位分散指標の時系列指標では東北自動車道・関越自動車道といった比較的新しいインフラ周辺での高い変動を確認したことは興味深い知見である。あくまでも推測であるが、中山道沿いは古くから中山道を軸とした地域形成がなされ市街地の無秩序な状態で成熟し発展してきたのに対し、東北自動車道、関越自動車道といった歴史の浅いエリアは現代の計画的な地域形成の先導がうまく機能したのではないかと思われる。教科書的な地域発展評価は面積占有率の時系列変動によって示されることが多いが、単位分散指標から得られる結果からも有用な情報が得られる可能性がある。時系列行政別土地被覆面積占有率と時系列行政別単位分散指標との相関解析においてそれぞれの土地被覆カテゴリーが凝集的に増加している傾向を示す結果が得られた。これについては、詳細な検討が必要であるが、近年の都市計画の基本方針と合致するところであり、戦後の無秩序な開発から行政のコントロールによって地域形成が制御され、膨張型都市から効率のより凝集型都市（コンパクトシティ）へと変移している結果が示されたものと推測される。

本研究では、4時期の Landsat データを利用して、土地被覆カテゴリーについて時空間的に評価する指標を定義し、地域形成過程についての体系化を行った。時空間的な指標と

して分散指標と称する定量値によって土地被覆カテゴリーの集積性・離散性の評価、また時系列指標と称する定量値によって経年的な土地被覆カテゴリーの変動を評価した。ここで定義した分散指標は、隣接する土地被覆カテゴリーのみを計測したもので、隔たった同土地被覆カテゴリー間の関連性についてを代表するものではない。また、ベースとした Landsat データのメッシュサイズは 30m 四方であり、本主題に対する解析精度の空間的な妥当性などを含め今後の検討課題である。時系列指標においては、線形近似結果の傾きによって評価を行ったが、他の近似手法を使用して新たな時系列変動指標の開発が期待される。本研究では、地域形成過程の体系化としてハード的な情報のみで論じた。無論、コミュニティは社会経済的要因のソフト面と関連しあい形成される。これらを含めた総合的な評価手法の確立を今後の課題とする。

参 考 文 献

<第1章>

枝村敏郎他：神戸市における用途地域の指定効果に関する考察，都市計画論文集，No.18，pp.235-240，1983.

加藤 晃：都市計画概論，共立出版，p368，2003.

佐藤誠治：土地利用の変化と用途地域との関連—大分市におけるケーススタディ，都市計画論文集，No.25，pp.379-384.

吉川 徹，岡部篤行，浅見泰司，金子忠明：用途地域指定の趣旨からみた土地利用遷移の分析，都市計画論文集，No.25，pp.373-378.

Ehlers M, Jadcowski MA, Howard RR, Brostuen, DE. : Application of SPOT data for regional growth analysis and local planning. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.56, No.2, pp.175-180, 1990.

J.E. Vogelmann, T. Sohl, and S.M. Howard : Regional Characterization of Land Cover Using Multiple Sources of Data, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.64, No.1, pp.45-57, 1998.

Vogelmann, J.E., S.M. Howard, L. Yang, C.R. Larson, B.K. Wylie, and N. van Driel : Completion of the 1990s national land cover data set for the conterminous United States from Landsat Thematic Mapper data and ancillary data sources, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.67, pp.650-662, 2001.

Harris PM, Ventura SJ : The integration of geographic data with remotely sensed imagery to improve classification in an urban area, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Vol.61, pp.993-998, 1995.

Treitz PM, Howard PJ, Gong P. : Application of satellite and GIS technologies for land-cover and land-use mapping at the rural-urban fringe: A case study, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.58, No.4, pp.439-448, 1992.

Q.Weng : A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China, International Journal of Remote Sensing, Vol22, No.10, pp.1999-2014, 2001.

<第3章>

飯倉善和, 横山隆三: 数値標高モデルを用いた衛星画像の地上制御点の同定, 写真測量とリモートセンシング, Vol.37, No.6, pp.12-22, 1999.

宇宙開発事業団: 「LANDSAT TM データフォーマット説明書」, 1996.

飯倉善和: 数値標高モデルを用いたランドサット TM 画像の幾何補正の最適化, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.22, No.2, pp.189-195, 2002.

(財) リモートセンシング技術センター: 「地球観測データ利用ハンドブックーランドサット編・改訂版ー」 宇宙開発事業団地球観測センター編, 1995.

Markham,B.L. and Barker, J.L : Thematic Mapper bandpass solar exoatmospheric irradiances. International Journal of Remote Sensing, Vol.8, pp.517-523,1987.

Meyer, R., K. I. Itten, et al. : Radiometric corrections of topographically induced effects on landsat TM data in an alpine environment, International journal of remote sensing, Vol.5, pp.799-817, 1993.

Price,J.C : An update on visible and near infrared calibration of satellite instruments, Remote Sensing of Environment, Vol.24, pp.419-422.

<第4章>

佐藤 誠治: 国土空間データ基盤とランドサットTMデータの統合による都市緑地の評価手法の開発, 平成11年~13年度科学研究費補助金(基盤研究B(2)) 研究成果報告書, p25

<第5章>

加藤 晃: 都市計画概論, 共立出版, p365, 2003.

付 録

```

/*****
*****
分散指標を求めるC言語プログラム
*****
*****/
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
#include <time.h> //処理時間を計算するために

void read_image_unsign(char *filename,unsigned char *file,long int buffer);
void argc_check(int argc,char **argv);
long int long_int_argv_get(char *argv_no);
unsigned char unsigned_char_argv_get(char *argv_no);
void write_image(char *filename,unsigned char *file,long int buffer);
void sti(unsigned char *input_file,unsigned char *output_file,unsigned char *mask_file,long int height,long int width,unsigned char class_dn);

int main(int argc,char **argv)
{
/*****          変数の宣言          *****/
    long int height,width,height_width;
    //height:画像の高さ方向画素数, width : 画像の横方向画素数
    //height_width : 画像の全画素数

    unsigned char *input_unsign_char,*output_unsign_char,*mask_unsign_char;
    /*input_unsign_char : 土地被覆分類画像データのポインタ
    /*output_unsign_char : 計算した単位分散指標画像データのポインタ
    /*mask_unsign_char : 入力画像における対象範囲のマスク画像データのポインタ

    unsigned char ob_dn; //ob_dn : 対象とする土地利用項目のDN値
    float start,end; //処理時間計算用の変数

    start=clock();

    argc_check(argc,argv);

    width=long_int_argv_get(argv[1]);
    height=long_int_argv_get(argv[2]);
    ob_dn=unsigned_char_argv_get(argv[5]);
    height_width=height*width;

    printf("height=%d\nwidth=%d\nob_dn=%d\nheight_width=%d",height,width,
ob_dn,height_width);

    input_unsign_char=(unsigned char *)malloc(height_width*sizeof(char));
    output_unsign_char=(unsigned char *)malloc(height_width*sizeof(char));
    mask_unsign_char=(unsigned char *)malloc(height_width*sizeof(char));
    read_image_unsign(argv[3],input_unsign_char,height_width);

```

```

        read_image_unsign(argv[4],mask_unsign_char,height_width);
        sti(input_unsign_char,output_unsign_char,mask_unsign_char,height,width,ob_
dn);

        write_image(argv[6],output_unsign_char,height_width);
        free(input_unsign_char);
        free(output_unsign_char);
        free(mask_unsign_char);
        end=clock();
        printf("開始時間は, %f秒¥n",start/1000);
        printf("終了時間は, %f秒¥n",end/1000);
        printf("経過時間は, %f秒¥n",(end-start)/1000);

    }
    /**
read_image_unsign
unsigned 8bitデータを読み込む関数
土地利用画像, マスク画像の読み込みに使用
filename:読み込みファイル名, file:読み込んだデータのポインタ, buffer : データ数
*****/
void read_image_unsign(char *filename,unsigned char *file,long int buffer)
{
    FILE *fp;
    if((fp=fopen(filename,"rb"))==NULL)
    {
        fprintf(stderr,"input file open error¥n");
        exit(1);
    }
    fread((unsigned char *)file,sizeof(char),buffer,fp);
    fclose(fp);
}
    /**
argc_check
引数をチェックする関数
*****/
void argc_check(int argc,char **argv)
{
    if(argc!=7)
    {
        fprintf(stderr,"Usage: %s¥n"
            "(1)width¥n" //画像の横画素数
            "(2)height¥n" //画像の縦画素数
            "(3)Input_Classification_filename¥n" //分類画像ファイル名
            "(4)Input_WAKU_filename¥n" //対象域マスク画像
            "(5)INPUT_CATEGORY_DN¥n" //対象とする被覆物のDN値
            "(6)OUTPUT_filename¥n" //出力する分散指標画像名
            ,argv[0]);
        exit(1);
    }
}
}

```

```

/*****
long_int_argv_get
引数をint型に変換する
*****/
long int long_int_argv_get(char *argv_no)
{
    return atoi(argv_no);
}

/*****
unsigned_char_argv_get
プログラム実行時の引数の数をチェックする関数
*****/
unsigned char unsigned_char_argv_get(char *argv_no)
{
    return atoi(argv_no);
}

/*****
write_image
計算結果を画像に書き込む関数
filename:書き込みファイル名, file:書き込むデータのポインタ, buffer : データ数
*****/
void write_image(char *filename,unsigned char *file,long int buffer)
{
    FILE *fp;
    if((fp=fopen(filename,"wb"))==NULL)
    {
        fprintf(stderr,"output file open error¥n");
        exit(1);
    }
    printf("write");
    fwrite((unsigned char *)file,sizeof(char),buffer,fp);
    fclose(fp);
}

/*****
sti・・・分散指標の計算関数
input_file:入力する土地被覆データ, output_file:出力する分散指標データ
mask_file:マスク画像データ, height : 画像の縦画素数, width : 画像の横画素数
class_dn : 対象とする被覆データのDN値
if条件の箇所は隣縁部の処理である。
*****/
void sti(unsigned char *input_file,unsigned char *output_file,unsigned char *mask_f
ile,long int height,long int width,unsigned char class_dn)
{
    long int i,j;
    unsigned char near_sum; //near_sum:計算した分散指標を格納する変数
    printf("class_dn=%d",class_dn);
    for(i=0;i<height;i++)
    {
        for(j=0;j<width;j++)

```

```

        {
        idth+j]==class_dn))
        {
            near_sum=0;
            if(input_file[i*width+(j-1)]==class_dn)
            {
                near_sum=near_sum+1;
            }
            if(input_file[i*width+j]==class_dn)
            {
                near_sum=near_sum+1;
            }
            if(input_file[i*width+(j+1)]==class_dn)
            {
                near_sum=near_sum+1;
            }
            if(input_file[(i+1)*width+(j-1)]==class_dn)
            {
                near_sum=near_sum+1;
            }
            if(input_file[(i+1)*width+j]==class_dn)
            {
                near_sum=near_sum+1;
            }
            if(input_file[(i+1)*width+(j+1)]==class_dn)
            {
                near_sum=near_sum+1;
            }
            output_file[i*width+j]=near_sum;
        }
        else if((i==height-1)&&(mask_file[i*width+j]==255) && (inp
ut_file[i*width+j]==class_dn))
        {
            near_sum=0;
            if(input_file[(i-1)*width+(j-1)]==class_dn)
            {
                near_sum=near_sum+1;
            }
            if(input_file[(i-1)*width+j]==class_dn)
            {
                near_sum=near_sum+1;
            }
            if(input_file[(i-1)*width+(j+1)]==class_dn)
            {
                near_sum=near_sum+1;
            }
            if(input_file[i*width+(j-1)]==class_dn)

```

```

        {
            near_sum=near_sum+1;
        }
        if(input_file[i*width+j]==class_dn)
        {
            near_sum=near_sum+1;
        }
        if(input_file[i*width+(j+1)]==class_dn)
        {
            near_sum=near_sum+1;
        }
        output_file[i*width+j]=near_sum;
        printf("check2");
    }

else if((mask_file[i*width+j]==255) && (input_file[i*width+j]
==class_dn))
{
    near_sum=0;
    if(input_file[(i-1)*width+(j-1)]==class_dn)
    {
        near_sum=near_sum+1;
    }
    if(input_file[(i-1)*width+j]==class_dn)
    {
        near_sum=near_sum+1;
    }
    if(input_file[(i-1)*width+(j+1)]==class_dn)
    {
        near_sum=near_sum+1;
    }
    if(input_file[i*width+(j-1)]==class_dn)
    {
        near_sum=near_sum+1;
    }
    if(input_file[i*width+j]==class_dn)
    {
        near_sum=near_sum+1;
    }
    if(input_file[i*width+(j+1)]==class_dn)
    {
        near_sum=near_sum+1;
    }
    if(input_file[(i+1)*width+(j-1)]==class_dn)
    {
        near_sum=near_sum+1;
    }
    if(input_file[(i+1)*width+j]==class_dn)
    {
        near_sum=near_sum+1;
    }
}

```

```
    }
    if(input_file[(i+1)*width+(j+1)]==class_dn)
    {
        near_sum=near_sum+1;
    }
    output_file[i*width+j]=near_sum;
}
}
}
```

謝 辭

謝 辞

本研究は、(株)協和コンサルタンツの林 保志氏、山田康博氏、佐々木賢一氏と共同で行ったものである。多大なるご協力に感謝申し上げます。

日本大学生産工学部土木工学科の西川肇教授にはリモートセンシング全般についてご指導頂いた。岐阜大学工学部電気電子工学科の木村宏助教授にはリモートセンシングデータ解析におけるC言語プログラミングについてご指導頂いた。ここに記して感謝いたします。

日本大学大学院生産工学研究科博士後期課程土木工学専攻の朝香智仁君にはデータ処理や資料収集において多大なるサポートを頂いた。ここに感謝申し上げます。

最後に、財団法人日本建設総合情報センターの各位様には、多大なる支援と貴重な研究の機会を頂いたことに深く感謝の意を申し上げます。

助成研究者紹介

やまもと よしゆき

山本 義幸

現職：愛知工業専門学校測量科講師（博士（工学））